



*Universidade Federal da Paraíba*

*Centro de Tecnologia*

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E**

**AMBIENTAL**

**– DOUTORADO –**

VULNERABILIDADE AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE LUCENA NA  
ZONA COSTEIRA DO ESTADO DA PARAÍBA RELACIONADA ÀS  
MUDANÇAS NO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E SEUS IMPACTOS  
NA EROSÃO E NO ARMAZENAMENTO DE CARBONO

*Por*

***Ivanhoé Soares Bezerra***

*Tese de Doutorado apresentada à Universidade Federal da Paraíba  
para obtenção do grau de Doutor*

**João Pessoa – Paraíba**

**Dezembro - 2020**

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

B574v Bezerra, Ivanhoe Soares.

Vulnerabilidade ambiental no município de Lucena na zona costeira do estado da Paraíba relacionada às mudanças no uso e ocupação do solo e seus impactos na erosão e no armazenamento de carbono / Ivanhoe Soares Bezerra. - João Pessoa, 2020.

136 f. : il.

Orientação: Tarciso Cabral da Silva.  
Tese (Doutorado) - UFPB/CT.

1. Desmatamento. 2. Mata Atlântica. 3. Zona costeira. 4. Ordenamento territorial. 5. Perda de solos. 6. Estoque de carbono. I. Silva, Tarciso Cabral da. II. Título.

UFPB/BC

CDU 502(043)



*Universidade Federal da Paraíba*

*Centro de Tecnologia*

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E**

**AMBIENTAL**

**– DOUTORADO –**

**VULNERABILIDADE AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE LUCENA NA  
ZONA COSTEIRA DO ESTADO DA PARAÍBA RELACIONADA ÀS  
MUDANÇAS NO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E SEUS  
IMPACTOS NA EROSÃO E NO ARMAZENAMENTO DE CARBONO**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor.

**Ivanhoé Soares Bezerra**

**Orientador: Prof. Dr. Tarciso Cabral da Silva**

**João Pessoa – Paraíba**

**Dezembro - 2020**

**VULNERABILIDADE AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE LUCENA NA ZONA  
COSTEIRA DO ESTADO DA PARAÍBA RELACIONADA ÀS MUDANÇAS NO USO E  
OCUPAÇÃO DO SOLO E SEUS IMPACTOS NA EROÇÃO E NO ARMAZENAMENTO  
DE CARBONO**

**IVANHOÉ SOARES BEZERRA**

**Tese aprovada em 25 de fevereiro de 2021.**

**Período Letivo: 2021.1**



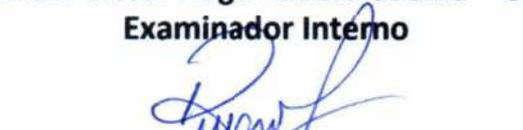
**Prof. Dr. Tarciso Cabral da Silva – UFPB  
Orientador**



**Prof. Dr. Hamilcar José Almeida Filgueira – UFPB  
Examinador Interno**



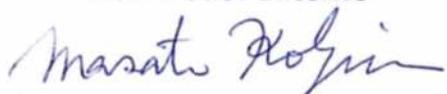
**Prof. Dr. Victor Hugo Rabelo Coelho – UFPB  
Examinador Interno**



**Prof. Dr. Luiz Bueno da Silva – UFPB  
Examinador Interno**



**Profa. Dra. Jana Alexandra Alves Rufino – UFCG  
Examinador Externo**



**Prof. Dr. Masato Kobiyama – UFRGS  
Examinador Externo**

**João Pessoa - PB**

**Fevereiro - 2021**

## **AGRADECIMENTOS**

Nestes poucos parágrafos demonstro meus agradecimentos a todos aqueles que me acompanharam nessa trajetória:

Primeiramente a Deus, inteligência suprema causa primária de todas as coisas, por iluminar meu caminho no decorrer do curso e me garantir a força e sapiência necessária para sua conclusão.

À equipe de professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da UFPB, pelos conhecimentos transferidos.

Ao Prof. Dr. Tarciso Cabral da Silva, pelo apoio na orientação deste trabalho, sacrificando algumas horas de seu tempo com esta empreitada.

A todos os colegas e amigos, principalmente aqueles que apresentaram uma maior convivência, como Marie e Carol.

Aos meus amigos e sempre incentivadores, Luciana Von Szilagyi, Everton Von Szilagyi, Ricardo Melo, Antonilêni Melo e Rivaldo Almeida.

À minha esposa, Gabriela Pecorelli, e ao meu filho, Léon Pecorelli, pela compreensão e apoio nos momentos em que o descanso e a diversão deveriam ser exercitados e eram substituídos pelos estudos.

Aos meus pais (Bezerra e Mércia) e meu irmão (Irvin) pelo apoio, compreensão e carinho que sempre demonstraram por mim.

## RESUMO

O município de Lucena, na Zona Costeira Norte do Estado da Paraíba, tem sofrido transformações no seu espaço geográfico nas últimas décadas decorrentes do intenso processo de desmatamento da Mata Atlântica (MA) para a implantação da agricultura e da urbanização. Este processo pode ser explicado com base na influência do processo de desenvolvimento ocorrido nas últimas décadas e, por outro lado, pela regulação relativa aos Instrumentos de Ordenamento Territorial (IOT) brasileiros. Os impactos derivados das transformações foram avaliados por meio das mudanças na capacidade de armazenamento de carbono e consequente contribuição para o aquecimento global e pela vulnerabilidade à perda de solo por processos erosivos. Nesse sentido, esta tese refere-se a uma pesquisa sobre a vulnerabilidade ambiental no município de Lucena utilizando geotecnologias como sensoriamento remoto, Sistema de Informação Geográfica (SIG), modelos autômatos celulares e estatística descritiva e indutiva de variáveis influentes, com uso de levantamentos detalhados dos recursos naturais e de áreas antropizadas. Teve como objetivo investigar o grau dos impactos ambientais negativos no município relativos aos fenômenos referidos, decorrentes da dinâmica do uso e ocupação do solo, considerando cenários pretéritos e futuros. Como resultados principais observou-se que 63,77% da área do território do município de Lucena foi modificado no período de 1972 a 2018, onde os IOT relacionados ao desenvolvimento agrícola foram os grandes responsáveis pela evolução das áreas para a exploração agrícola, principalmente no período de 1972 a 2005, e, de maneira indireta, pela expansão urbana do município. A análise preditiva realizada para os anos de 2030 e 2040 indicou uma tendência de crescimento da área urbana, destacando-se a ocupação ao longo da planície litorânea e na porção mais oriental do Tabuleiro Costeiro. Esta tendência deverá trazer como consequência a redução da capacidade de retenção por hectare do estoque total de carbono, estimando-se que até o ano de 2040 haverá uma redução de 37,65% do armazenamento referido ao ano de 2018. Contudo, até o ano de 2040 não deverão haver mudanças significativas nos níveis de vulnerabilidade à perda do solo em relação aos observados no ano de 2018, estimando-se a manutenção dos níveis de vulnerabilidade em 90% da área. Concluiu-se também que o município foi fortemente impactado pelo desmatamento da Mata Atlântica no período de 1972 a

2018 e cuja tendência até o ano de 2040 é de manutenção desse processo, mesmo que em ritmo mais lento, o que suscita a necessidade do desenvolvimento de políticas públicas para minimização das consequências ambientais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Desmatamento, Mata Atlântica, Zona Costeira, Ordenamento territorial, Perda de solos, Estoque de carbono.

# **ENVIRONMENTAL VULNERABILITY IN THE MUNICIPALITY OF LUCENA IN THE COASTAL ZONE OF THE STATE OF PARAÍBA RELATED TO CHANGES IN THE LAND USE AND LAND COVER AND ITS IMPACTS ON EROSION AND CARBON STORAGE**

## **ABSTRACT**

The municipality of Lucena, in the northern coastal area of the state of Paraíba, has been the object of transformations of its geographical space in the last decades, regarding the intense deforestation process of the Atlantic Forest (AF), for the implementation of agriculture and urbanization. This process can be explained with the development process influence that occurred in the last decades and, on the other hand, by the regulation related to the Brazilian Territorial Planning System (TPS). The impacts derived from the transformations were evaluated through changes in the carbon storage capacity and the consequent contribution to global warming, and in the vulnerability to soil loss through erosive processes. In this sense, this thesis refers to a research on environmental vulnerability in the city of Lucena, using technologies such as: remote sensing, Geographic Information System (GIS), cellular automata models and descriptive and inductive statistics of influential variables, using detailed surveys of natural resources and anthropized areas. It aimed to investigate the degree of negative environmental impacts in the municipality, related to the referred phenomena, resulting from the dynamics of land use and occupation, considering past and future scenarios. As main results it was observed that 63.77% of the area of the territory of the municipality of Lucena was modified in the period from 1972 to 2018, where the IOT related to agricultural development were largely responsible for the evolution of the areas for agricultural exploration, mainly in the 1972 to 2005, and, in an indirectly way, for the urban expansion of the municipality. The predictive analysis carried out for the years 2030 and 2040 indicated a growth trend in the urban area, highlighting the occupation along the coastal plain and in the most eastern portion of the Coastal Board. This trend will consequently reduce the retention capacity per hectare of the total carbon stock. It is estimated that by the year 2040 there will be a reduction of 37.65% of the storage referred to the year 2018. However, until the year 2040, there should be no significant changes in the levels of vulnerability to soil loss in relation to those

observed in 2018, with the maintenance of vulnerability levels estimated in 90% of the area. It was also concluded that the municipality was strongly impacted by the deforestation of the Atlantic Forest from 1972 to 2018 and whose trend until the year 2040 is to maintain this process, even if at a slower pace, which raises the need for the development of public policies to minimize environmental consequences.

**KEYWORDS:** Deforestation; Atlantic forest; Coastal Area, Territorial planning; Soil loss, Carbon stock.

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo 1

Figura 1.1: Principais tipologias de uso e ocupação observados no município de Lucena: (a) coco-da-baía; (b) cana-de-açúcar; (c) vegetação de mata atlântica; (d) área urbana; (e) praia; (f) manguezal	19
Figura 1.2: Formação geomorfológica do município de Lucena: (a) Planície Litorânea; (b) Tabuleiros Costeiros	20
Figura 1.3: Percurso Metodológico da pesquisa com agrupamento temático dos capítulos e artigos	24

### Capítulo 2

Figura 2.1: Mapa de localização do município de Lucena	34
Figura 2.2: Fluxograma da análise da evolução temporal do UOS de Lucena	35
Figura 2.3: Uso e ocupação do solo do município de Lucena de 1972 a 2018	37
Figura 2.4: Mudanças no uso e ocupação do solo no período de 1972 a 2018	40
Figura 2.5: Conversão de áreas no período de 1972 a 2018	42
Figura 2.6: Evolução das classes de uso e ocupação do solo no período de 1972 a 2018.	44

### Capítulo 3

Figura 3.1: Mapa de localização do município de Lucena-PB	57
Figura 3.2: Fluxograma da análise da influência dos instrumentos de ordenamento territorial na evolução espaço temporal de Lucena-PB	58
Figura 3.3: Evolução da ocupação do território de Lucena-PB	59
Figura 3.4: Cronologia dos IOT e repercussão no uso e ocupação do solo do município de Lucena-PB	81

### Capítulo 4

Figura 4.1: Mapa de localização do município de Lucena-PB	97
Figura 4.2: Fluxograma da análise da influência da evolução temporal do UOS no armazenamento de carbono no município de Lucena-PB.	98
Figura 4.3: UOS do município de Lucena dos anos de: (A) 1994, (B) 2005 e (C) 2018	99
Figura 4.4: UOS do ano de 2018 e predição para os anos de 2030 e 2040	103
Figura 4.5: Variação da biomassa de em cada compartimento para o município de Lucena	106
Figura 4.6: Evolução do estoque total de carbono no município de Lucena no período de 1994 a 2040.	107

### Capítulo 5

Figura 5.1: Mapa de localização do município de Lucena-PB	118
---	-----

Figura 5.2: Fluxograma do processo de análise da vulnerabilidade à perda do solo	120
Figura 5.3: Vulnerabilidade à perda de solo para os temas básicos	123
Figura 5.4: Vulnerabilidade à perda do solo para os anos de 2018, 2030 e 2040	126
Figura 5.5: Evolução espaço temporal da vulnerabilidade à perda do solo	127

## LISTA DE QUADROS

### Capítulo 3

Quadro 3.1: IOT do tipo Sistemas que exerceram influência sobre a evolução do UOS no município de Lucena-PB	61
Quadro 3.2: IOT do tipo Políticas Setoriais que exerceram influência sobre a evolução do UOS no município de Lucena-PB	63
Quadro 3.3: IOT do tipo Planos Setoriais que exerceram influência sobre a evolução do UOS no município de Lucena-PB	67
Quadro 3.4: IOT do tipo Planos macrorregionais e sub-regionais que exerceram influência sobre a evolução do UOS no município de Lucena-PB	69
Quadro 3.5: IOT do tipo Programas com rebatimento territorial que exerceram influência sobre a evolução do UOS no município de Lucena-PB	71
Quadro 3.6: IOT do tipo Fundos que exerceram influência sobre a evolução do UOS no município de Lucena-PB	75

### Capítulo 4

Quadro 4.1 Variáveis e resultado do teste V de Cramer	101
Quadro 4.2 Composição dos submodelos de transição potencial	102
Quadro 4.3 Análise comparativa entre o UOS-simulado (colunas) e o UOS de referência (linhas) para o ano de 2018, em função dos pixels.	102
Quadro 4.4 Validação do UOS-simulado com base no UOS de referência – análise dos componentes de concordância e discordância	103
Quadro 4.5 Valores de referência para os compartimentos de biomassa (Mg/ha)	105

### Capítulo 5

Quadro 5.1: Escala de conversão de vulnerabilidade	120
Quadro 5.2: Escala de comparação AHP	121
Quadro 5.3: Índice Randômico	122
Quadro 5.4: Coeficientes do modelo de vulnerabilidade à perda do solo para o município de Lucena	124

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AESA	- Agência Executiva de Gestão das Águas
AHP	- Processo Hierárquico Analítico
APA	- Área de Proteção Ambiental
BNB	- Banco do Nordeste do Brasil
BNDES	- Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CLIM	- Climatologia
COPEBRAS	- Companhia de Pesca Norte do Brasil
CSS	- <i>Carbon Storage and Sequestration</i>
EMBRAPA	- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FGTS	- Fundo de Garantia por Tempo de Serviço
FINOR	- Fundo de Investimentos do Nordeste
FND	- Fundo Nacional de Desenvolvimento
FNE	- Fundos Constitucionais de Financiamento do Nordeste
FNHIS	- Fundo Nacional de Habitação de Interesse Social
GEE	- Gases de Efeito Estufa
GEOL	- Geologia
GEOM	- Geomorfologia
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IC	- Índice de Consistência
II PND	- II Plano Nacional de Desenvolvimento
INCRA	- Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INVEST	- <i>Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs</i>
IOT	- Instrumentos de Ordenamento Territorial
IPCC	- Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
IR	Índice Randômico
LCM	- <i>Land Change Modeler</i>
MA	- Mata Atlântica
MCT	- Ministério da Ciência e Tecnologia
MDR	- Ministério do Desenvolvimento Regional
MLP	- Perceptron Multicamadas
MODERAGRO	- Programa de Modernização da Agricultura e Conservação dos Recursos Naturais
MODERINFRA	- Programa de Incentivo à Irrigação e à Produção em Ambiente Protegido
PAC	- Programa de Aceleração do Crescimento
PB	- Paraíba
PDNE	- Plano Estratégico de Desenvolvimento Sustentável do Nordeste
PED	- Pedologia
PERH	- Plano Estadual de Recursos Hídricos
PNCF	- Programa Nacional de Crédito Fundiário
PND	- Primeiro Plano Nacional de Desenvolvimento
PNDR	- Política Nacional de Desenvolvimento Regional
PNGC	- Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro
PNMA	- Política Nacional do Meio Ambiente
PNOT	- Política Nacional de Ordenamento Territorial
PNRA	- Plano Nacional de Reforma Agrária

PNRH	- Política Nacional de Recursos Hídricos
PROÁLCOOL	- Programa Nacional do Alcool
PRÓ-CIDADES	- Programa de Desenvolvimento Urbano
PROINE	- Programa de Irrigação do Nordeste
PRONAF	- Programa Nacional de Apoio à Agricultura Familiar
PRONI	- Programa Nacional de Irrigação
SEHI	- Índice de Risco de Erosão do Solo
SICAR	- Sistema de Cadastro Ambiental Rural
SIG	- Sistema de Informação Geográfica
SISNAMA	- Sistema Nacional de Meio Ambiente
SNHIS	- Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social
SNHIS	- Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social
SNUC	- Sistema Nacional de Unidades de Conservação
SPRING	- Sistema de Processamento de Informação Georreferenciadas
SUDAM	- Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia
SUDECO	- Superintendência de Desenvolvimento do Centro-Oeste
SUDENE	- Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
SUDESUL	- Superintendência do Desenvolvimento do Sul
TC	- Taxa de Consistência
UOS	- Uso e ocupação do solo
USLE	- Equação Universal de Perdas de Solo
ZAE	- Zoneamento Agroecológico
ZARC	- Zoneamento Agrícola de Risco Climático
ZC-Norte	- Zona Costeira Norte
ZC-Sul	- Zona Costeira Sul

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>17</b>
<b>1.1 HIPÓTESES</b>	<b>21</b>
1.1.1 Hipótese básica	21
1.1.2 Hipóteses secundárias	21
<b>1.2 OBJETIVOS</b>	<b>21</b>
1.2.1 Objetivo geral	21
<b>1.3 ESTRUTURA DA TESE</b>	<b>22</b>
<b>1.4 REFERÊNCIAS</b>	<b>24</b>
<b>2 A EVOLUÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE LUCENA NA ZONA COSTEIRA NORTE DO ESTADO DA PARAÍBA, BRASIL</b>	<b>27</b>
<b>2.1 INTRODUÇÃO</b>	<b>28</b>
<b>2.2 MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>33</b>
2.2.1 Caracterização da área em estudo	33
2.2.2 Procedimentos metodológicos	35
2.2.3 Obtenção e tratamento dos dados	35
<b>2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>36</b>
2.3.1 Uso e ocupação do solo	36
2.3.2 As mudanças no uso e ocupação do solo	39
2.3.3 Análise da evolução das classes de uso e ocupação do solo	42
<b>2.4 CONCLUSÃO</b>	<b>45</b>
<b>2.5 REFERÊNCIAS</b>	<b>45</b>
<b>3 INFLUÊNCIA DOS INSTRUMENTOS DE ORDENAMENTO TERRITORIAL BRASILEIROS NA EVOLUÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DO MUNICÍPIO DE LUCENA-PB: AVALIAÇÃO DO PERÍODO DE 1972 A 2018</b>	<b>52</b>
<b>3.1 INTRODUÇÃO</b>	<b>53</b>
<b>3.2 MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>56</b>
3.2.1. Caracterização da área em estudo	56
3.2.2 Procedimentos metodológicos	58
<b>3.3 RESULTADOS</b>	<b>59</b>

3.3.1 Evolução da ocupação do território do município de Lucena-PB	59
3.3.2 Instrumentos de Ordenamento Territorial aplicáveis ao município de Lucena-PB	60
3.3.2.1 Sistemas	61
3.3.2.2 Políticas Setoriais	63
3.3.2.3 Planos Setoriais	67
3.3.2.4 Planos macrorregionais e sub-regionais	69
3.3.2.5 Programas com rebatimento territorial	70
3.3.2.6 Fundos	74
3.3.3 Influência dos IOT na evolução da ocupação território de Lucena-PB	76
<b>3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>82</b>
<b>3.5 REFERÊNCIAS</b>	<b>83</b>
<b>4 INFLUÊNCIA DA EVOLUÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DO MUNICÍPIO DE LUCENA-PB NO ARMAZENAMENTO DE CARBONO: PROJEÇÕES PARA OS ANOS DE 2030 E 2040</b>	<b>92</b>
4.1 INTRODUÇÃO	93
4.2 METODOLOGIA E DADOS	96
4.2.1 Caracterização da área em estudo	96
4.2.2 Procedimentos Metodológicos	98
4.3 RESULTADOS	100
4.3.1 Evolução do UOS e predição para os anos de 2030 e 2040	100
4.3.2 Evolução do estoque de Carbono no período de 1994 a 2040	104
4.4 CONCLUSÕES	108
4.5 REFERÊNCIAS	109
<b>5 VULNERABILIDADE À PERDA DE SOLOS DO MUNICÍPIO DE LUCENA-PB: AVALIAÇÃO PARA OS ANOS DE 2018 A 2040</b>	<b>111</b>
5.1 INTRODUÇÃO	114
5.2 METODOLOGIA	117
5.2.1 Caracterização da área em estudo	117
5.2.2 Procedimentos metodológicos	119
5.3 RESULTADOS	122

5.3.1 Vulnerabilidade à perda de solo para os temas básicos	122
5.3.2 – Modelo de vulnerabilidade à perda do solo para o município de Lucena	124
5.3.3 – Análise da vulnerabilidade à perda do solo para os anos de 2018, 2030 e 2040.	125
<b>5.4 CONCLUSÕES</b>	<b>128</b>
<b>5.5 REFERÊNCIAS</b>	<b>128</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>132</b>
<b>6.1 CONCLUSÕES</b>	<b>132</b>
<b>6.2 CONTRIBUIÇÕES</b>	<b>135</b>
<b>6.3 RECOMENDAÇÕES</b>	<b>136</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A Zona Costeira, do ponto de vista conceitual, é um espaço complexo, decorrente tanto dos processos que deram origem ao ambiente como das questões socioambientais e de ocupação inerentes à essa porção do território (OLIVEIRA; COELHO, 2015). Legalmente, no Brasil, o conceito de Zona Costeira está ligado a uma região da superfície onde existe um ecossistema e suas relações, abrangendo simultaneamente uma região marítima e uma continental, cujos recursos naturais, sítios ecológicos e monumentos naturais devem ser objeto de preservação e conservação (BRASIL, 1988).

As áreas litorâneas brasileiras apresentam a maior concentração populacional e urbana (MOURA; PÊGO, 2017) em decorrência do processo histórico da colonização, uma vez que eram a porta de entrada para os navegantes advindos da Europa e faziam dessas regiões os locais de atracação e pontos de apoio para sua atividade de exploração dos recursos naturais, com destaque para o Pau-brasil (MORAES, 2007).

Devido a esse processo, várias cidades foram fundadas nas regiões litorâneas e até hoje são os grandes focos de atração populacional (SILVA FILHO; MAIA, 2019). No entanto, não apenas a urbanização se desenvolveu na região litorânea, mas também atividades agrícolas, centradas na cana-de-açúcar, que tiveram grande expansão, quer pelo atendimento às demandas consumidoras europeias ou pela facilidade de escoamento a partir dos portos (DIEGUES JÚNIOR, 2006).

O uso dado ao solo litorâneo é o mais variado possível, com as atividades de monocultura agrícola, atividades industriais e ocupação urbana (ABREU; VASCONCELOS; ALBUQUERQUE, 2017), o que acaba por favorecer os processos erosivos, tendo como consequência uma perda das capacidades produtivas (GIRÃO; CORRÊA, 2004).

Os processos de degradação do solo não se limitam exclusivamente à perda da capacidade de produção, mas ligam-se diretamente à alteração no regime hídrico e consequente alteração nos corpos d'água e nascentes, trazendo danos que, em muitos casos, não têm sido mitigados (SANTOS; ROMANO, 2005; FERREIRA; DUARTE; OLIVEIRA; SILVA; CARVALHO, 2019).

A cultura da cana-de-açúcar vem sendo amplamente desenvolvida em boa parte da região costeira brasileira, tendo grande expansão devido os programas de incentivo à produção do álcool no século XX (ANDRADE; CARVALHO; SOUZA, 2010; NOCELLI; ZAMBON; SILVA; MORINI, 2017).

Pode-se assim afirmar que o uso da Zona Costeira brasileira remonta a quase cinco séculos, o que traz como consequência uma exigência sobre o ambiente que apresenta características significativas de degradação.

Devido à diversidade de usos observados na Zona Costeira e a sua importância decorrente da presença do bioma da Mata Atlântica e da concentração populacional que ocorre nessas regiões, as medidas de gestão precisam ser cuidadosamente pensadas e analisadas. Nesse sentido, as políticas públicas e as análises integradas da paisagem são alguns dos instrumentos que embasam os projetos de gestão do território costeiro.

Echániz, Espinosa e Marian (2012) e Horovitz (2019) destacam que as políticas públicas implantadas nas Zonas Costeiras ignoraram as principais qualidades das paisagens litorâneas, sendo necessário inserir no estudo da paisagem a percepção do território, cujo caráter é o produto da interação da cultura e natureza e subsídio a uma gestão sustentável.

A Zona Costeira é objeto de problemas relacionados aos usos existentes, desejados e permitidos, traduzindo-se em sérias consequências ambientais. Mello *et al.* (2013), analisando a ocupação da Zona Costeira do Estado de São Paulo identificaram que uma ocupação não planejada traz como principais consequências a supressão de áreas naturais como manguezais, restingas e encostas, com uma tendência de substituição das áreas naturais por áreas antrópicas, exercendo assim uma pressão sobre os remanescentes ainda preservados.

A urbanização é outro grande fator de disputa observado nas áreas costeiras. A destinação da terra, em função de suas características físicas, é normalmente distinta da ocupação observada. Moura *et al.* (2015), em seus estudos sobre o litoral norte do estado do Rio Grande do Sul, verificaram que a urbanização ampliou a utilização dos recursos naturais e conseqüentemente comprometeu a qualidade ambiental. No entanto, no contexto socioeconômico, houve avanços importantes para a região. Os autores observaram dicotomias relacionadas às relações agricultura/urbanização e urbanização/áreas de conservação, acarretando danos em ecossistemas diversificados e de grande suscetibilidade.

Essa situação vem sendo observada na zona costeira norte e sul (ZC-Norte e ZC-Sul) do Estado da Paraíba. Essas regiões costeiras apresentam unidades urbanas bem caracterizadas associadas a atividades de monocultura, com um grande potencial hídrico devido aos índices pluviométricos favoráveis. No entanto, passam por mudanças do uso do solo cujas consequências futuras ainda não foram estimadas, mesmo existindo na região grandes áreas que, na teoria, são protegidas pela legislação ambiental, mas cujos usos nem sempre estão de acordo com as limitações impostas pelos instrumentos legais.

O território do município de Lucena é emblemático em relação ao uso e ocupação do solo, sendo o que apresenta o menor percentual de Mata Atlântica existente entre os municípios da Zona Costeira Norte do Estado da Paraíba (BARBOSA et al.,2015). O processo de substituição da Mata Atlântica ocorreu devido ao crescimento relativo aos usos das culturas da cana-de-açúcar, coco-da-baía e áreas urbanas (Figura 1.1), significativamente influenciados pelas políticas públicas.



Figura 1.1: Principais tipologias de uso e ocupação observadas no município de Lucena: (a) coco-da-baía; (b) cana-de-açúcar; (c) vegetação de mata atlântica; (d) área urbana; (e) praia; (f) manguezal. Fonte: Google Earth

Uma característica que influencia a ocupação do solo em Lucena é a sua formação geomorfológica, onde observa-se claramente duas unidades distintas: a Planície Litorânea (região onde predomina a ocupação urbana) e os Tabuleiros Costeiros (predomínio das atividades agrícolas) (Figura 1.2).



Figura 1.2: Formação geomorfológica do município de Lucena: (a) Planície Litorânea; (b) Tabuleiros Costeiros.

A ausência de estudos e diagnósticos, como análises de vulnerabilidade e de conflitos de uso do solo para a Zona Costeira paraibana, principalmente a ZC-Norte, dificulta a formulação de políticas públicas que visem à minimização de impactos decorrentes da ocupação atual e futura.

Nesse sentido, esta tese refere-se à pesquisa sobre a vulnerabilidade ambiental relacionada às mudanças do uso do solo no município de Lucena, ZC-Norte do Estado da Paraíba, relativas à perda de solo e armazenamento de carbono, utilizando geotecnologias como sensoriamento remoto, Sistema de Informação Geográfica (SIG), modelos autômatos celulares e estatística descritiva e indutiva, utilizando levantamentos detalhados dos recursos naturais e de áreas

antropizadas, abrangendo os períodos pretéritos, de 1972 a 2018, e prospectivos de 2030 a 2040.

## **1.1 HIPÓTESES**

### **1.1.1 Hipótese básica**

As mudanças do uso e ocupação do solo no município de Lucena, Estado da Paraíba, no período de 1972 a 2018, decorrentes das políticas de desenvolvimento econômico, principalmente o Programa Nacional do Alcool, foram responsáveis pelo intenso desmatamento da Mata Atlântica e consequente aumento das emissões de gases de efeito estufa e intensificação dos processos de perdas de solo.

### **1.1.2 Hipóteses secundárias**

A evolução do uso e ocupação do solo no município de Lucena indica que a cultura da cana-de-açúcar ocupou amplos espaços territoriais em substituição à Mata Atlântica.

As políticas públicas de ordenamento do território brasileiro priorizam o desenvolvimento econômico pautado na expansão das fronteiras agrícolas e logo são as principais responsáveis pelo intenso desmatamento da Mata Atlântica do município de Lucena.

As previsões do uso e ocupação do solo para os anos de 2030 e 2040 indicam uma tendência ao desmatamento da Mata Atlântica e incremento da liberação de carbono na atmosfera, mas em um ritmo menos acelerado do que o observado nos últimos 50 anos.

Os processos de perda do solo no município de Lucena indicam uma tendência à intensificação ao longo do período estudado.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo geral**

Investigar as consequências ambientais negativas no tocante aos processos erosivos e ao armazenamento de carbono no município de Lucena, na Zona Costeira Norte do Estado da Paraíba, decorrentes das mudanças no uso e ocupação do solo, considerando cenários pretéritos e futuros por meio de metodologias prospectivas.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Realizar o diagnóstico espaço-temporal da evolução do Uso e Ocupação do Solo no município de Lucena no período de 1972 a 2018, com o uso de ferramentas de geoprocessamento, bases cartográficas e imagens de satélite;
- Avaliar os elementos legais que interferiram direta e indiretamente na evolução do uso do solo do município de Lucena;
- Elaborar cenários preditivos para o Uso e Ocupação do Solo no município de Lucena para os anos de 2030 e 2040;
- Verificar a influência da dinâmica do uso e ocupação do solo no armazenamento e sequestro de carbono no município de Lucena.
- Realizar uma investigação sobre a vulnerabilidade ambiental referente à perda de solos no município de Lucena, ZC-Norte/PB.

### **1.3 ESTRUTURA DA TESE**

A estrutura adotada para esta Tese consiste em um compêndio de artigos apresentado em forma de capítulos que analisam e discutem os objetivos propostos. O sequenciamento dos artigos visa garantir um encadeamento lógico das ideias de forma a alcançar o objetivo geral (Figura 1.3).

O Capítulo 1, Introdução, descreve o contexto no qual se insere a problemática em estudo e define os objetivos a serem atingidos com essa tese.

No Capítulo 2 é apresentado o artigo intitulado “A evolução do uso e ocupação do solo no município de Lucena na Zona Costeira Norte do Estado da Paraíba, Brasil” que teve como objetivo realizar o diagnóstico espaço-temporal da evolução do uso e ocupação do solo no período de 1972 a 2018, o qual permitiu compreender o processo histórico de desenvolvimento do território de Lucena e identificar as principais mudanças no uso da terra.

No Capítulo 3, relativo ao artigo “Influência dos instrumentos de ordenamento territorial brasileiros na evolução do uso e ocupação do solo do município de Lucena-PB: avaliação do período de 1972 a 2018”, é descrita a evolução do uso do solo sobre a perspectiva da influência das políticas públicas no processo de desenvolvimento do território. A partir de um estudo e análise detalhada dos Instrumentos de Ordenamento Territorial foi possível estabelecer uma correlação de causa e efeito entre as questões legais e a evolução espaço-territorial do município.

No Capítulo 4, o artigo “Influência da evolução do uso e ocupação do solo do município de Lucena-PB no armazenamento de carbono: projeção para os anos de 2030 e 2040” analisou as consequências futuras decorrentes da dinâmica do uso e ocupação do solo e sua interferência no processo de armazenamento de carbono, além da contribuição para o processo de aquecimento global.

No Capítulo 5, o artigo “Vulnerabilidade à perda do solo do município de Lucena-PB: avaliação para os anos de 2018 a 2040” apresenta diagnóstico/prognóstico da suscetibilidade aos processos erosivos tomando como base a dinâmica do uso e ocupação do solo observado para o período em estudo.

Por fim, no Capítulo 6, Conclusões e Recomendações, é realizado um fechamento das discussões dos resultados obtidos em cada capítulo e são indicadas proposições para novos estudos e pesquisas.

Na Figura 1.3 está esquematizado o fluxograma deste trabalho de tese, desde o Capítulo 1 - Introdução até o Capítulo 6, relativo às Considerações Finais.

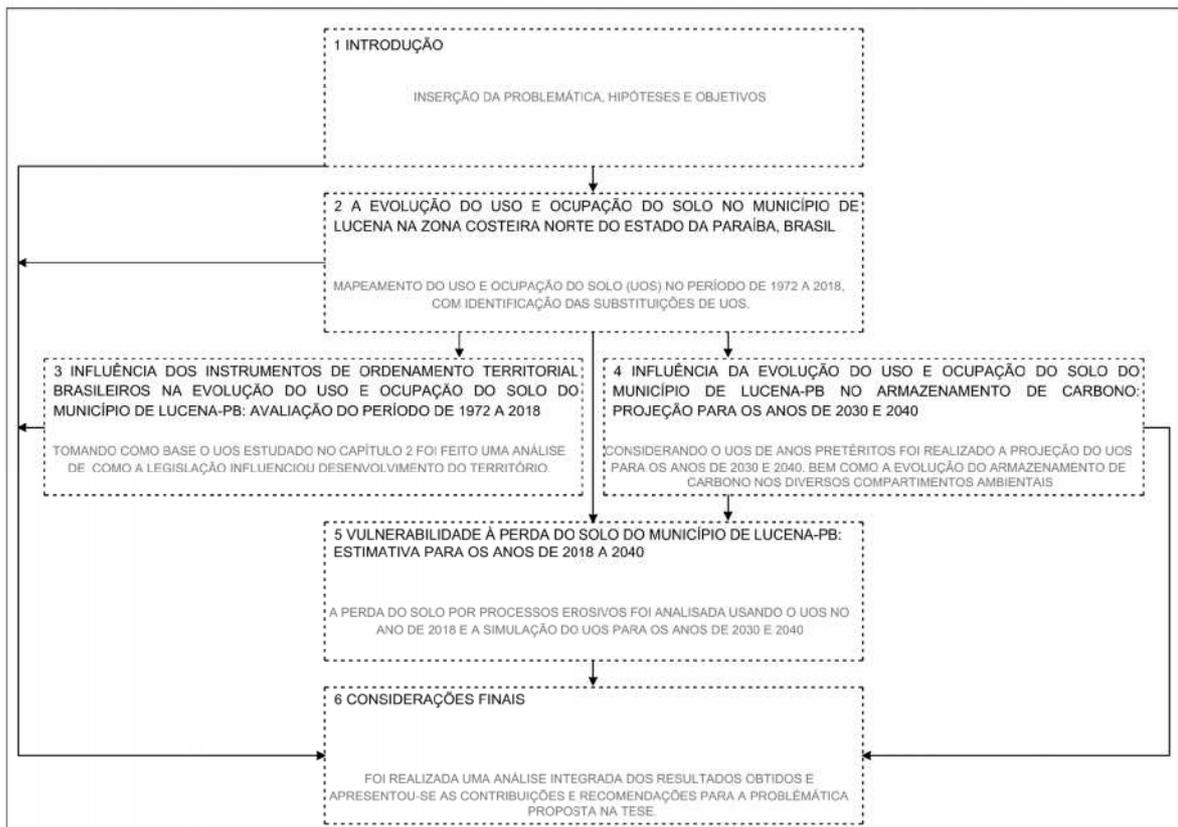


Figura 1.3: Percurso metodológico da pesquisa com agrupamento temático dos capítulos e artigos

## 1.4 REFERÊNCIAS

ABREU, Fabiana Lima; VASCONCELOS, Fábio Perdigão; ALBUQUERQUE, Mária Flávia Coelho. A DIVERSIDADE NO USO E OCUPAÇÃO DA ZONA COSTEIRA DO BRASIL: a sustentabilidade como necessidade. *Conexões: Ciência e Tecnologia*, Fortaleza, v. 11, n. 5, p. 8-16, dez. 2017. DOI: 10.21439/conexoes.v11i5.1277.

ANDRADE, Ednilton Tavares de; CARVALHO, Sergio Roberto Garcia de; SOUZA, Lucas Fernandes de. Programa do PROÁLCOOL e o etanol no brasil. *Engevista*, [s.l.], v. 11, n. 2, p.127-136, 2 fev. 2010. Pro Reitoria de Pesquisa, Pós Graduação e Inovação - UFF. <http://dx.doi.org/10.22409/engevista.v11i2.236>.

BARBOSA SEGUNDO, Inalmar Dantas. Análise das condições de salubridade ambiental dos municípios com potencial turístico do litoral norte paraibano. 2015, 99 f. Dissertação (Mestrado) – Programa Regional de Pós-Graduação em

Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2015.

BRASIL. Lei nº 7661, de 16 de maio de 1988. Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências. D.O.U: Brasília, 16 de maio de 1988.

DIEGUES JÚNIOR, Manuel. O engenho de açúcar no nordeste. Maceió: EDUFAL, 2006. 92 p.

ECHÁNIZ, Ignacio Español; ESPINOSA, Elena María Muñoz; MARIAN, David de Santos. El Paisaje como instrumento de la gestión integral de costas, estudio de tres casos. Costas, Montevideo, v. 1, n. 1, p.84-97, jul. 2012.

FERREIRA, Natália Cássia de Faria; DUARTE, Jéssica Rodrigues de Mello; OLIVEIRA, Luís Augusto Batista de; SILVA, Edvan Costa da; CARVALHO, Igor Amâncio de. O PAPEL DAS MATAS CILIARES NA CONSERVAÇÃO DO SOLO E ÁGUA. Biodiversidade, Cuiabá, v. 18, n. 3, p. 171-179, nov. 2019.  
<https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/biodiversidade/article/view/9416>.

