



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**YRVING BRANDÃO FERREIRA**

**BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO COMO FERRAMENTA DE ANÁLISE  
HIDROCLIMÁTICA DE NÚCLEOS DE SUSCEPTIBILIDADE A DESERTIFICAÇÃO**

**FORTALEZA**

**2021**

YRVING BRANDÃO FERREIRA

BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO COMO FERRAMENTA DE ANÁLISE  
HIDROCLIMÁTICA DE NÚCLEOS DE SUSCEPTIBILIDADE A DESERTIFICAÇÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geografia. Área de concentração: Natureza, Campo e Cidade no Semiárido.

Orientador: Profa. Dra. Vlândia Pinto Vidal de Oliveira.

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- F444b Ferreira, Yrving Brandão.  
Balanço hídrico climatológico como ferramenta de análise hidroclimática de núcleos de susceptibilidade a desertificação / Yrving Brandão Ferreira. – 2021.  
195 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, 2021.  
Orientação: Profa. Dra. Vlândia Pinto Vidal de Oliveira .
1. Semiárido. 2. Balanço Hídrico Climatológico. 3. Desertificação.. I. Título.
- CDD 910
-

YRVING BRANDÃO FERREIRA

BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO COMO FERRAMENTA DE ANÁLISE  
HIDROCLIMÁTICA DE NÚCLEOS DE SUSCEPTIBILIDADE A DESERTIFICAÇÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geografia. Área de concentração: Natureza, Campo e Cidade no Semiárido.

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Profa. Dra. Vlória Pinto Vidal de Oliveira (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Profa. Dra. Marta Celina Linhares Sales  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Sullivan Pereira Dantas  
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

A Deus.

Aos meus pais, Gilberto e Maria Augusta.

E esposa, Larisse Freitas Soares

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por ter me guiado e protegido durante toda a minha vida, e por ter me dado o maior presente de todos, uma família maravilhosa. Aos meus pais, Gilberto Moreira Ferreira e Maria Augusta Brandão Ferreira, pelo amor incondicional, apoio em todas as minhas decisões, e pelos momentos inesquecíveis compartilhados.

A minha irmã, pelo carinho e compreensão em todos os momentos difíceis na minha vida. A meu avô, Francisco Moreira de Souza (in memoriam), pelas lições de vida, exemplo de caráter e humildade, e pela alegria que sempre compartilhava com todos.

A minha esposa, Larisse Freitas Soares, pela dedicação e apoio em todos os dias desde que nos conhecemos, por seu carinho e amor sem tamanho, e por ter me ensinado que quando existe amor o impossível deixa de existir.

A todos os meus tios, tias, primos, que sempre me ajudaram e me orientaram a ser uma pessoa mais íntegra e de caráter. Aos meus amigos de curso, por todos os bons momentos vividos, pelas discussões, e aprendizado compartilhado.

A Profa. Dra. Vlândia Pinto Vidal de Oliveira por todas as orientações no Mestrado, e pelo exemplo de profissionalismo e humildade sempre demonstrados.

A banca examinadora Prof. Dr. Sullivan Pereira Dantas e Prof. Dr. Marta Celina Linhares Sales, pelas orientações e pelo constante empenho nas sugestões de melhorias para a pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

## RESUMO

A desertificação é um fenômeno de proporções globais que vem causando prejuízos econômicos, políticos e sociais, a um número crescente de países pelo mundo. Os núcleos de susceptibilidade a desertificação são áreas cujas condições degradacionais impactam ativamente na diminuição de sua capacidade produtiva, sendo desta maneira expressões máximas do processo de desertificação. O núcleo de susceptibilidade a desertificação de Irauçuba/Centro-Norte possui uma área total de 12.202,41km<sup>2</sup> e é formado pelos municípios de: Irauçuba, Santa Quitéria, Sobral, Itapajé, Miraíma e Canindé (FUNCEME, 2015). Este núcleo é um dos mais susceptíveis ao acirramento do processo de desertificação devido ao seu histórico de uso inadequado do solo, que em conjunto com a sua irregularidade pluviométrica, potencializam os efeitos degradacionais da desertificação. O objetivo desta pesquisa é compreender através das variáveis do balanço hídrico climatológico de Thornthwaite & Mather (1955), a variação do armazenamento hídrico do solo da ASD Irauçuba/Centro-norte, e desta maneira depreender como esta variação influencia o processo de desertificação e as atividades produtivas do núcleo. Conclui-se que os maciços residuais de Uruburetama (situado entre Itapajé e Irauçuba), maciço da Meruoca/Rosário (Situado em Sobral) e, maciço de Baturité (Situado em Canindé), atuam como núcleos condensadores de umidade no núcleo. Foi notado a diminuição dos volumes de precipitação de acordo com a retenção pluviométrica nestes maciços. O arranjo dos excedentes hídricos seguiu o padrão geral de distribuição das precipitações, possuindo valores mínimos na porção centro-sul da ASD, havendo um crescimento no seu volume com a aproximação dos maciços residuais de Baturité e Meruoca. Os maiores volumes de deficiência hídrica localizaram-se no centro-sul da ASD, havendo uma redução no seu volume com a aproximação dos maciços residuais de Baturité e Meruoca. De modo geral, a produção das lavouras temporárias e permanentes, bem como a produção pecuária, apresentaram comportamento irregular nos anos secos, não apresentando predominância de crescimento ou redução da produção. Nos anos úmidos houve predominância de crescimento produtivo nas lavouras permanentes, temporárias e, na produção pecuária.

**Palavras-chave:** Semiárido. Balanço Hídrico Climatológico. Desertificação.

## ABSTRACT

Desertification is a phenomenon of global proportions that has been causing economic, political and social damage to an increasing number of countries around the world. The nuclei of susceptibility to desertification are areas that constitute degradation conditions that actively impact on the reduction of their productive capacity, thus being maximum expressions of the desertification process. The nucleus of susceptibility to desertification of Irauçuba/Centro-Norte has a total area of 12,202.41km<sup>2</sup> and is formed by the municipalities of: Irauçuba, Santa Quitéria, Sobral, Itapajé, Mirafima and Canindé (FUNCEME, 2015). This nucleus is one of the most susceptible to the worsening of the desertification process due to its history of caused land use, which together with its rainfall irregularity, potentiate the degradation effects of desertification. The objective of this research is to understand through the variables of the climatological water balance of Thornthwaite & Mather (1955), the variation of the water storage of the soil of the ASD Irauçuba /Center-North, and in this way to understand how this variation influences the desertification process and the productive activities of the nucleus. It is concluded that the residual massifs of Uruburetama (located between Itapajé and Irauçuba), the Meruoca/Rosário massif (Located in Sobral) and the Baturité massif (Located in Canindé), act as moisture condensing nuclei in the nucleus. It was noted the decrease in protection volumes according to the rainfall retention based on the massifs. The arrangement of historical surpluses followed the general pattern of rainfall distribution, with values included in the south-central portion of the ASD, with an increase in its volume with the approximation of the residual massifs of Baturité and Meruoca. The largest volumes of water deficiency were located in the south-central ASD, with a reduction in their volume with the approach of the residual massifs of Baturité and Meruoca. In general, the production of temporary and permanent crops, as well as livestock production, irregular dissipation in dry years, does not represent a predominance of growth or reduction in production. In the wet years, there was a predominance of productive growth in permanent, temporary crops and in livestock production.

**Keywords:** Semiárid. Climatological Water Balance. Desertification.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Delimitação oficial do semiárido de acordo com a Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) .....	27
Figura 2 – Municípios Susceptíveis à Desertificação no Ceará .....	52
Figura 3 – Fluxograma de etapas da pesquisa .....	96

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – IDH dos municípios pertencentes a ASD Irauçuba/Centro-Norte .....	93
Gráfico 2 – IDHM dos municípios pertencentes a ASD Irauçuba/Centro-Norte .....	94

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Pesquisadores participantes do Grupo de Análise Geoambiental no Estudo da Desertificação no Ceará .....	47
Quadro 2 – Aridez dos municípios pertencentes e circunvizinhos a ASD Irauçuba/Centro-Norte .....	167

## LISTA DE MAPAS

Mapa 1	– Núcleos de Susceptibilidade a Desertificação de Irauçuba/Centro-Norte ....	61
Mapa 2	– Mapa Hipsométrico ASD Irauçuba/Centro-Norte .....	65
Mapa 3	– Bacias Hidrográficas inseridas na ASD Irauçuba/Centro-Norte .....	71
Mapa 4	– Rede de Drenagem Hídrica ASD Irauçuba/Centro-Norte .....	76
Mapa 5	– Mapa dos Solos da ASD – Núcleo 1 – Irauçuba/Centro-Norte .....	79
Mapa 6	– Mapa de Uso e Ocupação da Terra da ASD – Núcleo 1 – Irauçuba/Centro-Norte .....	80
Mapa 7	– Distribuição Estações Pluviométricas ASD Irauçuba/Centro-Norte .....	102
Mapa 8	– Precipitação Anual .....	110
Mapa 9	– Precipitação Pré-Estação Chuvosa .....	114
Mapa 10	– Precipitação Quadra Chuvosa .....	116
Mapa 11	– Precipitação Período Seco .....	118
Mapa 12	– Distribuição Evapotranspiração Potencial Anual .....	122
Mapa 13	– Distribuição Evapotranspiração Real Anual .....	124
Mapa 14	– Distribuição Evapotranspiração Real Pré-Estação Chuvosa .....	127
Mapa 15	– Distribuição Evapotranspiração Real Quadra Chuvosa .....	132
Mapa 16	– Distribuição Evapotranspiração Real Período Seco .....	134
Mapa 17	– Distribuição Excedente Hídrico Anual .....	139
Mapa 18	– Distribuição Excedente Hídrico Pré-Estação Chuvosa .....	141
Mapa 19	– Distribuição Excedente Hídrico Quadra Chuvosa .....	144
Mapa 20	– Distribuição Excedente Hídrico Período Seco .....	146
Mapa 21	– Distribuição Déficit Hídrico Anual .....	148
Mapa 22	– Distribuição Déficit Hídrico Pré-Estação Chuvosa .....	151
Mapa 23	– Distribuição Déficit Hídrico Quadra Chuvosa .....	155

Mapa 24 – Distribuição Déficit Hídrico Período Seco .....	158
---	-----

## LISTA DE PRANCHAS

Prancha 1 – Evolução do Produto Interno Bruto por Setor (Agropecuária, Indústria e Serviços) .....	85
Prancha 2 – Evolução do Balanço Hídrico climatológico (Precipitação, Excedente e Déficit Hídrico) .....	161
Prancha 2 – Evolução do Balanço Hídrico climatológico (Precipitação, Excedente e Déficit Hídrico) .....	162
Prancha 3 – Evolução da Produção das lavouras Permanentes .....	171
Prancha 4 – Evolução da Produção das lavouras Temporárias .....	174
Prancha 5 – Evolução da Produção Pecuária (Bovinos, Caprino, Equino, Galináceo, Ovino, Suíno) .....	181

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Total de municípios pertencentes ao Semiárido Nordeste .....	28
Tabela 2 – Distribuição e principais características dos solos predominantes na ASD Irauçuba/Centro-Norte .....	77
Tabela 3 – Estações Pluviométricas ASD Irauçuba/Centro Norte .....	100
Tabela 4 – Capacidade de Armazenamento de água do solo ASD Irauçuba/Centro Norte .....	103
Tabela 5 – Distribuição dos totais anuais de Precipitação, excedente e déficit hídrico dos municípios pertencentes a ASD Irauçuba/Centro-Norte .....	165
Tabela 6 – Distribuição dos anos padrão da ASD Irauçuba/Centro-Norte .....	168

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>18</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>22</b>
<b>2.1</b>	<b>Terras Secas no Mundo .....</b>	<b>22</b>
<b>2.2</b>	<b>Cronologia dos Estudos de Desertificação .....</b>	<b>35</b>
<b>2.3</b>	<b>Desertificação no Brasil .....</b>	<b>39</b>
<b>2.4</b>	<b>Áreas de Susceptibilidade a Desertificação .....</b>	<b>42</b>
<b>2.5</b>	<b>Áreas de Susceptibilidade a Desertificação no Ceará .....</b>	<b>46</b>
<b>2.6</b>	<b>Desertificação, Solos e Recursos Hídricos .....</b>	<b>53</b>
<b>2.7</b>	<b>Balanco Hídrico Climatológico .....</b>	<b>55</b>
<b>3</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>59</b>
<b>3.1</b>	<b>Contexto Geoambiental da ASD Irauçuba/Centro-Norte .....</b>	<b>59</b>
<b>3.1.1</b>	<b><i>Condições Geológicas e Geomorfológicas .....</i></b>	<b>59</b>
<b>3.1.2</b>	<b><i>Condições Hidroclimáticas .....</i></b>	<b>66</b>
<b>3.1.3</b>	<b><i>Solos .....</i></b>	<b>77</b>
<b>3.1.4</b>	<b><i>Aspectos do Uso da Terra .....</i></b>	<b>78</b>
<b>3.1.5</b>	<b><i>Vegetação .....</i></b>	<b>82</b>
<b>3.2</b>	<b>Demografia .....</b>	<b>83</b>
<b>3.3</b>	<b>Setores Produtivos .....</b>	<b>83</b>
<b>3.4</b>	<b>Indicadores de Desenvolvimento .....</b>	<b>92</b>
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>95</b>
<b>4.1</b>	<b>Anos Padrão .....</b>	<b>96</b>
<b>4.2</b>	<b>Balanco Hídrico Climatológico .....</b>	<b>97</b>
<b>4.3</b>	<b>Interpolação de Dados .....</b>	<b>97</b>
<b>4.4</b>	<b>Tratamento de Dados .....</b>	<b>98</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>106</b>
<b>5.1</b>	<b>Precipitação .....</b>	<b>106</b>
<b>5.1.1</b>	<b><i>Precipitação Total Anual .....</i></b>	<b>108</b>
<b>5.1.2</b>	<b><i>Precipitação Pré-Estação Chuvosa .....</i></b>	<b>111</b>
<b>5.1.3</b>	<b><i>Precipitação Quadra Chuvosa .....</i></b>	<b>115</b>
<b>5.1.4</b>	<b><i>Precipitação Período Seco .....</i></b>	<b>117</b>
<b>5.2</b>	<b>Evapotranspiração Potencial Anual .....</b>	<b>120</b>



<b>5.3</b>	<b>Evapotranspiração Real .....</b>	<b>123</b>
<b>5.3.1</b>	<b><i>Evapotranspiração Real Anual .....</i></b>	<b>123</b>
<b>5.3.2</b>	<b><i>Evapotranspiração Real Pré-Estação Chuvosa .....</i></b>	<b>126</b>
<b>5.3.3</b>	<b><i>Evapotranspiração Real Quadra Chuvosa .....</i></b>	<b>129</b>
<b>5.3.4</b>	<b><i>Evapotranspiração Real Período Seco .....</i></b>	<b>133</b>
<b>5.4</b>	<b>Excedente Hídrico .....</b>	<b>136</b>
<b>5.4.1</b>	<b><i>Excedente Hídrico Anual .....</i></b>	<b>136</b>
<b>5.4.2</b>	<b><i>Excedente Hídrico Pré-Estação Chuvosa .....</i></b>	<b>140</b>
<b>5.4.3</b>	<b><i>Excedente Hídrico Quadra Chuvosa .....</i></b>	<b>142</b>
<b>5.4.4</b>	<b><i>Excedente Hídrico Período Seco .....</i></b>	<b>145</b>
<b>5.5</b>	<b>Déficit Hídrico .....</b>	<b>147</b>
<b>5.5.1</b>	<b><i>Déficit Hídrico Anual .....</i></b>	<b>147</b>
<b>5.5.2</b>	<b><i>Déficit Hídrico Pré-Estação Chuvosa .....</i></b>	<b>149</b>
<b>5.5.3</b>	<b><i>Déficit Quadra Chuvosa .....</i></b>	<b>152</b>
<b>5.5.4</b>	<b><i>Déficit Período Seco .....</i></b>	<b>156</b>
<b>5.6</b>	<b>Balanço Hídrico Interanual .....</b>	<b>159</b>
<b>5.7</b>	<b>Índice de Aridez .....</b>	<b>166</b>
<b>5.8</b>	<b>Lavouras Permanentes e Temporárias .....</b>	<b>167</b>
<b>5.8.1</b>	<b><i>Anos Padrão .....</i></b>	<b>168</b>
<b>5.8.2</b>	<b><i>Lavouras Permanentes .....</i></b>	<b>168</b>
<b>5.8.3</b>	<b><i>Lavouras Temporárias .....</i></b>	<b>172</b>
<b>5.9</b>	<b>Pecuária .....</b>	<b>178</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>184</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>187</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A desertificação é um fenômeno de dimensões globais que afeta as regiões de clima árido, semiárido e subúmido seco da Terra, resultante de vários fatores que envolvem variações climáticas e atividades humanas (BRASIL, 2006). Este fenômeno causa e potencializa desequilíbrios naturais, sociais e, econômicos. Podemos citar a destruição da biodiversidade, degradação dos solos e dos recursos hídricos, redução da produtividade agrícola, além do crescimento da pobreza, como as principais consequências da desertificação.

Estudos realizados pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) evidenciam que as áreas suscetíveis a desertificação são aproximadamente 16% do território brasileiro e 27% do total de municípios, concentrando 85% da pobreza do país. (BRASIL/MMA, 2005).

De acordo com o Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos das Secas (PAN-Brasil), os espaços semiáridos e subúmidos secos do Nordeste brasileiro foram reconhecidos como as Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASD) (BRASIL, 2004). Avalia-se que a desertificação no semiárido nordestino vem comprometendo uma área de mais de 180.000 km<sup>2</sup>, implicando na geração de impactos difusos e concentrados sobre o território (CEARÁ, 2010).

No Ceará estudo conduzido pela Fundação Cearense de Meteorologia (FUNCEME) apontou que 92,1% do território estadual se encontra em áreas suscetíveis a desertificação, com 117 municípios totalmente inseridos no semiárido e 63 parcialmente (SOUZA, 2005).

O Ceará através do seu quadro de secas severas e grande irregularidade pluviométrica potencializa os efeitos da desertificação.

O Ceará através do seu Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAE/CE), identificou em Irauçuba e regiões circunvizinhas, Inhamuns e Médio Jaguaribe como Núcleos de Desertificação. De acordo com estudos feitos pela Funceme desde a década de 90, estas áreas encontram-se em avançado estado de degradação (FUNCEME, 2015).

Segundo Ceará (2010) as áreas de atuação do PAE/CE compreendem 3 núcleos, compostos de 14 municípios, localizados nos Sertões dos Inhamuns, de Irauçuba, e do Médio

Jaguaribe, que correspondem a 23% do Estado, representando as áreas em processo de desertificação, conforme critérios ambientais e socioeconômicos.

De acordo com Funceme (2015) o núcleo de susceptibilidade a desertificação de Irauçuba/Centro-Norte possui uma área total de 12.202,41km<sup>2</sup> e é formado pelos municípios de: Irauçuba, Santa Quitéria, Sobral, Itapajé, Miraíma e Canindé. Este núcleo se insere nesse quadro de profunda degradação ambiental, que aliado a atividades produtivas insustentáveis como; desmatamento, queimadas, e ocupação desordenada do solo, tendem a acentuar a gravidade e a velocidade da desertificação local.

A agropecuária ocupa 4.374,98km<sup>2</sup>, 35,85% de toda área da ASD Irauçuba/Centro-Norte, sendo a principal atividade produtiva do núcleo. Esta atividade é diretamente influenciada pela desertificação, recebendo os prejuízos imediatos pelo agravamento deste fenômeno. A partir da incapacidade de manutenção da cobertura vegetal e redução da capacidade de armazenamento hídrico do solo, proporcionados pelo acirramento da desertificação, a atividade agropecuária é incapaz de se desenvolver adequadamente, causando prejuízos a economia do núcleo e a segurança alimentar da população (FUNCEME, 2015).

O Núcleo de Susceptibilidade a Desertificação de Irauçuba/Centro-Norte tem como característica climática marcante, a reduzida precipitação pluviométrica, irregularmente distribuída espaço-temporalmente. O núcleo também possui como particularidade a presença de elevadas temperaturas médias, evapotranspiração permanentemente alta, além de solos com elevada deficiência e reduzido excedente hídrico anual.

Este quadro ambiental associado ao histórico de desmatamento, sobrepastoreio, queimadas, e ocupação desordenada do solo, potencializa a gravidade e a velocidade da desertificação no núcleo. As consequências imediatas deste desequilíbrio ambiental e socioeconômico são; a redução da produção agropecuária, escassez hídrica, degradação ambiental, destruição da biodiversidade e, crescimento da pobreza.

A partir da contínua busca por novas tecnologias que objetivem compreender a variação hídrico do solo, e a partir disto diagnosticarem o seu respectivo grau de desertificação, surgiu o balanço hídrico climatológico. Dentre as várias técnicas de cálculo do balanço hídrico climatológico o método que obteve maior sucesso foi o de Thornthwaite & Mather (1955), por entender que a disponibilidade de água no solo é reduzida quando a

capacidade de armazenamento do mesmo também diminui, utilizando o solo como variável importante no cálculo do balanço hídrico.

A compreensão das variáveis que compõem o balanço hídrico climatológico favorece o planejamento agropecuário e as práticas de controle de produção, ou seja, fornece informações que possibilitam aos produtores reconhecer as fragilidades climáticas, sendo uma ferramenta imprescindível para o sucesso de um empreendimento agrícola (SANTOS et al., 2010).

O objetivo geral desta pesquisa é compreender através das variáveis do balanço hídrico climatológico de Thornthwaite & Mather (1955), a variação do armazenamento hídrico do solo da ASD Irauçuba/Centro-norte, e desta maneira depreender como esta variação influencia o processo de desertificação e as atividades produtivas do núcleo.

Os objetivos específicos consistem em analisar a precipitação, evapotranspiração real, evapotranspiração potencial, déficit e excedente hídrico, em sua distribuição espacial anual e compartimentada na pré-estação chuvosa, estação chuvosa e período seco.

Analisar gráficos da evolução do Produto Interno Bruto (PIB) por Setor (Agropecuária, Indústria e Serviços); examinar os gráficos da evolução do Balanço Hídrico climatológico (Precipitação, Excedente e Déficit Hídrico); avaliar os gráficos de evolução da Produção das lavouras Permanentes e temporárias; compreender os gráficos da evolução da Produção Pecuária (Bovinos, Caprino, Equino, Galináceo, Ovino, Suíno);

No primeiro Capítulo foram descritos a problemática da pesquisa, justificativa de sua implementação, relevância para a sociedade e academia e, metodologia utilizada na pesquisa.

No segundo Capítulo foi elaborado o referencial teórico da pesquisa, com informações acerca da distribuição das terras secas no Brasil e no Mundo. Classificação das terras secas quanto ao índice de aridez. Foi abordado a evolução do conceito de desertificação nas últimas décadas, bem como as diferenças entre o Nordeste político e o Semiárido.

Foi elucidado as principais consequências do processo de desertificação para o Semiárido cearense, além da diferença entre os fenômenos da seca, desertificação e degradação ambiental. Foi realizado um breve histórico das convenções sobre desertificação, dentre outras.

No terceiro Capítulo foi realizado a caracterização física e socioeconômica do núcleo de susceptibilidade a desertificação de Irauçuba/Centro-Norte. No Quarto Capítulo estão descritos a metodologia e os procedimentos operacionais utilizados no desenvolvimento da pesquisa. No Quinto Capítulo há a apresentação e discussão dos resultados obtidos na pesquisa.

No Sexto Capítulo se encontram as considerações finais acerca da pesquisa, principais aplicações e, propostas de expansão.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Terras Secas no Mundo

O semiárido nordestino não é único no mundo, há várias regiões no planeta com características ambientais semelhantes, esses locais ao redor de todo o planeta são classificados como terras secas. As terras secas são um termo generalizante e englobam as terras áridas, semiáridas e, subúmidas secas, e cobrem uma extensão de aproximadamente 41,3% de todos os continentes e ilhas do planeta, abrigando aproximadamente um terço da população mundial (CGEE, 2016). Cerca de 70% das terras secas de todo o mundo (com exceção dos desertos hiperáridos) estão degradadas (UNCCD, 2011a).

De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU) (2011, p. 15);

Os números globais acerca da extensão geográfica e do número de habitantes presentes nas terras secas é disponibilizado através do trabalho de pesquisa e divulgação da Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação (UNCCD), órgão vinculado a Organização das Nações Unidas (ONU). Segundo A UNCCD 41,3% das terras do planeta são consideradas secas (hiperáridas, áridas, semiáridas ou subúmidas secas). Com uma concentração aproximada de 35,5% da população mundial. Essas áreas apesar da grande taxa de pobreza a quais estão submetidas são de fundamental importância para a economia mundial, pois são grandes produtoras de alimentos e matérias primas.

De acordo com estudos da (UNCCD, 2011f), em termos ambientais, as terras secas caracterizam-se por precipitações pouco frequentes, irregulares e imprevisíveis, grande diferença entre as temperaturas diurnas e noturnas, solos com pouca matéria orgânica e ausência de água, plantas e animais adaptados às variáveis climáticas, resistentes à seca, tolerantes à salinidade, resistentes ao calor e capazes de sobreviver em condições de falta de água.

As terras secas concentram grandes núcleos de pobreza e causam danos principalmente aos continentes, africano, asiático, e a América Latina. Estas regiões são em conjunto um fenômeno e problema global, com grandes consequências econômicas e socioambientais para todas as populações nelas inseridas (CGEE, 2016).

Embora seja reconhecida pelas suas florestas pluviais, 1/4 da América Latina e Caribe possuem desertos e terras secas (20.553.000 km<sup>2</sup>). Há ocorrência de desertos na costa do Pacífico que se estendem do sul do Equador ao Norte do Chile. Ao leste dos Andes se estende uma grande área seca. Grandes áreas da Colômbia e Venezuela já se encontram degradadas. Os países do Caribe também possuem terras secas, ao passo que a erosão é

intensificada nas ilhas orientais caribenhas. A maior parte do México é formada por desertos e regiões semiáridas, sobretudo no Norte (UNCCD, 2011a).

Na América Latina, um quarto de sua superfície corresponde a terras secas, e três quartos apresentam algum problema de degradação, onde vivem aproximadamente 83 milhões de pessoas, em sua maioria em situação de pobreza e crescente desigualdade social (CGEE, 2016).

As regiões semiáridas e subúmidas secas no Brasil de acordo com Brasil (2004, p. 19) compreendem;

Porções territoriais dos Estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Minas Gerais. Esses espaços abrangem uma superfície de 1.130.790,53 km<sup>2</sup>, dos quais 710.437,30 km<sup>2</sup> (62,83% do total) são caracterizados como semiáridos e 420.258,80 km<sup>2</sup> (37,17% do total) como subúmidos secos. Em 2000, residiam ali 22,5 milhões de habitantes. Desse total, 14,2 milhões (63,31% do total) habitavam em áreas semiáridas e 8,2 milhões em áreas subúmidas secas (36,69% do total).

Brasil (2004, p. 24) discorre que;

As civilizações que floresceram nas regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas respeitaram limites e potencialidades de seus ambientes naturais e humanos, e definiram padrões específicos, típicos, de alocação de população, de uso de recursos naturais e socioeconômicos. Esses padrões têm como elemento comum o manejo cuidadoso dos recursos escassos (principalmente o solo e a água), a valorização dos conhecimentos das populações tradicionais e a dinamização de capital social, ancorada em redes de indivíduos e entidades solidárias, procedimentos bastante diferenciados dos padrões sociais, de produção e de consumo vivenciados nas regiões temperadas.

Matallo Júnior (2001) comenta que as terras secas foram as primeiras áreas a serem ocupadas na história, e que em muitas delas ergueram-se grandes impérios e majestosas civilizações, entretanto, com a colonização europeia tornaram-se colônias e se mantiveram em escala de subsistência, com baixos níveis de tecnologia e capitalização. O significado disso foi o atraso tecnológico e um padrão de exploração dos recursos naturais insustentável, o que contribuiu para o desenvolvimento da desertificação em muitas áreas.

Segundo Matallo Júnior (2001, p. 15);

Durante séculos as regiões secas estiveram isoladas dos processos de produção de excedentes econômicos para os mercados de alimentos e manufaturados sendo, quase que exclusivamente, fornecedoras de matérias-primas e escravos. Ou seja, as potências colonialistas da Europa utilizaram os estoques de recursos naturais e população dessas regiões como, de um lado, insumos do processo de acumulação de capital que propiciou o desenvolvimento do moderno capitalismo e, de outro, como um eficiente mecanismo para a disputa pela hegemonia política e econômica que acabaria por desembocar nos grandes conflitos deste século.

Matallo Júnior (2001) afirma que grande parte do desenvolvimento da moderna agricultura capitalista se consolidou através da seleção, transferência e adaptação do patrimônio genético das terras secas para a Europa. Foi uma verdadeira "conquista genética" praticada pelos europeus no contexto do movimento de dominação iniciado com os romanos e concluído com a expansão ultramarina.

Muitos foram os espécimes de plantas descobertas nas terras secas, levadas para a Europa e, depois de adaptadas aos climas temperados, exportadas novamente para as terras secas para recompor as economias coloniais. O milho, a batata, o tomate, o feijão são exemplos disso (MATALLO JÚNIOR, 2001).

Antes da chegada na América por Colombo, o milho não era conhecido pelos europeus, sendo cultivado somente pelos índios na região central e norte da América do Sul. Domesticado há cerca de 8.000 anos, os índios o chamavam de "Ma-Iz" o que, mais tarde, originou a denominação de "Maiz". Quando Colombo aportou na região, os índios lhe deram o milho para que levasse para a Espanha, e de lá ele se espalhou rapidamente para o resto da Europa e do mundo, transformando-se na terceira maior cultura alimentar do planeta (HARRISON et al., 1978).

Outros processos de exploração de recursos naturais e do saber indígena na América tiveram importantes impactos ambientais e reflexos econômicos, a ponto de deixarem marcas que ainda hoje inviabilizam a economia de muitas regiões. Pode-se citar o caso da exploração da árvore "cinchona" (*Sinchona officiales*), no Equador. A ocupação do Equador iniciou-se em 1750, quando os espanhóis fundaram as primeiras cidades e começaram a exploração indiscriminada dos recursos naturais e, dentre eles, a casca da "cinchona", usada como remédio por suas excelentes propriedades antibióticas, podendo extrair-se dela o quinino, o único remédio então conhecido contra a malária (CASAS-CASTAÑEDA; MATALLO JÚNIOR, 1999.)

Matallo Júnior (2001, p. 19) acrescenta que;

Os processos de uso direto dos recursos naturais, bem como a transferência de patrimônio genético para a Europa e sua posterior readaptação aos climas semiáridos das colônias, trouxeram profundas modificações nas economias das terras secas, a começar pela inadequação com o saber indígena tradicional e terminando com sérios problemas de adaptação climática, o que acentuou os elementos de insustentabilidade que hoje conhecemos.



Matallo Júnior (2001), ainda afirma que os principais sintomas da degradação das terras secas são os desequilíbrios entre as relações socioeconômicas e os ecossistemas naturais dos quais dependem.

Apesar da sua crescente degradação/desertificação e o seu histórico desequilíbrio socioeconômico as terras secas ao redor do mundo possuem grande potencial produtivo, atualmente, são responsáveis por 22% da produção mundial de alimentos. A desertificação afeta catastroficamente todo este potencial, diminuindo a qualidade de vida das populações, preferencialmente as comunidades rurais e de baixa renda nos seus aspectos sociais, econômicos e ambientais (MATALLO JÚNIOR; SCHENKEL, 2003).

Quanto as potencialidades econômicas das terras secas e sua crescente inserção no mercado internacional, Matallo Júnior em (2001, p. 16), acrescentou que;

A opinião corrente é a de que os recursos dessas áreas são bastante limitados e os investimentos necessários para tornar as atividades produtivas rentáveis muito elevados para garantir competitividade nos mercados que estão cada vez mais exigentes em produtividade. Entretanto, principal problema das regiões secas, que se materializa no processo de desertificação e se apresenta como um problema de natureza global, resulta da própria globalização do processo de produção e circulação de mercadorias, onde exigências de criação de excedente econômico pela via da produtividade se choca com os padrões tradicionais (entendendo-se "tradicionais" como tendo baixa incorporação de capital e tecnologia) vivenciados pelas populações das terras secas e com as limitações de recursos naturais, especialmente, solo e água.

O grau aridez de uma região pode ser obtido através do índice de aridez. Esta ferramenta mensura a diferença entre a precipitação (P), e a evapotranspiração potencial (ETP), e a partir disto é possível determinar o grau de aridez local.

A formula para o cálculo do índice de aridez utilizada no Plano de Ação de Combate à Desertificação das Nações Unidas, ocorrido em 1977, foi desenvolvida a partir da metodologia de Thornthwaite (1941), que foi posteriormente publicada em um trabalho intitulado *Map of the World Distribution of Arid Regions* (UNESCO, 1979).

Este índice foi utilizado para a elaboração do Atlas Mundial da Desertificação, publicado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), que é utilizado como base de dados em todo o mundo (CGEE, 2016).

Consideram-se como áreas com susceptibilidade a desertificação, aquelas que possuem índice de aridez entre 0,05 até 0,65. No entanto, o grau de susceptibilidade pode variar de muito alto até moderado. Esta variação tem como base o próprio índice de aridez,

quanto mais seco maior a susceptibilidade a desertificação (MATALLO JÚNIOR; SCHENKEL, 2003).

Matallo Júnior e Schenkel (2003) afirmam que as áreas que são caracterizadas com de susceptibilidade a desertificação muito alta possuem o índice de aridez entre (0,05 até 0,20), alta (de 0,21 até 0,50) e moderada (de 0,51 até 0,65).

O índice de aridez e o grau de susceptibilidade a desertificação não são suficientes para caracterizar áreas de risco, pois este envolve uma série de outros fatores, além de um critério puramente climático. Risco relaciona-se com atividades humanas e do seu uso dos recursos naturais. As áreas de maior risco são aquelas cuja alta susceptibilidade a desertificação se associam com fatores humanos de ocupação, tais como densidade demográfica, formas de manejo, integração aos mercados e índices tecnológicos (MATALLO JÚNIOR; SCHENKEL, 2003).

Para continuar a discussão sobre terras secas, semiárido e Nordeste Brasileiro, são necessárias algumas conceituações. Quando se fala em Nordeste devemos indicar exatamente o nosso objetivo quanto ao estudo da região, pois o Nordeste Político possui áreas que não são pertencentes ao semiárido, possuindo distintos ecossistemas. A região como um todo inclui nove estados da federação brasileira que são: Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia, com 1,5 milhões de quilômetros quadrados (Km<sup>2</sup>), de acordo com o censo demográfico de 2010 (CGEE, 2016).

O Nordeste em decorrência de sua grande extensão territorial apresenta configurações heterogêneas quanto a sua geologia, geomorfologia, rede hidrográfica, vegetação e clima. Isto acarreta uma enorme diversidade paisagística e cultural, o que torna a região grande em potencialidades econômicas.

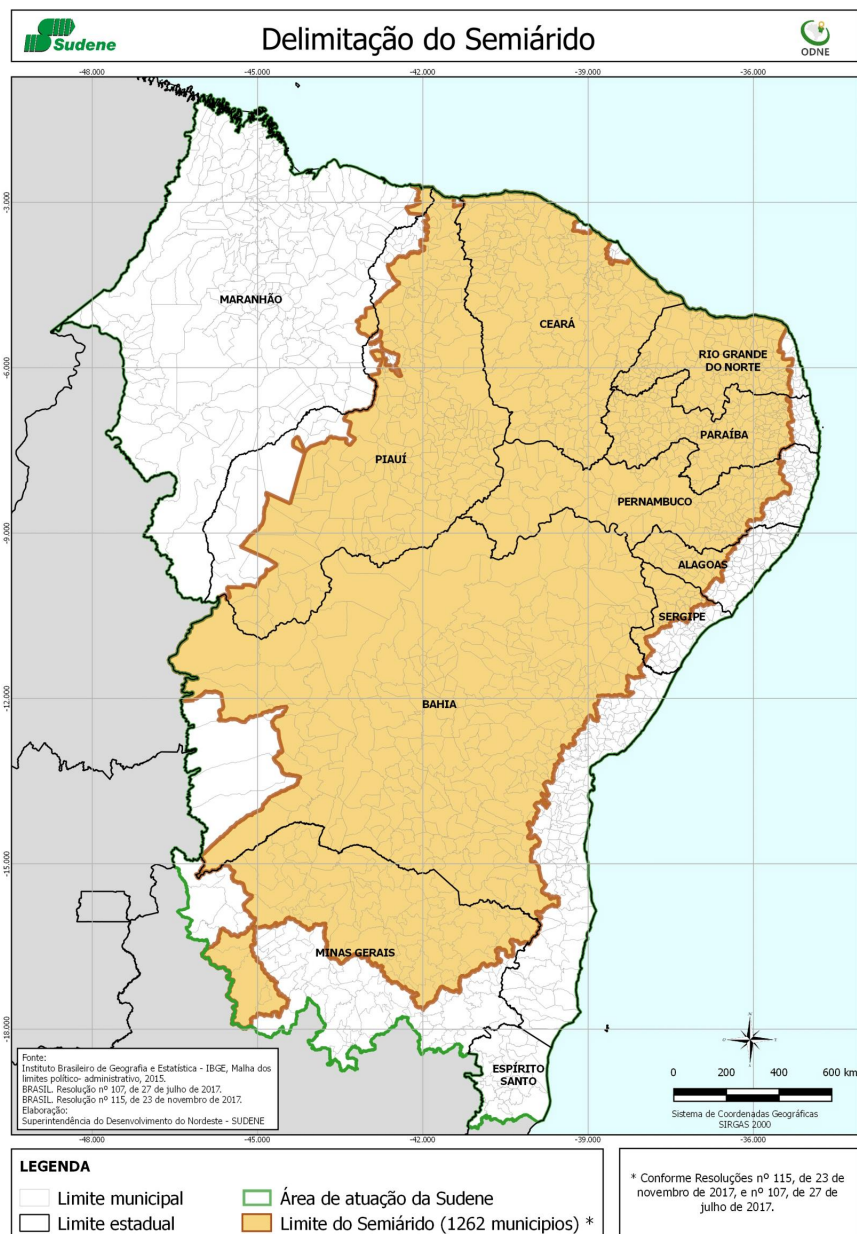
Já o semiárido é composto por 1.262 municípios é uma região com aproximadamente 982.563,3 km<sup>2</sup> e 22,6 milhões de habitantes, que se estende desde o Piauí a Bahia e adentra pelo norte de Minas Gerais, que fica na região sudeste (Figura 2). Os critérios para delimitação do Semiárido foram aprovados pelas Resoluções do Conselho Deliberativo da Sudene de nº 107, de 27/07/2017 e de nº 115, de 23/11/2017. A extensão do semiárido está mais sujeita aos fenômenos de degradação, desertificação e secas (CGEE, 2016).

A maior parte do Nordeste é classificado como pertencente a áreas semiáridas e subúmidas secas, cujo índice de aridez gira em torno de, respectivamente, 0,21 a 0,50 e 0,50 a 0,65 (CGEE, 2016).

Para a delimitação atual do semiárido brasileiro de acordo com Brasil (2004);

Tomou-se por base três critérios técnicos: a) precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 milímetros; b) índice de aridez de até 0,5, calculado pelo balanço hídrico, que relaciona a precipitação e a evapotranspiração potencial, no período entre 1961 e 1990; e c) risco de seca maior que 60%, tomando-se por base o período entre 1970 e 1990. (MI/MMA/MCT, 2005)

Figura 1 – Delimitação oficial do semiárido de acordo com a Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE).



Fonte: SUDENE, 2017

O total de municípios pertencentes ao semiárido nordestino pode ser observado na (Tabela 1).

Tabela 1 – Total de municípios pertencentes ao Semiárido Nordeste.

Semiárido	Nº Municípios	Área (km <sup>2</sup> )	Nº Habitantes	Densidade (Hab/km <sup>2</sup> )
<b>Alagoano</b>	38	12.646	962.641	76
<b>Baiano</b>	278	445.613	7.675.656	17
<b>Cearense</b>	175	146.945	5.827.192	40
<b>Maranhense</b>	2	3.547	213.693	60
<b>Mineiro</b>	91	121.215	1.492.128	12
<b>Paraibano</b>	194	51.335	2.498.117	49
<b>Pernambucano</b>	123	86.145	3.993.975	46
<b>Piauiense</b>	185	200.301	2.805.394	14
<b>Potiguar</b>	147	49.098	1.922.440	39
<b>Sergipano</b>	29	11.106	478.935	43
<b>Total</b>	<b>1.262</b>	<b>1.127.953</b>	<b>27.870.241</b>	<b>25</b>

Fonte: Instituto Nacional do Semiárido (INSA), 2017

O semiárido nordestino está inserido na categoria de terras secas, compondo aproximadamente 63% da região Nordeste e 10% do território brasileiro. De acordo Com Ab'Sáber (1974), se trata de uma área com clima azonal e com uma expressão regional, sendo uma exceção em relação aos climas zonais pertencente a mesma faixa latitudinal. No Brasil, o termo Semiárido remete tanto ao Clima quanto a Região (CGEE, 2016).

Malvezzi (2007) esclarece que o semiárido nordestino é mais chuvoso do planeta: a pluviosidade é, em média, 750 mm/ano (variando, dentro da região, de 250 mm/ano a 800 mm/ano). É também o mais populoso, apresentando uma alta densidade demográfica. O subsolo é formado em 70% por rochas cristalinas, rasas, o que dificulta a formação de mananciais perenes e a potabilidade da água, normalmente salinizada. Por isso, a captação da água de chuva é uma das formas mais simples, viáveis e baratas para se viver bem na região.

Conforme Brasil (2004, p. 3), numa perspectiva geral;

As áreas semiáridas são caracterizadas pelo desequilíbrio entre oferta e demanda de recursos naturais, vis-à-vis as necessidades básicas das populações que nelas habitam. De forma específica, essas porções territoriais apresentam feições variadas, pois são submetidas a condições particulares de clima, solo, vegetação, relações sociais de produção e, em consequência, a distintos modos de vida. As variações na paisagem podem ser mais ou menos acentuadas. Nessas áreas, há momentos em que chove mais ou menos; em que o solo é fértil, já se degradou ou se encontra submetido a intensos processos de desnudamento; em que a vegetação passa a ser mais rala e menos vigorosa; e a escassez ou falta de alimentos básicos passa a constituir ocorrência frequente.

Segundo Melo (1958) e Monteiro (1988) o domínio semiárido está longe de ser homogêneo, manifestando características distintas conforme os fatores geoecológicos locais. Constitui um mosaico variado de paisagens, já bem caracterizado por muitos estudiosos, desempenhando o relevo regional importante papel na determinação das diferenças.

A seca, degradação ambiental e a desertificação são fenômenos distintos e a depender de sua área de ocorrência podem estar intimamente relacionados. Deste modo, é necessário uma conceituação precisa e contextualizada a respeito destes fenômenos e de que forma eles agem isoladamente ou correlacionados (CGEE, 2016).

Duque (1964) reitera que as secas demonstram uma homogeneidade apenas aparente ao semiárido, entretanto, as diferenças físicas, climáticas e ambientais dessa região são evidenciadas pela fácies ecológica das regiões naturais que o integram e respondem por sua diversidade. Lado a lado ou integrando conjuntos variados, convivem na área de ocorrência oficial das secas as regiões naturais do Sertão, do Seridó, do Curimataú, da Caatinga, do Carrasco e dos Cariris Velhos

A Organização Meteorológica Mundial (OMM) propôs, em 1986, o seguinte critério para definir seca: “há seca em uma região quando a precipitação anual for inferior a 60% da normal, durante mais de dois anos consecutivos, em mais de 50% de sua superfície”. Pressupõe, portanto, que os ecossistemas e os sistemas econômicos podem resistir a uma diminuição da precipitação em 40%, durante um ano, mas serão afetados, seriamente, quando o fenômeno se repetir durante dois anos em sequência (apud COLVILLE, 1987).

As áreas mais afetadas pelas secas no Nordeste são aquelas que se situam sob influência direta da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), podendo ser secas anuais ou plurianuais. As evidências disponíveis indicam que a variabilidade climática decorrente da ação da ZCIT é combinada com os fatores que determinam o regime pluviométrico na Zona da Mata e no Nordeste meridional. Quando essa união de fatores se articula é que ocorrem as

secas de amplas proporções anuais (como as de 1951, 1958 e 1970) e plurianuais (como a de 1979-1983) (NOBRE; BARROS; MOURA FÉ, 1993).

Globalmente, a área afetada pela seca aumentou mais de 50% no século XX, paralelamente as transformações sobre as áreas úmidas permaneceram praticamente inalteradas. É necessário ressaltar que enchentes e secas andam em conjunto. Particularmente, a seca é um fenômeno natural, cuja duração e extensão apresentam um caráter aleatório. Apesar disso, cientistas atribuem alguma relação com o fenômeno El Niño. Durante os eventos do El Niño, a seca é endêmica na Austrália, Indonésia, sudeste da Ásia, Nordeste do Brasil, e partes da África. Mas durante o evento La Niña, as localizações preferenciais de seca mudam para outras partes do mundo, incluindo a América do Norte e a América do Sul (OVERPECK; TRENBERTH, 2003).

As zonas semiáridas e subúmidas secas têm nas secas uma marca comum às zonas áridas, pois esse fenômeno climatológico é caracterizado pela ausência, escassez, frequência reduzida, quantidade limitada e má distribuição das precipitações pluviométricas durante as estações chuvosas (BRASIL, 2004)

Segundo Brasil (2004) as secas não se sucedem de forma uniforme ao longo dos espaços semiáridos do Nordeste. Pode haver anos com seca total, com efeitos observados em todas as áreas da Região Semiárida, e anos com seca parcial, em que os problemas da seca são verificados apenas em algumas áreas dos estados do Nordeste.

De acordo com Brasil (2004, p. 5);

A seca ocorre frequentemente em áreas afetadas pela desertificação, correspondendo a uma característica do clima regional no que se refere as suas principais determinações causais. A relação entre a desertificação e a seca, por um lado, e a influência humana, de outro, ainda não foi completamente explicada. Secas ocasionais (devidas à sazonalidade ou às variações interanuais das chuvas) e secas severas de longos períodos podem ser causadas ou agravadas pela influência humana sobre o meio ambiente (redução da cobertura vegetal, mudança do efeito de albedo, mudanças climáticas locais, efeito estufa etc.). Assim, as atividades humanas contribuem para acelerar o processo de desertificação, agravando suas consequências negativas sobre as pessoas.

Para Matallo Júnior (2001, p. 29) são feitas muitas associações errôneas entre os conceitos de seca e desertificação.

Muitas associações são feitas entre desertificação e seca. Alguns pensam que seca e desertificação são um único e mesmo fenômeno e que, portanto, se conseguirmos eliminar os efeitos da seca (provendo água) acabaremos também com a desertificação. Outros imaginam que a desertificação é um processo que pode levar a um aumento ou intensificação das secas e a mudanças climáticas e que, portanto, a única finalidade de combater a desertificação é evitar a mudança do clima. Há

aqueles que acreditam que a seca é causa da desertificação e, portanto, se gerenciarmos corretamente as secas estaremos impedindo a desertificação. Finalmente, há aqueles que acham que a desertificação não passa de um mito, originado do processo de expansão temporária do Saara, ou mesmo uma invenção para captar fundos dos países desenvolvidos.

Conforme Matallo Júnior (2001) estas associações equivocadas apresentam diversas causas, podemos citar dentre elas: A seca é um fenômeno mais antigo e mais "visível" do que a desertificação; A desertificação é um processo que ocorre durante lapsos de tempo relativamente grandes (10 ou mais anos), enquanto a seca é um evento marcado claramente no tempo; Isso faz com que as perdas de produtividade e da produção sejam atribuídas às secas, muito mais visíveis do que a desertificação; Em muitos casos o processo de desertificação não alcança a "condição de deserto", o que pode dificultar sua visualização; Falta de acompanhamento de campo do comportamento da produtividade, erosão etc..

O fenômeno da degradação ambiental é amplo e é ocasionado por uma multiplicidade de fatores, sendo a desertificação uma forma específica de degradação ambiental, quando está ocorre em regiões áridas, semiáridas e, subúmidas secas.

Reis (1988) utilizou outra terminologia para a definição atual de degradação ambiental, ele afirma que o uso inadequado do suporte físico vai, aos poucos, destruindo a flora e a fauna, diminuindo a capacidade produtiva dos solos, extinguindo as nascentes e assoreando os mananciais, e que nos ambientes com uma maior fragilidade ou susceptibilidade, o desgaste tende a se processar de modo mais intenso, como é o caso dos ambientes com solos de alta erodibilidade e/ou com chuvas de alta erosividade, com relevo movimentado e/ou, ainda, com ventos de alta intensidade. O autor propõe a utilização de "esterilização ambiental", por ser mais pertinente para traduzir a extinção da fauna, a devastação da flora e a perda progressiva da capacidade produtiva do solo.

O conceito introduzido em Brasil (2000), institui a nomenclatura de áreas degradadas ou paisagens degradadas, atualizando o termo degradação ambiental, e que são locais onde existem (ou existiram) processos causadores de danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como a qualidade produtiva dos recursos naturais que envolvem: a atmosfera, águas interiores, superficiais e subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo, os elementos da biosfera, a fauna e a flora.

Para Lemos (2001), a degradação ambiental pode ser entendida como uma destruição, deterioração ou desgaste do meio ambiente. Balsan (2006) discorre que, o homem

atua como agente modificador da paisagem e possui responsabilidade pelos impactos causados no espaço ambiental. A questão dos impactos causados pela degradação ambiental é complexa e exige conhecimentos multidisciplinares por parte dos atuantes no manejo do solo ou de outros elementos naturais bem como aqueles que atuam nas políticas públicas.

Machado et al. (2013) e Hora et al. (2015) afirmam que, no Brasil, as atividades antrópicas decorrentes do crescimento econômico (Ex.: construção de estradas, atividades industriais e agrícolas mal planejadas, formação de pastagens), tem resultado em 10% de área degradada no país. Além disso, a supressão vegetal pode eliminar os meios de regeneração biótica.

A desertificação é uma forma de degradação ambiental que possui sua área de ocorrência em regiões com clima semiárido, árido e, subúmido seco, possuindo baixos valores de índice de aridez, e está frequentemente relacionado a ocorrência sazonal de secas.

Ab'Saber (1977, p. 1) define desertificação como “processos parciais, pontuais ou areolares, suficientemente radicais para designar degradações irreversíveis da paisagem e dos tecidos ecológicos naturais”.

Rodrigues (1987), explica que a desertificação deve ser compreendida como um fenômeno integrativo de processos econômicos, sociais e naturais que destroem o equilíbrio do solo, da vegetação, do ar e da água, bem como a qualidade de vida humana, nas áreas de ocorrência de uma aridez edáfica e/ou climática. Evidenciando como causas mais frequentes deste fenômeno, algumas atividades humanas, como: sobrepastoreio, irrigação, desmatamento, mineração e cultivo excessivo, além do sistema de propriedade da terra e da superpopulação

A desertificação é o resultado acumulado de um contexto climático severo e da utilização inapropriada das terras. Quatro atividades humanas são as mais impactantes para o aumento da severidade deste fenômeno; o cultivo excessivo que desgasta os solos, o sobrepastoreio e o desmatamento que destroem a cobertura vegetal que protege o solo da erosão, e a prática da irrigação em terras inapropriadas provocando, entre outros impactos, a salinização dos solos (RICHÉ et al., 1994).

Conforme Conti (1995) A desertificação é um processo e, portanto, dinamismo. Deve ser entendida como um conjunto de fenômenos que conduz determinadas áreas a se transformarem em desertos ou a elas se assemelhem. O importante ao estudar a



desertificação é que sejam ressaltados e devidamente analisados os aspectos referentes à natureza do fenômeno; à escala espacial em que se manifesta; aos fatores envolvidos; ao papel dos mecanismos naturais ou da ação antrópica; à questão da irreversibilidade ou não dos efeitos do processo.

O grau de severidade da desertificação é condicionado por alguns fatores que variam, no tempo, com a região ou país. Para a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), os fatores responsáveis pela maior severidade da desertificação podem ser qualificados como: O rigor das condições climáticas durante o período considerado; pressão populacional e o padrão de vida das pessoas envolvidas; e O nível de desenvolvimento do país e a qualidade das medidas preventivas adotadas (FAO, 2000).

Para Suertegaray (2001) o processo de desertificação é exclusivo para demonstrar a degradação do solo, vegetação e água em condições climáticas particulares, assim como períodos secos prolongados, baixos índices pluviométricos e presença de aridez

Além das secas, a degradação das terras nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, chamada de desertificação, é resultante de vários fatores, incluindo aqueles causados por variações climáticas e atividades humanas, sendo que esta última diz respeito, principalmente, ao uso inadequado dos recursos naturais (BRASIL, 2004).