GIRÃO, Osvaldo; CORRÊA, Antônio Carlos de Barros. A contribuição da geomorfologia para o planejamento da ocupação de novas áreas. Revista de Geografia, Recife, v. 21, n. 2, p.36-58, dez. 2004.

HOROVITZ, Gabriel. A complexidade da implementação de políticas públicas ambientais para a gestão da zona costeira no Brasil. 2019. 88 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

MELLO, Kaline et al. Dinâmica da expansão urbana na zona costeira brasileira: o caso do município de São Vicente, São Paulo, Brasil. Revista de Gestão Costeira Integrada, [s.l.], v. 13, n. 4, p.527-539, 31 dez. 2013. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APRH). <http://dx.doi.org/10.5894/rgci432>.

MORAES, Antônio Carlos Robert. Contribuições para gestão da zona costeira do Brasil: elementos para uma geografia do litoral brasileiro. São Paulo: Annablume, 2007. 237 p.

MOURA, Nina Simone Vilaverde et al. A URBANIZAÇÃO NA ZONA COSTEIRA: PROCESSOS LOCAIS E REGIONAIS E AS TRANSFORMAÇÕES AMBIENTAIS - O CASO DO LITORAL NORTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL,

BRASIL. Ciência e Natura, [s.l.], v. 37, n. 3, p.594-612, 26 set. 2015. Universidade Federal de Santa Maria. <http://dx.doi.org/10.5902/2179460x18503>.

MOURA, Rosa; PÊGO, Bolívar. O SISTEMA URBANO BRASILEIRO E SUAS ARTICULAÇÕES NA ESCALA SUL-AMERICANA. Boletim Regional, Urbano e Ambiental, Brasília, v. -, n. 16, p. 71-81, jul. 2017.

[Http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7946/1/BRU\\_n16\\_Sistema.pdf](Http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7946/1/BRU_n16_Sistema.pdf).

NOCELLI, Roberta Cornélio Ferreira; ZAMBON, Vivian; SILVA, Otávio Guilherme Moraes da; MORINI, Maria Santina de Castro. HISTÓRICO DA CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL: contribuições e importância econômica. In: FONTANETTI, Carmem Sílvia; BUENO, Odair Correa (org.). Cana-de-açúcar e seus impactos: uma visão acadêmica. Bauru: Canal 6 Editora, 2017. p. 13-30.

OLIVEIRA, Carina Costa de; COELHO, Luciana. Os limites do planejamento da ocupação sustentável da zona costeira brasileira. Revista de Direito Internacional, [S.L.], v. 12, n. 1, p. 126-149, 1 set. 2015. Centro de Ensino Unificado de Brasília. <http://dx.doi.org/10.5102/rdi.v12i1.3371>.

SANTOS, Devanir Garcia dos; ROMANO, Paulo Afonso. Revista de Política Agrícola: Conservação da água e do solo, e gestão integrada dos recursos hídricos. Conservação da água e do Solo, e Gestão Integrada dos Recursos Hídricos, Brasília, v. 14, n. 2, p.51-64, jun. 2005.

<https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/536/486>.

SILVA FILHO, Luís Abel da; MAIA, Alexandre Gori. DETERMINANTES SOCIOECONÔMICOS E DEMOGRÁFICOS DAS MIGRAÇÕES NOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS – 2000/2010. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS REGIONAIS E URBANOS, 17, 2019, Rio de Janeiro. Anais [...] . Rio de Janeiro: Brsa, 2019. p. 1-19. Disponível em: <https://brsa.org.br/wp-content/uploads/wpcf7-submissions/1173/Artigo-4.pdf>.

Acesso em: 15 out. 2020.

## **2 A EVOLUÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE LUCENA NA ZONA COSTEIRA NORTE DO ESTADO DA PARAÍBA, BRASIL**

Resumo: A Zona Costeira (ZC) do Estado da Paraíba tem sofrido transformações do seu espaço geográfico nas últimas décadas decorrentes do intenso processo de desmatamento da Mata Atlântica (MA) para a implantação da agricultura e da urbanização. No município de Lucena, na ZC Norte, destacado neste trabalho por apresentar os maiores índices de desmatamento da MA, foram realizados levantamentos com base em imagens de satélite e técnicas de processamento digital visando o conhecimento das áreas que tiveram mudanças de uso e ocupação do solo (UOS) e sua evolução no período de 1972 a 2018. Foi utilizado um Sistema de Informação Geográfica, que permitiu a classificação supervisionada do UOS, o *overlay map* e as quantificações das áreas que sofreram mudanças para as sucessivas ocupações. Os resultados indicaram que as áreas de vegetação nativa reduziram de 72,97% para 23,77%, enquanto que as da cultura da cana-de-açúcar aumentaram de 9,25% para 46,80%; as áreas urbanas cresceram de 0,45% para 12,03% do território municipal. Foi observado que o crescimento da cultura da cana-de-açúcar ocorreu nas áreas dos Tabuleiros Costeiros e o avanço da urbanização na Planície Costeira. Ao todo, 63,77% da área do território do município de Lucena foi modificada nesses 46 anos de análise.

Palavras-Chave: Mata Atlântica. Mudanças de uso do solo. Urbanização. Zona Costeira.

Abstract: The Coastal Zone (CZ) of the state of Paraíba has been the object of changes in its geographical space in recent decades, referring to the intense deforestation of the Atlantic Forest (AF) for the implementation of agriculture and urbanization. In the municipality of Lucena, in CZ Norte, highlighted in this study for presenting the highest deforestation rates in AF, surveys were carried out based on satellite images and digital processing techniques aiming at the knowledge of areas that had changes of land use and land cover (LULC), and their evolution in the period from 1972 to 2018. A Geographic Information System was used, which allowed the supervised classification of LULC, the overlay map and the quantification of areas that have undergone changes for successive occupations.

The results indicated that the native vegetation areas decreased from 72.97% to 23.77%, while those of sugarcane cultivation increased from 9.25% to 46.80%; urban areas grew from 0.45% to 12.03% of the municipal territory. It was observed that the growth of sugarcane crop occurred in the Coastal Tableland areas and the advance of urbanization in the Coastal Plain. In all, 63.77% of the area of the municipality of Lucena was modified in these 46 years of analysis.

Keywords: Atlantic Forest. Land use and land cover change. Urbanization. Coastal Zone.

## 2.1 INTRODUÇÃO

A Zona Costeira (ZC) legal brasileira abrange mais de 300 municípios defrontantes com o mar, compreendendo uma extensão de terra de 8.696 km<sup>2</sup>. Na ZC do Nordeste do Brasil verifica-se uma variedade significativa de ecossistemas e usos do solo, os quais estão sujeitos aos mais diversos fatores de pressão antrópica (NICOLODI; PETERMANN, 2010).

A ocupação desse território da ZC nordestina iniciou-se no século XVI, influenciada principalmente pela exploração do pau-brasil, sendo sucedida pela exploração intensiva da cultura da cana-de-açúcar, vindo assim a ocupar, nas últimas décadas do século XX, vastas extensões territoriais, alterando significativamente a paisagem da ZC (CARVALHO, 1998). A urbanização também exerceu influência sobre a ZC, nos últimos anos, com a implantação de diversos loteamentos, o desenvolvimento industrial, bem como a ampliação da capacidade de fluxo das rodovias que modificaram a paisagem, ampliando o desmatamento, com destaque para a Mata Atlântica (MALZAC; SILVA, 2019).

As análises da dinâmica do uso do solo e suas consequências vêm-se tornando fundamentais para uma compreensão mais ampla dos possíveis danos ambientais e se apresentam como uma importante ferramenta para o planejamento e a gestão territorial. Suthakar e Bui (2008) afirmam que o estudo temporal e espacial do uso e ocupação do solo (UOS) é um pré-requisito para decisões eficazes em um contexto de desenvolvimento social e econômico, onde a utilização de imagens de satélite mostra-se como uma técnica proeminente. No entanto, a utilização desses dados por si só não é suficiente para a identificação dos impactos

decorrentes do desmatamento de áreas florestadas, sendo necessários estudos mais aprofundados sobre a intensificação da vulnerabilidade ambiental referida à erosão do solo (CREPANI *et al.*, 2001; SOUZA, 2009), e a definição de cenários ideais para sua ocupação (VALLE JÚNIOR, 2013).

Para uma análise mais refinada da dinâmica territorial, o fator temporal possibilita, a partir do conhecimento da evolução dos cenários do passado, compreender os processos de mudanças do UOS. Visando a compreensão da dinâmica tempo-espacial do UOS, Gianuca e Tagliani (2012) estudaram a ocupação do território com silvicultura e sua influência na dinâmica de ambientes costeiros como dunas, brejos úmidos, banhados, lagoas e campos, identificando os principais problemas relacionados a homogeneização da paisagem, fragmentação de habitat e perda de biodiversidade.

Sob uma ótica distinta, Carneiro *et al.* (2013) estudaram a evolução da ocupação no campo de dunas do Morro de Santa Terezinha, na ZC Leste do município de Fortaleza, no Estado do Ceará, no período de 1978 a 2008, com a utilização de ortofotocartas, permitindo identificar e quantificar as mudanças decorrentes da urbanização. Estudo semelhante foi desenvolvido por Gonçalves *et al.* (2013), que realizaram a análise quantitativa da evolução do uso do solo, com ênfase no processo de urbanização, na praia de Boa Viagem, cidade do Recife, no Estado de Pernambuco. Para isso tomaram como referência os anos de 1974 a 2011 e identificaram como principais mudanças a ampliação da área urbana para 58% do território e redução da cobertura vegetal para 6%.

Mello *et al.* (2013), analisando a ocupação da zona costeira do estado de São Paulo, identificaram que uma ocupação não planejada traz como principais consequências a supressão de áreas naturais como manguezais, restingas e encostas, com uma tendência de substituição das áreas naturais por áreas antrópicas, exercendo assim uma pressão sobre os remanescentes ainda preservados. Na maioria dos casos as mudanças no uso do solo se dão de maneira vegetativa, ou seja, não planejada e pautada no interesse particular de um indivíduo ou de um pequeno grupo de indivíduos, o que pode gerar problemas graves para a coletividade

Souza (2015), por sua vez, estudou a dinâmica de uso na Planície Costeira de Caravelas, no extremo sul da Bahia, nos anos de 1984 a 2011 pautando-se em imagens de sensores remotos, o que o possibilitou identificar que as áreas de

manguezais estavam sujeitas a processos que contribuíram para a redução de sua área.

Cristiano *et al.* (2015) estudaram a evolução do uso e ocupação do solo visando à identificação das áreas de ocupações ilegais na ZC do município de Jaguaruna, no estado de Santa Catarina, no período de 2003 a 2014, identificando assim, os principais problemas e consequências ambientais, bem como o descumprimento a legislação ambiental vigente.

Lipp-Nissinen *et al.* (2018) analisaram, no Litoral Médio do estado do Rio Grande do Sul entre os anos de 1985 e 2011, a evolução do uso e cobertura do solo na região, o que os possibilitou identificar o avanço da cultura de *Pinus sp* sobre as áreas de preservação permanente e em substituição a floresta de restinga e sugerir a adoção de medidas que visem a preservação ambiental.

Recentemente, uma série de novos estudos sobre o UOS da ZC Nordestina vêm sendo desenvolvidos, ampliando assim o conhecimento dos problemas enfrentados por essa região. Jesus e Oliveira (2017) analisaram o UOS da ZC de Conde, no estado da Bahia, e identificaram as consequências socioespaciais. Concluíram que o padrão espacial de ocupação estava ligado às atividades agrícolas, turísticas e tradicionais e fortemente influenciado por um processo de urbanização disperso decorrente do desenvolvimento do setor turístico. Matias e Silva (2017) analisaram o UOS com ênfase na vegetação de mangue, buscando compreender a evolução desse ecossistema entre os anos de 2004 e 2016 no litoral sul do estado de Alagoas; esse estudo permitiu identificar que os manguezais existentes nos municípios costeiros apresentaram uma evolução significativa de área. Lima, Maciel e Lima (2017) analisaram a alteração do uso do solo e consequente transformação da ZC na Praia de Redinha, na cidade de Natal, estado do Rio Grande do Norte, identificando uma expansão entre 1969 e 2006 de 3000% da área urbanizada. Serra e Farias Filho (2019) estudaram as modificações do UOS da ZC ao Norte de São Luís, estado do Maranhão entre os anos de 1984 e 2010; os estudos pautaram-se na identificação das áreas urbanas, vegetação, solo exposto e água, permitindo concluir que a área urbana se desenvolveu passando a ser observada em 56,26% do território. Outros estudos sobre a evolução do UOS foram desenvolvidos por Gomes *et al.* (2018), na região da Laguna Guaraíras, na ZC do estado do Rio Grande do Norte e Gama *et al.* (2019) no município de Mucuri, na ZC Sul do estado da Bahia.

No estado da Paraíba, a região litorânea sul, também tem sido alvo de estudos ligados à identificação de alterações no UOS: Bezerra e Cabral da Silva (2014), analisando o uso do solo da bacia hidrográfica do rio Abiaí-Papocas identificaram as relações entre o uso atual e o potencial e sua influência nos processos erosivos, apontando que a manutenção do uso atual favoreceria a perda do solo naquela região. Estudo semelhante foi realizado por Cavalcanti (2014) para a bacia do rio Gramame, no qual ficou constatado que o UOS, no período estudado, não era fator que influenciava a ampliação dos processos erosivos. Pires (2015), estudando as bacias hidrográficas litorâneas a montante de reservatórios fluviais e captações para abastecimento de água identificou os problemas inerentes ao uso do solo, principalmente entre as áreas florestadas, as áreas urbanizadas e agrícolas, mostrando uma heterogeneidade de situações nas diversas unidades analisadas, indicando a necessidade da implantação de mecanismos de gestão do uso do solo. Barros *et al.* (2020) analisando o UOS da ZC Sul do estado da Paraíba, no período de 1988 a 2013, identificaram um desmatamento de 60% da área originalmente ocupada por Mata Atlântica.

No plano internacional, estudos recentes demonstraram a preocupação com a ocupação da ZC e suas consequências. Barroqueiro e Caeiro (2016), com base em seus estudos realizados na ZC do Cabo de Sines em Portugal, afirmam que um dos meios para a gestão do espaço costeiro é o diálogo entre os diversos atores envolvidos e sua participação efetiva. Rahman *et al.* (2017) analisaram a dinâmica do UOS na região costeira de Bangladesh a partir de imagens multitemporais *Landsat* entre os anos de 1989 e 2015 e identificaram que as principais mudanças ocorridas no uso do solo foram a substituição de áreas desnudas por projetos de carcinicultura. Ligate *et al.* (2018) estudaram o UOS e o associaram aos impactos nos serviços ambientais prestados pelos ecossistemas na ZC da Tanzânia, concluindo que entre 2000 e 2016 as atividades antrópicas se expandiram enquanto que os ambientes naturais reduziram, impactando diretamente nos valores gerados pelos serviços ambientais. Afsholnissa *et al.* (2019) analisaram as mudanças no UOS na costa Sul do distrito de Bantul, na Indonésia, objetivando identificar a adequação da terra para a criação de camarões, agricultura e associações de manguezais, apontando que a região costeira é adequada para a criação de camarões.

O município de Lucena, integrante da ZC legal (BRASIL, 2018), situado no litoral Norte do estado da Paraíba, vem passando por um processo de transformação do espaço geográfico referente à conversão de áreas de cobertura florestal nativas, do bioma Mata Atlântica, em áreas agricultáveis e, mais recentemente, em áreas urbanas. Barbosa Segundo *et al.* (2016) identificaram que o município de Lucena, entre aqueles que compõe a ZC Norte, é o que apresenta a menor percentual de áreas florestadas. Este processo tem acarretado ameaças ao ambiente próprio da ZC com fragmentação florestal, ocupação de áreas de preservação, intensificação dos processos erosivos, degradação qualitativa de recursos hídricos, alteração da fase terrestre do ciclo hidrológico, entre outras. Este quadro de ameaças denota a necessidade da gestão integrada da ZC buscando atender às necessidades dos usos do solo minimizando, concomitantemente, os impactos do antropismo.

Em Lucena, as áreas próximas à Orla Costeira tornaram-se atrativas à ocupação urbana. De acordo com Barbosa Segundo (2015) o município é o que apresenta o maior fluxo de turistas da ZC Norte, tendo em vista a proximidade com a capital do estado da Paraíba e o patrimônio natural e histórico presente. Acrescenta-se ainda a facilidade de acesso por meio de uma boa infraestrutura rodoviária e aquaviária.

Esse intenso processo de modificação do UOS é entendido, em grande parte, como decorrente de programas governamentais de incentivo à economia do Brasil. De fato, programas governamentais como o Proálcool, que estimulou a produção de etanol combustível derivado da cana-de-açúcar (STOLF; OLIVEIRA, 2020), e o Fundo de Investimentos do Nordeste (FINOR), destinado ao incentivo à produção de alimentos (ARRUDA; MATTOS, 2018) para o Nordeste brasileiro, contribuíram fortemente para as mudanças do UOS do município.

A partir dos anos 1960 diversas normas, leis e ações foram implementadas para preservação ambiental garantindo a manutenção dos recursos naturais. Merece destaque o Código Florestal de 1965 (BRASIL, 1965) e o Novo Código Florestal de 2012 (BRASIL, 2012) que estabeleceu e reafirmou o conceito de reserva legal e de áreas de preservação permanente; a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) de 1981 que criou o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA) instrumentalizando assim o processo de licenciamento ambiental

(BRASIL, 1981); e o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) em 2000, que disciplinou a criação e gestão das áreas protegidas (BRASIL, 2000).

À luz da dinâmica da ocupação do solo proporcionada pelas políticas de desenvolvimento e de preservação ambiental do aparato legal relativo a ocupação do território da ZC brasileira, é feito, neste trabalho, um diagnóstico espaço-temporal da evolução do UOS no município de Lucena no período de 1972 a 2018, com o uso de ferramentas de geoprocessamento, bases cartográficas e imagens de satélite, destacando a expansão e mudanças ocorridas.

## **2.2 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.2.1 Caracterização da área em estudo**

O município de Lucena (Figura 2.1), na Região Geográfica Intermediária de João Pessoa no estado da Paraíba, está inserido entre as coordenadas geográficas: 6°50' Sul de latitude e 34°50' Oeste de longitude; e 7°00" Sul de latitude e 35°00' Oeste de longitude O. Limita-se a Norte com o município de Rio Tinto, pelo talvegue do rio Miriri, a Leste com o Oceano Atlântico, a Sul com os municípios de Santa Rita e Cabedelo, pelo rio Soé, e a Oeste com o município de Santa Rita por divisas secas.

O município se caracteriza por ser o localizado na Zona Costeira Norte do Estado do Paraíba que menos apresenta restrições legais – devido à ausência de terras protegidas - uma vez que os outros dessa zona apresentam maiores percentuais de áreas protegidas e conseqüente alterações do uso do solo, o que permite o desenvolvimento de estudos temporais para a análise das conseqüências das alterações do UOS e sua repercussão em futuros estudos de vulnerabilidade ambiental.

A geomorfologia do município de Lucena se caracteriza por estar inserida na Formação Barreiras com duas unidades bem definidas, os Tabuleiros e a Planície Litorânea. De acordo com Furrier *et al.* (2006) essa região se caracteriza pela existência de tabuleiros com extensas e bem definidas superfícies aplainadas, interseccionadas por vales fluviais posicionados de maneira quase perpendicular à linha de costa. O trecho localizado a sul do rio Miriri apresenta altitudes com variação entre 122 e 177 m, enquanto que entre o rio Paraíba e o rio Jacuípe são

variações entre 79 e 97 m. No que tange à Planície Litorânea, com elevações de até 6m, está apresenta uma variação de largura na direção da linha de costa, podendo ser caracterizada como depósitos arenosos quartzosos e com afloramentos de calcário (BARBOSA *et al.*, 2007)

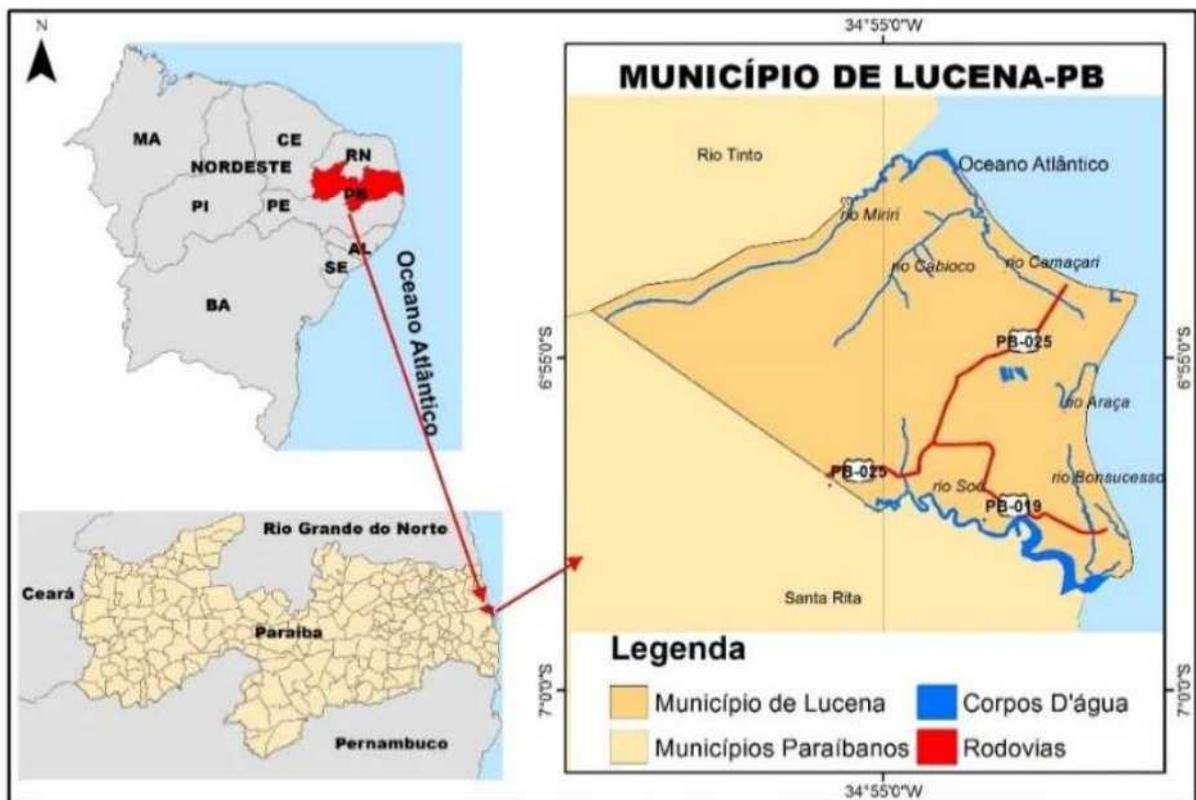


Figura 2.1: Mapa de localização do município de Lucena

Os solos do município de Lucena caracterizam-se em função do aspecto geomorfológico de sua ocorrência. Nos Tabuleiros observam-se latossolos e argissolos constituídos por material mineral. Na Planície Litorânea observam-se os gleissolos e neossolos, que são solos pouco evoluídos, constituídos por material mineral ou por material orgânico (SANTOS; ZARONI; CLEMENTE, 2018).

No que tange às características climáticas, enquadra-se na classificação de tropical chuvoso com verão seco, com chuvas de fevereiro a outubro, e precipitação média anual variando entre 1.500 mm, na porção mais a oeste, e 1.700 mm, na orla costeira (PERH, 2003)

A cobertura florestal original é de Mata Atlântica, podendo ser enquadrada em duas categorias (BRASIL, 2006): Área de Tensão Ecológica/Savana/Floresta Estacional e Floresta Estacional Semidecidual. Observam-se os manguezais dos

estuários do rio Soé e do rio Miriri, a Norte e a Sul do município de Lucena. A Leste verificam-se fragmentos de Mata de Restinga.

O município de Lucena apresenta uma população estimada para o ano de 2019 de 13.080 habitantes, com uma densidade demográfica de mais de 140 km/hab. e IDH-M igual a 0,583, classificado como Baixo (IBGE, 2019).

## 2.2.2 Procedimentos metodológicos

Para o diagnóstico espaço-temporal do UOS no município de Lucena, no período de 1972 a 2018, utilizou-se a metodologia de avaliação dos elementos de paisagem a partir da interpretação das bases cartográficas e de imagens de satélite. A classificação do UOS possibilitou a realização da análise quantitativa, sucedida pela identificação das mudanças espaço-temporais e, por fim, a evolução das classes de uso do solo (Figura 2.2).

Para fins de classificação do UOS foram definidas as seguintes classes que ocorrem no município: área urbana, vegetação arbustiva-rasteira, vegetação arbórea-arbustiva, vegetação de manguezal, cana-de-açúcar, coco-da-baía, corpos d'água, praia e rodovias. As práticas agrícolas de subsistência, observadas no território municipal, basicamente ocorrem nos assentamentos rurais em valores de áreas que não são perceptíveis devido à escala dos mapas de trabalho utilizados.

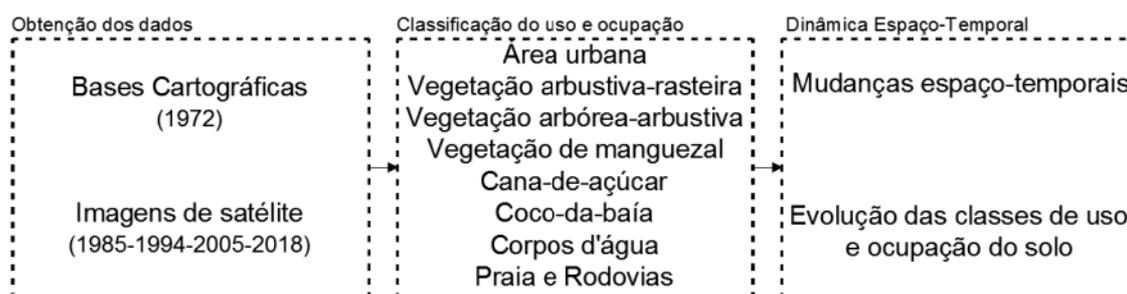


Figura 2.2: Fluxograma da análise da evolução temporal do UOS de Lucena

## 2.2.3 Obtenção e tratamento dos dados

As fontes utilizadas para a realização deste trabalho foram, para o ano de 1972, as cartas topográficas em escala 1:25.000 produzidas pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE). As imagens de satélite oriundas do

satélite *Landsat 5* para os anos de 1985, 1994 e 2005 e *Landsat 8* para o ano de 2018, todas com resolução espacial de 30 metros. O *Datum* adotado nesse estudo foi o SIRGAS 2000, com escala de mapeamento 1:75.000.

Inicialmente as imagens foram tratadas com a utilização do *software* Sistema de Processamento de Informação Georreferenciadas (SPRING), sendo realizado o recorte das cenas, georreferenciamento e a classificação. As bases cartográficas foram digitalizadas e convertidas em formato *shapefile*. Optou-se por esta metodologia em função da escala proposta para o trabalho, o qual era incompatível com a utilização de outras bases, como o caso do MapBiomass, que é indicado para escalas até 1:100.000.

Com base nesses dados e informações, foram elaborados os mapas de UOS para os anos referidos, quantificadas e analisadas individualmente as diversas classes de uso. Realizou-se o *overlay map* para os anos de 1972-1985, 1985-1994, 1994-2005 e 2005-2018, possibilitando a identificação das mudanças no uso do solo e a construção do mapa de evolução, com a indicação das substituições ocorridas nos períodos e quantificação. Um mapa síntese foi elaborado com a espacialização das alterações de uso no período de 1972-2018 e, por fim, foi analisado o comportamento temporal de cada classe de UOS.

## **2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **2.3.1 Uso e ocupação do solo**

A análise do UOS no município de Lucena nos últimos 40 anos mostrou ter havido uma forte ampliação das práticas agrícolas, conforme pode ser observado na Figura 2.3. De forma semelhante, a urbanização também passou por um processo expansivo, mudando expressivamente as características da ocupação do território devido à localização do município na ZC, com vasta extensão de praia, proximidade ao município de João Pessoa, capital do Estado da Paraíba, e disponibilidade de infraestrutura viária.

A situação do uso do solo em 1972 apontou para o quadro no qual a vegetação nativa, florestas remanescentes da Mata Atlântica (MA), representadas como vegetação arbóreo-arbustiva e arbustiva-rasteira, correspondiam ao expressivo valor de 72,97% do território municipal. Essas áreas de MA ocupavam

basicamente a porção Oeste do município. A vegetação de manguezal se encontrava localizada na porção Norte, próxima ao rio Miriri, e Sul do município, nas margens do rio Soé. No tocante às culturas agrícolas, o coco-da-baía pode ser observado ocupando boa parte das áreas próximas à orla, enquanto que a cultura da cana-de-açúcar, a porção mais central e a oeste. Naquele ano, a ocupação urbana, concentrada em áreas da orla costeira, era ainda embrionária com uma participação de 0,45%. Outras classes de uso foram identificadas com pequenas participações, como no caso das rodovias, praia e corpos d'água (Figura 2.3-A).

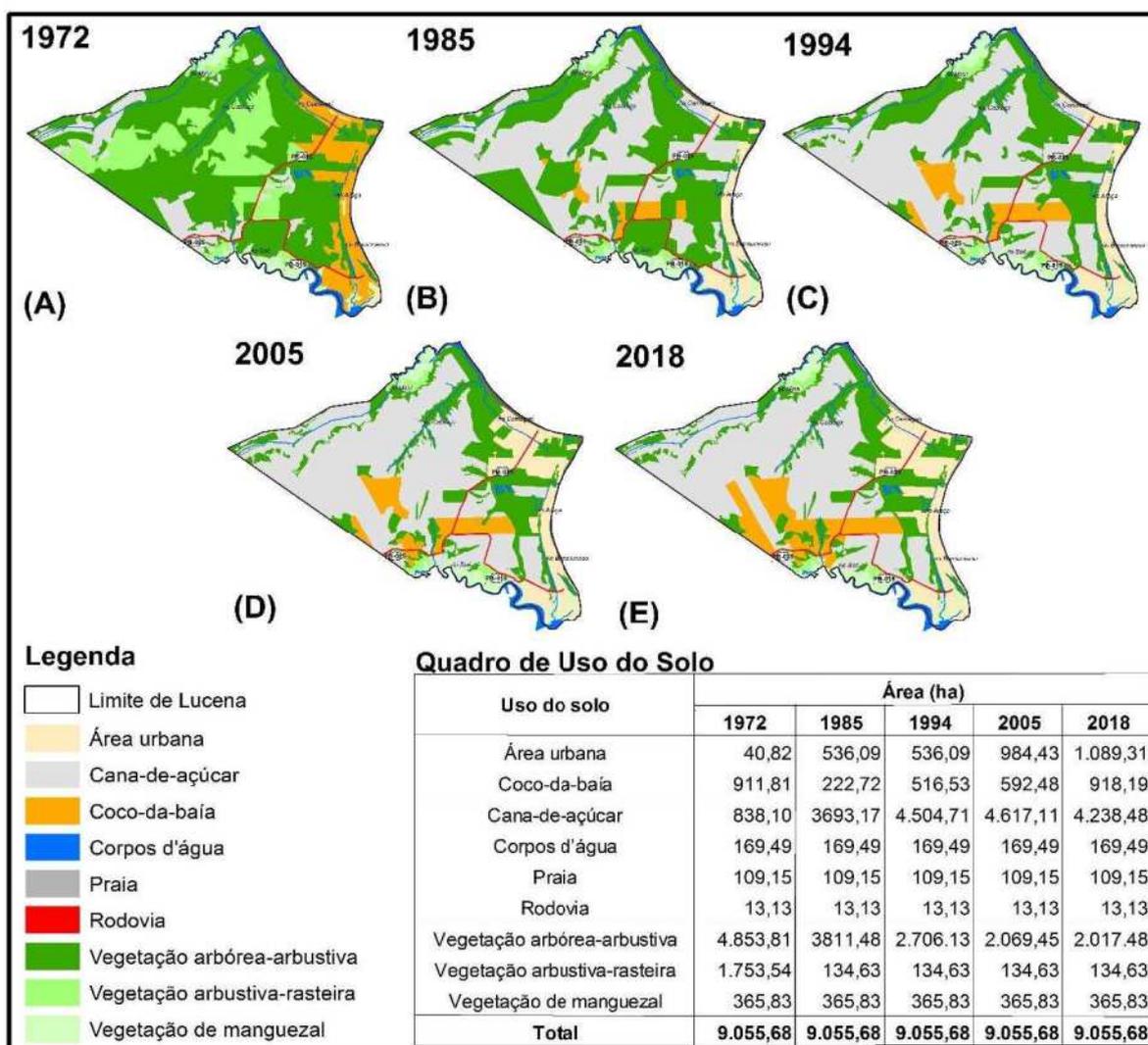


Figura 2.3: Uso e ocupação do solo do município de Lucena de 1972 a 2018

No ano de 1985, as características de uso do solo indicavam um município cuja paisagem remetia essencialmente a um contexto rural. A cobertura de vegetação nativa se mostrava como a classe de uso predominante, com uma

participação de 43,58%. A cultura da cana-de-açúcar, nesse contexto, também passou a ter destaque, correspondendo a 40,78% da área do município, estando localizada na região mais central. A área urbana ocupava boa parte da Planície Costeira, sendo a terceira classe de uso mais representativa. Naquele ano, a cultura do coco-da-baía passou a ser observada com uma tímida contribuição de 2,46%, localizando-se na região Sul, às margens das rodovias PB-025 e PB-019. As demais classes de uso não chegavam a 10% do município (Figura 2.3-B).

A análise do uso do solo para o ano de 1994 permitiu afirmar que o município passou a ter predominância da atividade agrícola, uma vez que a cultura da cana-de-açúcar associada à cultura do coco-da-baía equivalia a 57,53% do território municipal. Essas culturas apresentaram uma projeção no sentido Oeste, ocupando boa parte dos Tabuleiros Costeiros. A vegetação nativa correspondeu a 31,37%, sendo a segunda classe de uso mais representativa (Figura 2.3-C), localizando-se principalmente nas regiões periféricas dos corpos d'água, como os rios Miriri, Soé e Cabloco.

O uso do solo no ano de 2005 indicou as práticas agrícolas ainda como classe de uso preferencial, equivalendo a 61,86% da área do município, dos quais 50,99% são relativos à cultura de cana-de-açúcar e o saldo referente ao coco-da-baía. A vegetação nativa, como segunda classe mais representativa, correspondeu a cerca de um terço da área utilizada para culturas agrícolas, alcançando pouco mais de 24%. As áreas urbanas atingiram a participação de 10,87%, sendo observadas principalmente na porção Norte, ao longo das margens da rodovia PB-025 (Figura 2.3-D).

No ano de 2018 a distribuição do uso do solo no município mostrou que houve uma distribuição menos desigual das classes de usos. Individualmente, as classes corresponderam a mais de 10% cada do território do município. No entanto, a cultura da cana-de-açúcar foi a principal, com 46,80%, seguida da vegetação nativa, com 23,77%, da área urbana, com 12,30%, e do cultivo de coco-da-baía, com 10,14%. A cultura da cana-de-açúcar ocupou a região central dos Tabuleiros Costeiros, em sua porção mais central; a vegetação nativa foi observada nas áreas periféricas dos corpos d'água; a área urbana ocupou boa parte da Planície Costeira, em quase a totalidade da extensão sul-norte; e o cultivo de coco-da-baía ocupava a região noroeste e sudeste dos Tabuleiros Costeiros (Figura 2.3-E).

### 2.3.2 As mudanças no uso e ocupação do solo

De maneira geral, a dinâmica das mudanças do UOS no município de Lucena no período de 1972 a 2018 pode ser segmentada em três cenários: o desenvolvimento e ampliação da cultura da cana-de-açúcar, substituindo a vegetação nativa; a expansão da urbanização, na Zona Costeira, em áreas anteriormente ocupadas pelo coco-da-baía; e a reintrodução da cultura do coco-da-baía, sucedendo a cultura da cana-de-açúcar e a vegetação nativa, conforme pode ser observado na Figura 2.4.

O período de 1972-1985 destacou-se como sendo aquele com as maiores ocorrências de mudanças no uso do solo em termos de área, totalizando 3.625,98 ha, ou seja, 40 % do território do município de Lucena. Nesse ínterim, a vegetação nativa foi a classe de uso que mais cedeu área, 73,50%, sendo 68,70% para a cultura da cana-de-açúcar, principalmente na porção Noroeste do município, e a parcela restante para o coco-da-baía na região Sudeste. A cana-de-açúcar também contribuiu com cessão de áreas em um pequeno percentual, de 1,3%, para o coco-da-baía, às margens das rodovias PB-025 e PB-019. Destaca-se o deslocamento da cultura do coco-da-baía para a região do tabuleiro e a cessão na planície litorânea de áreas para urbanização, em um percentual de 13,6% (Figura 2.4-A).

Entre os anos de 1985-1994 as mudanças no uso do solo foram praticamente equivalentes a um terço das mudanças observadas entre 1978-1985, o que correspondeu a 1.094,98 ha. Nesse período as mudanças basicamente foram voltadas à implantação das práticas agrícolas em substituição à vegetação nativa, sendo que 73,2% foram para o cultivo da cana-de-açúcar e 26,7% para o coco-da-baía. Essas mudanças ficaram concentradas na porção Sul do município. Identificou-se ainda uma pequena conversão de área de cana-de-açúcar em coco-da-baía, num percentual quase insignificante de 0,1% (Figura 2.4-B).