A agricultura irrigada ou agricultura de sequeiro, têm contribuído para intensificar impactos ambientais capazes de potencializar os processos de desertificação (BRASIL, 2004).

Segundo Brasil (2004, p. 36);

A irrigação constitui prática que tem agregado grandes benefícios à agricultura. Há evidências a esse respeito em vários países, inclusive no Brasil. O Nordeste é uma das regiões brasileiras mais beneficiadas nesse sentido. Realizada de forma inadequada e sem o recurso à drenagem, a irrigação produz impactos indesejáveis em qualquer área semiárida. Diz-se que um solo submetido à irrigação está salinizado quando a concentração de sais nesse terreno se eleva a ponto de prejudicar o rendimento econômico das culturas. A salinização do solo afeta a germinação e a densidade das culturas, bem como seu desenvolvimento vegetativo, reduzindo a produtividade das lavouras. Nos casos limites, a salinização pode levar à morte generalizada das plantas, inviabilizando o cultivo das terras afetadas.

As causas e, paralelamente, as consequências da degradação e da desertificação são, frequentemente, a pobreza e a insegurança alimentar aliadas com as variações severas do ciclo hidrológico, como secas e enchentes (BRASIL, 2004).

O conceito oficial da desertificação foi proposto pela UNCCD, que a define como: degradação de terras nas zonas áridas, semiáridas, e subúmidas secas, resultantes de vários fatores, incluindo as variações climáticas e as atividades humanas (CEARÁ, 2010).

Para Lima e Magalhaes (2016, p. 233);

A desertificação começa com o desmatamento da Caatinga – motivado por várias atividades, como a agricultura, a pecuária, a produção de lenha e carvão e a expansão urbana, entre outras – e prossegue com o uso não sustentável da área, com técnicas que aceleram processos de degradação, erosão e perda de biodiversidade e causam, finalmente, uma queda na produtividade das atividades econômicas, em particular da agricultura. No extremo, as áreas desertificadas se tornam impróprias para a produção agrícola, devido à perda de produtividade, sobretudo na agricultura de sequeiro.

Para Matallo Júnior (2009) existe uma grande discussão sobre as diferenças entre desertificação e desertização ou formação de desertos. Ele pontua, que os conceitos são absolutamente distintos. Desertos é o resultado da evolução climática e desertificação é o resultado do manejo inadequado dos recursos naturais nas zonas áridas

Segundo Ceará (2010);

O conceito de deserto não conflita com a desertificação. Deserto pressupõe a ocorrência do clima essencialmente árido, onde a evaporação potencial apresenta grande superávit em relação à precipitação anual. Há, por consequência, carência de água e muito baixo desenvolvimento da biosfera. Os processos erosivos são comandados pela evidente primazia da morfogênese mecânica, onde as ações eólicas são exacerbadas. A drenagem além de rarefeita possui escoamento esporádico ou intermitente e os solos, além de pouco desenvolvidos ou ausentes, são pedregosos, limitando profundamente a expansão da biosfera.

A seca e a escassez de água podem contribuir para a desertificação, mas as principais razões para intensificação deste fenômeno são; o sobre pastoreio, o aumento da frequência de incêndios, o desmatamento e/ou extração exagerada das águas subterrâneas. Todos estes elementos estão presentes no Nordeste do Brasil, mais intensamente no semiárido, uma região cada vez mais sujeita aos impactos exacerbadores das mudanças climáticas (CGEE, 2016).

Segundo Brasil (2004, p. 32);

A desertificação é potencializada durante as grandes secas, quando, em lugar de meses estiadados no correr do ano, contabilizam-se anos estiadados durante uma determinada década, como ocorreu com a seca de duração quinquenal, do período 1979-1983. Nesse período, morreram de sede até mesmo espécimes resistentes à seca de plantas, como a Jurema, o Marmeleiro, o Quipá e o Caruá, em áreas do Sertão Central de Pernambuco, do Sertão Central e dos Inhamuns, no Ceará, ou do Sertão de Canudos, na Bahia.

As políticas públicas para o Nordeste semiárido permaneceram por muitos anos focadas principalmente na questão do combate às secas, norteadas por obras de engenharia hidráulica, sem preocupação com a preservação, a recuperação ambiental e o uso sustentável dos recursos naturais. (LIMA; MAGALHAES, 2016).

Dito isto, o processo de desertificação no semiárido nordestino ganhou relevância somente a partir da realização das conferências mundiais acerca do combate desertificação (iniciadas em 1977), e com a implementação do programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação (PAN-Brasil). Estes em conjunto nortearam posteriormente as diretrizes dos programas de Ação Estadual de Combate à Desertificação (PAEs).

## **2.2 Cronologia dos Estudos de Desertificação**

A expressão desertificação foi mencionada inicialmente pelo pesquisador francês Louis Lavauden em 1927, entretanto, foi durante os anos 1940 com André Aubreville que esse termo se popularizou, devido a uma década de experiências relacionadas com a degradação da terra na grande planície Americana, causada entre outros motivos por exploração intensiva do solo, e nove anos de secas ininterruptas, que afetaram a região de 1929 a 1936 (MATALLO JÚNIOR, 2009).

De acordo com (GLANZT; ORLOVSKY, 1983) Aubreville discutiu;

a desertificação em sua obra, intitulada *Climats, Forêts et Désertification* (1949), sua pesquisa leva a reflexão sobre os locais onde a desertificação pode ocorrer, realizando estudos nas florestas tropicais da África com a utilização das isoietas como parâmetro de análise. Tal método possibilitou ao pesquisador a observação da existência de isoietas de 700 a 1.500 mm, sendo que nestas localidades estavam surgindo desertos devido à elevada taxa de destruição, resultante das atividades humanas

Para Matallo Júnior e Schenkel (2003, p. 9);

A história do conceito de desertificação tem início na década de 30, quando intensos processos de degradação ocorreram em alguns estados do meio oeste americano. Durante este período houve desmatamentos constantes e intenso processo de exploração do solo por meio da agricultura e da pecuária, que foram intensificados por uma seca severa entre os anos de 1929 e 1932, estes processos ficaram conhecidos como Dust Bowl.

Nesta época, os estados americanos de Oklahoma, Kansas, Novo México e Colorado sofreram grandes perdas econômicas e ambientais, resultando em uma área devastada de mais de 300.000 Km<sup>2</sup>. Este foi o primeiro grande alerta sobre os potenciais problemas de áreas com climas semiáridos e sujeitos a seca. Posteriormente graves

ocorrências foram identificadas nos demais continentes. Durante os anos 60 o continente africano foi bastante impactado por estes eventos (MATALLO JÚNIOR; SCHENKEL, 2003).

Marcados profundamente pelo processo de descolonização, por mudanças significativas nos modelos de exploração dos recursos naturais, e pela incidência de secas severas, a região do Sahel mostrou ao mundo a gravidade ambiental, social e econômica da desertificação (MATALLO JUNIOR; SCHENKEL, 2003).

Matallo Junior e Schenkel (2003, p. 9) salientam que;

Outro exemplo de preocupação com o avanço da desertificação no continente africano diz respeito a sedentarização das populações anteriormente nômades, mudanças nos modelos tradicionais de exploração dos recursos naturais, desmatamento intenso para produção de energia e incorporação de novas terras ao processo produtivo, aliados aos problemas históricos de pobreza e desigualdade social, formam o complexo conjunto de práticas que contribuem com o avanço da desertificação no continente africano.

Para Conti (2008);

As pesquisas sobre desertificação sempre estiveram associadas às preocupações mais amplas de ordem ecológica, as quais ganharam destaque após a Conferência sobre o Meio Ambiente, em Estocolmo, em 1972. Desse encontro resultou o relatório Estudo do Impacto Humano no Clima (*Study on Man's Impact on Climate – SMIC*), escrito por especialistas, documento que serviu de base para a criação, em 1977, do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), ou *United Nations Environmental Program* (UNEP), com a finalidade, entre outras, de compilar e divulgar problemas relacionados com a desertificação em todo o mundo, a partir do qual se estruturou um setor científico bem definido: o *ambientalismo*, estreitamente vinculado à Ecologia e à Geografia.

Conti (2008), pontua que;

Seguindo essa mesma linha, a Assembléia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU) decidiu, em 1974, pela realização de uma Conferência Mundial sobre Desertificação, em Nairobi, Quênia, em agosto/setembro de 1977. A motivação desse simpósio internacional, que contou com a participação de 95 países, 50 entidades ligadas à ONU, oito organizações intergovernamentais e 65 não governamentais (ONGs), foi a prolongada estiagem que se abateu sobre a região subsaariana do Sahel, entre 1968 e 1973, com graves consequências ambientais e humanas, afetando seis milhões de pessoas e um rebanho estimado em 25 milhões de cabeças, 40% das quais pereceram, vitimadas pela fome.

Matallo Junior e Schenkel (2003) discorrem que a persistência dos problemas ecológicos e socioeconômicas ligados aos fenômenos da seca e da desertificação, a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992, relançou o debate iniciado anteriormente em 1977 na cidade de Nairóbi, no Quênia, pela adoção de ações firmes no combate à desertificação.

De acordo com Lima e Magalhães (2016, p. 234).

A realização no Brasil, em 1992, da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED), conhecida como Rio 92, suscitou um movimento para procurar elevar o nível de conscientização no mundo e no Brasil sobre a questão das regiões semiáridas. Sob a liderança do governo do estado do Ceará e com a participação de uma instituição da sociedade civil, a Fundação Grupo Esquel Brasil (FGEB), 1.300 representantes de 45 países de todos os continentes e de grande número de instituições nacionais e internacionais se reuniram em Fortaleza, em janeiro de 1992, na I Conferência Internacional sobre Impactos de Variações Climáticas e Desenvolvimento Sustentável em Regiões Semiáridas (ICID).

Os cientistas e os agentes tomadores de decisão reunidos na ICID aportaram contribuições significativas para o conhecimento sobre a temática das terras secas no mundo e aprovaram a Declaração de Fortaleza, na qual chamaram a atenção do mundo para a questão que afeta as populações e os recursos naturais dessas regiões (LIMA; MAGALHÃES, 2016).

As contribuições científicas aportadas pela primeira ICID, assim como a Carta de Fortaleza, foram discutidas na Rio 92, gerando contribuições fundamentais para que, na conferência, fosse recomendada a negociação de uma convenção específica sobre as terras secas (LIMA; MAGALHÃES, 2016).

Durante a Rio 92, foi aprovada a criação do Comitê de Negociação Intergovernamental (INCD, na sigla em inglês) com o objetivo de elaborar o texto-base da convenção, como os documentos necessários ao seu funcionamento. Do lado brasileiro, este processo foi conduzido pelo Itamaraty, ancorados por algumas universidades do Nordeste, por organizações da sociedade civil do Nordeste e pela FGEB, que havia organizado a ICID 1992, em Fortaleza (LIMA; MAGALHÃES, 2016).

A rio 92 foi importante no processo de organização de três novas convenções, a Convenção Quadro sobre Mudanças Climáticas, a Convenção sobre Diversidade Biológica e, a Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação nos Países Afetados por Seca Grave e/ou Desertificação, particularmente na África.

A comunidade internacional optou pela realização de uma convenção internacional, reconhecendo que a desertificação é um problema ecológico e econômico global e que necessita de ações firmes e imediatas. A partir disto, a Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação e seca foi adotada em 17 de junho de 1994 (MATALLO JUNIOR; SCHENKEL, 2003).

Para Lima e Magalhães (2016, p. 235);

O texto da UNCCD foi aprovado em 17 de junho de 1994, em Paris, data que se transformou no Dia Mundial de Luta contra a Desertificação. A convenção entrou em vigor em 26 de dezembro de 1996 e já foi ratificada por 193 países (UNCCD, [s. d.]). No Brasil, o Congresso Nacional ratificou a convenção no dia 12 de junho de 1997.

Segundo Matallo Júnior e Schenkel (2003) a resposta ao avanço da desertificação vem sendo almejada pela da comunidade internacional, tendo como um dos seus principais instrumentos a implementação da Convenção das Nações Unidas de Combate à desertificação e seca.

A UNCCD é o principal instrumento de pesquisa e planejamento para o enfrentamento dos processos de desertificação, degradação da terra, e mitigação dos efeitos da seca. Sendo Instituição norteadora de desenvolvimento sustentável e planos de ação para as diversas terras secas do planeta. A UNCCD é uma convenção sui generis, no sentido de que não trata de um tema específico, mas tem um foco espacial nas chamadas terras secas do planeta. (CGEE, 2016).

Lima e Magalhães (2016, p. 237) complementam;

A UNCCD tem um arranjo institucional que inclui: a Conferência das Partes, que é o órgão supremo da convenção, composto por representantes de todos os países signatários; a Secretaria Permanente, ou Secretaria Executiva, que está localizada em Bonn, na Alemanha, e que coordena todas as ações da convenção e organiza as reuniões da COP e dos comitês; o Comitê de Revisão da Implementação da Convenção (CRIC); o Comitê de Ciência e Tecnologia (CST); e o Mecanismo Global (GM), incumbido de promover medidas para viabilizar recursos para os países afetados. Para avançar no conhecimento científico sobre desertificação, o CST, desde 2009, realiza conferências científicas mundiais a cada dois anos.

Cada país indica um ponto focal para tratar dos assuntos da convenção, os países indicam frequentemente, um ponto focal político e um órgão técnico para as atividades internas. No Brasil, o ponto focal técnico é o Ministério do Meio Ambiente (MMA), enquanto o ponto focal político é o Ministério das Relações Exteriores (MRE), por meio da Divisão de Meio Ambiente (Dema). (LIMA; MAGALHÃES, 2016).

Lima e Magalhães (2016, p. 237) ratificam que;

A partir de 2003, também foram adotadas, no Brasil, as figuras do ponto focal parlamentar e do ponto focal da sociedade civil, em uma estratégia de construção participativa do Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos de Seca (PAN Brasil), com o objetivo de criar uma rede interativa para o combate à desertificação envolvendo os níveis federal e estadual, bem como políticos (parlamentares) e comunidades diretamente impactadas. Internamente, no país, foram designados pontos focais técnicos em cada estado da região afetada (estados do Nordeste, além de Minas Gerais e do Espírito Santo).

O Brasil possuiu papel de destaque no planejamento e desenvolvimento de diretrizes mundiais de combate e convivência com a desertificação, além de se constituir como referência na elaboração e implementação de programas nacionais e estaduais acerca desta temática.

### **2.3 Desertificação no Brasil**

De acordo com Brasil (2005) o processo da desertificação passou a ser estudado com mais rigor no Brasil na década de 1970. A maioria dos estudiosos da matéria concorda com as proposições da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação a respeito dos fatores determinantes desse fenômeno, isto é, que é resultante de vários fatores, incluindo variações climáticas e atividades humanas.

O Prof. João Vasconcelos Sobrinho tem sido considerado um pioneiro nos estudos sobre a desertificação no Brasil. Sua trajetória teve início com a publicação, em 1971, da monografia intitulada Núcleos de Desertificação no Polígono das Secas, onde apresenta as primeiras ideias sobre os núcleos de desertificação (MATALLO JÚNIOR, 2001).

Na concepção de Vasconcelos Sobrinho, desertificação é o processo de degradação dos ecossistemas por causas naturais ou pela ação do homem, ou por ambas conjugadas, tornando as áreas onde ocorre impróprias para a ocupação humana e podendo conduzir à formação de desertos. Para ele, são nas terras áridas e semiáridas e nas marginais subúmidas onde se produz a desertificação, cujas causas são necessárias determinar. O autor destacou também que a humanidade ainda não se conscientizou do perigo do fenômeno, que existe o processo no Brasil e que é amplo e grave, já sendo possível encontrar núcleos de desertificação (FUNDAÇÃO VINGT-UN ROSADO, 1990).

Para Vasconcelos Sobrinho (1982, p. 26) uma evidência marcante sobre a ocorrência do processo de desertificação;

E dada pela forma com que aparecem determinadas manchas de solo no semiárido nordestino. Essas manchas apresentam-se descarnadas, como espécies de erupções epidérmicas. São áreas de solos rasos, quase que reduzidas ao afloramento rochoso, sem capacidade de retenção de água, pois, cessadas as chuvas, elas ficam imediatamente desidratadas. Os solos dessas áreas também apresentam deficiências em matéria de nutrientes, que contribuem para potencializar sua vocação para a desertificação. O clima é o mesmo das áreas mais próximas, observando-se as diferenças específicas em função do tipo de solo. Significa dizer que, ao lado dos fatores gerais que comandam os processos de desertificação, há fatores locais determinados pelas condições de solo. Por isso é possível encontrar manchas férteis de solos ao lado de manchas desertificadas ou em processo de desertificação

Vasconcelos Sobrinho (1982, p. 26) ressalta que;

É a ocorrência – isolada ou agregada – dessas manchas que comanda o processo de constituição das áreas denominadas por Vasconcelos Sobrinho como Núcleos de Desertificação. De amplitude variada, as manchas que indicam a formação desses núcleos apresentam o horizonte principal do solo fortemente erodido (restrito ao afloramento rochoso). Nesses locais a vegetação recupera-se pouco ou não se recupera, mesmo nos períodos de chuva. Os Núcleos de Desertificação têm uma dupla importância conceitual: ora se caracterizam como o efeito máximo do processo de degradação ambiental, ora representam seu indicador mais importante. Esses núcleos apresentam a tendência de se expandirem, em detrimento das áreas vizinhas

Em (1982) Vasconcelos Sobrinho divulgou um dos primeiros estudos acerca da desertificação no país, selecionando, empiricamente, seis áreas piloto, onde existiam processos de degradação do solo e da cobertura vegetal, nos Estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Bahia.

Baseado nos estudos de Vasconcelos Sobrinho (1982), o Ministério do Meio Ambiente financiou visitas a campo de um grupo de pesquisadores a esses núcleos de desertificação. Dentre elas, quatro foram caracterizadas como de alto risco à desertificação ficando conhecidas como Núcleos de Desertificação de Gilbués (PI), de Irauçuba (CE), do Seridó (RN) e de Cabrobó (PE) (BRASIL, 2007).

Para Santos e Lima (2004, p. 49):

O impacto da desertificação nesses quatro núcleos é variável, pois a natureza geológica e os tipos de solos também são distintos. Os solos no Núcleo de Gilbués pertencem à classe dos Latossolos e Argissolos, enquanto os de Irauçuba são da classe dos Planossolos. No Núcleo do Seridó predominam os tipos Luvisolos, Neossolos Litólicos, Planossolos e Neossolos Flúvicos. No Núcleo de Cabrobó os solos são arenosos, permeáveis e não retêm as águas da chuva em condições de serem utilizadas pelas plantas.

De acordo com Alves, Souza e Nascimento (2009, p. 145)

Os núcleos de desertificação são áreas isoladas cujas condições de degradação da vegetação e solos (erosão hídrica, química) denunciam claramente a diminuição de sua capacidade produtiva. Esses núcleos de desertificação constituem pequenas áreas de formas variadas e pontuais, lineares e areolares - em que os solos se apresentam fortemente degradados: o horizonte superficial decapitado pela erosão laminar ou retalhados pelos ravinamentos, alguns destes chegam a ser medianamente profundos (nas acumulações colúviais dos pés-de-serra, e dos terraços fluviais) e por vezes, por certos movimentos de massa de pequena dimensão

A ocupação das áreas onde estão situados esses núcleos são variáveis, ainda que as atividades predominantes estejam quase que totalmente ligadas à agropecuária. As exceções ficam por conta dos Núcleos de Gilbués e do Seridó, onde a exploração mineral apresenta um relevante papel econômico, mas também contribuiu fortemente para ampliar o processo de desertificação (ALVES; SOLZA; NASCIMENTO, 2009).



Várias iniciativas foram criadas nos últimos anos com o objetivo de agrupar países e blocos econômicos na implementação de medidas de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca. Dentre elas, podemos citar: Iniciativa Latino-americana e Caribenha de Ciência e Tecnologia para a implementação da UNCCD (ILACCT) e, o Programa de Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento das Terras Secas da América Latina e do Caribe (AridasLAC).

O Brasil como membro signatário da UNCCD, assumiu o compromisso de buscar alternativas que minimizem os efeitos deletérios do processo de degradação das terras em regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas. Para ter um documento norteador, o Ministério do Meio Ambiente elaborou o Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – PAN-Brasil, que estabeleceu como objeto de atuação as Áreas Suscetíveis à Desertificação – ASD's. Essas áreas foram assim denominadas por estarem em condições climáticas bastante vulneráveis, conforme a Convenção, e onde, em geral, são desenvolvidas atividades predatórias que degradam os solos, os recursos hídricos e a biodiversidade, agravando de forma significativa as condições de sobrevivência humana (FUNCEME, 2015).

Os países-membros da convenção se comprometem a desenvolver uma série de funções que exigem institucionalização adequada, com capacidade técnica e política requerida para o cumprimento das obrigações assumidas; em especial, o PAN, os programas sub-regionais, a articulação interinstitucional e intergovernamental, a promoção de redes de pesquisadores e o avanço no conhecimento sobre degradação de terras, desertificação e secas. (LIMA; MAGALHÃES, 2016).

O Ministério do Meio Ambiente desenvolveu, desde o início de 1995, uma série de atividades relacionadas a desertificação no Brasil, com objetivo de implementar as diretrizes da Convenção de Combate à Desertificação no Brasil. Podemos citar como medidas iniciais a elaboração de estudos básicos, materiais de sensibilização, cursos de capacitação, apoio a ações de nível local e diversos acordos de cooperação com outras instituições (MATALLO JUNIOR; SCHENKEL, 2003).

Em dezembro de 2004, de acordo com (BRASIL, 2007);

O Brasil cumpriu com um dos compromissos básicos dos Países-Partes da UNCCD: a elaboração do Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAN-Brasil). Este Programa representou um marco nas políticas públicas voltadas para o desenvolvimento sustentável no país, uma vez que foi construído de forma amplamente participativa. Em seu processo de

elaboração, foram envolvidas nas discussões instituições de governo nas esferas federal e estadual e também da sociedade civil com representantes das comunidades locais diretamente afetadas pela desertificação.

O PAN-Brasil é definido como instrumento balizador para a implementação de ações articuladas no controle e no combate à desertificação, bem como para a ampliação dos acordos sociais envolvendo os mais diversos segmentos da sociedade (BRASIL, 2004).

De acordo com as diretrizes do Ministério do Meio Ambiente de uma política ambiental integrada; participação e controle social; desenvolvimento sustentável; e fortalecimento do Sistema Nacional de Meio Ambiente – o PAN-Brasil procurou integrar ações e programas dos vários ministérios, levando em conta as demandas de governos locais e da sociedade, e, com isto, o pressuposto da democracia participativa. (BRASIL, 2004).

Um outro aspecto de avanço considerável foi a delimitação das Áreas Susceptíveis à Desertificação do Brasil (ASD). Durante a elaboração do PAN-Brasil, ficou evidente que há necessidade de se promoverem e aprofundarem estudos e pesquisas sobre o processo de desertificação no país. A etapa inicial desse processo foi alcançada com a delimitação das ASD (BRASIL, 2007).

O PAN-Brasil assume importância na medida em que almeja criar condições de prosperidade para uma região com grandes déficits sociais e produtivos, resultantes de uma história ambiental, social, econômica e política, que configuraram um quadro muitas vezes desolador de pobreza e miséria. (BRASIL, 2004).

## **2.4 Áreas de Susceptibilidade a Desertificação**

As Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASD) são as áreas de entorno das áreas semiáridas, e subúmidas secas. Apesar das áreas de entorno formalmente não se enquadrarem no padrão climático designado como susceptível à desertificação, o motivo de serem incluídas justifica-se pelo fato de possuírem elevada ocorrência de secas além de enclaves de vegetação típica do semiárido brasileiro, como a caatinga (BRASIL, 2007).

Segundo as definições da UNCCD aplicadas ao caso brasileiro, as Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASD) concentram-se, predominantemente, na região Nordeste do país, incluindo os espaços semiáridos e subúmidos secos, além de algumas áreas igualmente afetadas pelos fenômenos da seca nos estados de Minas Gerais e do Espírito Santo, na região do sudeste brasileiro adjacente aos espaços subúmidos secos ou semiáridos (BRASIL, 2004).

O termo área susceptível a desertificação (ASD), foi delimitado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) do Brasil e envolve o semiárido e áreas de seu entorno, agregando os biomas do Cerrado e do Agreste, consideradas áreas subúmidas secas. As ASDs correspondem a 15% do território brasileiro (MMA, 2007). Logo, representa um contexto que demanda políticas públicas específicas importantes para o combate à pobreza e a melhoria das condições de vida de parte significativa da população brasileira (BRASIL, 2005)

Os estados com maior número de municípios vulneráveis na ASD, são o Ceará que apresentou 100% de comprometimento do seu território, em segundo o Piauí (96,85%), terceiro Rio Grande do Norte (94,61%) e Paraíba com 93,27% em quarto lugar (BRASIL, 2005).

As Áreas Susceptíveis à Desertificação no Brasil foram delimitadas de acordo com as diretrizes da UNCCD, que tomam por base a classificação climática de Thornthwaite (1941). Esta classificação é baseada no Índice de Aridez, que corresponde à razão entre as médias anuais de precipitação e evapotranspiração potencial (BRASIL, 2004).

Segundo Brasil (2007, p. 18);

As áreas brasileiras susceptíveis à desertificação foram definidas seguindo os pressupostos norteadores da UNCCD, que propõem a adoção do índice de aridez (IA), base da classificação climática de Thornthwaite (1941). Este índice é calculado pela razão entre a precipitação pluviométrica e a evapotranspiração. Os parâmetros para a determinação do índice de aridez foram calculados pelo Prof<sup>o</sup> José Ivaldo Barbosa Brito da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, que em sua tese de doutorado determinou equações empíricas para estimá-los para o Nordeste.

De acordo com Brasil (2004, p. 33);

Além do critério do Índice de Aridez, as áreas em processo de desertificação são caracterizadas a partir do uso de indicadores relacionados à propriedade e uso dos solos em áreas com isoietas pluviométricas, situadas no limite de 500 mm (áreas mais secas do semiárido). Essa abordagem foi utilizada por pesquisadores do CPATSA, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. Neste sentido, foram estabelecidos níveis de degradação ambiental (severo, acentuado, moderado e baixo), segundo os tipos de associações de solos (Luvissolos, Litólicos etc.), o relevo (suave ondulado, ondulado etc.), a sensibilidade à erosão (forte, muito forte, moderada) e o tempo de ocupação do solo (longo, médio, recente). A partir daí foram calculados os percentuais dos níveis de degradação ambiental.

O Pan- Brasil possui papel decisivo nas ASD, no tocante a elaboração de pesquisas sobre o processo de desertificação, e estratégias de combate e mitigação dos seus efeitos.

Segundo Brasil (2004, p. 14);

As ações do PAN-Brasil serão executadas, majoritariamente, no Nordeste brasileiro, onde se encontram espaços climaticamente caracterizados como semiáridos e subúmidos secos. Tais espaços estão inseridos em terras dos Estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e norte de Minas Gerais. Mas há áreas dos Estados do Maranhão e do Espírito Santo onde as características ambientais, hoje vislumbradas, sugerem a ocorrência de processos de degradação tendentes a transformá-las em áreas também sujeitas à desertificação, caso não sejam ali adotadas medidas de preservação e conservação ambiental.

Brasil (2004, P. 14) complementa;

O espaço objeto da atuação do PAN-Brasil, caracterizado como Áreas Susceptíveis à Desertificação – ASD, são descritos a seguir: Núcleos de Desertificação; Áreas semiáridas e Subúmidas Secas; Áreas do Entorno das Áreas semiáridas e Subúmidas Secas; Novas Áreas Sujeitas a Processos de Desertificação; Características Principais das Áreas Susceptíveis à Desertificação – ASD; Relação das ASD com o Bioma Caatinga, o Polígono das Secas e a Região semiárida do FNE.

De acordo com Brasil (2004, p. 25);

As ASDs no Brasil precisam ser espaços dinâmicos e de prosperidade produtiva e social. As ASD, por sua situação atual, muitas vezes têm sido vistas como “áreas problemas” ou “deprimidas”, requerendo políticas, tratamentos e intervenções de caráter emergencial ou práticas assistencialistas. Na nova perspectiva, essas áreas são percebidas como capazes de contribuir, de maneira eficaz e eficiente, para o desenvolvimento do País.

Nos últimos anos, foram criadas novas oportunidades econômicas na região, caracterizadas pela introdução da soja na porção subúmida seca das ASD e pela fruticultura irrigada no semiárido. Essas atividades criam novas riquezas, mas, paralelamente, geram preocupações e reações quanto a sua forma e seus impactos socioambientais (BRASIL, 2004).

A vegetação das Áreas Susceptíveis à Desertificação é classificada como arbustivo-arbórea. Com raras exceções, a cobertura vegetal existente permanece despida de folhagem. As folhas secas das plantas caem no chão e ali são naturalmente fenadas. Esse tipo particular de feno é consumido pelos rebanhos criados em regime extensivo. (BRASIL, 2004)

Brasil (2007, p. 34) afirma que;

O relevo das Áreas Susceptíveis à Desertificação é caracterizado por planaltos e depressões. Dentre os planaltos se destacam o Borborema, localizado na porção nordeste das ASD e o da bacia do rio Paraíba, no Piauí. Outras formações de relevo existentes são os chapadões e as chapadas - áreas altas e planas. Na região central da Bahia se destaca a Chapada Diamantina e na divisa entre Ceará e Pernambuco localizasse a Chapada do Araripe. No entorno dos grandes rios das ASD se formaram grandes depressões como as que margeiam o rio São Francisco. Na parte oriental das ASD as grandes unidades geológicas predominantes consistem de rochas cristalinas. Já a posição ocidental dessa região é caracterizada por grandes bacias de domínio das rochas sedimentares.

A região cristalina da ASD estende-se do sul da Bahia ao Ceará e prolonga-se até o sudeste do Piauí. A porção ocidental das ASD constitui espaço de domínio das rochas sedimentares e compreende quase todo o Maranhão e Piauí, prolongando-se pelos Estados da Bahia e de Minas Gerais, na região do Planalto Ocidental (BRASIL, 2007).

Segundo Brasil (2007, p. 36);

Nas Áreas Suscetíveis à Desertificação ocorre uma alta variabilidade espacial dos índices médios de chuva (600 a 2.100 mm). A região central é a mais crítica. Os menores valores de precipitação média estão localizados na divisa entre a Bahia e Pernambuco e numa pequena área no sudeste do Piauí. As regiões mais chuvosas situam-se nas proximidades das áreas litorâneas, com exceção da zona costeira do Estado do Rio Grande do Norte com valores de chuva inferiores a 800 mm. Também se verificam “manchas úmidas” no meio do semiárido. São regiões de altitudes elevadas que apresentam altos índices pluviométricos. Dois exemplos marcantes são a região da Chapada Diamantina na Bahia (1.200mm) e a região do Planalto Sertanejo no Ceará, que chega a registrar até 1.800mm de médias pluviométricas. Um fato acessório que contribui para aumentar ainda mais as consequências dos baixos índices de chuva são as elevadas temperaturas que caracterizam a região. O resultante disso são os altos índices de evapotranspiração que ocorrem nas ASD. De acordo com este padrão (baixas precipitações e altas temperaturas) grande parte das ASD são caracterizadas como áreas de clima semiárido e subúmido seco - pressuposto básico para enquadrar a região como foco da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação - UNCCD.

Um fator de grande preocupação na ASD é a sua elevada concentração demográfica, que acarreta forte demanda hídrica e comprometimento da qualidade dos corpos d'água, o que tem ocasionado situações de escassez e de conflitos entre usuários. Em algumas capitais, por exemplo, há sérias dificuldades para suprimento da demanda de água para abastecimento urbano (BRASIL, 2007)

As ASD têm por característica grandes conflitos de uso dos recursos hídricos, o que dificulta seriamente a condição de vida de sua população. Uma gama de fatores leva a esse cenário, o baixo desenvolvimento socioeconômico em conjunto com às condições hídricas adversas, combinando alta evapotranspiração, baixa precipitação e, em muitas regiões, solos desfavoráveis às atividades agrícolas (TUCCI et al., 2000).

Para Brasil (2007, p. 54);

Como nas ASD, em geral, a disponibilidade de água é reduzida, os conflitos entre os diferentes usuários de recursos hídricos são uma constante. Além disso, dois fatores têm contribuído significativamente para intensificar essas disputas. Um deles é o crescente aumento da “consciência ambiental”. Cada vez mais as pessoas estão se convencendo de que é fundamental preservar os recursos naturais para garantir a sobrevivência das gerações futuras.

Quanto as águas subterrâneas presentes na ASD (BRASIL, 2007, p. 58) afirma que;

Grande parte das ASD é formada por terrenos cristalinos. Nesses terrenos, a produtividade, bem como a qualidade das águas subterrâneas, depende da existência de estruturas de fraturamento. Nas regiões de clima semiárido, o manto de intemperismo é pouco espesso (1 a 3 metros) ou inexistente, restringindo ainda mais a potencialidade desses terrenos. Outros fatores associados como baixas precipitações, distribuição irregular das chuvas, cobertura vegetal esparsa especialmente no bioma caatinga, favorecem o escoamento superficial em detrimento da infiltração. Assim, no cristalino do semiárido brasileiro, os poços muito comumente apresentam vazões entre 1 e 3 m<sup>3</sup>/h e elevado conteúdo salino, acima do limite de potabilidade. Apesar disso, em muitas comunidades do interior nordestino esses poços constituem a fonte de abastecimento disponível. O uso de dessalinizadores torna possível a utilização dos poços água com elevada salinidade.

A ASD possui uma grande variabilidade de tipos de solos, dentre eles podemos destacar, de acordo com Brasil (2007, p. 38);

Os Luvisolos Crômicos (antigos Brunos não Cálcicos) são solos de baixa permeabilidade e muito suscetíveis à erosão. Sua ocorrência é marcante na região mais afetada pela seca, principalmente nos Estados de Pernambuco, Paraíba, Ceará e Rio Grande do Norte. Os Neossolos Litólicos ocorrem mais de 15% das ASD. São pouco desenvolvidos, rasos ou muito rasos, normalmente pedregosos e rochosos. Acontecem na região semiárida em relevos ondulados a fortemente ondulados ou acidentados, por isto são muito susceptíveis à erosão. Os Neossolos Quartzarenicos (antigas Areias Quartzosas) ocupam 9% das ASD; apresentam geralmente espessura maior que 2m com baixa capacidade de retenção de água e infiltração muito elevada, além de baixa fertilidade natural, entretanto são classificados como aptos para irrigação. Os Planossolos possuem profundidade média que em geral não ultrapassa 100cm. As camadas superficiais geralmente apresentam textura arenosa ou média, com horizonte B ou C apresentando textura argilosa muito dura conferindo drenagem ruim; verifica-se presença de rochas degradadas no material argiloso e transição abrupta entre as camadas. Estes solos são comuns nas partes mais baixas do relevo, em situação plana a suave ondulada.

Brasil (2004) afirma que as condições ambientais das Áreas Suscetíveis à Desertificação, principalmente clima, solo, água e vegetação, associadas à contínua pressão exercida sobre os recursos naturais pela ação antrópica, vêm contribuindo para a deflagração de processos de desertificação em algumas de suas sub-regiões.

## **2.5 Áreas de Susceptibilidade a Desertificação no Ceará**

São muitas as iniciativas para a mitigação dos efeitos da seca identificadas no Estado do Ceará, que foi primeiro no desenvolvimento de tecnologias e na formação de recursos humanos para projetos de convivência com o semiárido. O Estado possui uma trajetória de mais de um século de políticas públicas voltadas para o combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca (CEARÁ, 2010)

Segundo Lima, Cordeiro e Bastos (2016, p. 59)

Em 1990, a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme) elaborou um trabalho com o intuito de indicar e mapear as áreas dos municípios do estado do Ceará susceptíveis aos processos de desertificação – tendo por base o critério de áreas semiáridas adotado pela Organização das Nações Unidas (ONU, 1991) – e a frequência, nessas áreas de degradação, dos componentes físicos e biológicos identificados a partir da análise de imagens orbitais mediante o uso de técnicas de sensoriamento remoto.

O Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) em parceria com a Universidade Federal do Ceará e a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, apresentou em 1992, na primeira ICID sediada em Fortaleza, um estudo acerca das Áreas Degradadas Susceptíveis aos Processos de Desertificação no Ceará. A importância do estudo decorre do pioneirismo em identificar os municípios e microrregiões homogêneas do estado do Ceará susceptíveis ao processo de desertificação, utilizando-se por base o critério de áreas semiáridas adotado pela ONU (1991).

Este estudo foi organizado por Antônio Rocha Magalhães (IPEA), em conjunto com Vlândia Pinto Vidal de Oliveira (UFC), Ruben Dario Mayorga Nera (UFC), José de Jesus Sousa Lemos (UFC), Maria Lúcia Ramalho Martins (FUNCEME), Ana Maria Lebre Soares (FUNCEME) e Francisco Roberto Bezerra Leite (FUNCEME).

Na Universidade Federal do Ceará também foi criado desde fins da década de 90 o Grupo de Análise Geoambiental no Estudo da Desertificação. As atividades deste grupo de análise geoambiental têm seu desenvolvimento nas regiões dos Inhamuns e de Irauçuba no estado do Ceará e no Estado do Piauí, em Programa de colaboração entre as Universidades Federais dos dois Estados, contando, ainda com a participação de pesquisadores da Universidade Estadual do Ceará (Quadro 1) (SOUZA, 2005).

Quadro 1 – Pesquisadores participantes do Grupo de Análise Geoambiental no Estudo da Desertificação no Ceará.

<b>PESQUISADOR</b>	<b>ÁREA DE ATUAÇÃO</b>
Afrânio Gomes Fernandes	Taxonomia Vegetal
Edson Paula Nunes	Taxonomia Vegetal
Jaqueline Pires Gonçalves Lustosa	Desertificação/Gênese de Solo
José Gerardo Bezerra de Oliveira	Ecologia/Climatologia
Marcos José Nogueira de Souza	Geomorfologia Ambiental
Marta Celina Linhares Sales	Desertificação / Climatologia
Vlândia Pinto Vidal de Oliveira	Desertificação/Solos/Geologia

Fonte: Adaptado Souza, 2005

De acordo com Lima, Cordeiro e Bastos (2016) posteriormente, em 2010, foi lançado o Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAE-CE), cujo objetivo é contribuir para a convivência equilibrada com o semiárido cearense por meio de políticas públicas ambientais e socioeconômicas focadas na redução da pobreza. Esse programa definiu as Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASD) em todo o estado partir de imagens de satélite, indicadores naturais e socioeconômicos. Os pesquisadores apontaram como principais causas da desertificação no semiárido cearense a ocupação desordenada do solo, o desmatamento e a prática de queimadas. Mesmo com mapeamentos distintos, as áreas susceptíveis à desertificação nos trabalhos da Funceme (1990) e do PAE-CE (2010) apresentaram similaridade espacial, porém com delimitações distintas.

O objetivo global do PAE/CE é colaborar para a convivência equilibrada com o semiárido, por meio da sustentabilidade ambiental do bioma caatinga, a começar de políticas ambientais, sociais e econômicas, concentradas na redução da pobreza. A gestão do Programa pressupõe a integração institucional, a descentralização gerencial, o diálogo democrático e a participação da sociedade. (CEARÁ, 2010)

A proposta do PAE estabelece que as ações prioritárias de combate à desertificação estejam articuladas, quando possível, aos programas, políticas ou planos já existentes. Assim, pretende-se a construção de um programa integrado que envolva as secretarias estaduais, prefeituras, terceiro setor, universidades e sociedade civil. Com a agregação de experiências exitosas que possam auxiliar no combate à desertificação espera-se eliminar duplicidades de ações, criar novas oportunidades, facilitar a gestão do programa, diminuir custos, envolver um maior número de atores/responsáveis e fortalecer o programa (CEARÁ, 2010).

O Ceará desenvolveu o seu Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, identificando Irauçuba e regiões circunvizinhas, Inhamuns e Médio Jaguaribe como Núcleos de Desertificação. De acordo com estudos feitos pela Funceme desde a década de 90, estas áreas encontram-se em avançado estado de degradação (FUNCEME, 2015).

Segundo Ceará 2010 (p. 22);

As áreas de atuação do PAE/CE compreendem 3 núcleos, compostos de 14 municípios, localizados nos Sertões dos Inhamuns, de Irauçuba, e do Médio Jaguaribe, que correspondem a 23% do Estado, representando as áreas em processo



de desertificação, conforme critérios ambientais e socioeconômicos. Apresenta um planejamento de ações para o quadriênio 2010 – 2013 e uma agenda de compromissos com subprogramas na área de conservação e preservação dos recursos naturais e da produção sustentável, mudanças climáticas e a convivência com o semiárido, e por (m, cidadania ambiental e gestão pactuada.

As áreas com maior susceptibilidade a desertificação foram identificadas e recortadas conforme critérios físicos, ambientais e socioeconômicos (Figura 4). A metodologia para elegibilidade foi detalhada, considerando todo o Estado do Ceará, e de acordo com os níveis de susceptibilidade, foram hierarquizados os municípios integrantes das ASDs. Também foram elencadas as potencialidades e fragilidades de cada ASD (CEARÁ, 2010);

Para Ceará (2010, p. 82);

As características naturais dominantes do núcleo dos Inhamuns são: Superfícies parcialmente dissecadas em colinas rasas e pediplanada em rochas do Complexo Cristalino e de suítes magmáticas fortemente deformadas por movimentos diastróficos pretéritos. Intercalações frequentes de planícies fluviais. Escoamento fluuvial esporádico e intermitente sazonal influenciado pelas chuvas irregulares e de baixo volume anual (550-750 mm) do semiárido. Luvissoles Crômicos, Planossolos Háplicos, Neossolos Flúvicos e afloramentos rochosos revestidos por caatinga arbustiva aberta e fortemente degradada. Dinâmica ambiental influenciada por processos erosivos muito ativos de morfogênese mecânica. Seus principais problemas ambientais são: Degradação dos solos e do recobrimento vegetal primário; Sobrepastoreio; Desencadeamento e expansão de processos erosivos acelerados, com ocorrência muito frequente de afloramentos rochosos e chãos pedregosos; Perda de solos e biodiversidade empobrecida; Baixa frequência de espécies lenhosas da caatinga; Processos erosivos muito ativos em função do aumento da torrencialidade do escoamento superficial; Paisagens com marcas configuradas da desertificação.

Segundo Ceará (2010) suas potencialidades são o Relevo favorável à implantação da infraestrutura viária e de barramentos fluviais; Produção mineral; Manejo florestal para recuperação de áreas degradadas; pecuária extensiva controlada; Bom potencial de utilização agrícola, extração mineral e extrativismo vegetal nas planícies fluviais. E conta com as seguintes limitações; Taxas muito elevadas de evapotranspiração, pluviometria escassa e muito irregular do semiárido; solos e recobrimento vegetal degradados; solos muito rasos e frequentes afloramentos rochosos; Processos erosivos muito ativos; ambiente com alta susceptibilidade à erosão; Impedimentos à mecanização dos solos.

Quanto ao núcleo de Irauçuba Centro-Norte, este possui área total: 12.202,41km<sup>2</sup>. É formado pelos municípios de: Irauçuba, Santa Quitéria, Miraíma, Canindé e Sobral de acordo com (CEARÁ, 2010 p. 94);

Suas características naturais dominantes são; ·Superfícies parcialmente dissecadas em colinas rasas e pediplanada em rochas do Complexo Cristalino e de suítes magmáticas fortemente deformadas por movimentos diastróficos pretéritos.

Intercalações frequentes de planícies fluviais. Escoamento fluvial esporádico e intermitente sazonal influenciado pelas chuvas irregulares e de baixo volume anual (550-750 mm) do semiárido. Luvisolos Crômicos, Planossolos Háplicos, Neossolos Flúvicos e afloramentos rochosos revestidos por caatinga arbustiva aberta e fortemente degradada. Dinâmica ambiental influenciada por processos erosivos muito ativos de morfogênese mecânica. Tendo como principais problemas econômicos; Degradação dos solos e do recobrimento vegetal primário; Sobrepastoreio; Desencadeamento e expansão de processos erosivos acelerados, com ocorrência muito frequente de afloramentos rochosos e chãos pedregosos; Perda de solos e biodiversidade empobrecida; Baixa frequência de espécies lenhosas da caatinga; Processos erosivos muito ativos em função do aumento da torrencialidade do escoamento superficial; Paisagens com marcas configuradas da desertificação.

De acordo com Ceará (2010) as potencialidades deste núcleo podem ser descritas como: Relevo favorável à implantação da infraestrutura viária e de barramentos fluviais; Produção mineral; Manejo florestal para recuperação de áreas degradadas; pecuária extensiva controlada; Bom potencial de utilização agrícola, extração mineral e extrativismo vegetal nas planícies fluviais. Quanto as limitações; Taxas muito elevadas de evapotranspiração, pluviometria escassa e muito irregular do semiárido; solos e recobrimento vegetal degradados; solos muito rasos e frequentes afloramentos rochosos; Processos erosivos muito ativos; ambiente com alta susceptibilidade à erosão; Impedimentos à mecanização dos solos.

O núcleo do médio Jaguaribe é composto pelos municípios Jaguaribama, Jaguaribara, Jaguaribe, Alto Santo e Morada Nova, e tem uma área total: 8.422,77 km<sup>2</sup>, possuindo as seguintes características segundo Ceará (2010, p. 107);

Características naturais dominantes; Superfícies pediplanadas e parcialmente dissecadas em colinas rasas, intercaladas por planícies fluviais que recobrem vales de fundos planos em litotipos do Complexo Cristalino e em depósitos aluviais. Escoamento fluvial fortemente influenciado pelo baixo volume de chuvas anuais do semiárido (700-850 mm) com rede de drenagem de padrões dendríticos e subdendríticos e escoamento intermitente sazonal. Luvisolos Crômicos, Planossolos Háplicos, Neossolos Litólicos e Neossolos Flúvicos revestidos por caatinga arbóreo-arbustiva aberta e fortemente degradada e com dinâmica ambiental influenciada por processos erosivos de morfogênese mecânica. Já os problemas ambientais podem ser definidos como: Degradação dos solos e do recobrimento vegetal primário; Sobrepastoreio; Desencadeamento e expansão de processos erosivos acelerados, exibindo solos parcialmente desnudos, frequentes afloramentos rochosos e chãos pedregosos; Biodiversidade empobrecida; Assoreamento dos fundos de vales e barragens; Baixa frequência de espécies lenhosas da caatinga; Paisagens com marcas configuradas da desertificação.

Ceará (2010) afirma que suas potencialidades são: Relevo favorável à implantação da infraestrutura viária; Atividade de produção mineral (brita e rochas ornamentais); pecuária extensiva controlada; Manejo florestal para recuperação de áreas degradadas; Bom potencial de utilização agrícola, extração mineral e extrativismo vegetal nas planícies fluviais. Quanto as limitações: Pluviometria escassa e muito irregular; Baixo potencial dos recursos hídricos;

solos e recobrimento vegetal degradados; solos muito rasos e frequentes afloramentos rochosos; ambiente com alta susceptibilidade à erosão; Impedimentos à mecanização dos solos.

O Departamento Nacional de Obra Contra as Secas em parceria com a Fundação Cearense Meteorologia e a Secretária dos Recursos Hídricos deram prosseguimento ao Programa ZEE-Brasil e publicaram no ano de 2015 o Zoneamento Ecológico-Econômico das áreas susceptíveis à desertificação do Ceará (Figura 2). O zoneamento foi realizado nos três principais núcleos de susceptibilidade a desertificação do estado (Irauçuba, Inhamuns e Médio Jaguaribe), este estudo é idealizado como forma de contribuição no desenvolvimento e aplicação das políticas públicas iniciadas com o PAN-Brasil e o PAE-CE.

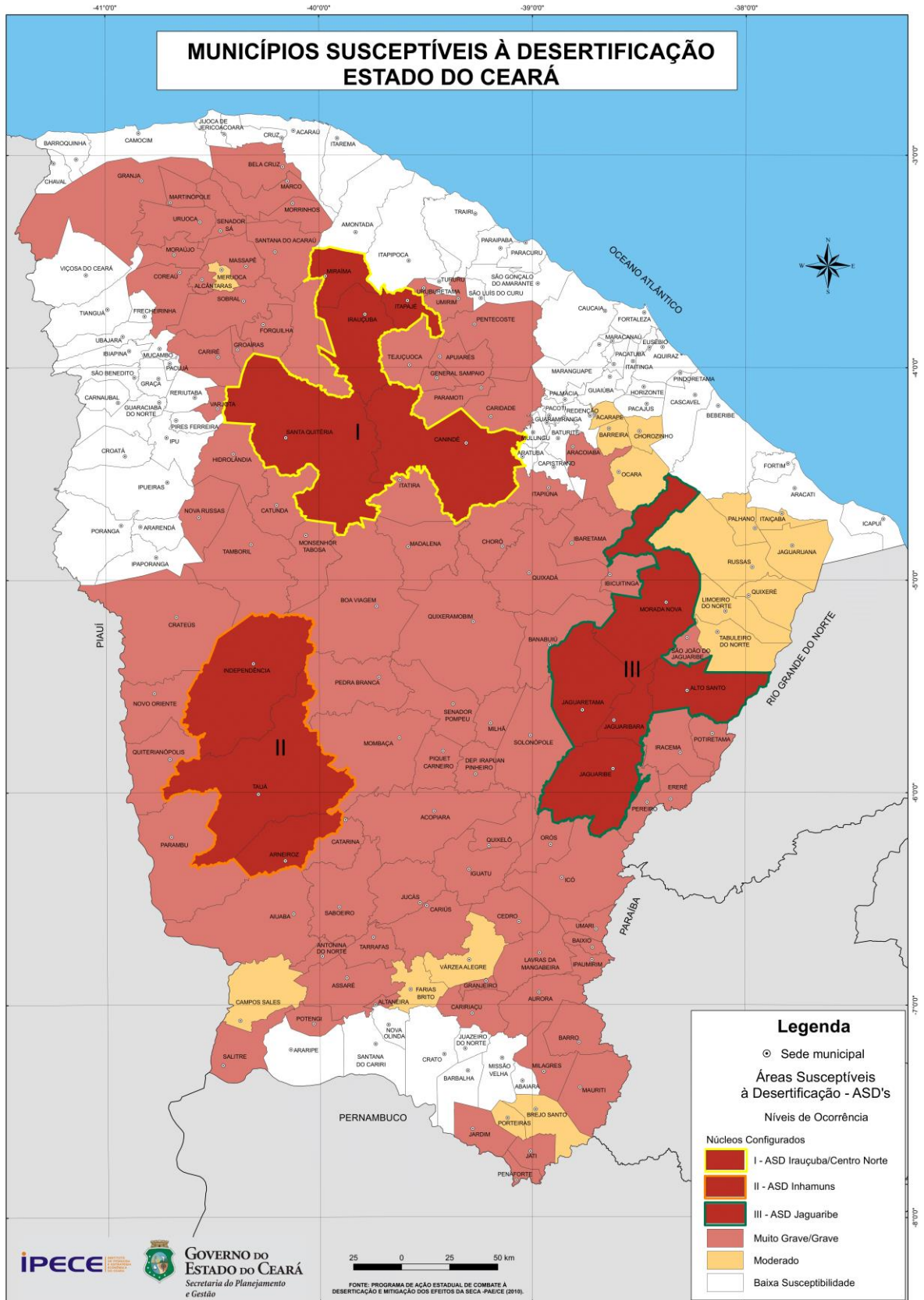
Segundo Funceme (2015, p. 19)

No Estado do Ceará, dentro do processo de elaboração do seu Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação – PAE-CE, previu-se a necessidade de implementar uma política específica para as Áreas Susceptíveis à Desertificação – ASD. Conforme o Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – Pan Brasil, é importante estabelecer diretrizes, instrumentos legais e institucionais, visando a otimizar a formulação e execução de políticas públicas e investimentos privados nas ASDs. Elas devem estar direcionadas para a promoção do desenvolvimento sustentável experimentado nessas áreas.

Para Funceme (2015, p. 19)

O Zoneamento Ecológico-Econômico, na percepção do Ministério do Meio Ambiente (MMA/SDS, 2001), é um importante instrumento de planejamento estratégico, orientando os diversos níveis decisórios na adoção de políticas convergentes com as diretrizes do desenvolvimento sustentável. De mais importante, salienta-se que o ZEE dispõe de um mecanismo integrado de diagnóstico sobre o meio natural, a socioeconômica e a organização jurídico-institucional, bem como de diretrizes pactuadas de ações entre os usuários do território. Pode contribuir, portanto, para que o sistema de planejamento oriente os esforços de investimentos do governo e da sociedade civil segundo as peculiaridades das áreas definidas como Zonas e tratadas como unidades de planejamento.

Figura 2 – Municípios Susceptíveis à Desertificação no Ceará



Fonte: PAE/CE (2010)

## 2.6 Desertificação, Solos e Recursos Hídricos

A relação entre clima e vegetação é estreita e evidencia-se pela coincidência entre zonas climáticas e biomas. As variações climáticas são ocasionadas em grande medida pela variação da intensidade da radiação solar. Esta radiação altera o balanço de radiação das superfícies, que afeta as condições de temperatura, movimentação do ar e disponibilidade hídrica para as plantas. Há também uma íntima relação entre clima e solo, pois os processos de formação dos solos, como intemperismo da rocha matriz e transporte das partículas e nutrientes são em grande parte determinados pelo clima (PILLAR, 1995).

A heterogeneidade do relevo, clima, hidrografia, vegetação e solos do semiárido produz a Caatinga

A caatinga é o terceiro bioma mais degradado do Brasil perdendo apenas para a Floresta Atlântica e o Cerrado (MYERS et al, 2000). A Caatinga apresenta uma forte irregularidade climática, apresentando os valores meteorológicos mais extremos do país: a mais forte insolação, a mais baixa nebulosidade, as mais altas médias térmicas entre 25° e 30° C, as mais elevadas taxas de evaporação e, sobretudo, os mais baixos índices pluviométricos, em torno de 500 a 700 mm anuais, com grande variabilidade espacial e temporal (Reddy, 1983; Sampaio, 2003).

A Caatinga tem por característica a excetuada pressão exercida pelo sistema agropastoril, acarretando a presença de processos de desertificação em grandes áreas. Um dos aspectos ainda pouco estudados acerca da desertificação diz respeito às transformações que está acarreta na infiltração de água nos solos em razão do aumento da sua compactação (SOUZA; MARTINS, 2012).

Segundo Souza e Martins (2012) há uma estreita relação entre a diminuição da taxa de infiltração e a presença da desertificação em solos com as mesmas origens e características físicas, diferenciados apenas em suas formas de uso. Na composição vegetal dessas áreas desertificadas estão presentes as espécies mais xerófilas da caatinga, evidenciando que esse processo de degradação acaba criando um ambiente inóspito às espécies mais exigentes em umidade, o que acarreta decisivamente na evolução da sucessão ecológica nessas áreas.

Quando se perde a cobertura arbustiva (por corte, queima ou pastoreio), a exposição do solo desnudo promove a formação de uma crosta superficial decorrente do

impacto direto das gotas de chuva, o que reduz a infiltração da água e aumenta o escoamento. Isto reduz as possibilidades de estabelecimento da cobertura vegetal. Os solos descobertos são muito susceptíveis à erosão hídrica e eólica, gerando uma remoção líquida de nutrientes das áreas degradadas (GUTIÉRREZ; SQUEO, 2004).

Souza (2008) salienta que o desmatamento em excesso altera a capacidade natural dos solos em absorver a água, criando condições desfavoráveis à sua recolonização por parte de algumas espécies da caatinga, especificamente aquelas mais exigentes em recursos hídricos.

Para Souza e Martins (2012) as pressões antrópicas existentes na caatinga são capazes de influenciar decisivamente na compactação dos solos nesses ambientes, criando um cenário no qual as taxas de infiltração de água podem ser alteradas de forma substancial. Esse panorama, por sua vez, aponta para uma correlação de modificações das características físico-edáficas originais, as quais, de forma dinâmica, podem ser capazes de influenciarem a recolonização de algumas espécies da caatinga nestes ambientes.

A disponibilidade hídrica nas ASDs é frequentemente reduzida, este panorama decorre da relação entre condições climáticas e ambientais adversas, aliadas a uma crescente pressão populacional e econômica.

Um fator que intensifica o problema da reduzida disponibilidade hídrica nas ASDs é a elevada concentração demográfica, acarretando forte demanda hídrica e comprometimento da qualidade dos corpos d'água, o que tem ocasionado situações de escassez e de conflitos entre usuários. Em algumas capitais, por exemplo, há sérias dificuldades para suprimento da demanda de água para abastecimento urbano (BRASIL, 2007).

Para sanar estas limitações hídricas e manter contínuo o abastecimento de água para a população, foram construídos nos semiárido grandes reservatórios de acumulação hídrica, os açudes.

Grande parte das ASDs são constituídas por terrenos cristalinos. Nesses terrenos, a produtividade, bem como a qualidade das águas subterrâneas, depende da existência de estruturas de fraturamento. Nestas regiões de clima semiárido, o manto de intemperismo é pouco espesso (1 a 3 metros) ou inexistente, restringindo ainda mais a potencialidade desses terrenos (BRASIL, 2007).

Outros fatores associados como baixas precipitações, distribuição irregular das chuvas, cobertura vegetal esparsa especialmente no bioma caatinga, favorecem o escoamento superficial em detrimento da infiltração. Assim, no cristalino do semiárido brasileiro, os poços muito comumente apresentam vazões entre 1 e 3 m/h e elevado conteúdo salino, acima do limite de potabilidade. Apesar disso, em muitas comunidades do interior nordestino esses poços constituem a fonte de abastecimento disponível (BRASIL, 2007).

A construção de barragens subterrâneas em leitos de cursos de água temporários também vem se constituindo numa solução hídrica importante para o cristalino do semiárido, permitindo a reservação de água para o consumo humano, dessedentação animal e a prática de agricultura de subsistência (BRASIL, 2007).

## **2.7 Balanço hídrico Climatológico**

O índice de aridez é o principal indicador e classificador de terras secas no mundo. Este índice além de distinguir as terras secas em (áridas, semiáridas e subúmidas secas) também mensura o seu respectivo grau de susceptibilidade a desertificação.

Por ser um indicador climático e generalizante o mesmo não se debruça nos aspectos humanos do processo de desertificação, deste modo, os aspectos socioeconômicos, histórico de uso e ocupação da terra, manifestações culturais e organização política, não são contemplados por este índice. Sendo comum a utilização de diversos indicadores ambientais e socioeconômicos de modo a complementar o diagnóstico do processo de desertificação obtido pelo índice de aridez.

O balanço hídrico climatológico de Thornthwaite & Mather (1955) vem para preencher a lacuna do diagnóstico climático do índice de aridez, por meio desta ferramenta podemos obter o padrão climático de uma região, com seus períodos de excedente e déficit hídrico, além da variação temporal do armazenamento hídrico do solo. Desta maneira, esta ferramenta é imprescindível para o estudo do processo de desertificação, pois avalia o avanço do mesmo, bem como seu grau de desenvolvimento. Sendo estratégico para o planejamento de políticas públicas, agrometeorologia e, gerenciamento dos recursos hídricos.

O balanço hídrico é uma das diversas formas de monitoramento do armazenamento de água no solo, a partir do qual são determinadas as épocas de deficiência e excedente hídrico, a reposição e a retirada da água do solo e também a classificação climática, assim pode-se identificar períodos cruciais, dentro de um determinado espaço de tempo (JESUS, 2015).

O balanço hídrico climatológico é uma das formas mais inovadoras e completas de entender a complexidade do processo de desertificação associado ao clima e o perfil físico local.

Segundo Rolim et al. (2007), o balanço hídrico climatológico de Thornthwaite, é o mais adequado no âmbito agrícola, porque considera a planta como um meio físico pelo qual é possível conduzir água do solo para atmosfera.

A demanda contínua por água, associada com a limitação na capacidade de uso dos recursos hídricos, conflitos entre usos e os danos causados pelo excesso e pela escassez de água, exige a cada dia um planejamento regional e eficiente para o aumento do uso otimizado da água. O conhecimento a respeito da distribuição espacial e temporal da oferta hídrica permite instituir diretrizes para a implementação de políticas de gestão deste recurso (HORIKOSHI; FISCH, 2007).

Na agricultura o balanço hídrico fornece dados sobre o regime hídrico local, identificando a época mais propícia ao preparo do solo durante o ano, data ideal para a semeadura e plantio, e se há a necessidade de instalação de sistemas de irrigação e drenagem, bem como a quantidade de água exata que deverá ser usada por essas técnicas (FERREIRA, 2018).

Segundo Bergamaschi et al. (1992), quando realizado em sequência, em escala diária ou decenal, o balanço hídrico determina, através de monitoramento da água no solo, o momento ideal da semeadura dentro da estação de plantio e a lâmina líquida a ser aplicada via irrigação suplementar.

O estudo dos elementos do BHC subsidia: o zoneamento climático e agroecológico; a definição de épocas mais propícias de tratamentos culturais; a estimativa da produtividade de cultivos; o projeto e manejo da irrigação; o gerenciamento dos recursos hídricos em bacias hidrográficas; e a seleção e dimensionamento de técnicas voltadas à conservação do solo e da água (PEREIRA et al., 2002; BLACK, 2007; SENTELHAS et al., 2008).

Santos et al. (2010) afirmam que o estudo das variáveis estimadas no BHC norteia o planejamento agropecuário e as práticas de controle de produção, porque são informações que proporcionam aos produtores identificar as condições climáticas que fragilizam o sistema produtivo.



O balanço hídrico também demonstra os períodos de deficiência e excesso hídricos, ajudando a criar estratégias de implementação de tecnologias de irrigação quando houver deficiência hídrica, e técnicas de captação de água, para uso da população, quando houver um excedente hídrico (FERREIRA, 2018).

Para Tubelis (2001), o balanço hídrico pode ser utilizado na determinação o tempo de repouso necessário a algumas culturas perenes, que pode ser atingido com a seca, de forma a obter floradas intensas e conseqüentemente colheitas concentradas.

Já Aguilar et al., (1986), ressalta que os resultados obtidos de um balanço hídrico podem ser úteis para o zoneamento agroclimático de uma região, cálculo da demanda potencial de água das culturas irrigadas, prioridades de planejamento de pesquisas, e no conhecimento do regime hídrico.

De acordo com Matos et al. (2014) é fundamental a elaboração do BHC para uma região, já que considera os aspectos relacionados ao solo, a profundidade efetiva do sistema radicular das plantas e a dinâmica de água no solo durante o período avaliado

Muitos estudos utilizando o balanço hídrico climatológico foram realizados no Nordeste brasileiro, em especial no Ceará. Estes tinham como prioridade realizar a classificação climática da região (determinar índice de aridez, hídrico, e de umidade), criar modelos de evolução das paisagens frente as mudanças climáticas globais e, estudos sobre gestão de bacias.

Várias formas de representar o balanço hídrico são utilizadas com frequência nas pesquisas científicas, dentre elas estão os: gráficos, tabelas e mapas. Sua principal função é, melhor descrever os dados obtidos, e proporcionar um entendimento mais preciso e integrado do BHC. (FERREIRA, 2018).

O balanço hídrico climatológico, habitualmente, é calculado de forma pontual para estações em que há disponibilidade de dados climáticos. Em seguida, com a utilização de técnicas de interpolação espacial, realiza-se a espacialização dos elementos de saída do BHC, a fim se ter uma representação de sua distribuição em grandes áreas. Diversos estudos têm utilizado diferentes métodos de interpolação espacial para estimativas geograficamente distribuídas de elementos do BHC (LEMOS FILHO et al., 2007; SENTELHAS et al., 2008).

Segundo Ferreira (2018, p. 38);

O sistema de informação geográfica (SIG) aparece como importante ferramenta na espacialização dos dados de evapotranspiração, deficiência e, excedente hídrico, obtidos através do cálculo do balanço hídrico. Através desta ferramenta os dados podem ser exibidos em diferentes escalas (municipal, estadual, regional), e também pode-se realizar comparações de dados em diferentes intervalos de tempo.

Segundo Camelo (1999), o desenvolvimento tecnológico e científico proporcionou o acesso a variadas informações que conjugam um grande volume de dados que serão interpretados e analisados. Este fato levou ao uso de sistemas informatizados que são importantes ferramentas de trabalho, tanto para análise quanto extração de novas informações. Dessa maneira, foram criados sistemas computacionais denominados Sistema de Informação Geográfica – SIG, que tem como objetivo é analisar informações espaciais e seus atributos descritivos.

Um instrumento que tem sido largamente utilizado para realizar o levantamento e diagnóstico de áreas em processo de desertificação é o sensoriamento remoto, que é uma ferramenta SIG. Ele pode nos ajudar a entender o estado atual e a tendência de desenvolvimento da desertificação, além de disponibilizar dados para estudos sobre mecanismos internos, processos atuais e diferenças espaciais e temporais da desertificação (SUN WU, 2000).

A utilidade do sensoriamento remoto como ferramenta para diagnosticar os processos de desertificação fica mais clara, quando se constata que um dos indicadores recomendados pela ONU para avaliar o processo de desertificação é o índice de vegetação obtido de imagens de satélite, o chamado IVDN Índice de Vegetação de Diferença Normalizada.

O SIG também se destaca como ferramenta capaz de interpolar dados espaciais em locais onde não há uma grande disponibilidade de dados observáveis (FERREIRA, 2018).

### 3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

#### 3.1 Contexto Geoambiental da ASD Irauçuba/Centro-Norte

##### 3.1.1 Condições Geológicas e Geomorfológicas

O núcleo de susceptibilidade a desertificação de Irauçuba/Centro-Norte (Mapa 1) possui uma área total de 12.202,41km<sup>2</sup> e é formado pelos municípios de: Irauçuba, Santa Quitéria, Sobral, Itapajé, Miraíma e Canindé (FUNCEME, 2015).

De acordo com a Funceme (2015), o quadro cronolitoestático é caracterizado por alguns agrupamentos fundamentais pertencentes ao embasamento cristalino, bordados linearmente por depósitos quaternários, associados a faixas aluvionares que margeiam os cursos d'água.

Os terrenos paleoproterozóicos abrangem grande parte da porção oriental da ASD e de setores norte - ocidentais. Dispersam-se, igualmente, na porção central da área. São terrenos pertencentes ao Complexo Ceará englobando as Unidades Canindé e Independência. A unidade Canindé é constituída principalmente por paragneisses em níveis distintos de metamorfismo e de migmatização. Incluem-se metagabros, xistos, lentes de quartzitos e jazimentos diques formais de granitóides. A unidade Independência, sob a unidade Canindé, possui paragneisses associados a micaxistos, quartzitos, metacalcários e anfíbolitos. Em toda a porção central, com dimensões semelhantes ao Complexo Ceará, destacam-se os agrupamentos de litotipos neoproterozóicos pertencentes ao Complexo Tamboril – Santa Quitéria. Destaca-se a associação granitomigmatítica, com para e ortoderivados (FUNCEME, 2015).

A unidade Independência sotoposta à Unidade Canindé, tem os terrenos do Complexo Tamboril – Santa Quitéria têm ocorrências dispersas de granitóides, incluindo biotita-granitos, sienitos, quartzomonzonitas e granitos porfiríticos. No extremo norte-ocidental, destacam-se as intrusões paleozoicas da suíte granitóide Meruoca. As aluviões quaternárias são, somente elas, coberturas cenozóicas da área em estudo. São depósitos inconsolidados, constituídos por areias, cascalhos, siltes e argilas. Recobrem também as áreas de planícies alveolares dos maciços residuais dissecados, quando se associam com depósitos coluviais da unidade Independência (FUNCEME, 2015).

O padrão geomorfológico destes grupos litológicos conota maior resistência das rochas da unidade Independência e das áreas plutônicas que condicionam a ocorrência de

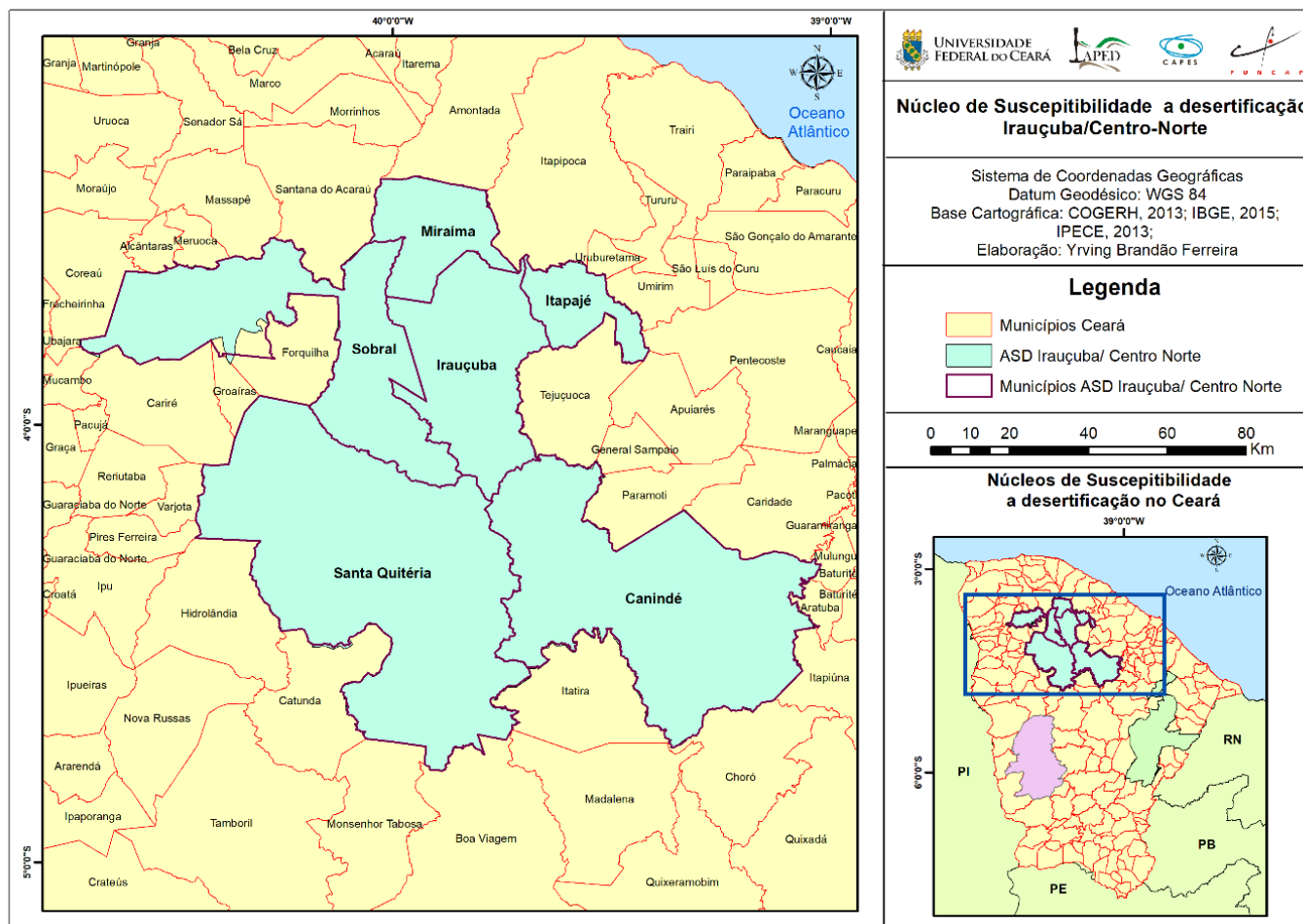
importantes maciços residuais como as serras do Machado, da Meruoca e de Uruburetama, além de cristas residuais e agrupamentos de inselbergs (FUNCEME, 2015).

A compartimentação geomorfológica da ASD Irauçuba/ Centro-Norte tem como feições predominantes a depressão sertaneja, maciços residuais (serras), cristas e grupamento de inselbergs e, planícies de acumulação (FUNCEME, 2015).

Segundo Funceme (2015, p. 31);

A depressão sertaneja é o compartimento de maior expressão espacial, expondo-se abaixo dos níveis altimétricos de 300 m. Sob o ponto de vista geoambiental, tem como características comuns: predominância de litotipos paleoproterozóicos do Complexo Ceará (Unidades Canindé e Independência) e neoproterozóicos, do Complexo Tamboril – Santa Quitéria; área submetida às influências do clima semiárido com índices pluviométricos inferiores a 800 mm; coeficientes térmicos superiores a 26°C e taxas muito elevadas de evaporação e evapotranspiração, configurando balanço hídrico deficitário durante quase todo o ano; expressiva ocorrência de cursos d'água, todos dotados de intermitência sazonal; solos rasos, pedregosos e afloramentos rochosos muito frequentes; área extensivamente recoberta pela caatinga que expõe variados padrões fisionômicos e florísticos, tendo sido fortemente afetados pela expansão da degradação ambiental e da desertificação. Trata-se de uma superfície de aplainamento onde os processos de pediplanação truncaram, indistintamente, os mais variados litotipos anteriormente referidos. Extensas rampas de erosão têm caimento suave para os fundos de vales. Coalescem para configurar o contexto geomorfológico da depressão, desenvolvida ao longo do Cenozoico superior.

Mapa 1 – Núcleo de Susceptibilidade a desertificação de Irauçuba/Centro Norte



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2021

A compartimentação geomorfológica da ASD Irauçuba/ Centro-Norte tem como feições predominantes a depressão sertaneja, maciços residuais (serras), cristas e grupamento de inselbergs e, planícies de acumulação (FUNCEME, 2015).

Os maciços residuais abrangem as serras do Machado, Meruoca e Uruburetama. Elas são constituídas, predominantemente, por litotipos granito migmatíticos e quartzitos, cuja resistência maior, comparativamente às rochas que compõem a depressão sertaneja, demonstra os efeitos seletivos da erosão diferencial. A serra do Machado possui relevos dissecados em colinas, cristas, “hogbacks”, morros de variadas dimensões e encostas com declives superiores a 15 – 20%. Dobramentos antigos ainda se refletem na morfologia por meio de cristas e vales paralelos e com modelo de relevos apalacheanos. Entre os interflúvios há ocorrência de planícies alveolares cuja cobertura detrítica é composta por sedimentos aluviocoluviais (FUNCEME, 2015).

A serra da Meruoca/Rosário localiza-se ao oeste do rio Acaraú, próxima às cidades de Sobral e Massapê. Possui forma retangular, com comprimento e largura de 25 e 20 km, respectivamente. Estruturalmente, corresponde a um “stock” granítico, limitado por prolongamentos de falhas o maior dos quais segue na direção SW-NE e é o limite ocidental do “graben” Jaibaras. De acordo com a localização e disposição do relevo as encostas orientais e norte oriental, além do platô da serra situado no nível médio de 750 – 800m, são submetidas a um volume pluviométrico maior e com chuvas mais regularmente distribuídas durante a quadra chuvosa. Acarretando assim em condições de um ambiente de exceção com enclave de mata pluvionebular. Os processos de morfogênese química têm primazia ao lado de profundas incisões da drenagem. A dissecação do relevo tem feições variadas de topos convexos e aguçadas que alternam com vales em forma de “V”. Nos setores de suavização topográfica, ocorrem níveis embutidos de planícies alveolares colmatadas por sedimentos aluviais e coluviais (FUNCEME, 2015).

A serra de Uruburetama se apresenta com quase 1000 km<sup>2</sup> de área, caracterizando-se como um batólito com rochas graníticas e granodioríticas. Mostra-se fortemente dissecada em morros, colinas e cristas alternadas por vales e planícies alveolares. Cristas e agrupamentos de inselbergs dispersam-se na depressão sertaneja, especialmente na região de Irauçuba. Têm litotipos mais resistentes, como granitos, migmatitos e quartzitos (FUNCEME, 2015).

O relevo a depender da altitude no qual está inserido, atua como barreira orográfica da umidade proveniente das massas de ar regionais. A precipitação orográfica ocorre em regiões que apresentam elevadas variações de altitude, podendo ocorrer em qualquer época ou durante o ano todo. A principal causa é a ascensão do ar úmido e quente sobre um terreno elevado. O modelo básico do processo de formação da chuva orográfica descreve que o ar úmido e quente, ao elevar-se perante à barreira orográficas, sofre o processo de expansão e resfriamento adiabático devido à descompressão ocasionada pela menor densidade do ar nos níveis mais elevados. O resfriamento leva a parcela de ar ali presente ao ponto de saturação de vapor, ocorrendo assim a formação das nuvens que originam as precipitações (TUBELIS; NASCIMENTO, 1984, ROE, 2005; MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

No (Mapa 2) tem-se a distribuição topográfica do núcleo. Notou-se que aproximadamente 60% do núcleo corresponde a terrenos inseridos abaixo de cota dos 200m de altitude, correspondendo à depressão sertaneja. Em torno de 30% correspondem a terrenos distribuído entre as cotas 201 e 500m, representando os setores mais dissecados, e os setores superiores, incluindo os topos dos maciços residuais. Por fim, a menor porção do núcleo está inserida em terrenos acima de 500m, 10% do núcleo, apesar de reduzida esta porção influencia ativamente em toda a distribuição de umidade do núcleo.

O barlavento e Sotavento são fatores que alteram a dinâmica de distribuição da precipitação nas distintas porções do relevo e são definidos por Conti (2014, p. 241) como:

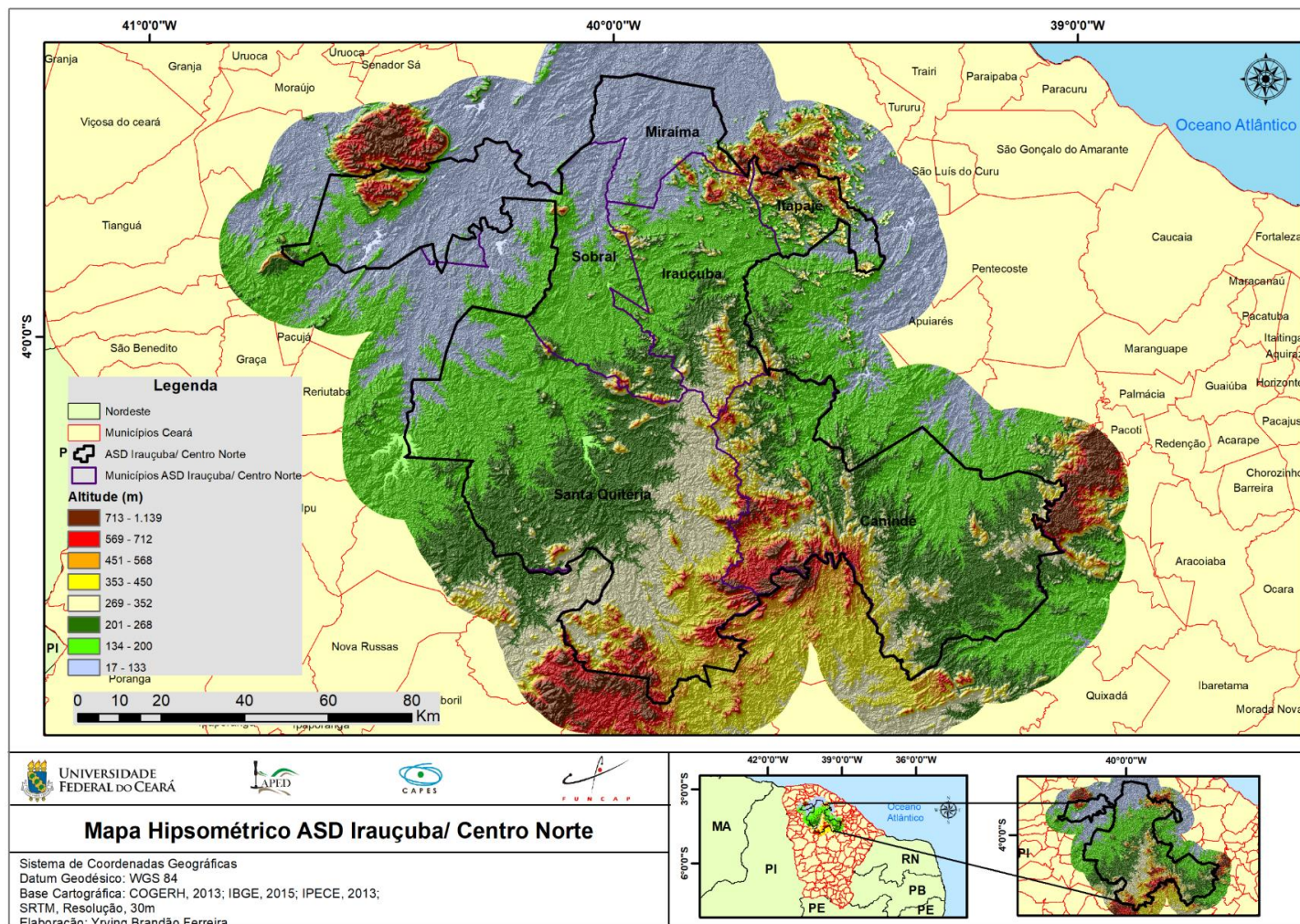
Barlavento e Sotavento são: As diferenças de altitude, a irregularidade e orientação do relevo também são fatores determinantes. Regiões deprimidas ou de fundos de vales tendem a ser mais secas que as elevadas, da mesma forma que as vertentes a barlavento ou sotavento são sempre contrastantes paisagisticamente. Neste caso, o fator responsável é a maior ou menor exposição à radiação solar ou aos ventos com diferentes teores de umidade ou de sentido de fluxo, sendo os ascendentes (barlavento), estimuladores de condensação e da chuva e os descendentes (sotavento), inibidores do processo, provocando ressecamento da atmosfera na escala local. Nas altas montanhas, as paisagens se organizam em “andares”, refletindo os fenômenos naturais característicos dos diferentes níveis.

Destaca-se que o gradiente altimétrico do relevo também exerce grande correlação com as variações nas temperaturas médias locais. A temperatura do ar é influenciada também pela altitude, latitude e longitude e, normalmente, decresce com a elevação da altitude numa proporção de aproximadamente 1 °C/100m (gradiente adiabático do ar seco). Esta taxa de arrefecimento ocorre, pois, uma massa de ar seco em ascensão está sujeita a pressão cada vez menor, aumentando seu volume e diminuindo a temperatura. Como este gradiente térmico

depende da saturação do ar, o decréscimo da temperatura média com a altitude se situa em torno de 1 °C a cada 180 metros (DURY, 1972).



Mapa 2 – Mapa Hipsométrico ASD Irauçuba/Centro-Norte



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2021

As principais barreiras orográficas presentes na ASD Irauçuba Centro/Norte são os maciços residuais, pois estes acidentes geográficos possuem os maiores valores altimétricos do núcleo, e conseqüentemente tem maior competência para condensar as massas de ar regionais. Os principais maciços residuais presentes na ASD são; serra da Meruoca/Rosário, situada a noroeste da ASD e pertencente ao município de Sobral; serra de Uruburetama situada a nordeste da ASD e inserida entre os municípios de Irauçuba, Itapajé e Miraíma; Serra do Machado situada ao sul da ASD e inserida entre os municípios de Canindé e Santa Quitéria.

A serra de Baturité que se situa a sudeste da ASD, no município de Canindé, apesar de localizar-se nos limites deste núcleo de desertificação, possui grande influência pluviométrica sobre o mesmo, em decorrência de sua elevada altitude e grande extensão territorial, sendo um dos maiores condensadores de umidade regional. Cabe mencionar os inselbergs como barreiras orográficas pontuais e sem grande influência pluviométrica por toda ASD.

Sobre as serras do Rosário/Meruoca e Baturité, evidencia-se que as mesmas funcionam como condensadoras de umidade, fato constatado nas vertentes a partir de onde se expande a depressão periférica e os sertões. A elevação dos totais pluviométricos resulta da combinação de efeitos da altitude e de exposição do relevo às massas de ar carregadas de umidade (FUNCEME, 2015).

### ***3.1.2 Condições Hidroclimáticas***

As condições climáticas da ASD Irauçuba/Centro-Norte são fortemente influenciadas pelos deslocamentos da Zona de Convergência Intertropical – ZCIT. Ela é o principal sistema sinótico condicionante da quadra chuvosa. Essencialmente os parâmetros climáticos dos municípios de Canindé, Irauçuba, Itapagé, Miraíma, Santa Quitéria e Sobral, são caracterizados por elevados coeficientes térmicos, baixas amplitudes entre máximas e mínimas de temperaturas; baixa nebulosidade que é praticamente ausente durante a estação seca. Como padrão climático dominante, cabe destaque às elevadas condições de irregularidades temporo-espaciais das chuvas na depressão sertaneja (CEARÁ, 2010)

Este núcleo é submetido às influências do clima semiárido com índices pluviométricos em média, inferiores a 800mm; coeficientes térmicos superiores a 26°C e taxas muito elevadas de evaporação e evapotranspiração, configurando balanço hídrico deficitário durante quase todo o ano; oscilações no total das precipitações, como também nas demais

áreas como nos maciços residuais que abrangem as serras do Machado, Rosário/Meruoca, Baturité e Uruburetama. (CEARÁ, 2010).

De acordo com Ceará (2015, p.40);

As variações térmicas anuais são insignificantes, em toda a ASD Irauçuba/Centro-Norte. Os dados de temperatura coletados pela Plataforma de Coleta de Dados (PCD's) que a FUNCEME possui em alguns municípios inseridos na ASD como: Canindé, Irauçuba, Santa Quitéria e Sobral, demonstram que as temperaturas médias anuais se situam, entre 24°C a 28°C. A variação é mínima entre os municípios de Irauçuba, Sobral e Santa Quitéria. Mais ameno, com temperatura média anual, Canindé apresenta temperatura de 24,3°C. Em termos absolutos, a temperatura máxima pode elevar-se a índices superiores a 40°C e a temperatura mínima apresentar índices inferiores a 15°C. As temperaturas mais elevadas são encontradas nos sertões, em decorrência das baixas altitudes, geralmente inferiores a 500m e da alta insolação. Outras características marcantes no panorama climático para a região em estudo são os baixos índices de nebulosidade, a forte insolação e as elevadas taxas de evaporação. No decorrer do ano, a incidência da luz solar atinge os menores valores no período chuvoso, enquanto os maiores valores se observam na estiagem. Sendo assim, o fenômeno da evaporação é favorecido, provocando perdas hídricas consideráveis nos volumes acumulados nos corpos d'água, cujos índices de evaporação mais elevados ocorrem nos sertões, alcançando valores de até 224,7mm, como é no caso do município de Sobral. De um modo geral os menores índices ocorrem no período chuvoso, apresentando no período valor de 94,6mm.

Constata-se a ocorrência perceptível de duas estações: uma chuvosa, correspondente ao período verão outono, e outra seca, relacionada com o período inverno primavera. Em geral, o trimestre mais chuvoso é o de março, abril e maio e o menos chuvoso compreende setembro, outubro e novembro (FUNCEME, 2015).

As chuvas que ocorrem na ASD entre dezembro e janeiro são classificadas como chuvas de Pré-Estação Chuvosa. Elas são originadas por frentes frias e pelo Vórtice Ciclônico de Alto Nível (VCAN).

O Vórtice Ciclônico de Altos Níveis para Ferreira e Mello (2005, p. 20) se conceitua por:

Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) que penetram na região Nordeste do Brasil formam-se no oceano Atlântico, principalmente entre os meses de novembro e março, e sua trajetória normalmente é de leste a oeste, com maior frequência entre os meses de janeiro e fevereiro. São um conjunto de nuvens que, observado pelas imagens de satélite, têm a forma aproximada de um círculo girando no sentido horário. Na sua periferia há formação de nuvens causadoras de chuva e no centro há movimentos de ar de cima para baixo (subsidência), aumentando a pressão e inibindo a formação de nuvens.

Para Ferreira e Mello (2005, p.19.)

Um outro importante mecanismo causador de chuvas no Nordeste do Brasil está ligado à penetração de frentes frias até às latitudes tropicais entre os meses de novembro e janeiro. As frentes frias são bandas de nuvens organizadas que se formam na região de confluência entre uma massa de ar frio (mais densa) com uma

massa de ar quente (menos densa). A massa de ar frio penetra por baixo da quente, como uma cunha, e faz com que o ar quente e úmido suba, forme as nuvens e, conseqüentemente, as chuvas.

O período de maior volume de precipitação do estado, e conseqüentemente da ASD, conhecido como quadra chuvosa, recebe este nome devido a sua ocorrência durante os meses de fevereiro a maio, e tem como principal sistema sinótico atuante a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)

A ZCIT segundo Ferreira e Mello (2005), é o fator mais importante na determinação de quão abundante serão as chuvas no Ceará, comumente ela migra de posição no decorrer do ano de sua posição mais ao norte, aproximadamente 14°N em agosto-outubro para posições mais ao sul, aproximadamente 2° a 4°S entre fevereiro a abril. Esse deslocamento desse sistema atmosférico se relaciona com os padrões de temperatura da superfície do mar (TSM). No Ceará ela determina a quadra chuvosa do estado, que ocorrendo durante os meses de fevereiro a maio.

A ZCIT é uma banda de nuvens que circunda a faixa equatorial do globo terrestre formada majoritariamente pela confluência dos ventos alísios do hemisfério norte com os ventos alísios do hemisfério sul. De maneira geral, pode-se dizer, que a convergência dos ventos faz com que o ar, quente e úmido ascenda, carregando umidade do oceano para os altos níveis da atmosfera ocorrendo a formação das nuvens. A ZCIT é mais significativa sobre os Oceanos e por isso, a Temperatura da Superfície do Mar-TSM é um dos fatores determinantes na sua posição e intensidade. (CEARÁ, 2002)

Nos meses de junho a agosto o principal sistema sinótico atuante no estado, e na ASD, são as ondas de leste, que de acordo com Xavier (2001), são ondas que se formam no campo de pressão atmosférica, na faixa tropical do globo terrestre, na área de influência dos ventos alísios, e se deslocam de oeste para leste, ou seja, desde a costa da África até o litoral leste do Brasil. Ele provoca chuvas principalmente na Zona da Mata que se estende desde o Recôncavo Baiano até o litoral do Rio Grande do Norte, mas, quando as condições oceânicas e atmosféricas estão favoráveis, as Ondas de Leste também provocam chuvas no estado do Ceará nos meses de junho, julho e agosto, principalmente na parte centro-norte do estado.

Entre os meses de setembro a novembro não há habitualmente a ocorrência de grandes sistemas sinóticos regionais na ASD, logo é o período de maior estiagem do núcleo, e conseqüentemente com o maior déficit hídrico mensal. Entretanto, vale ressaltar que a partir do fim da quadra chuvosa a incidência das precipitações tem uma redução drástica,

apresentando frequentemente precipitações pontuais e de baixa intensidade durante o restante do ano.

A existência da estação seca é fortemente marcada na ASD. Durante a estação chuvosa, o volume de água frequentemente, não garante para a região ocupada pela vegetação de caatinga, um total de precipitação adequado no final do ano, tornando-se a água um recurso naturalmente carente. Do ponto de vista agroclimático, um fator negativo do regime hídrico da região no Bioma Caatinga, tem sido a ocorrência de secas na estação das chuvosa. Este fenômeno conhecido como “veranico”, pode persistir por meses sem chuvas. Uma condição que tem intensificado o efeito dos veranicos é a perda dos estoques de água armazenada através do processo intenso de evapotranspiração (FUNCEME, 2015).

Segundo a divisão das bacias hidrográficas estabelecida pela PERH – SRH (Plano Estadual dos Recursos Hídricos – Secretaria de Recursos Hídricos – 1992) os municípios pertencentes a ASD Irauçuba/ Centro-Norte são drenados pelas seguintes bacias hidrográficas: Acaraú, Curu, Litorânea, Coreaú, Banabuiú e Metropolitana (Mapa 3).

De acordo com Ceará (2009, p. 16);

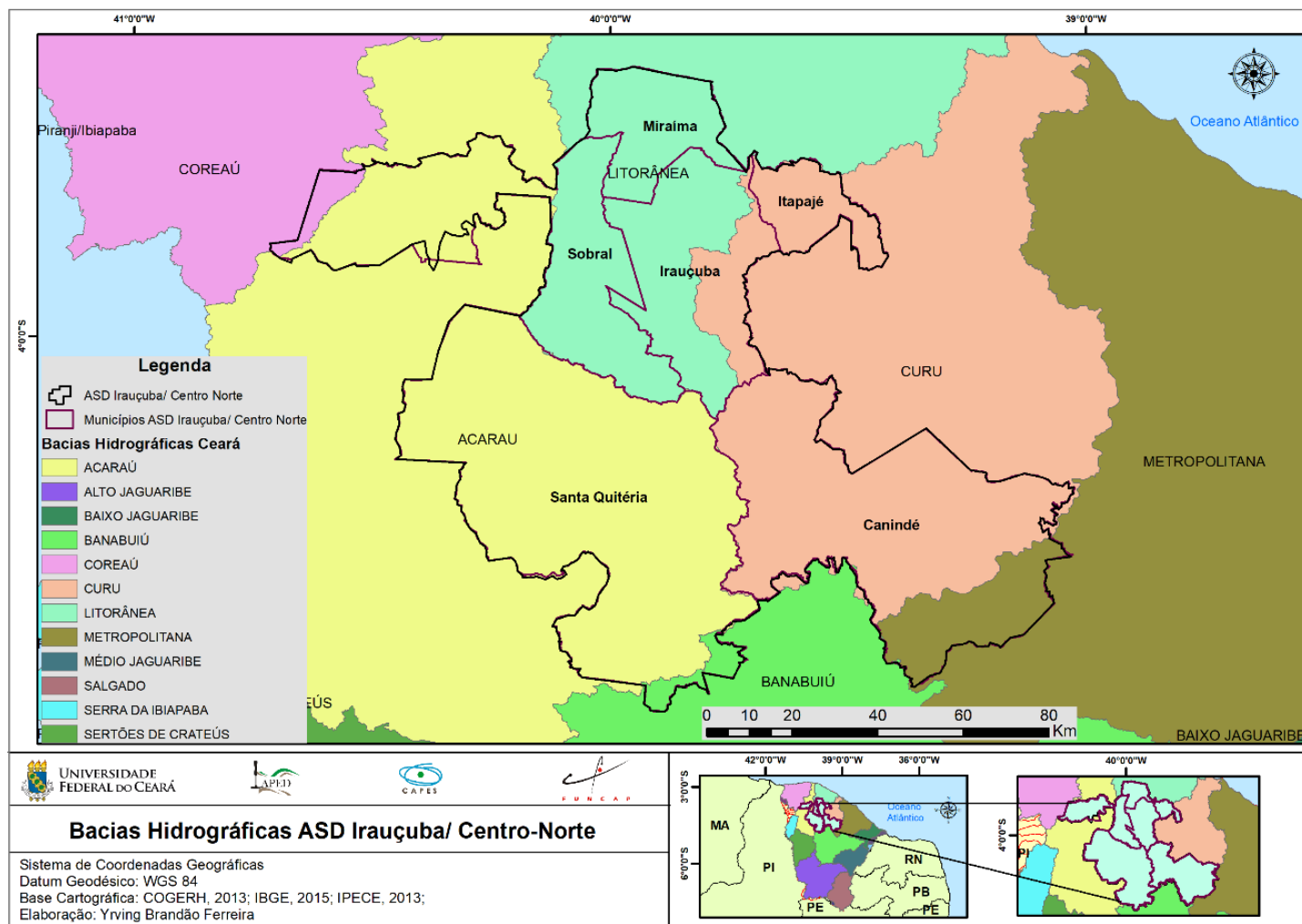
A bacia do Acaraú está localizada no setor norte-ocidental do estado do Ceará, limitando-se a oeste e a sudoeste, respectivamente, com as bacias do Coreaú e do Poti-Longá, a leste e sudeste, com as bacias do Litoral e do Curu. Essa bacia tem como rio principal O rio Acaraú, possui uma extensão de 315 Km, predominantemente no sentido sul-norte. Possui como principais afluentes os rios Groaíras, Jacurutu, Macacos e Jaibaras, os quais formam importantes sub-bacias. Ocupa uma área da ordem de 14.423,00 Km<sup>2</sup>, que corresponde a 10% do território cearense.

Esta bacia ocupa espaços diferenciados, ocorrendo nesta área a maior amplitude hipsométrica do Estado, com altitudes variando de 0 m, na região do litoral, a 1.145 m, a máxima do Estado, no Pico do Oeste, Serra das Matas (CEARÁ, 2009). Possui um total de 1.902 reservatórios (COGERH, 2008), destes, 556 apresentam área superior a 5 (ha) (FUNCEME, 2008). Destaca-se o açude Araras, responsável por mais de 60% do volume de acumulação da bacia (CEARÁ, 2009) Esta bacia detém dois sistemas de aquíferos: o das rochas sedimentares (porosos e aluviais) e os das rochas cristalinas (fissurais) (CEARÁ, 2009).

A bacia do Curu concentra-se no centro-norte do Estado. Limita-se, a leste, com as bacias Metropolitanas, a oeste com as bacias do Acaraú e do Litoral e ao sul com a sub-bacia do rio Banabuiú, integrante do Sistema do Jaguaribe (CEARÁ, 2009). Seu principal afluente é o rio Canindé, que se localiza na margem direita, e drena praticamente todo o

quadrante sudeste da bacia. Pela margem esquerda destaca-se o rio Caxitoré (SRH, 1992). O rio Curu possui uma extensão de 195 km corre preferencialmente no sentido sudoeste nordeste. Drena uma área de 8.750,75 Km<sup>2</sup>, o equivalente a 6% do território cearense (CEARÁ, 2009).

Mapa 3 – Bacias hidrográficas inseridas na ASD Irauçuba/Centro-Norte



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2021

Segundo Ceará (2009, p. 17);

A bacia possui o rio Curu como coletor principal, este rio nasce na região montanhosa formada pelas Serras do Céu, da Imburana e do Lucas. Drena os municípios de Apuiarés, Caridade, General Sampaio, Itapajé, Itatira, Paramoti, São Luís do Curu, Tejuçuoca e, parcialmente Aratuba (16,60%), Canindé (79,90%), Guaramiranga (17,76%), Irauçuba (28,77%), Maranguape (5,97%), Mulungu (34,96%), Palmácia (5,34%), Pacoti (4,95%), Paracuru (82,20%), Paraipaba (78,25%), Pentecoste (70,97%), São Gonçalo do Amarante (35,54%), Tururu (27,29%) e Umirim (90,36%)

Os principais centros de dispersão de drenagem da área são formados pelas serras de Uruburetama, a noroeste, e do Machado ao sul. Os terrenos da bacia são predominantemente cristalinos (CEARÁ, 2009).

Caracteriza-se pelo alto nível de açudagem, possui um total de 818 reservatórios (COGERH, 2008), destes, 229 apresentam área superior a 5 (ha) (FUNCEME, 2008). Destacam-se os açudes Gal. Sampaio e Pentecoste, responsáveis por quase de 70% do volume de acumulação da bacia (CEARÁ, 2009).

Apresenta dois sistemas aquíferos: o das rochas sedimentares (porosos e aluviais) e os das rochas cristalinas (fissurais) (CEARÁ, 2009).

A bacia litorânea situa-se na porção noroeste do Estado, limitada ao sul e a oeste pela Bacia do rio Acaraú, a leste pela Bacia do rio Curu, e ao norte, pelo Oceano Atlântico. Tem como principal coletor de drenagem o rio Aracatiaçu. Abrange área aproximada de 8.472,77Km<sup>2</sup>, o equivalente a 6% do território cearense (CEARÁ, 2009);

Segundo Ceará (2009, p. 17);

Esta bacia engloba total ou parcialmente o território de 20 municípios, são eles: Acaraú (58,83%), Amontada, Irauçuba (71,22%), Itapipoca, Itarema, Marco (7,28%), Miraíma, Morrinhos (41,38%), Paraipaba (21,69%), Santana do Acaraú (29,38%), Sobral (49,35%), Trairi, Tururu (83,77%), Umirim (9,62%) e Uruburetama. Tem como principal coletor de drenagem o rio Aracatiaçu, com 181 km de extensão. Outros cursos d'água de menores dimensões se dispõem paralelamente a ele. Tratam-se dos rios Aracati-mirim, a oeste e do Cruxati, Mundaú e Trairi a leste.

Caracteriza-se pelo alto nível de açudagem, possui um total de 1.019 reservatórios (COGERH, 2008), destes, 290 apresentam área superior a 5 (ha) (FUNCEME, 2008). Apresenta dois sistemas aquíferos: o das rochas sedimentares (porosos e aluviais) e os das rochas cristalinas (fissurais) (CEARÁ, 2009).

A bacia do Coreaú está localizada na porção norte-ocidental do Estado. Possuindo os seguintes limites: ao sul as bacias do Poti-Longá e Acaraú, a oeste o Estado do Piauí, a



leste a bacia do rio Acaraú e ao norte o Oceano Atlântico. Tem como principal coletor de drenagem o rio Aracatiaçu. Abrange área aproximada de 8.472,77Km<sup>2</sup>, o equivalente a 6% do território cearense. (CEARÁ, 2009)

Possui um total de 1.019 reservatórios (COGERH, 2008), destes, 290 apresentam área superior a 5 (ha) (FUNCEME, 2008). Apresenta dois sistemas aquíferos: o das rochas sedimentares (porosos e aluviais) e os das rochas cristalinas (fissurais) (CEARÁ, 2009).

A Sub-bacia do rio Banabuiú compõem, essencialmente, os sertões centrais do Ceará. Por sua localização central, limita-se com quase todas as Bacias do Estado, excetuando-se as bacias do Coreaú, do Litoral e a sub-bacia do Salgado. É uma das cinco Sub-bacias que compõem a Bacia do Jaguaribe. O rio Banabuiú é o mais importante rio desta Sub-bacia. Drena uma área de 19.810 km<sup>2</sup>, desenvolve-se no sentido oeste-leste, percorrendo um curso total de 314 km, até desaguar no rio Jaguaribe nas proximidades da cidade de Limoeiro do Norte. Sua área equivale a 13% do território cearense (CEARÁ, 2009).

De acordo com Ceará (2010, p. 18);

Sua altitude varia geralmente entre níveis de 89 m a 725 m. As maiores altitudes, a oeste, determinam o sentido oeste-leste da maior parte dos cursos d'água secundários que convergem para o rio principal (Banabuiú), assim como este último mantém a direção leste até convergir-se com o rio Jaguaribe, como já citado, formando-se aluviões em seu trecho final. A Sub-bacia apresenta uma frequência de rios e riachos intermitentes sazonais de média à elevada e ainda, baixos potenciais de águas subterrâneas, que ocorrem, na maioria dos casos, em sistemas de fraturas. O alto curso do rio Banabuiú é encachoeirado, onde são frequentes as corredeiras. As declividades do talvegue variam de 2,1% a 0,5%, tendo 0,095 como valor médio.

Possui 5.825 reservatórios (COGERH, 2008). Destaca-se o açude Banabuiú, responsável por mais de 50% do volume de acumulação da sub-bacia, sendo este a terceira reserva hídrica mais importante da bacia do Jaguaribe. Apresenta dois sistemas aquíferos: o das rochas sedimentares (aluviais) e os das rochas cristalinas (fissurais), (CEARÁ, 2009).

As bacias Metropolitanas localizam-se na porção nordeste do Estado limitadas ao sul pela bacia do rio Banabuiú, a leste pela bacia do rio Jaguaribe, a oeste pela bacia do rio Curu, e ao norte, pelo Oceano Atlântico. A Região Hidrográfica é formada por uma série de bacias independentes onde se destacam as que têm os rios Choró, Pacoti, São Gonçalo, Pirangi, Ceará e Cocó, como coletores principais de drenagem e os sistemas Ceará/Maranguape e Cocó/Coaçu. Esta Bacia corresponde a uma área de 15.085 km<sup>2</sup>, 10% do estado do Ceará. (CEARÁ, 2009).

Segundo (CEARÁ, 2009, p.17);

São dezesseis as sub-bacias hidrográficas dessa região, dentre elas aquelas que possuem rio principal com maior extensão são o Choró, com 200 km; o Pirangi, com 177,5 km; e o Pacoti, com 112,5 km, todos em sentido sudoeste-nordeste. As bacias Metropolitanas drenam área dos municípios de Acarape, Aquiraz, Aracoiaba, Barreira, Baturité, Beberibe, Capistrano, Cascavel, Caucaia, Choro, Chorozinho, Eusébio, Fortaleza, Guaiúba, Horizonte, Itapiúna, Itaitinga, Maracanaú, Ocara, Pacajus, Pacatuba, Pindoretama, Redenção e parte dos municípios de Aracati (8,97%), Aratuba (83,40%), Canindé (20,10%), Fortim (65,61%), Guarimiranga (82,24%), Ibaretama (87,07%), Maranguape (94,03%), Morada Nova (22,72%), Mulungu (65,04%), Pacoti (95,05%), Palhano (40,47%), Palmácia (94,66%), Paracuru (17,80%), Pentecoste (29,03%), Quixadá (21,82%), Russas (14,02%) e São Gonçalo do Amarante (64,46%). Esta área apresenta altitudes que variam de 0 m (litoral) a pouco menos de 900 m (Serra de Baturité), sendo que grande parte da área encontra-se abaixo dos 200 m (FUCK JÚNIOR, 2009). Ocorrem litologias do cristalino, principalmente no alto e médio curso onde o padrão é dendrítico e retangular e, o baixo curso verifica-se a Formação Barreiras e os cordões de dunas, onde a drenagem é paralela e com baixa densidade.