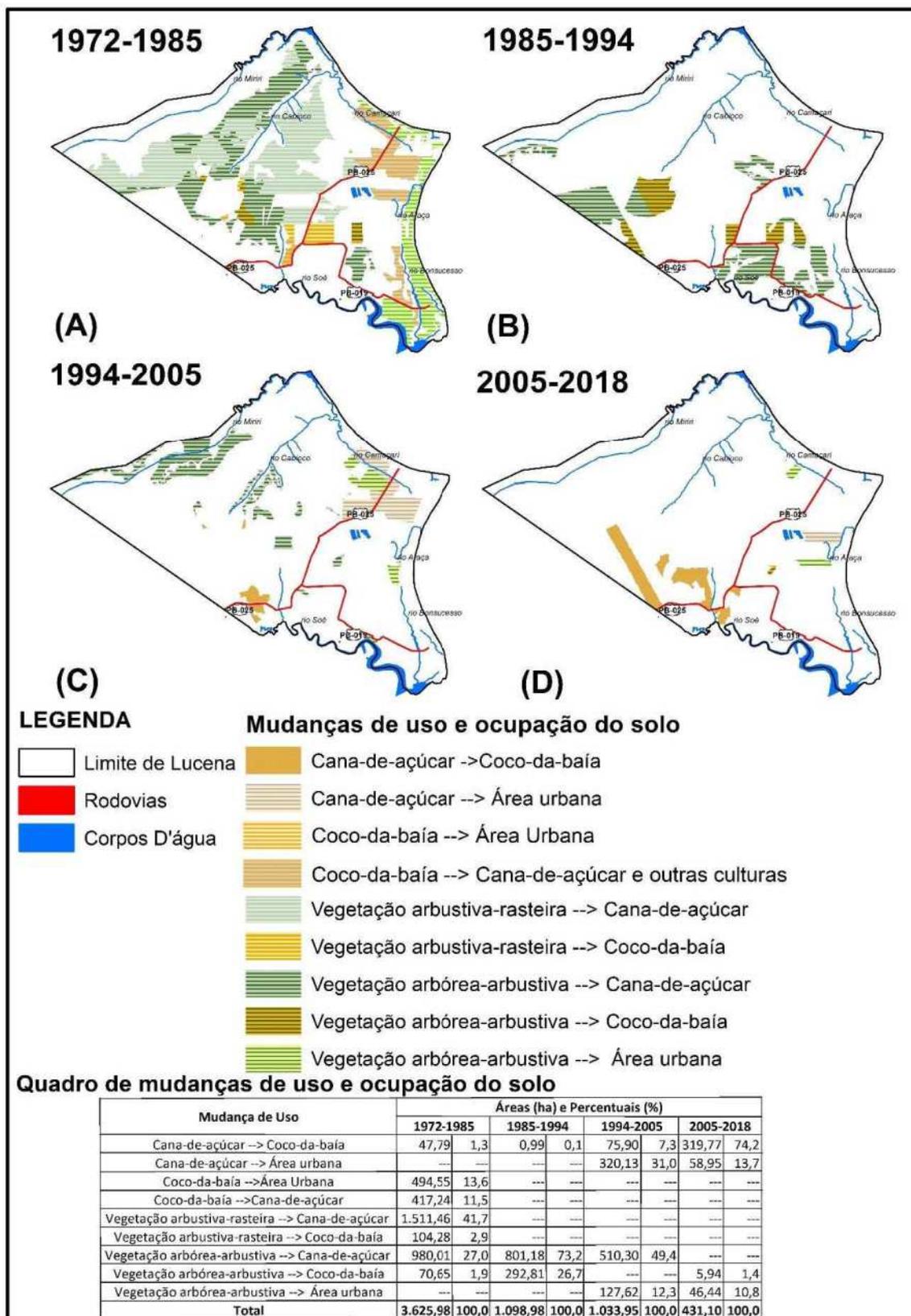


Figura 2.4: Mudanças no uso e ocupação do solo no período de 1972 a 2018

Nos anos de 1994 a 2005 as mudanças totais no uso do solo foram semelhantes ao período anteriormente analisado, com 1.033,95 ha. As trocas de áreas, diferentemente do observado no período anterior, não foram exclusivamente para a implantação de culturas agrícolas em sucessão à vegetação nativa, apesar de ter havido ainda uma expressiva participação nessa conversão de 49,4% de vegetação nativa em cultura de cana-de-açúcar. Foi observada a destinação de 43,3% do total das mudanças para a urbanização, das quais 12,3% foram advindas da vegetação nativa e 31,0 % da cana-de-açúcar, estando essas áreas integralmente localizadas na Planície Costeira. Também foi verificada a ampliação da cultura do coco-da-baía em substituição à cana-de-açúcar em 7,3%, espacializada na porção Sudoeste, às margens da rodovia PB-025 (Figura 2.4-C).

O intervalo entre 2005 e 2018 foi observado como o de maior estagnação nesse processo de troca de usos entre os períodos analisados. Nesse período ocorreu troca total de 431,10 ha, ou apenas 11,89% do verificado entre 1972-1985. A predominância foi na conversão de áreas para o cultivo do coco-da-baía, o que foi equivalente a 75,6% da área trocada, advindos principalmente das regiões cultivadas com cana-de-açúcar e localizada na região Sudoeste. A conversão em áreas urbanas também mereceu destaque, com uma sucessão em 24,4% da área trocada, dos quais 13,7% à cana-de-açúcar e 10,8% em substituição à vegetação nativa (Figura 2.4-D).

Em síntese, verificou-se que o processo de trocas de uso declinou ao longo do período de análise. De maneira geral, a análise do período de 1972 a 2018 resultou que 63,77% do território do município de Lucena sofreu alterações em seus usos (Figura 2.5). Nas áreas costeiras predominou o crescimento das áreas urbanas, enquanto que nas áreas continentais prevaleceu a conversão de áreas de vegetação nativa em áreas agrícolas, principalmente para a cultura da cana-de-açúcar.

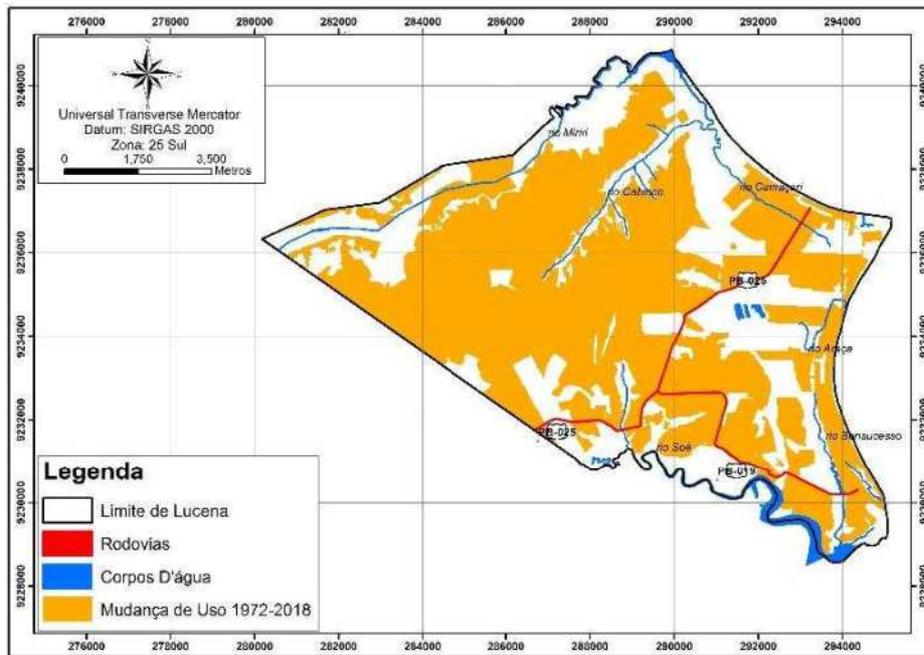


Figura 2.5: Conversão de áreas no período de 1972 a 2018

### 2.3.3 Análise da evolução das classes de uso e ocupação do solo

A análise das séries temporais das áreas das diversas classes de UOS permitiu compreender o processo das mudanças ao longo do período de 1972 a 2018. Com base nos gráficos da Figura 2.6, ficaram evidenciadas as principais mudanças ocorridas relativas à substituição da vegetação nativa para a cultura da cana-de-açúcar, embora com taxas anuais sempre decrescentes, sendo praticamente nula no último período analisado, de 2005 a 2018.

A vegetação nativa foi a classe de uso mais atingida pelo processo de mudança ao longo dos 46 anos de análise. No período de 1972 a 1985 ocorreu a maior redução da vegetação nativa, equivalente a 29,39%, com a substituição de 27,46% para a cultura de cana-de-açúcar e 1,93% para a do coco-da-baía. Entre os anos de 1985 a 1994 a tendência de redução foi mantida, embora com uma menor taxa anual de desmatamento, que passou de 2,26%, equivalente a 204,73 ha/ano no período anterior, para 1,36%, ou 122,75 ha/ano. No período de 1994 a 2005 a taxa anual de desmatamento foi reduzida para 0,64%, ou 70,74 ha/ano, chegando ao inexpressivo percentual de 0,04% (4,00 ha/ano) no último período analisado.

De maneira inversa ao decréscimo das áreas de vegetação nativa, a cultura da cana-de-açúcar evoluiu positivamente, com curva de crescimento aparentando simetria com a curva da vegetação nativa nos dois períodos iniciais. Os dois períodos seguintes apontaram inversão na curva de crescimento, com taxa anual de apenas 0,11% (10,22 ha/ano), atingindo o ápice em 2005 e em seguida queda, no último período, com taxa anual de 0,32 %, ou 29,13 ha/ano.

A cultura do coco-da-baía apresentou um comportamento de retração e reocupação do território. Analisado os extremos da curva verifica-se um crescimento de apenas 0,07%, no entanto, no primeiro período houve uma diminuição de área em uma taxa anual de 0,59% (53,01 ha/ano) e, no segundo período em diante, uma taxa anual de reocupação de 0,23% (21,07 ha/ano).

A urbanização evoluiu positivamente no período analisado, embora em taxas bem menores do que as observadas para a cultura da cana-de-açúcar ou para o coco-da-baía. Devem ser destacadas as maiores taxas anuais das classes, sempre crescentes, da urbanização no período de 1972 a 1985, com 0,42%, ou 38,10 ha/ano.

Pode ser percebida, no último período de análise, uma tendência de estabilização do UOS, com exceção de um pequeno aumento da cultura de coco-da-baía. Os outros usos e ocupações, como vegetação de manguezais, corpos d'água, praia e rodovias mantiveram-se inalterados ao longo do período analisado.

As mudanças no UOS no período em análise coadunam com processo semelhante que ocorreu ao longo do litoral nordestino, conforme observado por Lima, Maciel e Lima (2017) e Serra e Farias Filho (2019): Inicialmente com o desenvolvimento agrícola e mais recentemente com o crescimento significativo das áreas urbanas com conseqüente desmatamento da vegetação nativa.

Positivamente se observa que as áreas de manguezais se encontram preservadas, destoando do que ocorre em outras regiões costeiras ocupadas por atividades antrópicas como a agricultura, como identificado por Mello et al. (2013) e por atividades de carcinicultura como observado por Rahman et al. (2017) e Afsholnissa et al. (2019), o que está relacionado a restrições ambientais impostas tanto pela Política Nacional do Meio Ambiente –PNMA (BRASIL, 1981), como pelo Código Florestal Brasileiro. (BRASIL, 1965; BRASIL, 2012), que impõem restrições à implantação de atividades potencial ou efetivamente poluidoras e a ocupação das áreas consideradas de preservação permanente.

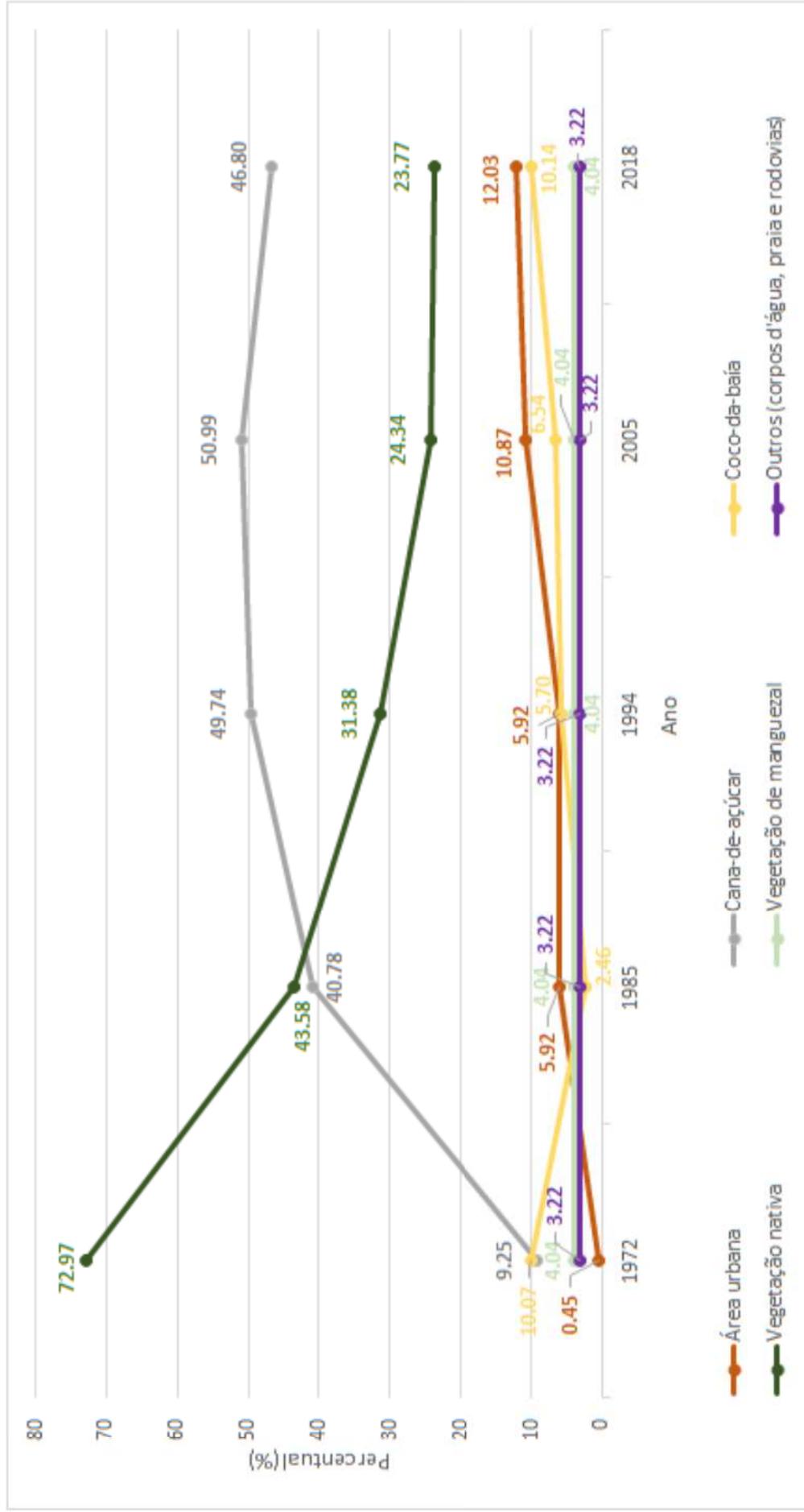


Figura 2.6: Evolução das classes de uso e ocupação do solo no período de 1972 a 2018

## 2.4 CONCLUSÃO

A dinâmica do UOS proporcionada pelas políticas de ordenamento do uso do solo implementadas no Brasil a partir dos anos 1960 e as políticas de desenvolvimento econômico no Nordeste Brasileiro geraram mudanças marcantes no território dos municípios da Zona Costeira.

O município de Lucena, no período de 1972 a 2018, sofreu alterações significativas de sua paisagem caracterizadas pelo desmatamento da Mata Atlântica, com uma redução de 49,19% da sua área, pelo crescimento da cultura de cana-de-açúcar, em 37,55%, e das áreas urbanizadas, em 11,58%. O cultivo do coco-da-baía influenciou na alteração da paisagem em função do seu deslocamento espacial e não em sua contribuição percentual.

As trocas de uso do solo aconteceram pela simples substituição da Mata Atlântica pela cana-de-açúcar basicamente no Tabuleiro Costeiro ou Coco-da-baía pela área urbana na planície costeira e por mudanças sucessivas, como a sequência Mata Atlântica/cana-de-açúcar/áreas urbanas, na Planície Costeira, ou Mata Atlântica/cana-de-açúcar/coco-da-baía, no Tabuleiro Costeiro, que puderam ser visualizadas a partir de 1985.

A maior mudança de ocupação ocorreu devido à substituição da Mata Atlântica pela cultura da cana-de-açúcar, compreendendo 89,72% da área cultivada no período estudado. A segunda maior troca de ocupação no período estudado ocorreu entre as classes de áreas urbanas, sucedendo a cultura de cana-de-açúcar e do coco-da-baía na Zona Costeira, com um expressivo valor de 80,20% de sua área.

A vegetação de manguezal se manteve inalterada, o que pode ser explicado pela disponibilidade de terras agricultáveis cobertas por outros tipos de formação florestal e suas características de áreas legalmente protegidas.

## 2.5 REFERÊNCIAS

AFSHOLNISSA, Sarah; HERNAWAN, Endang; LASTINI, Tien. Land cover change and land use suitability analyses of coastal area in Bantul District, Yogyakarta.

**Biodiversitas Journal of Biological Diversity**, [s.l.], v. 20, n. 5, p. 1475-1481, 1 maio 2019. UNS Solo. <http://dx.doi.org/10.13057/biodiv/d200541>

ARRUDA, Gerardo Clésio Maia Arruda; MATTOS, Luís Augusto Bezerra. Impactos da constituição brasileira de 1988 na trajetória do desenvolvimento do nordeste. **Direito & Desenvolvimento**, v. 9, n. 1, p. 101-116, jul. 2018. UNIPE. Disponível em: <https://45.227.6.12/index.php/direitoedesenvolvimento/article/view/607/500>. Acesso em 07/06/2020

BARBOSA, José Antônio; NEWMANN, Virgínio Henrique; LIMA FILHO, Mário Ferreira de; SOUZA, Ebenézer Moreno de; MORAES Maurílio Amâncio. Estratigrafia da faixa costeira Recife-Natal (bacia da Paraíba e plataforma de Natal), NE Brasil. **Estudos Geológicos**, Recife, v. 17, n. 2, p. 65-95, dez. 2007. Disponível em: <https://www3.ufpe.br/estudosgeologicos/>. Acesso em: 16 jun. 2019.

BARBOSA SEGUNDO, Inalmar Dantas. **Análise das condições de salubridade ambiental dos municípios com potencial turístico do litoral norte paraibano**. 2015, 99 f. Dissertação (Mestrado) – Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2015.

BARBOSA SEGUNDO, Inalmar Dantas; MALZAC, Marie; BIAS, Gerlandia Soares; ALBUQUERQUE, Ícaro de França; SILVA, Tarciso Cabral. Análise das ocorrências das formações florestais dos municípios do litoral norte paraibano por meio de indicadores. 2016, Florianópolis. **Anais: II Congresso Ibero Americano de Gestão Integrada de Áreas Litorais**.

BARROQUEIRO, Álvaro António Pinheiro; CAEIRO, Sandra Sofia Ferreira da Silva. The conflict in the coastal area of Sines (Portugal): elements for settlement through dialogue. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, [s.l.], v. 16, n. 1, p. 105-118, mar. 2016. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APRH). <http://dx.doi.org/10.5894/rgci675>.

BARROS, Maria Caroline Vitoriano; LEITE, Jonathan Antunes Pontes Cavalcante; MALZAC, Marie; SILVA, Tarciso Cabral. Mapeamento do uso e ocupação do solo da zona costeira Sul do estado da Paraíba. **Brazilian Journal of Development**, [s.l.], v. 6, n. 5, p. 31876-31886, 2020. Brazilian Journal of Development. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n5-585>.

BEZERRA, Ivanhoé; SILVA, Tarciso. Análise de riscos à perda de solo para diferentes cenários de uso e ocupação na bacia hidrográfica do rio Abiaí-Papocas.

**Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [s.l.], v. 19, n. 4, p. 195-204, 2014.

FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v19n4.p195-204>.

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. Brasília, DF: **D.O.U**, 16 set. 1965.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF: **D.O.U**, 02 set. 1981.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, DF: **D.O.U**, 19 jul. 2000.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, DF: **D.O.U**, 19 jul. 2000.

BRASIL. (2012b). Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **D.O.U**: Brasília, 28 de maio de 2012.

BRASIL. Portaria Ministério do Meio Ambiente nº 461, de 13 de dezembro de 2018. Aprova a relação dos municípios abrangidos pela faixa terrestre da Zona Costeira brasileira. Brasília, DF: **D.O.U**, 13 dez. 2018.

CARNEIRO, Franklin de Andrade; VASCONCELOS, Sônia Maria Silva; VERÍSSIMO, César Ulisses Vieira; SILVA, Carla Maria Salgado Vidal. Evolução do uso e ocupação do campo de dunas do morro Santa Terezinha, Fortaleza/CE. **Geociências**, São Paulo, v. 32, n. 1, p. 137-151, 2013.

<http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/8010/5635>

CARVALHO, Maria Betânia Matos de. **Mutações na Paisagem do Litoral Paraibano**. 1998. 175 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

CAVALCANTI, Andréa Karla Gouveia. **Investigação sobre o uso do solo na bacia hidrográfica do rio Gramame considerando os cenários atual.** 2014. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014. Cap. 6.

CREPANI, Edison; MEDEIROS, José Simeão; HERNADEZ FILHO, Pedro; FLORENZANO, Teresa Gallotti; DUARTE, Valdete; BARBOSA, Cláudio Clemente Faria. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento.** São José dos Campos: Inpe, 2001. 103 p. Disponível em: <http://sap.ccst.inpe.br/artigos/CrepaneEtAl.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2019.

CRISTIANO, S. C.; MARTINS, E. M.; GRUBER, N. L.S.; BARBOZA, E.G. Avaliação do processo de ocupação irregular na zona costeira: caso da “invasão Maria Terezinha”, município de Jaguaruna/SC. **Gravel**, Porto Alegre, v. 13, n. 1, p. 1-14, ago. 2015. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/gravel/portugues/publica.htm> . Acesso em: 20 jun. 2019.

FURRIER, Max; ARAÚJO, Magno Erasto de; MENESES, Leonardo Figueiredo de. Geomorfologia e tectônica da Formação Barreiras no Estado da Paraíba. **Geologia USP. Série Científica**, [s.l.], v. 6, n. 2, p. 61-70, 1 out. 2006. Universidade de São Paulo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBiUSP. <http://dx.doi.org/10.5327/s1519-874x2006000300008>.

GAMA, Giovanna França Bispo da; SILVA, João Batista Lopes; ROMÃO, Kethlin Carvalho dos Santos; ALMEIDA, Thiara Helena Mota; PIRES, Luanna Chácara; NEVES, Frederico Monteiro. Evolução temporal entre 1990 a 2013 no uso e ocupação do solo em Mucuri, Bahia. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, São José de Pinhais, v. 2, n. 1, p. 622-631, mar. 2019. Disponível em: <http://brjd.com.br/index.php/BJAER/article/view/1448>. Acesso em: 19 jun. 2019.

GIANUCA, Kahum S.; TAGLIANI, Carlos Roney A. Análise em um Sistema de Informação Geográfica (SIG) das alterações na paisagem em ambientes adjacentes a plantios de pinus no Distrito do Estreito, município de São José do Norte, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, [S.l.], v. 12, n. 1, p. 43-55, 2012. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APRH). <http://dx.doi.org/10.5894/rgci285>.

GOMES, Erick Jordan da Silva; BATISTA, Ivaniza Sales; LIMA, Zuleide Maria Carvalho. Cobertura, ocupação do solo e erosão no entorno da Laguna Guarairas/RN, Brasil. **Holos**, [s.l.], v. 1, p. 140-156, 9 fev. 2018. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN).  
<http://dx.doi.org/10.15628/holos.2018.5509>.

GONÇALVES, Rodrigo Mikosz; PACHECO, Admilson da Penha; TANAJURA, Elmo Leonardo Xavier; SILVA, Luciana Maria da Silva. Urbanização costeira e sombreamento na praia de Boa Viagem, Recife-PE, Brasil. **Revista de Geografia Norte Grande**, [s.l.], n. 54, p. 241-255, maio 2013. SciELO Comision Nacional de Investigacion Cientifica Y Tecnologica (CONICYT).  
<http://dx.doi.org/10.4067/s0718-34022013000100013>.

IBGE. **Panorama do município de Lucena**. 2019. Disponível em:  
<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/lucena/panorama>. Acesso em: 10 jun. 2019.

JESUS, Marcus Henrique Oliveira; OLIVEIRA, Anízia Conceição Cabral de Assunção. Análise do padrão de uso e ocupação da zona costeira de Conde/BA. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, [s.l.], p. 2928-2933, 2017. INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - UNICAMP.  
<http://dx.doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.2162>.

LIGATE, Elly Josephat; CHEN, Can; WU, Chengzhen. Evaluation of tropical coastal land cover and land use changes and their impacts on ecosystem service values. **Ecosystem Health and Sustainability**, [s.l.], v. 4, n. 8, p. 188-204, 3 ago. 2018. UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/20964129.2018.1512839>.

LIMA, Zuleide Maria Carvalho; MACIEL, Ana Beatriz Câmara; LIMA, Janny Suenia Dias de. Praia da Redinha, Natal/RN, Brasil: uso e ocupação do solo e vulnerabilidade a erosão costeira. **Investigaciones Geográficas**, [s.l.], n. 54, p.145-158, 29 dez. 2012. Universidad de Chile. <http://dx.doi.org/10.5354/0719-5370.2017.48046>.

LIPP-NISSINEN, Katia Helena; PIÑEIRO, Bruna de Sá; MIRANDA, Leticia Sebastião; ALVES, Alexandre de Paula. Temporal dynamics of land use and cover in Paurá Lagoon region, Middle Coast of Rio Grande do Sul (RS), Brazil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, [s.l.], v. 18, n. 1, p. 25-39, mar. 2018. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APRH).  
<http://dx.doi.org/10.5894/rgci-n106>.

MATIAS, Lidiane; SILVA, Milena Dutra. Monitoramento e análise da vegetação de manguezal no litoral sul de Alagoas. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, [s.l.], v. 2, n. 3, p. 312-319, 31 jul. 2017. Journal of Environmental Analysis and Progress - JEAP. <http://dx.doi.org/10.24221/jeap.2.3.2017.1447.312-319>.

MALZAC, Marie Eugénie; SILVA, Tarciso Cabral da. Delimitações da zona costeira Sul do estado da Paraíba, Brazil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, [S.l.], v. 19, n. 2, p. 123-141, jul. 2019. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APRH). <http://dx.doi.org/10.5894/rgci-n260>.

MELLO, Kaline; TOPPA, Rogério Hartung; ABESSA, Denis Moledo de Souza, CASTRO, Mariana. Dinâmica da expansão urbana na zona costeira brasileira: o caso do município de São Vicente, São Paulo, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, [s.l.], v. 13, n. 4, p. 527-539, 31 dez. 2013. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APRH). <http://dx.doi.org/10.5894/rgci432>.

NICOLODI, João Luiz; PETERMANN, Rafael Mueller. Mudanças Climáticas e a Vulnerabilidade da Zona Costeira do Brasil: aspectos ambientais, sociais e tecnológicos. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, [s.l.], v. 10, n. 2, p. 151-177, jun. 2010. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APRH). <http://dx.doi.org/10.5894/rgci206>.

PERH. **Plano Estadual de Recursos Hídricos**. João Pessoa: AESA, 2003. Disponível em: [http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2017/07/Plano-Estadual-de-Recursos-H%C3%ADricos-PERH-Relatorio\\_Final.zip](http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2017/07/Plano-Estadual-de-Recursos-H%C3%ADricos-PERH-Relatorio_Final.zip). Acesso em: 05 maio 2019.

PIRES, André Lucena. **Análise da vulnerabilidade ambiental de bacias hidrográficas do litoral sul paraibano**. 2015. 173 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2015.

RAHMAN, M. Tauhid Ur; TABASSUM, Faheemah; RASHEDUZZAMAN, Md; SABA, Humayra; SARKAR, Lina Sarkar; FERDOUS, Jannatul Ferdous *et al.* Temporal dynamics of land use/land cover change and its prediction using CA-ANN model for southwest coastal Bangladesh. **Environmental Monitoring and Assessment**, [s.l.], v. 189, n. 11, p. 565-583, 17 out. 2017. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-017-6272-0>.

SANTOS, Humberto Goncalves dos; ZARONI, Maria José; CLEMENTE, Eliane de Paula. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. Brasília: Embrapa Solos, 2018. 592 p.

SERRA, Janilci Silva; FARIAS FILHO, Marcelino Silva. EXPANSÃO URBANA E IMPACTOS AMBIENTAIS NA ZONA COSTEIRA NORTE DO MUNICÍPIO DE SÃO LUÍS (MA). **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, [s.l.], v. 46, n. 1, p. 07-24, 21 mar. 2019. Universidade Federal do Paraná.

<http://dx.doi.org/10.5380/raega.v46i1.52552>.

SOUZA, Celia Regina de Gouveia. A Erosão Costeira e os Desafios da Gestão Costeira no Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, [s.l.], v. 9, n. 1, p. 17-37, maio 2009. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APRH).

<http://dx.doi.org/10.5894/rgci147>.

SOUZA, Sirius Oliveira. GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À ANÁLISE ESPAÇOTEMPORAL DO USO E DA OCUPAÇÃO DA TERRA NA PLANÍCIE COSTEIRA DE CARAVELAS (BA). **Boletim Goiano de Geografia**, [s.l.], v. 35, n. 1, p. 71-89, 10 maio 2015. Universidade Federal de Goiás.

<http://dx.doi.org/10.5216/bgg.v35i1.35485>.

STOLF, Rubismar; OLIVEIRA, Ana Paula Rodrigues de. The success of the Brazilian alcohol program (PROÁLCOOL) - a decadeby-decade brief history of ethanol in Brazil. **Engenharia Agrícola**, v. 40, n. 2, p. 243-248, april 2020. SBEA.

<http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v40n2p243-248/2020>.

SUTHAKAR, K.; BUI, Elisabeth N... Land use/cover changes in the war-ravaged Jaffna Peninsula, Sri Lanka, 1984–early 2004. **Singapore Journal of Tropical Geography**, [s.l.], v. 29, n. 2, p. 205-220, jul. 2008. Wiley.

<http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-9493.2008.00329.x>.

VALLE JUNIOR, R.F; GALBIATTI, João A.; PISSARRA, Teresa C. T.; MARTINS FILHO, Marcílio V. Diagnóstico do Conflito de Uso e Ocupação do Solo na Bacia do Rio Uberaba. **Global Science and Technology**, [s.l.], v. 6, n. 1, p. 40-52, 30 abr. 2013. Global Science and Technology. <http://dx.doi.org/10.14688/1984-3801.v06n01a04>.

<http://dx.doi.org/10.14688/1984-3801.v06n01a04>.

### **3 INFLUÊNCIA DOS INSTRUMENTOS DE ORDENAMENTO TERRITORIAL BRASILEIROS NA EVOLUÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DO MUNICÍPIO DE LUCENA-PB: AVALIAÇÃO DO PERÍODO DE 1972 A 2018**

Resumo: O município de Lucena, na Zona Costeira Norte do Estado da Paraíba, passou por acelerado processo de transformação no seu espaço geográfico em decorrência dos usos e ocupação do solo devido à expansão da agricultura adotada sob os diversos tipos de cultura, além do crescimento da malha urbana. Este trabalho mostra um estudo cronológico sobre a influência dos Instrumentos de Ordenamento Territorial (IOT) na evolução do uso e ocupação do solo (UOS) do município, no período de 1972 a 2018. A metodologia se refere à identificação dos objetivos dos instrumentos de ordenamento e análise da sua repercussão na dinâmica espacial do território. Conclui-se que os IOT relacionados ao desenvolvimento agrícola foram os grandes responsáveis pela evolução das áreas para a exploração agrícola, principalmente no período de 1972 a 2005, e, de maneira indireta, pela expansão urbana do município. O surgimento das políticas ambientais a partir de 2005, tais como a Lei da Mata Atlântica e o novo Código Florestal, inibiram a expansão dos processos de desmatamento.

Palavras-Chave: Políticas públicas; Exploração agrícola; Ocupação urbana; Mata Atlântica.

Abstract: The municipality of Lucena, in the Northern Coastal Zone of the state of Paraíba, has undergone an accelerated process of transformation in its geographic space land use and land cover due to the expansion of agriculture adopted under the various types of culture in addition to the growth of the urban network. In this paper, is shown a chronological study about on the influence of territorial planning system (TPS) on the evolution of land use and land cover (LULC) in the municipality, in the period from 1972 to 2018. The methodology refers to the identification of the objectives of the territorial planning system and analysis of its impact on the spatial dynamics of the territory. It is concluded that the TPS related to agricultural development were largely responsible for the evolution of areas for agricultural exploration, mainly in the period from 1972 to 2005, and, indirectly way, to the urban expansion of the municipality. The emergence of environmental policies, starting in

2005, such as the Atlantic Forest Law and the new Forest Code, inhibited the expansion of deforestation processes.

Keywords: Public policy; Agricultural exploration; Urban occupation; Atlantic forest.

### **3.1 INTRODUÇÃO**

A dinâmica do uso do solo de um determinado espaço geográfico, seja um país, um estado ou um município, não pode ser explicada exclusivamente pela ação dos habitantes que ali desenvolvem suas atividades. As transformações observadas no uso do solo são consequências de um conjunto de políticas que disciplinam e orientam o desenvolvimento do território.

O território deve ser entendido como um domínio político de um determinado espaço geográfico onde se observa uma jurisdição, uma legislação e uma autoridade. Nesse, o Estado é o grande indutor e coordenador da ocupação espacial, utilizando para isso um conjunto de políticas públicas integradas nos campos econômico, social e ambiental, denominado de Ordenamento Territorial (MORAES, 2005).

Haesbaert (2006) afirma que o ordenamento territorial é uma construção complexa que deve ter objetivos claros, tais como: i) a diminuição das desigualdades socioespaciais e exclusão socioeconômica, ii) ampliação do nível de democratização com a descentralização do poder, iii) fomentação e comprometimento com as identidades territoriais homogêneas, e iv) a inserção de múltiplas escalas: município, mesorregião, estados da Federação e macrorregião.

No Brasil existiram diversos momentos nesse processo de organização do espaço territorial, onde a construção do estado Brasileiro e consequente desenvolvimento do seu Ordenamento Territorial se caracterizaram pela centralização do poder. O período pós-1930 apresentou o Estado Desenvolvimentista responsável pelas principais infraestruturas estratégicas nacionais. Nos anos de 1940 predominou a ideia do Estado como planejador que se mantém até a crise do nacional-desenvolvimentismo nos anos 1990, o que obrigou o Brasil a reconsiderar suas políticas externas e internas e a rever as premissas que sustentavam seu ordenamento territorial (RÜCKERT, 2008).

Nos anos 1990 o objetivo principal foi a ampliação e uniformização do crescimento econômico, buscando propiciar bem-estar social e redução das desigualdades regionais, o que se deu pela implantação de órgãos regionais de fomento, como a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), Superintendência de Desenvolvimento do Centro-Oeste (SUDECO) e Superintendência do Desenvolvimento do Sul (SUDESUL). Apenas em 2003 foram iniciadas no Brasil as discussões para a implantação de uma Política Nacional de Ordenamento Territorial (PNOT) que considerasse em seu escopo uma concepção que extrapolasse as fronteiras político administrativas e que, de fato, fosse capaz de reduzir os desequilíbrios regionais (MELO, 2010).

É importante registrar que a ausência de uma PNOT no Brasil não indica a inexistência de instrumentos norteadores do desenvolvimento nacional. Miragaya e Signori (2011) apresentam alguns exemplos de instrumentos que influenciaram no desenvolvimento do espaço geográfico brasileiro: os sistemas (Sistema Nacional de Unidades de Conservação, Sistema Nacional de Recursos Hídricos), as políticas setoriais (Política Nacional de Meio Ambiente, Política Nacional de Recursos Hídricos), os planos setoriais (Planos Diretores Municipais, Plano Nacional de Recursos Hídricos), os planos macrorregionais e sub-regionais (Plano de Desenvolvimento do Nordeste, Plano de Desenvolvimento do Semiárido), os programas com rebatimento territorial (Programa de Proteção de Terras Indígenas, Gestão Territorial e Etnodesenvolvimento; Programa de Zoneamento Ecológico-Econômico) e os fundos (Fundo de Desenvolvimento do Nordeste, Fundo Nacional do Meio Ambiente). Todos eles tiveram e ainda mantêm relevante papel no ordenamento territorial brasileiro.

Deve ser destacado que a implantação de PNOT deve ter foco nos elementos que influenciam o desenvolvimento do país, a partir de uma ação coordenada que tenha como premissa a redelimitação de espaços e instituições, atentando para as desigualdades sociais e buscando um crescimento econômico, culminando com a implantação de políticas públicas federais que orientem as políticas estaduais e municipais (PERES; CHIQUITO, 2012)

Silva (2013) enfatiza que o planejamento das políticas públicas, quando considera a abordagem territorial, permite alcançar de forma mais precisa a intervenção desejada. No caso da PNOT, esse se enquadra como uma política

pública que tem o território como regulação, ou seja, política que usa uma abordagem territorial para o estabelecimento de normatizações ou diagnósticos para o uso por qualquer ente, público ou privado, de determinado espaço territorial. No Brasil, a implantação da PNOT encontrou problemas como a dificuldade política e cultural para o estabelecimento de políticas setoriais, falta de marco jurídico que permitisse a abordagem territorial, a necessidade de ações para determinados grupos sociais e a não inclusão desse assunto na agenda governamental de maneira efetiva. Alves (2014) enfatiza que a implantação de uma política de ordenamento territorial necessita de uma compreensão prévia dos mecanismos que definiram o desenvolvimento do espaço e conseqüente quebra de paradigmas culturais, bem como uma análise da concepção local do conceito de território.

Alves (2017), estudando a situação da PNOT no Brasil, demonstra que a sua implementação não evoluiu, o que pode ser explicado por uma série de fatores, como: i) a relação distópica entre o planejamento do espaço brasileiro e as questões político administrativas, ii) a construção que ficou restrita a um pequeno grupo da sociedade e sofreu oposição das políticas e programas sociais regionais, e iii) a orientação do desenvolvimento pela integração dos mercados nacionais e internacionais, abandonando assim o prisma do desenvolvimento sustentável, conceito basilar da PNOT. Logo, segundo esse autor, a implantação da PNOT no Brasil fracassou, uma vez que sua complexidade e propósitos foram de encontro aos interesses políticos dominantes no país.

As discussões referentes ao ordenamento do território são fundamentais para o crescimento e desenvolvimento socioeconômico de qualquer nação. Ao longo dos anos diversos países incorporaram esse tema em suas agendas, como a Lituânia, que precisou repensar sua política de ordenamento no começo dos anos de 1990 devido à adoção de um novo modelo econômico e integração de seu território (JUKNELIENÈ; VALČIUKIENÈ; ATKOCEVIČIENÈ, 2017) e Portugal, que desenvolveu o Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território (PNPOT) como política transversal (CARMO, 2016) e a operacionalizou por meio dos programas de ação (COSTA; ANTONELLO, 2018).