Estas Bacias caracterizam-se por apresentarem um volume hidrográfico de pequeno porte e de pouca representatividade, no entanto, importantes por banharem áreas urbanas. Possuem um total de 693 reservatórios (COGERH, 2008),

Para Ceará (2009) a consolidação da oferta hídrica destas Bacias compreende 15 (quinze) reservatórios, os quais possuem capacidade maior que 10 milhões de metros cúbicos, tendo em vista que os açudes com capacidade inferior a este valor têm como principal função a acumulação de volumes de água que ficam estocados após a estação chuvosa (de fevereiro a maio), para serem depois utilizados na estação seca (demais meses) do mesmo ano. Não servem, no entanto, como reservas interanuais, pois, quando da ocorrência de anos secos consecutivos, tais reservatórios não apresentam volumes para o atendimento às demandas (SRH, 2005).

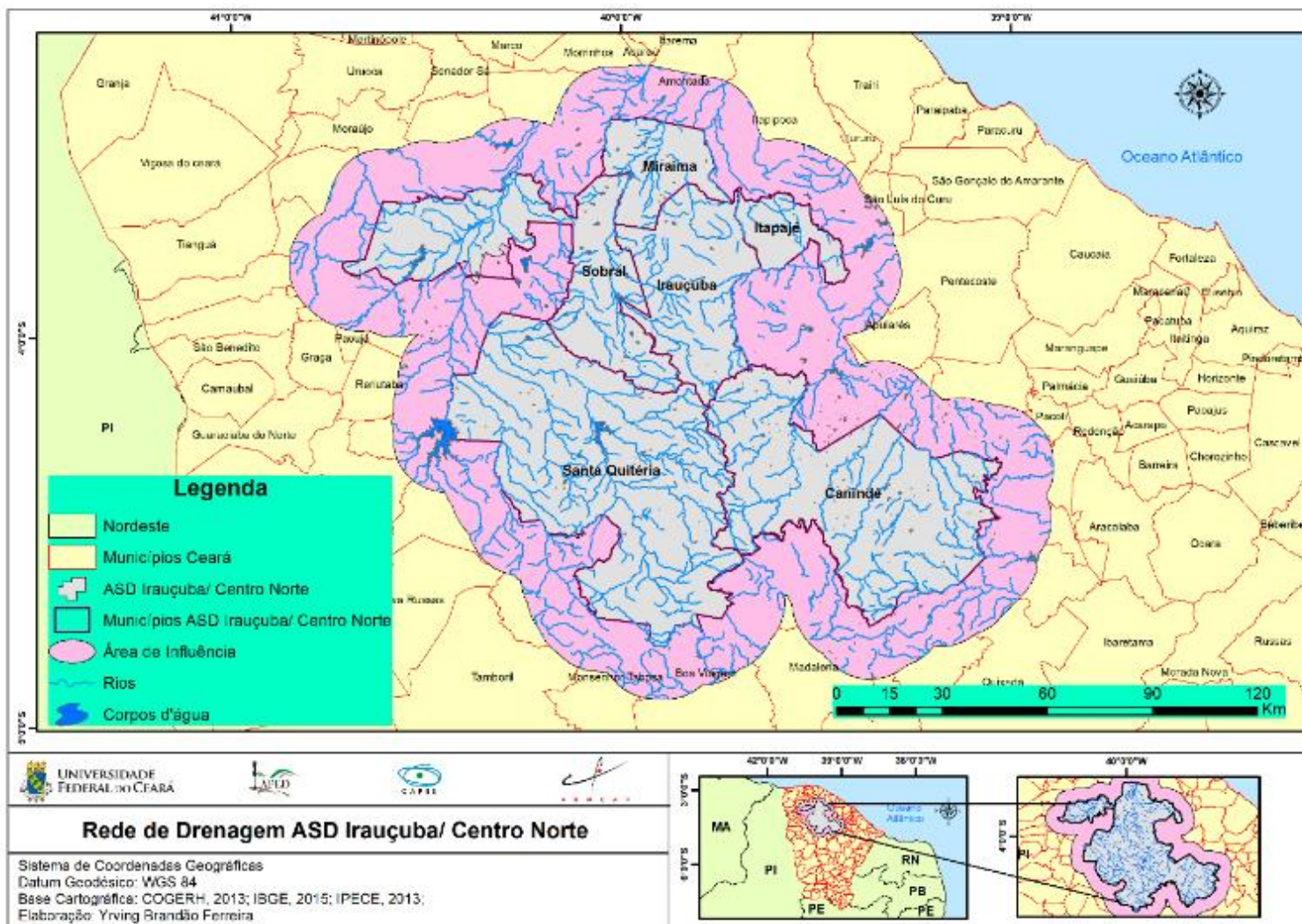
Quanto as características da drenagem hídrica da ASD Irauçuba/Centro-Norte, está se encontra toda distribuída na depressão sertaneja. O que implica em condições de pouca capacidade de infiltração pluviométrica, ocasionando em associação com o clima semiárido rios com características intermitentes, e solos rasos a pouco profundos. (Mapa 4)

Funceme (2015,) afirma que; no tocante às águas subterrâneas, as bacias hidrográficas que drenam a região de Irauçuba/Centro-Norte, dividem-se em dois sistemas aquíferos: os das rochas sedimentares (porosos e aluviões) e o das rochas cristalinas (fissurais), que ocupam a maior parte da região. Os sedimentares se caracterizam como mais importantes por possuírem uma porosidade primária e, nos terrenos arenosos, uma elevada permeabilidade, traduzindo-se em unidades geológicas com excelentes condições de

armazenamento e fornecimento de água. Os cristalinos (fissurais) apresentam um “baixo potencial”, pois se encontram inseridos em áreas de rochas do embasamento cristalino, sendo as zonas de fraturas, os únicos condicionantes da ocorrência de água nestas rochas. A recarga destas fraturas se dá através dos rios e riachos que estão encaixados nestas estruturas, o que ocorre somente no período chuvoso.

Os principais problemas dos recursos hídricos no Estado são o assoreamento e a turbidez, a poluição, a eutrofização e a salinização da água, estes problemas variam de intensidade conforme a urbanização e as atividades industriais, agrícolas e de mineração que se desenvolvem em diferentes regiões, além das condições climáticas, representadas pelas altas taxas de evaporação e irregularidades pluviométricas (CEARÁ, 1994).

Mapa 4 – Rede de Drenagem Hídrica ASD Irauçuba/Centro-Norte



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2021

### 3.1.3 Solos

De acordo com o Levantamento Exploratório-Reconhecimento de Solos do Estado do Ceará, ocorrem na ASD Irauçuba/Centro-Norte as seguintes classes de solos: Argissolos vermelho-amarelo, eutrófico e distrófico, Luvisolos Crômicos, Planossolos Háplicos, Neossolos Flúvicos, Neossolos Litólicos, Neossolos Regolíticos eutróficos e distróficos. Os Planossolos são a classe de solos predominante na ASD. Os solos da ASD Irauçuba/Centro-Norte têm sua distribuição espacial e características fundamentais descritas no (Tabela 2) e (Mapa 5) (FUNCEME, 2015).

Os solos dos municípios da ASD – Núcleo I – Irauçuba/ Centro-Norte são rasos, com características químicas, físicas e morfológicas susceptíveis a erosão. A natureza cristalina dos materiais de origem dos solos dificulta a infiltração da água e estimula a concentração de sais (FUNCEME, 2015).

Tabela 2 – Distribuição e principais características dos solos predominantes na ASD Irauçuba/Centro-Norte.

<b>Classes de Solos</b>	<b>Municípios</b>	<b>Características Dominantes</b>	<b>Condições de Uso</b>	<b>Limitações</b>
<b>Argissolo Vermelho-Amarelo</b>	Sobral, Miraíma, Irauçuba, Itapajé, Santa Quitéria e Canindé	Solos Profundos, a medianamente profundos, textura média a argilosa, moderadamente drenados e fertilidade natural média a alta	Lavoura de Subsistência e pecuária	Susceptibilidade a erosão, impedimentos a mecanização
<b>Luvisolo Crômico</b>	Sobral, Miraíma, Irauçuba, Itapajé, Santa Quitéria e Canindé	Solos moderadamente profundos a rasos, textura arenosa ou média no horizonte A e média a argilosa no horizonte B	Lavoura de Subsistência e pecuária	Susceptibilidade a erosão, impedimentos a mecanização
<b>Planossolos Háplicos</b>	Sobral, Miraíma, Irauçuba, Santa Quitéria e Canindé	Solos moderadamente profundos a rasos, raramente profundos, imperfeitamente drenados e baixa permeabilidade	Lavoura de Subsistência e pecuária	Problema de encharcamento no período chuvoso e ressecamento e fendilhamento durante período seco
<b>Neossolo Flúvico</b>	Sobral	Solos profundos, mal a moderadamente drenados e fertilidade natural alta, textura	Lavoura de Subsistência e pecuária	Excesso de água durante a estação chuvosa; salinização e drenagem deficiente.

		indiscriminada		
<b>Neossolo Litólico</b>	Sobral, Miraíma, Irauçuba, Itapajé, Santa Quitéria e Canindé.	Solos rasos, textura variando de arenosa a média; muito pedregosa e fertilidade natural média; drenagem moderada a acentuada	Lavoura de Subsistência e pecuária	Impedimentos à mecanização, pequena espessura e afloramentos rochosos frequentes
<b>Neossolo Regolítico</b>	Santa Quitéria	Apresenta textura arenosa e baixa capacidade de adsorção de nutrientes, quando comparado com solos argilosos	Lavoura de subsistência e pecuária extensiva	Baixo teor de matéria orgânica e nitrogênio que diminuem, após alguns anos de uso, (Jacomine, 1996).

Fonte: Adaptado, FUNCEME (2015)

### 3.1.4 Aspectos do Uso da Terra

A partir deste quadro de vulnerabilidade torna-se relevante identificar e analisar as diferentes formas como o espaço territorial dos municípios está sendo ocupado pelo homem (Mapa 6), além de apontar as diversas atividades que estão degradando o meio ambiente, intensificando processos de erosão, inundações e assoreamentos. (FUNCEME, 2015). O uso da terra na ASD Irauçuba/Centro-Norte é historicamente marcado pela pecuária extensiva e pelo agroextrativismo.

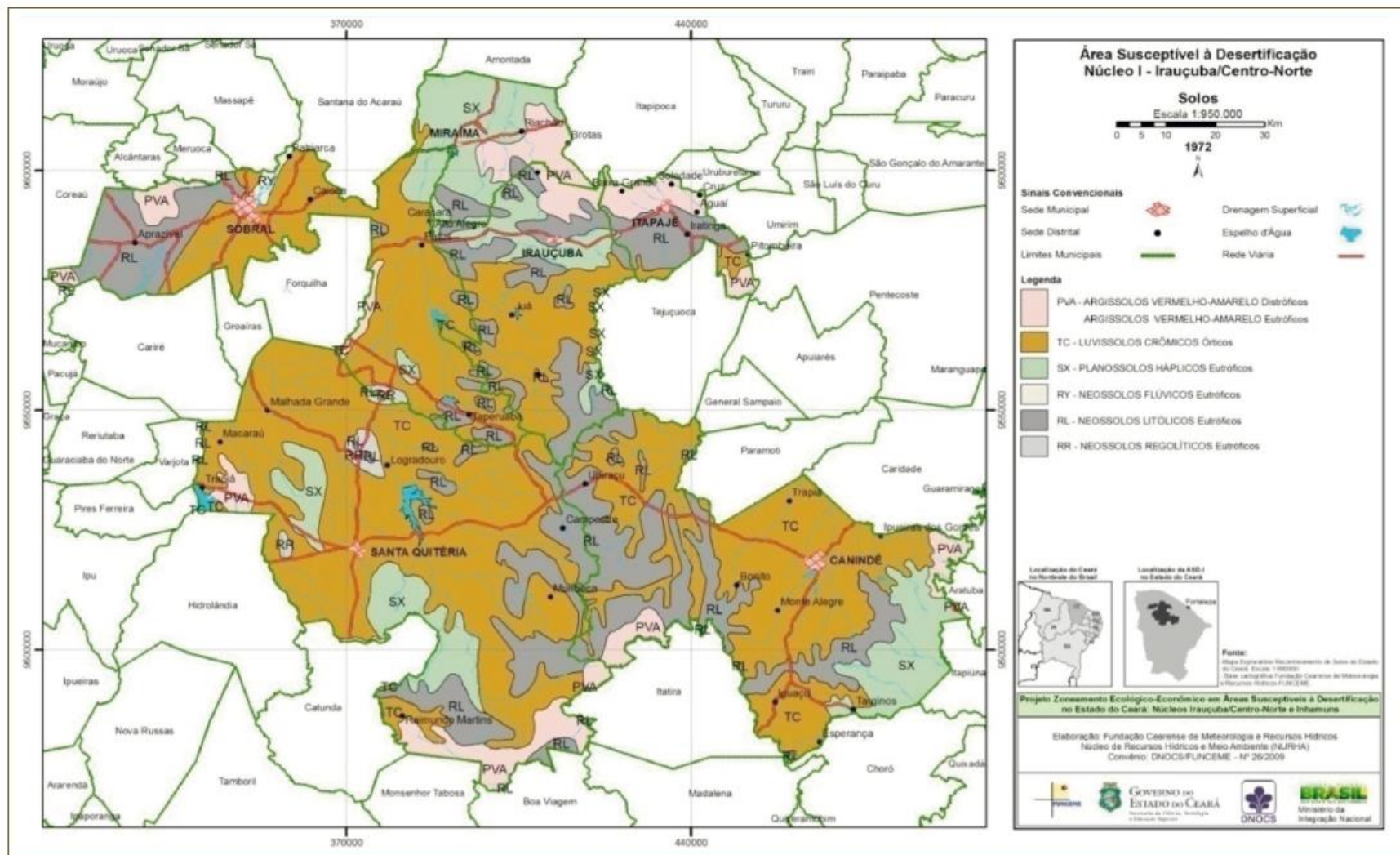
Segundo Funceme (2015, p. 50)

Evidencia-se que o uso da terra guarda os traços tradicionais da ocupação dos sertões semiáridos pela pecuária extensiva e pelo agroextrativismo. Sob esse aspecto, ao tratar dos sistemas de produção ou de uso da terra, há que se considerar a agricultura, a pecuária, o extrativismo (vegetal ou mineral), as práticas e tecnologias agrícolas e as relações sociais da produção. Há uma nítida predominância do sistema tradicional que ocupa propriedades com dimensões inferiores a cinquenta hectares, onde se pratica uma agricultura de subsistência. São baixos os níveis tecnológicos e a mão de obra é, por excelência, familiar. Sistemas que utilizam técnicas modernas como a mecanização agrícola, o uso de insumos, espécies cientificamente melhoradas e uso da irrigação, não foram efetivamente constatadas na ASD.

Funceme (2015, p. 56) esclarece que;

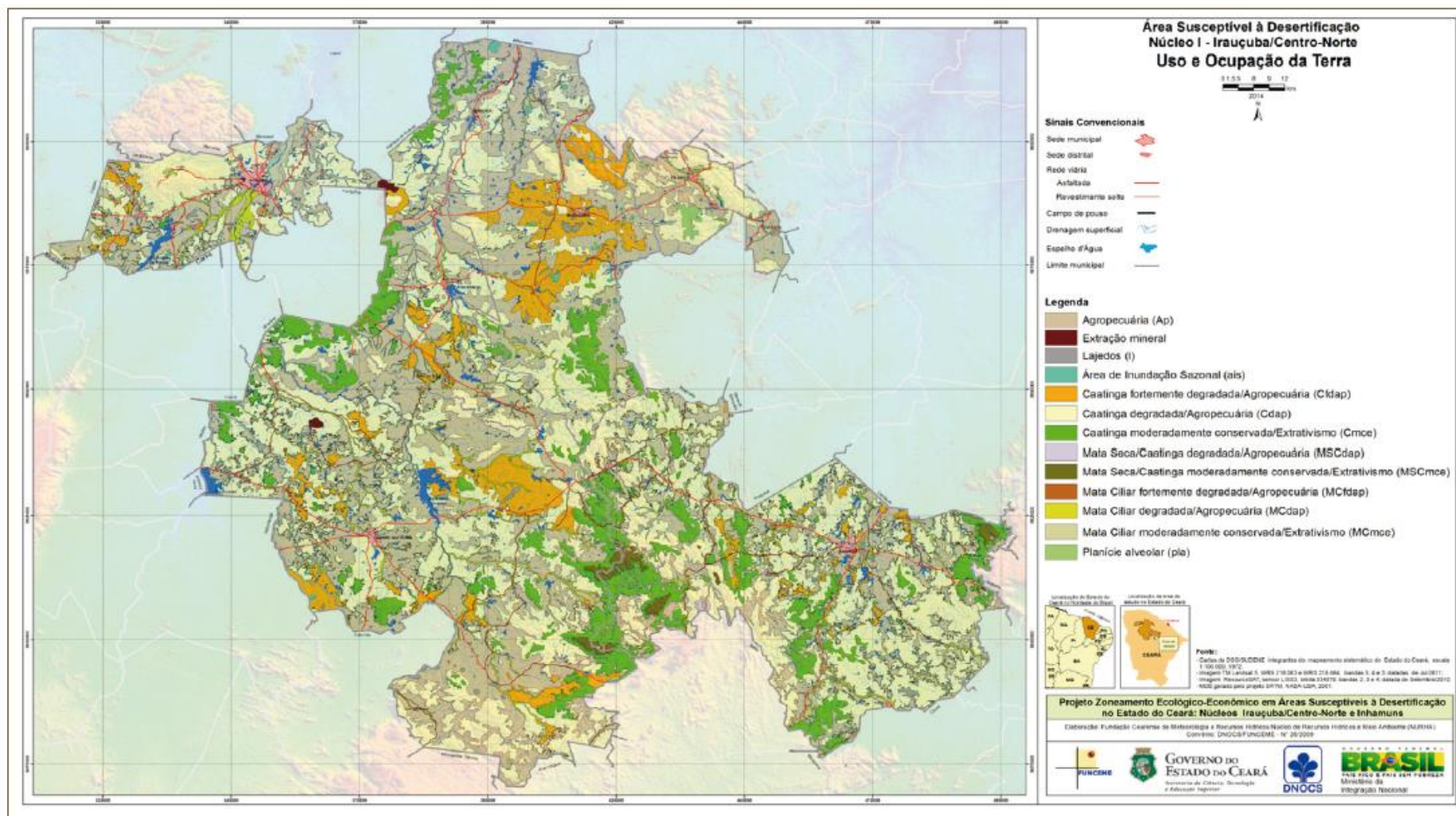
De acordo com os dados verifica-se que a área total definida para a ASD - Núcleo I - Irauçuba/Centro--Norte (12.202,41km<sup>2</sup>), encontra-se principalmente ocupada com: caatinga degradada/agropecuária com 4.913,92km<sup>2</sup>, ou seja, 40,27% e com a agropecuária, ocupando 4.374,98km<sup>2</sup>, 35,85% de toda área da ASD em questão mapeada. Verifica-se que apenas estas duas classes ocupam 76,12% de toda a extensão territorial da ASD - Núcleo I - Irauçuba/Centro- Norte. Observa-se ainda 1.060,62km<sup>2</sup> ocupados com caatinga moderadamente conservada/extrativismo e 876,06km<sup>2</sup> com caatinga fortemente degradada/agropecuária, correspondendo respectivamente a 8,69% e 7,18% da área total mapeada.

Mapa 5 – Mapa dos Solos da ASD – Núcleo I – Irauçuba/Centro-Norte



Fonte: FUNCEME, 2015

Mapa 6 – Mapa do Uso e Ocupação da Terra da ASD – Núcleo I – Irauçuba/Centro-Norte



Fonte: FUNCEME, 2015



O uso da terra na ASD é subdividido em Lavouras (permanentes e temporárias), pastagens (pastagens plantadas degradadas, pastagens plantadas em boas condições), Matas e/ou florestas naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal; Terras degradadas (erodidas, desertificadas, salinizadas etc.), terras inaproveitáveis para agricultura ou pecuária (pântanos, areais, pedreiras etc.); Terras inaproveitáveis para agricultura ou pecuária (pântanos, areais, pedreiras etc.); Terras destinadas à agropecuária (FUNCEME, 2015).

As lavouras permanentes sofreram uma diminuição de sua área entre 2000 e 2010. Em Irauçuba essa queda ocorreu a uma taxa média de 16,1% a cada ano, enquanto no estado do Ceará houve um crescimento de 1,1% ao ano (FUNCEME, 2015).

As lavouras temporárias diferentemente das lavouras permanentes obtiveram uma expansão da área destinada ao seu cultivo, enquanto no Ceará houve uma redução de 1,5% ao ano, em média. Itapajé, Sobral e Irauçuba foram os municípios que mais expandiram a área destinada às lavouras temporárias no período 2000 a 2010. A maioria dos estabelecimentos agropecuários cultiva lavouras temporárias. No entanto a área para a atividade é relativamente pequena, o que permite concluir que se trata de uma prática adotada por pequenos produtores rurais. (FUNCEME, 2015).

Segundo FUNCEME (2015, p. 77);

As pastagens naturais estão presentes em grande parte da área dos estabelecimentos agropecuários da ASD. Em Irauçuba e Miraíma mais da metade desta área encontrava-se em uso com pastagens naturais no ano de 2006. No entanto, verifica-se que existe um pequeno número de estabelecimentos com este tipo de uso do solo, o que leva a crer que ocorre em grandes estabelecimentos agropecuários. Em Santa Quitéria 129 estabelecimentos apresentaram área de pastagens degradadas, totalizando 1.566 hectares em 2006 ou 0,7 da área total dos estabelecimentos agropecuários no município. Apesar de esses números serem relativamente pequenos pode ser considerado um alerta.

A existência de áreas erodidas, desertificadas ou salinizadas nos municípios da ASD é uma realidade e se constitui uma ameaça ambiental preocupante haja vista que pode desencadear sérios problemas sociais e econômicos. Em Canindé 2,2% dos estabelecimentos agropecuários, o equivalente a 1,2% da área total dos estabelecimentos rurais do município, apresentavam terras degradadas em 2006. Além de Canindé, os municípios de Miraíma, Santa Quitéria e Sobral apresentaram maior percentual de terras que Irauçuba, historicamente conhecida como um núcleo de desertificação (FUNCEME, 2015).

Os estabelecimentos agropecuários com terras inaproveitáveis para agricultura ou pecuária (pântanos, areais, pedreiras etc.) é elevado na ASD em 2006, sendo Canindé o

município mais atingido pelo problema, com 6,1% de suas terras referentes aos estabelecimentos agropecuários, consideradas inaptas para as atividades agropecuárias. (FUNCEME, 2015).

### **3.1.5 Vegetação**

No semiárido brasileiro estima-se que 30% do bioma Caatinga tenha sido já alterado em decorrência da agropecuária, destacando-se o ambiente da Vegetação Lenhosa Caducifólia Espinhosa. O mau uso do solo em conjunto com o clima semiárido vem provocando ao longo do tempo uma perda de espécies raras, endêmicas e de interesse bioecológico dessa região, bem como originando grandes extensões de desertificação (FUNCEME, 2015).

A ASD Irauçuba/ Centro-Norte está inserida na depressão sertaneja, onde destaca o ambiente das Caatingas Arbustiva e Arbórea, além da Mata Ciliar com Carnaúba, já bastante modificadas pela ação antrópica. (FUNCEME, 2015).

A Caatinga arbustiva de acordo com Funceme (2015, p. 56), situa-se predominantemente;

na depressão sertaneja, estando descaracterizada sobretudo devido à forte pressão antrópica local, dentre outros. A vegetação da Caatinga desse ambiente apresenta porte mediano com domínio de arbustos, normalmente menor que 3 metros, dificilmente verificam-se árvores nesta tipologia vegetal, tendo, porém, alguns indivíduos emergentes dispersos que raramente ultrapassam sete metros de altura, com diversas herbáceas efêmeras, ocupando boa parte dos sertões. Os arbustos e os subarbustos deste ambiente formam um verdadeiro emaranhado de difícil acesso, com caules finos e normalmente espinhosos, cujas folhas são em geral pequenas e caem quase que totalmente no estio, chegando à perda de aproximadamente 80 % de sua folhagem, na estiagem. A flora da Caatinga adaptou-se ao clima semiárido, particularmente ao déficit d'água e a forte incidência solar, através do desenvolvimento de folhas pequenas ou em formas de espinhos, minimizando deste modo a sua perda d'água. As principais espécies florísticas da Caatinga são: *Cnidoscolus phyllacanthus* (faveleira), *Auxemma onocalyx* (pau-branco), *Bursera leptophloeos* (imburana), *Caesalpinia pyramidalis* (catingueira), *Mimosa melacocentra* (jurema-branca), *Cydonia oblonga* (marmeleiro), *Zizyphus jozeiro* (juazeiro), *Bauhinia forticata* (mororó), *Mimosa caesalpiniaefolia* (sabiá), *Copernicea prunifera* (carnaúba), *Sapindus saponaria* (sabonete), diversas cactáceas, dentre outras espécies florísticas.

A Caatinga Arbustivo-Arbórea para Funceme (2015, p. 56);

Localiza-se de forma espaçada em algumas serras ou maciços residuais. A fauna, durante o período seco, normalmente costuma migrar para estes ambientes (Mata Subcaducifólia ou Mata Seca), Várzeas e mesmo para o Complexo Litorâneo, onde permanecem durante o estio, voltando para a Caatinga logo que começa a chover. A Caatinga Arbustivo-Arbórea apresenta árvores que podem atingir os doze metros de altura, as quais naturalmente apresentam-se relativamente adensadas, cujo dossel superior é ramificado e pouco espesso. O estrato arbustivo é relativamente rico em espécies, porém tal como na Caatinga Arbustiva, seu estrato herbáceo é efêmero, só

ocorrendo durante o período das chuvas. A caducidade foliar é mediana, caindo em torno de 60% de suas folhagens no período de estio. Possuem poucas epífitas e cipós, todavia nesta área é possível observar diversas leguminosas da Caatinga bem como cactáceas (xique-xique) e bromeliáceas (macambira). As principais espécies florísticas deste ambiente são: *Anadenantheracolumbrina* sp (angico), *Mimosa caesalpinifolia* (sabiá), *Cereus squamosus* (facheiro), *Tabebuia serratifolia* (pau-d'arco-amarelo), *Cnidoscolus phyllacanthus* (faveleira), *Bauhinia forficata* (mororó), *Tabebuia avellanedea* (pau-d'arco-roxo), *Caesalpinia pyramidalis* (catingueira), *Croton* sp (marmeleiro), *Orbygnia martiana* (babaçu), *Zizyphus jozeiro* (juazeiro), *Cereus gounelli* (xique-xique), *Bromelia laciniosa* (macambira), dentre outras.

### 3.2 Demografia

De acordo com Funceme (2015) não há um grande contingente populacional na ASD Irauçuba/ Centro-Norte, apenas 4,6% da população estadual em 2010, Em Miraíma a população em 2010, foi de 12.800 habitantes, o que coloca o município entre os 40 menos populosos dos 184 municípios cearenses. Grande parte da população residente na ASD encontra-se na zona urbana, sendo nítida a queda no número de habitantes da zona rural na maioria dos municípios. A exceção coube aos municípios de Itapajé e Sobral, os quais apresentaram crescimento da população rural correspondente a 5,4% e 5,6%, respectivamente, entre 2000 e 2010. As maiores quedas na população rural foram verificadas nos municípios de Miraíma (-10,4%) e Santa Quitéria (-10,9%).

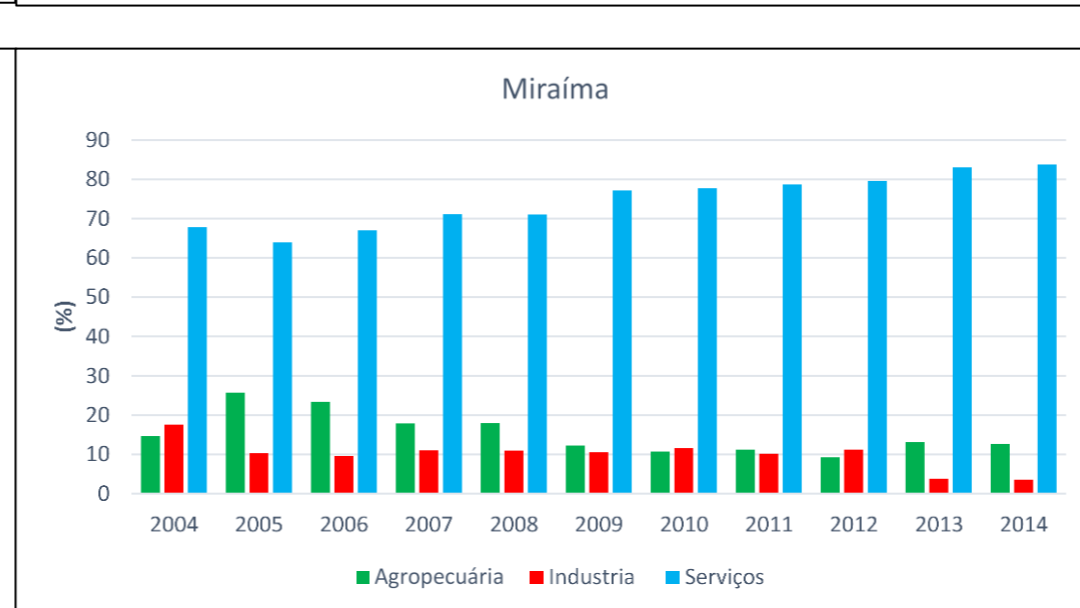
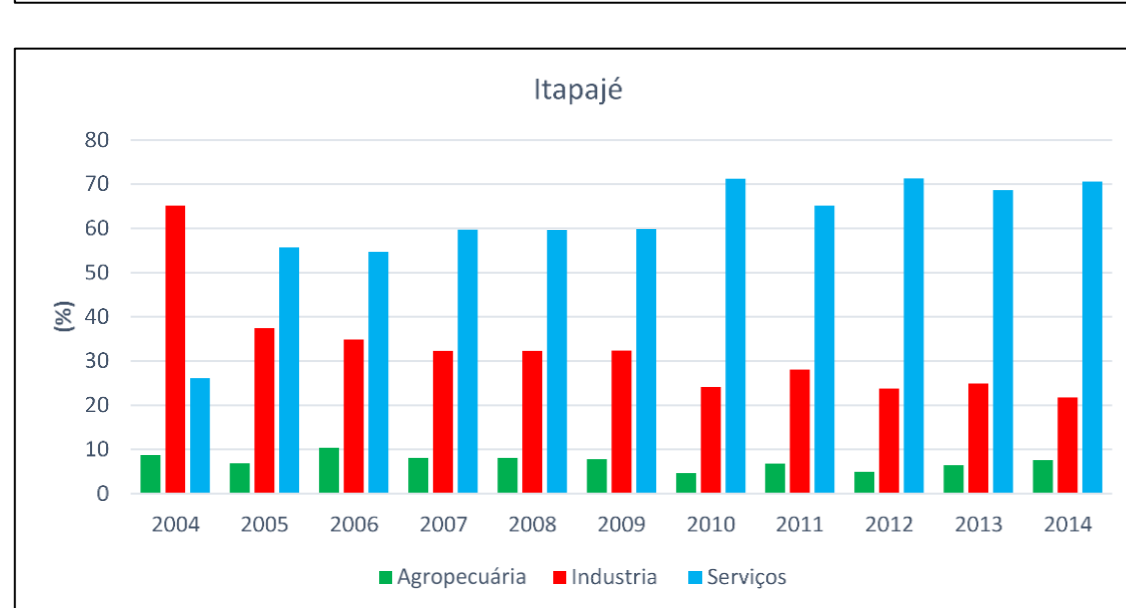
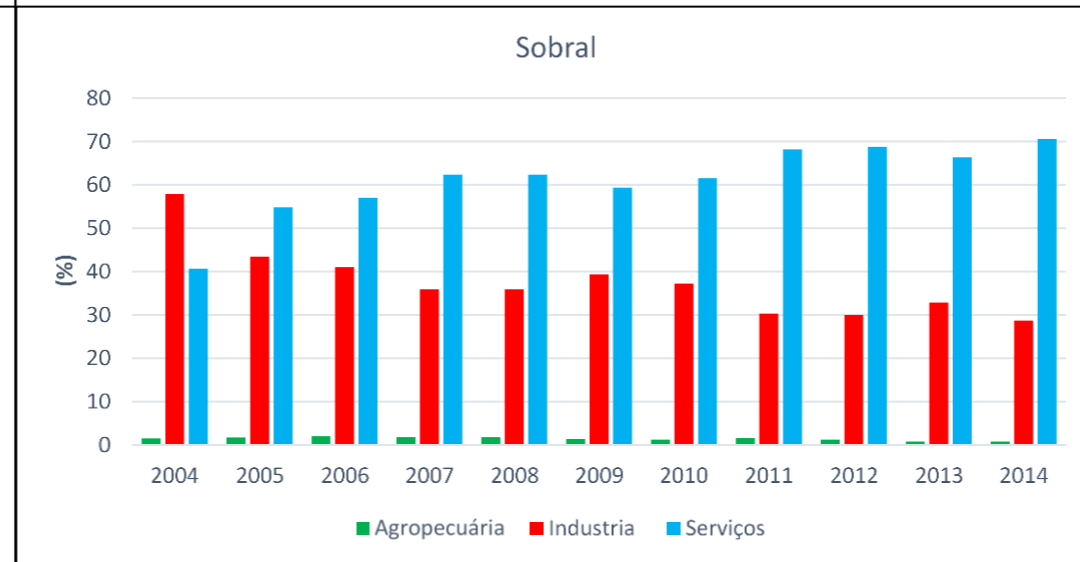
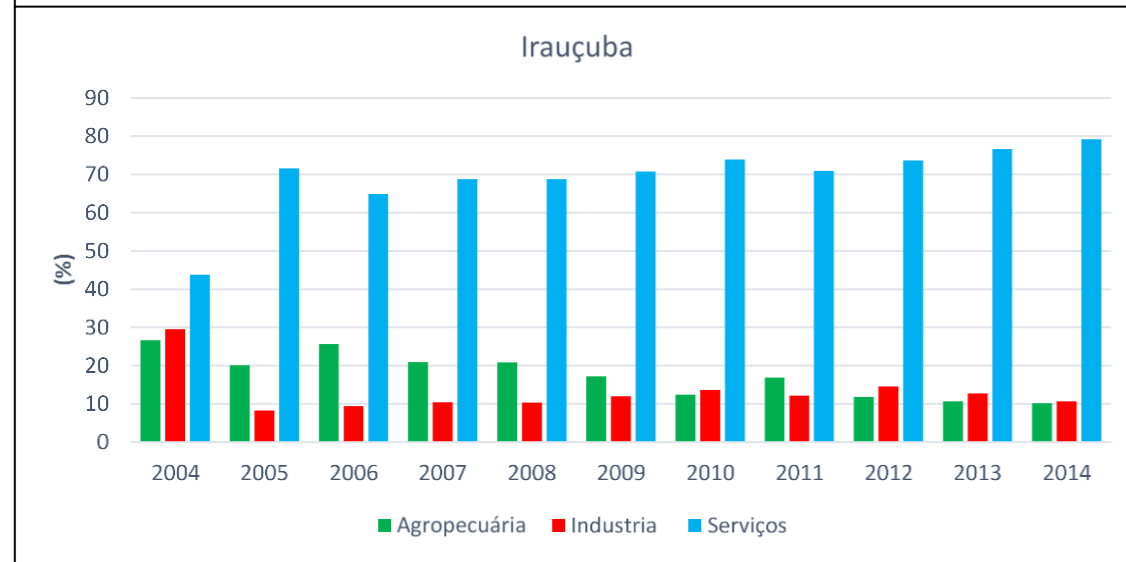
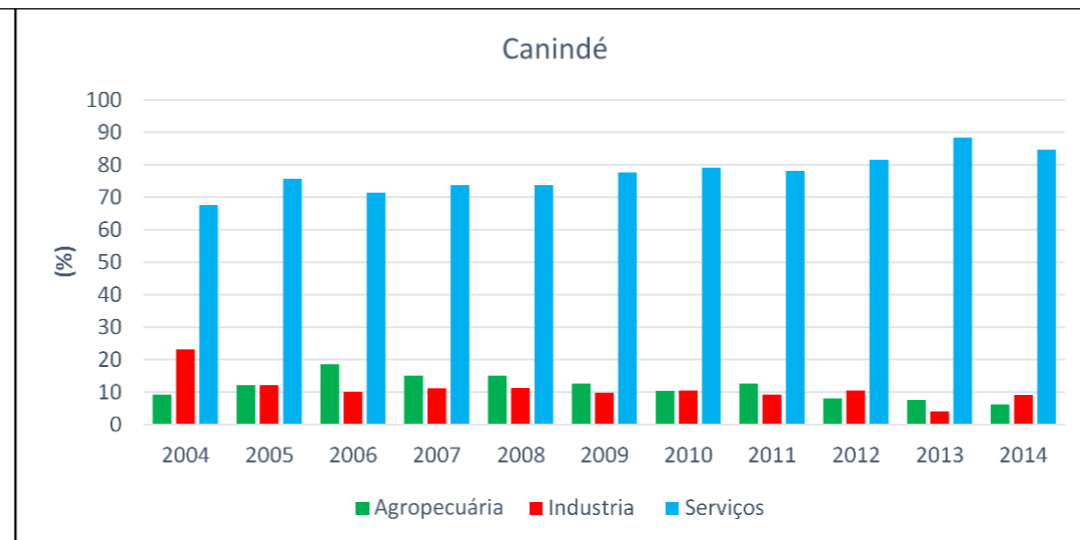
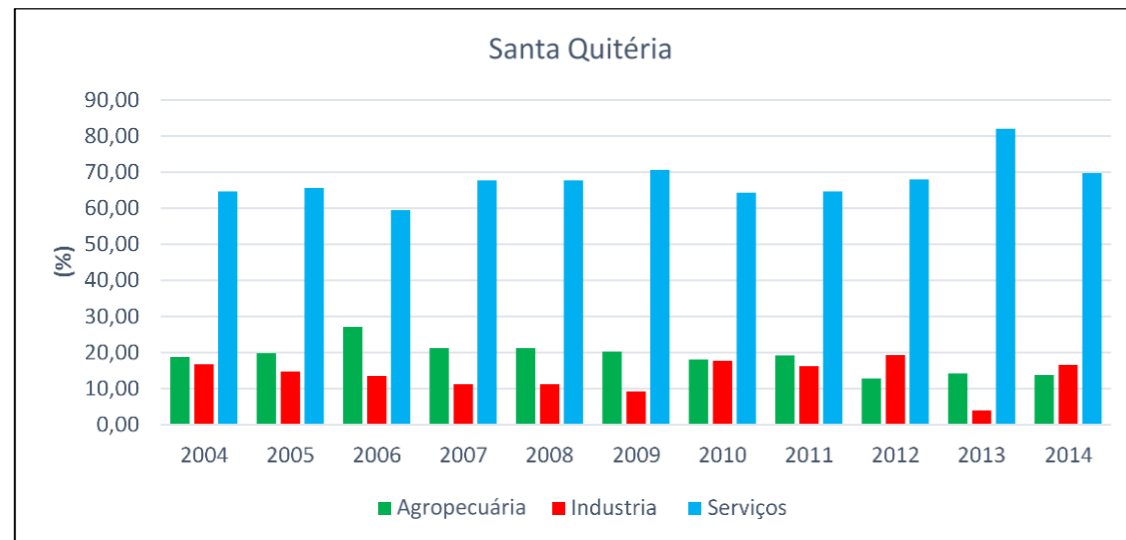
Segundo Funceme (2015, p. 70);

No caso da ASD Núcleo I - Irauçuba/Centro-Norte, nota-se que a distribuição territorial da população não é uniforme. Existem municípios densamente povoados, caso de Itapajé e Sobral enquanto Santa Quitéria, Miraíma e Irauçuba apresentam baixas densidades demográficas, inclusive com taxas negativas de crescimento, caso de Santa Quitéria. Admitindo-se que a pressão antrópica sobre os recursos naturais tende a se elevar em função da concentração humana tem-se um cenário preocupante quanto ao avanço do processo de degradação ambiental que ocorre na região. A estrutura etária da população da ASD apresenta um comportamento que se repete nos municípios aí localizados, entre 2000 e 2010 houve um envelhecimento na base da pirâmide, com redução da população entre 0 e 9 anos. O topo da pirâmide apresentou um pequeno alargamento, ou seja, a população de idosos cresceu no período

### 3.3 Setores Produtivos

As atividades econômicas distribuídas nos setores primário, secundário e terciário possuem distintas participações no Produto Interno Bruto (PIB) dos municípios pertencentes a ASD Irauçuba/Centro-Norte. De maneira geral, os municípios do núcleo possuem como principal atividade econômica o setor terciário, através do comércio e da prestação de serviços. A segunda atividade de maior impacto econômico no núcleo é a agropecuária, com exceção dos municípios de Sobral e Itapagé, que possuem na indústria sua segunda maior atividade econômica. Na (Prancha 1) tem-se os Gráficos da evolução do Produto Interno

Bruto (PIB) por Setor (Agropecuária, Indústria em Serviços) dos Municípios da ASD Irauçuba/Centro-Norte.



**Prancha 1: Gráficos da evolução do Produto Interno Bruto (PIB) por Setor (Agropecuária, Indústria e Serviços) dos Municípios da ASD Irauçuba/Centro-Norte**

**Metodologia**

Os gráficos foram elaborados a partir dos dados do PIB por setor produtivo obtido através do IPECE (2021), e IPECE Perfil Municipal (2017) para os municípios pertencentes a ASD Irauçuba/Centro-Norte entre os anos de 2004 a 2014.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
 CENTRO DE CIÊNCIAS  
 DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA  
 PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA  
 AUTOR: YRVING BRANDÃO FERREIRA  
 ORIENTADORA: PROF.<sup>a</sup> DR.<sup>a</sup> VLÁDIA PINTO VIDAL DE OLIVEIRA



Em Santa Quitéria o setor econômico com maior participação no PIB é o terciário. Este setor responde em média por 65% do PIB do município e sofreu pequenas oscilações através dos anos. Tendo sua maior participação no PIB de Santa Quitéria em 2013 e menor em 2006. A administração pública, comércio e serviços são as atividades econômicas deste setor de maior empregabilidade no município.

A agropecuária é o segundo setor econômico de maior participação em Santa Quitéria correspondendo a aproximadamente a 20% do PIB do município. Este setor vem sofrendo uma redução nos últimos anos, perdendo participação na economia pelo avanço do setor industrial. De 2004 a 2009 este setor alcançou a segunda colocação em participação do PIB municipal, em 2010 se equiparou ao setor industrial, em 2011 e 2013 recuperou a segunda colocação e, em 2012 e 2014 foi completamente superado pelo setor industrial. Apesar da expressiva participação do setor agropecuário no PIB de Santa Quitéria, o mesmo não contribui significativamente para a empregabilidade da população local, em razão da sua reduzida demanda de mão de obra.

O setor industrial é o terceiro em participação econômica no município de Santa Quitéria, com exceção dos anos de 2012 e 2014, quando alcançou a segunda colocação. O mesmo responde em média por 15% do PIB do município. O setor industrial é o segundo maior em empregabilidade, tendo na indústria de transformação sua principal atividade econômica.

Em Canindé o setor econômico com maior participação no PIB é o terciário. Este setor responde em média por 75% do PIB do município e sofreu pequenas oscilações através dos anos. Tendo sua maior participação no PIB de Canindé em 2013 e menor em 2004. Este é o município que possui maior participação do setor terciário em toda a ASD Irauçuba/Centro-Norte. A administração pública, comércio e serviços são as atividades econômicas deste setor de maior empregabilidade no município. Vale ressaltar que o turismo religioso é o grande potencializador do setor terciário do município.

A agropecuária é o segundo setor econômico de maior participação em Canindé correspondendo a aproximadamente a 15% do PIB do município. A segunda colocação deste setor não é hegemônica, pelo contrário, é bastante irregular e difusa, sendo superior ou inferior ao setor industrial, a depender do ano abordado. Em 2004 o setor industrial superava o agropecuário com larga vantagem, e em 2005 ambos se equiparavam. De 2006 a 2009 o setor agropecuário recuperou a segunda colocação, e em 2010 ambos se equiparavam

novamente. Em 2011 e 2013 o setor agropecuário recuperou a segunda colocação, entretanto, em 2012 e 2014 perdeu sua posição para o setor industrial. O setor agropecuário novamente não contribui significativamente para a empregabilidade da população local, em razão da sua reduzida demanda por mão de obra.

O setor industrial é o terceiro em participação econômica no município de Canindé, com exceção dos anos de 2004, 2012 e 2014, quando este alcançou a segunda colocação. O mesmo responde em média por 10% do PIB do município. O setor industrial é o segundo maior em empregabilidade, tendo na indústria de transformação sua principal atividade econômica.

Em Sobral o setor econômico com maior participação no PIB é o terciário. Este setor responde em média por 70% do PIB do município e sofreu pequenas oscilações através dos anos. Tendo sua maior participação no PIB de Sobral em 2014 e menor em 2004. A administração pública, comércio e serviços são as atividades econômicas deste setor de maior empregabilidade.

O setor industrial é o segundo em participação econômica no município de Sobral, com exceção de 2004, quando este alcançou a primeira colocação. O mesmo responde em média por 40% do PIB do município. A indústria de Sobral é a mais desenvolvida e com maior participação econômica no PIB municipal de toda ASD. O setor industrial é o segundo maior em empregabilidade, tendo na indústria de transformação sua principal atividade econômica.

A agropecuária em Sobral é bastante reduzida, correspondendo a aproximadamente 2% da participação econômica do município. A agricultura deste município é a menos desenvolvida de toda a ASD.

Em Irauçuba o setor econômico com maior participação no PIB é o terciário. Este setor responde em média por 58% do PIB do município e sofreu pequenas oscilações através dos anos. Tendo sua maior participação no PIB de Irauçuba em 2014 e menor em 2004. Em 2004 o setor terciário é superado pelo setor industrial. A administração pública, comércio e serviços são as atividades econômicas deste setor de maior empregabilidade.

A agropecuária é o segundo setor econômico de maior participação em Irauçuba correspondendo a aproximadamente a 20% do PIB do município. A segunda colocação deste setor não é hegemônica, sendo superior ou inferior ao setor industrial, a depender do ano abordado. Em 2004 o setor industrial superava o agropecuário com uma pequena vantagem, de 2005 a 2009 o setor agropecuário recuperou a segunda colocação. Em 2010 o setor

industrial novamente superou o setor agropecuário e, em 2011 o mesmo foi novamente ultrapassado pelo setor agropecuário. Em 2012 e 2013 o setor industrial alcançou a segunda colocação, e por fim em 2014 ambos se equiparavam. O setor agropecuário novamente não contribui significativamente para a empregabilidade da população local, em razão da sua reduzida demanda por mão de obra.

O setor industrial é o terceiro em participação econômica no município de Irauçuba, com exceção dos anos de 2004, 2010, 2012 e 2013, quando este alcançou a segunda colocação. O mesmo responde em média por 10% do PIB do município. O setor industrial é o segundo maior em empregabilidade, tendo na indústria de transformação sua principal atividade econômica.

Em Itapajé, o setor econômico com maior participação no PIB é o terciário. Este setor responde em média por 65% do PIB do município e sofreu pequenas oscilações através dos anos. Tendo sua maior participação no PIB de Itapajé em 2010 e menor em 2004. Em 2004 o setor terciário é superado pelo setor industrial. A administração pública, comércio e serviços são as atividades econômicas deste setor de maior empregabilidade.

O setor industrial é o segundo em participação econômica no município de Itapajé, com exceção de 2004, quando este alcançou a primeira colocação. O mesmo responde em média por 30% do PIB do município. A indústria de Itapajé é a segunda mais desenvolvida de toda a ASD. O setor industrial é o segundo maior em empregabilidade, tendo na indústria de transformação sua principal atividade econômica.

A agropecuária em Itapajé é reduzida, correspondendo a aproximadamente 5% da participação econômica do município. A agricultura deste município é a segunda menos desenvolvida de toda a ASD.

Em Miraíma, o setor econômico com maior participação no PIB é o terciário. Este setor responde em média por 75% do PIB do município e sofreu pequenas oscilações através dos anos. Tendo sua maior participação no PIB de Miraíma em 2014 e menor em 2005. A administração pública, comércio e serviços são as atividades econômicas deste setor de maior empregabilidade.

A agropecuária é o segundo setor econômico de maior participação em Miraíma correspondendo a aproximadamente a 15% do PIB do município. A segunda colocação deste setor não é hegemônica, sendo superior ou inferior ao setor industrial, a depender do ano abordado. Em 2004 o setor industrial superava o agropecuário. De 2005 a 2009 o setor



agropecuário recuperou a segunda colocação, e em 2010 perdeu novamente a segunda colocação para o setor industrial. Em 2011 superou o setor industrial reassumindo a segunda colocação, a qual foi perdida posteriormente em 2012. Em 2013 e 2014 a agropecuária se estabeleceu como segunda maior em participação econômica no município de Miraíma. O setor agropecuário não contribui significativamente para a empregabilidade da população local, em razão da sua reduzida demanda por mão de obra.

O setor industrial é o terceiro em participação econômica no município de Miraíma, com exceção dos anos de 2004, 2010 e 2012, quando este alcançou a segunda colocação. O mesmo responde em média por 10% do PIB do município. O setor industrial é o segundo maior em empregabilidade, tendo na indústria de transformação sua principal atividade econômica.

As atividades econômicas distribuídas nos setores primário, secundário e terciário são, incontestavelmente, fatores de pressão sobre os recursos naturais e agentes estimuladores da desertificação na ASD (FUNCEME, 2015).

Muitas das ações ligadas à agricultura são apontadas como principais causas de desertificação na ASD Irauçuba/ Centro-Norte. Dentre elas estão as queimadas, o desmatamento, aridez do solo, e o uso inadequado de práticas agrícolas. Em algumas localidades observa-se a perda de camadas de terra e o afloramento das rochas. As restrições para o uso agrícola das terras já são percebidas em municípios da ASD. (CEARÁ, 2015).

Segundo Funceme (2015, p. 82);

Em Miraíma, a diversidade de cultivo de frutas é muito pequena e todas as três frutas cultivadas (banana, castanha de caju e coco) apresentaram queda na área produzida entre 2000 e 2010. Itapajé e Irauçuba também apresentaram redução na área plantada com manga e coco. Por outro lado, uma comparação entre os municípios de Canindé e Santa Quitéria e o Ceará como um todo aponta para uma vantagem dos mesmos em relação à expansão da área destinada às frutíferas. Em geral percebe-se uma baixa participação das lavouras permanentes na atividade agrícola da ASD Irauçuba/Centro- Norte. Entre 2000 e 2010 houve redução na área destinada a essas lavouras nos municípios de Canindé, Irauçuba, Itapajé, Miraíma e Santa Quitéria. Por outro lado, as lavouras temporárias foram as responsáveis pela maior parte da atividade agrícola na ASD

A extração vegetal, especificamente, a produção de lenha e de carvão vegetal, é uma das atividades que mais degradam o ambiente. Segundo Cruz et al. (2008), essas atividades estão associadas diretamente ao desmatamento sendo, portanto, fortes agentes causadores da degradação ambiental (ocasionam a erodibilidade, a salinização e o declínio da fertilidade do solo) quando não são praticadas de acordo com um plano de manejo adequado para a localidade. A situação mais preocupante é a de Miraíma, Santa Quitéria e Canindé, com

taxas bem maiores que aquelas verificadas no Estado do Ceará (FUNCEME, 2015).

De acordo com Funceme (2015, p. 90);

A agropecuária por muitos anos foi a maior empregadora de mão de obra no Ceará. No entanto, em 2009 já se percebe um maior número de pessoas empregadas nas empresas no estado como um todo e em Canindé e em Sobral. Nos demais municípios da ASD o número de empregos na agropecuária ainda supera o das empresas. No entanto, ressalta-se que a mão de obra agropecuária vem caindo anualmente com exceção de Canindé e Sobral. O decréscimo nos municípios de Irauçuba, Itapajé, Miraíma e Santa Quitéria foi superior a queda global do estado. A redução do número de pessoas empregadas na agropecuária pode ser o reflexo dos problemas ambientais existentes na região, os quais afetam a produção e produtividade do setor. Em Sobral e Itapajé o número de pessoas empregadas em atividades ligadas à agropecuária equivalia a 7,9% e 9,6% da população estimada para os municípios em 2006, respectivamente. Nestes municípios há um maior número de empresas. Nos municípios onde o setor terciário é menos atuante, esse percentual é menor.

A indústria é a segunda maior responsável pela geração de renda na região, apesar do pequeno número de unidades fabris. Em alguns dos municípios foi a principal empregadora no ano de 2010 (caso de Irauçuba, Itapajé, Santa Quitéria e Sobral) (FUNCEME, 2015).

Apesar de pouco representativo em relação ao restante do estado, o setor secundário na ASD, promove impactos econômicos e sociais. Podemos citar a Grendene, indústria de sapatos localizada em Sobral, que gera mais de 20 mil empregos diretos e contribui para dinamizar o comércio da região (FUNCEME, 2015).

No período entre 2001 e 2009 houve uma retração do setor secundário em Irauçuba, Santa Quitéria e Sobral enquanto em Canindé verificou-se um crescimento médio anual correspondente a 1,3%. A região como um todo não acompanhou a taxa de crescimento média do estado que alcançou 3,6% ao ano (FUNCEME, 2015).

Para Funceme (2015, p. 87);

Segundo dados do IPECE (2010) a ASD contava com um conjunto de 579 indústrias no ano de 2010, sendo 20 delas do tipo extrativa mineral, 117 na construção civil, 1 de utilidade pública e 441 de transformação. As indústrias de transformação ativas na ASD encontravam-se distribuídas em mais de 20 gêneros de atividade em 2010. No entanto, os gêneros prevaletentes eram: vestuário, calçados, artefatos, tecidos, couros e peles (120) e têxtil (49), produtos de minerais não metálicos (47), produtos alimentares (35) e metalurgia (33). O polo calçadista do município de Sobral se destaca na região com 79 indústrias ativas (dados de 2010), enquanto os municípios de Miraíma e Irauçuba são os menos expressivos com 0 e 17 indústrias de transformação, respectivamente. Em Irauçuba, os gestores atribuem as dificuldades de trazer indústrias para o município à falta de água e redes de distribuição de energia.

Sobre os impactos ambientais das indústrias na ASD é necessário salientar a existência de 47 firmas de produtos de minerais não metálicos, sendo 22 em Sobral e 17 em

Canindé. Estas indústrias são destacadas como fonte de poluição do ar e da água, promotoras de assoreamento dos rios devido à retirada de argila (matéria prima) e do desmatamento (extração de lenha a ser usada como combustível) (FUNCEME, 2015).

O Comércio na ASD Irauçuba/ Centro-Norte, aglutina-se nos estabelecimentos varejistas. Os municípios deste núcleo obtiveram crescimento no seu comércio local entre 2005 a 2010. O setor Atacadista foi o único que apresentou queda no setor. Em Sobral há o maior número de estabelecimentos comerciais (FUNCEME, 2015).

Dentre as taxas médias de crescimento do total das empresas de serviços da ASD Irauçuba/ Centro-Norte. Canindé e Sobral obtiveram taxas positivas, porém inferiores à média estadual. Em Santa Quitéria houve um notável crescimento no setor serviços em relação ao número de empresas. O desempenho inexpressivo de Miraíma chama atenção para o município e é um indicador da estagnação econômica local (FUNCEME, 2015).

Segundo Funceme (2015) o aumento populacional vivenciado na ASD Irauçuba/Centro-Norte, especificamente nas áreas urbanas, demanda a implantação de serviços que contribuam para melhorar a infraestrutura local. Estes serviços incluem energia elétrica, saneamento básico, habitação, segurança, transporte e acessibilidade e, em conjunto, contribuem a melhoria da qualidade de vida.

Na ASD Irauçuba/Centro-Norte, o maior demandante de energia elétrica é o setor industrial, devido às indústrias localizadas em Sobral. O setor foi responsável por 54,6% do consumo total da ASD em 2009, seguido das residências com participação de 22,0% (FUNCEME, 2015).

O município de Sobral foi responsável por 82,3% do total de energia elétrica consumido na ASD em 2009, enquanto para Miraíma e Canindé, coube apenas 0,8% e 1,6%, respectivamente. O setor rural, apresentou baixo consumo energético em todos os municípios. (FUNCEME, 2015).

Na ASD Irauçuba/Centro-Norte a infraestrutura rodoviária encontra-se quase que totalmente sem pavimentação, o que torna complexa a trafegabilidade na região e limita o crescimento das atividades econômicas locais (FUNCEME, 2015).

Para Funceme (2015) empresas dos diferentes setores da economia (indústria, turismo, agronegócio) carecem de rodovias em boas condições de tráfego para serem competitivas. A existência de transporte coletivo por ônibus intermunicipal foi constatada

apenas em Canindé, Santa Quitéria e Sobral, dados de 2009. O veículo mais comum na região é a motocicleta, mais facilmente adquirida por apresentar preço mais baixo. A frota de ônibus é pequena na maioria dos municípios o que certamente reduz a mobilidade da população mais pobre.

Na ASD Irauçuba/ Centro-Norte apesar de não possuir a tradicional apelo estadual (belas praias) possui forte presença de belezas naturais e grande riqueza de biodiversidade. Oficialmente, os municípios turísticos na região são Canindé, Itapajé e Sobral. Em Canindé além dos aspectos religiosos, é atrativo a gruta com inscrições indígenas e o açude. Em Sobral são apontadas fontes termais, horto florestal e bosques. Em Itapajé, o turismo gera renda devido às atrações naturais: Pedra do Frade, Piscina Natural (Soledade), Pedra da Caveira, Pedra das Noivas, Pedra dos Ossos; além de bicas naturais, trilhas para caça e serras verdes (FUNCEME, 2015).

### **3.4 Indicadores de Desenvolvimento**

Os indicadores de desenvolvimento são importantes ferramentas para mensuração do grau de desenvolvimento local. O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) incorpora três dimensões: riqueza, educação e expectativa de vida ao nascer. A partir dele pode-se aferir a qualidade de vida de uma população (FUNCEME, 2015).

Para Funceme (2015, p. 94);

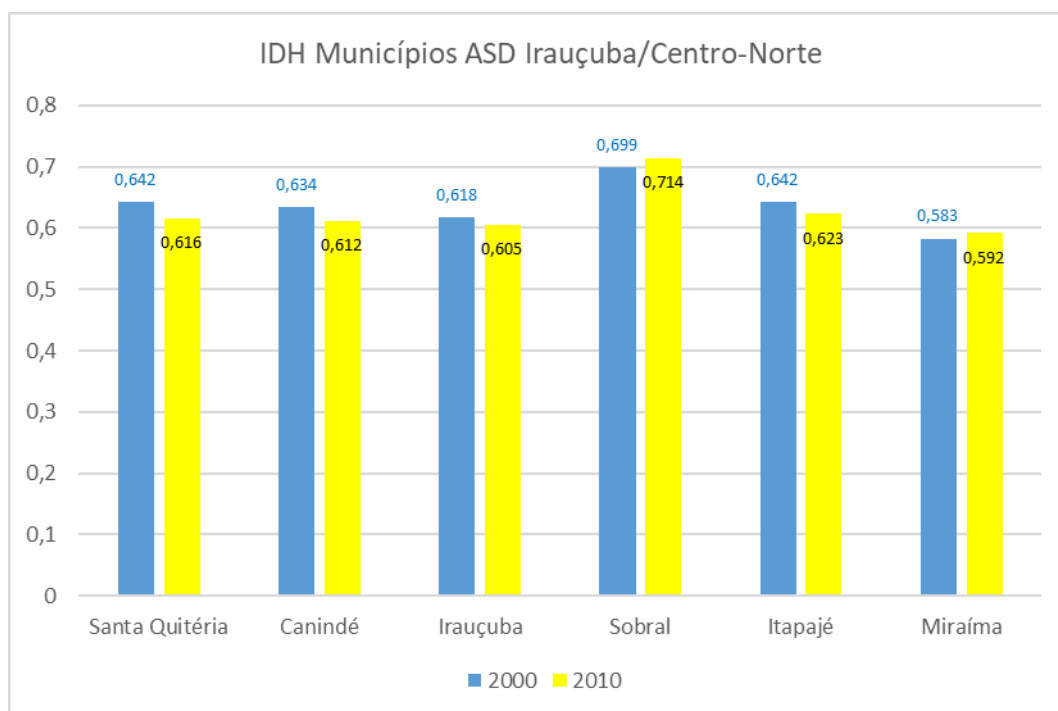
O IDH varia de 0 a 1 e segundo o PNUD quanto maior o número, mais elevada é a qualidade de vida no país/município. O IDH até 0,499 indica baixo desenvolvimento humano. Índices entre 0,5 e 0,799 são considerados de médio desenvolvimento humano. IDH superior a 0,8 indica desenvolvimento humano alto.

No (Gráfico 1) temos a distribuição do IDH dos municípios pertencentes a ASD Irauçuba/Centro-Norte durante os anos de 200 e 2010.

Os municípios da ASD Irauçuba/Centro-Norte no ano de 2000 possuem IDH caracterizado como de médio desenvolvimento. O município de Sobral foi o que apresentou o maior IDH com 0,699, enquanto que Miraíma alcançou o menor IDH com 0,583.

Os municípios Integrantes da ASD alcançaram médio desenvolvimento humano no ano 2000, embora ainda estivessem abaixo da média estadual que foi de 0,699 (exceção para Sobral com IDH = 0,699) (FUNCEME, 2015).

Gráfico 1 – IDH dos municípios pertencentes a ASD Irauçuba/Centro-Norte



Fonte: IPECE, 2015

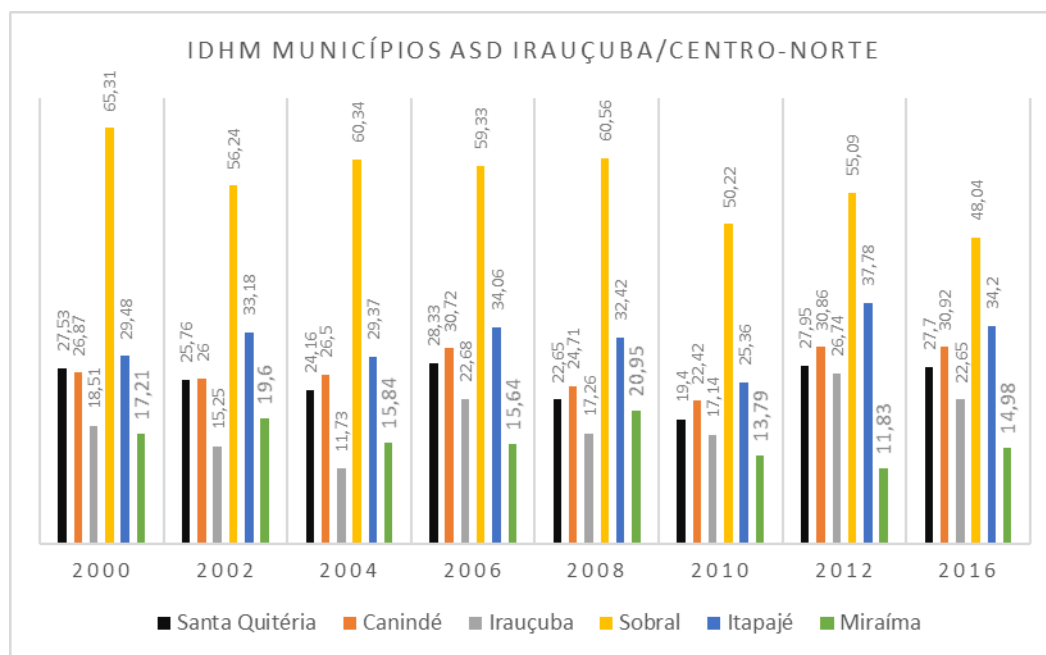
No ano de 2010 o IDH dos municípios pertencentes a ASD Irauçuba/Centro-Norte sofreu uma redução, com exceção do IDH dos municípios de Sobral e Miraíma que apresentaram ligeiro crescimento. Em Sobral o IDH passou de 0,699 para 0,714, enquanto que em Miraíma o IDH passou de 0,583 para 0,592. Apesar do crescimento do IDH de Miraíma em 2010, este município ainda se mantém como o de menor índice de desenvolvimento humano da ASD Irauçuba/Centro-Norte.

Outro índice muito utilizado para mensurar o desenvolvimento municipal é o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) o mesmo é uma medida composta de indicadores de três dimensões do desenvolvimento humano: longevidade, educação e renda. O índice varia de 0 a 1. Quanto mais próximo de 1, maior o desenvolvimento humano (PNUD, 2013).

O IDHM brasileiro segue as mesmas três dimensões do IDH Global - longevidade, educação e renda, entretanto este vai além: adequa a metodologia global ao contexto brasileiro e à disponibilidade de indicadores nacionais. Embora mensurem os mesmos fenômenos, os indicadores levados em conta no IDHM são mais adequados para avaliar o desenvolvimento dos municípios brasileiros. (PNUD, 2013).

No (Gráfico 2) temos a distribuição do IDHM dos municípios pertencentes a ASD Irauçuba/Centro-Norte durante os anos de 2000, 2002, 2004, 2006, 2008, 2010, 2012 e 2016.

Gráfico 2 – IDHM dos municípios pertencentes a ASD Irauçuba/Centro-Norte



Fonte: PNUD, 2018

O município de Sobral além de possuir o maior IDHM da ASD Irauçuba/Centro-Norte também possui o maior IDHM da região, sendo o município com maior desenvolvimento humano municipal durante todo o período de dados.

Em 2000 Itapajé possuía o segundo maior IDHM (29,48), seguido por Santa Quitéria (27,53), Canindé (26,87), Irauçuba (18,51) e Mirafima (17,21).

Em 2002 Itapajé possuía o segundo maior IDHM (33,18), seguido por Canindé (26), Santa Quitéria (25,76), Mirafima (19,6) e Irauçuba (15,25).

Em 2004 Itapajé possuía o segundo maior IDHM (29,37), seguido por Canindé (26,5), Santa Quitéria (24,16), Mirafima (15,84) e Irauçuba (11,73).

Em 2006 Itapajé possuía o segundo maior IDHM (34,06), seguido por Canindé (30,72), Santa Quitéria (28,33), Irauçuba (22,68) e Mirafima (15,64).

Em 2008 Itapajé possuía o segundo maior IDHM (32,42), seguido por Canindé (24,71), Santa Quitéria (22,65), Mirafima (20,95) e Irauçuba (17,26).

Em 2010 Itapajé possuía o segundo maior IDHM (25,36), seguido por Canindé (22,42), Santa Quitéria (19,4), Irauçuba (17,14) e Miraíma (13,79).

Em 2012 Itapajé possuía o segundo maior IDHM (37,78), seguido por Canindé (30,86), Santa Quitéria (27,95), Irauçuba (26,74) e Miraíma (11,83).

Em 2016 Itapajé possuía o segundo maior IDHM (34,2), seguido por Canindé (30,92), Santa Quitéria (27,7), Irauçuba (22,65) e Miraíma (14,98).

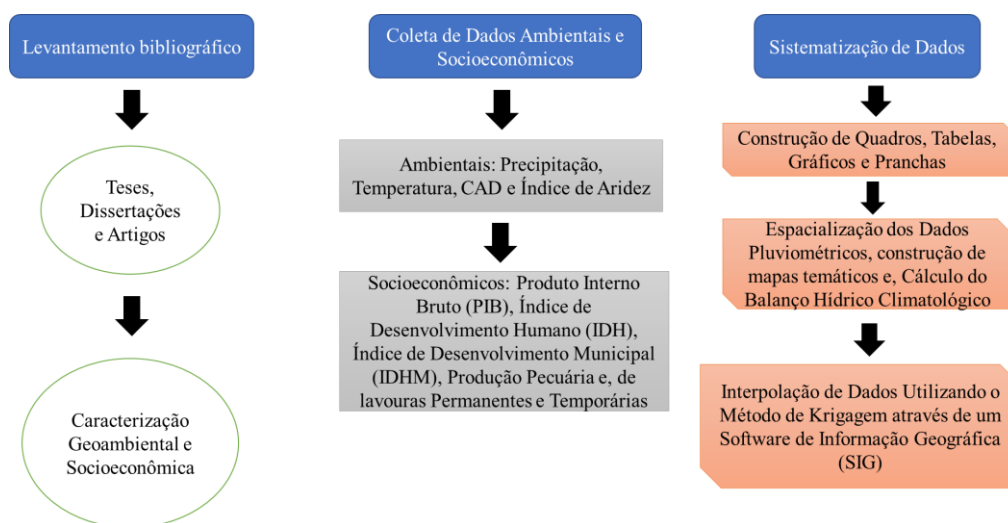
#### **4 METODOLOGIA**

A pesquisa foi dividida em três etapas; inicialmente foi realizado levantamento bibliográfico de teses, dissertações e artigos disponíveis nas bibliotecas da Universidade Federal do Ceará, e no Laboratório de Análise Ambiental Pedologia e Desertificação (LAPED), que corroborassem com a temática da pesquisa. O passo seguinte foi a caracterização geoambiental e socioeconômica da área de estudo, o núcleo de susceptibilidade a desertificação de Irauçuba/Centro-Norte.

Na segunda etapa foi realizada a coleta de dados ambientais e socioeconômicos. Os dados ambientais foram subdivididos em precipitação, temperatura, capacidade de armazenamento de água do solo (CAD) e, Índice de aridez. Enquanto que os dados socioeconômicos foram subdivididos em produto interno bruto (PIB), índice de desenvolvimento humano (IDH), índice de desenvolvimento municipal (IDHM), produção pecuária e, de lavouras permanentes e temporárias.

Na terceira etapa os dados coletados foram organizados, sistematizados e classificados de forma a subsidiar a construção de quadros, tabelas, gráficos e pranchas. Além de proporcionar a espacialização dos dados pluviométricos e o cálculo do balanço hídrico climatológico. Com o balanço hídrico climatológico foi possível a obtenção das variáveis evapotranspiração potencial, evapotranspiração real, excedente e déficit hídrico dos municípios pertencentes e circunvizinhos ao núcleo de susceptibilidade a desertificação de Irauçuba/Centro-Norte. Estas variáveis posteriormente foram espacializadas no núcleo utilizando o método de Krigagem com o auxílio de um sistema de informação Geográfica (SIG). Na (Figura 3) tem-se o fluxograma das etapas da pesquisa.

Figura 3 – Fluxograma das etapas da pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2021

#### 4.1 Anos Padrão

A definição de anos-padrão representa uma etapa crucial na pesquisa climatológica, pois a partir dela, se diagnosticará a variação ou oscilação climática a partir do volume de chuva registrada e que repercutem no espaço geográfico. (SCHNEIDER; DA SILVA, 2014).

A escolha de anos-padrão como meio de compreender a dinâmica atmosférica, se iniciou com Monteiro (1973), que apresentou critérios para a escolha de anos-padrão, executando uma análise rítmica, levando em consideração a concepção sorreana do clima.

A metodologia do *Box Plot* de Galvani e Luchiari (2004), propõe que por meio do uso de dados mensais de postos pluviométricas, pode-se executar uma análise temporal e estatística dos dados, utilizando valores médios e extremos de precipitação, que serão empregues na caracterização dos anos-padrão.

Tavares (1976 p. 81), define por anos-padrão “normais”, “secos” e “chuvosos”.

Entendemos que um ano padrão “normal” seria aquele em que a distribuição da precipitação anual em um determinado lugar fosse semelhante à distribuição das precipitações médias, obtidas através de vários anos para esse local. Como essa distribuição estaria de acordo com a típica circulação atmosférica regional, em um período de décadas, teria ocorrência maior do que os padrões extremos “secos” ou “chuvosos”. Anos padrão “secos” ou chuvosos” não se refere aos totais anuais de chuva, mas a distribuição delas no decorrer do ano. O ano padrão “seco” caracterizar-se-ia por uma distribuição das precipitações que apresentasse um grande desvio em relação aos dados médios, em função de períodos com intensa falta de chuvas, enquanto no ano padrão “chuvoso” deveria suas discrepâncias ao excesso de chuva em relação aos dados mais frequentes



O *Box Plot* de Galvani e Luchiari (2004), utiliza a técnica dos quartis, usando valores máximos, medianas, 1º, 2º e 3º quartis e valores mínimos. O valor máximo é o maior encontrado na série, é o dado que se destaca pelo seu maior valor. O valor mínimo é o dado com menor valor encontrado na série. A mediana é a posição central dos dados, que devem estar descritos de forma decrescente. Esse parâmetro demonstra sua relevância na medida em que evidencia a dispersão de um grupo de dados e as diferenças que existem entre grupos.

Para Galvani e Luchiari (2004, p. 22), os quartis podem ser descritos como:

Os quartis dividem um conjunto de dados em quatro partes que contém, cada uma delas, 25% dos dados da série. Então existe o primeiro quartil (1o Q), o segundo quartil (2o Q) ou mediana e, o terceiro quartil (3o Q). Para determinação do primeiro e terceiro quartil proceda da mesma maneira quando da determinação da mediana, mas neste caso utiliza-se somente os valores entre o mínimo e a mediana para se determinar o primeiro quartil e, os valores entre a mediana e o valor máximo para se obter o terceiro quartil.

Depois de realizado todo o método do *Box Plot* Galvani e Luchiari (2004, p. 24), demonstram de que forma os dados devem ser analisados.

Para tanto será considerado um range de 5 a 95% da série. Àqueles meses em que o total de precipitação estiver entre os 5% dos menores valores serão denominados de meses super secos e, aqueles meses que encontrarem seus valores entre os 5% superiores da série serão denominados de super úmidos. Os valores que se encontrarem entre o valor mínimo e o 1o quartil serão considerados meses secos. Entre o 1o quartil e 3o quartil serão denominados de meses normais. E por fim aqueles entre o 3o quartil e valor máximo serão denominados de anos úmidos.

## **4.2 Balanço Hídrico Climatológico**

Vários modelos de cálculo do balanço hídrico são encontrados em toda a literatura científica e com múltiplas funcionalidades e aplicabilidades. O modelo mais utilizado no diagnóstico de desertificação foi o desenvolvido por Thornthwaite & Mather (1955), que compara valores de precipitação e evapotranspiração potencial (FERREIRA, 2018).

Para Pereira et al. (2002), a oferta hídrica de uma região pode ser quantificada pelo balanço hídrico climatológico (BHC), que demonstra as variações sazonais de excedente e deficiência hídricas através das entradas e saídas de água de uma condição de controle, principalmente precipitação pluvial (P) e evapotranspiração potencial (ETP).

## **4.3 Interpolação de Dados**

Teegavarapu e Chandramouli (2005) evidenciam que nos tratamentos de dados meteorológicos é comum o fato de várias estações apresentarem falhas em seu banco de dados. Dito isto, a interpolação espacial e/ou temporal surge como uma etapa essencial no estudo da

distribuição da precipitação, principalmente, quando se trata de regiões que não possuem estações de medições ou que tenham falhas em seu banco de dados. Uma vez que, o método de interpolação permite construir informações a partir de um conjunto discreto de dados pontuais previamente conhecidos.

Bargaoui e Chebbi (2009) pontuam que os métodos de estimativa de dados pluviométricos, por vários anos, foram obtidos por técnicas de regressão e modelos de séries temporais. Contemporaneamente, diversas abordagens matemáticas, estatísticas e geoestatísticas, estão sendo utilizadas para a interpolação de dados de precipitação.

Para Haberland (2007) O uso da geoestatística como método de interpolação, para regiões que apresentam falhas em sua oferta de dados, vem proporcionando resultados satisfatórios no que concerne a variáveis regionalizadas como a precipitação.

De acordo com Bargaoui e Chebbi (2009) a krigagem se distingue dos outros métodos por proporcionar a análise da variância dos dados através da análise variográfica, a qual expressa a descontinuidade espacial dos dados.

A krigagem é um método interpolador, que tem por base a teoria das variáveis regionalizadas, neste método o valor de uma variável possui uma dependência espacial, ou seja, parte do princípio que, valores das amostras próximas tendem a ser semelhantes, e valores de amostras distantes, tendem a ser mais distintos, levando em consideração a variação espacial de determinada variável estatisticamente homogênea em uma área, sendo a variação espacial quantificada por um semivariograma experimental (MARCUIZZO et al, 2011).

#### **4.4 Tratamento de Dados**

A Primeira etapa do tratamento de dados consistiu na organização dos dados ambientais e realização do cálculo do balanço hídrico climatológico dos municípios pertencentes e circunvizinhos a ASD Irauçuba/Centro-Norte.

Primeiramente foram definidas as estações pluviométricas é a série histórica a serem utilizadas na pesquisa; em seguida foram adquiridos os dados de temperatura média correspondentes a localização geográfica destas estações pluviométricas, e por fim, foram determinadas as Capacidades de Armazenamento de Água do Solo (CAD) equivalentes ao tipo de solo predominante em cada estação pluviométrica.

A partir destas informações foi realizado o cálculo do balanço hídrico climatológico, onde foram gerados os totais mensais de evapotranspiração real, evapotranspiração potencial, déficit e excedente hídrico, equivalentes a cada estação pluviométrica. Posteriormente a precipitação pluviométrica bem como as variáveis climáticas oriundas do balanço hídrico climatológico foram sistematizadas em mapas, tabelas, gráficos e pranchas.

Os dados acerca do volume de precipitação pluviométrica dos municípios pertencentes e circunvizinhos ao núcleo de susceptibilidade a desertificação de Irauçuba/Centro-Norte bem como a localização de suas respectivas estações de coleta foram obtidos através do banco de dados pluviométricos da FUNCEME (2020)

Em decorrência da ausência de dados pluviométricos contíguos na maior parcela das estações pluviométricas localizadas no interior e arredores do núcleo foram selecionados apenas 37 postos de coleta (Tabela 3) e (Mapa 7). A série histórica comum encontrada nestes postos pluviométricos compreende o período de 1998 a 2018

As estações pluviométricas localizadas no interior do núcleo fornecem importantes informações a respeito do volume e da distribuição espaço-temporal das precipitações na região, entretanto, além destas não se distribuírem em quantidade e qualidade satisfatória no interior da ASD, as mesmas não evidenciam a influência que o volume e a distribuição pluviométrica de áreas próximas a ASD Irauçuba/Centro-Norte exercem sobre a mesma. Deste modo as análises climáticas estariam incompletas se não refletissem o efeito de fronteira que áreas próximas ao núcleo exercessem sobre o perímetro do mesmo. Com o intuito de promover uma análise climática completa e integrada do núcleo, foram utilizadas estações pluviométricas no interior e próximas ao mesmo, deste modo as influências mútuas entre o núcleo e suas áreas circunvizinhas são evidenciadas e analisadas em conjunto.

Foi criado a partir dos limites do núcleo um buffer de 15 quilômetros de extensão, de modo a concentrar as estações pluviométricas circunvizinhas, e desta forma evidenciar as influências climáticas mutuas entre o núcleo e suas áreas limítrofes.

Com o objetivo de demonstrar a variação do volume pluviométrico e a dinâmica espaço-temporal das precipitações no núcleo de susceptibilidade a desertificação de Irauçuba/Centro-Norte, foram elaborados quatro mapas de espacialização pluviométrica, cada um com uma finalidade distinta, e evidenciando um aspecto da dinâmica pluviométrica local. Estes mapas pluviométricos são classificados em precipitação total anual, precipitação média

na Pré-estação chuvosa (dezembro e janeiro), estação chuvosa (fevereiro a maio), e período seco (junho a novembro).

O mapa da precipitação total anual foi elaborado a partir da média dos totais pluviométricos anuais de todos os postos de coleta. O mapa de precipitação total anual objetiva refletir a incidência média anual das precipitações no núcleo e arredores, evidenciando uma distribuição geral das precipitações. Este mapa diferencia as áreas apenas por seus totais pluviométricos, e não aborda as transformações pluviométricas mensais, e as alterações que ocorrem com a passagem da Pré-estação Chuvosa para a quadra chuvosa, e por fim para o período seco do núcleo.

Os mapas de precipitação na pré-estação chuvosa, quadra chuvosa e, período seco foram elaborados a partir da soma das médias mensais dos meses constituintes da Pré-estação chuvosa (dezembro e janeiro), quadra chuvosa (fevereiro a maio) e, período seco (junho a novembro). Estes mapas objetivam demonstrar as transformações periódicas ocorridas no núcleo, evidenciando as transformações ocorridas na distribuição e nos volumes pluviométricos durante a passagem destes distintos períodos.

Os intervalos de classes utilizados nos mapas foram definidos automaticamente e o intervalo não é comum em todos os mapas.

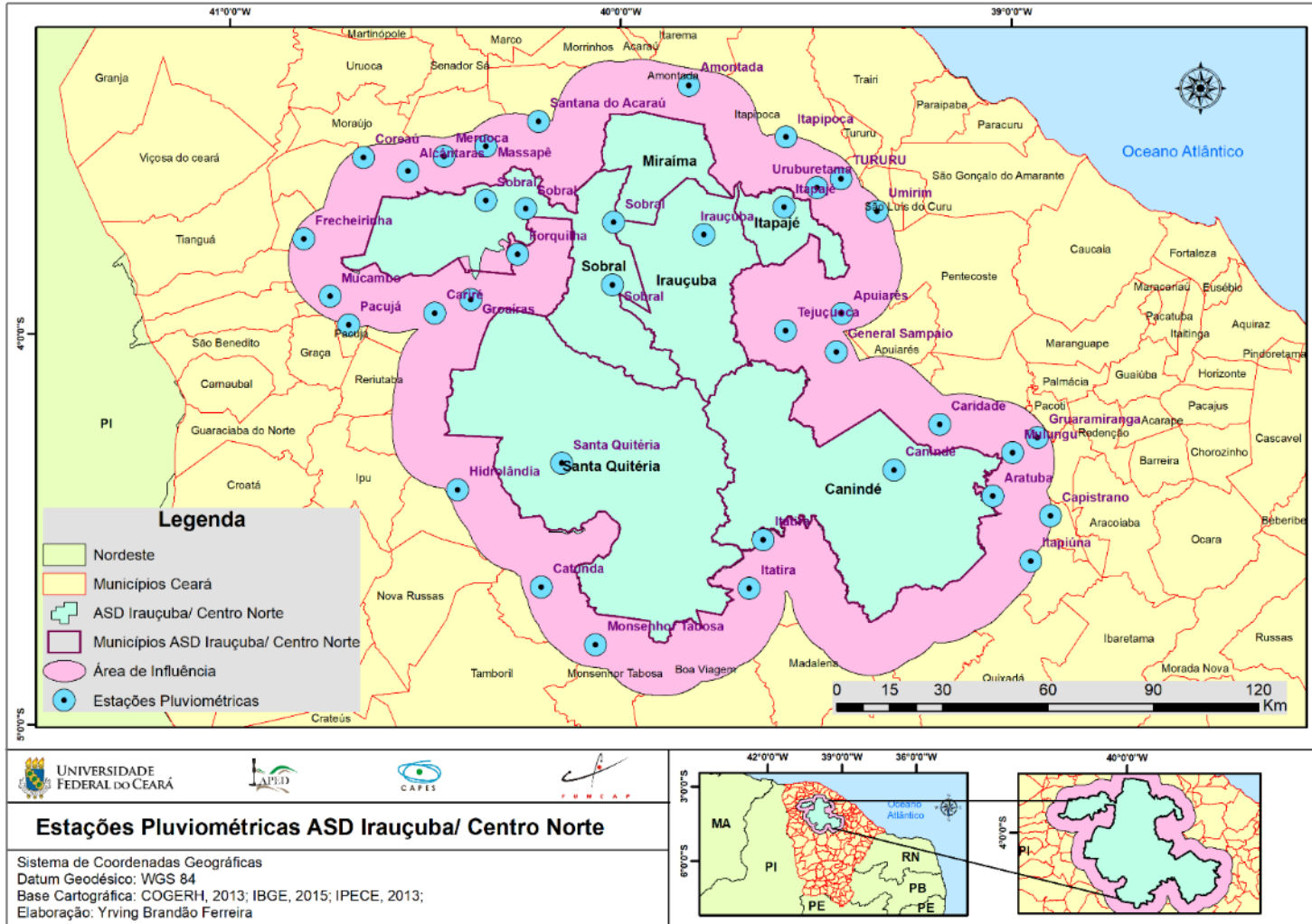
Tabela 3 – Estações Pluviométricas ASD Irauçuba/Centro Norte

TABELA ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS ASD						
LATITUDE	LONGITUDE	OPERADORA	CÓDIGO	MUNICÍPIO	POSTO	SÉRIE DE DADOS
-3,585361	-40,544222	FUNCEME	5	Alcântaras	Alcântaras	1998-2018
-3,36575	-39,825194	FUNCEME	8	Amontada	Amontada	1998-2018
-3,95	-39,433306	FUNCEME	10	Apuiarés	Apuiarés	1998-2018
-4,416944	-39,047111	FUNCEME	15	Aratuba	Aratuba	1998-2018
-4,467	-38,9	FUNCEME	30	Capistrano	Capistrano	1998-2018
-4,233	-39,183306	FUNCEME	31	Caridade	Caridade	1998-2018
-3,948528	-40,474889	FUNCEME	32	Cariré	Cariré	1998-2018
-3,550111	-40,657472	FUNCEME	41	Coreaú	Coreaú	1998-2018
-3,798	-40,263389	FUNCEME	46	Forquilha	Forquilha	1998-2018
-3,758972	-40,810139	FUNCEME	48	Frecheirinha	Frecheirinha	1998-2018
-4,048028	-39,448	FUNCEME	49	General Sampaio	General Sampaio	1998-2018
-3,914056	-40,383444	FUNCEME	52	Groaíras	Groaíras	1998-2018
-4,267	-38,933306	FUNCEME	54	Gruaramiranga	Guaramiranga	1998-2018
-4,400444	-40,416667	FUNCEME	55	Hidrolândia	Hidrolândia	1998-2018
-3,747806	-39,786722	FUNCEME	65	Irauçuba	Irauçuba	1998-2018
-3,677778	-39,581389	FUNCEME	67	Itapajé	Itapajé	1998-2018

-3,498278	-39,576611	FUNCEME	68	Itapipoca	Itapipoca	1998-2018
-4,583	-38,95	FUNCEME	69	Itapiúna	Itapiúna	1998-2018
-4,528611	-39,634722	FUNCEME	71	Itatira	Itatira	1998-2018
-3,522056	-40,344389	FUNCEME	86	Massapê	Massapê	1998-2018
-3,547583	-40,451167	FUNCEME	88	Meruoca	Meruoca	1998-2018
-4,797111	-40,063611	FUNCEME	93	Monsenhor Tabosa	Monsenhor Tabosa	1998-2018
-3,905694	-40,743306	FUNCEME	97	Mucambo	Mucambo	1998-2018
-4,305722	-38,997194	FUNCEME	98	Mulungu	Mulungu	1998-2018
-3,978444	-40,695389	FUNCEME	106	Pacujá	Pacujá	1998-2018
-4,333	-40,15	FUNCEME	129	Santa Quitéria	Santa Quitéria	1998-2018
-3,458139	-40,209972	FUNCEME	130	Santana do Acaraú	Santana do Acaraú	1998-2018
-3,660639	-40,344889	FUNCEME	138	Sobral	Sobral	1998-2018
-3,688056	-39,343528	FUNCEME	147	Umirim	Umirim	1998-2018
-3,6275	-39,4975	FUNCEME	148	Uruburetama	Uruburetama	1998-2018
-3,993194	-39,577389	FUNCEME	186	Tejuçuoca	Tejuçuoca	1998-2018
-4,65275	-39,670306	FUNCEME	189	Itatira	Lagoa do Mato	1998-2018
-4,649583	-40,202944	FUNCEME	287	Catunda	Catunda	1998-2018
-3,605	-39,436111	FUNCEME	360	Tururu	Tururu	1998-2018
-3,876889	-40,02025	FUNCEME	477	Sobral	Aracatiaçu	1998-2018
-3,681639	-40,242389	FUNCEME	487	Sobral	Caioca	1998-2018
-3,716139	-40,017861	FUNCEME	490	Sobral	Caracara	1998-2018

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2021

Mapa 7 – Distribuição Estações Pluviométricas ASD Irauçuba/Centro-Norte



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2021

Em virtude da deficiência de estações de medição de temperatura em todo o território cearense, necessita-se de programas computacionais que nos auxiliem nessa tarefa, estimando as temperaturas mensais a partir de variáveis como a latitude e a longitude local, bem como sua altitude correspondente. Para estimar as temperaturas mensais do núcleo foi utilizado o software CELINA Versão 1.0 (UFC/2007), desenvolvido por Costa e Sales (2007), que é um software computacional de estimativa de temperaturas médias mensais.

Foram inseridas as coordenadas de Latitude e Longitude das 37 estações pluviométricas anteriormente mencionadas em conjunto com suas respectivas altitudes. O software a partir desses dados nos retorna as temperaturas mensais de cada posto de coleta. Como os dados de temperatura foram estimados os valores serão os mesmos em qualquer série histórica delimitada.

A capacidade de Armazenamento de água do solo (CAD) foi obtida através do levantamento exploratório - Reconhecimento de Solos do Estado do Ceará – (Brasil, SUDENE-DRN, Divisão de Agrologia – Série Pedológica, 16) 1973. Os CAD utilizados foram geolocalizados no levantamento exploratório acima mencionado a partir das coordenadas das 37 estações pluviométricas utilizadas na pesquisa (Tabela 4).

Tabela 4 – Capacidade de Armazenamento de água do solo ASD Irauçuba/Centro-Norte

LATITUDE	LONGITUDE	OPERADORA	CÓDIGO	CAD
-3,585361	-40,544222	FUNCEME	5	45
-3,36575	-39,825194	FUNCEME	8	65
-3,95	-39,433306	FUNCEME	10	95
-4,416944	-39,047111	FUNCEME	15	125
-4,467	-38,9	FUNCEME	30	125
-4,233	-39,183306	FUNCEME	31	55
-3,948528	-40,474889	FUNCEME	32	55
-3,550111	-40,657472	FUNCEME	41	55
-3,798	-40,263389	FUNCEME	46	55
-3,758972	-40,810139	FUNCEME	48	55
-4,048028	-39,448	FUNCEME	49	95
-3,914056	-40,383444	FUNCEME	52	65
-4,267	-38,933306	FUNCEME	54	125
-4,400444	-40,416667	FUNCEME	55	65
-3,747806	-39,786722	FUNCEME	65	15
-3,677778	-39,581389	FUNCEME	67	85
-3,498278	-39,576611	FUNCEME	68	95
-4,583	-38,95	FUNCEME	69	45
-4,528611	-39,634722	FUNCEME	71	105

-3,522056	-40,344389	FUNCEME	86	45
-3,547583	-40,451167	FUNCEME	88	95
-4,797111	-40,063611	FUNCEME	93	125
-3,905694	-40,743306	FUNCEME	97	125
-4,305722	-38,997194	FUNCEME	98	125
-3,978444	-40,695389	FUNCEME	106	45
-1005,758342	85,11099851	648,044557	129	65
-3,458139	-40,209972	FUNCEME	130	65
-3,660639	-40,344889	FUNCEME	138	95
-3,688056	-39,343528	FUNCEME	147	95
-3,6275	-39,4975	FUNCEME	148	95
-3,993194	-39,577389	FUNCEME	186	75
-4,65275	-39,670306	FUNCEME	189	45
-4,649583	-40,202944	FUNCEME	287	65
-3,605	-39,436111	FUNCEME	360	95
-3,876889	-40,02025	FUNCEME	477	65
-3,681639	-40,242389	FUNCEME	487	65
-3,716139	-40,017861	FUNCEME	490	65

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019

A partir dos dados de latitude, Capacidade de armazenamento de água do solo (CAD), precipitação média mensal e, temperatura média mensal, de cada posto de coleta, foi realizado o cálculo do balanço hídrico climatológico empregando-se o método de Thornthwaite & Mather (1955), através do programa “BHnorm” elaborado em planilha EXCEL por Rolim et al. (1998). A evapotranspiração potencial (ETP) foi estimada pelo método de Thornthwaite (1948). Como resultado de saída, o balanço hídrico climatológico fornece as estimativas da evapotranspiração real (ETR) e potencial (ETP), deficiência (DEF) e excedente (EXC) hídrico do solo, e o armazenamento de água no solo (ARM) para cada mês do ano.

Por meio do processo de interpolação realizado na extensão Geostatistical Analyst do software ArcGis 10.6. foi possível a elaboração de mapas com a espacialização da precipitação pluviométrica, evapotranspiração potencial, evapotranspiração real, déficit e excedente hídrico, de acordo com sua distribuição anual, e sua disposição na Pré-estação chuvosa (dezembro e janeiro), estação chuvosa (fevereiro a maio) e, período seco (junho a novembro) do núcleo de susceptibilidade a desertificação de Irauçuba/Centro-Norte. Estas variáveis foram espacializadas a partir da média dos totais pluviométricos anuais, e da soma das médias mensais dos meses constituintes da Pré-estação chuvosa (dezembro e janeiro), quadra chuvosa (fevereiro a maio) e, período seco (junho a novembro).



A evapotranspiração potencial não sofre grandes transformações mensais no núcleo, dito isto, a mesma foi interpolada apenas em sua distribuição média anual.

O método de interpolação utilizado na pesquisa foi o da Krigagem, este método utiliza a dependência espacial expressa no semivariograma entre amostras vizinhas para estimar valores em qualquer posição dentro do campo, sem tendência e com variância mínima, o que os torna ótimos estimadores no estudo da distribuição espacial de precipitação pluvial (MACHADO et al., 2010)

Ainda foram elaborados através do software ArcGis 10.6, mapas hipsométricos, de drenagem, bacias hidrográficas, postos pluviométricos e, localização da ASD Irauçuba/Centro-Norte, de forma a complementar as análises, e demonstrar de forma mais concisa o regime hídrico do núcleo em toda sua complexidade e irregularidade.

Posteriormente foi desenvolvido a partir de dados da FUNCEME (2019) um quadro com o índice de aridez dos municípios pertencentes e circunvizinhos a ASD Irauçuba/Centro-Norte.

Em seguida foram desenvolvidas pranchas com gráficos de evolução do balanço hídrico climatológico entre 2004 a 2018. Esta série de dados foi utilizada em razão da atualidade de suas informações. Estes gráficos utilizam as médias dos totais anuais de precipitação, déficit e, excedente hídrico.

A segunda etapa do tratamento de dados iniciou com a organização dos dados socioeconômicos dos municípios pertencentes a ASD Irauçuba/Centro-Norte em quadros, tabelas, gráficos e pranchas. Estes produtos foram construídos a partir da disponibilidade de dados de sua fonte.

Primeiramente foi elaborado a partir de dados do IPECE (2021) e IPECE Perfil Municipal (2017) a prancha de evolução do Produto Interno Bruto por setor (Agropecuária, Indústria e Serviços) dos municípios pertencentes a ASD Irauçuba/Centro-Norte no período de 2004 a 2014.

Posteriormente foi gerado a partir de dados do IPECE (2015) o gráfico do Índice de Desenvolvimento Humano dos municípios pertencentes a ASD Irauçuba/Centro-Norte no período de 2000 a 2010

Logo após foi elaborado a partir de dados do IPECE (2017) e Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento PNUD (2018) o gráfico do Índice de

Desenvolvimento Humano Municipal dos municípios pertencentes a ASD Irauçuba/Centro-Norte durante os anos de 2000, 2002, 2004, 2006, 2008, 2010, 2012 e 2016.

Para compreender a variabilidade pluviométrica sofrida pelas lavouras permanentes e temporárias, além da produção agropecuária da ASD Irauçuba/Centro-Norte, foi elaborada uma tabela com os anos padrão, super seco, seco, habitual, úmido e super úmido correspondentes ao período de 2004 a 2018. Este período coincide com a oferta de dados disponíveis para a produção agropecuária da ASD.

Em seguida, foram elaborados a partir dos dados do IBGE (2021) pranchas com os gráficos de evolução da Produção das lavouras Permanentes e temporárias dos Municípios da ASD Irauçuba/Centro-Norte no período de 2004 a 2018

Por fim, foram elaborados a partir dos dados do IBGE (2021) pranchas com os gráficos de evolução da Produção Pecuária dos Municípios da ASD Irauçuba/Centro-Norte no período de 2004 a 2018.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1 Precipitação**

Os maciços residuais de maior destaque no perímetro da ASD Irauçuba /Centro-Norte são; a serra do Machado (situada entre Santa Quitéria e Canindé), maciço de Uruburetama (situado entre Itapajé e Irauçuba), maciço da Meruoca/Rosário (Situado em Sobral) e, maciço de Baturité (Situado em Canindé). Estes maciços não estão totalmente inseridos nos limites da ASD. A análise pluviométrica destes maciços se concentra majoritariamente em suas porções internas ao núcleo, entretanto, levando em consideração a influência das suas porções externas na dinâmica pluviométrica do mesmo.

Em regiões úmidas como a Serra de Uruburetama o aspecto ambiental propicia o desenvolvimento agrícola de lavouras temporárias e permanentes, estando, porém, o plantio e o manejo limitados diante das formas da superfície topográfica de Serras que naturalmente apresentam limitações técnicas ao cultivo agrícola uma vez que as situações de declividade, desmatamento e as queimadas interferem na erosão hídrica dos solos (NETO et al., 2020).

Os maciços residuais exercem um papel fundamental no abastecimento agrícola dos sertões nordestinos quando a dinâmica da circulação de mercadorias e produtos agrícolas são comercializados próximos as regiões produtoras, sendo importante observa que os

produtos comercializados são de origem orgânicas sendo crescente ultimamente o uso de inseticidas (NETO et al., 2020)

A configuração da agricultura de subsistência perpassa o contexto apontado por Elias e Pequeno (2013, p. 101) “o modo de vida do camponês do sertão ainda é extremamente relacionado à biodiversidade do semiárido”, onde o contexto familiar é intimamente ligado à própria produção agrícola, reforçando, por sua vez, características de subsistência ligadas ao cultivo da terra (NETO et al., 2020)

A ASD Irauçuba/Centro-Norte como evidenciado é bastante diversa em paisagens, além de possuir uma alta variabilidade pluviométrica. Este quadro acarreta uma configuração diversificada de ambientes bem como distintas potencialidades e limitações.

Os padrões de deslocamento de massas de ar no estado do Ceará são, majoritariamente, no sentido Leste-Oeste, com barlavento nos setores orientais dos relevos serranos e sota-vento nas áreas ocidentais. Tais posicionamentos quanto aos efeitos climáticos também ocasionam marcas nos setores circunvizinhos aos relevos serranos, onde se percebem caatingas com padrões fisionômicos mais representativos das depressões sertanejas orientais do que nos sertões ocidentais. (LIMA; CORDEIRO; BASTOS, 2016).

Deste modo, evidencia-se que os padrões de alinhamento dos maciços cristalinos existentes no estado do Ceará – preferencialmente orientados segundo direções NE-SW – e suas relações com o direcionamento dos ventos alísios de leste e sudeste têm influência direta no baixo índice pluviométrico nos sertões circunvizinhos, situados em posição de sota-vento, além de contribuírem para o surgimento de áreas susceptíveis à desertificação. (LIMA; CORDEIRO; BASTOS, 2016).

De acordo com Conti (2005), a mancha identificadora do início da desertificação no Ceará forma um segmento, aproximadamente, NE-SW, desde Itapajé – em posição de sota-vento em relação à serra de Uruburetama – até Campos Sales, no sopé da Chapada do Araripe, considerada a diagonal árida do estado

Segundo Lima, Cordeiro e Bastos (2016, p. 62); “As características naturais dos ambientes secos do Ceará se acentuam, entre outros aspectos, por influências orográficas. Tal afirmação pode ser facilmente constatada nos setores de sota-vento dos maciços cristalinos dispersos ao longo do território estadual”

Para Lima, Cordeiro e Bastos (2016) não se pode inferir apenas a altimetria e a exposição dessas feições geomorfológicas como fatores determinantes para a ocorrência de áreas susceptíveis a desertificação. Deve-se destacar que a degradação ambiental nas depressões intermontanhas é um processo antigo, que tem se intensificado com o tempo devido à utilização de técnicas errôneas de manejo do solo e da vegetação.

### ***5.1.1 Precipitação Total Anual***

Observa-se no (Mapa 8) a distribuição espacial da precipitação anual para a ASD Irauçuba Centro/Norte. Evidencia-se uma grande variabilidade na distribuição da precipitação anual, o menor volume pluviométrico obtido foi o de 589 (mm) e o maior foi de 981 (mm), gerando com isto uma variação de 392 (mm) em uma área total de 12. 202,41 km<sup>2</sup>. Esta variação atesta a elevada irregularidade espaço-temporal das precipitações no núcleo.

A Zona com o menor volume de precipitação da ASD, cor vermelha, demonstra um intervalo de precipitação entre 589 a 667 (mm), concentrando-se em Santa Quitéria (exceção porção oeste), centro-sul de Sobral, Irauçuba (exceção porção nordeste) e, oeste de Canindé. Esta zona possui os menores volumes de precipitação do núcleo em razão de seu distanciamento das maiores barreiras orográficas condensadoras de umidade da ASD (Meruoca e Baturité), e de sua baixa altitude em relação aos maciços residuais circunvizinhos. A maior parte da umidade estando retida nos maciços residuais da Meruoca e Baturité, não consegue chegar com níveis pluviométricos adequados nesta faixa, sendo constante a caracterização de déficit hídrico neste local. A serra do Machado está inserida nesta faixa, configurando-a como uma serra seca.

Próximo a porção centro-sul da ASD, as precipitações ficaram em torno de 668 a 746 (mm), cor alaranjada. Correspondendo geograficamente ao oeste de Santa Quitéria e Sobral, Miraíma (exceção porção noroeste), oeste de Itapajé, leste de Irauçuba e, oeste de Canindé. Esta zona situa-se mais próxima das maiores barreiras orográficas condensadores de umidade do núcleo (Meruoca e Baturité), em comparação ao Centro-Sul da ASD, logo, detém volumes pluviométricos mais elevados, possuindo uma melhor distribuição pluviométrica.

Na zona pluviométrica intermediária, temos a variação de 747 a 824 (mm), cor verde. A mesma concentra-se no centro-sul de Canindé, leste de Itapajé, noroeste de Miraíma e, oeste de Sobral. Esta faixa detém volumes intermediários de precipitação em razão de sua posição central no núcleo, não estando desta maneira próxima ou distante das maiores

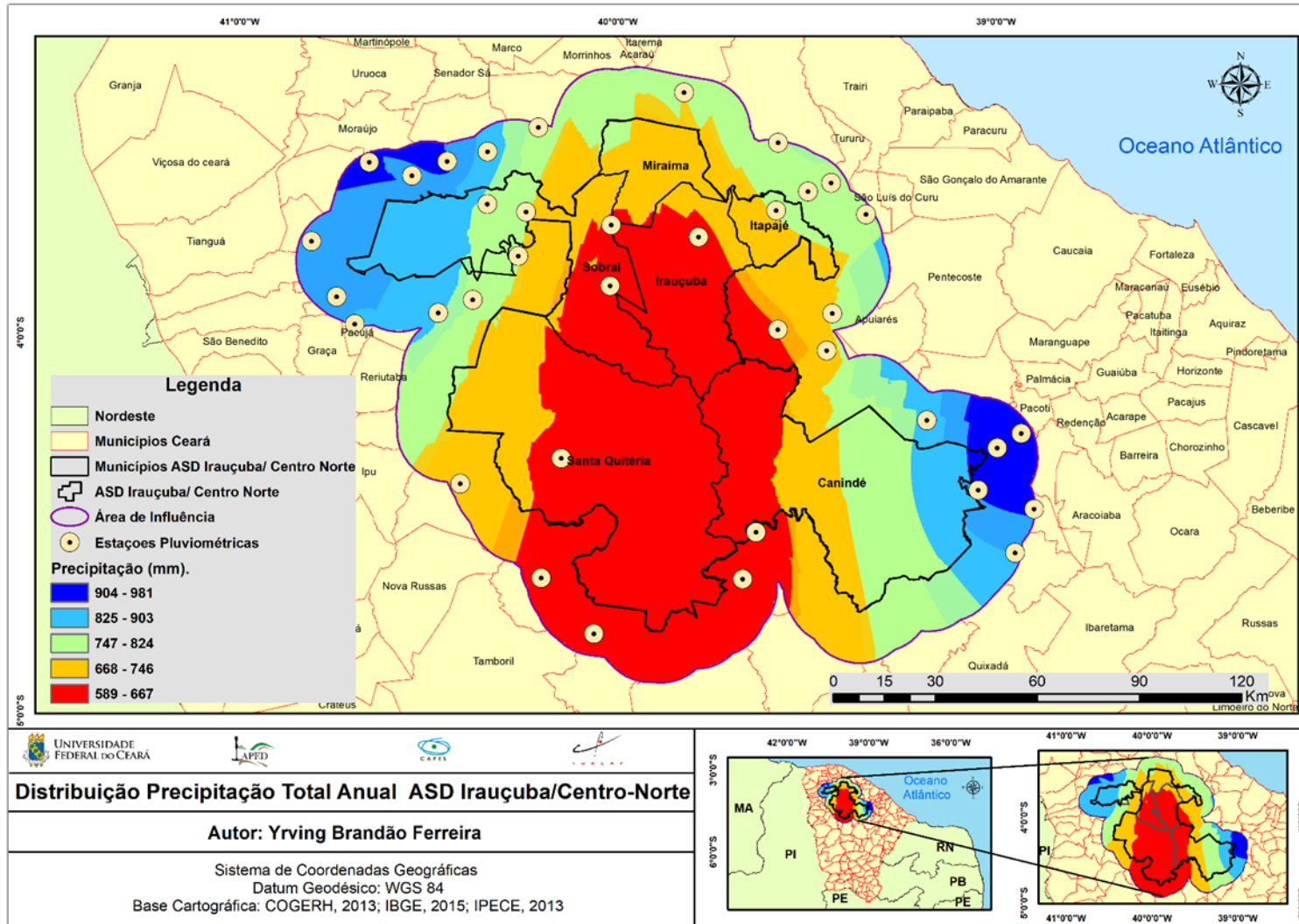
barreiras orográficas do núcleo (Meruoca e Baturité). O maciço de Uruburetama possui sua maior porção inserida nesta faixa.