No Brasil, a Zona Costeira (ZC), representada legalmente pelos municípios costeiros, ao longo dos anos, tem se mostrado bastante suscetível às políticas de ordenamento do território, influenciando diretamente na dinâmica de ocupação e exploração econômica. Esse é o caso do município de Lucena, situado no litoral

Norte do Estado da Paraíba, que nos últimos 46 anos apresentou mudanças significativas em seu território, tanto do ponto de vista do uso e ocupação do solo (UOS), com ampliação das atividades agrícolas e urbanas em substituição a áreas vegetadas (BEZERRA; CABRAL DA SILVA, 2020), quanto com a suspensão de atividades econômicas fundamentais à economia local, como a atividade baleeira (DUARTE FILHO; AGUIAR, 2014). Assim, esse município, entre os cinco da ZC Norte do Estado da Paraíba, foi apontado como o de menor taxa de ocorrência de Mata Atlântica, com 18,38% (BARBOSA SEGUNDO et al., 2016).

Tomando como base o desenvolvimento espacial do espaço geográfico em função das normas legais de ordenamento territorial aplicados à ZC brasileira, é feito, neste trabalho, um estudo cronológico da influência dos Instrumentos de Ordenamento Territorial (IOT) na evolução do UOS no período de 1972 a 2018 no município de Lucena, com base na identificação dos objetivos dos instrumentos de ordenamento e análise da sua repercussão na dinâmica espacial do território.

## **3.2 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **3.2.1. Caracterização da área em estudo**

O município de Lucena (Figura 3.1), na Região Geográfica Intermediária de João Pessoa no Estado da Paraíba, está inserido entre os paralelos de 6°50' S e 7°00" S e os meridianos de 34°50' O e 35°00' O. Limita-se a Norte com o município de Rio Tinto pelo talvegue do rio Miriri, a Leste com o Oceano Atlântico, a Sul com os municípios de Santa Rita e Cabedelo pelo rio Soé, e a Oeste com o município de Santa Rita por divisas secas. Totaliza uma área de 9.055,68 ha.

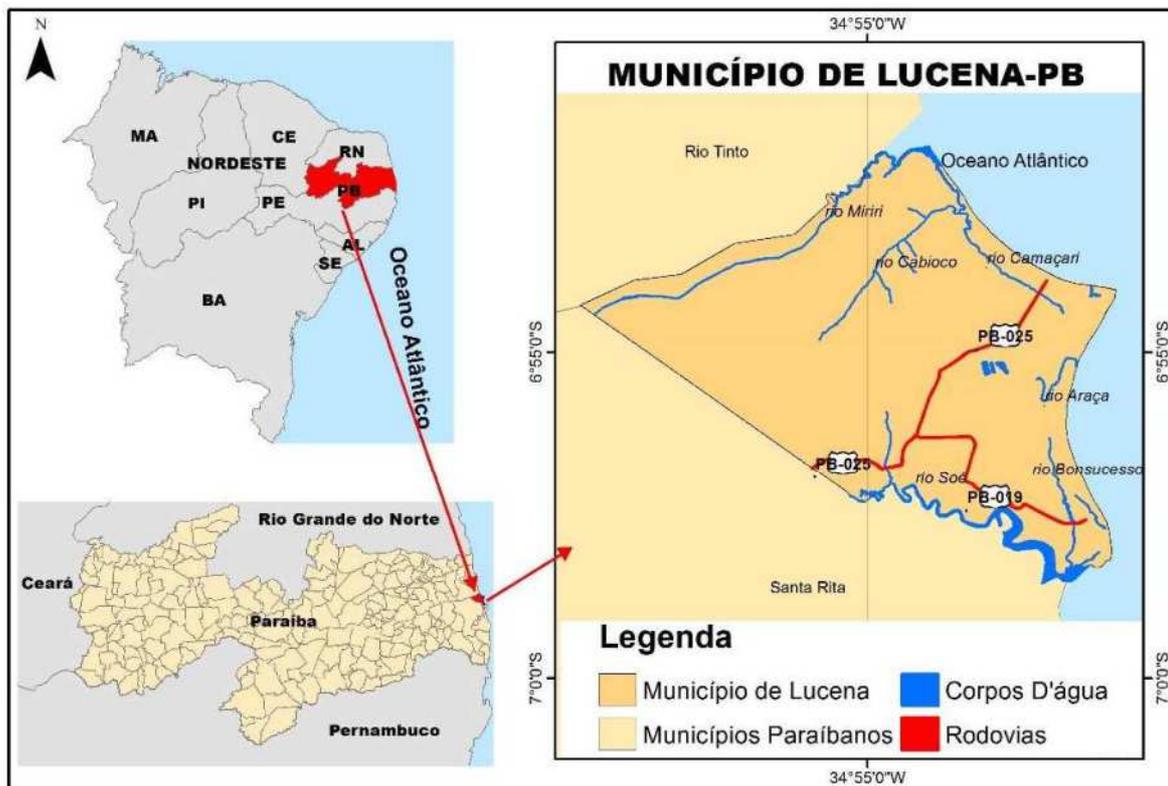


Figura 3.1: Mapa de localização do município de Lucena-PB

A ocupação do território do município de Lucena remete ao século XVI, com a doação das sesmarias aos Frades de São Bento do rio Miriri, localizada a cerca de 5 km da sede. Essa região foi objeto de trânsito dos portugueses, dos holandeses e dos franceses, que usaram o litoral para aportar seus navios e realizar a remoção do Pau-Brasil. Até 1961 Lucena era distrito de Santa Rita, ano no qual passou a ser município. Atualmente, estima-se uma população residente de quase 13.000 habitantes (IBGE, 2020).

Segundo Fernandes (2006) a região litorânea de Lucena passou por dois momentos de desenvolvimento territorial, a primeira entre os anos de 1970 e 1980, decorrente do deslocamento populacional incentivado pela ocupação dos tabuleiros costeiros pelo cultivo de cana-de-açúcar (incentivado pela Política do Proálcool), e um segundo momento nos anos de 1990 com a expansão urbana.

A evolução da ocupação do uso do solo entre 1972 e 2018 indicou um crescente desmatamento de Mata Atlântica e substituição por culturas como a da cana-de-açúcar, coco-da-baía, além de um intenso processo de urbanização, o que correspondeu a uma alteração de 63,77% do território no período (BEZERRA; CABRAL DA SILVA, 2020).

### 3.2.2 Procedimentos metodológicos

Para o estudo da influência dos IOT na evolução espaço territorial do município de Lucena fez-se uso de uma metodologia de avaliação da paisagem pautada na evolução do UOS, para os anos de 1972 a 2018, o que permitiu a identificação das principais alterações. Posteriormente, buscou-se definir os IOT que exerceram influência sobre o município de Lucena e foram analisadas as repercussões na evolução do UOS, conforme o fluxograma da Figura 3.2.

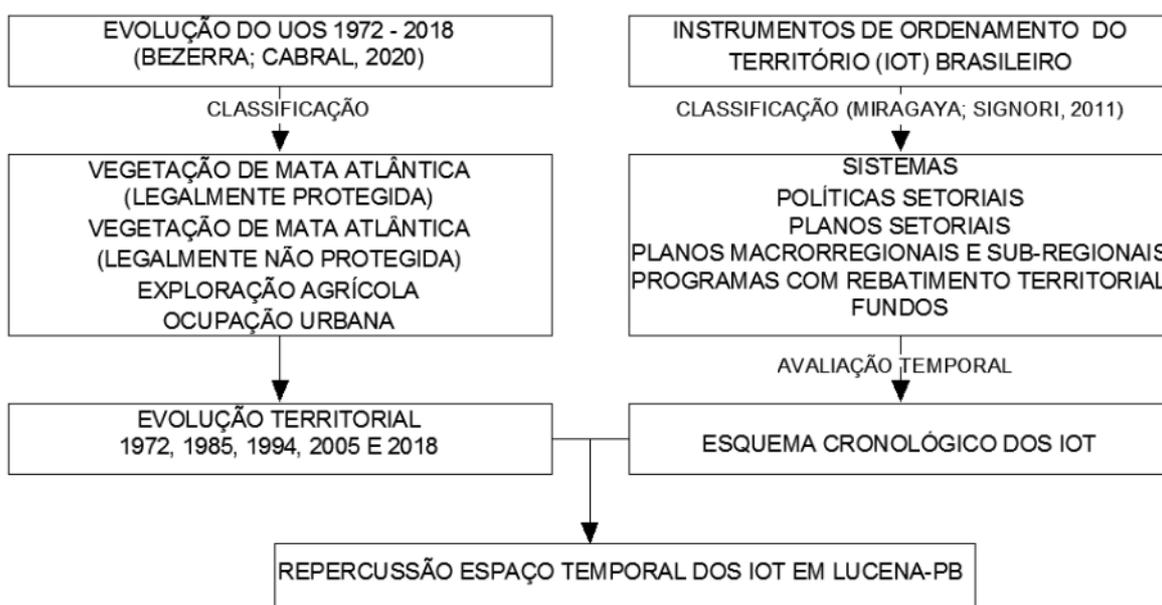


Figura 3.2: Fluxograma da análise da influência dos instrumentos de ordenamento territorial na evolução espaço temporal de Lucena-PB

A evolução territorial para os anos de 1972 a 2018 foi realizada tomando como base o estudo da evolução do UOS desenvolvido por Bezerra e Cabral da Silva (2020). Elaborou-se a evolução territorial considerando as seguintes temáticas: i) Vegetação de Mata Atlântica (legalmente protegida), ou seja, aquela que no período em estudo se enquadrava em alguma legislação de preservação do meio ambiente; ii) Vegetação de Mata Atlântica (legalmente não protegida), aquela que no período em estudo não se enquadrava em nenhuma legislação de preservação do meio ambiente; iii) Exploração Agrícola, culturas como cana-de-açúcar, coco-da-baía e outras; e iv) Ocupação Urbana, sendo apresentado em forma de mapa e quantificados em tabelas.

Para a classificação dos IOT utilizou-se a proposta de Miragaya e Signori (2011) enquadrando-os em: sistemas, políticas setoriais, planos setoriais, planos macrorregionais e sub-regionais, programas com rebatimento territorial e fundos. Com essa classificação foi possível a construção de um esquema cronológico e identificação de sua correlação com a evolução do UOS e análise da repercussão no território do município de Lucena.

### 3.3 RESULTADOS

#### 3.3.1 Evolução da ocupação do território do município de Lucena-PB

O estudo temporal da dinâmica do uso do solo permitiu entender o processo de evolução da ocupação do território no período entre os anos de 1972 e 2018, bem como subsidiar a identificação dos IOT que influenciaram nesse processo. Observando os mapas e gráficos da Figura 3.3, evidencia-se que o território que, inicialmente se caracterizava pela predominância da Vegetação de Mata Atlântica, passou a apresentar um domínio da exploração agrícola com um avanço sistemático da ocupação urbana na ZC.

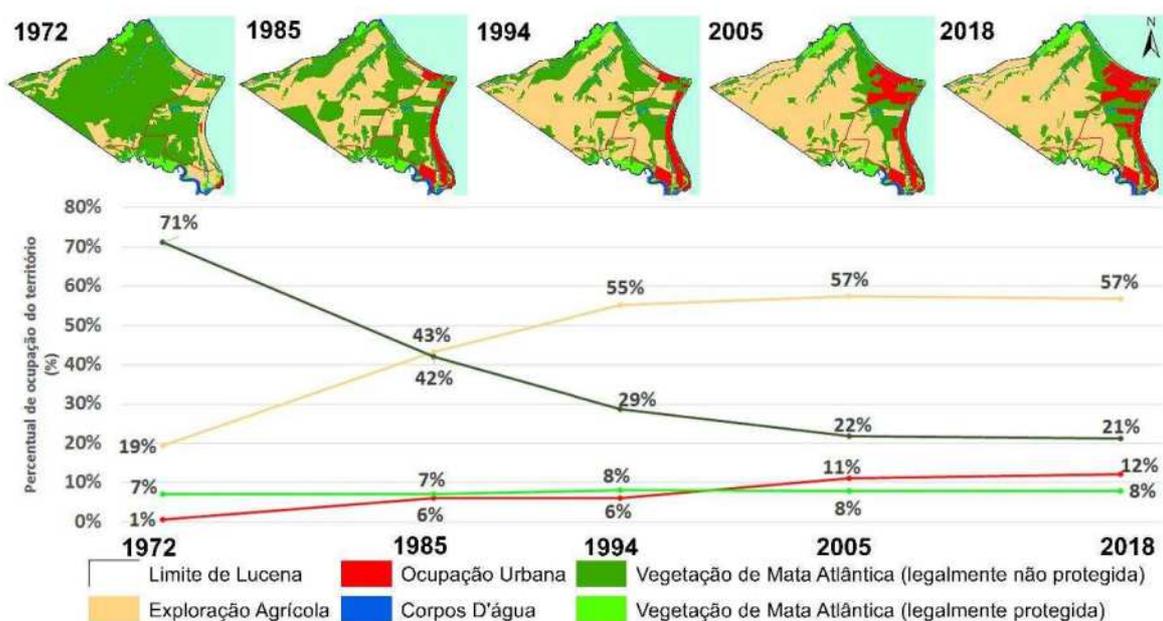


Figura 3.3: Evolução da ocupação do território de Lucena-PB

No ano de 1972, 78% do território de Lucena-PB correspondia a Vegetação de Mata Atlântica, dos quais 71% tratavam-se de vegetação que não estava enquadrada em nenhum tipo de proteção legal. A evolução do uso indicou uma redução de 338%, em termos de área, até o ano de 2018. De maneira oposta, observou-se que a área de Vegetação de Mata Atlântica protegida por força de lei, no mesmo período, apresentou um incremento de 12,5%.

A exploração agrícola alterou significativamente a característica territorial, com uma ampliação de 300% em termos de área. Verifica-se que, no ano de 1972, essa se concentrava na planície costeira, e com a evolução do território, no ano de 2018, passou a ocupar uma porção significativa da região dos tabuleiros costeiros.

A planície costeira é a região onde ocorreu o desenvolvimento da ocupação urbana com um aumento percentual de área igual a 1200% no período estudado. A ocupação, inicialmente, se desenvolveu paralelamente à linha de costa; com a evolução temporal, ocorreu um processo de interiorização em direção ao limite entre a região dos tabuleiros costeiros e a planície costeira.

No estudo do espaço temporal do desenvolvimento do território do município de Lucena, fica evidenciada uma divisão física bem definida entre a exploração agrícola e a ocupação urbana, onde ambas exercem uma pressão sobre a vegetação de Mata Atlântica, principalmente sobre aquela que não se encontra protegida em legislação específica.

Logo, a evolução da ocupação do território de Lucena não se deu de maneira meramente orgânica, mas influenciada por fatores políticos, o que pode ser explicado tomando como referência a alguns IOT, com destaque para os que incentivaram o desenvolvimento agrícola e, por outro lado, os que visavam a proteção ao meio ambiente.

### **3.3.2 Instrumentos de Ordenamento Territorial aplicáveis ao município de Lucena-PB**

A análise dos Instrumentos de Ordenamento Territorial (IOT), a nível federal, estadual e municipal, possibilitou a identificação daqueles que tiveram uma maior influência na evolução do uso e ocupação do solo no território do município de Lucena-PB. A influência dessas IOTs se deu, em maior ou menor grau, em função do objetivo ao qual se propunha e a necessidade de regulamentação por outros

instrumentos legais ou em outros níveis federativos, sendo necessário detalhá-los de forma a compreender a dimensão de sua abrangência.

Apesar da análise espacial da evolução do território de Lucena iniciar-se no ano de 1972, foi necessário considerar alguns IOTs que o antecederam, devido ao seu grau de relevância enquanto políticas públicas de ordenamento do espaço geográfico e a influência exercida diretamente sobre o desenho territorial.

### 3.3.2.1 Sistemas

Ao analisar o período de 1972 a 2018 verificou-se que, em termos de Sistemas, alguns se destacaram como relevantes no desenvolvimento do, conforme se observa no Quadro 3.1. Foi constatado que, até o ano de 1997, não foi implantado nenhum IOT-Sistema que pudesse influenciar o ordenamento do território. No entanto, a partir desse ano, os sistemas criados foram capazes de orientar modificações substanciais na forma de ocupar o espaço, mesmo que essa premissa não ficasse tão evidente em seus objetivos.

Ano	Descrição do IOT e Objetivo/Finalidade
1997	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - Coordenar a gestão integrada das águas
2000	Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) - Estabelecer critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação
2005	Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social - Viabilizar para a população de menor renda o acesso à terra urbanizada e à habitação digna e sustentável
2012	Sistema de Cadastro Ambiental Rural - Promover o planejamento ambiental e econômico do uso do solo e conservação ambiental no território nacional

Quadro 3.1: IOT do tipo Sistemas que exerceram influência sobre a evolução do UOS no município de Lucena-PB

O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, instituído no ano de 1997, foi o primeiro IOT-Sistema que passou a disciplinar o uso do solo, não de maneira direta, mas indiretamente pela ação dos comitês de bacia hidrográficas (BRASIL, 1997) que ficaram responsáveis pelo desenvolvimento de instrumentos de gestão das águas, que obrigatoriamente deveriam considerar os diversos usos do solo, logo impactando na forma como se explorava o espaço.

Surge, no ano de 2000, o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), o qual passou a disciplinar a gestão, implantação e criação das unidades de conservação no Brasil, distinguindo-as em unidades de proteção integral, com regras mais rigorosas de utilização, e unidades de uso sustentável, com possibilidade de uso de maneira racional (BRASIL, 2000). A sua criação não significa a inexistência anterior de unidades de conservação no Brasil, mas a ausência de um sistema integrado e mecanismos que facilitassem a criação de novas áreas protegidas. Peccatiello (2011) afirma que esse processo se inicia nos anos de 1930 e, com o avanço da legislação ambiental, se torna mais contundente, sendo possível observar nos anos de 1980 e 1990 a criação de áreas protegidas como Estações Ecológicas, Reservas Ecológicas, Áreas de Relevante Interesse Ecológico e Reservas Particulares do Patrimônio Natural, que posteriormente seriam enquadradas no SNUC. Com o surgimento do SNUC, o uso e ocupação do solo passou a ser substancialmente afetado, uma vez que qualquer ente federativo (união, estados ou municípios) poderia delimitar e decretar uma unidade de conservação impondo restrições para a utilização do solo.

No âmbito dos IOT voltados a urbanização, em 2005, é instituído o Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social (SNHIS) visando o desenvolvimento de projetos e políticas públicas voltadas à urbanização para a população de baixa renda (BRASIL, 2005). A premissa básica é a viabilização do desenvolvimento de projetos de urbanização a partir da requalificação e/ou relocação de comunidades subnormais. O SNHIS possibilitou que as cidades repensassem os seus espaços urbanos incorporando à sua malha áreas marginalizadas e expandissem suas fronteiras com moradias para pessoas que não teriam acesso pelos mecanismos tradicionais de desenvolvimento habitacional.

No que tange às atividades agrícolas, o Sistema de Cadastro Ambiental Rural (SICAR), instituído no ano de 2012, é uma ferramenta que possibilitou o planejamento ambiental e econômico do território brasileiro (BRASIL, 2012a) a partir da condensação das informações do uso e ocupação dos imóveis rurais com um alto grau de detalhamento. O SICAR permitiu um conhecimento mais detalhado da realidade rural brasileira e, ao mesmo tempo, obrigou os detentores de propriedades a iniciarem a sua regularização ambiental com o atendimento à legislação ambiental vigente.

### 3.3.2.2 Políticas Setoriais

As políticas setoriais são os principais IOT responsáveis pela mudança na ocupação do espaço. Essas apresentam disciplinamentos que são norteadores das demais legislações que versam sobre o objeto de que tratam. No período de análise foram desenvolvidas políticas que orientaram o desenvolvimento das áreas rurais e urbanas, possibilitando compreender como se deu a formação do território e suas atuais características. O Quadro 3.2 apresenta os IOT-Políticas Setoriais que exerceram influência sobre o ordenamento do território de Lucena-PB.

Ano	Descrição do IOT e Objetivo/Finalidade
1965	Código Florestal - Proteger as florestas nativas
1979	Política Nacional de Irrigação – Incentivar a aproveitamento racional de recurso de água e solos
1979	Lei de Parcelamento do Solo Urbano - Disciplinar o parcelamento do solo urbano
1981	Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA) - Definir mecanismos de preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental
1987	Proibição da caça comercial da baleia no Brasil - Proibir as atividades de caça comercial da baleia no Brasil
1997	Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) - Assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água e a utilização racional e integrada dos recursos hídricos
2001	Estatuto da Cidade - Estabelecer normas de ordem pública e interesse social que regulem o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental.
2006	Lei da Mata Atlântica - Definir diretrizes para conservação, a proteção, a regeneração e a utilização do Bioma Mata Atlântica, patrimônio nacional
2007	Política Nacional de Desenvolvimento Regional I (PNDR) - Reduzir as desigualdades de nível de vida entre as regiões brasileiras e a promoção da equidade no acesso a oportunidades de desenvolvimento
2012	Novo Código Florestal - Proteger a vegetação nativa
2013	Política Nacional de Irrigação - Incentivar a ampliação da área irrigada e o aumento da produtividade em bases ambientalmente sustentáveis
2017	Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa - Articular, integrar e promover políticas, programas e ações indutoras da recuperação de florestas e demais formas de vegetação nativa

Quadro 3.2: IOT do tipo Políticas Setoriais que exerceram influência sobre a evolução do UOS no município de Lucena-PB

Apesar da análise espacial efetuada se iniciar no ano de 1972, uma política que antecede esse período se mostrou fundamental para a evolução da ocupação do solo, o Código Florestal. Instituído no ano de 1965, trouxe uma série de avanços no que tange a preservação das florestas nativas no interior das propriedades rurais (estabelecendo as necessidades da criação das Reservas Legais), bem como as formas de vegetação nativa às margens dos cursos d'água e em áreas consideradas frágeis (enquadradas como de preservação permanente) (BRASIL, 1965). O Código Florestal apresentou diretrizes específicas que obrigaram os detentores de imóveis rurais a rever a forma de exploração existente. No entanto, o cumprimento dessa normativa não se deu de maneira rigorosa, acarretando em ocorrências de propriedades que não atendiam às exigências legais.

No ano de 1979, devido ao desenvolvimento e crescimento das cidades, foi necessário o estabelecimento de uma política que trouxesse especificações dos requisitos mínimos à ocupação urbana. A Política de Parcelamento do Solo Urbano (BRASIL, 1979a) se apresentou como uma política setorial que viria a exercer influência sobre os processos de urbanização em virtude de definir de maneira macro as características dos novos loteamentos e também as áreas não passíveis de ocupação, exercendo grande influência sobre a evolução dos territórios municipais.

Ainda em 1979, outra política pública exerceu influência sobre o ordenamento do território, incentivando assim a produção agrícola. A Política Nacional de Irrigação que teve como objetivo o aproveitamento racional dos recursos hídricos e dos solos a partir da implantação de projetos públicos e privados em terras públicas existentes ou que viessem a ser adquiridas para esta finalidade. (BRASIL, 1979b)

Em 1981, a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) traz toda a base para a gestão ambiental brasileira. Seu escopo apresenta a estrutura dos órgãos responsáveis pelo controle ambiental, as diretrizes para o licenciamento ambiental e os instrumentos necessários para a sua execução, merecendo destaque, como um dos seus instrumentos e disciplinador da ocupação do território, o Zoneamento Ambiental (BRASIL, 1981). Com o surgimento dessa política, os processos de ocupação espacial necessariamente passaram a ter aval do estado, criando um disciplinamento e evitando assim uma evolução orgânica.

Apesar de não ser uma política ligada ao uso do solo, a proibição à caça às baleias exerceu influência sobre o ordenamento territorial de Lucena-PB. No Brasil, a caça às baleias era realizada exclusivamente nesse município pela Companhia de pesca Norte do Brasil (COPEBRAS). No ano de 1987 essa atividade passou a ser proibida (BRASIL, 1987a), o que levou a uma mudança na forma de ocupação de boa parte dos trabalhadores, sendo estes obrigados a se voltarem para atividades de pesca artesanal (DUARTE FILHO; AGUIAR, 2014) ou então buscar oportunidades no setor agrícola que se desenvolvia.

Em 1997 é instituída a Política Nacional de Recursos Hídricos, que visava o uso racional da água. Entre os seus fundamentos, adota-se a bacia hidrográfica como a unidade básica de planejamento (BRASIL, 1997), levando a considerar o conhecimento do território como fundamental para o disciplinamento do aproveitamento da água. Como consequência, verifica-se uma mudança na relação de exploração existente, uma vez que a utilização de água para irrigação passa a ser disciplinada (Outorga de recursos hídricos), interferindo diretamente na evolução da ocupação agrícola.

O ordenamento das cidades voltou a ser objeto de preocupação devido ao rápido crescimento observado até 2005, o que ocasionou uma série de desequilíbrios e impactos socioambientais. No ano de 2001, passa a vigorar a política urbana brasileira, conhecida como Estatuto da Cidade. Essa normativa legal tinha por objetivo o desenvolvimento das funções sociais da cidade e propriedade urbana de forma sustentável, democrática e cooperativa (BRASIL, 2001). Com esse instrumento legal os municípios, principalmente aqueles com mais de 20.000 habitantes, foram obrigados a implantar políticas urbanas, impactando diretamente na forma como as cidades se desenvolviam, uma vez que foi necessário compatibilizar a regularização fundiária de áreas ocupadas com a expansão urbana.

Numa perspectiva preservacionista, foi estabelecida uma política setorial que disciplinou a exploração do bioma mais representativo da ZC brasileira, o Mata Atlântica. No ano de 2006, esse passa a ser objeto de legislação que disciplina sua utilização e proteção, estabelecendo assim um regime jurídico que trata das regras para corte, supressão e exploração, bem como para preservação (BRASIL, 2006a). Com esse ordenamento, o estágio sucessional passa a ser elemento balizador das autorizações de exploração. Essa normativa funcionou como barreira para o

avanço da exploração agrícola e urbana sobre as áreas de Mata Atlântica, trazendo impactos sobre a evolução dos territórios.

Com uma visão macro, no ano de 2007, é promulgada a Política Nacional de Desenvolvimento Regional – PNDR, que visava a redução das desigualdades brasileiras a partir da implantação de ações que estimulem os processos de desenvolvimento regional e promovam uma melhor distribuição dos recursos do Tesouro Nacional (BRASIL, 2007a). Visando alcançar estes objetivos, uma série de planos, programas e fundos são instituídos e passam a exercer forte influência sobre o desenvolvimento do território brasileiro.

A proteção da vegetação nativa, apesar da existência de políticas setoriais anteriores, denotou a necessidade de atualização e modernização, o que se evidenciou no ano de 2012 pela instituição do Novo Código Florestal Brasileiro, que buscou consolidar as normativas referentes à gestão florestal (BRASIL, 2012b). Entre as principais contribuições ao ordenamento territorial está a definição de áreas consolidadas e a reafirmação dos conceitos de áreas de preservação permanente e reserva legal, em uma tentativa de se atenuar a dinâmica de substituição da vegetação nativa por atividades agrícolas.

Outra política setorial que se apresentou como influenciadora das modificações do espaço territorial é a Política Nacional de Irrigação, do ano de 2013. A irrigação é um dos fatores limitantes da prática agrícola e a sua existência é fundamental para o aumento da produtividade de uma cultura sem a necessidade da ampliação da área cultivada. Por muitos anos a irrigação foi base das políticas públicas, principalmente no sertão do nordeste brasileiro, onde foram implantados os perímetros irrigados, que se tornaram verdadeiros oásis em meio à seca. A Política Nacional de Irrigação apresentou como objetivo a ampliação da área irrigada e o aumento da produtividade de maneira sustentável, principalmente em regiões com baixos indicadores socioeconômicos (BRASIL, 2013), induzindo a uma redução nas substituições de uso do solo.

No ano de 2017 a Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa passou a vigorar. Trata-se de uma política vinculada ao novo Código Florestal e tem como objetivo impulsionar a regularização ambiental das propriedades rurais brasileiras, seja por meio da reabilitação ecológica, do reflorestamento, da regeneração natural da vegetação, da restauração ecológica ou pela recuperação ou recomposição da vegetação nativa (BRASIL, 2017). Essa política setorial tenta

reverter o processo histórico de substituição de vegetação nativa por atividade agrícola, com isso ampliando as áreas vegetadas.

### 3.3.2.3 Planos Setoriais

Os Planos Setoriais são detalhamentos das Políticas Setoriais, ou seja, são os IOT que operacionalizam as diretrizes das macro políticas e apresentam uma abrangência nacional. Em muitos casos, existe um verdadeiro descompasso temporal entre a elaboração da política e o seu respectivo plano, o que gera um atraso na obtenção dos resultados propostos por sua implementação. O reflexo de implantação sobre o território é bastante perceptível devido ao detalhamento proposto em seu escopo. No Quadro 3.3 são apresentados os planos setoriais que influenciaram a evolução do uso do solo no município de Lucena-PB.

Ano	Descrição do IOT e Objetivos/Finalidade
1971	Primeiro Plano Nacional de Desenvolvimento (PND) - Orientar o ajuste estrutural na economia brasileira
1974	II Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND) - Orientar o ajuste estrutural na economia brasileira
1985	Plano Nacional de Reforma Agrária (PNRA) - Orientar o desenvolvimento da reforma agrária
1988	Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro – PNGC I - Orientar a utilização nacional dos recursos na Zona Costeira, de forma a contribuir para elevar a qualidade da vida de sua população, e a proteção do seu patrimônio natural, histórico, étnico e cultural.
2004	Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro – PNGC II - Estabelecer as bases para a formulação de políticas, planos e programas federais, estaduais e municipais para a gestão ambiental da zona costeira do País.
2006	Plano Nacional de Recursos Hídricos - Orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos

Quadro 3.3: IOT do tipo Planos Setoriais que exerceram influência sobre a evolução do UOS no município de Lucena-PB

O Primeiro Plano Nacional de Desenvolvimento, aprovado no ano de 1971, foi um plano setorial com ênfase no desenvolvimento econômico a partir de estratégias voltadas ao setor industrial e agrícola. Dentre as suas propostas, figurava o desenvolvimento, no nordeste, de polos industriais-agrícolas e transferência de recursos da União para os estados. Um dos objetivos para o

nordeste era o desenvolvimento tecnológico da sua agricultura, preparando-o para uma economia de mercado, concomitantemente ao desenvolvimento de programas de irrigação (BRASIL, 1971). O II Plano Nacional de Desenvolvimento, instituído no ano de 1974, visava dar continuidade ao processo de crescimento econômico brasileiro (BRASIL, 1974a). Entre as medidas que atingiam diretamente a evolução territorial do nordeste brasileiro estava a adição do álcool na gasolina e o incentivo à implantação de agroindústrias no nordeste. Percebe-se que os PND tiveram grande potencial de modificar o ordenamento territorial até então observado, propondo assim mudanças significativas na forma de exploração do solo.

Com um espectro voltado às áreas rurais, no ano de 1985, é aprovado o Plano Nacional de Reforma Agrária, visando uma exploração racional das terras agricultáveis. Buscando alcançar esse objetivo, contemplava em seu escopo os requisitos necessários para a desapropriação de imóveis rurais que não cumprissem sua função social, ou seja, mantivessem níveis satisfatórios de bem estar para os proprietários e trabalhadores, atingissem níveis adequados de produtividade, assegurassem a preservação dos recursos naturais e observassem o cumprimento às normas trabalhistas (BRASIL, 1985). Esse plano setorial pode ser considerado um dos principais influenciadores da evolução do território, pois muda radicalmente as relações, uma vez que almeja a real utilização do solo.

No ano de 1988 é instituído o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (BRASIL, 1988a), no entanto a sua aprovação só se deu no ano de 1990 (BRASIL, 1990) por meio de uma resolução da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM). O PNGC I reafirmou o conceito de Zona Costeira presente na normativa de 1988 e apresentou as diretrizes necessárias para a sua ocupação e preservação, bem como definiu a necessidade da elaboração de Zoneamento Ecológico-Econômico para essas zonas de forma a disciplinar o uso e a evolução territorial. No ano de 2004 ocorreu a regulamentação do PNGC (chamado de PNGC II) por meio de decreto do Poder Executivo Federal (BRASIL, 2004). Esse novo documento incorporou conceitos inexistentes na normativa anterior, como a definição de Orla e introduziu uma série de novos instrumentos de gestão, com destaque ao Plano de Intervenção da Orla Marítima, que viria a ser um dos instrumentos de disciplinamento de ocupação do espaço litorâneo nos municípios.

Em 2006 foi aprovado o Plano Nacional de Recursos Hídricos, estruturado em componentes que visavam o desenvolvimento e a articulação institucional da

gestão integrada dos recursos hídricos, a implantação de programas regionais e o gerenciamento da implementação do próprio plano. Esse plano apresentou as diretrizes para a efetivação da PNRH no Brasil, o que interferiu na forma como esse bem era explorado e na forma de desenvolvimento do território (BRASIL, 2006b).

### 3.3.2.4 Planos macrorregionais e sub-regionais

Os planos macrorregionais e sub-regionais são IOT que têm funções semelhantes às dos Planos Setoriais, no entanto sua abrangência espacial é limitada a uma região ou município. No Quadro 3.4 são apresentados os planos macrorregionais e sub-regionais que influenciaram a evolução do uso do solo no município de Lucena-PB.

Ano	Descrição do IOT e Objetivo/Finalidade
2001	Plano Diretor do município de Lucena - Zonear o espaço geográfico de município compatibilizando os diversos usos
2006	Plano Estratégico de Desenvolvimento Sustentável do Nordeste (PDNE) - Reduzir desigualdades regionais através da ativação de potencialidades do Nordeste brasileiro
2014	Eixos integrados de desenvolvimento da Paraíba - Expandir e fortalecer a infraestrutura econômica e social

Quadro 3.4: IOT do tipo Planos macrorregionais e sub-regionais que exerceram influência sobre a evolução do UOS no município de Lucena-PB

O município de Lucena-PB elaborou seu Plano Diretor no ano de 2001, o qual apresentou uma série de diretrizes para a ocupação urbana do território. Um dos objetivos dessa norma era o de zonear o espaço geográfico do município compatibilizando os diversos usos (LUCENA, 2001), no entanto, o plano não abordou, em nenhum dos seus artigos, diretrizes necessárias ao disciplinamento para a evolução do seu território urbano ou rural.

Em 2006 foi implantado o Plano Estratégico de Desenvolvimento Sustentável do Nordeste (PDNE), cujo objetivo era o desenvolvimento e integração social, aumento das vantagens competitivas, integração competitiva nas economias nacionais e internacionais, expansão da base produtiva, redução da defasagem do Nordeste e integração cooperativa das sub-regiões. Visando alcançar esses objetivos, foram definidos projetos estratégicos voltados à

distribuição de ativos sociais, a construção da competitividade sistêmica e gestão ambiental. Deve-se considerar que, dentro das ações propostas, aquela que poderia influenciar a evolução territorial no município de Lucena foi o desenvolvimento da cadeia produtiva do Biodiesel, aproveitando a estrutura do setor sucroalcooleiro já instalado na região (BRASIL, 2006c).

No ano de 2014 o estado da Paraíba apresentou o plano denominado Eixos Integrados de Desenvolvimento da Paraíba, cujo objetivo era a integração física e econômica por meio da identificação e seleção de segmentos que possam ser inseridos na economia regional, nacional e mundial por meio de instrumentos que fortalecessem e modernizassem a infraestrutura estadual, sendo focado nas áreas de logística, desenvolvimento industrial, matriz energética, telecomunicação e capacitação do capital humano. Dentre as medidas propostas, as que influenciariam diretamente o território do município de Lucena são a duplicação da PB-025 (principal eixo rodoviário de ligação ao município), a construção de uma ponte ligando a capital do estado João Pessoa e o município vizinho de Cabedelo a Lucena, além da verticalização da cadeia produtiva do açúcar e álcool (NOGUEIRA; GIRARD; PAVAN; SOARES, 2014).

### **3.3.2.5 Programas com rebatimento territorial**

Os programas com rebatimento territorial são IOT que atingem setores específicos, influenciando o desenvolvimento econômico com repercussão direta sobre a utilização do solo, seja este por meio do fornecimento de linhas de crédito, zoneamento do espaço ou, ainda, diretrizes para execução de projetos. Os programas com rebatimento territorial que exerceram influência no município de Lucena podem ser observados no Quadro 3.5.

No ano de 1975 foi instituído um dos programas com maior repercussão na evolução do território brasileiro, o Programa Nacional do Álcool (Proálcool). Este programa tinha como objetivo a produção do álcool a partir de cana-de-açúcar, mandioca ou qualquer outro insumo (BRASIL, 1975), contudo, devido à reconhecida experiência brasileira, a cana-de-açúcar se destacou como o principal insumo. Este programa incentivou o acréscimo de 20% de álcool etílico na gasolina e, posteriormente, em 1978, a circulação dos primeiros veículos abastecidos exclusivamente com álcool hidratado (ANDRADE; CARVALHO; SOUZA, 2009).