Próximo aos Maciços residuais da Meruoca e Baturité as precipitações ficaram em torno de 825 a 903 (mm), cor azul claro, formando uma faixa a leste do município de Canindé e oeste de Sobral. Esta zona pluviométrica pode ser caracterizada como área de influência do sotavento dos maciços residuais da Meruoca e Baturité, possuindo ainda bastante umidade condensada anteriormente pelo barlavento destas Serras. Apesar de não possuir a concentração máxima de umidade retida pelos maciços, ainda possui posição privilegiada de umidade em comparação as demais porções da ASD.

Na zona sobre as serras de Meruoca e Baturité se concentraram os máximos pluviométricos de toda a ASD, que ficaram em torno de 904 a 981 (mm), cor azul escuro. Estes maciços situam-se no noroeste de Sobral e, leste de Canindé respectivamente. Esta faixa também se encontra no sotavento de Meruoca e Baturité, porém, mais próxima de seus respectivos barlaventos, logo possui maior capacidade de acumulo de precipitação. A partir da influência orográfica mais intensa dos maciços de Meruoca e Baturité, esta zona possui os maiores volumes pluviométricos de toda a ASD.

A Serra do Machado não apresentou grande concentração pluviométrica, apesar de sua altitude elevada em relação as áreas circunvizinhas, esta não consegue reter umidade pois a mesma já foi aprisionada em grande parte pelo maciço de Baturité, ou precipitada anteriormente nas áreas circunvizinhas.

Mapa 8 – Precipitação Anual



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2021

A serra de Uruburetama, apesar de sua altitude elevada, que gira em torno de 300 a 1080 metros, (SOUSA; OLIVEIRA, 2006) não apresentou concentração pluviométrica equivalente as serras da Meruoca e Baturité, obtendo valores de 747 a 824 milímetros, cor verde. Este fato ocorre, pois, a vertente a sotavento é a que possui maior concentração no interior da ASD Irauçuba/Centro-Norte. Desta forma a concentração de Umidade desta serra alcança maiores valores em sua porção mais oriental, estando com isto mais distante dos limites da ASD, não influenciando-a com uma elevada concentração pluviométrica.

A espacialização pluviométrica anual, reflete apenas a distribuição da precipitação de acordo com a sua incidência anual na ASD, e não reflete como esse processo evolui mensalmente. Esta distribuição não contempla as especificidades da pré-estação chuvosa e, do período chuvoso e seco da ASD, logo, o fator orográfico em conjunto com a dinâmica dos sistemas atmosféricos regionais, são os principais fatores envolvidos neste padrão de distribuição.

Fica evidente a diminuição dos volumes de precipitação de acordo com a retenção pluviométrica nos maciços residuais de Meruoca, Baturité e Uruburetama, ocasionado a diminuição continua do gradiente de precipitação a partir da concentração máxima da pluviosidade nestes maciços. A variação média de precipitação nos maciços residuais (cores azul claro e escuro) é de 825 a 981 (mm), nas áreas próximas a estes maciços está variação foi de 668 a 824 (mm), (cor alaranjada e verde), às áreas mais afastadas dos maciços, no centro-sul da ASD, concentram as menores precipitações (cor vermelha) com uma variação de 589 a 667 (mm).

Como forma de evidenciar a variabilidade pluviométrica que a ASD Irauçuba/Centro-Norte está sujeita através da passagem da pré-estação chuvosa (dezembro a janeiro), a quadra chuvosa (fevereiro a maio), e ao período seco (junho a novembro), foram elaborados três mapas de precipitação.

### ***5.1.2 Precipitação Pré-Estação Chuvosa***

A Pré-Estação chuvosa (Mapa 9) é compreendida como pertencendo aos meses de dezembro a janeiro, e tem como principais sistemas atmosféricos atuantes as frentes frias e o Vórtice Ciclônico de Alto Nível. É caracterizada como um intervalo de transição entre o período seco e a quadra chuvosa da ASD, possuindo desta maneira o menor acumulado pluviométrico. Nesta estação a precipitação mínima alcançou 97 (mm) e a máxima 165 (mm), e a variação entre ambas ficou entorno de 68 milímetros. A variação pluviométrica nesta

estação é bem reduzida o que indica uma homogeneidade pluviométrica. Entretanto, esta homogeneidade é caracterizada pelo modesto volume pluviométrico acumulado nesta estação, onde as precipitações máximas não diferem significativamente das mínimas. Podemos relacionar ainda o baixo volume pluviométrico ao curto período de atuação desta estação (dois meses).

A zona com o menor volume de precipitação nesta estação, cor vermelha, situa-se no oeste de Canindé, leste de Santa Quitéria, Irauçuba, sul de Miraíma e Itapajé, e Leste de Sobral. A serra do Machado ficou totalmente inserida nesta zona pluviométrica, enquanto que a serra de Uruburetama teve seu perímetro sudoeste incluso nesta região. Esta Faixa detém um intervalo de precipitação entre 97 e 111 (mm.), e possui o menor volume pluviométrico da ASD por conta do seu grande distanciamento dos maiores núcleos condensadores de umidade regional, os maciços residuais da Meruoca e Baturité.

A zona com o segundo menor volume de precipitação, cor alaranjada, situa-se no centro-oeste de Canindé e Santa Quitéria, leste de Sobral, Miraíma e, Itapajé (exceção porção sudoeste). A Porção oeste da serra de Uruburetama está compreendida nesta faixa. A precipitação máxima chegou a 124 milímetros e a mínima 112 milímetros. Está zona não recebe influência acentuada dos grandes maciços condensadores de umidade, e conseqüentemente apresenta reduzida disponibilidade pluviométrica. A mesma recebe maior influência da faixa centro-sul da ASD, que apresenta os menores totais pluviométricos da ASD.

A zona pluviométrica intermediária, cor verde, situa-se no leste de Canindé e, oeste de Sobral e Santa Quitéria, possuindo variação de 125 a 138 (mm). Está zona segue o padrão da distribuição da precipitação anual, e em razão da posição mediana em relação as barreiras orográficas regionais, apresenta totais pluviométricos também medianos.

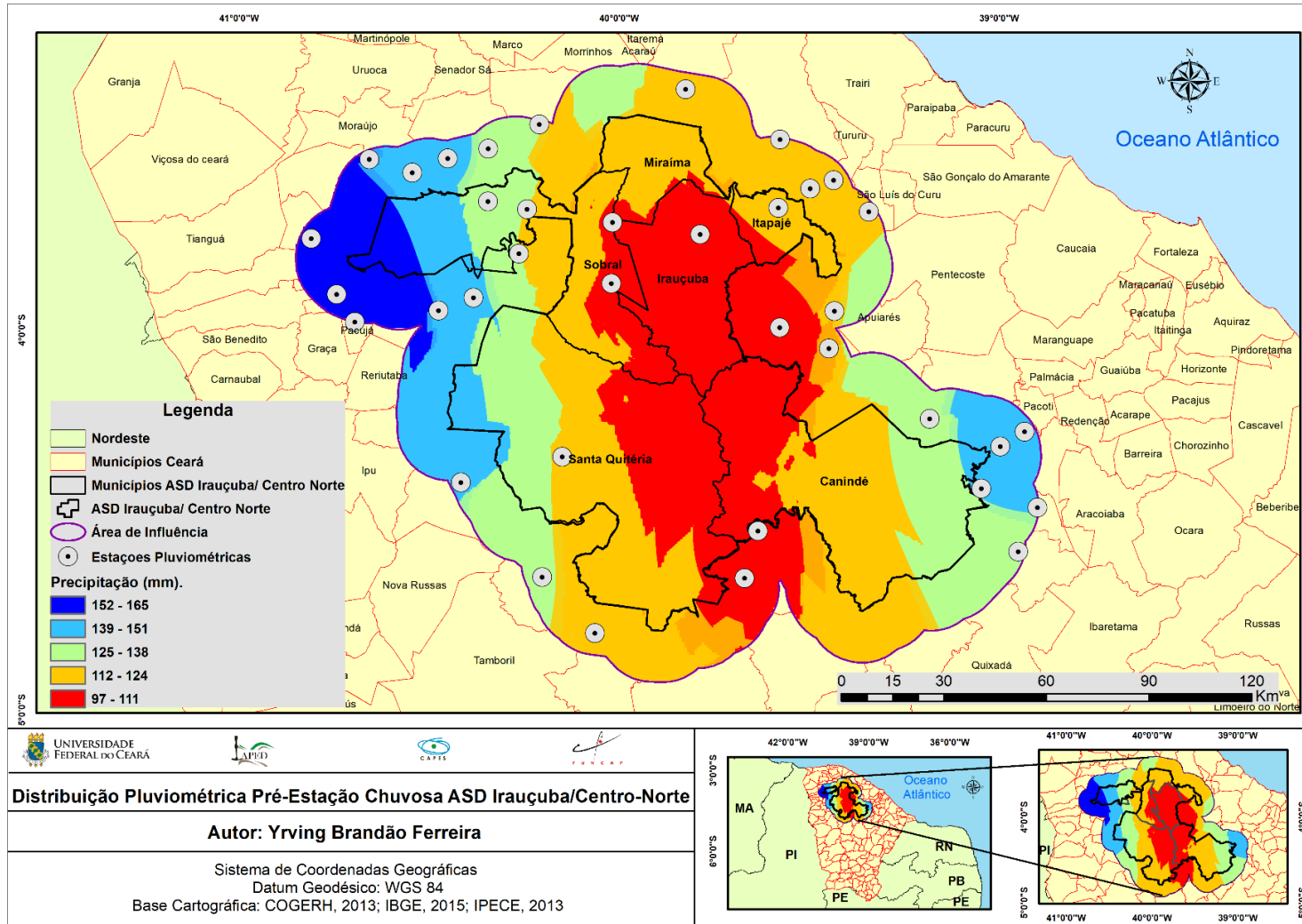
Próximos aos Maciços residuais da Meruoca e Baturité, e a oeste de Santa Quitéria, as precipitações ficaram em torno de 139 a 151 (mm), cor azul claro, esta faixa se caracteriza como área de influência do sotavento dos maciços residuais da Meruoca e Baturité, possuindo desta forma bastante umidade condensada anteriormente pelo barlavento destas Serras.

Na serra da Meruoca se concentraram os máximos pluviométricos de toda a ASD, que na Pré-Estação ficaram em torno de 152 a 165 (mm), cor azul escuro. Esta zona também se caracteriza como área de influência do sotavento do maciço residual da Meruoca, a mesma



se difere da zona anterior pela maior proximidade com o barlavento deste maciço, possuindo desta maneira maior acumulo pluviométrico, tornado esta faixa a de maior precipitação da ASD.

Mapa 9 – Precipitação Pré-Estação Chuvosa



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2021

### ***5.1.3 Precipitação Quadra Chuvosa***

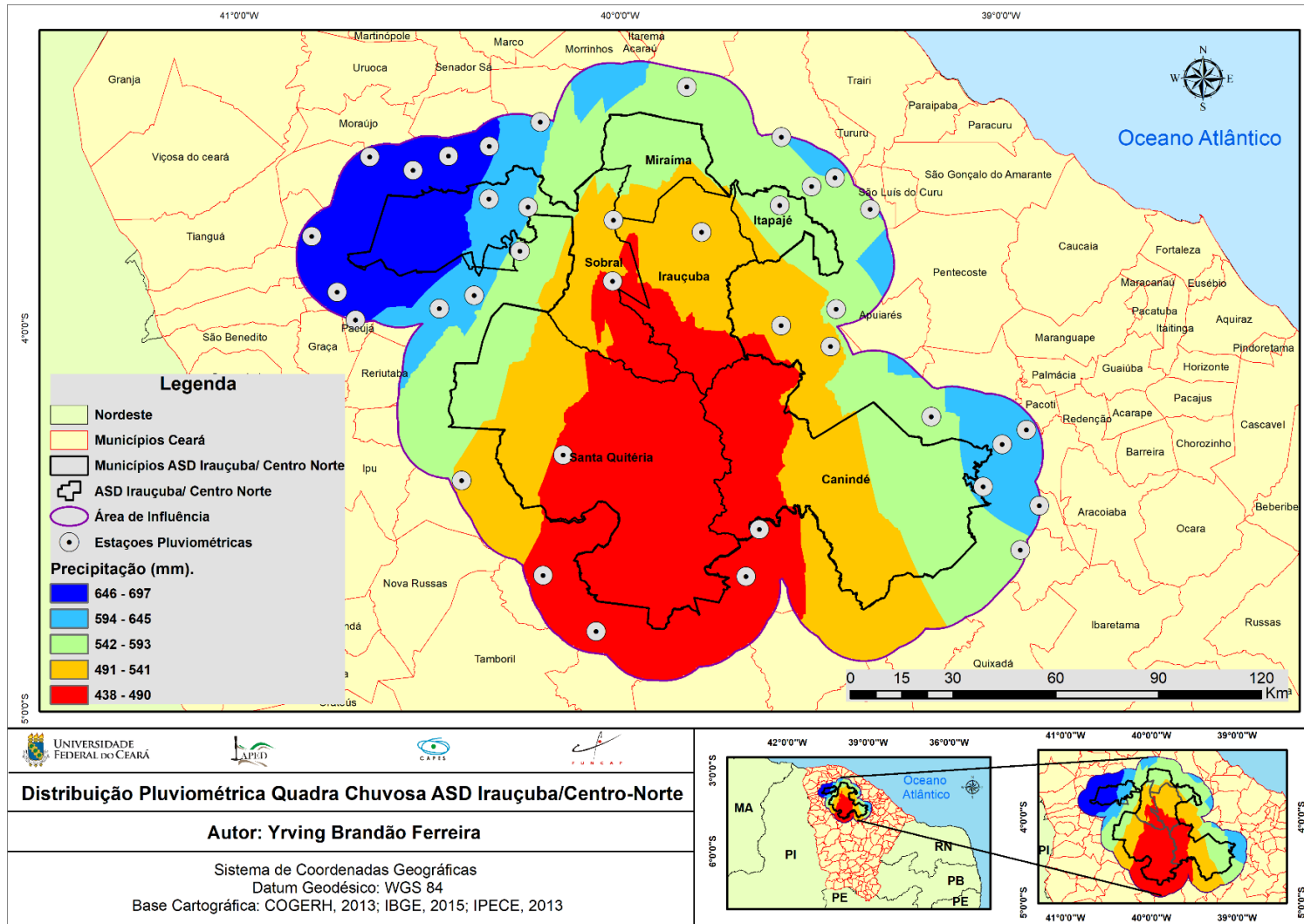
A quadra chuvosa, período de maior volume de precipitação do estado, recebe este nome devido a sua ocorrência durante os meses de fevereiro a maio (quatro meses), e tem como principal sistema sinótico a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). No (Mapa 10) tem-se a distribuição pluviométrica da quadra chuvosa da ASD Irauçuba/Centro-Norte.

Nesta estação a precipitação mínima alcançou 438 (mm) e a máxima 697 (mm), com variação pluviométrica de 259 milímetros. Esta variação é acentuada, o que indica uma grande disparidade entre as precipitações mínimas e máximas. Houve um grande aumento do volume pluviométrico mínimo, entretanto, o maior aumento se deu no volume pluviométrico máximo, acentuando desta maneira sua variação pluviométrica.

A zona com o menor volume de precipitação nesta estação, cor vermelha, situa-se no oeste de Canindé, Santa Quitéria (exceção porção oeste), sul de Irauçuba e, Leste de Sobral. A serra do Machado como na pré-estação chuvosa ficou totalmente inserida nesta faixa. Possui um intervalo de precipitação entre 438 e 490 mm. Esta zona sofreu alterações significativas com a passagem da Pré-Estação chuvosa para a quadra chuvosa, dentre elas podemos citar; aumento desta faixa no leste de Santa Quitéria e, redução da sua atuação em Irauçuba (concentrando-se ao sul e sudoeste). Vale ressaltar que nesta estação as precipitações mínimas são significativamente superiores a pluviosidade mínima da Pré-Estação chuvosa, logo, o aumento ou redução desta região pluviométrica impacta significativamente no volume de precipitações desta zona.

A zona com o segundo menor volume de precipitação, cor alaranjada, situa-se no centro-oeste de Canindé, oeste de Santa Quitéria, leste de Sobral, Irauçuba (exceção porção sul), oeste de Itapajé e, sul de Miraíma. A Porção oeste da serra de Uruburetama está compreendida nesta zona. A precipitação máxima chegou a 541 milímetros e a mínima 491 milímetros. Suas principais transformações em relação a pré-estação chuvosa foram; Aumento da sua atuação em Irauçuba e diminuição em Miraíma e Itapajé.

Mapa 10 – Precipitação Quadra Chuvosa



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2021

A zona pluviométrica intermediária, cor verde, situa-se no leste de Canindé, oeste de Sobral e Santa Quitéria e, Miraíma e Itapajé (com exceção de suas porções sul e oeste respectivamente). Possui variação de 542 a 593 (mm). A Porção leste da serra de Uruburetama está situada nesta zona. Suas principais transformações em relação a pré-estação chuvosa foram; aumento de sua influência em Miraíma e Itapajé, além do seu recuo para o leste de Sobral.

Próximos aos Maciços residuais da Meruoca e Baturité as precipitações ficaram em torno de 594 a 645 (mm), cor azul claro, esta faixa se caracteriza como área de influência do sotavento dos maciços residuais da Meruoca e Baturité, possuindo desta forma bastante umidade condensada anteriormente pelo barlavento destas Serras.

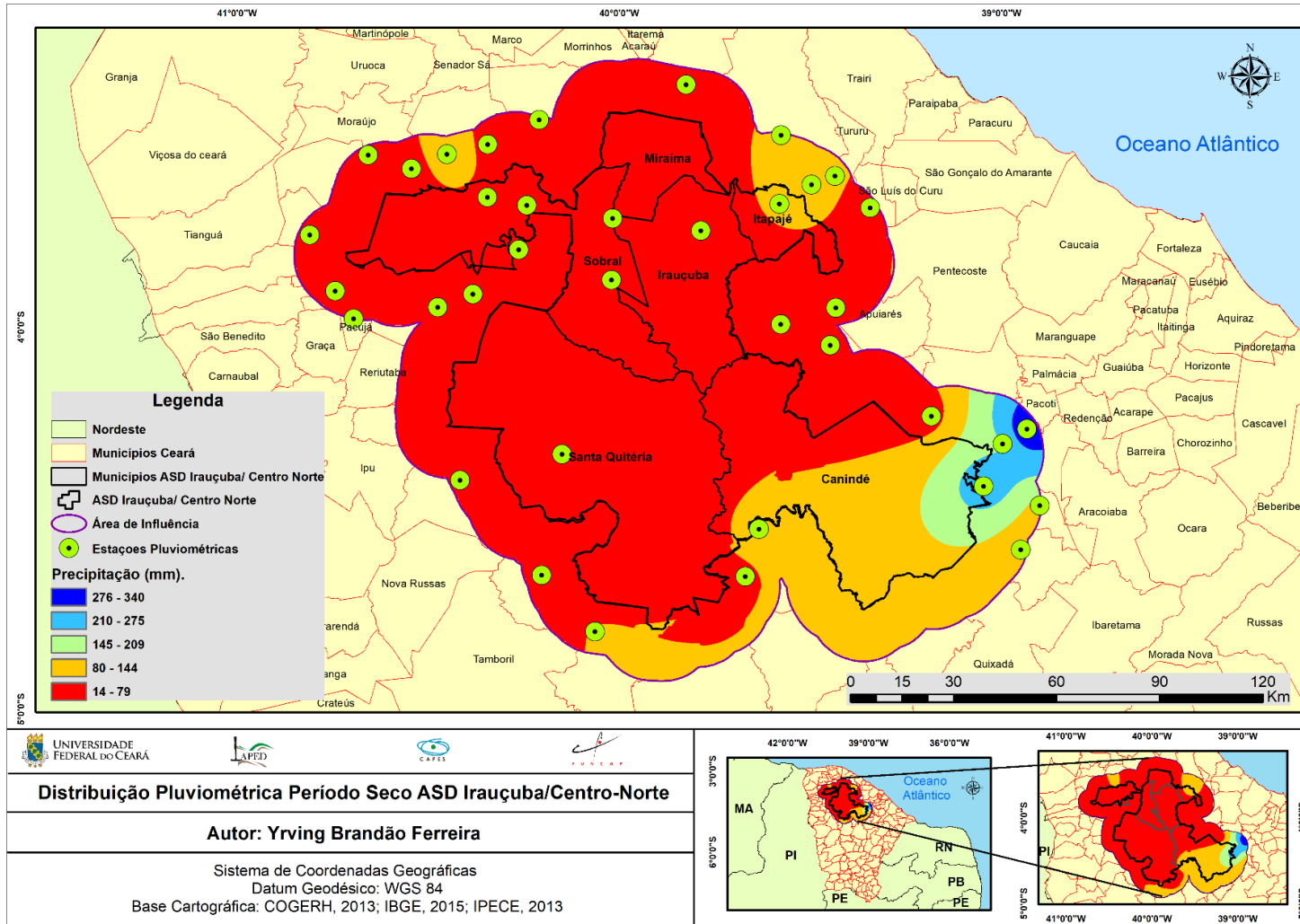
Na serra da Meruoca se concentraram os máximos pluviométricos de toda a ASD, que na quadra chuvosa ficaram em torno de 646 a 697 (mm), cor azul escuro.

#### ***5.1.4 Precipitação Período Seco***

A partir do período seco (junho a novembro) as precipitações sofreram uma grande redução. A variação pluviométrica alcançou os 326 (mm), com precipitação mínima de 14 (mm) e máxima de 340 (mm). Neste período houve uma grande redução dos volumes pluviométricos máximos e mínimos, o que impulsionou um aumento na variação entre ambos, demonstrando a disparidade do volume pluviométrico, e conseqüentemente a redução espaço-temporal das precipitações. No (Mapa 11) tem-se a distribuição pluviométrica do período seco da ASD Irauçuba/Centro-Norte.

Nesta estação a oferta pluviométrica da ASD se encontra bastante reduzida em razão do principal sistema atmosférico gerador de precipitação da região (ZCIT) não ter mais atuação efetiva neste período do ano. Desta maneira, uma queda brusca no total pluviométrico neste período é natural e esperada. No período seco o principal sistema sinótico atuante são as Ondas de Leste (julho e agosto).

Mapa 11 – Precipitação Período Seco



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2021

Neste período a zona de menor volume de precipitação possui pluviosidade máxima de 79 milímetros e mínima de 14 milímetros, cor vermelha. Esta faixa de volumes pluviométricos reduzidos, tende a se expandir no período seco da área central da ASD, para as demais localidades deste núcleo, com exceção dos maciços residuais da Meruoca, Uruburetama e Baturité, pois estes como barreiras orográficas frequentemente concentram uma maior pluviosidade. A serra do machado por se situar próxima ao centro da ASD, área de menor concentração pluviométrica, não consegue acumular um volume de precipitação considerável, estando constantemente inserida nesta faixa pluviométrica de menor volume de precipitação.

Evidencia-se a partir do período seco um aumento expressivo da zona pluviométrica de menor volume de precipitação. Na pré-estação chuvosa e na quadra chuvosa está região se concentrava principalmente no centro-sul da ASD, e já possuía uma área considerável no núcleo. No período seco, em decorrência da ausência de grande disponibilidade pluviométrica, e em razão do afastamento dos grandes sistemas sinóticos regionais, esta região se expandiu gradativamente até alcançar a sua maior extensão, além da maior porção deste núcleo.

No período seco, os maciços residuais da Meruoca e Uruburetama concentram volumes pluviométricos ligeiramente superiores a zona pluviométrica de menores volume de precipitação. Possuem precipitação máxima de 144 e mínima de 80 milímetros, cor alaranjada. Esta concentração superior indica que apesar da oferta pluviométrica reduzida durante o período seco, estes maciços ainda atuam como concentradores da reduzida umidade regional incidente.

O maciço de Baturité é a formação residual que gera maior influência pluviométrica nesta estação, sendo o maior condensador de umidade neste período, possuindo precipitação máxima de 275 (mm) e mínima de 145 (mm), cor verde e azul claro. A porção deste maciço residual de maior competência para o acúmulo pluviométrico, vertente a barlavento, não se encontra inserida na ASD, logo o núcleo não é beneficiado pelo potencial máximo de acúmulo pluviométrico deste maciço. A vertente inserida nos limites da ASD, é a vertente mais seca, sotavento, que apesar de não possuir o mesmo poder de concentração pluviométrica da vertente mais úmida, influencia constantemente a dinâmica pluviométrica da ASD.

## 5.2 Evapotranspiração Potencial Anual

A evapotranspiração potencial é condicionada pela variação de latitude, passagem entre estações e, temperatura média. Quanto menor a latitude (mais próximo da linha do equador), maior será a evapotranspiração potencial. As estações do ano também influenciam significativamente na evapotranspiração potencial, períodos como o de verão e inverno, possuem máxima e mínima incidência de radiação solar, e com isso alteram o seu respectivo potencial evapotranspiratório. Neste núcleo não há grande variação latitudinal, logo não há grande gradiente de radiação solar. Em razão da ASD se encontrar próxima da linha do equador, a mesma não é afetada pela variação de radiação solar através da passagem das estações do ano. Apesar deste quadro estável de incidência de radiação solar, fatores locais, como a altitude, podem influenciar significativamente na distribuição do potencial evapotranspiratório.

A evapotranspiração potencial sofre influência das temperaturas máximas, quanto maior a temperatura, maior será evapotranspiração potencial. A temperatura varia de acordo com a altitude local, quanto maior a altitude menor a temperatura. Logo, quanto maior a altitude, menor será a temperatura e a evapotranspiração potencial, e quanto menor a altitude, maior será a temperatura e a evapotranspiração potencial. No (Mapa 12) tem-se a distribuição da evapotranspiração potencial anual da ASD Irauçuba/Centro-Norte.

Evidencia-se uma grande variabilidade na distribuição da evapotranspiração potencial anual, o menor volume obtido foi o de 1258 (mm) e o maior foi de 1762 (mm), gerando com isto uma variação de 504 (mm).

A zona com o menor potencial de evapotranspiração, cor verde, se encontra nas porções sul/sudoeste e, leste de Canindé, além do sudeste de Santa Quitéria. Possui um intervalo de 1258 a 1359 (mm). Esta zona possui o menor potencial de evapotranspiração em razão de sua grande altitude, proporcionando valores reduzidos de temperatura, logo menor capacidade de evapotranspiração. Nas porções sul/sudoeste de Canindé, e sudeste de Santa Quitéria temos a presença da serra do Machado, além das serras de São Joao e das Flores. No leste de Canindé temos a presença do maciço de Baturité.

A zona com o segundo menor potencial de evapotranspiração, cor azul, se encontra no centro-sul de Canindé e sul de Santa Quitéria, possuindo um intervalo de 1360 a 1460 (mm). Esta região possui um potencial de evapotranspiração mais elevado devido à redução de suas altitudes e consequentemente elevação de sua temperatura média.

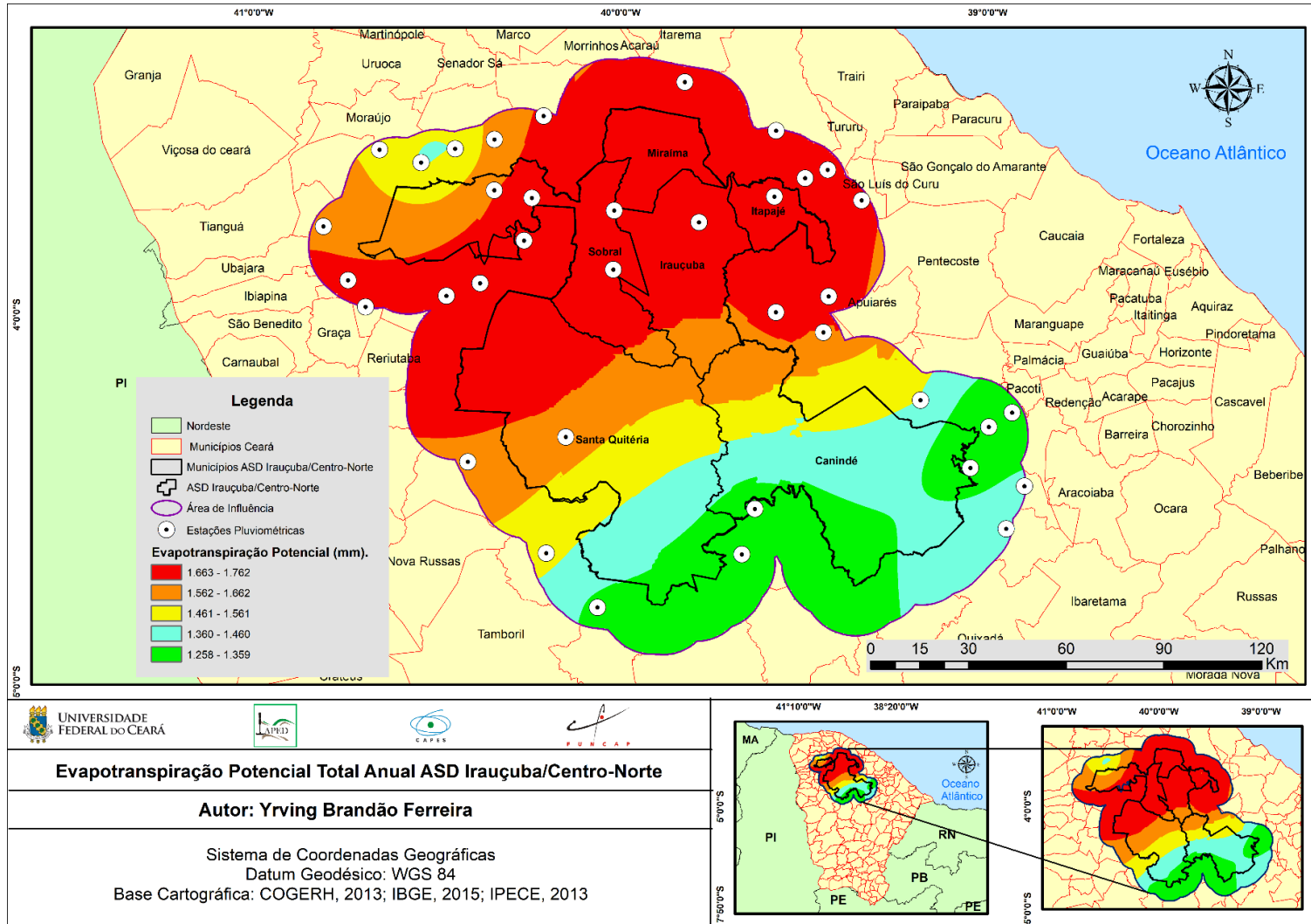


A zona com o potencial de evapotranspiração intermediário, cor amarela, se encontra no centro de Santa Quitéria e norte de Canindé, além de uma pequena porção ao norte de Sobral. Possui um intervalo de 1461 a 1561 (mm). A partir do decréscimo das altitudes e elevação das temperaturas médias há um acréscimo do potencial de evapotranspiração. A porção norte do maciço da Meruoca se encontra nesta região.

A zona com o segundo maior potencial evapotranspiratório, cor alaranjada, se encontra no norte de Canindé, sul de Irauçuba, sul/oeste de Sobral e, no centro de Santa Quitéria, possuindo um intervalo de 1562 a 1662 (mm). Esta região está inserida em uma das faixas com menores altitudes da ASD, logo há um acréscimo de sua evapotranspiração potencial e temperatura média. A porção sul do maciço da Meruoca se encontra nesta região.

A zona com o maior potencial evapotranspiratório, cor vermelha, está distribuída entre Miraíma e Itapajé, noroeste de Santa Quitéria, Sobral (exceção porção sudeste e noroeste), e Irauçuba (exceção porção sul). Nesta zona se encontram as menores altitudes e as maiores temperaturas médias da ASD, logo, a mesma possui o maior potencial evapotranspiratório. A exceção e esta zona de reduzidas altitudes, se encontra na divisa entre Itapajé e Irauçuba, através do maciço de Uruburetama, além de outras serras menores pertencentes a região.

Mapa 12 – Distribuição Evapotranspiração Potencial Anual



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2021

### **5.3 Evapotranspiração Real**

A evapotranspiração real é obtida pelo cálculo do balanço hídrico climatológico de Thornthwaite e Mather (1955), e indica a quantidade de água que está sendo efetivamente evapotranspirada pelo sistema. Sua variabilidade se dá principalmente de acordo com o volume das precipitações incidentes.

A evapotranspiração Real é proporcional a oferta pluviométrica da ASD, locais onde há maior precipitação, ocorre paralelamente maior evapotranspiração real. Isto ocorre devido ao sistema em questão ter uma maior oferta hídrica em sua superfície, logo maior volume hídrico pode ser evapotranspirado. Em contrapartida, locais com precipitações reduzidas, possuem os menores volumes evapotranspirados. Quanto menor o volume hídrico disponível no sistema paralelamente menor será sua evapotranspiração.

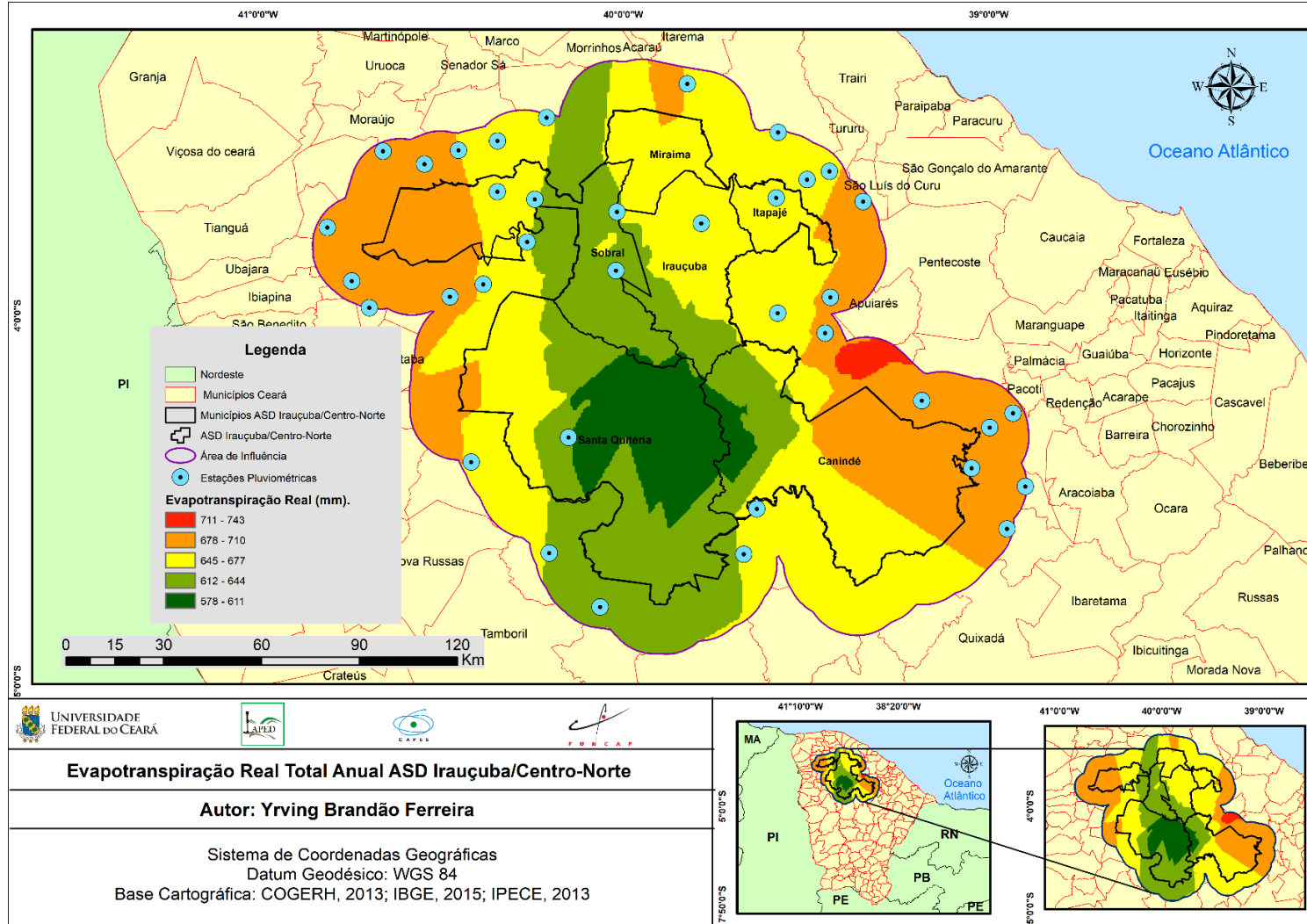
A evapotranspiração real também é significativamente influenciada pelo potencial evapotranspiratório local. Um elevado potencial evapotranspiratório em conjunto com uma grande oferta hídrica produzem os maiores volumes de evapotranspiração real.

A evapotranspiração real é sempre menor ou igual a evapotranspiração potencial. A evapotranspiração real depende essencialmente da evapotranspiração potencial local e da disponibilidade hídrica do solo. A disponibilidade hídrica é essencial para a evapotranspiração real, não havendo tal disponibilidade, não ocorreria a evapotranspiração real, independente do potencial evapotranspiratório local.

#### ***5.3.1 Evapotranspiração Real Anual***

Observa-se no (Mapa 13) a distribuição espacial da evapotranspiração real anual para a ASD Irauçuba Centro/Norte. Não houve uma grande variabilidade na distribuição da evapotranspiração real anual, o menor volume evapotranspirado foi de 578 (mm) e o maior foi de 743 (mm), gerando com isto uma variação de 165 (mm). Este quadro indica que o volume pluviométrico efetivamente evapotranspirado da ASD não sofreu grandes alterações espaciais, sofrendo pequenas variações de acordo com os volumes pluviométricos disponíveis e o potencial evapotranspiratório local.

Mapa 13 – Distribuição Evapotranspiração Real Anual



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2021

A zona com o menor volume de evapotranspiração real, cor verde escuro, se encontra no centro de Santa Quitéria e oeste de Canindé, com evapotranspiração mínima de 578(mm) e máxima de 611(mm). Esta faixa possui as menores precipitações da ASD (Mapa 8), além de possuir potencial intermediário de evapotranspiração (Mapa 12). Em decorrência das precipitações escassas e do potencial intermediário de evapotranspiração, esta faixa se configura como a de menor evapotranspiração real da ASD. A porção norte da Serra do Machado se encontra nesta zona.

A zona com o segundo menor volume de evapotranspiração real, cor verde claro, se estende do centro-sul de Santa Quitéria ao município de Sobral (exceção porção oeste). A mesma também se encontra no oeste de Canindé e sul de Irauçuba. Possui evapotranspiração real mínima de 612(mm) e máxima de 644(mm). Esta faixa ainda se encontra na região com menor volume de precipitação da ASD (Mapa 8), entretanto, a mesma possui um maior gradiente de potencial evapotranspiratório (Mapa 12), com isso, esta faixa abrange porções com um potencial evapotranspiratório mais acentuado, gerando uma evapotranspiração real ligeiramente mais intensa. A porção sul da Serra do Machado se encontra nesta zona.

A zona com o volume de evapotranspiração real intermediário, cor amarela, se estende pelo município de Canindé (porções sul, oeste e norte), centro-sul de Irauçuba, oeste de Santa Quitéria e Sobral e, pelos municípios de Miraíma e Itapajé. Possui volume de evapotranspiração mínima de 645(mm) e máxima de 677(mm). Esta faixa é bastante diversa em volume de precipitação (Mapa 8) e potencial evapotranspiratório (Mapa 12). De maneira geral há um incremento de precipitação nesta região bem como aumento do potencial evapotranspiratório, ocasionando um novo acréscimo das taxas de evapotranspiração real. O maciço de Uruburetama situa-se nesta zona.

A zona com o segundo maior volume de evapotranspiração real, cor alaranjada, se distribui no leste de Canindé e Itapajé, oeste de Sobral e Santa Quitéria e, norte de Miraíma. Possui volume de evapotranspiração mínima de 678(mm) e máxima de 710(mm). Esta faixa acompanha a tendência de acréscimo de evapotranspiração real concomitantemente a ampliação dos volumes de precipitação.

O leste de Canindé e oeste de Sobral por se situarem a sotavento das serras de Baturité e Meruoca respectivamente, acumulam elevado volume pluviométrico (Mapa 8), logo possuem evapotranspiração real elevada. Vale destacar que o leste de Canindé ao contrário do oeste de Sobral não possui grande potencial evapotranspiratório (Mapa 12),

entretanto, o mesmo eleva sua evapotranspiração real a partir da grande concentração pluviométrica, compensando dessa maneira seu baixo potencial evapotranspiratório. O oeste de Santa Quitéria, leste de Itapajé e norte de Miraíma, possuem precipitações intermediárias e alto potencial evapotranspiratório, gerando dessa forma uma elevada evada evapotranspiração real.

A zona com o maior volume de evapotranspiração real, cor vermelha, está situada fora dos limites da ASD, próximo ao norte de Canindé. Possui volume de evapotranspiração mínima de 711(mm) e máxima de 743(mm). Esta faixa possui precipitação elevada (Mapa 8) além de um alto potencial evapotranspiratório (Mapa 12). Apesar desta faixa não se encontrar disposta nos limites da ASD a mesma impacta através do efeito de borda.

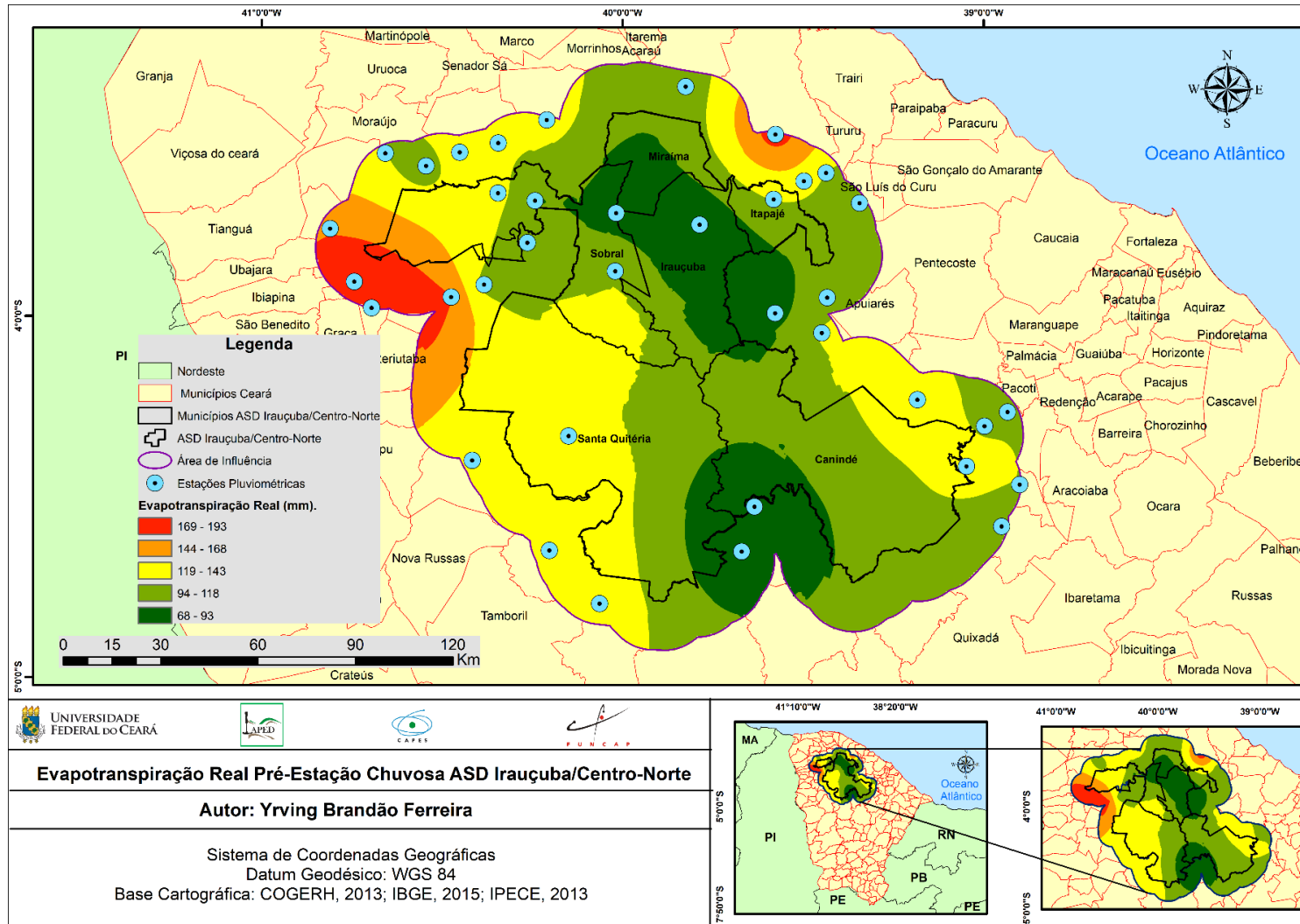
### ***5.3.2 Evapotranspiração Real Pré-Estação Chuvosa***

Nesta estação (Mapa 14) a evapotranspiração real mínima alcançou 68 (mm) e a máxima 193 (mm), e a variação entre ambas ficou entorno de 125 milímetros.

Nesta estação a zona com o menor volume de evapotranspiração real, cor verde escuro, se encontra no oeste de Canindé e leste de Santa Quitéria, além do centro-sul de Miraíma e Irauçuba e, norte de Sobral. Possui evapotranspiração real mínima de 68(mm) e máxima de 93(mm). Esta faixa possui as menores precipitações da pré-estação chuvosa da ASD (Mapa 9), com exceção do centro-sul de Miraíma e norte de Sobral, estas últimas possuem precipitações ligeiramente superiores a faixa de mínimas precipitações.

Vale ressaltar que esta zona possui grande potencial evapotranspiratório (Mapa 12), entretanto, devidos as insuficientes precipitações este potencial não é alcançado. Em decorrência das escassas precipitações, apesar do potencial elevado de evapotranspiração, esta faixa se configura como a de menor evapotranspiração real da ASD. A serra do Machado como na pré-estação chuvosa ficou totalmente inserida nesta região. Nesta estação a porção oeste da serra de Uruburetama encontra-se nesta zona.

Mapa 14 – Distribuição Evapotranspiração Real Pré-Estação Chuvosa



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2021

A zona com o segundo menor volume de evapotranspiração real, cor verde claro, se estende pelo município de Canindé (exceção porções nordeste e sudoeste), leste de Santa Quitéria, centro-sul de Itapajé, norte de Miraíma, sul de Irauçuba, além do município de Sobral (exceção porções, sul, norte e noroeste). Possui evapotranspiração real mínima de 94(mm) e máxima de 118(mm). Esta faixa abrange um volume pluviométrico ligeiramente superior a zona anterior (Mapa 9), além de um potencial evapotranspiratório variado (Mapa 12), gerando com isso uma evapotranspiração real ligeiramente mais intensa. A porção leste da serra de Uruburetama encontra-se nesta zona.

A zona com volume de evapotranspiração real intermediário, cor amarela, se estende pelo município de Canindé (porções leste e nordeste), oeste de Santa Quitéria, Sobral (porções sul e noroeste) e, norte de Itapajé. Possui volume de evapotranspiração mínima de 119(mm) e máxima de 143(mm). Esta faixa é bastante diversa em volume de precipitação (Mapa 9) e potencial evapotranspiratório (Mapa 12). De maneira geral há um incremento de precipitação nesta faixa, o noroeste de Sobral e o leste de Canindé se enquadram na zona de sotavento dos maciços de Meruoca e Baturité, logo possuem elevada precipitação. As demais porções possuem volumes pluviométricos intermediários. O potencial evapotranspiratório desta faixa é diverso, sendo maior no centro da ASD e sofrendo redução ao se aproximar dos maciços residuais de maior altitude. Este quadro ocasiona um novo acréscimo das taxas de evapotranspiração real.

A zona com o segundo maior volume de evapotranspiração real, cor alaranjada, se distribui no oeste de Sobral e próximo ao norte de Itapajé (este fora do núcleo). Possui volume de evapotranspiração mínima de 144(mm) e máxima de 168(mm). Esta faixa acompanha a tendência de acréscimo de evapotranspiração real concomitantemente a ampliação dos volumes de precipitação (Mapa 9). O oeste de Sobral possui elevadas precipitações por se situar a sotavento do maciço de Baturité, além de um elevado potencial evapotranspiratório (Mapa 12). A porção próxima ao norte de Itapajé possui precipitações reduzidas e grande potencial evapotranspiratório. A partir deste panorama se obtém uma taxa de evapotranspiração real mais elevada

A zona com o maior volume de evapotranspiração real, cor vermelha, está situada no extremo oeste de Sobral. Possui volume de evapotranspiração mínima de 169(mm) e máxima de 193(mm). Esta faixa possui elevada precipitação (Mapa 9) além de um alto potencial evapotranspiratório (Mapa 12). Esta zona assim como a anterior possui elevadas



precipitações por se situar a sotavento do maciço de Baturité. A partir deste panorama se obtém a maior taxa de evapotranspiração real.

### ***5.3.3 Evapotranspiração Real Quadra Chuvosa***

No (Mapa 15) tem-se a distribuição da evapotranspiração real durante a quadra chuvosa da ASD Irauçuba/Centro-Norte.

Nesta estação a evapotranspiração real mínima alcançou 374 (mm) e a máxima 486 (mm), e a variação entre ambas ficou entorno de 112 milímetros. Houve um grande aumento nos volumes máximos e mínimos de evapotranspiração real na ASD, entretanto, este aumento ocorreu simultaneamente em ambos os extremos pluviométricos, o que acarretou volumes máximos e mínimos de evapotranspiração real elevados, porém sem grandes variações entre os mesmos. Com isso, percebe-se um incremento substancial no volume pluviométrico acumulado nesta estação, ressaltando-a como a mais chuvosa.

A zona com o menor volume de evapotranspiração real nesta estação, cor verde escuro, situa-se no Oeste e sul de Canindé e, leste e sul de Santa Quitéria. Possui evapotranspiração real mínima de 374(mm) e máxima de 397(mm). A serra do Machado como na pré-estação chuvosa ficou totalmente inserida nesta região.

Esta zona sofreu alterações significativas com a passagem da Pré-Estação chuvosa para a quadra chuvosa, dentre elas podemos citar; desaparecimento desta faixa nos municípios de Irauçuba, Sobral, Itapajé e Miraíma; bem como concentração desta faixa apenas no oeste de Canindé e Leste de Santa Quitéria. Observa-se que as zonas com os menores volumes evapotranspirados da ASD tendem a sofrer uma grande redução nesta estação, indicando um aumento geral no volume evapotranspirado do núcleo. Vale ressaltar que nesta estação a evapotranspiração mínima é significativamente superior a evapotranspiração mínima da Pré-Estação chuvosa, com isso, apesar da redução do perímetro desta região, houve um aumento substancial no volume efetivamente evapotranspirado nesta faixa. Esta zona está inserida nas zonas de menor volume pluviométrico da ASD (Mapa 10). A evapotranspiração potencial desta zona é reduzida (Mapa 12).