Ano	Descrição do IOT e Objetivo/Finalidade
1975	Programa Nacional do Alcool (Proálcool) - Atender à expansão da produção do álcool
1986	Programa Nacional de Irrigação – PRONI
1986	Programa de Irrigação do Nordeste – PROINE
1987	Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas e Conservação de Solos na Agricultura - Promover um adequado aproveitamento agropecuário dessas unidades ecológicas, mediante a adoção de práticas de utilização racional dos recursos naturais renováveis.
1996	Programa Nacional de Apoio à Agricultura Familiar (PRONAF) Promover o desenvolvimento sustentável do segmento rural constituído pelos agricultores familiares
2003	Programa Nacional de Crédito Fundiário (PNCF) - Promover acesso à terra e a investimentos básicos e produtivos, que permitam estruturar os imóveis rurais adquiridos com recursos do Fundo de Terras e da Reforma Agrária
2007	Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) - Promover o planejamento e execução de grandes obras de infraestrutura social, urbana, logística e energética do país, contribuindo para o seu desenvolvimento acelerado e sustentável.
2009	Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar - Fornecer subsídios técnicos para formulação de políticas públicas visando à expansão e produção sustentável de cana-de-açúcar no território brasileiro.
2011	Programa de Incentivo à Irrigação e à Produção em Ambiente Protegido (MODERINFRA) - Apoiar o desenvolvimento da agropecuária irrigada sustentável, econômica e ambientalmente, de forma a minimizar o risco na produção e aumentar a oferta de produtos agropecuários Programa de Modernização da Agricultura e Conservação dos Recursos Naturais (MODERAGRO) - Apoiar a recuperação dos solos por meio do financiamento para aquisição, transporte, aplicação e incorporação de corretivos agrícolas e condicionadores de solo Programa de Apoio à Renovação e Implantação de Novos Canaviais - Aumentar a produção de cana-de-açúcar no País por meio do financiamento à renovação e implantação de canaviais
2018	Zoneamento Agrícola de Risco Climático para a cultura de cana-de-açúcar - Disciplinar áreas susceptíveis ao cultivo de cana-de-açúcar
2018	Programa de Desenvolvimento Urbano (Pró-Cidades) - Proporcionar aos estados e aos municípios brasileiros condições para formulação e implantação de política de desenvolvimento urbano local a partir do financiamento de investimentos apresentados na forma de projetos integrados de melhoria de um perímetro urbano

Quadro 3.5: IOT do tipo Programas com rebatimento territorial que exerceram influência sobre a evolução do UOS no município de Lucena-PB

No período entre os anos de 1980 e 1985 o álcool combustível se configurou como uma opção energética à gasolina combustível, substituindo esse derivado do petróleo, chegando a ter, na época, uma produção de quase 100% dos veículos movidos a álcool hidratado, contribuindo para um avanço significativo da agroindústria sucroalcooleira. A década de 90 do século XX foi de desaceleração

para o setor sucroalcooleiro, sendo o ano de 1994 o ápice da produção alcooleira no Brasil (SHIKIDA; AZEVEDO; VIAN, 2011). Como consequência dessa política, houve uma expansão significativa das lavouras, de forma a atender a demanda, o que impactou diretamente a ocupação do solo em diversos municípios brasileiros, principalmente da ZC nordestina.

Em 1986 dois programas foram criados para incentivar a exploração agrícola brasileira e consequente aumento da produtividade a partir do uso da irrigação em áreas públicas diretamente pelos entes federativos ou por empresas privadas, o Programa de Irrigação do Nordeste – PROINE (BRASIL, 1986a) e o Programa Nacional de Irrigação – PRONI (BRASIL, 1986b). Ambos viriam a ter grande influência sobre a evolução do uso do solo, principalmente no Nordeste com a criação dos grandes projetos de perímetros irrigados.

Em 1987 foi aprovado o Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas, cuja ênfase estava no uso do solo com o desenvolvimento agropecuário de forma a preservar os recursos naturais renováveis, usá-los de forma sustentável e fixar a população no campo (BRASIL, 1987b). Esse programa antecipou o conceito da bacia hidrográfica como unidade de planejamento. A influência desse programa se restringiu a pôr em evidência a necessidade do planejamento espacial das microbacias, uma vez que, mesmo havendo atuação em uma bacia hidrográfica por município, o programa não prosperou (HESPANHOL, 2005).

Um programa que se destacou como relevante nos campos dos programas com rebatimento nacional foi o Programa Nacional de Apoio à Agricultura Familiar (PRONAF), instituído no ano de 1996 com o objetivo de promover o desenvolvimento sustentável das atividades agrícolas dos agricultores familiares (BRASIL, 1996). Esse programa abriu linha de crédito para os pequenos e médios produtores e para os assentados, colonos ou beneficiários do Banco da Terra, permitindo assim a fixação destes no espaço rural, incentivando a manutenção das atividades agrícolas e influenciando no processo de ocupação do solo.

Ainda no âmbito do desenvolvimento agrícola, em 2003, o governo brasileiro criou o Programa Nacional de Crédito Fundiário (PNCF), que consistia em linha de crédito para o desenvolvimento de ações e projetos de reordenamento fundiário e assentamento rural complementares à reforma agrária (BRASIL, 2003). Esse se tornou uma ferramenta adicional de acesso à terra, tendo vista financiar imóveis

não passíveis de desapropriação, menores que 15 módulos rurais ou ainda produtivos, sendo operacionalizado pelas entidades financeiras.

No ano de 2007, um dos mais importantes programas com rebatimento territorial foi criado, o Programa de Aceleração do Crescimento – PAC, que tinha por objetivo planejar e executar grandes obras de infraestrutura social, urbana, logística e energética (BRASIL, 2007). Em seu escopo, existiam subprogramas entre os quais se podem destacar: i) Minha Casa, Minha Vida, ii) Urbanização de Assentamentos Precários, iii) PAC-Saneamento e iv) PAC-Rodovias como aqueles com grande potencial de exercer influência sobre o processo de ocupação urbana.

No ano de 2009, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) elaborou o Zoneamento Agroecológico (ZAE) da Cana-de-Açúcar cujo objetivo foi subsidiar a formulação de políticas governamentais voltadas ao desenvolvimento sustentável da cultura da cana-de-açúcar. Para tal, avaliou-se o potencial das terras para a implantação de novas lavouras, sendo excluídas todas aquelas áreas onde preteritamente existiam o cultivo de cana-de-açúcar e aquelas com restrições ambientais e limitações a mecanização do cultivo. O estudo abrangeu integralmente ou parcialmente 21 unidades da federação, entre as quais estavam incluídas o estado da Paraíba. Verifica-se que o município de Lucena não foi contemplado como apto a ter novas áreas convertidas nesse tipo de cultura agrícola (MANZATTO et al., 2009), o que apresentou como consequência a impossibilidade de ampliação das áreas agricultáveis e a redução de recursos para manutenção das lavouras existentes.

Em 2011 o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) criou três programas com recursos próprios, em forma de linhas de crédito, para fomentação da atividade agrícola: i) o Programa de Incentivo à Irrigação e à Produção em Ambiente Protegido (MODERINFRA), que visava o desenvolvimento de uma irrigação sustentável com o financiamento de sistemas de irrigação e implantação/manutenção de instalações de proteção a cultivos e a produção de mudas; ii) o Programa de Modernização da Agricultura e Conservação dos Recursos Naturais (MODERAGRO), que objetivava apoiar e fomentar os setores da produção, beneficiamento, industrialização, acondicionamento e armazenamento de produtos, entre eles cana-de-açúcar para a produção de cachaça, e a recuperação dos solos por meio do financiamento para aquisição, transporte, aplicação e incorporação de corretivos agrícolas e condicionadores de

solo; e iii) o Programa de Apoio à Renovação e Implantação de Novos Canaviais, que financiava a melhoria de lavouras já existentes e o desenvolvimento de novas áreas (BCB, 2018).

Ainda em 2011 foi aprovado o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC), baseado em modelo de balanço hídrico e critérios de verificação de limites adequados de temperatura para a cultura de cana-de-açúcar no estado da Paraíba. Esse disciplinou os municípios passíveis de implantação de novas lavouras e aqueles que teriam viabilidade da manutenção das existentes, desde que tivessem sido ocupadas antes de 28 de outubro de 2009 (BRASIL 2018a; BRASIL, 2018b), exercendo assim grande influência sobre o cultivo comercial, logo sobre a dinâmica territorial.

Em 2018 foi aprovado o Programa de Desenvolvimento Urbano (Pró-Cidades) que teve como objetivo permitir que estados e municípios formassem políticas de desenvolvimento urbano financiados com recursos advindos do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS), mediante a apresentação de propostas que visassem intervenções de reabilitação de áreas urbanas e modernização tecnológica urbana (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2018).

### **3.3.2.6 Fundos**

Os Fundos são conjunto de recursos financeiros definidos por lei que estão vinculados à realização de determinadas finalidades. São IOT que financiam o desenvolvimento do território. No Brasil, as principais fontes de financiamento da evolução do território são de origem públicos, os que os tornam instrumentos que apresentam grande repercussão espacial ao longo de sua vigência. No Quadro 3.6 são apresentados os IOT-Fundos que exerceram influência no município de Lucena.

Em 1974 foi criado um dos principais fundos responsáveis pelo desenvolvimento do nordeste brasileiro, o Fundo de Investimentos do Nordeste (FINOR) com recursos provenientes de incentivos fiscais, subscrições feitas pela União e por pessoas jurídicas e físicas e resultados de aplicações desses recursos (BRASIL, 1974b). Esses recursos eram voltados basicamente para as grandes empresas, uma vez que apenas as sociedades anônimas poderiam apresentar projetos. Esse fundo contava com a participação da SUDENE (responsável pela

seleção de projetos) e o Banco do Nordeste do Brasil – BNB (gestora financeira) (CAMPOS, 2008). Esse fundo possibilitou uma derivação que se tornou importante para o desenvolvimento agrícola da região nordeste, o FINOR-Alimentos no ano de 1986 (BRASIL, 1986c) e que influenciou a evolução territorial de vários municípios.

Ano	Descrição do IOT e Objetivo/Finalidade
1974	Fundo de Investimentos do Nordeste (FINOR) - Desenvolver economicamente o Nordeste
1986	Fundo Nacional de Desenvolvimento (FND) - Prover recursos para realização, pela União, de investimentos de capital necessários à dinamização do desenvolvimento nacional, bem como apoiar a iniciativa privada na organização e ampliação de suas atividades econômicas
1988	Fundos Constitucionais de Financiamento do Nordeste (FNE) - Contribuir para o desenvolvimento econômico e social do Nordeste através de instituição financeira federal de caráter regional, mediante a execução de programas de financiamento aos setores produtivos e em consonância com os respectivos planos regionais de desenvolvimento
1998	Fundo de Terras e da Reforma Agrária - Banco da Terra - Financiar programas de reordenação fundiária e de assentamento rural
2001	Fundo de Desenvolvimento do Nordeste – FDNE - Assegurar recursos para a realização de investimentos na área de atuação da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE em infraestrutura e serviços públicos e em empreendimentos produtivos de grande capacidade germinativa de novos negócios e de novas atividades produtivas.
2005	Fundo Nacional de Habitação de Interesse Social – FNHIS - Centralizar e gerenciar recursos orçamentários para os programas estruturados no âmbito do SNHIS

Quadro 3.6: IOT do tipo Fundos que exerceram influência sobre a evolução do UOS no município de Lucena-PB

No ano de 1988 foi instituído pela Constituição Federal Brasileira o Fundo de Desenvolvimento do Nordeste que tinha como objetivo desenvolver socioeconomicamente o Nordeste através do financiamento dos setores produtivos (BRASIL, 1988b). Esse fundo, de maneira semelhante ao FINOR, era operacionalizado pela SUDENE e BNB, no entanto com um público menos restrito, uma vez que poderiam ser atendidas pessoas físicas e jurídicas, além de cooperativas de produção (BRASIL, 1989).

No ano de 1998 foi criado o Fundo de Terras e da Reforma Agrária - Banco da Terra com o objetivo de financiar programas de reordenamento fundiário e

assentamento rural, sendo beneficiários os trabalhadores rurais-não proprietários e agricultores proprietários de imóveis cuja dimensão fosse inferior ao considerado de dimensão familiar. Operacionalizado pelo BNDES (BRASIL, 1998) foi fundamental para a consolidação e expansão da política de reforma agrária brasileira.

Em 2001 foi estabelecido o Fundo de Desenvolvimento do Nordeste – FDNE com o objetivo a assegurar recursos para investimento na área de atuação da SUDENE, por intermédio do BNB. Os projetos financiáveis apresentavam um amplo espectro de atividades, entre os quais se podem destacar aquelas voltadas à produção agrícola como a formação de reservas hídricas e obras de drenagem em projetos integrados de irrigação, preparo de área e solo para plantio e aquisição de sementes e mudas (SUDENE, 2014).

No ano de 2005 juntamente com o SNHIS foi criado o Fundo Nacional de Habitação de Interesse Social – FNHIS com a finalidade de centralizar os recursos orçamentários para execução dos objetivos do SNHIS, implantando as políticas habitacionais voltadas a população de baixa renda (BRASIL, 2005). Esse fundo foi operacionalizado pelo Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) e Caixa Econômica Federal, sendo estratégico no desenvolvimento da política urbana brasileira.

### **3.3.3 Influência dos IOT na evolução da ocupação território de Lucena-PB**

A evolução do uso e ocupação do solo no município de Lucena-PB, no período de 1972 à 2018, é compreendida quando se relaciona a espacialidade desses processos com os IOT, de forma que torna-se perceptível a relação de causalidade existente entre eles. Nos períodos de análise verificou-se que a evolução do uso do solo não ocorreu de maneira linear, o que fez com que em alguns períodos estudados, como 1972-1985, predominasse a expansão agrícola, enquanto que no período 2005-2018 a expansão da ocupação urbana. Na Figura 3.4 é apresentada a evolução temporal dos IOT e as consequências observadas no uso e ocupação do solo de Lucena-PB.

A evolução do uso e ocupação do solo de Lucena-PB observado no período que vai de 1972 a 1985 tem como principais características a expansão das

atividades agrícolas, redução das áreas ocupadas com vegetação nativa e ampliação das áreas com ocupação urbana.

A implantação de IOT como os Planos Nacionais de Desenvolvimento, o FINOR e o Proálcool foram os principais responsáveis pela ampliação das áreas cultivadas. Carvalho (1994) evidencia a influência do FINOR na evolução do cultivo do coco na região de Lucena ao descrever o processo de implantação da empresa Maguary Agrícola Ltda., nos anos de 1980, com a finalidade de cultivo em escala industrial. No caso da cultura de cana-de-açúcar, Aragão e Pakman (1991) afirmam que o Proálcool foi o grande incentivador da expansão desse cultivo na região de Lucena-PB, sendo um município tradicionalmente não canavieiro, mas que devido a esse programa registrou um aprofundamento significativo da atividade. Sendo ainda fortemente influenciado pela presença das usinas de açúcar e destilarias de álcool no vizinho município de Santa Rita, que eram responsáveis pelo escoamento de toda a produção de cana-de-açúcar, uma vez que inexistia este tipo de indústria no município.

Ao mesmo tempo em que ocorreu a evolução das atividades agrícolas, essas sucederam, basicamente, as áreas de vegetação nativa (BEZERRA, CABRAL DA SILVA, 2020), o que explica os índices significativos de desmatamento observados. O Código Florestal (BRASIL, 1965), apesar de apresentar avanços preservacionistas, permitia a exploração de 80% das áreas dos imóveis rurais, o que favoreceu o desmatamento, uma vez que não existia legislação específica para a preservação do bioma Mata Atlântica. No entanto, essa mesma legislação possibilitou a proteção das matas ciliares e manguezais, na forma de áreas de preservação permanente, propiciando a manutenção de 7% do território de Lucena-PB.

No que tange a evolução da ocupação urbana, a Lei de Parcelamento do Uso e ocupação do solo não pode ser considerado como o único grande influenciador desse crescimento espacial. Fernandes (2006) afirma que nos anos de 1970-1980 o desenvolvimento das atividades agrícolas, com destaque da cana-de-açúcar, deslocou parte dos agricultores para a planície costeira vindo a repercutir na expansão da ocupação urbana.

No período de 1985 a 1994 os IOT reforçaram as políticas de desenvolvimento do território por meio de novas linhas de crédito, como o FND e do FNE, para o financiamento das atividades agrícolas. As políticas que visavam a

preservação ambiental apresentavam em seu escopo diretrizes para a exploração agropecuária como o Plano Nacional de Microbacias hidrográficas e preservação do solo. Nesse período, no município de Lucena-PB, observou-se um aumento de áreas exploradas para a agricultura em substituição às áreas de vegetação nativa (desmatamento), mas em índices menores que os observados nos anos anteriores, o que pode ser explicado pela crise que se abateu sobre o setor sucroalcooleiro no ano de 1989 e que resultou em uma redução nos investimentos (CORTEZ, 2016).

No que tange à ocupação urbana, o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro I se apresentou como uma política de ordenamento da urbanização que não resultou em uma ampliação de área ocupada. As áreas protegidas, influenciadas por IOT, como a PNMA, sofreram alterações devido à implantação, no ano de 1993, da Área de Proteção Ambiental (APA) da Barra do Rio Mamanguape (BRASIL, 1993), que contemplou uma pequena porção a sul do município de Lucena (40 hectares), aumentando o percentual de áreas preservadas por força de legislação de 7% para 8%.

O Plano Nacional de Reforma Agrária, IOT criado no período de 1985-1994, apresentou repercussão nos anos de 1994 a 2005, com a criação de dois projetos de assentamento: em 1995 foi criado o Projeto de Assentamento Estiva do Geraldo, com uma área de 468 hectares; e no ano de 1999 o Projeto de Assentamento Oiteiro de Miranda, com uma área de 668 hectares (INCRA, 2020). A implantação de projetos de assentamento não implicou, necessariamente, em conversão de áreas de vegetação nativa em áreas agricultáveis, uma vez que sua origem está relacionada a imóveis rurais improdutivos, ou seja, o impacto na evolução do uso do solo está ligado à sucessão de culturas agrícolas e a manutenção dessa tipologia de uso, o que é justificado pela impossibilidade da transferência de domínio e destinação, tendo em vista que a titulação do imóvel não ocorre simultaneamente a criação do Projeto de Assentamento.

No período de 1994 a 2005 verificou-se um aumento das áreas exploradas agricolamente, porém em taxas menores que dos períodos anteriores. Os IOT criados nesse período estavam direcionados à agricultura familiar e assentados da reforma agrária, como o PRONAF, o Banco da Terra e Programa Nacional do Crédito Fundiário, logo os recursos eram voltados ao desenvolvimento das glebas rurais já exploradas. Nesses anos, ainda se observou uma redução nos índices de desmatamento, o que está ligado a efetivação das políticas ambientais e o

surgimento de IOT como a Política Nacional de Recursos Hídricos e o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), que passou a regulamentar as novas unidades e as preexistentes, como a APA da Barra do Rio Mamanguape no vizinho município de mesmo nome, ao Norte, reforçando o seu papel de norteador da evolução do uso do solo na região. Em relação a evolução da ocupação urbana, os anos de 1994 e 2005 apresentaram o segundo maior índice de crescimento para esse uso, o que está relacionado a influência de um conjunto de IOT de desenvolvimento urbano e a melhoria econômica observada no país.

Os anos de 2005 a 2018 apresentaram uma estagnação no acréscimo de áreas exploradas agricolamente, o que pode ser explicada pelo aumento significativo de IOT voltadas a preservação ambiental e as ações de ordenamento da produção agrícola, com destaque o cultivo da cana-de-açúcar. Iniciativas como o Zoneamento Agroecológico da cana-de-açúcar e o Zoneamento Agrícola de Risco Climático para a cultura de cana-de-açúcar indicaram que o município de Lucena-PB não apresentava potencialidade para conversão de novas áreas (MANZATTO et al., 2009) e ao mesmo tempo estabeleceram uma marco temporal, o ano de 2009, como prazo máximo para a implantação de novas lavouras (BRASIL, 2018a; BRASIL, 2018b), o que trouxe como consequência a redução no acesso as linhas de crédito como a MODERAGRO, MODERINFRA e Programa de Apoio à Implantação e Renovação de Canaviais.

Em relação as IOT que orientavam a preservação, diversas iniciativas foram implantadas, entre as quais destacam-se a Lei da Mata Atlântica, que passou a disciplinar as áreas passíveis de supressão em função do estágio e nível de regeneração da vegetação nativa (BRASIL, 2006), o Novo Código Florestal, a Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa e o Cadastro Ambiental Rural, que obrigaram o mapeamento do uso dos imóveis rurais, o que em Lucena correspondeu a uma área de mais de 6000 hectares. A implantação desses IOT teve, como consequência, a redução na taxa de desmatamento que entre os anos de 1994 e 2005 foi de 0,77%/ano para 0,08%/ano entre 2005 e 2018.

A ocupação urbana foi influenciada principalmente pelas políticas desenvolvimentistas do período, com destaque para o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). No período alguns projetos foram contemplados pelo programa, tais como a urbanização de assentamentos precários (COMITÊ GESTOR DO PAC, 2011). Outro subprograma relacionado ao PAC que influenciou

o uso do solo de Lucena, foi o Minha Casa Minha Vida, por meio de financiamento de diversas unidades habitacionais e loteamentos, o que trouxe como consequência, que nesse período a ocupação urbana foi o único uso a sofrer ampliação de área em relação aos períodos anteriores.



Figura 3.4: Cronologia dos IOT e repercussão no uso e ocupação do solo do município de Lucena-PB

### 3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A evolução do uso e ocupação do solo do município de Lucena-PB revelou significativa mudança na paisagem, caracterizada por um crescimento acelerado da exploração agrícola e intensa ocupação urbana da planície costeira, associada a altos índices de desmatamento da Mata Atlântica. Essa mudança está relacionada ao conjunto de políticas públicas de ordenamento do território que foram sendo implementadas entre os anos 1965 e 2018.

A exploração agrícola na região foi fortemente influenciada pelas políticas desenvolvimentistas, principalmente da cultura da cana-de-açúcar, que nos anos de 1970 e 1980 foi incentivada pelo Proálcool e nos demais anos por diversos fundos de financiamentos agrícolas, tendo sua tendência de crescimento interrompida apenas quando do zoneamento do município e restrições de acesso ao crédito. A cultura do coco-da-baía também se desenvolveu devido às políticas de financiamento estatal, mas com menor intensidade, uma vez que não fez parte de uma política específica, mas estava inclusa em uma linha de crédito de desenvolvimento da agroindústria nordestina.

A implantação de projetos de assentamento da reforma agrária, que ocupam mais de 10% do território do município de Lucena-PB, retratou como os IOTs influenciaram a exploração agrícola com sendo o uso dominante.

O desmatamento observado nos anos de 1965 a 2005 está intimamente ligado a ausência de IOT de mais rigorosos e voltados à preservação ambiental. O Código Florestal e o SNUC não foram capazes de fazer oposição as políticas de desenvolvimento agrícola, o que significou nesse período, um desmatamento de 49% do território de Lucena. Após 2005, com a criação de políticas mais restritivas como a Lei da Mata Atlântica, o novo Código Florestal e o Cadastro Ambiental rural, o processo de desmatamento foi reduzido significativamente, registrando-se também, as ações de restrição ao cultivo da cana-de-açúcar como fatores de influência para essa redução.

As áreas preservadas por força de legislação tiveram um pequeno acréscimo nos anos 1972 a 2018, decorrente da criação do SNUC, indicando que os IOT foram efetivos. Isso não significa que todas as áreas enquadradas de preservação estejam conservadas, mas que aquelas que não haviam sofrido interferência assim se mantiveram ao longo do período de estudo.

A ocupação urbana apresentou um crescimento efetivo no período, os IOT como a Lei de Parcelamento do Uso do Solo Urbano, os Planos de Gerenciamento Costeiro e Plano Diretor nortearam esse desenvolvimento, sem no entanto, ser os grandes influenciadores, cabendo esse papel as políticas de desenvolvimento agrícola, principalmente nos anos de 1970 a 2000. A partir de 2000 com o surgimento de políticas públicas de modernização da infraestrutura brasileira, como o PAC - Urbanização de Assentamentos Precários e PAC-Minha Casa Minha Vida o crescimento da ocupação urbana continuou a ocorrer, mas de maneira mais lenta.

Observou-se que os IOT voltados ao desenvolvimento agrícola foram os principais responsáveis pela modificação da paisagem do município de Lucena-PB, influenciando de maneira direta a expansão agrícola e o desmatamento da Mata Atlântica, e, de maneira indireta à expansão urbana do município.

Os resultados obtidos evidenciam a existência de uma quantidade significativa de IOTs, o que pode ser entendido como uma ausência de planejamento de longo prazo. Como consequências, pode-se afirmar que existe um “desordenamento” territorial o qual pode ser explicado por: i) falta de interligação e conflito entre as políticas públicas; ii) políticas que disciplinam a ocupação do espaço demandam um certo tempo para sua aplicação, o surgimento de novas com pequeno intervalo faz com que as mudanças de rumo sejam constantes; iii) a extensão territorial brasileira e o modelo de organização administrativo, onde as políticas nacionalizadas não são capazes de assimilar características regionais.

### **3.5 REFERÊNCIAS**

ALVES, Cíntia de Souza. A tentativa de uma política nacional de ordenamento territorial no Brasil: a PNOT (2003-2009). Registro, Críticas e Reflexões. 2017. 330 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

ALVES, Larissa S. Ferreira. Planning culture: concepts and perspectives historical-analytical: concepts and perspectives historical-analytical. Mercator, [s.l.], v. 13, n. 03, p. 63-73, 30 dez. 2014. Mercator - Revista de Geografia da UFC. <http://dx.doi.org/10.4215/rm2014.1303.0005>.

ANDRADE, Ednilton Tavares de; CARVALHO, Sergio Roberto Garcia de; SOUZA, Lucas Fernandes de. PROGRAMA DO PROÁLCOOL E O ETANOL NO BRASIL. Engevista, S.I, v. 11, n. 2, p.127-136, dez. 2019.

ARAGÃO, Paulo Ortiz Rocha de; PAKMAN, Elbio Troccoli. O PROALCOOL e as Transformações no Espaço Agrícola da Paraíba. Revista Raízes, Campina Grande, n. 8, p. 113-134, dez. 1991.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. MCR N° 681: MANUAL DE CRÉDITO RURAL. Brasília: Banco Central do Brasil, 2018.

BARBOSA SEGUNDO, Inalmar Dantas; MALZAC, Marie; BIAS, Gerlandia Soares; ALBUQUERQUE, Ícaro de França; SILVA, Tarciso Cabral. Análise das ocorrências das formações florestais dos municípios do litoral norte paraibano por meio de indicadores. 2016, Florianópolis. Anais: II Congresso Ibero Americano de Gestão Integrada de Áreas Litorais.

BRASIL. (1965). Lei nº 4771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. D.O.U: Brasília, 16 de setembro de 1965 e retificado em 28 de setembro de 1965.

BRASIL. (1971). Lei nº 5.727, de 04 de novembro de 1971. Dispõe sobre o Primeiro Plano Nacional de Desenvolvimento (PND), para o período de 1972 a 1974. Brasília, DF: D.O.U, 04 nov. 1971.

BRASIL. (1974a). Lei nº 6.151, de 04 de dezembro de 1974. Dispõe sobre o Segundo Plano Nacional de Desenvolvimento (PND), para o período de 1975 a 1979. Brasília, DF: D.O.U, 04 dez. 1974.

BRASIL. (1974b). Decreto-lei nº 1.376, de 12 de dezembro de 1974. Dispõe sobre a criação de Fundos de Investimento, altera a Legislação do Imposto sobre a Renda relativa a incentivos fiscais e dá outras providências. Brasília, DF: D.O.U, 12 dez. 1974.

BRASIL. (1975). Decreto nº 76.593, de 14 de novembro de 1975. Institui o Programa Nacional do Alcool e dá outras Providências. Brasília, DF: D.O.U, 14 nov. 1975.

BRASIL. (1979a). Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. Brasília, DF: D.O.U, 20 dez. 1979.

BRASIL. (1979b). Lei nº 6.662, de 25 de junho de 1979. Dispõe sobre a Política Nacional de Irrigação e dá outras providências. Brasília, DF: D.O.U, 25 jun. 1979.

BRASIL. (1981) Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF: D.O.U, 02 set. 1981.

BRASIL. (1985) Decreto nº 91.766, de 10 de outubro de 1985. Aprova o plano nacional de reforma agrária, PNRA, e, da outras providências. Brasília, DF: D.O.U, 11 out. 1985.

BRASIL. (1986a) Decreto Nº 92.344, de 29 de janeiro de 1986. Institui o Programa de Irrigação do Nordeste (PROINE). D.O.U, 29 jan. 1986.

BRASIL. (1986b) Decreto Nº 92.395, de 12 de fevereiro de 1986. Institui o Programa Nacional de Irrigação (PRONI), atribui a Ministro de Estado Extraordinário a sua execução. D.O.U, 12 fev. 1986.

BRASIL. (1986c) Decreto nº 92.345, de 29 de janeiro de 1986. CRIA O PROGRAMA FINOR-ALIMENTOS E DA OUTRAS PROVIDENCIAS. Brasília, DF: D.O.U, 29 jan. 1986.

BRASIL. (1987a) Lei nº 7.643, de 18 de dezembro de 1987. Proíbe a pesca de cetáceo nas águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências. Brasília, DF: D.O.U, 21 dez. 1987.

BRASIL. (1987b). Decreto nº 94.076, de 05 de março de 1987. Institui o Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas e dá outras providências. Brasília, DF: D.O.U, 05 mar. 1987.

BRASIL. (1988a) Lei nº 7.661, de 16 de maio de 1988. Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências. Brasília, DF: D.O.U, 18 maio 1988.

BRASIL. Constituição (1988b). Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: D.O.U, 05 out. 1988.

BRASIL. (1989). Lei nº 7.827, de 27 de setembro de 1989. Regulamenta o art. 159, inciso I, alínea c, da Constituição Federal, institui o Fundo Constitucional de Financiamento do Norte - FNO, o Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste - FNE e o Fundo Constitucional de Financiamento do Centro-Oeste - FCO, e dá outras providências. Brasília, DF: D.O.U, 27 set. 1989.

BRASIL. (1990) Resolução nº CIRM Nº 01, de 21 de novembro de 1990. Aprova o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC). Brasília, DF: D.O.U, 27 nov. 1990.

BRASIL. (1993). Decreto nº 924, de 10 de setembro de 1993. Cria a Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanguape no Estado da Paraíba e dá outras providências. Brasília, DF: D.O.U, 13 set. 1993.

BRASIL. (1996) Decreto nº 1.946, de 28 de junho de 1996. Cria o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar - PRONAF, e dá outras providências. Brasília, DF: D.O.U, 28 jun. 1996.

BRASIL. (1997). Lei nº 9433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. D.O.U: BRASILIA, 09 jan. 1997.

BRASIL. (1998) Lei Complementar nº 93, de 04 de fevereiro de 1998. Institui o Fundo de Terras e da Reforma Agrária - Banco da Terra - e dá outras providências. Brasília, DF: D.O.U, 04 fev. 1998.

BRASIL. (2000). Lei nº 9985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. D.O.U: Brasília, DF: 19 de julho de 2000.

BRASIL.(2001). Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília, DF: D.O.U, 10 jul. 2001.

BRASIL. (2003). Decreto nº 4.892, de 25 de novembro de 2003. Regulamenta a Lei Complementar nº 93, de 4 de fevereiro de 1998, que criou o Fundo de Terras e da Reforma Agrária, e dá outras providências. Brasília, DF: D.O.U, 26 nov. 2003.

BRASIL. (2004). Decreto nº 5.300, de 07 de dezembro de 2004. Regulamenta a Lei nº 7.661, de 16 de maio de 1988, que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro - PNGC, dispõe sobre regras de uso e ocupação da zona costeira e estabelece critérios de gestão da orla marítima, e dá outras providências. Brasília, DF: D.O.U, 08 dez. 2004.

BRASIL. (2005) Lei nº 11124, de 16 de junho de 2005. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social – SNHIS, cria o Fundo Nacional de Habitação de Interesse Social – FNHIS e institui o Conselho Gestor do FNHIS. Brasília: D.O.U, 17 jun. 2005.

BRASIL. (2006a). Lei nº 11428, de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Brasília, DF: D.O.U, 26 de dezembro de 2006.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS. Plano Nacional de Recursos Hídricos: Brasília: MMA, 2006b. 4 v.

BRASIL. AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE – ADENE. PLANO ESTRATÉGICO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO NORDESTE: Recife: Ministério da Integração Nacional, 2006c. 158 p

BRASIL. (2007a) Decreto nº 6.047, de 22 de fevereiro de 2007. Institui a Política Nacional de Desenvolvimento Regional - PNDR e dá outras providências. Brasília, DF: D.O.U, 22 fev. 2007.

BRASIL. (2007b) Decreto nº 6.025, de 22 de janeiro de 2007. Institui o Programa de Aceleração do Crescimento - PAC, o seu Comitê Gestor, e dá outras providências. Brasília, DF: D.O.U, 22 jan. 2007.

BRASIL. (2012a) Decreto nº 7830, de 17 de outubro de 2012. Dispõe sobre o Sistema de Cadastro Ambiental Rural, o Cadastro Ambiental Rural, estabelece normas de caráter geral aos Programas de Regularização Ambiental, de que trata a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, e dá outras providências. Brasília, DF: D.O.U, 18 out. 2012

BRASIL. (2012b). Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. D.O.U: Brasília, 28 de maio de 2012.

BRASIL. (2013) Lei nº 12.787, de 11 de janeiro de 2013. Dispõe sobre a Política Nacional de Irrigação; altera o art. 25 da Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002; revoga as Leis nºs 6.662, de 25 de junho de 1979, 8.657, de 21 de maio de 1993, e os Decretos-Lei nºs 2.032, de 9 de junho de 1983, e 2.369, de 11 de novembro de 1987; e dá outras providências. Brasília, DF: D.O.U, 11 jan. 2013.

BRASIL. (2017). Decreto nº 8.972, de 23 de janeiro de 2017. Institui a Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa. Brasília, DF: D.O.U, 23 jan. 2017.

BRASIL. (2018a). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Política Agrícola. Ato Portaria nº 23, de 23 de Abril de 2018.

BRASIL. (2018b). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Política Agrícola. Ato Portaria nº 31, de 30 de Abril de 2018.

CAMPOS, H. O. (2008) - O Finor e o desenvolvimento do Nordeste: Processos de distribuição e de concentração de renda. *Prisma Jurídico*, 7(1): 37-57. DOI: 10.5585/prismaj.v7i1.994

CARMO, Fernanda. Princípios constitucionais do ordenamento do território. *Sociologia, Problemas e Práticas*, [s.l.], p. 99-121, 2 dez. 2016. Instituto Universitário de Lisboa (ISCTE-IUL). <http://dx.doi.org/10.7458/spp2016ne10352>.

CARVALHO, Maria Lúcia Gonçalves de. Agroindústria no nordeste: da modernização a multinacionalização. *Revista Raízes*, Campina Grande, n. 10, p. 65-82, dez. 1994.

COMITÊ GESTOR DO PAC. PAC 2: 2º balanço - julho - setembro 2011. Brasília: Comitê Gestor do Pac, 2011. Disponível em: <http://pac.gov.br/pub/up/relatorio/7af2a6e167c03d0999ac3fb0d4878ce1.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2020.

CORTEZ, Luís Augusto Barbosa (org.). *Universidades e empresas: 40 anos de ciência e tecnologia para o etanol brasileiro*. São Paulo: Blucher, 2016. 224 p.

COSTA, Eduarda; ANTONELLO, Ideni. Avaliação das Políticas de Ordenamento do Território: uma análise comparativa aplicada entre Portugal e o Brasil: uma análise comparativa aplicada entre Portugal e o Brasil. *Sociedade & Natureza*, [s.l.], v. 30, n. 1, p. 29-52, 2018. EDUFU - Editora da Universidade Federal de Uberlândia. <http://dx.doi.org/10.14393/sn-v30n1-2018-2>

DUARTE FILHO, Francisco Henrique; AGUIAR, José Otávio. Baleias e ecologistas na Paraíba: uma história do fortalecimento do movimento ambientalista e o debate sobre a crise da economia baleeira (1970-1980): uma história do fortalecimento do movimento ambientalista e o debate sobre a crise da economia baleeira (1970-1980). *Topoi* (rio de Janeiro), [s.l.], v. 15, n. 28, p. 116-142, jun. 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2237-101x015028004>.

FERNANDES, Luís Jorge Monteiro. *Análise das transformações sociais e ambientais em um processo de ocupação litorânea: o caso do município de Lucena / PB*. 2006. 191 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal da

Paraíba, João Pessoa, 2006. Disponível em:  
<https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/4510>. Acesso em: 20 abr. 2020.

HAESBAERT, Rogério. ORDENAMENTO TERRITORIAL. Boletim Goiano de Geografia, Goiana, v. 26, n. 1, p. 117-124, jun. 2006.

HESPANHOL, Antônio Nivaldo. O PROGRAMA MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS E A QUESTÃO DO DESENVOLVIMENTO DE TERRITÓRIOS RURAIS NO ESTADO DE SÃO PAULO - BRASIL. In: JORNADAS INTERNACIONAIS DE ESTUDIOS AGRARIOS E AGROINDUSTRIALES, 4. 2005, Bueno Aires. Anais [...] . Bueno Aires: Universidad de Buenos Aires - Uba, 2005. p. 1-20. Disponível em:  
<http://www2.fct.unesp.br/nivaldo/Publica%E7%F5es-nivaldo/Anteriores%20a%202006/MICROBACIA%20E%20DESENVOLVIMENTO%20DE%20TERRITORIOS%20RURAIS.PDF>. Acesso em: 03 jun. 2020.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Lucena). IBGE Cidades: Panorama do município de Lucena. Disponível em:  
<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/lucena/panorama>>. Acesso em: 20 abr. 2020.

INCRA - INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA (Brasil). Brasil. Assentamentos - Informações Gerais. 2020. Disponível em:  
<http://painel.incra.gov.br/sistemas/index.php>. Acesso em: 11 jun. 2020.

JUKNELIENĖ, Daiva; VALČIUKIENĖ, Jolanta; ATKOCEVIČIENĖ, Virginija. Assessment of regulation of legal relations of territorial planning: a case study in lithuania. : A case study in Lithuania. Land Use Policy, [s.l.], v. 67, p. 65-72, set. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.05.019>.

LUCENA (2001). Lei nº 424/01: Código de Obras e Urbanismo do Município. D.O: Lucena (PB): 03 de dezembro de 2001.

MANZATTO, Celso Vainer et al (Org.). Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 55 p.

MELO, Jossandra Araújo Barreto de. ORDENAMENTO TERRITORIAL E SUSTENTABILIDADE: UM DIÁLOGO POSSÍVEL? Caminhos de Geografia - Revista On Line, Uberlândia, v. 11, n. 33, p. 220-229, mar. 2010. Disponível em:  
<http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html>. Acesso em: 07 abr. 2019.

Ministério do Desenvolvimento Regional. MANUAL PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO URBANO PRÓ-CIDADES. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Regional, 2019.

MIRAGAYA, Júlio; SIGNORI, Leandro. A Importância da Política Nacional de Ordenamento Territorial (PNOT) para o Desenvolvimento Sustentável Brasileiro. In: FARIA, Rodrigo de; SCHVARSBURG, Benny (org.). POLÍTICAS URBANAS E REGIONAIS NO BRASIL. Brasília: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 2011. Cap. 6. p. 137-167.

MORAES, Antônio Carlos Robert. Ordenamento Territorial: uma conceituação para o planejamento estratégico. In: MELLO, Neli Aparecida de; OLIVEIRA JÚNIOR, Rosalvo de. Para pensar uma política nacional de ordenamento territorial: anais da oficina sobre a política nacional de ordenamento territorial, Brasília, 13-14 de novembro de 2003. Anais da Oficina sobre a Política Nacional de Ordenamento Territorial, Brasília, 13-14 de novembro de 2003. Brasília: Ministério da Integração Nacional, Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional (sdr), 2005. Cap. 2. p. 43-47.

NOGUEIRA, Gustavo Maurício Filgueira; GIRARD, Olivier Roger Sylvain; PAVAN, Renato Casli; SOARES, Luiz Carlos Rangel. Eixos integrados de desenvolvimento da Paraíba: uma visão estratégica para o estado. João Pessoa: Seplag, 2014.

PECCATIELLO, Ana Flávia Oliveira. Políticas públicas ambientais no Brasil: da administração dos recursos naturais (1930) à criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (2000). Desenvolvimento e Meio Ambiente, [s.l.], v. 24, p.71-82, 28 dez. 2011. Universidade Federal do Paraná.  
<http://dx.doi.org/10.5380/dma.v24i0.21542>.

PERES, Renata Bovo; CHIQUITO, Elisângela de Almeida. Ordenamento territorial, meio ambiente e desenvolvimento regional: novas questões, possíveis articulações: novas questões, possíveis articulações. Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais, [s.l.], v. 14, n. 2, p. 71-86, 30 nov. 2012. Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais (RBEUR).  
<http://dx.doi.org/10.22296/2317-1529.2012v14n2p71>.

RÜCKERT, Aldomar A. A POLÍTICA NACIONAL DE ORDENAMENTO TERRITORIAL, BRASIL: uma política territorial contemporânea em construção: Uma política territorial contemporânea em construção. Scripta Nova: REVISTA

ELECTRÓNICA DE GEOGRAFÍA Y CIENCIAS SOCIALES, Barcelona, v. 11, n. 245, p. 1-16, ago. 2007. [Http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-24566.htm](http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-24566.htm).

SILVA, Sandro Pereira. CONSIDERAÇÕES ANALÍTICAS E OPERACIONAIS SOBRE A ABORDAGEM TERRITORIAL EM POLÍTICAS PÚBLICAS. In: BOUERI, Rogério; COSTA, Marco Aurélio (ed.). Brasil em desenvolvimento 2013: estado, planejamento e políticas públicas. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2013. Cap. 3. p. 89-116.

SUDENE. Fundo De Desenvolvimento Do Nordeste FDNE: Manual De Procedimentos e Operacionalização. Recife: Ministério da Integração Nacional, 2014.

SHIKIDA, Pery Francisco Assis; AZEVEDO, Paulo Furquim de; VIAN, Carlos Eduardo de Freitas. Desafios da Agroindústria Canavieira no Brasil Pós-desregulamentação: uma análise das capacidades tecnológicas. Resr, Piracicaba, v. 49, n. 3, p.599-628, set. 2011.

#### **4 INFLUÊNCIA DA EVOLUÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DO MUNICÍPIO DE LUCENA-PB NO ARMAZENAMENTO DE CARBONO: PROJEÇÕES PARA OS ANOS DE 2030 E 2040**

Resumo: O processo de mudança do uso e ocupação do solo (UOS), com destaque para o desmatamento da Mata Atlântica, é um dos principais fatores que influenciam o fenômeno do aquecimento global, visto que significativas quantidades de carbono deixam de ser retidas e são liberadas na atmosfera. Esse processo vem sendo observado em quase toda a Zona Costeira brasileira, na qual está inserido o município de Lucena, no estado da Paraíba. Diante desta problemática, o presente estudo objetivou avaliar quantitativamente e espacialmente o estoque de carbono decorrente das mudanças do UOS, para os períodos pretéritos de 1994 a 2018 e futuros de 2030 e 2040, considerando as suas tendências de alteração em Lucena. Para isso foram integradas duas metodologias o LCM (*Land Change Modeler*) para simulação do UOS futuro e o CSS (*Carbon Storage and Sequestration*) para a quantificação do estoque de carbono. A análise preditiva realizada para os anos de 2030 e 2040 indicou uma tendência de crescimento da área urbana, destacando-se a ocupação ao longo da planície litorânea e na porção mais oriental do Tabuleiro Costeiro. Em sentido oposto, a Mata Atlântica é que apresenta a maior redução, estimando-se que até o ano de 2040 ocorra uma redução de 3% por ano, de forma que a cobertura florestal do município corresponda a apenas 9,82% do seu território. Em relação ao estoque total de carbono a tendência é a redução da capacidade de retenção por hectare, estimando-se que até o ano de 2040 haverá uma redução de 48,04% do armazenamento observado no ano de 1994. Assim, pôde ser concluído que a diminuição do estoque de carbono em Lucena é fortemente influenciada pelo UOS e pelo desmatamento da Mata Atlântica.

Palavras-chave: Biomassa; Desmatamento; Mata Atlântica.

Abstract: The process of changing land use and land cover (LULC), with emphasis on deforestation in the Atlantic Forest, is one of the main factors that influence the phenomenon of global warming, considering significant amounts of carbon are any retained and released in the atmosphere. This process has been observed in almost

the entire Brazilian Coastal Zone, in which the municipality of Lucena is located, in the state of Paraíba. In view of this issue, this study aimed to quantitatively and spatially assessing the carbon stock resulting from the changes in the LULC, for the past periods from 1994 to 2018 and future periods of 2030 and 2040, considering the trend of alteration in land use and occupation. For this, two methodologies were integrated, the LCM (Land Change Modeler) for simulating the future LULC and the CSS (Carbon Storage and Sequestration) for the quantification of the carbon stock. The predictive analysis carried out for the years 2030 and 2040 indicated a growth trend in the urban area, highlighting the occupation along the coastal plain and in the most eastern portion of the Coastal Tableland. In the opposite direction, the Atlantic Forest presents the greatest reduction, estimating that until the year 2040 there will be a reduction of 3% per year, so that the forest cover of the municipality of Lucena will correspond to 9.82% of its territory. In relation to the total carbon stock, the tendency is to reduce the retention capacity per hectare, estimating that by the year 2040 there will be a reduction of 48.04% in the storage observed in the year 1994. Therefore, the decrease in the carbon stock in Lucena has a strong influence by LULC and deforestation in the Atlantic Forest.

Keyword: Biomass; Deforestation; Atlantic Forest.

#### **4.1 INTRODUÇÃO**

A avaliação da evolução do uso e ocupação do solo (UOS) possibilita um entendimento dos processos de formação do território que, em muitos casos, não é suficiente para um planejamento ambiental adequado. Quando se trata de gestão espacial, os cenários preditivos se apresentam como ferramentas que proporcionam uma gestão pública eficiente e sustentável (REZENDE *et al.*, 2018).

A simulação do UOS futuro possibilita uma série de análises espaciais, entre as quais podem ser destacados os estudos que visam compreender a evolução da cobertura florestal e sua substituição por agricultura (TORNQUIST & SILVA, 2019), a evolução das áreas urbanas visando dar suporte aos planejadores e tomadores de decisão na construção de um ambiente mais sustentável (WANG *et al.*, 2018) e a interferência nos processos hidrológicos e consequências nos processos biofísicos e na precipitação regional (QUESADA *et al.*, 2017).

A simulação para os cenários dos UOS futuros vem sendo amplamente realizada com a utilização de Redes Neurais artificiais ((QIANG; LAM, 2015; DOĞAN; BUĞDAY, 2018; SILVA; XAVIER; SILVA; SANTOS, 2020), por permitir a resolução de problemas como complexos, uma vez que são capazes de aprender a partir de exemplos e com isto generalizar a informação, sendo fundamental o processo de treinamento e validação (FLECK; TAVARES; EYNG; HELMANN; ANDRADE, 2016)

Dentre os diversos relatos de modelagem com a utilização de redes neurais, destaca-se o uso do Perceptron Multicamadas (MLP) que consiste em um modelo com três camadas que pode identificar relações que são não lineares na natureza e tomar decisões sobre qual parâmetro usar na modelagem e que modificações realizar de forma a obter o melhor resultado (DZIESZKO, 2014). Para as previsões se utiliza da Cadeia de Markov, que é um processo que se caracteriza pela determinação do estado futuro em função apenas do estado atual, onde os estados pretéritos não exercem influência sobre o estado futuro (LEVIN; PERES, 2017)

Outra aplicação, que utiliza dados de previsão do UOS, é a simulação das mudanças climáticas. Observações em estudos de modelagem ambiental indicam que as mudanças no uso e ocupação do solo desempenham um papel importante nos processos biofísicos e bioquímicos e, conseqüentemente, no sistema climático (MAHMOOD *et al.*, 2016).

As mudanças climáticas decorrentes da emissão dos gases de efeito estufa (GEE) estão trazendo uma série de conseqüências ambientais. A influência humana é evidente e, recentemente, as emissões atmosféricas antropogênicas alcançaram os maiores valores da história. A manutenção desses níveis de emissão causarão grandes mudanças em todos os componentes ambientais, com impactos irreversíveis tanto para as pessoas como para os ecossistemas (IPCC, 2017).

Como conseqüência, observa-se que os regimes das chuvas sofrem alteração e os eventos extremos são intensificados (SILVA *et al.*, 2017). Estas mudanças tem potencial para afetar diretamente os processos oceânicos e atmosféricos, pondo em risco a vida de milhares de pessoas que vivem nas Zonas Costeiras (FERNANDINO *et al.*, 2018).

As mudanças climáticas, principalmente o aumento das médias de temperaturas, interferem diretamente no uso e ocupação do solo (UOS), com destaque para as alterações causadas na cobertura vegetal (TURNER *et al.*, 2015).

A predição de cenários futuros de uso e ocupação do solo permite uma melhor estimativa das emissões atmosféricas dos gases de efeito estufa e conseqüentemente a construção de cenários que possibilitem o sequestro de carbono com estratégia para mitigação.

Com o objetivo de estimar as emissões de GEE, Göpel *et al.* (2017), identificaram que a mudança no padrão do UOS do sudoeste da Amazônia, decorrente da pressão pela ampliação das atividades agrícolas, irá influenciar fortemente a liberação de GEE.

Buscando o entendimento do armazenamento e sequestro do carbono, Solomon *et al.* (2018) estimaram, temporal e espacialmente, o efeito da mudança do UOS na dinâmica dos estoques de carbono na floresta de Wujig Mahgo Waren no nordeste da Etiópia e concluíram que esse processo explica 59% da redução do carbono orgânico no solo.

Sleeter *et al.* (2015) afirmam que o incremento nas mudanças do UOS com a substituição intensa de áreas florestadas por áreas cultivadas resultam na perda do estoque de carbono no ecossistema e conseqüentemente este carbono livre na atmosfera favorece o processo de mudanças climáticas.

Yu *et al.* (2018) analisaram os estoques de carbono no meio-oeste norte americano tomado como base a evolução do UOS no período de 1850 a 2015. Este estudo identificou uma redução de 1,35 Pg no carbono presente na Biomassa Viva e uma diminuição contínua do carbono orgânico do solo em 45% da área estudada, indicando que o UOS desempenha um papel essencial no equilíbrio regional do carbono, sendo o manejo sustentável da terra benéfico para o sequestro de carbono.

Diao *et al.* (2020) estudando a evolução do UOS na Baía de Chesapeake no período de 2001 e 2011, com destaque para as transições entre terras agrícolas e áreas florestadas, identificaram uma redução significativa nas áreas florestadas; no entanto, a implantação de sistemas agroflorestais importaram em um aumento de 13 Tg no estoque total de carbono enquanto que o desenvolvimento da urbanização e das práticas agrícolas foram responsáveis pela perda de carbono.

Observa-se que existe uma forte correlação entre os processos de mudança do UOS, armazenamento de carbono e mudanças climáticas, o que indica que deve-se buscar um desenvolvimento sustentável do território.

A ZC brasileira vem passando por um intenso processo de alteração do UOS, com destaque para o crescimento acelerado do processo de urbanização (SILVA & FARIAS FILHO, 2015), o que traz como consequência uma redução do estoque de carbono decorrente da substituição da cobertura vegetal responsável pelo sequestro e substituição por uso antrópicos.

Pavani *et al.* (2018) analisaram as perdas de carbono total no litoral norte do estado de São Paulo e identificaram que em 20 anos perdeu-se cerca de 3,7 Mg de Carbono, correspondendo a uma perda monetária de US\$ 47 milhões, sendo esse processo prioritariamente ligado a supressão de vegetação nativa e outras atividades antrópicas.

Inserido em um contexto semelhante de mudanças do UOS, com intenso processo de desmatamento, está o município de Lucena, localizado na ZC Norte do estado da Paraíba, que entre os anos de 1972 e 2018, sofreu alterações em 63,77% do território com a substituição da cobertura vegetal por culturas agrícolas e urbanização de tal forma que no município foi observado a ocorrência da vegetação de Mata Atlântica em apenas 18,38% de sua área (BARBOSA SEGUNDO *et al.*, 2016), sugerindo significativas reduções nos estoques de carbono.

Tomando como base a evolução espacial do território do município de Lucena-PB, é feito, neste trabalho, uma avaliação quantitativa e espacial do estoque de carbono decorrente das mudanças do UOS, para os períodos pretéritos de 1994 a 2018 e futuros de 2030 e 2040, considerando a tendência de alteração no uso e ocupação do solo decorrente da expansão das atividades antrópicas.

## **4.2 METODOLOGIA E DADOS**

### **4.2.1 Caracterização da área em estudo**

O município de Lucena (Figura 4.1), na Região Geográfica Intermediária de João Pessoa no estado da Paraíba, está inserido entre os paralelos de 6°50' S e 7°00" S e os meridianos de 34°50' O e 35°00' O. Limita-se a Norte com o município

de Rio Tinto pelo talvegue do rio Miriri, a Leste com o Oceano Atlântico, a Sul com os municípios de Santa Rita e Cabedelo pelo rio Soé, e a Oeste com o município de Santa Rita por divisas secas.

O município de Lucena, no estado da Paraíba se caracteriza por estar inserido na Formação Barreiras, onde se observa duas unidades, os Tabuleiros Costeiros e a Planície Litorânea (FURRIER *et al.*, 2006), que propicia uma divisão bem definida do uso do solo. Os solos que ocorrem na área de estudo se correlacionam com os aspectos geomorfológicos dominantes, sendo observados latossolos e argissolos nos Tabuleiros e gleissolos e neossolos na planície litorânea (SANTOS *et al.*, 2018).

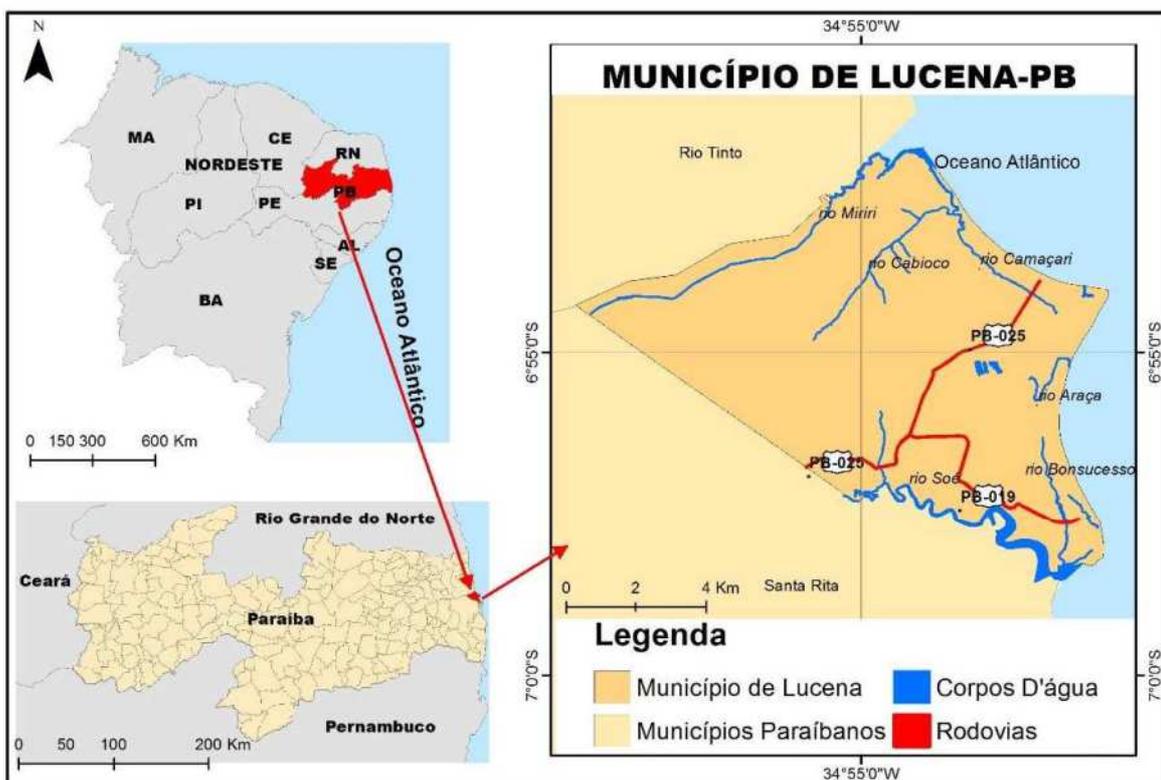


Figura 4.1: Mapa de localização do município de Lucena-PB

Nos Tabuleiro Costeiros, predominam as atividades agrícolas e na Planície Litorânea a ocupação urbana, desenvolvidas após um intenso processo de desmatamento da Mata Atlântica ocorrido nos últimos 50 anos.

Originalmente, a cobertura vegetal era a Mata Atlântica, a qual pode ser observada nos remanescentes florestais, classificados como Área de Tensão

Ecológica/Savana/Floresta Estacional, Floresta Estacional Semidecidual (BRASIL, 2006) e vegetação de mangue.

#### 4.2.2 Procedimentos Metodológicos

Para a avaliação quantitativa e espacial do estoque de carbono decorrente das mudanças do UOS no município de Lucena, no estado da Paraíba foram integradas duas metodologias (Figura 4.2) o LCM (*Land Change Modeler*) para simulação do UOS futuro (DZIESZKO, 2014) e o CSS (*Carbon Storage and Sequestration*) para a quantificação do estoque de carbono (PAVANI *et al.*, 2018).

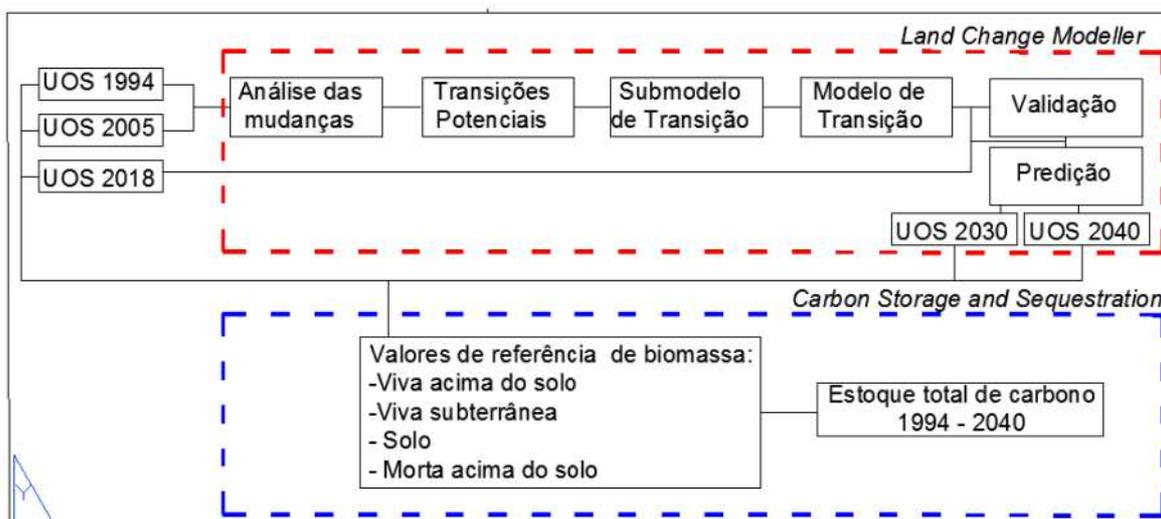


Figura 4.2: Fluxograma da análise da influência da evolução temporal do UOS no armazenamento de carbono no município de Lucena-PB.

A simulação temporal considerou um planejamento a médio prazo, com simulações para os períodos de 10 e 20 anos, respectivamente 2030 e 2040, tendo em vista que períodos maiores poderiam apresentar um elevado grau de incerteza.

Em relação ao LCM é importante destacar que o modelo de predição se baseia em padrões de ocupação pretéritos e em muitos casos estes não conseguem retratar influências externas tais como investimento privados e políticas públicas (DZIESZKO, 2014), que são elementos complexos e dependentes de variáveis não mensuráveis sujeitas a intensa influência antrópica.

Para a simulação do UOS futuro utilizou-se o mapeamento de UOS desenvolvido referente aos anos de 1994, 2005 e 2018, conforme Figura 4.3.

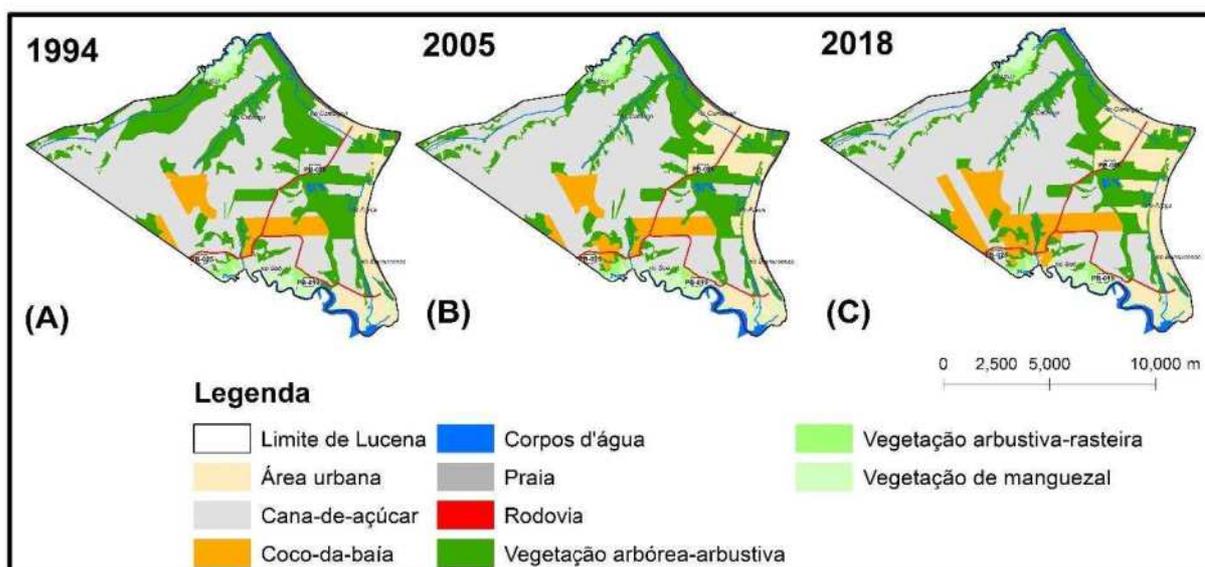


Figura 4.3: UOS do município de Lucena dos anos de: (A) 1994, (B) 2005 e (C) 2018

Inicialmente, utilizou-se o *software* TerrSet para a análise das mudanças pretéritas de UOS, permitindo identificar a transição do UOS para os anos de 1994-2005, o que deu suporte para a definição das variáveis *drivers* que foram utilizadas no processo de predição das mudanças do UOS.

As transições potenciais de UOS foram identificadas e modeladas com o LCM e as transições foram agrupadas em submodelos, de forma que as mudanças ocorridas entre os anos de 1994 e 2005 serviram para a predição dos cenários futuros.

Para a definição do modelo de transição foram estabelecidos quatro submodelos de transição. Inicialmente foi realizada a conversão das variáveis usando tipo de transformação *natural log*. A determinação do potencial de correlação da variável foi realizado com base na análise do índice V de Cramer, conforme proposto por Dzieszko (2014), selecionando-se aquelas que apresentassem valor entre 0,3 e 0,4.

Definidos os submodelos, foi possível realizar a predição do UOS para o ano de 2018. Neste processo foi utilizado a rede neural Perceptron Multicamadas MLP (EASTMAN, 2016) associada a Cadeia de Markov para geração da matriz de

transição, que permite determinar as mudanças que irão ocorrer para uma determinada data em função das transições potenciais determinadas (DZIESZKO, 2014).

O mapa de UOS simulado para o ano de 2018 foi comparado ao mapa de UOS-2018 utilizando o método *CrossTab*, o que permitiu o cálculo de dois índices de qualidade, o Índice Kappa, que possibilitou o cálculo do grau de concordância (LANDIS & KOCK, 1977) entre dois mapas e o V de Cramer para o cálculo da correlação entre duas tabelas.

Para a validação desse resultado utilizou-se o método *Validate* que indica a qualidade da concordância entre os mapas em termos de quantidade de células em cada categoria e em termo de espacialização das células em cada categoria; nessa análise foi feita uma separação em componentes que permitiram identificar o grau de concordância e discordância entre os mapas, possibilitando a calibração e validação do modelo e posteriormente a predição para os anos de 2030 e 2040.

Para a determinação do estoque de carbono utilizou-se o *software Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs (InVEST) 3.7.0*, módulo *Carbon Model*. Como entrada para o modelo se utilizou os mapas de UOS dos anos de 1994, 2005, 2018, 2030 e 2040 convertidos para o formato *raster* e os valores de referência para os quatro compartimentos de biomassa em Mg/ha: viva acima do solo, viva subterrânea, do solo e morta acima do solo, os quais são definidos para cada classe de uso e ocupação e calculados por célula do *raster*. A definição dos valores de referência de biomassa considerou as tipologias de UOS e as correlacionou com as especificações presentes no Terceiro Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (MCT, 2015), possibilitando a quantificação e a espacialização dos estoques de carbono apresentados em forma de gráficos e cartas.

## **4.3 RESULTADOS**

### **4.3.1 Evolução do UOS e predição para os anos de 2030 e 2040**

A análise da evolução do UOS do município de Lucena, no estado da Paraíba, indicou que o município passou nos últimos anos por processos

significativos de substituição de usos com destaque para o desmatamento da Mata Atlântica e a substituição por culturas agrícolas e áreas urbanas.

O elemento principal para a predição do uso futuro é a determinação dos fatores chaves para a mudança do UOS observado ao longo do anos. As principais sucessões do UOS observadas ao longo dos anos foram: i) mata atlântica por cana-de-açúcar; ii) cana-de-açúcar por área urbana; iii) cana-de-açúcar por coco-da-baía; e iv) Mata Atlântica por área urbana.

A análise das variáveis com base no teste de V de Cramer, permitiu selecionar aquelas que integrariam os submodelos, conforme se observa no Quadro 4.1.

Variável	V de Cramer
Área urbana	0,3436
Vegetação arbustiva-rasteira	0,3909
Vegetação arbórea-arbustiva	0,3009
Vegetação de manguezal	0,4055
Cana-de-açúcar	0,3288
Coco-da-baía	0,3543
Corpos d'água	0,3891
Praia	0,4186
Rodovias	0,3810

Quadro 4.1 Variáveis e resultado do teste V de Cramer

Todas as variáveis analisadas apresentaram uma boa resposta ao teste V de Cramer, com o menor valor para a vegetação arbórea-arbustiva e o maior valor para a praia, com uma variação entre 0,3009 e 0,4186, atendendo assim a recomendação para valores entre 0,3 e 0,4 (DZIESZKO, 2014), o que possibilitou que fossem incorporadas ao modelo.

Com a análise das variáveis foi possível a definição dos submodelos de transição conforme observado no Quadro 4.2.

Analisando o Quadro 4.2, verifica-se que a taxa de precisão das transições potenciais foram superiores em 90% para todos os submodelos, o que serviram de *drivers* para a matriz de transição utilizada para a geração do UOS-simulado para o ano de 2018.

Transição Potencial	Variável									Taxa de Precisão
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
7 para 2	X	X	X	X	X	X		X	X	90,42%
2 para 1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	99,13%
2 para 3	X	X	X	X	X	X			X	98,93%
7 para 1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	96,24%
<b>Categoria</b>										
1	Área urbana				6	Rodovia				
2	Cana-de-açúcar				7	Vegetação arbórea-arbustiva				
3	Coco-da-baía				8	Vegetação arbustiva-rasteira				
4	Corpos d'água				9	Vegetação de Manguezal				
5	Praia				X	Variável utilizada no submodelo				

Quadro 4.2 Composição dos submodelos de transição potencial

O mapa de UOS simulado para o ano de 2018 foi comparado ao mapa de UOS-2018, conforme se observa no Quadro 4.3. O resultado obtido para o Índice Kappa (0,9147), e o V de Cramer (0,9330) indicam que os produtos cartográficos apresentam uma boa concordância e uma boa correlação.

Categoria	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
1	11145	791	0	0	0	0	154	0	0	12090
2	819	45273	1000	0	0	0	0	0	0	47092
3	0	3558	6566	0	0	0	66	0	0	10190
4	0	0	0	1887	0	0	0	0	0	1887
5	0	0	0	0	1216	0	0	0	0	1216
6	0	0	0	0	0	148	0	0	0	148
7	4515	1553	0	0	0	0	16349	0	0	22417
8	0	0	0	0	0	0	0	1507	0	1507
9	0	0	0	0	0	0	0	0	4070	4070
<b>Total</b>	16479	51175	7566	1887	1216	148	16569	1507	4070	100617
<b>V de Cramer</b>	<b>0,9330</b>									
<b>Kappa geral</b>	<b>0,9147</b>									

Quadro 4.3 Análise comparativa entre o UOS-simulado (colunas) e o UOS de referência (linhas) para o ano de 2018, em função dos *pixels*.

O Quadro 4.4 apresenta o resultado da validação do modelo, o que demonstrou por meio das estatísticas de quantidade que o UOS-simulado para o ano de 2018 que está em conformidade com o UOS-2018. Todos os valores obtidos para o índice Kappa foram superiores a 0,90, o que permite considerar uma

representação quase perfeita. Destaca-se ainda uma concordância de 0,5586 devido à localização da célula e uma discordância de 0,0354 devido à quantidade.

Componente	Valor
Kappa devido à localização da célula	0,9710
Kappa para “no information”	0,9421
Kappa devido à localização da célula (estratificada)	0,9710
Kappa padrão	0,9147
Concordância devido ao acaso	0,1000
Concordância devido a quantidade	0,2892
Concordância devido à localização da célula	0,5586
Discordância devido à localização da célula	0,0167
Discordância devido a quantidade	0,0354

Quadro 4.4 Validação do UOS-simulado com base no UOS de referência – análise dos componentes de concordância e discordância

Os valores obtidos para o Kappa indicaram que o modelo guardou um elevado grau de concordância, o que tornou possível a utilização do modelo para as predições do UOS para os anos de 2030 e 2040.

Na Figura 4 observa-se o UOS referente ao ano de 2018 e as predições do UOS para os anos de 2030 e 2040.

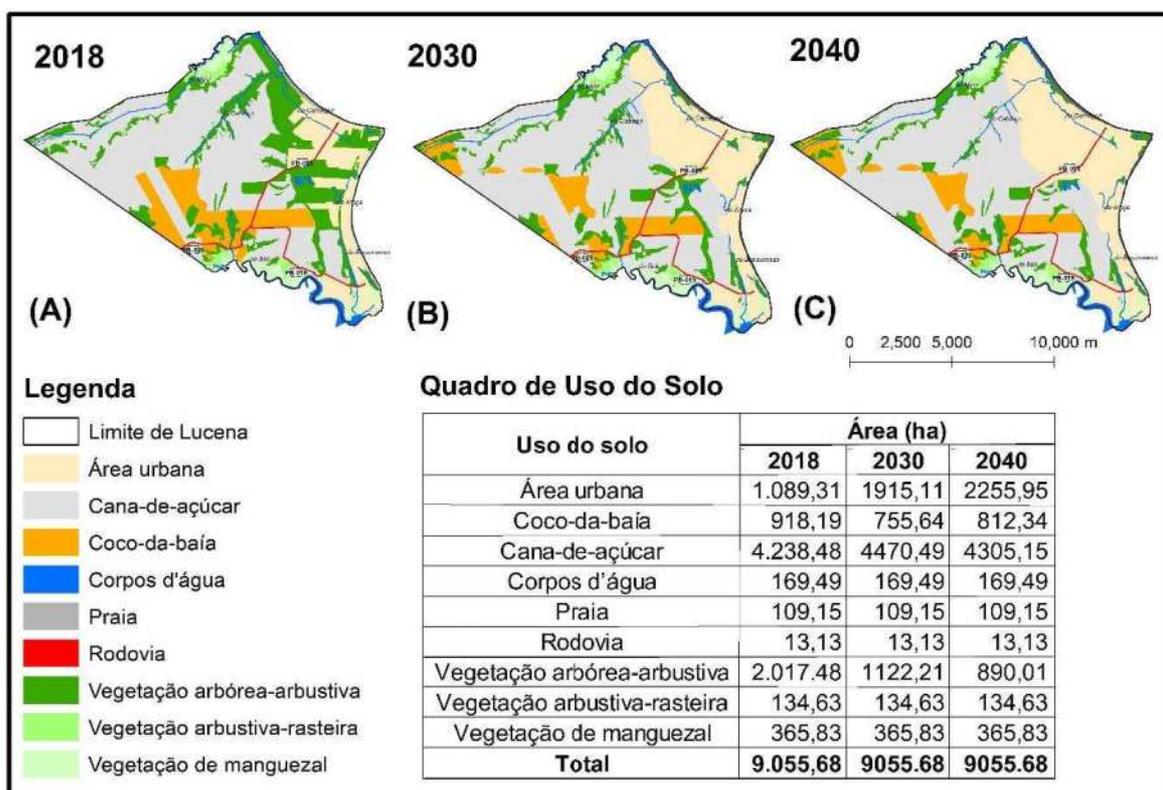


Figura 4.4: UOS do ano de 2018 e predição para os anos de 2030 e 2040

Analisando a predição realizada para os anos de 2030 e 2040 verificou-se a tendência do crescimento da área urbana, com uma possibilidade de ampliação da área em 75% no período 2018-2030 e 18% no período 2030-2040, destacando-se o desenvolvimento da ocupação ao longo da planície litorânea e a urbanização da porção mais oriental do Tabuleiro Costeiro (ao longo de sua borda de ruptura).

Em relação às atividades agrícolas a predição indicou uma estagnação com tendência à manutenção das áreas ocupadas e projeção para a redução no ano de 2040 de 0,75%.

A cobertura vegetal arbórea-arbustiva, classificada como Mata Atlântica é que apresenta a maior tendência de redução, sendo sucedida pelo uso urbano. Estima-se que até o ano de 2040 ocorra uma redução de 3% por ano, de forma que a cobertura florestal do município de Lucena, venha a corresponder a apenas 9,82% do seu território.

A tendência na ampliação das áreas urbanas em substituição à área de Mata Atlântica ou ainda de áreas agricultáveis, observado no município de Lucena, é um processo que vem sendo observado ao longo de toda a Zona Costeira brasileira. Folharini e Oliveira (2020) em seu estudo sobre a microrregião de Santos, estado de São Paulo, observaram uma forte tendência para substituição de Mata Atlântica por áreas urbanas até o ano de 2022. Passos, Deus, Santos e Dias (2020) analisando o município de Mangaratiba, Zona Costeira do Rio de Janeiro previram, que até 2034, haverá uma significativa ampliação das áreas urbanas sucedendo áreas rurais.

#### **4.3.2 Evolução do estoque de Carbono no período de 1994 a 2040**

A liberação do Carbono na atmosfera é um dos principais responsáveis pelo processo de amplificação do efeito estufa, o que traz como consequência o aquecimento global. Como estratégia para mitigação busca-se manter o carbono retido na natureza em suas diversas fontes.

O município de Lucena apresentou, nos últimos anos, uma intensa dinâmica do UOS e a tendência, conforme observada na Figura 4. A manutenção desse processo, principalmente com o desmatamento da Mata Atlântica e a substituição por cultura agrícola e por áreas urbanas deve contribuir para a amplificação do

processo de aquecimento global. Para a determinação da evolução do estoque de carbono no município de Lucena determinou-se os valores de referência para os quatro compartimentos de biomassa em Mg/ha: viva acima do solo, viva subterrânea, do solo e morta acima do solo, conforme se observa no Quadro 4.5.

UOS	Biomassa (MgC/ha)				
	viva acima do solo	viva subterrânea	do solo	morta acima do solo	Total
Área urbana	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cana-de-açúcar	5,00	0,00	0,00	0,00	5,00
Coco-da-baía	21,00	0,00	0,00	0,00	21,00
Corpos d'água	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Praia	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rodovia	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vegetação arbórea-arbustiva	61,83	14,84	4,08	6,80	87,55
Vegetação arbustiva-rasteira	35,06	7,71	5,79	3,86	52,42
Vegetação de manguezal	79,29	29,80	0,19	7,93	117,21

Quadro 4.5 Valores de referência para os compartimentos de biomassa (Mg/ha)

Fonte: adaptado de MCT (2015)

Com base nos valores de referência identificou-se a variação dos estoques de carbono ao longo dos anos no município de Lucena. Na Figura 4.5 é apresentada a variação da biomassa para cada compartimento ao longo do período de análise. A biomassa no solo foi aquela que indicou a maior redução no período de análise, com uma diminuição de 62,3%, seguida pela biomassa morta acima do solo com 56,6%, biomassa viva subterrânea com 51,7% e a biomassa viva acima do solo com 45,7%.

A redução da biomassa do solo pode ser explicada pelo desmatamento da Mata Atlântica e substituição pela agricultura e urbanização as quais não contribuem para a retenção do carbono no compartimento solo. No tocante a redução da biomassa viva acima do solo, as culturas agrícolas exploradas na região sugerem ter um potencial muito menor de retenção do carbono, a cana-de-açúcar retém mais de 1.236% menos carbono que a vegetação arbórea-arbustiva, enquanto que o coco-da-baía retém 294 % menos carbono.

Merece destaque o papel desempenhado pela vegetação de manguezal, tendo em vista que é a tipologia de UOS identificada no município de Lucena com maior capacidade de retenção de carbono, o que indica a importância de sua preservação de forma a reduzir as emissões de carbono na região.