A zona com o segundo menor volume de evapotranspiração real, cor verde claro, na quadra chuvosa, situa-se no centro de Santa Quitéria, centro-norte de Canindé e, sul de Irauçuba. A evapotranspiração real máxima chegou a 419 milímetros e a mínima 398 milímetros. Suas principais transformações em relação a pré-estação chuvosa foram;

desaparecimento desta faixa nos municípios de Sobral, Itapajé e Miraíma, além de redução desta faixa ao extremo sul de Irauçuba. Houve um pequeno aumento desta zona em Santa Quitéria e Canindé. Esta zona acompanha a tendência de redução das faixas de mínimos volumes evapotranspirados. Apesar desta significativa redução, o volume efetivamente evapotranspirado nesta zona é bem superior ao da pré-estação chuvosa. Esta Região está inserida nas zonas de menor volume pluviométrico da ASD (Mapa 10), com exceção do Maciço de Baturité, que apresenta volume elevado de precipitações. A Evapotranspiração potencial desta região é reduzida, alcançando as duas zonas de menor potencial evapotranspiratório da ASD (Mapa 12).

A zona com volume intermediário de evapotranspiração real, cor amarela, na quadra chuvosa situa-se; no centro-sul de Irauçuba e Sobral e, no noroeste de Canindé e Santa Quitéria. A evapotranspiração real máxima chegou a 441 milímetros e a mínima 420 milímetros. Suas principais transformações em relação a pré-estação chuvosa foram, diminuição significativa de sua abrangência em Sobral, Santa Quitéria e Canindé, além do seu desaparecimento em Itapajé e, nova concentração em Irauçuba. Esta zona foi reduzida pois houve um grande crescimento das faixas com máximos volumes evapotranspirados. Esta faixa está inserida nas duas zonas de menor volume pluviométrico da ASD (Mapa 10). A evapotranspiração potencial desta zona apresenta um gradiente de baixa a elevada (Mapa 12).

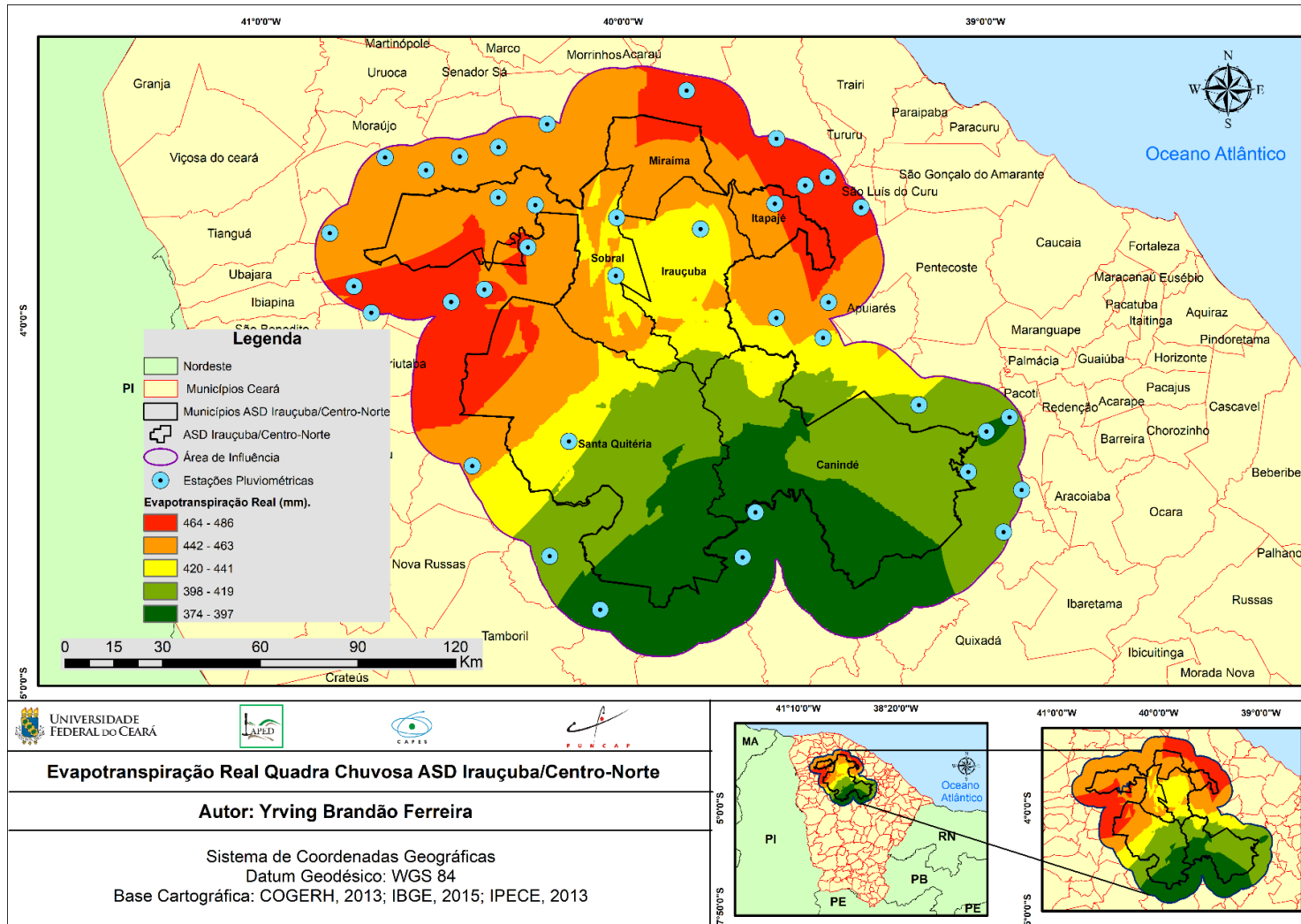
A zona com o segundo maior volume de evapotranspiração real, cor alaranjada, nesta estação situa-se; no noroeste de Santa Quitéria, Sobral (exceção porção central), Miraíma (exceção porção norte) e, Itapajé (exceção porção leste). A evapotranspiração real máxima chegou a 463 milímetros e a mínima 442 milímetros. Suas principais transformações em relação a pré-estação chuvosa foram; aparecimento desta faixa nos municípios de Miraíma, Santa Quitéria e Itapajé, além do expressivo crescimento da mesma em Sobral. Esta faixa está inserida nas zonas de volume pluviométrico baixo a intermediário da ASD (Mapa 10). A evapotranspiração potencial desta região é diversa, indo de reduzida a elevada. (Mapa 12).

Nesta zona, ao contrário das anteriores, houve um notório crescimento de sua extensão e volume evapotranspirado, indicando que a partir do aumento do volume de precipitações da ASD durante a quadra chuvosa, as regiões com menores volumes evapotranspirados se reduziram, e aquelas com maior volume evapotranspirado se estenderam. A serra de Uruburetama situa-se nesta zona.

A zona com o maior volume de evapotranspiração real, cor vermelha, nesta estação situa-se; no leste de Itapajé, norte de Miraíma, oeste de Sobral e noroeste de Santa Quitéria. A evapotranspiração real máxima chegou a 486 milímetros e a mínima 464 milímetros. Suas principais transformações em relação a pré-estação chuvosa foram; aumento de sua extensão em Sobral, e surgimento de porções desta faixa em Miraíma, Itapajé e Santa Quitéria. Esta zona, como a anterior, a partir da quadra chuvosa sofreu um aumento de sua extensão e do seu volume evapotranspirado. Esta zona abrange o sotavento do Maciço de Meruoca. A mesma está inserida nas zonas de volume pluviométrico baixo a intermediário da ASD (Mapa 10). A evapotranspiração potencial desta região é elevada (Mapa 12).

O potencial evapotranspiratório não mudou com a passagem da pré-estação chuvosa para a quadra chuvosa, apenas a oferta hídrica aumentou significativamente. Quanto maior a oferta pluviométrica, maior será a sua respectiva evapotranspiração real. Vale destacar que a evapotranspiração real nunca ultrapassa o potencial evapotranspiratório local, sendo a mesma igual ou inferior ao seu potencial evapotranspiratório

Mapa 15 – Distribuição Evapotranspiração Real Quadra Chuvosa



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2021

#### **5.3.4 Evapotranspiração Real Período Seco**

No (Mapa 16) tem-se a distribuição da evapotranspiração real durante período seco da ASD Irauçuba/Centro-Norte. Nesta estação a oferta pluviométrica da ASD se encontra bastante limitada em decorrência do principal sistema atmosférico gerador de precipitação da região (ZCIT) não ter mais atuação efetiva neste período do ano.

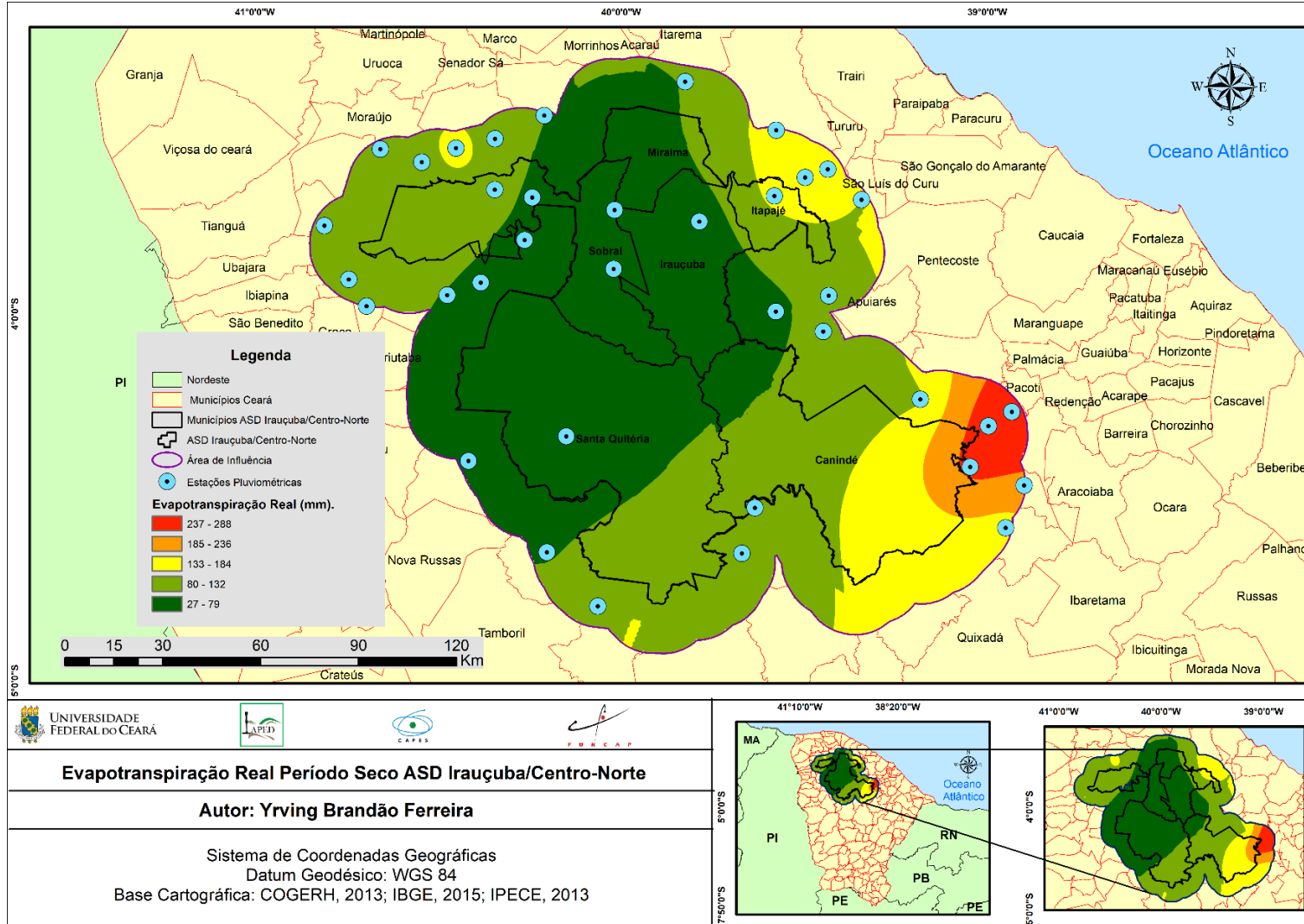
No período seco a evapotranspiração real mínima alcançou 27 (mm) e a máxima 288 (mm), e a variação pluviométrica ficou entorno de 261 milímetros. Esta variação é elevada, a maior das três estações, o que indica uma grande disparidade entre as precipitações mínimas e máximas. Nesta estação houve uma grande redução do volume pluviométrico máximo e mínimo, o que ocasionou um aumento na diferença entre ambos, demonstrando a disparidade do volume pluviométrico neste período, e consequentemente a redução espaço-temporal das precipitações.

A zona com o menor volume de evapotranspiração real nesta estação, cor verde escuro, situa-se no noroeste de Canindé, centro-norte de Santa Quitéria, Sobral (exceção porção oeste) e, Irauçuba e Miraíma (exceção porção Leste). Possui evapotranspiração real mínima de 27(mm) e máxima de 79(mm).

Esta zona sofreu alterações significativas com a passagem da Quadra chuvosa para o período seco, dentre elas podemos citar; crescimento desta faixa para o município de Sobral, Irauçuba e Miraíma, além da permanência da mesma em Canindé e Santa Quitéria. Esta faixa está inserida nas zonas de menor volume pluviométrico da ASD (Mapa 11). A evapotranspiração potencial desta região é diversa, e vai de intermediária a elevada. (Mapa 12). A porção oeste do Maciço de Uruburetama situa-se nesta zona.

A partir da diminuição das precipitações durante este período, as zonas com os menores volumes de evapotranspiração se expandiram para o centro-norte da ASD. A partir da reduzida disponibilidade hídrica os mínimos volumes de evapotranspiração se expandem e os máximos se retraem.

Mapa 16 – Distribuição Evapotranspiração Real Período Seco



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2021

A zona com o segundo menor volume de evapotranspiração real, cor verde claro, nesta estação situa-se em Canindé (porções centro e oeste), sul de Santa Quitéria, leste de Miraíma, Irauçuba, Itapajé (exceção porção nordeste) e, oeste de Sobral. A evapotranspiração real máxima chegou a 132 milímetros e a mínima 80 milímetros. Suas principais transformações em relação a quadra chuvosa foram: expansão desta faixa para os municípios de Itapajé, Irauçuba, Miraíma e Sobral. Esta faixa está inserida nas zonas de menor volume pluviométrico da ASD (Mapa 11). A evapotranspiração potencial desta região é diversa, e vai de intermediária a elevada. A porção leste do Maciço de Uruburetama e a serra do Machado situam-se nesta zona.

A zona com volume intermediário de evapotranspiração real, cor amarela, no período seco situa-se; no leste de Canindé e norte de Itapajé. A evapotranspiração real máxima chegou a 164 milímetros e a mínima 133 milímetros. Suas principais transformações em relação a quadra chuvosa foram: desaparecimento desta faixa em Irauçuba, Sobral e Santa Quitéria, além do surgimento da mesma no leste de Canindé e norte de Itapajé. Esta zona está inserida nas zonas de menor volume pluviométrico da ASD (Mapa 11). A evapotranspiração potencial desta região é diversa, e vai de intermediária a elevada

A zona com o segundo maior volume de evapotranspiração real, cor alaranjada, nesta estação situa-se; no leste de Canindé. A evapotranspiração real máxima chegou a 236 milímetros e a mínima 185 milímetros. Suas principais transformações em relação a quadra chuvosa foram; desaparecimento desta faixa em Santa Quitéria, Sobral, Miraíma e Itapajé, além do surgimento da mesma no leste de Canindé. Esta faixa está inserida nas zonas de volume pluviométrico intermediário a elevado da ASD (Mapa 11). Este volume de evapotranspiração mais elevado é resultante da proximidade desta faixa com o sotavento do Maciço de Baturité, um dos principais núcleos condensadores de umidade da ASD. A evapotranspiração potencial desta zona é reduzida (Mapa 12).

A zona com o maior volume de evapotranspiração real, cor vermelha, nesta estação situa-se; no extremo leste de Canindé, a evapotranspiração real máxima chegou a 288 milímetros e a mínima 237 milímetros. Suas principais transformações em relação a quadra chuvosa foram; desaparecimento desta faixa em Santa Quitéria, Sobral, Miraíma e Itapajé, além do surgimento da mesma no leste de Canindé. Esta faixa está inserida na zona de volume pluviométrico elevado da ASD (Mapa 11). Esta zona, como a anterior, situa-se a sotavento do Maciço de Baturité, entretanto, mais próxima ao seu barlavento, e a partir disso possui um

volume pluviométrico mais elevado. A evapotranspiração potencial desta região é reduzida (Mapa 12).

#### **5.4 Excedente Hídrico**

O excedente hídrico é a variável climática que demonstra se há excesso de água no solo em um determinado período de tempo, ou seja, se há mais água disponível no solo do que sua capacidade natural de armazenamento. Ele é importante para estudos agrometeorológicos, uso da terra, gestão hídrica e desertificação. No (Mapa 17) temos a variação espacial do excedente hídrico anual da ASD Irauçuba/Centro-Norte.

O excedente hídrico corresponde ao excesso de precipitação que não chega a ser absorvido pelo solo, pois sua capacidade de armazenamento de água já foi alcançada, ou seja, só se caracteriza um excedente hídrico a partir do momento em que o armazenamento atinge a capacidade de água disponível. (PAULA, 2011).

##### ***5.4.1 Excedente Hídrico Anual***

O excedente hídrico anual da ASD Irauçuba/Centro-Norte alcançou volume máximo de 253 milímetros e mínimo de 4 milímetros, com uma variação 249 milímetros. Os volumes máximos e mínimos do excedente hídrico se encontram bastante reduzidos, a grande variação entre ambos evidencia a grande irregularidade espacial e temporal das precipitações.

Vale ressaltar que o excedente hídrico é fortemente influenciado pelo CAD do solo. Solos que possuem reduzida capacidade de armazenamento hídrico quando expostos a um grande volume pluviométrico tendem a produzir um volume superior de excedente hídrico, em contrapartida, solos com alta capacidade de armazenamento hídrico quando expostos a um grande volume pluviométrico tendem a não produzir grande excedente hídrico, pois o solo já armazenou a maior porção da precipitação incidente.

Quando se perde a cobertura arbustiva (por corte, queima ou pastoreio), a exposição do solo desnudo promove a formação de uma crosta superficial decorrente do impacto direto das gotas de chuva, o que reduz a infiltração da água e aumenta o escoamento. Isto reduz as possibilidades de estabelecimento da cobertura vegetal. Os solos descobertos são muito susceptíveis à erosão hídrica e eólica, gerando uma remoção líquida de nutrientes das áreas degradadas (GUTIÉRREZ; SQUEO, 2004).

A vegetação assim como o solo tem um papel fundamental na manutenção do excedente hídrico, a cobertura vegetal quando bem desenvolvida e estratificada tem uma



maior capacidade de armazenar umidade, contribuindo desta maneira para a manutenção do equilíbrio hídrico local. Quando se extingue está cobertura vegetal, a proteção que a mesma exerce no solo é comprometida, e dessa forma a exposição do solo desnudo ao impacto direto das gotas de chuva promove a formação de uma camada superficial, reduzindo a infiltração de água e acelerando o escoamento.

A zona hídrica com o menor excedente, cor verde, obteve uma variação de 4 a 54 milímetros, e situa-se; na porção centro-sul da ASD, no oeste de Canindé, Santa Quitéria (exceção porção noroeste), leste de Sobral, sul de Miraíma, Itapajé (exceção porção norte) e, Irauçuba. Este arranjo de mínimos excedentes hídrico segue o padrão geral de distribuição das precipitações, que possuem valores mínimos na porção centro-sul da ASD, havendo um crescimento no volume pluviométrico com a aproximação dos maciços residuais de Baturité e Meruoca.

Este excedente hídrico reduzido e resultante da baixa concentração pluviométrica local associada aos solos tipicamente rasos e pedregosos presentes nesta região. A serra do Machado e a porção oeste da Serra de Uruburetama se inserem nesta zona de diminutos excedentes pluviométricos.

Os tipos de solos predominantes nesta região pluviométrica (Mapa 5) são: luvisolos crômicos Óticos, Neossolos litólicos Eutróficos e Planossolos Háplicos Eutróficos.

A zona hídrica que possui o segundo menor excedente, cor azul claro, está concentrada no oeste de Santa Quitéria, centro-norte de Miraíma, norte de Itapajé, centro-sul de Canindé e, oeste de Sobral. Esta faixa possui uma variação de excedente hídrico de 55 a 104 milímetros. Esta zona possui uma maior proximidade com os maciços residuais de Baturité e Meruoca obtendo desta maneira um volume superior de precipitações e conseqüentemente um volume maior de excedente hídrico. A porção leste do maciço de Uruburetama se encontra nesta região hídrica, tornando este maciço como o de menor acúmulo hídrico em comparação com os maciços de Meruoca e Baturité.

Os tipos de solos predominantes nesta zona pluviométrica (Mapa 5) são: luvisolos Crômicos Óticos, Neossolos litólicos Eutróficos, Planossolos Háplicos Eutróficos, Argissolos Vermelho-amarelo Distróficos e Eutróficos.

A zona hídrica com excedente intermediário, cor azul escuro, concentra-se a oeste de Sobral e leste de Canindé. Esta zona possui excedente mínimo de 105 e máximo de 153 milímetros. Em decorrência da maior proximidade com os maciços residuais de maior

concentração pluviométrica (Baturité e Meruoca) esta zona possui maiores volumes de excedente hídrico em comparação as demais regiões hídricas localizadas em porções centrais da ASD (cor verde e azul claro).

Os tipos de solos predominantes nesta região pluviométrica (Mapa 5) são: luvisolos Crômicos Óticos, Neossolos litólicos Eutróficos, Planossolos Háplicos Eutróficos

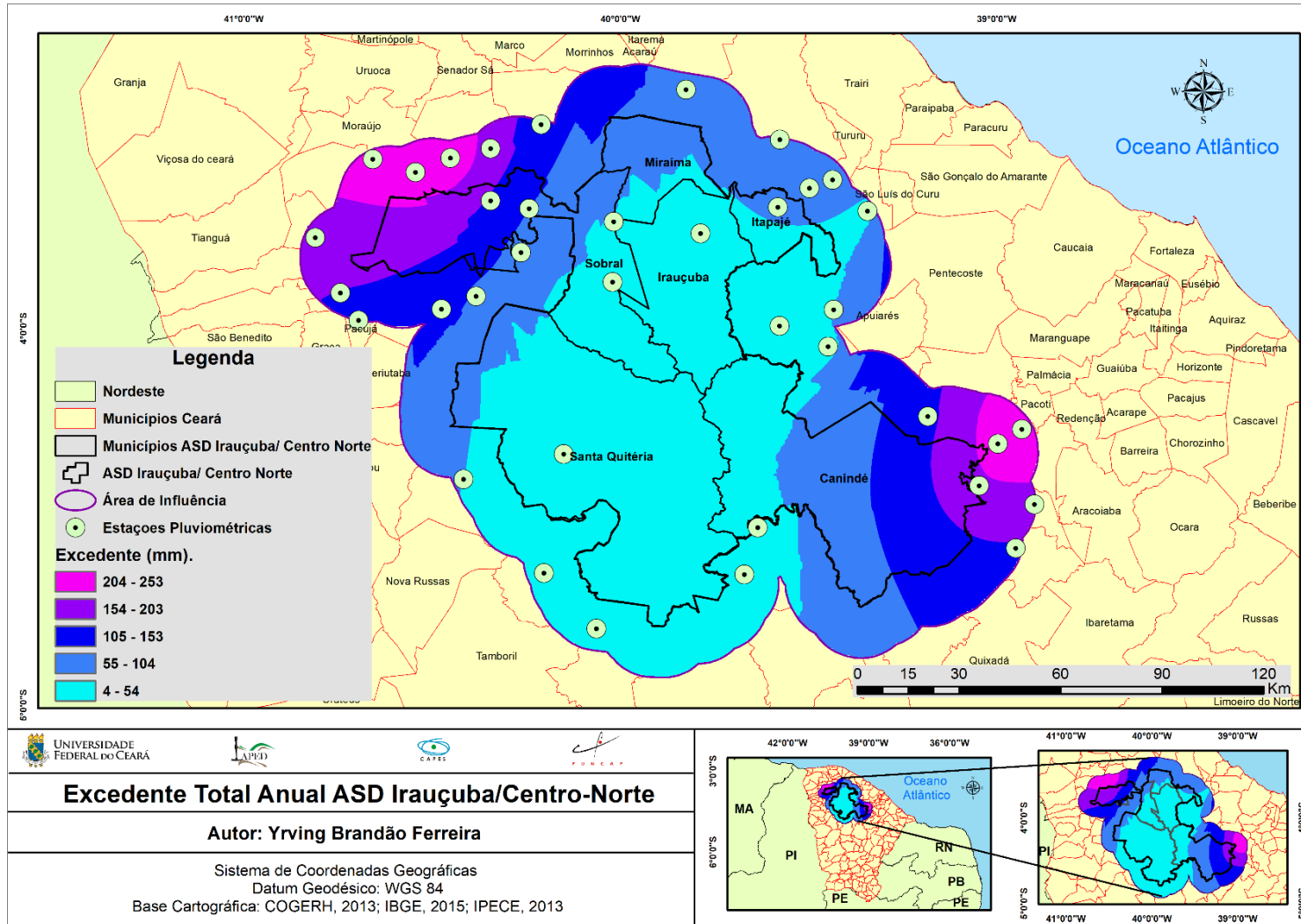
A zona hídrica com segundo maior excedente, cor violeta, se concentra no extremo oeste de Sobral e leste de Canindé, possuindo excedente mínimo de 154 e máximo de 203 milímetros. Esta zona se encontra a sotavento dos maciços residuais da Meruoca e Baturité.

Os tipos de solos predominantes nesta região pluviométrica (Mapa 5) são: luvisolos Crômicos Óticos, Neossolos litólicos Eutróficos, Planossolos Háplicos Eutróficos, Argissolos Vermelho-amarelo Distróficos e Eutróficos.

A zona hídrica de máximo excedente, cor rosa, se encontra no noroeste de Sobral e extremo leste de Canindé, com excedente mínimo de 204 e máximo de 253 milímetros. Esta zona também se encontra no sotavento dos Maciços de Meruoca e Baturité, entretanto, mais próximo ao barlavento dos mesmos, logo possui maior competência de acúmulo hídrico, resultando conseqüentemente em um elevado acúmulo de umidade no solo. Em razão de sua altitude elevada e posição privilegiada de encontro com as massas de ar regionais estes acidentes geográficos são os maiores concentradores pluviométricos do núcleo, possuindo as maiores taxas de precipitação total anual da ASD.

Os tipos de solos predominantes nesta região pluviométrica (Mapa 5) são: luvisolos Crômicos Óticos, Neossolos litólicos Eutróficos, Planossolos Háplicos Eutróficos, Argissolos Vermelho-amarelo Distróficos e Eutróficos.

Mapa 17 – Distribuição Excedente Hídrico Anual



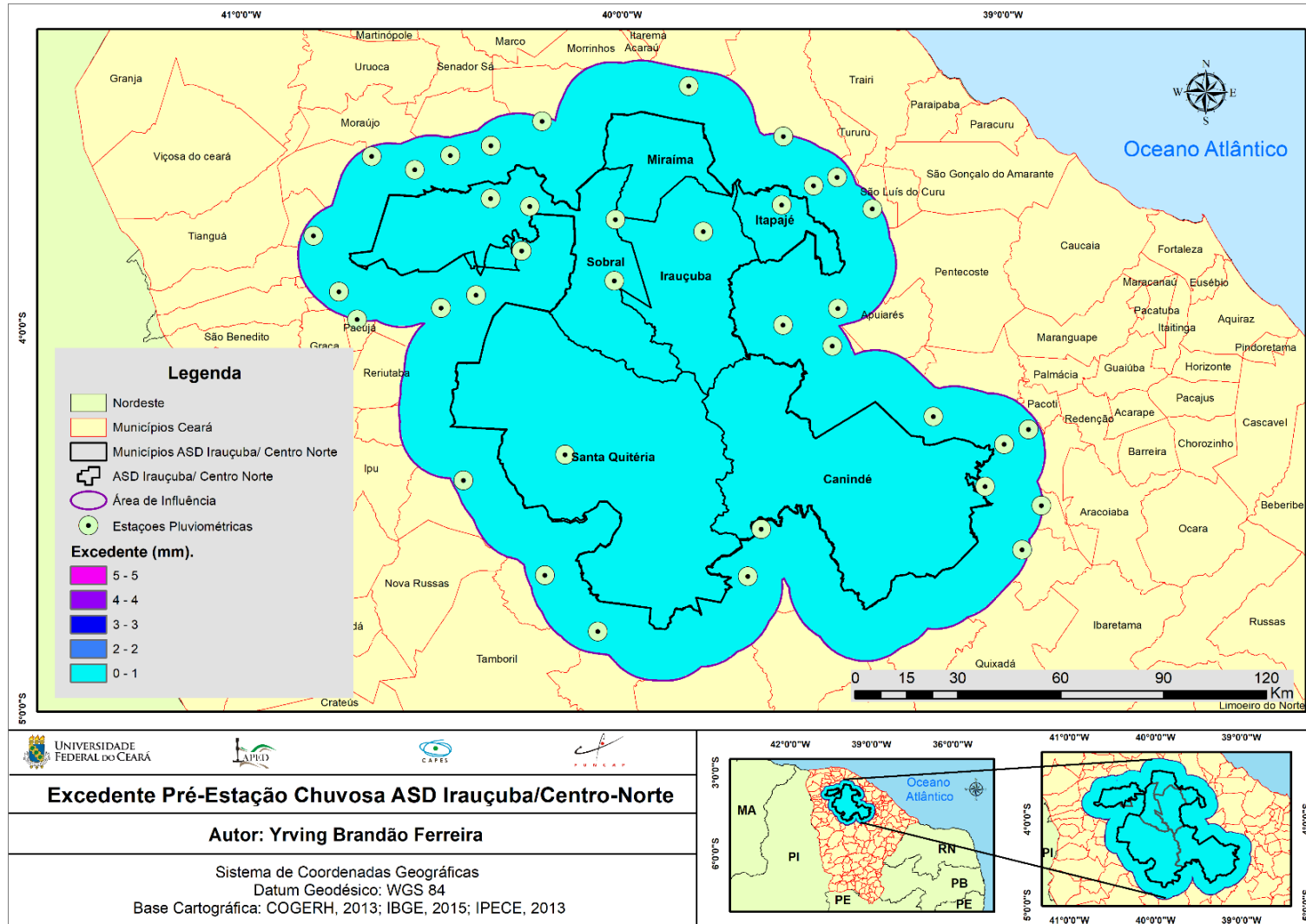
Fonte: Elaborado pelo Autor, 2021.

#### ***5.4.2 Excedente Hídrico Pré-Estação Chuvosa.***

A Pré-estação Chuvosa é caracterizada como um intervalo de transição entre o período seco e a quadra chuvosa, possuindo o menor acumulado pluviométrico desta maneira. No (Mapa 18) tem-se a distribuição do excedente hídrico na Pré-Estação Chuvosa.

Na Pré-estação Chuvosa não houve excedente hídrico, todo o perímetro da ASD ficou inserido na zona hídrica com menor volume de excedente, cor verde, com mínimo de 0 e máximo de 1 milímetro. Os principais fatores que contribuíram para a total ausência de excedente hídrico durante esta estação foram; o curto período de tempo de atuação desta estação, apenas dois meses e, e os reduzidos volumes pluviométricos.

Mapa 18 – Distribuição do Excedente Hídrico Pré-Estação Chuvosa



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2021.

#### **5.4.3 Excedente Hídrico Quadra Chuvosa.**

O (Mapa 19) evidencia a distribuição do excedente hídrico durante a quadra chuvosa. O principal sistema sinótico atuante neste período é a ZCIT. Há um acréscimo significativo das precipitações durante a quadra chuvosa, gerando desta maneira uma distribuição hídrica mais efetiva.

Na quadra chuvosa, o volume de excedente hídrico mínimo chegou a 4 milímetros e o máximo 217 milímetros, com uma variação de 213 milímetros. Esta variação elevada é resultante da distribuição irregular das precipitações tanto espacialmente quanto temporalmente.

A zona hídrica com o menor excedente, cor verde, na quadra chuvosa se concentrou, como no mapa do excedente hídrico anual, em Santa Quitéria (exceção porção noroeste), no oeste de Canindé, Irauçuba (exceção porção norte), leste de Sobral e, sul de Miraíma e Itapajé. O excedente mínimo chegou a 4 e o máximo 46 milímetros. Esta zona segue o padrão de distribuição observado no excedente hídrico anual, de menores volumes de acúmulo hídrico em áreas com maior distanciamento dos maciços residuais da Meruoca e Baturité. A serra do Machado, como na distribuição anual do excedente hídrico, se insere nesta zona hídrica.

A zona hídrica com o segundo menor excedente, cor azul claro, está concentrada no oeste de Santa Quitéria, Miraíma (exceção porção oeste), norte de Itapajé, centro-sul de Canindé e, leste de Sobral. Esta zona possui uma variação de excedente hídrico de 47 a 89 milímetros. Esta faixa em razão da sua maior proximidade com os maciços residuais de Baturité e Meruoca obtém um volume de precipitações superior, e conseqüentemente um volume maior de excedente hídrico. A distribuição do excedente desta zona hídrica apresenta a mesma configuração do excedente hídrico anual. O maciço de Uruburetama como na distribuição do excedente anual permanece nesta zona hídrica.

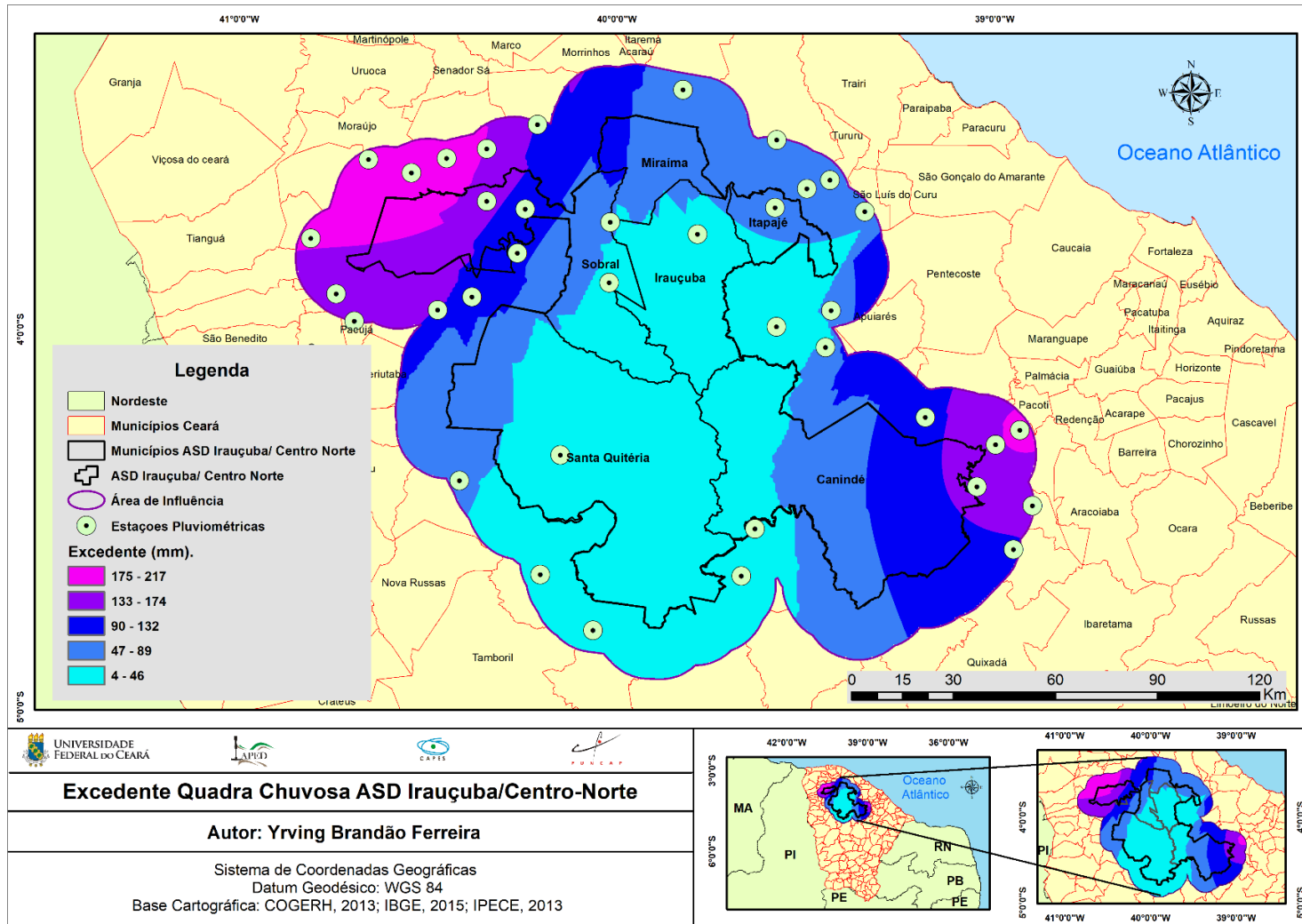
A zona hídrica com excedente intermediário, cor azul escuro, concentra-se a oeste de Sobral, leste de Canindé e oeste de Miraíma. Esta zona possui excedente mínimo de 90 e máximo de 132 milímetros. Em decorrência da maior proximidade com os maciços residuais da Meruoca e Baturité esta região possui excedente hídrico superior as demais zonas hídricas localizadas em porções centrais da ASD (cor verde e azul claro). A distribuição do excedente desta zona hídrica apresenta a mesma configuração do excedente hídrico anual.

A zona hídrica com o segundo maior excedente, cor violeta, se concentra no oeste de Sobral e leste de Canindé, possuindo excedente mínimo de 133 e máximo de 174 milímetros. Esta zona se encontra na área de sotavento dos maciços residuais da Meruoca e Baturité, logo é a segunda em concentração de umidade da ASD, ficando atrás somente da zona de sotavento mais próxima ao barlavento destes maciços. A distribuição do excedente desta zona hídrica apresenta a mesma configuração do excedente hídrico anual.

A zona hídrica de máximo excedente, cor rosa, se encontra no extremo oeste de Sobral e a leste de Canindé, com excedente mínimo de 175 e máximo de 217 milímetros. Nesta zona se encontram os maciços residuais da Meruoca e Baturité, que são os enclaves úmidos da ASD. Em razão de sua altitude elevada e posição privilegiada de encontro com as massas de ar regionais, estes acidentes geográficos são os maiores condensadores pluviométricos do núcleo, possuindo as maiores taxas de precipitação total anual da ASD. Esta zona hídrica está sobre o sotavento destes maciços residuais, porém mais próxima ao barlavento dos mesmos, resultando conseqüentemente em um elevado acúmulo de umidade no solo. A distribuição do excedente desta zona hídrica apresenta a mesma configuração do excedente hídrico anual.

A distribuição do excedente hídrico durante a quadra chuvosa é muito semelhante a distribuição do excedente hídrico anual. A diferença entre ambas se encontra nos volumes dos excedentes hídricos, que são ligeiramente inferiores na quadra chuvosa. Pela comparação do excedente hídrico anual e do excedente hídrico da quadra chuvosa, fica evidente que a partir da grande oferta pluviométrica proporcionada pelas massas de ar regionais na quadra chuvosa, há uma espacialização particular dos excedentes hídricos, configuração que não se reproduz no período seco, em decorrência da ausência de atuação destas mesmas massas de ar.

Mapa 19 – Distribuição Excedente Hídrico Quadra Chuvosa



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2021



#### **5.4.4 Excedente Hídrico Período Seco**

No (Mapa 20) temos a distribuição do excedente hídrico no período seco da ASD Irauçuba/Centro Norte. No período seco o excedente hídrico mínimo chegou a 2 milímetros e o máximo 113 milímetros, com uma variação de 111 milímetros. Esta variação é acentuada em decorrência do distanciamento dos volumes máximos e mínimos de excedente hídrico. Neste período o volume máximo de excedente hídrico sofreu uma drástica redução, enquanto que o volume mínimo de excedente hídrico se manteve estável, caracterizando uma grande perda de umidade do solo.

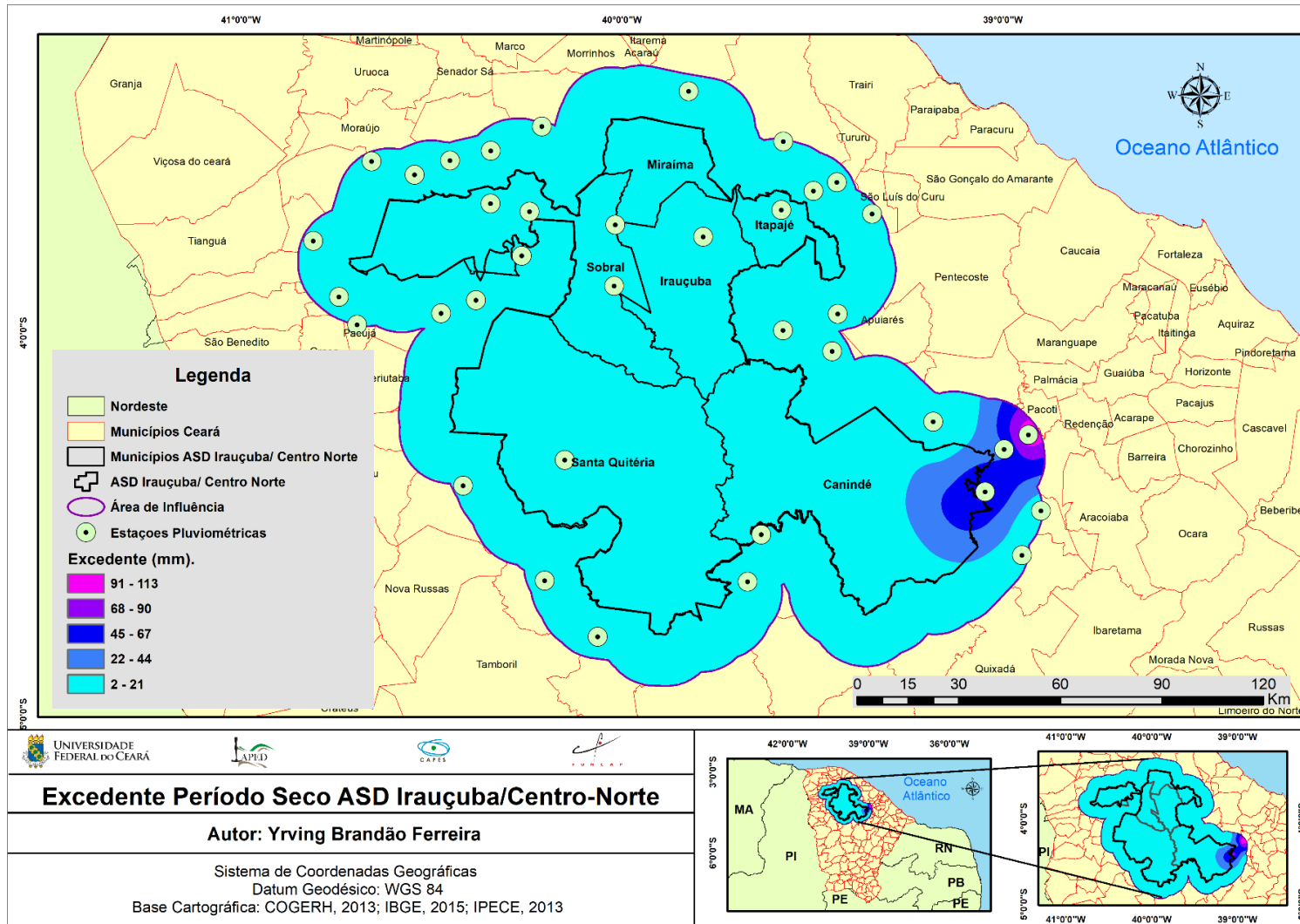
A zona hídrica com o menor excedente, cor verde, neste período seco se expandiu para todo o perímetro da ASD (exceção leste de Canindé), com excedente mínimo de 2 e máximo de 21 milímetros. Este quadro causa muitos impactos negativos no solo da ASD, dentre eles podemos citar; escassez hídrica, redução da produção agrícola e, agravamento da desertificação. A serra do Machado e os Maciços de Uruburetama e Meruoca se encontram nesta zona de mínimos excedente hídricos.

A zona hídrica que possui o segundo menor excedente, cor azul claro, se concentra no leste de Canindé. Possui excedente mínimo de 22 e máximo de 44 milímetros. Esta zona se encontra na área de influência do sotavento do Maciço de Baturité, logo consegue manter um nível ligeiramente superior de excedente hídrico que as demais porções da ASD.

A região hídrica de excedente intermediário, cor azul escuro, se concentra no extremo leste de Canindé possuindo excedente mínimo de 45 e máximo de 67 milímetros. Esta zona também se encontra no sotavento do Maciço de Baturité, porém mais próxima ao seu barlavento, e com isso detém um excedente hídrico superior as demais regiões da ASD.

As zonas hídricas de máximo excedente neste período seco, cor violeta e rosa, se encontram na área a sotavento mais próxima ao barlavento do maciço de Baturité, possuindo excedente mínimo de 68 e máximo de 113 milímetros. Baturité em razão do seu efeito orográfico, concentra as maiores precipitações da ASD. Como neste período seco, as precipitações decaem drasticamente o excedente hídrico acompanha esta redução.

Mapa 20 – Distribuição Excedente Hídrico Período Seco



## 5.5 Déficit Hídrico

O déficit hídrico é a água que deixa de ser evapotranspirada pela falta de umidade no solo, e é constituído pela diferença entre a evapotranspiração real e potencial. O déficit ou deficiência hídrica é comumente utilizado para quantificação das necessidades hídricas do solo. A partir da quantificação do volume de água que deixa de ser evapotranspirada pela falta de umidade do solo, pode-se inferir o volume de água necessário para a reposição hídrica do mesmo. Fornece-se dessa maneira ao solo de maneira artificial o volume hídrico ideal para o seu desenvolvimento.

O déficit hídrico é utilizado como norteador de projetos agrometeorológicos, implementação de perímetros irrigados, quantificação de seca, monitoramento do avanço da desertificação e, políticas públicas de segurança alimentar e preservação ambiental.

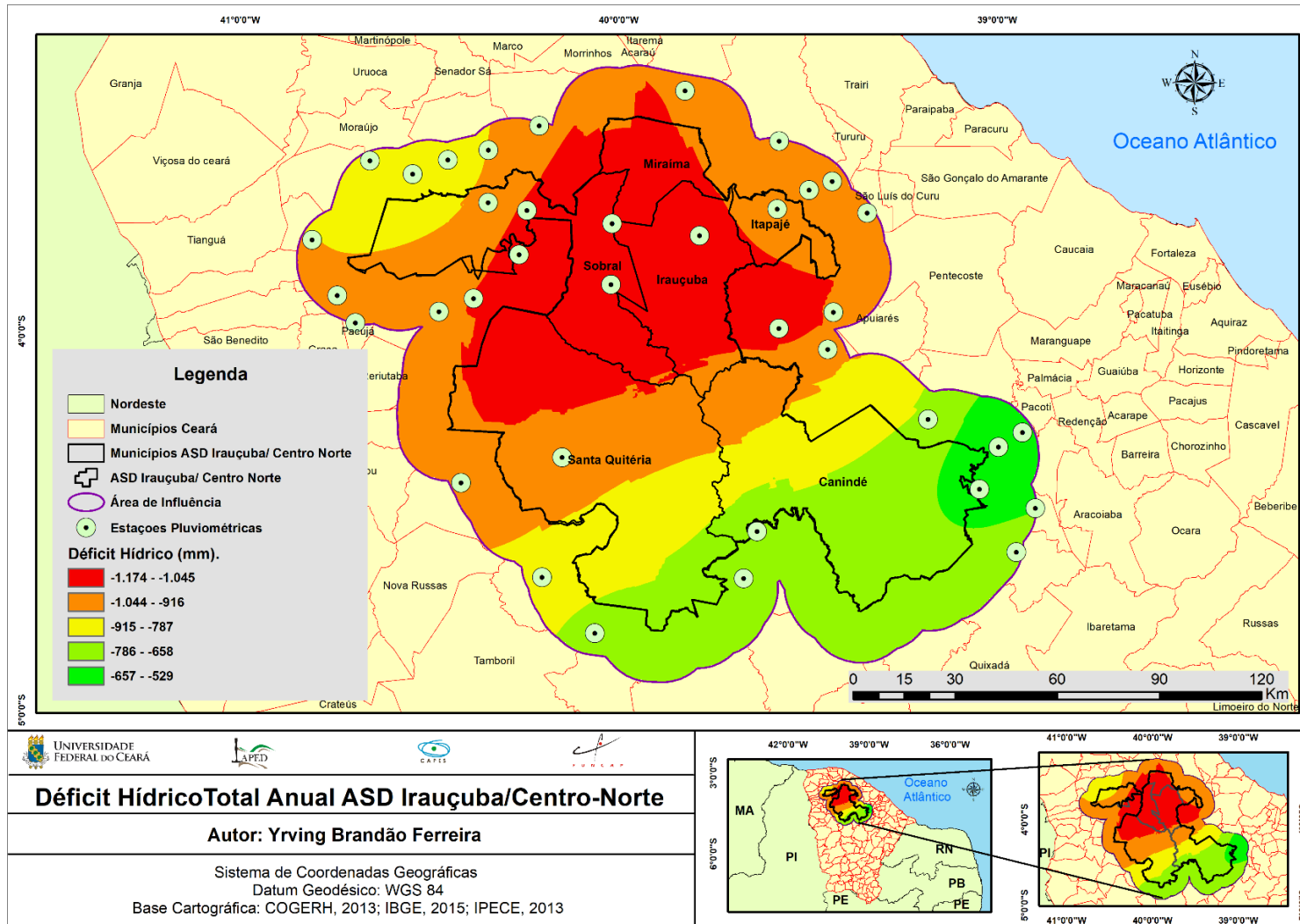
### 5.5.1 Déficit Hídrico Anual

O déficit hídrico anual na ASD alcançou volume máximo de -1.174 milímetros e mínimo de -529 milímetros, com uma variação -645 milímetros. Este cenário atesta a grande problemática hídrica da ASD, que possui muitas áreas com severas deficiências hídricas. No (Mapa 21) temos a distribuição anual do déficit hídrico da ASD Irauçuba/Centro-Norte.

A zona com maior deficiência hídrica, cor vermelha, se concentra no leste de Sobral, Irauçuba (exceção porção sul), norte de Santa Quitéria, Miraíma (exceção porção nordeste e noroeste), e oeste de Itapajé. Possui déficit máximo de -1.174 milímetros e mínimo de -1.045 milímetros. Esta faixa se encontra na zona de maior potencial evapotranspiratório (Mapa 12), e sua evapotranspiração real (Mapa 13) é diversa, possuindo um gradiente de volume reduzido a intermediário. Nesta zona temos a presença da porção oeste do maciço de Uruburetama.

A zona com a segunda maior deficiência hídrica, cor alaranjada, se concentra no noroeste de Canindé, Itapajé (exceção porção oeste), centro-norte de Santa Quitéria, Miraíma (porções leste e noroeste) e, oeste de Sobral. O volume máximo de deficiência hídrica alcançada foi de -1044 milímetros e o mínimo de -916 milímetros. Nesta zona temos a presença da porção leste do maciço de Uruburetama. Esta faixa possui potencial evapotranspiratório diversificado, possuindo um gradiente de reduzido a elevado (Mapa 12), e sua evapotranspiração real (Mapa 13) é diversa, possuindo um gradiente de volume reduzido .

Mapa 21 – Distribuição Déficit Hídrico Anual



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2021.

A zona com volume intermediário de deficiência hídrica, cor amarela, se concentra no centro-sul de Santa Quitéria e, no noroeste de Canindé e Sobral. A porção norte da Serra do Machado se encontra nesta zona. Possui deficiência mínima de -787 milímetros e máxima de -915 milímetros. Esta faixa possui potencial evapotranspiratório diversificado, possuindo um gradiente de reduzido a elevado (Mapa 12), e sua evapotranspiração real (Mapa 13) é diversa, possuindo um gradiente de volume reduzido a elevado (Mapa 13). O sotavento do maciço da Meruoca se encontra nesta zona.

A zona com a segunda menor deficiência hídrica, cor verde claro, se concentra no sul de Santa Quitéria e centro-sul Canindé, possuindo deficiência máxima de -786 milímetros e mínima de -658 milímetros. Esta faixa possui potencial evapotranspiratório reduzido (Mapa 12), e sua evapotranspiração real (Mapa 13) é diversa, possuindo um gradiente de volume reduzido a elevado (Mapa 13). Nesta zona encontra-se o sotavento do Maciço de Baturité.

A zona com a menor deficiência hídrica, cor verde escuro, se concentra no extremo leste de Canindé, no sotavento do maciço de Baturité, possuindo deficiência mínima de -529 milímetros e máxima de -657 milímetros. Esta faixa possui potencial evapotranspiratório reduzido (Mapa 12), e sua evapotranspiração real (Mapa 13) é acentuada. Nesta zona encontra-se a porção do sotavento mais próxima ao barlavento do Maciço de Baturité. Este quadro de mínimos déficits hídricos é resultante de altitudes e precipitações elevadas provenientes do Maciço de Baturité em sua atuação como núcleo condensador de umidade.