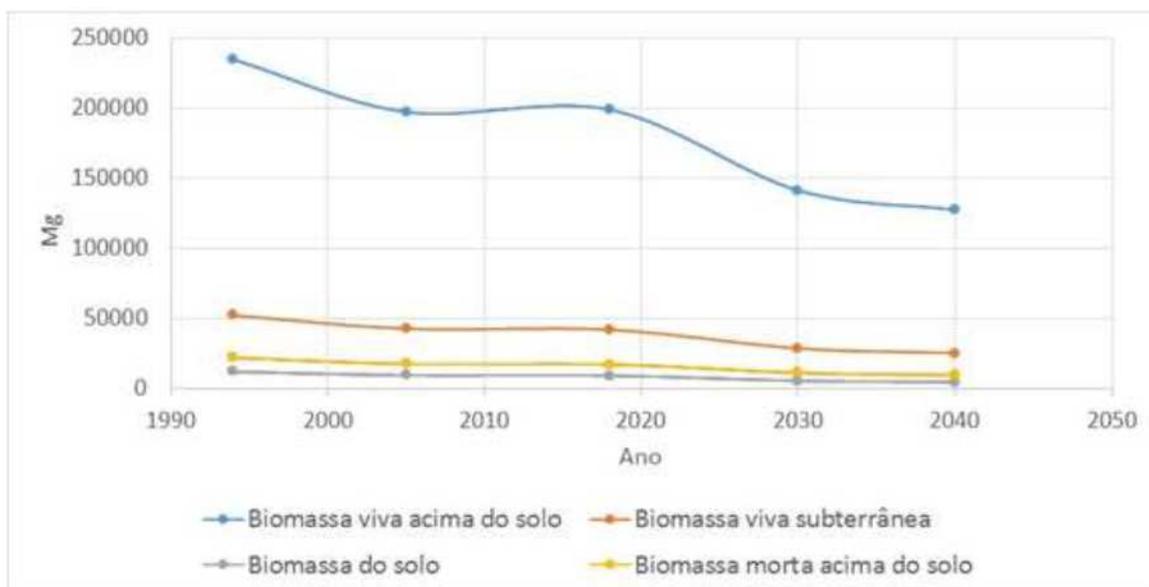


Figura 4.5: Variação da biomassa em cada compartimento para o município de Lucena

Em relação ao estoque total de carbono (Figura 4.6) verificou-se que a tendência é a redução da capacidade de retenção por hectare, estima-se que até o ano de 2040 haverá uma redução de 48,04% do armazenamento observado no ano de 1994, passando de 320.562 Mg para 166.549Mg, o que significa uma taxa de 3.349 Mg/ano, o que apesar de elevado ainda é inferior ao observado por Pavani *et al.* (2018), para a Zona Costeira Nordeste do Estado de São Paulo, com uma taxa de 13.000 Mg/ano.

Com a evolução do uso do solo e o desenvolvimento acelerado da urbanização, é possível observar uma redução de 16,78% do estoque de carbono até o ano no período de 1994 a 2005.

O período que vai de 2005 a 2018 se caracterizou pelo avanço do processo de urbanização e pela substituição da cultura de cana-de-açúcar pelo coco-da-baía o que teve como consequência uma estagnação na capacidade de armazenamento do carbono, correspondendo a um pequeno aumento (0,13%).

Para os anos de 2030 e 2040, com a tendência do desenvolvimento urbano na planície costeira em substituição à Mata Atlântica, o estoque total de carbono tende a apresentar fortes reduções, principalmente pela ausência na contribuição para o armazenamento na planície costeira, passando então os remanescentes florestais e as culturas agrícolas a serem os responsáveis pela retenção do carbono.

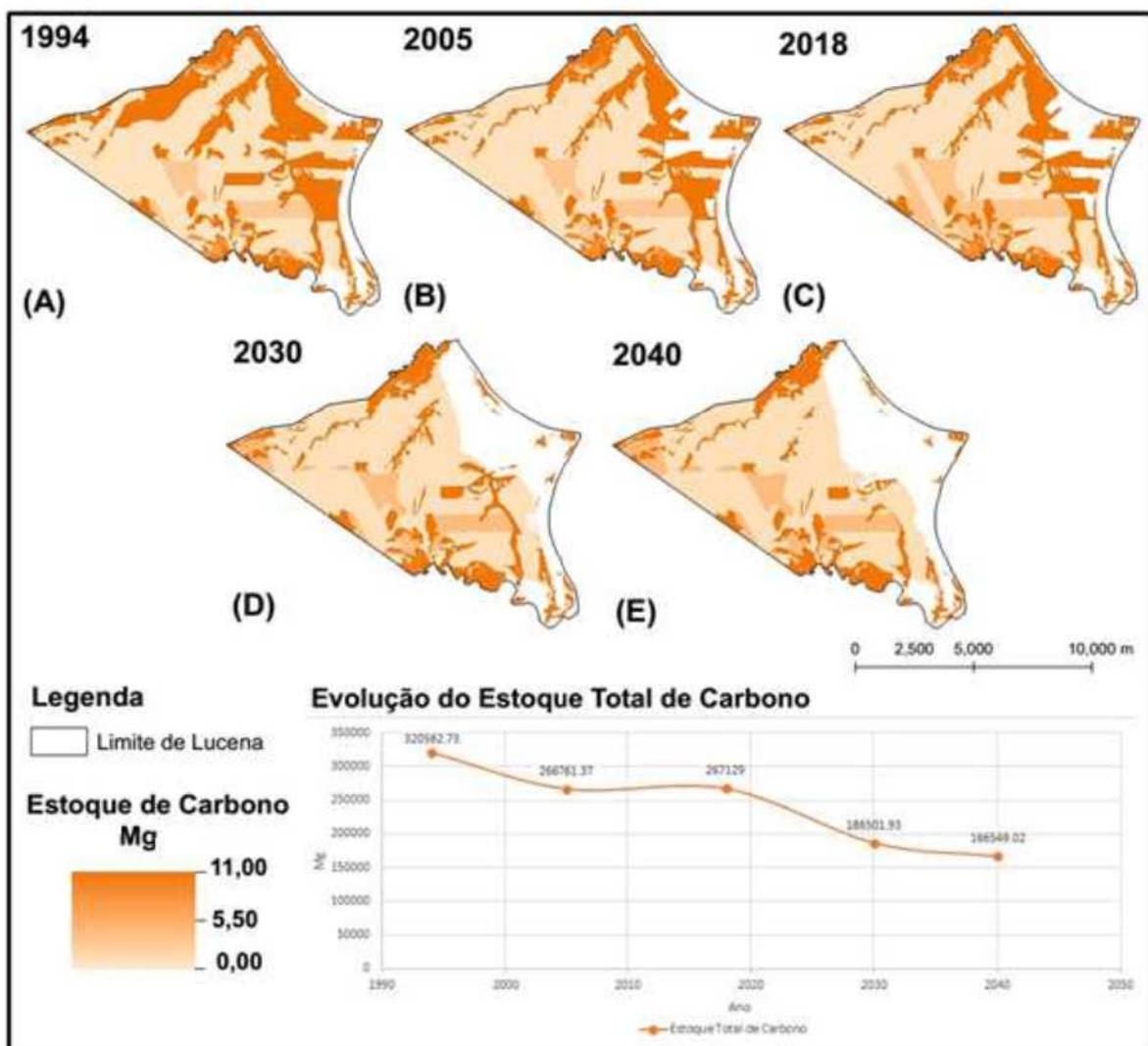


Figura 4.6: Evolução do estoque total de carbono no município de Lucena no período de 1994 a 2040.

Diversos estudos tem mostrado que a Mata Atlântica apresenta grande potencial de retenção de carbono tanto na forma de biomassa acima do solo, como no carbono total, logo exercendo um papel fundamental no sequestro de carbono (AZEVEDO; CAMARA; FRANCELINO; PEREIRA; LELES, 2018; MELLO; MEIRA; SANQUETTA; FERREIRA, 2019; MACHADO; MARTINS; SANQUETTA; CORTE; WOJCIECHOWSKI; MACHADO; SANTOS; LANDIM, 2019). Logo, a efetivação do Código Florestal (BRASIL, 2012) com a obrigatoriedade da recuperação das áreas de preservação permanente pode desempenhar um papel fundamental na evolução do Estoque de Carbono no município de Lucena revertendo assim o quadro simulado neste estudo.

#### 4.4 CONCLUSÕES

O município de Lucena, no período de 1994 a 2018 sofreu alterações relevantes em sua paisagem. Estas mudanças foram caracterizadas por um processo de desenvolvimento urbano e estagnação da ocupação agrícola. O modelo desenvolvido para predição do UOS para os anos de 2030 e 2040 foi capaz de captar estas características, sendo a sua capacidade de simulação validada pelos excelentes valores obtidos para o índice Kappa.

A simulação do UOS para o município de Lucena, caso as tendências observadas no passado continuarem sendo registradas nas próximas décadas, indica uma propensão a uma urbanização mais intensa, o que poderá ocasionar que a região da Planície Litorânea venha a ser quase que totalmente ocupada e as áreas mais próximas do litoral, inseridas no Tabuleiro Costeiro, também modificadas com a substituição das áreas agricultáveis pelo uso urbano e também pelo desmatamento da Mata Atlântica.

A modelagem, no entanto, não considerou restrições legais que estão em processo de consolidação no Brasil, como a obrigatoriedade das recuperações das áreas degradadas e das reservas legais, impostas pelo Código Florestal Brasileiro, ou ainda a implantação de políticas urbanas que venha a restringir o desenvolvimento do município de Lucena e conseqüentemente gerar cenários que não foram simulados neste estudo.

A diminuição do estoque de carbono, nos anos de 1994 a 2018, do município de Lucena foi fortemente influenciada pela mudança do uso do solo. O desmatamento da Mata Atlântica foi o grande responsável por essa redução, uma vez que os usos implantados não detêm a mesma capacidade de retenção de carbono que a vegetação nativa. Caso a tendência de desmatamento da Mata Atlântica se confirme, haverá uma tendência no período de 2030 a 2040 a uma menor retenção de carbono.

Diante deste cenário é necessário que sejam implantadas e mantidas as ações conservacionistas e de recuperação ambiental que estão presente na legislação brasileira, de forma que os resultados observado neste estudo não venham a se confirmar, logo contribuindo para uma mitigação do problema do aquecimento global e das mudanças climáticas.

## 4.5 REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, Aline Damasceno; CAMARA, Rodrigo; FRANCELINO, Marcio Rocha; PEREIRA, Marcos Gervasio; LELES, Paulo Sérgio Santos. ESTOQUE DE CARBONO EM ÁREAS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL DA MATA ATLÂNTICA. *Floresta*, [S.L.], v. 48, n. 2, p. 183-194, 17 abr. 2018. Universidade Federal do Paraná. <http://dx.doi.org/10.5380/ufpr.v48i2.54447>.
- BARBOSA SEGUNDO, I. D.; MALZAC, M.; BIAS, G. S.; ALBUQUERQUE, Í. F. & SILVA, T. C 2016. Análise das ocorrências das formações florestais dos municípios do litoral norte paraibano por meio de indicadores. *In: CONGRESSO IBERO AMERICANO DE GESTÃO INTEGRADA DE ÁREAS LITORAIS*, 2, Florianópolis, 2016. Anais, Florianópolis.
- BRASIL. 2006. *Lei nº 11428, de 22 de dezembro de 2006: dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências*. Brasília, D.O.U.
- BRASIL. 2012. *Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências*. D.O.U: Brasília, 28 de maio de 2012.
- DIAO, J.; LIU, J.; ZHU, Z.; LI, M. & SLEETER, B. M 2020. Substantially Greater Carbon Emissions Estimated Based on Annual Land-Use Transition Data. *Remote Sensing*, 12(7): 1126-1141.
- DOĞAN, S, BUĞDAY, E . 2018. Modeling of Temporal and Spatial Changes of Land Cover and Land Use by Artificial Neural Networks: Kastamonu Sample . *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 20 (3), 653-663. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/barofd/issue/38873/467974?publisher=bartın>
- DZIESZKO, P 2014. Land-Cover Modelling Using Corine Land Cover Data And Multi-Layer Perceptron. *Quaestiones Geographicae*, 33(1): 5-22.
- EASTMAN, J. R. *Manual IDRISI TerrSet: Geospatial Monitoring and Modeling System*. Worcester, MA: Editora: Clark Labs da Clark University, 2016. 393 p.

FERNANDINO, G.; ELLIFF, C. I. & SILVA, I. R. 2018. Ecosystem-based management of coastal zones in face of climate change impacts: challenges and inequalities. *Journal Of Environmental Management*, 215: 32-39.

FOLHARINI, Saulo; OLIVEIRA, Regina. Utilização do Land Change Modeler® na modelação prospetiva do uso e cobertura do solo na microrregião de Santos, Brasil para o ano de 2022. *Revista de Geografia e Ordenamento do Território, Porto*, v. -, n. 19, p. 57-73, jun. 2020. DOI:10.17127/got.v0i19.845.

FLECK, Leandro; TAVARES, Maria Hermínia Ferreira; EYNG, Eduardo; HELMANN, Andrieli Cristina; ANDRADE, Minéia Aparecida de Moares. REDES NEURAIAS ARTIFICIAIS: princípios básicos. *Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia, Medianeira*, v. 1, n. 13, p. 47-57, jun. 2016.

FURRIER, M.; ARAÚJO, M. E. & MENESES, L. F. 2006. Geomorfologia e tectônica da Formação Barreiras no Estado da Paraíba. *Geologia USP*, 6 (2): 61-70.

GÖPEL, J.; SCHÜNGEL, J.; SCHALDACH, R.; MEURER, K. H. E.; JUNGKUNST, F.; FRANKO, U.; BOY, J.; STREY, R.; STREY, S. & GUGGENBERGER, G. 2017. Future land use and land cover in Southern Amazonia and resulting greenhouse gas emissions from agricultural soils. *Regional Environmental Change*, 18 (1): 129-142.

IPCC- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE 2017. *AR6 Scoping Meeting*. Addis Ababa, IPCC.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. 1977. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, 33 (1):159-175.

LEVIN, David A.; PERES, Yuval. *Markov Chains and Mixing Times*. 2. ed. Providence: American Mathematical Society, 2017

MACHADO, Ayrton; MARTINS, Ana Paula Marques; SANQUETTA, Carlos Roberto; CORTE, Ana Paula dalla; WOJCIECHOWSKI, Jaime; MACHADO, Sebastião do Amaral; SANTOS, Renan; LANDIM, Isabela Alvarenga de Mattos. DINÂMICA DO VOLUME, BIOMASSA E CARBONO NA MATA ATLÂNTICA POR FERRAMENTA DE DETECÇÃO DE MUDANÇAS. *Nativa*, [S.L.], v. 7, n. 4, p. 437-444, 1 jul. 2019. *Nativa*. <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v7i4.6935>.

MAHMOOD, R.; PIELKE, R. A. & MCALPINE, C. A. 2016. Climate-Relevant Land Use and Land Cover Change Policies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 97 (2): 195-202.

MCT - MINISTÉRIO DA CIÊNCIA TECNOLOGIA E INOVAÇÃO 2015. *Terceiro Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa: relatórios de referência setor uso da terra, mudança do uso da terra e florestas*. Brasília, MCT - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. 343 p.

MELLO, Anabel Aparecida; MEIRA, Anne Caroline Silva; SANQUETTA, Carlos Roberto; FERREIRA, Roberio Anastacio. ESTIMATIVAS DE BIOMASSA E CARBONO EM ÁREA DE MATA ATLÂNTICA, IMPLANTADA POR MEIO DE REFLORESTAMENTO MISTO. *Biofix Scientific Journal*, [S.L.], v. 5, n. 1, p. 130-134, 12 nov. 2019. Universidade Federal do Paraná. <http://dx.doi.org/10.5380/biofix.v5i1.67298>.

PAVANI, B. F.; SOUSA JÚNIOR, W. C.; INOUE, C. E.N.; VIEIRA, S. A. & MELLO, A. Y.I 2018. Estimating and valuing the carbon release in scenarios of land-use and climate changes in a Brazilian coastal area. *Journal of Environmental Management*, 226: 416-427.

PASSOS, Anderson dos Santos; DEUS, Leandro Andrei Beser de; SANTOS, Paulo Roberto Alves dos; DIAS, Fábio Ferreira. MODELAGEM DA OCUPAÇÃO E USO DO SOLO NA ZONA COSTEIRA DO MUNICÍPIO DE MANGARATIBA-RJ E SUAS IMPLICAÇÕES UTILIZANDO A FERRAMENTA LCM E IMAGENS ORBITAIS. *Anuário do Instituto de Geociências*, Rio de Janeiro, v. 43, n. 1, p. 346-354, jan. 2020. [Http://dx.doi.org/10.11137/2020\\_1\\_346\\_354](Http://dx.doi.org/10.11137/2020_1_346_354).

QUESADA, B.; DEVARAJU, N.; NOBLET-DUCOUDRÉ, N. & ARNETH, A 2017. Reduction of monsoon rainfall in response to past and future land use and land cover changes. *Geophysical Research Letters*, 44(2): 1041-1050.

QIANG, Yi; LAM, Nina S. N. Modeling land use and land cover changes in a vulnerable coastal region using artificial neural networks and cellular automata. *Environmental Monitoring and Assessment*, [S.L.], v. 187, n. 3, p. 0-0, 3 fev. 2015. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-015-4298-8>.

REZENDE, F. S.; CARRIELLO, F.; RODRIGUEZ, D. A. & NEVES, O. M. S 2018. Análise Espaço-Temporal de Mudança de Uso e Cobertura da Terra na Região do Vale do Paraíba Paulista: desenvolvimento de cenários futuros. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 11 (5) 1732-1747.

SANTOS, H. G.; ZARONI, M. J. & CLEMENTE, E. P 2018. *Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos*. Brasília, Embrapa Solos. 592 p.

SILVA, J. S. & FARIAS FILHO, M. S 2015. Instrumentos legais de prevenção de impactos ambientais na zona costeira: estratégias integradas de gestão territorial. *Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental*, 2 (32): 7-25.

SILVA, Leonardo Pereira e; XAVIER, Ana Paula Campos; SILVA, Richarde Marques da; SANTOS, Celso Augusto Guimarães. Modeling land cover change based on an artificial neural network for a semiarid river basin in northeastern Brazil. *Global Ecology And Conservation*, [S.L.], v. 21, p. 1-13, mar. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00811>

SILVA, R. O. B.; MONTENEGRO, S. M. G. L. & SOUZA, W. M 2017. Tendências de mudanças climáticas na precipitação pluviométrica nas bacias hidrográficas do estado de Pernambuco. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 22 (3): 579-589.

SLEETER, B. M.; LIU, J.; DANIEL, C.; FRID, L. & ZHU, Z 2015. An integrated approach to modeling changes in land use, land cover, and disturbance and their impact on ecosystem carbon dynamics: a case study in the Sierra Nevada Mountains of California. *Aims Environmental Science*, 2 (3): 577-606.

SOLOMON, N.; PABI, O.; ANNANG, T.; ASANTE, I. K.; BIRHANE, E 2018. The effects of land cover change on carbon stock dynamics in a dry Afromontane forest in northern Ethiopia. *Carbon Balance and Management*, 13 (1): 1-13.

TORNQUIST, C. G. & SILVA, D. S. 2019. Current and future land use and land cover scenarios in the Arroio Marrecas watershed. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 23 (3): 215-222.

TURNER, D. P.; CONKLIN, D. R. & BOLTE, J. P 2015. Projected climate change impacts on forest land cover and land use over the Willamette River Basin, Oregon, USA. *Climatic Change*, 133 (2): 335-348.

YU, Z.; LU, C.; CAO, P. & TIAN, H 2018. Long-term terrestrial carbon dynamics in the Midwestern United States during 1850-2015: roles of land use and cover change and agricultural management. *Global Change Biology*, 24 (6): 2673-2690.

WANG, R.; DERDOURI, A. & MURAYAMA, Y 2018. Spatiotemporal Simulation of Future Land Use/Cover Change Scenarios in the Tokyo Metropolitan Area. *Sustainability*, 10 (6): 2056-2074.

## **5 VULNERABILIDADE À PERDA DE SOLOS DO MUNICÍPIO DE LUCENA-PB: AVALIAÇÃO PARA OS ANOS DE 2018 A 2040**

Resumo: A dinâmica na mudança da ocupação do território do município de Lucena, na zona costeira do estado da Paraíba, associadas às características naturais suscitou a necessidade de um entendimento mais completo dos graus de vulnerabilidade aos processos erosivos aos quais essa região se encontra submetida. Nesta perspectiva, foi realizada uma avaliação espacial e quantitativa da vulnerabilidade à perda do solo, considerando a evolução do uso e ocupação do solo para os períodos de 2018, 2030 e 2040. A definição dos cenários de perda de solo se pautou no método de análise multicritérios, considerando os temas: uso e ocupação do solo, pedologia, geologia, geomorfologia e climatologia, integrando um método usado para determinação dos valores de cada temática em função da relação existente entre o processo de pedogênese e morfogênese. Também é utilizado o Processo hierárquico analítico (AHP, em inglês) para a hierarquização das variáveis e consequente definição do modelo de vulnerabilidade à perda do solo. Os resultados indicaram que a forma do relevo e as características climáticas favorecem a estabilidade dos processos erosivos, enquanto que o uso e ocupação do solo à vulnerabilidade. No que tange ao modelo de vulnerabilidade à perda do solo, o tema uso e ocupação do solo se apresentou como o que exerce a maior influência, enquanto o clima apresenta a menor contribuição. As áreas com maior representatividade espacial foram aquelas enquadradas como medianamente estável/vulnerável correspondendo a cerca de 55% do território do município de Lucena. Concluiu-se que ocorre um equilíbrio entre os processos de pedogênese e morfogênese, sugerindo que até o ano de 2040 não deverá haver mudanças dos níveis de vulnerabilidade observados no ano de 2018.

Palavras-chave: Análise multicritério; Erosão; Morfogênese; Pedogênese.

Abstract: The dynamics in changing occupation of the territory of the municipality of Lucena, in the coastal zone of the Paraíba state, associated with natural characteristics, raised the need for a more complete understanding of the degrees of vulnerability to erosive processes to which this region is subjected. In this perspective, carried out a spatial and quantitative assessment of the vulnerability to

soil loss, considering the evolution of land use and occupation for the periods of 2018, 2030 and 2040. The definition of the soil loss scenarios was based on the multi-criteria analysis method, considering the themes: land use and land cover, soil, geology, geomorphology and climatology integrating a method used to determine the values of each theme according to the relationship between the process of pedogenesis and morphogenesis. The Analytic Hierarchy Process (AHP) is also used for the hierarchization of variables and the consequent definition of the vulnerability model to soil loss. The results indicated that the shape of the relief and the climatic characteristics favor the stability of the erosive processes, while the use and occupation of the soil the vulnerability. Regarding the model of vulnerability to soil loss, the theme of land use and occupation was the one that exerts the greatest influence, while the climate presents the least contribution. The areas with the greatest spatial representativeness were those classified as moderately stable / vulnerable, corresponding to approximately 55% of the territory of the municipality of Lucena. It was concluded that has a balance between the processes of pedogenesis and morphogenesis, suggesting that until the year 2040 there should be no changes of the levels of vulnerability observed in the year 2018.

Keyword: Multi-criteria evaluation; Erosion; Morphogenesis; Pedogenesis.

## **5.1 INTRODUÇÃO**

A diversidade de usos observados na Zona Costeira, a dinâmica na mudança da ocupação do território e a importância decorrente da concentração populacional, que historicamente ocorre nessas regiões, suscita a necessidade de um entendimento mais completo dos graus de vulnerabilidade à perda do solo aos quais esta região se encontra submetida.

A avaliação da vulnerabilidade é uma abordagem holística que deve considerar alguns elementos: i) Dimensão social: análise do bem estar humano que sofrerá danos em função das características dos sistemas sociais e coletivos; ii) Dimensão econômica: danos aos ativos e interrupção da capacidade produtiva, com consequente perda do valor econômico; iii) Dimensão física: danos as infraestruturas, áreas edificadas e espaços abertos; iv) Dimensão cultural: consequências aos bens intangíveis e seus significados para a sociedade; v)

Dimensão ambiental: consequências para os ecossistemas e suas funções ecológicas, vi) Vulnerabilidade institucional: danos potenciais aos sistemas de governança, forma e funções organizacionais em função de mudanças que necessitem ser realizada devidos as fraquezas expostas. (LAVELL *et al.*, 2012).

Birkmann *et al.* (2013) visando desenvolver uma metodologia de análise da vulnerabilidade, que vise uma gestão mais eficaz, afirma que essa tem que apresentar caráter multifacetado, sendo necessário considerar alguns fatores como a exposição, a suscetibilidade, a falta de resiliência, assim como as diversas dimensões temáticas (física, social, ecológica, econômica, cultural e institucional).

Para Ferretti e Montibeller (2017), a análise da vulnerabilidade, como subsidio para a tomada de decisão, fornece uma estrutura conceitual que possibilita a avaliação de alternativas a ocupação do solo.

Um das questões que dificultam o gerenciamento da ocupação do espaço está na definição de quanto uma área é vulnerável quando comparada com outra de características semelhantes, mas cujos fatores tecnológicos, sociais e culturais que incidem sobre estas são distintos. Esse cenário faz com que a função vulnerabilidade sofra alteração, sendo necessário incorporar a sua metodologia essas incertezas (CARDONA *et al.*, 2010).

As avaliações de áreas vulneráveis, consistem no cruzamento de um grande número de variáveis. Diante disso, ao longo do tempo uma série de metodologias foram sendo desenvolvidas, se obtendo resultados sob as mais variadas perspectivas e aplicações.

Rahman *et al.* (2015), considerando que a erosão do solo é um dos principais problemas ambientais, uma vez que esse atinge a qualidade da água e da terra colocando em risco a sustentabilidade humana, desenvolveu um modelo de avaliação de vulnerabilidade à perda de solo baseada em sensoriamento remoto, SIG e análise espacial dos componentes principais, estabelecendo com isso o Índice de risco de erosão do solo (SEHI). Essa metodologia permitiu mensurar cinco níveis de risco à erosão.

Li (2015), visando avaliar o risco de erosão costeira no Delta do Yangtze, na China, incorporou o processo hierárquico analítico (AHP, em inglês) como ferramenta para correlação multicritério, o que possibilitou considerar indicadores de vulnerabilidade e indicadores de impactos correspondentes a aspectos físicos e socioeconômicos.

Huang (2016), objetivando caracterizar o risco a erosão em Chahe, Guizhou, sudoeste da China consideraram fatores como intensidade pluviométrica, cobertura vegetal, declividade, cobertura do solo e tipo do solo, combinando dados espaciais de quatro anos distintos a partir de técnicas de sensoriamento remoto e SIG. Para normalização dos fatores o método utilizado foi o método Rank Sum, que estabelece a relação entre o peso individual de cada fator e soma de todos os pesos. Os fatores de erosão foram ranqueados em função da sua capacidade de influenciar a ocorrência local de erosão, permitindo assim definir um índice de erosão que considera todos os fatores e seus respectivos pesos.

Ştefan et al. (2017) buscaram modelar os níveis de vulnerabilidade da região de Maramures, na Romênia, a partir da correlação de dois processos geológicos, os deslizamentos e a erosão, tomando como base a metodologia USLE e um modelo quantitativo baseado nas características morfométricas do território, tendo, em seguida, comparado as classes de vulnerabilidade ao tipo de solo. Por fim realizaram a comparação das classes de exposição com o valor monetário das áreas mapeadas. Essas análises possibilitaram estabelecer que a questão geomorfológica impacta diretamente na questão econômica de cada região administrativa.

Ozsahin, Duru e Eroglu (2018) utilizaram uma das metodologias qualitativas mais consolidadas para avaliação de áreas vulneráveis, a Equação Universal de Perdas de Solo (USLE), que permite calcular as taxas de erosão médias anuais por unidade de área. A metodologia foi aplicada a bacia hidrográfica do Maritsa e fez uso de imagens de satélite para uma análise temporal das mudanças da cobertura do solo e como essa mudança repercutiu nas taxas erosivas ao longo dos anos.

Woldemariam *et al.* (2018) utilizaram a metodologia USLE para estimar as perdas de solo na região de Hararghe, na Etiópia. A essa técnica, associaram a análise do NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada), uma análise temporal do uso e ocupação do solo e regras de decisão multicritérios, concluindo que em um período de 16 anos cerca de 80% da área analisada manteve suas taxas de perda de solo anuais.

Conforme se pode observar, o processo de erosão do solo tem sido um dos principais problemas ambientais em várias partes do mundo e sua análise utilizando geotecnologias e AHP tem sido amplamente utilizada, como se observa nos estudos desenvolvidos por Hembram e Saha (2018) que usaram essa metodologia

associada às características morfométricas da bacia hidrográfica para a avaliação da perda do solo por processos erosivos na bacia hidrográfica do rio Jainti, no oeste da Índia; Haidara, Tahri, Maanan e Hakdaoui (2019) que avaliaram a perda do solo para a bacia hidrográfica do Guelmim, no Marrocos, tomando como base critérios como intensidade pluviométrica, cobertura do solo, classificação do solo, declividade e densidade de drenagem; Makaya, Dube, Seutloali, Shoko, Mutanga e Masocha (2019) estudando a bacia hidrográfica do uMgeni na África do Sul, que usaram a AHP para calcular os pesos normalizados para os fatores que influem no processo erosivo; e Das, Bordoloi, Thungon, Paul, Pandey, Mishra e Tripathi (2020) integraram a metodologia USLE, AHP e tecnologias geoespaciais para modelar a perda do solo na zona oeste da bacia hidrográfica de Kameng, no nordeste da Índia.

A análise da vulnerabilidade à perda do solo auxilia no planejamento da ocupação espacial, principalmente nas regiões que apresentam um grande desenvolvimento econômico e social, como é o caso do município de Lucena, no estado da Paraíba, que está inserida na Zona Costeira e que ao longo dos anos apresentou uma dinâmica significativa no uso e ocupação do solo.

Tomando como base a dinâmica espacial do território do município de Lucena-PB, é desenvolvido, neste estudo, uma avaliação espacial e quantitativa da vulnerabilidade à perda do solo, considerando a evolução do uso e ocupação do solo para os períodos de 2018, 2030 e 2040, a partir da determinação dos critérios que exercem influência sobre os processos erosivos na região.

## **5.2 METODOLOGIA**

### **5.2.1 Caracterização da área em estudo**

O município de Lucena (Figura 5.1), na Região Geográfica Intermediária de João Pessoa no estado da Paraíba, está inserido entre os paralelos de 6°50' S e 7°00" S e os meridianos de 34°50' O e 35°00' O. Limita-se a Norte com o município de Rio Tinto pelo talvegue do rio Miriri, a Leste com o Oceano Atlântico, a Sul com os municípios de Santa Rita e Cabedelo pelo rio Soé, e a Oeste com o município de Santa Rita por divisas secas.

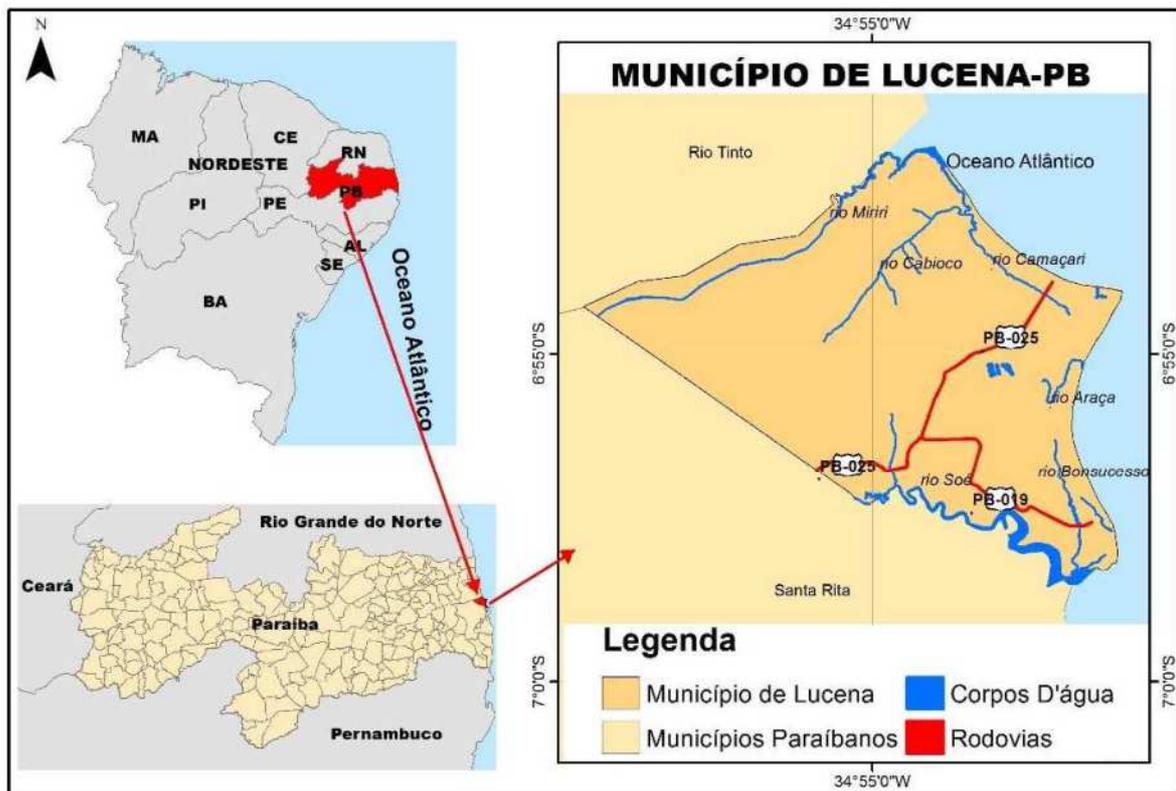


Figura 5.1: Mapa de localização do município de Lucena-PB

O município de Lucena, no estado da Paraíba, em termos geológicos se classifica como pertencente a era cenozoica, onde se observa de maneira bem definida três períodos: o Paleogeno (mais antiga, com idades entre 65 a 23 milhões de anos), o Neogeno (idades entre 23 a 3 milhões de anos) e o Quaternário (de 3 milhões até o período atual). No que tange aos aspectos geomorfológicos, abrange as unidades geoambientais dos Tabuleiros Costeiros e a Planície Litorânea (FURRIER *et al.*, 2006).

Em termos de solos, predominam aqueles caracterizados como espodossolos e argissolos, ocorrendo preferencialmente na região dos Tabuleiros Costeiros, os organossolos e neossolos são observados mais a leste, na região da planície litorânea (SANTOS; ZARONI; CLEMENTE, 2018).

Em relação às condições climáticas, o regime pluviométrico se define pela existência de duas estações bem definidas, a seca, que se estende do mês de setembro a fevereiro e a chuvosa, de março a agosto, com precipitação média próxima a 1460 mm. A distribuição de chuvas não é constante, o que faz com que os meses de outubro a dezembro sejam os mais secos e os de maio a junho os mais chuvosos. Ao classificar a região em função de Köppen, verifica-se que área

está enquadrada na categoria As, clima tropical com estação de seca no verão. A temperatura média na região é de 25 °C, com umidade relativa do ar média próxima a 80% e pressão de 998,3 hPa.

A vegetação da região pode ser caracterizada em duas grandes categorias, a Floresta Estacional Semidecidual (Floresta Tropical Subcaducifólia) e Savana/ Floresta Estacional, ambas inseridas no Bioma Mata Atlântica, onde é possível observar algumas fitofisionomias como vegetação de restinga herbácea e arbustiva, vegetação de tabuleiro, vegetação estuarina arbórea (manguezais), vegetação ripária arbustiva (aninga) (BRASIL, 2006).

O uso e ocupação do solo se caracteriza pela predominância de atividade agrícolas, como o da cana-de-açúcar e do coco-da-baía na região dos tabuleiros costeiros e pela ocupação urbana na região da planície litorânea, onde ocorre o maior adensamento populacional

### **5.2.2 Procedimentos Metodológicos**

A análise dos cenários de perda de solo por processos erosivos (Figura 5.2) se pautou no método de análise multicritérios, considerando os temas que mais influenciam a perda do solo: uso e ocupação do solo (UOS), pedologia (PED), geologia (GEOL), geomorfologia (GEOM) e climatologia (CLIM).

Para definição dos cenários de perda de solo utilizou-se o uso e ocupação do solo do município de Lucena-PB para o ano de 2018, além dos anos de 2030 e 2040 segundo as predições apresentada no capítulo anterior; os dados relativos a geologia e pedologia foram obtidos juntos a Agência Executiva de Gestão das Águas (AESAs); a geomorfologia foi gerada a partir de dados topográficos da região (Cartas da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE) ; e a climatologia, que no modelo de Crepani *et al.* (2001) é representado pela intensidade pluviométrica, do Plano Diretor de Recursos Hídricos do estado da Paraíba (PERH, 2003). Estes dados foram integrados em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfico) em uma escala de mapeamento de 1:100.000.

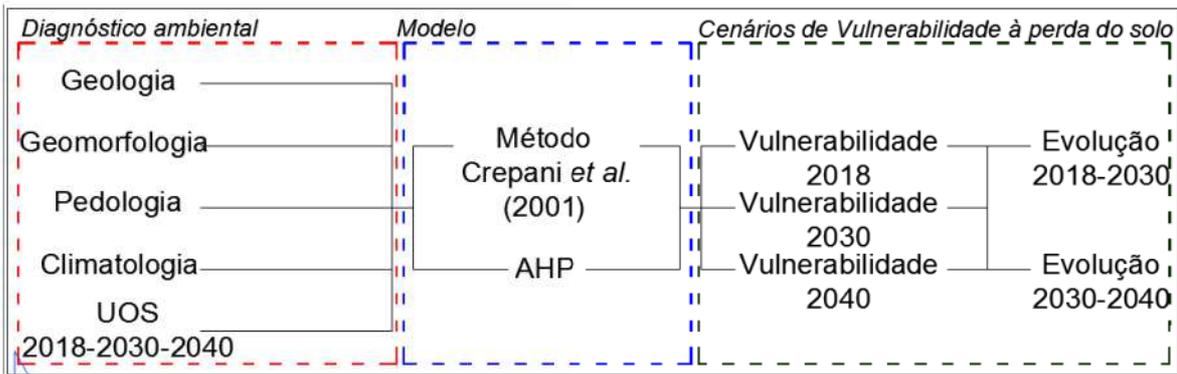


Figura 5.2: Fluxograma do processo de análise da vulnerabilidade à perda do solo

A análise da vulnerabilidade à perda do solo pautou-se no conceito de Unidade de Paisagem Natural e integrou dois métodos: o proposto por Crepani *et al.* (2001), que permitiu determinar os valores das características de cada temática em função da relação existente entre o processo de pedogênese e morfogênese, atribuindo valores entre 1 (onde predomina a pedogênese) e 3 (onde predomina a morfogênese); e o AHP (processo hierárquico analítico) para a hierarquização das variáveis e consequente definição do modelo de vulnerabilidade à perda do solo.

Para a utilização do método AHP foi necessário que os valores que caracterizavam os atributos fossem normalizados em uma escala de 0 a 1, para esse fim foi utilizada a conversão proposta por Oliveira, Rodrigues, Alves Sobrinho e Panachuki (2009), conforme apresentado no Quadro 5.1.

<b>Vulnerabilidade</b>	<b>Intervalo Crepani et al. (2001)</b>	<b>Intervalo normalizado</b>
Estável	1,00 – 1,35	0,00 – 0,07
Moderadamente estável	1,35 – 1,75	0,07 – 0,31
Moderadamente estável/vulnerável	1,75 – 2,25	0,31 – 0,69
Moderadamente vulnerável	2,25 – 2,65	0,69 – 0,93
Vulnerável	2,65 – 3,00	0,93 – 1,00

Quadro 5.1: Escala de conversão de vulnerabilidade

Fonte: Adaptado de Oliveira, Rodrigues, Alves Sobrinho e Panachuki (2009).

A determinação dos pesos do modelo de vulnerabilidade à perda do solo foi realizada a partir da aplicação da AHP proposta por Saaty (1994). Inicialmente construiu-se uma matriz de comparação paritária entre os itens do nível inferior e o dos níveis imediatamente superior. Em seguida foi realizada a análise aos pares de

cada alternativa, tomando como base a escala de importância apresentada no Quadro 5.2.

<b>Intensidade da importância</b>	<b>Descrição</b>
1	Importância igual
2	Importância igual/moderada
3	Importância moderada
4	Importância moderada/forte
5	Importância forte
6	Importância forte/muito forte
7	Importância muito forte
8	Importância muito forte/extrema
9	Importância extrema

Quadro 5.2: Escala de comparação AHP

Para avaliar o resultado das análises foi necessário calcular o Índice de Consistência (IC) e a Taxa de Consistência (TC). Para a determinação do Índice de Consistência (IC) se utilizou a Equação 1.

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

IC = Índice de consistência;

$\lambda_{max}$  = Autovetor da matriz (número de Eigen);

n = número de critérios da matriz

A Taxa de Consistência (TC) foi determinada pela razão entre o Índice de consistência (IC) e o Índice Randômico (IR) conforme a equação 2. A matriz será considerada consistente se o resultado obtido for igual ou menor que 0,1, logo os coeficientes foram utilizados no modelo de vulnerabilidade à perda de solo.

$$TC = \frac{IC}{IR} \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde:

TC = Taxa de Consistência

IC = Índice de consistência;

IR = Índice Randômico, conforme o Quadro 5.3.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IR	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Quadro 5.3: Índice Randômico

Os coeficientes resultantes da matriz, que correlacionam os elementos estudados, passam a descrever o nível de vulnerabilidade conforme apresentado na Equação 3.

$$Vuln = C_1.UOS + C_2.PED + C_3.GEOL + C_4.GEOM + C_5.CLIM \text{ (Eq. 3)}$$

Onde:

Vuln = Vulnerabilidade à perda de solo

UOS = vulnerabilidade ao tema uso e ocupação do solo

PED = vulnerabilidade ao tema solos

GEOL = vulnerabilidade ao tema geologia

GEOM = vulnerabilidade ao tema geomorfologia

CLIM = vulnerabilidade ao tema clima

## 5.3 RESULTADOS

### 5.3.1 Vulnerabilidade à perda de solo para os temas básicos

A análise dos temas básicos (Figura 5.3) permitiu identificar como as características naturais (solo, geologia, clima e geomorfologia) e sua relação com as antrópicas (uso e ocupação do solo) interferem na vulnerabilidade à perda de solo no município de Lucena, favorecendo a ocorrência dos processos de pedogênese e morfogênese. Logo, a estabilidade ou vulnerabilidade à perda do solo.

Os solos que ocorrem no município de Lucena são enquadrados como argissolos, espodossolos, neossolos e organossolos. Os argissolos e os espodossolos se enquadram na categoria mediamente estável/vulnerável ocorrendo ao longo da região do Tabuleiros Costeiros. Os solos, neossolos e

organossolos que ocorrem ao longo da Planície Costeira e das planícies fluviais, se mostram susceptíveis aos processos erosivos, o que os permitem enquadrar na categoria de vulnerável.

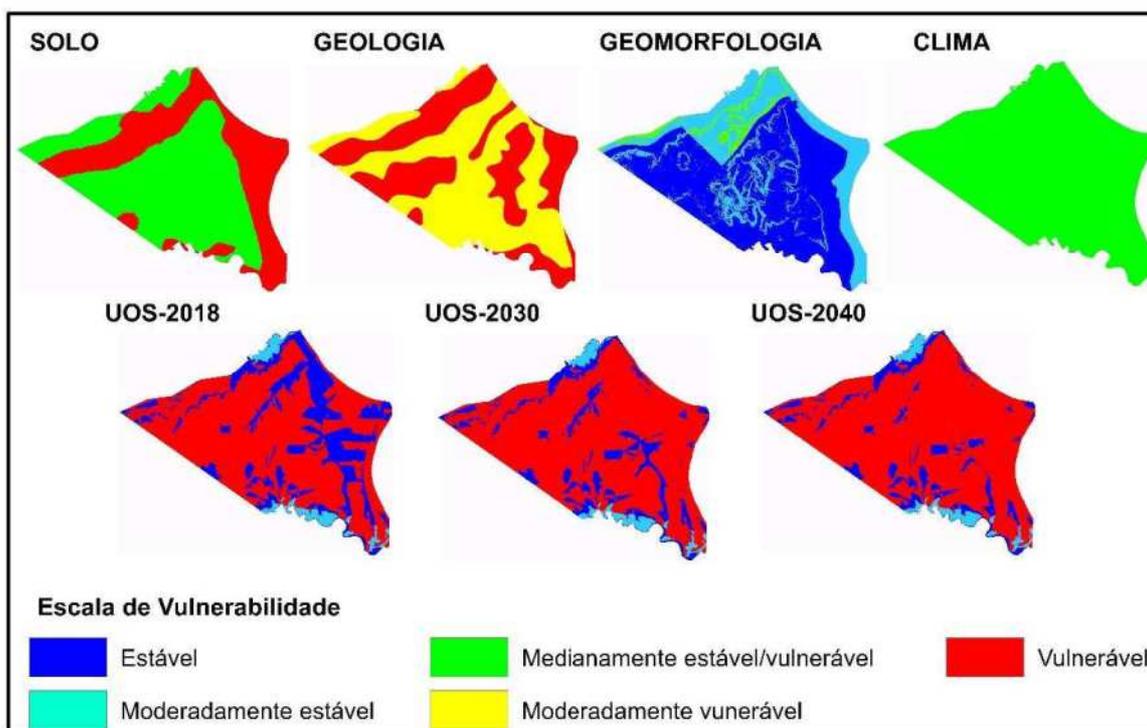


Figura 5.3: Vulnerabilidade à perda de solo para os temas básicos

No que tange ao tema geologia, se observou a ocorrência de formações de três períodos distintos: o cretáceo, o neógeno e quaternário. A litologia observada se caracteriza pela presença de calcário, arenito, argila e sedimento aluvionar. As regiões onde se observam a presença de arenitos são classificadas como moderadamente vulnerável, enquanto que a presença dos demais litotipos atribuem uma característica de vulnerável à perda de solo.

A vulnerabilidade ao tema geomorfologia indica uma tendência a estabilidade. As estruturas geomorfológicas observadas na região, tais como o relevo plano a suave ondulado e interflúvios planos tendem a não favorecer os processos erosivos. No entanto, verificou-se, em menor escala, áreas classificadas como moderadamente vulnerável, estando estas localizadas nas encostas dos vales

A questão climática e sua influência nos processos erosivos foi analisada a partir da intensidade pluviométrica mensal. O município de Lucena não apresenta

uma variabilidade espacial significativa da intensidade pluviométrica, sendo observada uma média histórica dos meses chuvosos de 271 mm/mês, além de que, com base em estudos recentes, ficou demonstrado que não há tendências estatisticamente significativas das series pluviométricas anuais e das médias da quadra chuvosa (MALZAC, 2019) para a zona costeira do estado da Paraíba, o que permite enquadrar a vulnerabilidade a esse tema como medianamente estável/vulnerável.

No que tange à vulnerabilidade à perda do solo devido ao tema uso e ocupação do solo, independente do ano analisado, as áreas onde se observa a presença das atividades agrícolas (cana-de-açúcar e coco-da-baía) e áreas urbanizadas são as que apresentam os maiores níveis de vulnerabilidade, enquanto que as áreas onde se observam a presença da vegetação de Mata Atlântica e os manguezais são os que menos favorecem os processos erosivos, logo são mais estáveis à perda do solo. Verificou-se ainda que a evolução do uso do solo, com a substituição da vegetação de Mata Atlântica por áreas urbanas tende a ampliar os níveis de vulnerabilidade na planície costeira.

### 5.3.2 Modelo de vulnerabilidade à perda do solo para o município de Lucena

A construção do modelo de vulnerabilidade à perda do solo para o município de Lucena foi pautado na utilização do método AHP a qual possibilitou a determinação dos coeficientes para cada temática utilizada conforme apresentado no Quadro 5.4.

<b>Tema</b>	<b>Coefficiente</b>
Uso e ocupação do solo	0,395
Solo	0,215
Geologia	0,215
Geomorfologia	0,119
Clima	0,056

Quadro 5.4: Coeficientes do modelo de vulnerabilidade à perda do solo para o município de Lucena

A análise da taxa de consistência (TC) obteve um valor de 0,02, ou seja, inferior ao limite máximo de 0,10, o que indicou que a categorização dos dados foi coerente.

Os pesos obtidos indicam o grau de influência de cada atributo nos processos erosivos para o município de Lucena, onde o fator uso do solo é aquele que mais contribui para as perdas de solo, enquanto que a questão climática é a que menos influencia.

### 5.3.3 Análise da vulnerabilidade à perda do solo para os anos de 2018, 2030 e 2040.

O estudo da evolução da vulnerabilidade à perda do solo para os anos de 2018 a 2040 permitiu identificar os níveis de estabilidade/vulnerabilidade a qual o município de Lucena-PB está sujeito e prever o comportamento dos processos erosivos em função das alterações do uso e ocupação do solo (Figura 5.4).

As áreas com maior representatividade espacial em todos os cenários analisados são aquelas enquadradas como medianamente estável/vulnerável, onde ocorre um equilíbrio entre os processos de pedogênese e morfogênese, correspondendo, nos três períodos, a cerca de 55% do território do município de Lucena. Estas estão localizadas nas regiões dos tabuleiros costeiros onde se desenvolvem as atividades agrícolas com destaque para a cultura da cana-de-açúcar e coco-da-baía.

As regiões enquadradas como moderadamente vulneráveis, ou seja, aqueles cujos processos de morfogênese são mais efetivos, tendem a ter uma ampliação de aproximadamente 22,23% entre os anos de 2018 e 2040. Estas se localizam ao longo da planície costeira e das planícies de inundação dos corpos d'água.

Em processo de redução observou-se as áreas mapeadas como moderadamente estáveis, nas quais os processos de pedogênese prevalecem, e que no período de 2018 a 2040 tendem a sofrer uma redução de 38,07%. Estas áreas se correlacionam com as áreas ocupadas com vegetação do tipo Mata Atlântica e que apresentam tendência de substituição por culturas agrícolas ou áreas urbanas.

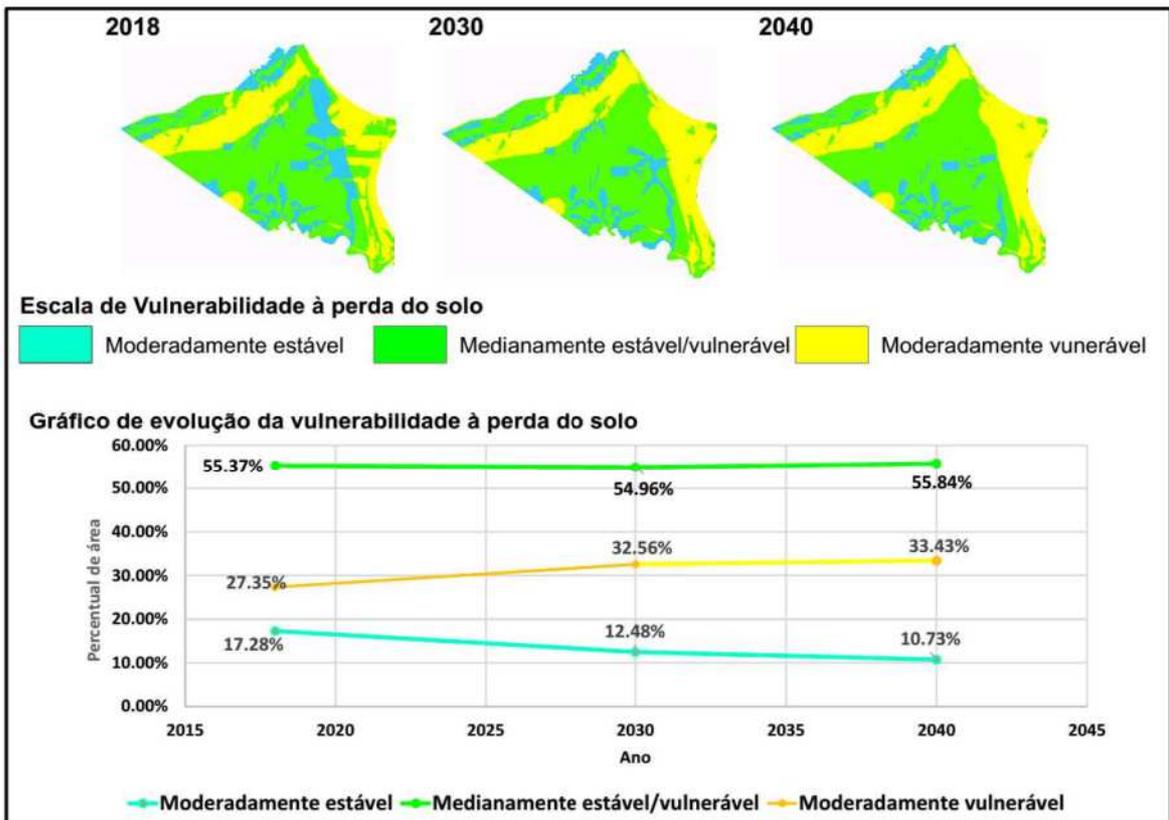


Figura 5.4: Vulnerabilidade à perda do solo para os anos de 2018, 2030 e 2040

No estudo não foram observadas áreas enquadradas como estáveis ou vulneráveis, ou seja, áreas onde ocorram o domínio dos processos de pedogênese ou de morfogênese.

Estudos anteriores como os realizados por Dias & Silva (2015) e Carvalho, Ribeiro, Santos e Carvalho (2019) na tentativa de estimar quantitativamente as perdas de solo por erosão laminar definiram que no município de Lucena havia, para o ano de 2014, uma predominância de moderada suscetibilidade à perda do solo. Estes resultados coadunam com os obtidos neste trabalho, onde a vulnerabilidade a perda do solo para os anos estudados varia na escala entre moderadamente estável e moderadamente vulnerável.

O estudo da dinâmica espaço-temporal da vulnerabilidade à perda do solo para os anos de 2018 a 2040 indicou uma propensão, mesmo que pequena, a intensificação dos processos erosivos (Figura 5.5), principalmente ao longo da região do Tabuleiros Costeiros e em menor importância na Planície Costeira.

Entre os anos de 2018 e 2030 observou-se a tendência das áreas apresentarem alteração nos níveis de vulnerabilidade. Em 10,68% do município de

Lucena-PB espera-se uma melhoria nos níveis de propensão à perda do solo, passando a apresentar uma tendência à estabilidade decorrente da manutenção da cobertura de Mata Atlântica e da substituição de culturas agrícolas, como o caso de cana-de-açúcar por coco-da-baía. Em sentido oposto, verificou-se que em apenas 0,62% do município há tendência ao aumento da vulnerabilidade.

Analisando o período de 2030 a 2040, observou-se a possibilidade da intensificação dos processos erosivos em 1,87% da área do município. Estas tenderam a se tornar mais susceptíveis, logo mais vulneráveis e estão relacionadas a supressão da vegetação de Mata Atlântica para a implantação de práticas agrícolas e de áreas urbanas.

Destaca-se que no período de 2018 a 2040 há uma tendência à manutenção dos níveis de vulnerabilidade à perda do solo em mais de 90% do território o que é explicado pela lenta dinâmica de mudança no uso e ocupação do solo conforme as predições realizadas para estas áreas, o que não alterará de maneira significativa os processos erosivos desta região.

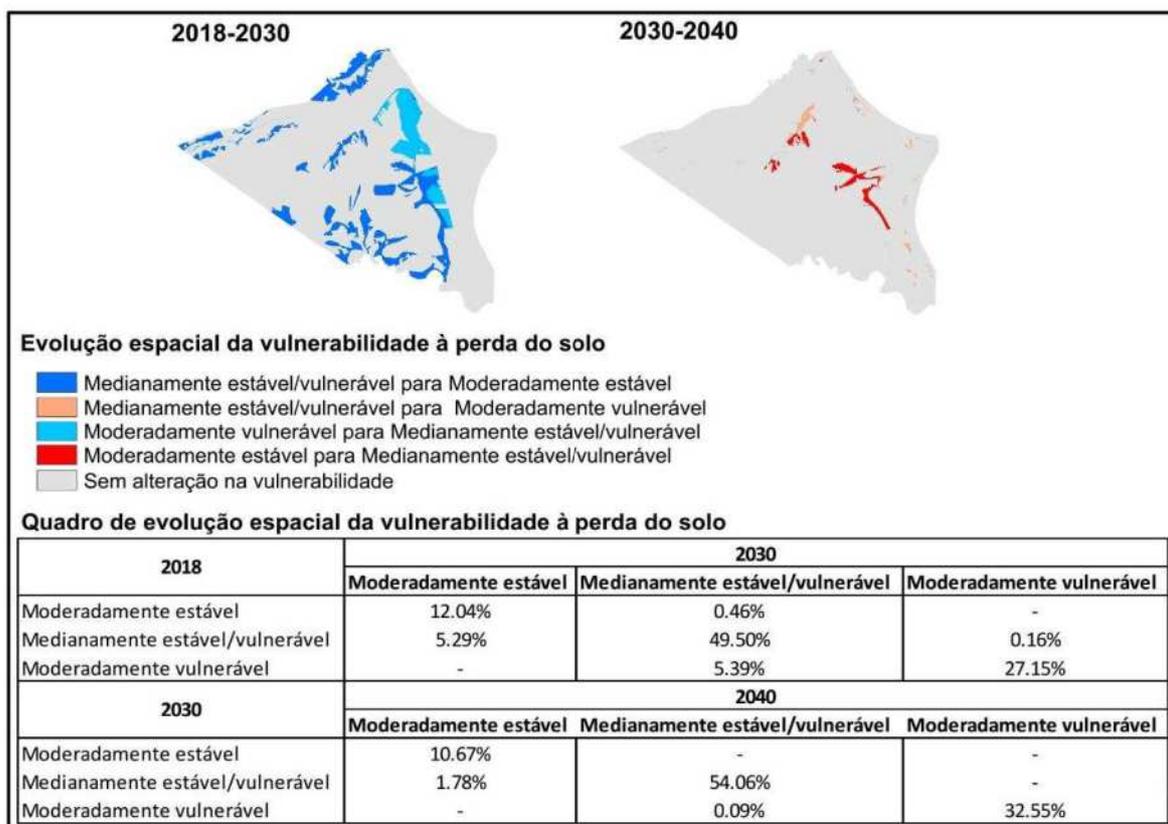


Figura 5.5: Evolução espaço temporal da vulnerabilidade à perda do solo

## 5.4 CONCLUSÕES

A análise da vulnerabilidade à perda do solo no município de Lucena para o período de 2018 a 2040, considerando os temas básicos (tipos de solo, formação geológica e geomorfológica e características climáticas), possibilitou inferir que os temas clima e a geomorfologia tendem a favorecer a predominância do processo de pedogênese, o solo e a geologia indicam um equilíbrio entre esses processos, enquanto que o uso e ocupação do solo contribui para a intensificação dos processos erosivos.

O modelo proposto para o estudo da vulnerabilidade à perda no solo no Lucena-PB, pautado no AHP apresentou uma excelente taxa de consistência e indicou, que para esse município, o fator uso e ocupação do solo era a variável com maior influência sobre o resultado final.

De maneira geral, o modelo indicou equilíbrio entre os processos de pedogênese e morfogênese, com a uma pequena tendência de aumento do nível de vulnerabilidade, variando entre níveis medianos e moderados de vulnerabilidade/estabilidade, sugerindo que até o ano de 2040 não deverá haver mudanças significativas dos níveis de vulnerabilidade em relação às observadas no ano de 2018.

## 5.5 REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 11428, de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Brasília, DF: D.O.U, 26 de dezembro de 2006.

BIRKMANN, J. et al. Framing vulnerability, risk and societal responses: the MOVE framework. *Natural Hazards*, [s.l.], v. 67, n. 2, p.193-211, 17 fev. 2013a. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s11069-013-0558-5>.

CARDONA, Omar D. et al. Disaster risk from a macroeconomic perspective: a metric for fiscal vulnerability evaluation. *Disasters*, Oxford, v. 4, n. 34, p.1064-1083, 2010. <http://dx.doi.org/10.1111/j.0361-3666.2010.01183.x>.

CARVALHO, Homero Jorge Matos de; RIBEIRO, Carlos Alberto de Mendonça; SANTOS, Marconi Antão dos; CARVALHO, Paulo Victor Rodrigues de. Estimativa de perda de solo por erosão laminar em Lucena-PB. *Revista de Geociências do*

Nordeste, [S.L.], v. 5, p. 57-68, 6 jun. 2019. Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN. <http://dx.doi.org/10.21680/2447-3359.2019v5n0id17972>.

CREPANI, E. Medeiros, J. S. HERNANDES FILHO, P. FLORENZANO, T. G. DUARTE, V. BARBOSA. C. C. F. Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial. São José dos Campos: MCT/INPE, 2001. 124 pg.

DAS, Biswajit; BORDOLOI, Reetashree; THUNGON, Lobsang Tashi; PAUL, Ashish; PANDEY, Pankaj K; MISHRA, Madhusudhan; TRIPATHI, Om Prakash. An integrated approach of GIS, RUSLE and AHP to model soil erosion in West Kameng watershed, Arunachal Pradesh. *Journal Of Earth System Science*, [S.L.], v. 129, n. 1, p. 0-0, 13 mar. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s12040-020-1356-6>.

DIAS, Erika Rodrigues; SILVA, Richarde Marques. ESTIMATIVA DO RISCO À EROSÃO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE LUCENA - PARAÍBA. *Caminhos de Geografia, Uberlândia*, v. 16, n. 54, p. 192-204, jun. 2015. <Http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/28006>.

FERRETTI, Valentina; MONTIBELLER, Gilberto. An Integrated Framework for Environmental Multi-Impact Spatial Risk Analysis. *Risk Analysis*, [s.l.], v. 39, n. 1, p.257-273, 11 dez. 2017. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/risa.12942>.

FURRIER, Max; ARAÚJO, Magno Erasto de; MENESES, Leonardo Figueiredo de. Geomorfologia e tectônica da Formação Barreiras no Estado da Paraíba. *Geologia USP. Série Científica*, [s.l.], v. 6, n. 2, p. 61-70, 1 out. 2006. Universidade de São Paulo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBiUSP. <http://dx.doi.org/10.5327/s1519-874x2006000300008>.

HADARA, Imane; TAHRI, Meryem; MAANAN, Mohamed; HAKDAOUI, Mustapha. Efficiency of Fuzzy Analytic Hierarchy Process to detect soil erosion vulnerability. *Geoderma*, [S.L.], v. 354, p. 113853-113868, nov. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.07.011>.

HEMBRAM, Tusar Kanti; SAHA, Sunil. Prioritization of sub-watersheds for soil erosion based on morphometric attributes using fuzzy AHP and compound factor in Jainti River basin, Jharkhand, Eastern India. *Environment, Development and Sustainability*, [S.L.], v. 22, n. 2, p. 1241-1268, 6 set. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10668-018-0247-3>.

HUANG, Wei et al. Qualitative risk assessment of soil erosion for karst landforms in Chahe town, Southwest China: A hazard index approach. *Catena*, [s.l.], v. 144, p.184-193, set. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2016.05.008>.

LAVELL, A. et al. (Org.). *Climate Change: New Dimensions in Disaster Risk, Exposure, Vulnerability, and Resilience*. In: FIELD, Christopher B. et al (Org.). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. New York: Cambridge University Press, 2012. p. 25-64

LI, Xing et al. GIS-based methodology for erosion risk assessment of the muddy coast in the Yangtze Delta. *Ocean & Coastal Management*, [s.l.], v. 108, p.97-108, maio 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.14.09.028>

MALZAC, Marie Eugénie. *AVALIAÇÃO DA DINÂMICA ESPACIAL E TEMPORAL DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA ZONA COSTEIRA SUL DO ESTADO DA PARAÍBA*. 2019. 171 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019.

MAKAYA, Nosipho; DUBE, Timothy; SEUTLOALI, Khoboso; SHOKO, Cletah; MUTANGA, Onisimo; MASOCHA, Mhosisi. Geospatial assessment of soil erosion vulnerability in the upper uMgeni catchment in KwaZulu Natal, South Africa. *Physics And Chemistry of the Earth, Parts A/b/c*, [S.L.], v. 112, p. 50-57, ago. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pce.2019.02.012>.

OZSAHIN, Emre; DURU, Umit; EROGLU, Ilker. Land Use and Land Cover Changes (LULCC), a Key to Understand Soil Erosion Intensities in the Maritsa Basin. *Water*, [s.l.], v. 10, n. 3, p.335-350, 17 mar. 2018. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/w10030335>.

PERH. *Plano Estadual de Recursos Hídricos*. João Pessoa: AESA, 2003. Disponível em: [http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2017/07/Plano-Estadual-de-Recursos-H%C3%ADricos-PERH-Relatorio\\_Final.zip](http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2017/07/Plano-Estadual-de-Recursos-H%C3%ADricos-PERH-Relatorio_Final.zip). Acesso em: 05 maio 2019.

RAHMAN, Md. Rejaur et al. Assessing soil erosion hazard -a raster based GIS approach with spatial principal component analysis (SPCA). *Earth Science Informatics*, [s.l.], v. 8, n. 4, p.853-865, 16 abr. 2015. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s12145-015-0219-1>

SANTOS, Humberto Goncalves dos; ZARONI, Maria José; CLEMENTE, Eliane de Paula. Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos. Brasília:

ŞTEFAN, Bilaşco et al. Quantitative evaluation of the risk induced by dominant geomorphological processes on different land uses, based on GIS spatial analysis models. *Frontiers of Earth Science*, [s.l.], v. 12, n. 2, p.311-324, 27 dez. 2017. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s11707-017-0679-3>

WOLDEMARIAM, Gezahegn et al. Spatial Modeling of Soil Erosion Risk and Its Implication for Conservation Planning: the Case of the Gobebe Watershed, East Hararghe Zone, Ethiopia. *Land*, [s.l.], v. 7, n. 1, p.25-50, 21 fev. 2018. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/land7010025>.

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

### **6.1 CONCLUSÕES**

Apresenta-se neste capítulo uma síntese das conclusões desta tese com o objetivo de fornecer uma visão holística e integrada, salientando-se que as conclusões detalhadas por temática podem ser verificadas ao final de cada capítulo.

#### **Sobre a evolução do uso e ocupação do solo**

As políticas de desenvolvimento econômico no Nordeste Brasileiro e de ordenamento do uso e ocupação do solo geraram mudanças marcantes no território dos municípios da Zona Costeira, essencialmente a partir dos anos 1960.

Houve, no município de Lucena, no período de 1972 a 2018, alterações significativas de sua paisagem, caracterizadas pelo desmatamento da Mata Atlântica, com uma redução de aproximadamente metade da sua área original e consequente aumento da cultura de cana-de-açúcar e das áreas urbanizadas, em menor grau. O cultivo do coco-da-baía influenciou apenas marginal, significando a alteração da paisagem em função do seu deslocamento espacial.

Basicamente, as trocas de uso do solo aconteceram pela simples substituição da Mata Atlântica pela Cana-de-Açúcar, principalmente no Tabuleiro Costeiro ou Coco-da-baía pela Área Urbana na Planície Costeira, que é característico de município costeiro. Houve também mudanças sucessivas, como a sequência Mata Atlântica/cana-de-açúcar/áreas urbanas, na Planície Costeira, ou Mata Atlântica/cana-de-açúcar/coco-da-baía, no Tabuleiro Costeiro, que puderam ser visualizadas a partir de meados da década de 1980.

A maior mudança de ocupação ocorreu devido à substituição da Mata Atlântica pela cultura da cana-de-açúcar, compreendendo quase 90% da área cultivada no período estudado. Em menor monta, ocorreu a troca entre as classes de áreas urbanas sucedendo a cultura de cana-de-açúcar e do coco-da-baía, na Zona Costeira.

Praticamente, não se verificou alteração da vegetação de manguezal, o que pode ser explicado pela disponibilidade de terras agricultáveis cobertas por outros

tipos de formação florestal e por suas características de áreas legalmente protegidas.

### **Sobre a influência dos instrumentos de ordenamento territorial brasileiros na evolução do uso e ocupação do solo**

A exploração agrícola e a intensa ocupação urbana da planície costeira, associadas aos altos índices de desmatamento da Mata Atlântica, foram relacionadas ao conjunto de políticas públicas de ordenamento do território implantadas entre os anos 1965 e 2018.

A exploração agrícola na região foi fortemente influenciada pelas políticas desenvolvimentistas, destacando-se a cultura da cana-de-açúcar, incentivada pelo Proálcool nas décadas de 1970 a 1980 e por diversos fundos de financiamento agrícola.

Os projetos de assentamento da reforma agrária, que ocupam mais de 10% do território do município de Lucena-PB, retratou como os IOTs influenciaram a exploração agrícola como sendo o uso dominante.

A ausência de IOT mais rigorosas voltadas à preservação ambiental, explicou o desmatamento observado entre as décadas de 1960 a 2000. O Código Florestal e o SNUC não se mostraram de grande eficácia, uma vez que nesse período foi observado um desmatamento de 49% do território de Lucena. O processo de desmatamento foi reduzido significativamente, após 2000, com a criação de políticas mais restritivas como o SNUC, Lei da Mata Atlântica, o novo Código Florestal e o Cadastro Ambiental Rural, o que demonstrou a efetividade desses IOTs.

A Lei de Parcelamento do Uso do Solo Urbano, os Planos de Gerenciamento Costeiro e Plano Diretor nortearam o desenvolvimento urbano na Planície Costeira do município de Lucena. A partir de 2000 com as políticas públicas de modernização da infraestrutura brasileira, como o PAC - Urbanização de Assentamentos Precários e PAC-Minha Casa Minha Vida o crescimento da ocupação urbana continuou a ocorrer de forma mais lenta.

## **Sobre a influência da evolução do uso e ocupação do solo do no armazenamento de carbono**

O município de Lucena, no período compreendido entre meados dos anos 1990 e final de 2020 sofreu alterações relevantes em sua paisagem. Estas mudanças foram caracterizadas pelo processo de desenvolvimento urbano e estagnação da ocupação agrícola.

O modelo desenvolvido usando o LCM para predição do UOS nos anos de 2030 e 2040 foi capaz de captar as mudanças de paisagem, com excelente desempenho.

A simulação do UOS, caso as tendências observadas continuarem sendo registradas nas próximas décadas, indicou uma propensão a urbanização mais intensa na Planície Costeira.

A diminuição do estoque de carbono, no período estudado foi fortemente influenciada pela mudança ocorrida no uso e ocupação do solo. O desmatamento da Mata Atlântica foi o grande responsável por essa redução, uma vez que os usos implantados não detinham a mesma capacidade de retenção de carbono que a vegetação nativa. Caso a tendência de desmatamento da Mata Atlântica se confirme, haverá, no período de 2030 a 2040, uma tendência de menor retenção de carbono que nas décadas anteriores.

## **Sobre a vulnerabilidade à perda do solo**

A análise da vulnerabilidade à perda do solo no município de Lucena no período de 2018 a 2040, possibilitou inferir que os temas clima e a geomorfologia tendem a favorecer a predominância do processo de pedogênese, enquanto o solo e as características geológicas indicaram um equilíbrio entre pedogênese/morfogênese. O uso e ocupação do solo contribuíram para a intensificação dos processos erosivos, sem, no entanto, provocar situações de alta vulnerabilidade à perda de solos.

De maneira geral, o modelo de análise da vulnerabilidade à perda do solo pautado no AHP indicou equilíbrio entre os processos de pedogênese e morfogênese, com a uma pequena tendência de aumento do nível de vulnerabilidade, variando entre níveis medianos e moderados de

vulnerabilidade/estabilidade. Houve indicações de que até o ano de 2040 não deverá haver mudanças significativas dos níveis de vulnerabilidade em relação às observadas no ano de 2018.

## **6.2 CONTRIBUIÇÕES**

A pesquisa objeto desta tese possibilitou uma compreensão do papel exercido pela atividade humana sobre um determinado território, suas causas e consequências, uma vez que o UOS é resultado direto desta ação antrópica. Esta ação é explicitada na relação direta que existe entre os instrumentos de ordenamento do território com as mudanças que foram observadas.

Esta forma de se analisar o território pode ser entendido com uma contribuição à forma de se estudar o espaço, tendo em vista que a grande maioria dos estudos anteriores se limitam a interpretações de cartogramas, sem buscar as causas políticas implícitas nas mudanças e comportamentos observados.

A influência das políticas públicas ficaram evidenciadas em todas as temáticas trabalhadas. Em mais de 40 anos de legislação analisada, verificou-se que questões como a emissão de gases de efeito e perda do solo, não são plenamente consideradas nas legislações existente, mesmo existindo, para a questão de mudanças climáticas, legislação específica que trate do assunto. Este resultado deve contribuir para uma discussão mais atenta para a revisão e formulação de políticas de ordenamento territorial, as quais precisam de uma interligação mais clara.

A associação de diversas metodologias para previsão e análise do espaço possibilitaram um conhecimento mais detalhado de alguns problemas ambientais existentes no município de Lucena, que não estavam contemplados na literatura ou diagnósticos realizados para a região.

Outra contribuição deste trabalho é a possibilidade da análise das projeções futuras e seu enquadramento como cenários tendenciais, o que pode e deve servir de subsídio para os futuros processos de planejamento do município de Lucena. Esta visão de futuro deverá possibilitar aos planejadores a integração dos diversos aspectos analisados e a formulação de políticas modernas que tragam em seu escopo a busca pelo desenvolvimento sustentável, não apenas no âmbito

conceitual, mas com a possibilidade de ações práticas que venham a repercutir positivamente nos cenários futuros.

### **6.3 RECOMENDAÇÕES**

O estudo desenvolvido nesta tese não avançou sobre temas relacionados diretamente ao impacto das mudanças do uso e ocupação do solo e consequente perda de solo sobre as questões hídricas da região, principalmente aquelas relacionadas a qualidade da água. Nesse sentido, o desenvolvimento de pesquisas que visem contribuir com o conhecimento deste impacto são recomendadas.

A análise da evolução da urbanização considerou o perímetro da mancha urbana. No entanto neste perímetro podem ser observadas diversas tipologias de ocupação do solo, as quais não foram delimitadas neste trabalho. Recomenda-se a realização do recorte específico dessa região para a realização de estudos detalhados que mensurem as consequências ambientais de seu desenvolvimento.

É importante destacar que devem ser implantadas novas restrições de forma a estagnar o processo de desmatamento, tendo em vista que os remanescentes florestais observados no último ano de análise (2018), se encontram basicamente localizados nas regiões de transição do tabuleiro costeiro para a planície litorânea, os quais são considerados mais frágeis. Associados a esta ação, deve ficar clarificado que a consolidação das exigências do Código Florestal Brasileiro com a recuperação das matas ciliares localizadas nas áreas de preservação permanente e a formação de corredores ecológicos interligando os remanescentes florestais são essenciais à manutenção da qualidade ambiental.

Apesar da ocupação com exploração agrícola predominar na região, o processo de urbanização se apresenta também como uma questão preocupante, tendo em vista a heterogeneidade de atividades potencialmente poluidoras que podem ser desenvolvidas. O estabelecimento de política que discipline a ocupação do espaço, principalmente aquelas que definam claramente os limites para expansão urbana, são essenciais e devem evitar o processo de fragmentação do espaço urbano.

A estabilização dos níveis de perda de solo nos próximos 20 anos pode ser entendido como um fator positivo, mas que não desobriga os planejadores e gestores a implantação de políticas e ações que venham a reduzir a suscetibilidade

a este processo natural. Ou seja, se apresenta como necessário a consolidação das políticas ambientais brasileiras, que favoreceram a estabilidade dos processos erosivos.

As análises realizadas nesta tese se deram com base na documentação cartográfica disponível, que se apresentam em uma escala pequena, bem como em dados do Terceiro Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Logo, a revisita destas análises a médio prazo, em função da disponibilização de dados mais atualizados e em escalas maiores, permitirá a construção de um vasto banco de dados que servirá de subsídios aos planejadores ambientais. Recomenda-se a associação dos estudos ambientais com estudos socioeconômicos, de forma a se ter uma nova dimensão no debate dos elementos que influenciam a evolução do espaço territorial.

O município de Lucena está inserido na Zona Costeira Norte do estado da Paraíba, o qual é composto pelos municípios de Mataraca, Baía da Traição, Marcação e Rio Tinto. A aplicação das metodologias utilizadas neste trabalho para caracterização destes municípios poderá vir a possibilitar um conhecimento mais amplo e o desenvolvimento de um indicador de qualidade ambiental para a região.