### ***5.5.2 Déficit Hídrico Pré-Estação Chuvosa***

Na pré-estação chuvosa o déficit hídrico (Mapa 22) mínimo alcançou -142 (mm) e o máximo -226 (mm). A variação entre o déficit máximo e mínimo ficou entorno de -84 milímetros. A variação da deficiência hídrica nesta estação é bastante reduzida o que indica uma homogeneidade pluviométrica. Esta homogeneidade é caracterizada pelo modesto volume pluviométrico acumulado nesta estação, onde as precipitações máximas não diferem significativamente das mínimas.

A zona com maior deficiência hídrica, cor vermelha, na pré-estação chuvosa se concentrou no leste de Sobral, Irauçuba (exceção porção sul), norte de Santa Quitéria e, sul de Miraíma e Itapajé. Possui déficit máximo de -226 milímetros e mínimo de -209 milímetros. Esta faixa se encontra na zona de maior potencial evapotranspiratório (Mapa 12), e sua

evapotranspiração real (Mapa 14) é diversa, possuindo um gradiente de volume reduzido a intermediário. Nesta zona temos a presença da porção oeste do maciço de Uruburetama.

A zona com a segunda maior deficiência hídrica, cor alaranjada, se concentra no noroeste de Canindé, centro-norte de Itapajé, norte de Santa Quitéria, Miraíma (exceção porção sul) e, oeste de Sobral. O volume máximo de deficiência hídrica alcançada foi de -208 milímetros e o mínimo de -193 milímetros. Nesta zona temos a presença da porção leste do maciço de Uruburetama. Esta faixa possui potencial evapotranspiratório elevado (Mapa 12), e sua evapotranspiração real (Mapa 13) é diversa, possuindo um gradiente de volume reduzido a intermediário (Mapa 14).

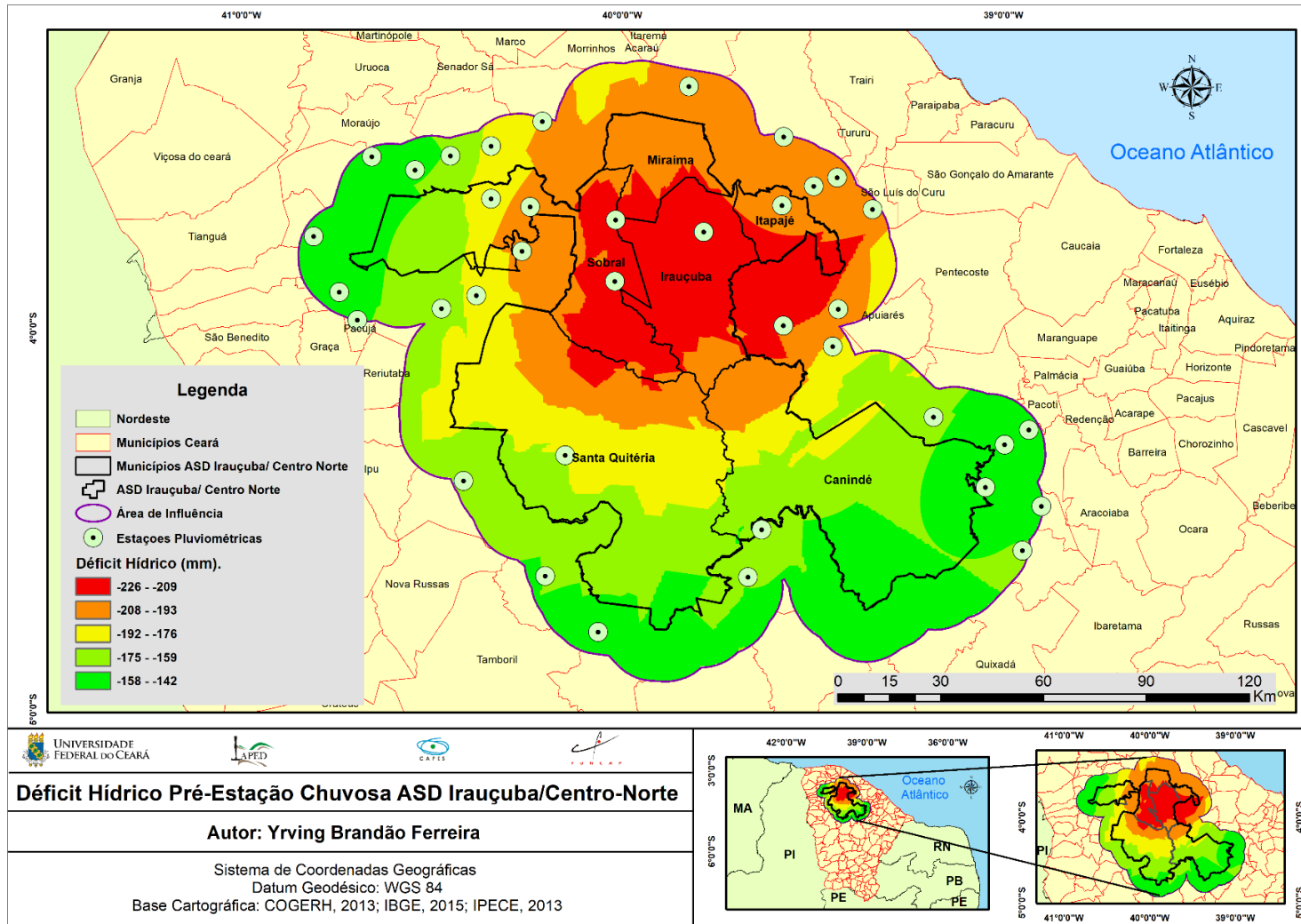
A zona com volume intermediário de deficiência hídrica, cor amarela, se concentra no centro-norte de Santa Quitéria, no noroeste de Canindé e, oeste de Sobral. Possui deficiência mínima de -176 milímetros e máxima de -192 milímetros. Esta faixa possui potencial evapotranspiratório diversificado, possuindo um gradiente de intermediário a elevado (Mapa 12), e sua evapotranspiração real (Mapa 14) é diversa, possuindo um gradiente de volume reduzido a intermediário (Mapa 13). O sotavento do maciço da Meruoca se encontra nesta zona.

A zona com a segunda menor deficiência hídrica, cor verde claro, se concentra no centro-sul de Santa Quitéria, centro-norte Canindé e, noroeste de Sobral. Possui deficiência máxima de -175 milímetros e mínima de -159 milímetros. Esta faixa possui potencial evapotranspiratório diversificado, possuindo um gradiente de reduzido a elevado (Mapa 12), e sua evapotranspiração real (Mapa 14) é diversa, possuindo um gradiente de volume reduzido a intermediário. Nesta zona encontra-se a Serra do Machado, além do sotavento mais próximo ao barlavento do maciço da Meruoca.

A zona com a menor deficiência hídrica, cor verde escuro, se concentra no centro-sul e extremo leste de Canindé, sul de Santa Quitéria e, extremo oeste de Sobral. Possui deficiência mínima de -142 milímetros e máxima de -158 milímetros. Esta faixa possui potencial evapotranspiratório diversificado, possuindo um gradiente de reduzido a elevado (Mapa 12), e sua evapotranspiração real (Mapa 14) é diversa, possuindo um gradiente de volume reduzido a elevado. Nesta zona encontra-se o sotavento do Maciço de Baturité.

Na distribuição da deficiência hídrica da pré-estação chuvosa todas as zonas apresentaram déficit.

Mapa 22 – Distribuição Deficiência Hídrica Pré-Estação Chuvosa



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2021

### **5.5.3 Déficit Hídrico Quadra Chuvosa**

No (Mapa 23) tem-se a distribuição da deficiência hídrica na quadra chuvosa da ASD Irauçuba/Centro-Norte.

Com a atuação da ZCIT temos uma elevação substancial da oferta pluviométrica do núcleo, produzindo dessa maneira elevados volumes de precipitação. A deficiência hídrica é influenciada por este aumento no volume e frequência das precipitações, alterando dessa forma seu padrão de distribuição espacial. A deficiência mínima encontrada na ASD foi de -3 milímetros e a máxima de -176 milímetros, com uma variação de -173 milímetros. Nesta estação os volumes máximos e mínimos de deficiência hídrica estão muito distantes, o que corrobora com o quadro de irregularidade espaço-temporal das precipitações durante a quadra chuvosa.

Na quadra chuvosa a zona com maior deficiência hídrica, cor vermelha, concentra-se no centro-norte de Irauçuba e, sul de Miraíma. Possui deficiência mínima de -141 milímetros e máxima de -176 milímetros. Esta zona sofreu uma grande redução com a passagem da pré-estação chuvosa para a quadra chuvosa, perdendo sua atuação em Sobral, Santa Quitéria e Itapajé. Estando concentrada na quadra chuvosa apenas no centro-norte de Irauçuba e sul de Miraíma. Os déficits hídricos, em razão do aumento da oferta pluviométrica na ASD, são reduzidos drasticamente, sendo mais afetadas as zonas que possuem maior déficit hídrico, estas são as que sofrem maior redução. Esta faixa se encontra na zona de maior potencial evapotranspiratório (Mapa 12), e sua evapotranspiração real (Mapa 15) é intermediária.

A zona com a segunda maior deficiência hídrica, cor alaranjada, se concentra no centro de Irauçuba, leste de Sobral e, sul de Miraíma. Possui deficiência mínima de -105 e máxima de -140 milímetros. As principais transformações sofridas por esta zona com a passagem da pré-estação chuvosa para quadra chuvosa foram; o desaparecimento desta zona em Canindé, Santa Quitéria e Itapajé, além da redução desta zona em Sobral e Miraíma. Esta zona obteve um pequeno crescimento em Irauçuba. Esta faixa se encontra na zona de maior potencial evapotranspiratório (Mapa 12), e sua evapotranspiração real (Mapa 15) é diversa, possuindo um gradiente de volume de intermediário a elevado. A porção oeste da Serra de Uruburetama se encontra nesta zona.

A zona com deficiência hídrica intermediária, cor amarela, concentra-se no centro-sul de Miraíma, leste de Sobral, noroeste de Canindé, sul de Irauçuba e, oeste de



Itapajé. Possui deficiência mínima de -69 e máxima de -104 milímetros. As principais transformações sofridas por esta zona com a passagem da pré-estação chuvosa para quadra chuvosa foram; desaparecimento desta zona em Santa Quitéria, deslocamento da mesma do oeste para o leste de Sobral, além do surgimento desta faixa em Miraíma, Irauçuba e, Itapajé. Esta faixa se encontra na zona de maior potencial evapotranspiratório (Mapa 12), e sua evapotranspiração real (Mapa 15) é diversa, possuindo um gradiente que varia de reduzida a elevada. A porção oeste da Serra de Uruburetama se encontra nesta zona.

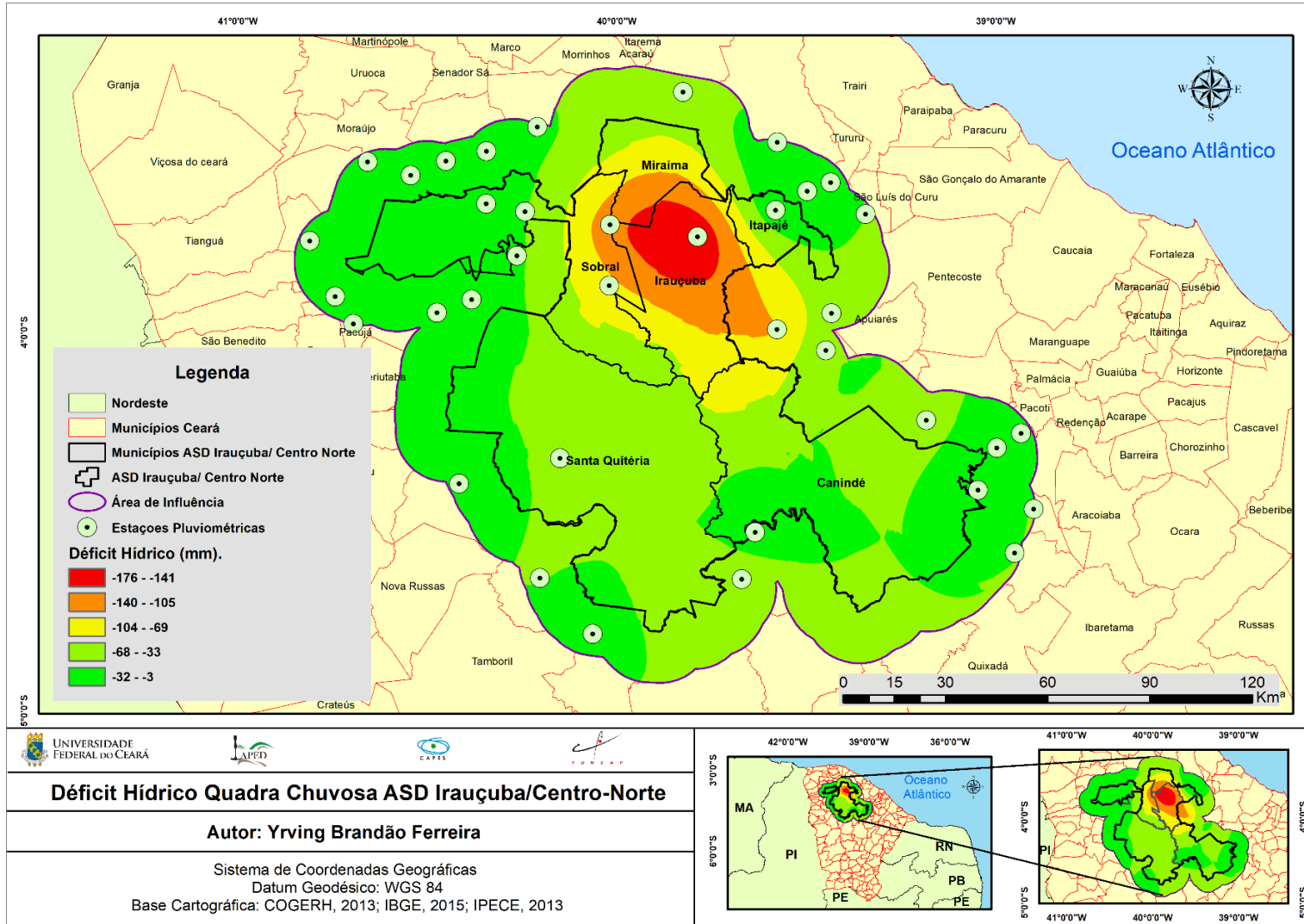
A zona com a segunda menor deficiência hídrica, cor verde claro, está subdividida em várias pequenas porções por todo o perímetro da ASD, concentrando-se em Sobral (porções oeste e sul), Canindé (porções noroeste, centro-norte e, sul), Santa Quitéria (porções noroeste e sudoeste), além do norte de Miraíma e, Centro de Itapajé. Possui deficiência mínima de -33 e máxima de -68 milímetros. As principais transformações sofridas por esta zona com a passagem da pré-estação chuvosa para quadra chuvosa foram; aparecimento desta faixa no sul de Sobral, além de Miraíma e Itapajé. Esta faixa possui potencial evapotranspiratório diversificado, possuindo um gradiente de reduzido a elevado (Mapa 12), e sua evapotranspiração real (Mapa 15) é diversa, possuindo um gradiente de volume reduzido a elevado. A porção oeste da Serra de Uruburetama se encontra nesta zona.

A zona com a menor deficiência hídrica, cor verde escuro, também está subdividida em várias pequenas porções por todo o perímetro da ASD, concentrando se no oeste de Sobral (maciço da Meruoca), Santa Quitéria (porções oeste, noroeste e, sudoeste), Canindé (porções leste e oeste) e, oeste de Itapajé. Possui deficiência mínima de -3 e máxima de -32 milímetros. As principais transformações sofridas por esta zona com a passagem da pré-estação chuvosa para quadra chuvosa foram; ampliação desta faixa em Canindé, Sobral e Santa Quitéria, bem como surgimento da mesma em Itapajé. Esta faixa possui potencial evapotranspiratório diversificado, possuindo um gradiente de reduzido a elevado (Mapa 12), e sua evapotranspiração real (Mapa 15) é diversa, possuindo um gradiente de volume reduzido a elevado. A porção oeste da Serra de Uruburetama se encontra nesta zona. A porção leste do maciço de Uruburetama, a serra do Machado, e o Sotavento do Maciço de Meruoca se encontram nesta zona.

Na Quadra chuvosa devido a maior oferta pluviométrica as zonas com maior deficiência hídrica (cores vermelha, alaranjada e amarela) reduzem sua atuação, enquanto que as zonas com menor deficiência hídrica (cores verde claro e escuro) por possuírem maior

disponibilidade pluviométrica se expandem. Na distribuição da deficiência hídrica da quadra chuvosa todas as zonas apresentaram déficit.

Mapa 23 – Distribuição Deficiência Hídrica Quadra Chuvosa



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2021

#### **5.5.4 Déficit Hídrico Período Seco**

No (Mapa 24) temos a distribuição do déficit hídrico no período seco da ASD Irauçuba/Centro Norte.

O déficit mínimo encontrado na ASD no período seco, foi de -305 milímetros, e o máximo chegou a -887 milímetros, com uma variação de -582 milímetros. Esta variação do déficit hídrico é superior a pré-estação chuvosa e quadra chuvosa, evidenciando a grande redução da oferta hídrica no período seco. Neste período houve aumento expressivo dos volumes máximos e mínimos de déficit. Todas as zonas obtiveram crescimento em seu déficit hídrico.

No período seco a zona com maior deficiência hídrica, cor vermelha, concentra-se em Miraíma (exceção porção leste), Sobral (exceção porção noroeste), Irauçuba (exceção porção leste e sul), sul de Itapajé e, noroeste de Santa Quitéria. Possui deficiência mínima de -305 e máxima de -421 milímetros. As principais transformações sofridas por esta zona com a passagem da quadra chuvosa para o período seco foram; surgimento desta faixa em Sobral, Santa Quitéria e, Itapajé, além da ampliação da mesma em Miraíma e Irauçuba. Esta faixa se encontra na zona de maior potencial evapotranspiratório (Mapa 12), e sua evapotranspiração real (Mapa 16) é reduzida. Esta zona foi a que demonstrou maior crescimento em relação a quadra chuvosa, isto traduz o aumento expressivo da deficiência hídrica em toda a ASD. A porção oeste do maciço de Uruburetama se encontra nesta zona.

A zona com a segunda maior deficiência hídrica, cor alaranjada, se concentra no noroeste de Canindé e Sobral, leste de Miraíma, Irauçuba (porção sul e nordeste), centro de Santa Quitéria e, Itapajé (exceção porção sul). Possui deficiência mínima de -422 e máxima de -537 milímetros. As principais transformações sofridas por esta zona com a passagem da quadra chuvosa para o período seco foram; surgimento desta faixa em Canindé, Santa Quitéria e, Itapajé Além da ampliação da mesma em sobral e, redução em Miraíma e Irauçuba. Esta faixa se encontra na zona de maior potencial evapotranspiratório (Mapa 12), e sua evapotranspiração real (Mapa 16) é diversa, possuindo um gradiente de volume de reduzido a intermediário. A porção leste do Maciço de Uruburetama e o sotavento do Maciço da Meruoca se encontram nesta zona.

A zona com deficiência hídrica intermediária, cor amarela, concentra-se no sul de Santa Quitéria, centro de Canindé e, noroeste de sobral. Possui deficiência mínima de -538 e máxima de -654 milímetros. As principais transformações sofridas por esta zona com a

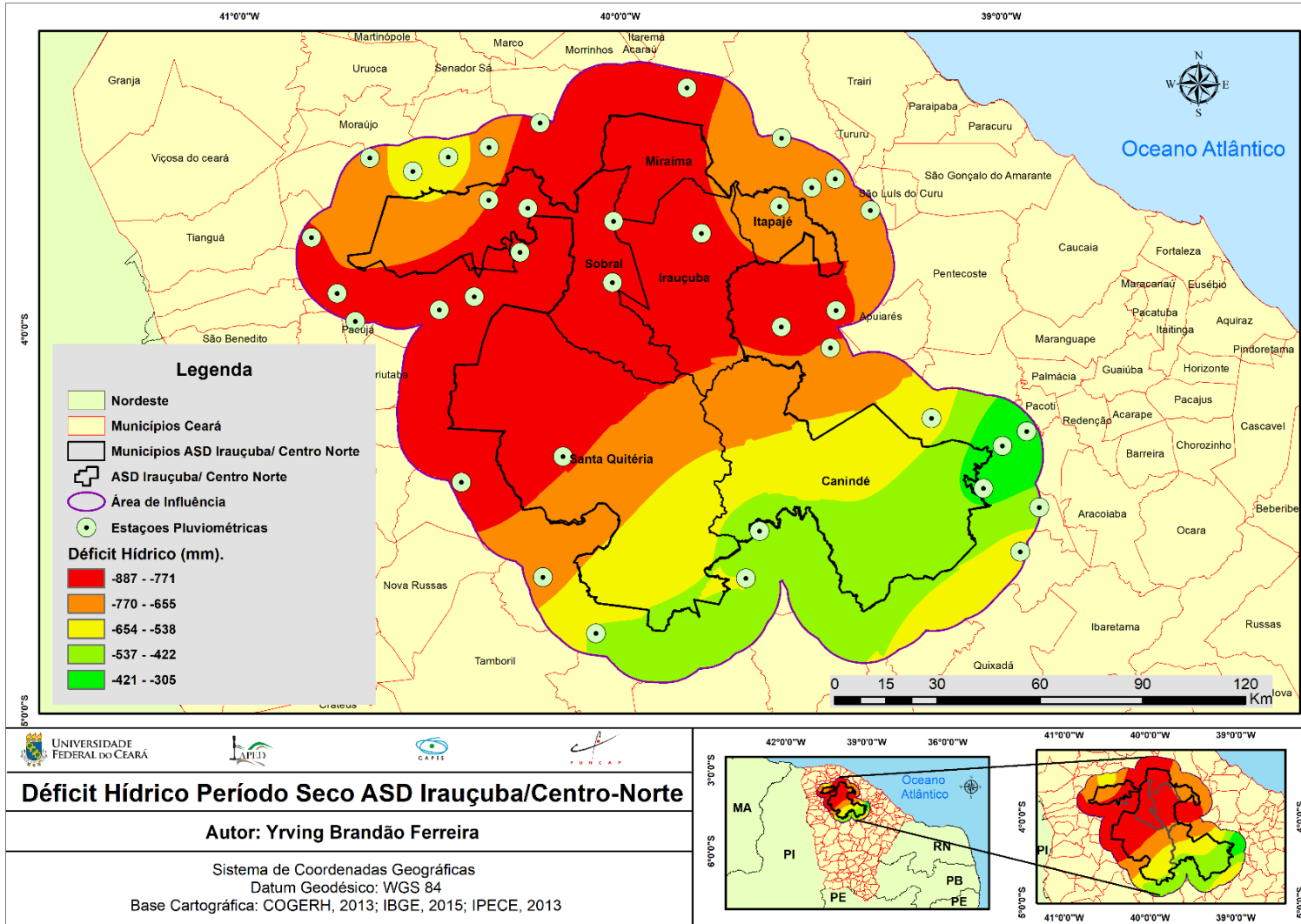
passagem da quadra chuvosa para o período seco foram; desaparecimento desta faixa em Miraíma, Irauçuba e, Itapajé. Além do surgimento desta faixa em Santa Quitéria, e deslocamento da mesma do leste para o noroeste de Sobral e, do noroeste para o centro-norte de Canindé. Esta faixa possui potencial evapotranspiratório diversificado, possuindo um gradiente de reduzido a elevado (Mapa 12), e sua evapotranspiração real (Mapa 16) é reduzida. O sotavento mais próximo ao barlavento do Maciço da Meruoca se encontra nesta zona. A porção norte da serra do Machado também se situa nesta faixa.

A zona com a segunda menor deficiência hídrica, cor verde claro, concentra-se no sul de Santa Quitéria e centro-sul de Canindé. Possui deficiência mínima de -422 e máxima de -537 milímetros. As principais transformações sofridas por esta zona com a passagem da quadra chuvosa para o período seco foram; desaparecimento desta faixa em Miraíma, Itapajé e, Sobral. Além do deslocamento da mesma para o sul de Santa Quitéria e centro-sul de Canindé. Esta faixa possui potencial evapotranspiratório reduzido (Mapa 12), e sua evapotranspiração real (Mapa 16) é diversa, possuindo um gradiente de volume de reduzido a elevado. A porção sul da serra do Machado e o sotavento do maciço de Baturité se encontram nesta zona.

A zona com a menor deficiência hídrica, cor verde escuro, concentra-se no extremo leste de Canindé, no sotavento mais próximo ao barlavento do maciço de Baturité. Possui deficiência mínima de -305 e máxima de -421 milímetros. As principais transformações sofridas por esta zona com a passagem da quadra chuvosa para o período seco foram; desaparecimento desta faixa em Sobral, Itapajé e, Santa Quitéria. Além do deslocamento da mesma para o extremo leste de Canindé. Esta faixa possui potencial evapotranspiratório reduzido (Mapa 12), e sua evapotranspiração real (Mapa 16) é elevada.

O período seco demonstrou um crescimento das zonas com maior déficit hídrico (cores vermelha, alaranjada e amarela), e redução das zonas com menor déficit hídrico (cores verde claro e escuro). Isto ocorre, pois, a partir da diminuição da oferta pluviométrica neste período, o déficit hídrico se expande e acentua, reduzindo as regiões com maior disponibilidade hídrica a porções isoladas na ASD.

Mapa 24 – Distribuição Deficiência Hídrica Período Seco



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2021

## 5.6 Balanço Hídrico Climatológico interanual

Até o momento o balanço hídrico climatológico foi analisado sobre a perspectiva da sua distribuição espacial anual, ou compartimentado em pré-estação chuvosa, quadra chuvosa e período seco. Esta disposição privilegia a distribuição espacial do balanço hídrico climatológico em um período histórico definido, evidenciando como o mesmo se comporta nas diferentes porções de uma região. Em razão desta análise se utilizar de um período histórico definido, a mesma é pautada nas condições médias do balanço hídrico climatológico, não abordando a variação interanual do mesmo.

A análise da variação interanual do balanço hídrico climatológico é fundamental para a compreensão de como este processo transforma a ASD anualmente, e como estas transformações afetam o seu desenvolvimento. Na (Prancha 2 e 3) tem-se os gráficos da evolução do Balanço Hídrico climatológico (Precipitação, Excedente e Déficit) dos Municípios da ASD Irauçuba/Centro-Norte.

O balanço hídrico climatológico interanual evidencia a variabilidade habitual do clima na ASD, podemos citar; a variação no volume pluviométrico, no excedente e, déficit hídrico, como componentes desta variação habitual do clima. As variações pontuais no clima, apesar de serem episódicas, causam grande prejuízo a sociedade e ao meio ambiente. A estiagem é uma destas transformações que causa maior impacto na ASD, podendo durar de alguns meses a vários anos. O excesso pluviométrico prolongado também pode ocasionar consequências catastróficas a sociedade, como; deslizamentos de terra, alagamentos e, desmoronamento.

Em 2004 as precipitações se concentraram predominantemente na pré-estação chuvosa e quadra chuvosa. A pluviosidade máxima deste ano ocorreu em janeiro e chegou a 373 milímetros, e a pluviosidade total anual alcançou os 1079 milímetros. O excedente hídrico, como a precipitação, se concentrou majoritariamente na pré-estação chuvosa e quadra chuvosa. O excedente máximo também ocorreu em janeiro e chegou a 153 milímetros, e o excedente total anual alcançou os 328 milímetros. O déficit hídrico ocorreu em todo período seco, além dos meses de abril, maio e dezembro. O maior déficit ocorreu no mês de dezembro com -150 milímetros, e o déficit total anual alcançou os -830 milímetros.

Em 2005 as precipitações se concentraram predominantemente na pré-estação chuvosa e quadra chuvosa. A pluviosidade máxima deste ano ocorreu em março e chegou a 166 milímetros, e a pluviosidade total anual alcançou os 644 milímetros. O excedente hídrico,

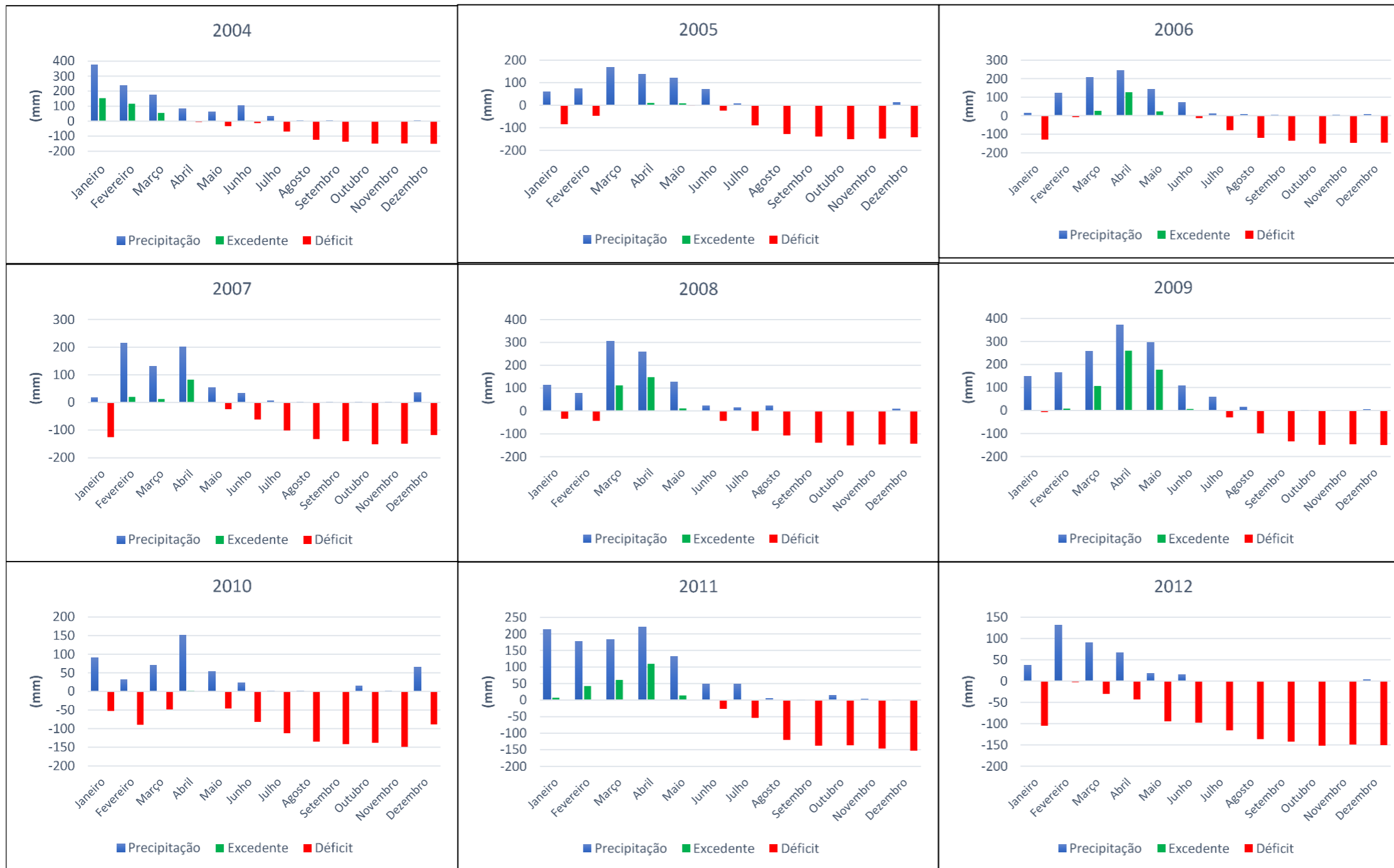
como a precipitação, se concentrou majoritariamente na pré-estação chuvosa e quadra chuvosa. O excedente máximo ocorreu em abril e chegou a 10 milímetros, e o excedente total anual alcançou os 20 milímetros. O excedente máximo em 2005 sofreu está drástica redução em decorrência da diminuição de suas precipitações. O déficit hídrico ocorreu em todo período seco, além dos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e maio. O maior déficit ocorreu no mês de outubro com -150 milímetros, e o déficit total anual alcançou os -957 milímetros.

Em 2006 as precipitações se concentraram predominantemente na pré-estação chuvosa e quadra chuvosa. A pluviosidade máxima deste ano ocorreu em abril e chegou a 244 milímetros, e a pluviosidade total anual alcançou os 832 milímetros. O excedente hídrico, como a precipitação, se concentrou majoritariamente na pré-estação chuvosa e quadra chuvosa. O excedente máximo também ocorreu em abril e chegou a 126 milímetros, e o excedente total anual alcançou os 176 milímetros. O déficit hídrico ocorreu em todo período seco, além dos meses de dezembro, janeiro e fevereiro. O maior déficit ocorreu no mês de outubro com -150 milímetros, e o déficit total anual alcançou os -925 milímetros.

Em 2007 as precipitações se concentraram predominantemente na pré-estação chuvosa e quadra chuvosa. A pluviosidade máxima deste ano ocorreu em fevereiro e chegou a 213 milímetros, e a pluviosidade total anual alcançou os 693 milímetros. O excedente hídrico, como a precipitação, se concentrou majoritariamente na pré-estação chuvosa e quadra chuvosa. O excedente máximo ocorreu em abril e chegou a 82 milímetros, e o excedente total anual alcançou os 115 milímetros. O déficit hídrico ocorreu em todo período seco, além dos meses de dezembro, janeiro, março e maio. O maior déficit ocorreu no mês de outubro com -151 milímetros, e o déficit total anual alcançou os -1004 milímetros.

Em 2008 as precipitações se concentraram predominantemente na pré-estação chuvosa e quadra chuvosa. A pluviosidade máxima deste ano ocorreu em março e chegou a 304 milímetros, e a pluviosidade total anual alcançou os 955 milímetros. O excedente hídrico, como a precipitação, se concentrou majoritariamente na pré-estação chuvosa e quadra chuvosa. O excedente máximo ocorreu em abril e chegou a 147 milímetros, e o excedente total anual alcançou os 271 milímetros. O déficit hídrico ocorreu em todo período seco, além dos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e maio. O maior déficit ocorreu no mês de outubro com -150 milímetros, e o déficit total anual alcançou os -896 milímetros.





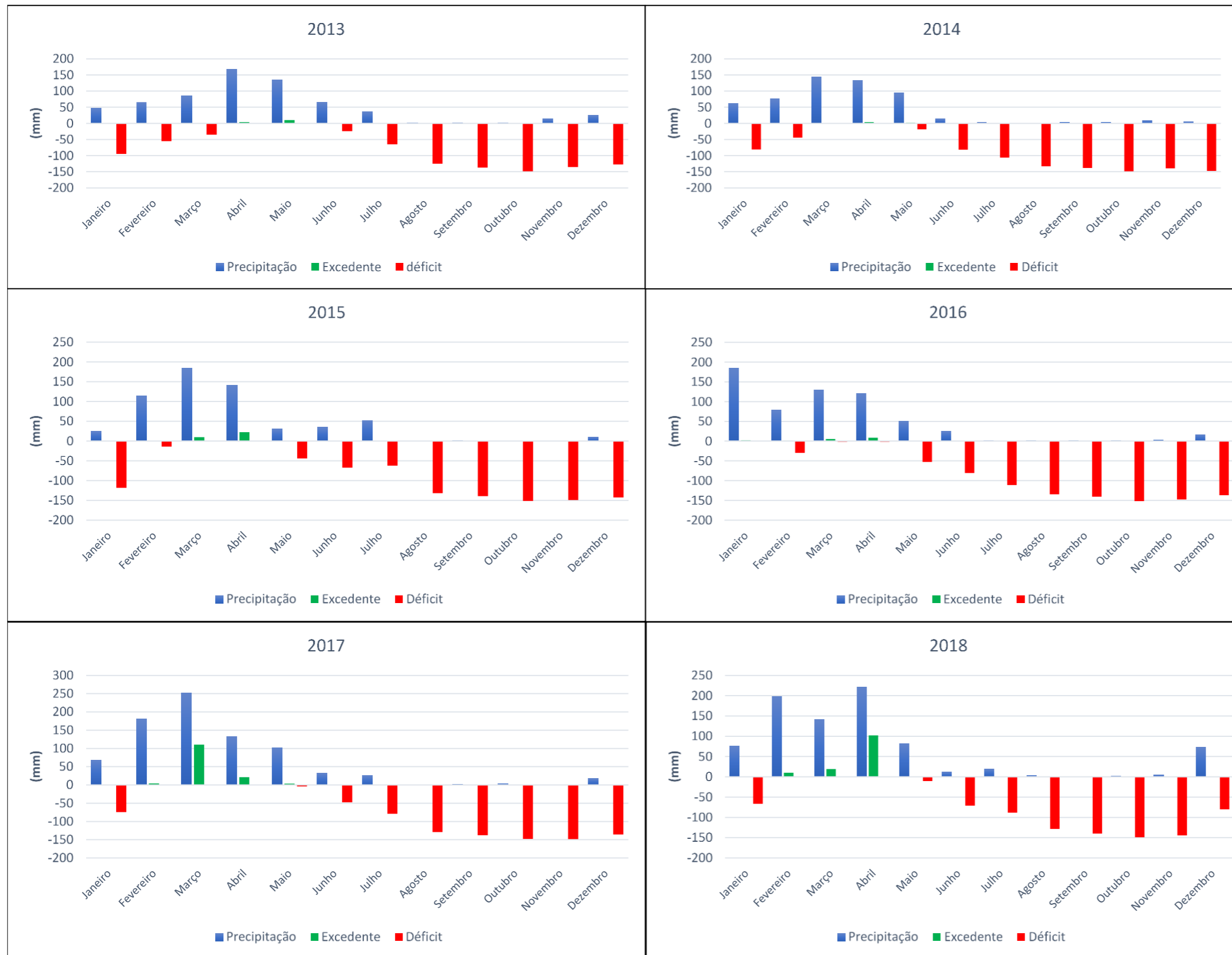
**Prancha 2: Gráficos da evolução do Balanço Hídrico climatológico (Precipitação, Excedente e Déficit Hídrico) dos Municípios da ASD Irauçuba/Centro-Norte**

**Metodologia**

Os gráficos foram elaborados a partir dos dados de Precipitação cedidos pela Fundação Cearense de Meteorologia (FUNCEME, 2019). A Capacidade de Armazenamento de Água do solo (CAD) foi obtida através do mapa de capacidade de água disponível do solo do estado do Ceará (FUNCEME, 2018). Os dados de temperatura foram estimados pelo software Celina. O balanço hídrico foi realizado para os municípios pertencentes a ASD Irauçuba/Centro-Norte entre os anos de 2004 a 2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
 CENTRO DE CIÊNCIAS  
 DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA  
 PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA  
 AUTOR: YRVING BRANDÃO FERREIRA





## Prancha 2: Gráficos da evolução do Balanço Hídrico climatológico (Precipitação, Excedente e Déficit Hídrico) dos Municípios da ASD Irauçuba/Centro-Norte

### Metodologia

Os gráficos foram elaborados a partir dos dados de Precipitação cedidos pela Fundação Cearense de Meteorologia (FUNCEME, 2019). A Capacidade de Armazenamento de Água do solo (CAD) foi obtida através do mapa de capacidade de água disponível do solo do estado do Ceará (FUNCEME, 2018). Os dados de temperatura foram estimados pelo software Celina. O balanço hídrico foi realizado para os municípios pertencentes a ASD Irauçuba/Centro-Norte entre os anos de 2004 a 2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

CENTRO DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

AUTOR: YRVING BRANDÃO FERREIRA

ORIENTADORA: PROF.<sup>a</sup> DR.<sup>a</sup> VLÁDIA PINTO VIDAL DE OLIVEIRA



Em 2009 as precipitações se concentraram predominantemente na pré-estação chuvosa e quadra chuvosa. A pluviosidade máxima deste ano ocorreu em abril e chegou a 371 milímetros, e a pluviosidade total anual alcançou os 1423 milímetros. Esta é a segunda maior pluviosidade mensal dos anos analisados, e a maior pluviosidade total anual. O excedente hídrico, como a precipitação, se concentrou majoritariamente na pré-estação chuvosa e quadra chuvosa. O excedente máximo ocorreu em abril e chegou a 259 milímetros, e o excedente total anual alcançou os 558 milímetros. Este é o maior excedente mensal dos anos analisados, e o maior excedente total anual. O déficit hídrico ocorreu em todo período seco, além dos meses de dezembro e janeiro. O maior déficit ocorreu no mês de outubro com -148 milímetros, e o déficit total anual alcançou os -716 milímetros.

Em 2010 as precipitações se concentraram predominantemente na pré-estação chuvosa e quadra chuvosa. A pluviosidade máxima deste ano ocorreu em abril e chegou a 150 milímetros, e a pluviosidade total anual alcançou os 500 milímetros. Neste ano houve uma redução drástica da pluviosidade máxima mensal e total. O excedente hídrico, como a precipitação, se concentrou majoritariamente na pré-estação chuvosa e quadra chuvosa. O excedente máximo ocorreu em abril e chegou a 1 milímetro, e o excedente total anual também alcançou 1 milímetro. Este excedente é ínfimo, e representa a quase completa ausência de excedente hídrico anual. O déficit hídrico ocorreu em todo período seco, além dos meses de dezembro, janeiro, fevereiro, março e maio. O maior déficit ocorreu no mês de novembro com -148 milímetros, e o déficit total anual alcançou os -1082 milímetros.

Em 2011 as precipitações se concentraram predominantemente na pré-estação chuvosa e quadra chuvosa. A pluviosidade máxima deste ano ocorreu em abril e chegou a 220 milímetros, e a pluviosidade total anual alcançou os 1042 milímetros. O excedente hídrico, como a precipitação, se concentrou majoritariamente na pré-estação chuvosa e quadra chuvosa. O excedente máximo ocorreu em abril e chegou a 109 milímetros, e o excedente total anual alcançou os 234 milímetros. O déficit hídrico ocorreu em todo período seco, além dos meses de dezembro e maio. O maior déficit ocorreu no mês de dezembro com -152 milímetros, e o déficit total anual alcançou os -773 milímetros.

Em 2012 as precipitações se concentraram predominantemente na pré-estação chuvosa e quadra chuvosa. A pluviosidade máxima deste ano ocorreu em fevereiro e chegou a 130 milímetros, e a pluviosidade total anual alcançou os 364 milímetros. Este é o menor total pluviométrico anual e máximo mensal dos anos analisados. Não houve excedente hídrico neste ano. O déficit hídrico ocorreu em todos meses de 2012. O maior déficit ocorreu no mês

de outubro com -151 milímetros, e o déficit total anual alcançou os -1217 milímetros. Este é o maior déficit total anual dos anos analisados.

Em 2013 as precipitações se concentraram predominantemente na pré-estação chuvosa e quadra chuvosa. A pluviosidade máxima deste ano ocorreu em abril e chegou a 168 milímetros, e a pluviosidade total anual alcançou os 646 milímetros. O excedente hídrico, como a precipitação, se concentrou majoritariamente na pré-estação chuvosa e quadra chuvosa. O excedente máximo ocorreu em maio e chegou a 10 milímetros, e o excedente total anual alcançou os 14 milímetros. O déficit hídrico ocorreu em todo período seco, além dos meses de dezembro, janeiro, fevereiro, março e maio. O maior déficit ocorreu no mês de outubro com -148 milímetros, e o déficit total anual alcançou os -949 milímetros.

Em 2014 as precipitações se concentraram predominantemente na pré-estação chuvosa e quadra chuvosa. A pluviosidade máxima deste ano ocorreu em março e chegou a 143 milímetros, e a pluviosidade total anual alcançou os 548 milímetros. O excedente hídrico, como a precipitação, se concentrou majoritariamente na pré-estação chuvosa e quadra chuvosa. O excedente máximo ocorreu em abril e chegou a 3 milímetros, e o excedente total anual alcançou os 6 milímetros. O déficit hídrico ocorreu em todo período seco, além dos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e maio. O maior déficit ocorreu no mês de outubro com -148 milímetros, e o déficit total anual alcançou os -1039 milímetros.

Em 2015 as precipitações se concentraram predominantemente na pré-estação chuvosa e quadra chuvosa. A pluviosidade máxima deste ano ocorreu em março e chegou a 184 milímetros, e a pluviosidade total anual alcançou os 593 milímetros. O excedente hídrico, como a precipitação, se concentrou majoritariamente na pré-estação chuvosa e quadra chuvosa. O excedente máximo ocorreu em abril e chegou a 22 milímetros, e o excedente total anual alcançou os 32 milímetros. O déficit hídrico ocorreu em todo período seco, além dos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e maio. O maior déficit ocorreu no mês de outubro com -151 milímetros, e o déficit total anual alcançou os -1020 milímetros.

Em 2016 as precipitações se concentraram predominantemente na pré-estação chuvosa e quadra chuvosa. A pluviosidade máxima deste ano ocorreu em janeiro e chegou a 185 milímetros, e a pluviosidade total anual alcançou os 611 milímetros. O excedente hídrico, como a precipitação, se concentrou majoritariamente na pré-estação chuvosa e quadra chuvosa. O excedente máximo ocorreu em abril e chegou a 8 milímetros, e o excedente total anual alcançou os 16 milímetros. O déficit hídrico ocorreu em todo período seco, além dos

meses de dezembro, fevereiro, março, abril e maio. O maior déficit ocorreu no mês de outubro com -151 milímetros, e o déficit total anual alcançou os -986 milímetros.

Em 2017 as precipitações se concentraram predominantemente na pré-estação chuvosa e quadra chuvosa. A pluviosidade máxima deste ano ocorreu em março e chegou a 251 milímetros, e a pluviosidade total anual alcançou os 816 milímetros. O excedente hídrico, como a precipitação, se concentrou majoritariamente na pré-estação chuvosa e quadra chuvosa. O excedente máximo ocorreu em março e chegou a 110 milímetros, e o excedente total anual alcançou os 139 milímetros. O déficit hídrico ocorreu em todo período seco, além dos meses de dezembro, janeiro e maio. O maior déficit ocorreu no mês de novembro com -148 milímetros, e o déficit total anual alcançou os -904 milímetros.

Em 2018 as precipitações se concentraram predominantemente na pré-estação chuvosa e quadra chuvosa. A pluviosidade máxima deste ano ocorreu em abril e chegou a 221 milímetros, e a pluviosidade total anual alcançou os 835 milímetros. O excedente hídrico, como a precipitação, se concentrou majoritariamente na pré-estação chuvosa e quadra chuvosa. O excedente máximo ocorreu em abril e chegou a 102 milímetros, e o excedente total anual alcançou os 132 milímetros. O déficit hídrico ocorreu em todo período seco, além dos meses de dezembro, janeiro e maio. O maior déficit ocorreu no mês de outubro com -148 milímetros, e o déficit total anual alcançou os -878 milímetros.

Na (Tabela 5) estão distribuídos os totais anuais de Precipitação, excedente e, déficit hídrico dos municípios pertencentes a ASD Irauçuba/Centro-Norte no período de 2004 a 2018.

Tabela 5 – Distribuição dos totais anuais de Precipitação, excedente e, déficit hídrico dos municípios pertencentes a ASD Irauçuba/Centro-Norte

Anos	Precipitação	Excedente	Déficit
2004	1079	328	-830
2005	644	20	-957
2006	832	176	-925
2007	693	115	-1004
2008	955	271	-896
2009	1423	558	-716
2010	500	1	-1082
2011	1042	234	-773
2012	364	0	-1217
2013	646	14	-949
2014	548	6	-1039

2015	593	32	-1020
2016	611	16	-986
2017	816	139	-904
2018	835	132	-878

Fonte: Autor, 2021.

Os déficits hídricos ocorreram predominantemente em outubro. Isto decorre da ausência ou redução drástica de precipitações durante os meses de agosto, setembro e, outubro. Estes meses são em média os mais secos de todo o período seco. Logo, a partir da maior escassez pluviométrica durante três meses consecutivos, o déficit se acentua em outubro. Em novembro, fim do período seco, as precipitações recebem um ligeiro aumento, reduzindo desta maneira o déficit hídrico acumulado.

Os excedentes hídricos ocorreram predominantemente nos meses em que houve maior precipitação. Este quadro ocorre, pois, a partir de um maior acúmulo pluviométrico mensal, o solo pode corrigir suas deficiências hídricas, e posteriormente exceder sua capacidade de armazenamento hídrico (CAD), e com isso produzir excedente hídrico.

Segundo a Funceme (2016) entre 1910 e 2016 somente em duas ocasiões o Ceará teve cinco anos consecutivos de Seca: de 1979 a 1983 e de 2012 a 2016. Os dados evidenciam que o período atual de estiagem é o pior já registrado, pois a média de anual desta seca é de apenas 516mm, enquanto a média anual de 1979 a 1983 foi de 566mm.

### 5.7 Índice de Aridez

O índice de aridez é uma das ferramentas mais eficazes para o diagnóstico de desertificação, através do seu cálculo é possível mensurar o grau de aridez de uma região, e com isto avaliar o desenvolvimento deste processo. Este índice foi criado por Thornthwaite (1948) e calcula a diferença entre a quantidade de chuva e a perda de água do sistema, ou seja, a evapotranspiração. (FREITAS, 2005; SOUZA, 2004)

Este índice tem expressiva utilização nos estudos não só de áreas secas, como também mais especificamente nos estudos do processo de desertificação, sendo consenso que a susceptibilidade a este processo está diretamente associada ao nível de aridez local (FREITAS, 2005; DUARTE, 2003; MATALLO JÚNIOR, 2003).

O índice de aridez tem grande influência sobre o processo de desertificação, estão intimamente relacionados, entretanto, o índice de aridez isoladamente não demonstra com exatidão o grau de desertificação no qual uma região se encontra, visto que este fenômeno é

resultante da interação entre fatores ambientais e antrópicos, e não pode ser explicado somente a partir de classificações climáticas. No (Quadro 2) estão distribuídos segundo a FUNCEME (2019) os índices de aridez correspondentes aos municípios pertencentes e circunvizinhos a ASD Irauçuba/ Centro-Norte.

Quadro 2 – Aridez dos municípios pertencentes e circunvizinhos a ASD Irauçuba/ Centro-Norte.

<b>Semiáridos</b>	Amontada, Canindé, Caridade, General Sampaio, Hidrolândia, Irauçuba, Itapiúna, Santa Quitéria, Santana do Acaraú, Sobral, Umirim, Tejuçuoca, Itatira, Apuiarés, Catunda, Groaíras, Forquilha, Itatira, Cariré, Frecheirinha, Massapê, Monsenhor Tabosa, Alcântaras
<b>Subúmido Seco</b>	Capistrano, Coreaú, Itapajé, Itapipoca, Uruburetama e Tururu
<b>Subúmido Úmido</b>	Aratuba e Mulungu.

Fonte: FUNCEME, 2019

Os municípios pertencentes a ASD Irauçuba/Centro-Norte estão classificados como semiáridos, com exceção de Itapajé, que se encontra na zona subúmida seca. Os demais municípios, circunvizinhos, e pertencentes a zona de influência da ASD, estão distribuídos entre a zona semiárida, subúmida seca e, subúmida úmida. Os municípios que se enquadram na classificação subúmida seca e subúmida úmida são os mais próximos aos núcleos condensadores de umidade da ASD (Meruoca, Baturité e Uruburetama). Próximo a Baturité situam-se Aratuba, Mulungu e Capistrano. Coreaú situa-se próximo a Meruoca. Nas intermediações do Maciço de Uruburetama encontram-se Itapajé, Itapipoca, Uruburetama e Tururu.

## 5.8 Lavouras Permanentes e Temporárias

A agropecuária da ASD Irauçuba/Centro-Norte é impactada por uma gama de obstáculos, podemos citar; a irregularidade pluviométrica, estiagem, concentração fundiária, solos rasos e, reduzida produtividade, como os principais empecilhos ao seu desenvolvimento.

A agricultura no núcleo é fundamentalmente subdividida em lavouras permanentes e temporárias. As lavouras permanentes são aquelas que tem por característica um ciclo de produção mais longo, possuindo uma única cultura, e produzindo grandes danos ao solo pelo seu uso excessivo. Estas sofreram uma diminuição de sua área entre 2000 e 2010.

(CEARÁ, 2015). As lavouras permanentes se desenvolvem preferencialmente em perímetros irrigados. Estes perímetros estão localizados principalmente nas serras do Machado, Meruoca e Baturité. Na (Prancha 2) tem-se os gráficos de evolução da Produção das lavouras Permanentes dos Municípios da ASD Irauçuba/Centro-Norte.

### 5.8.1 Anos Padrão

Para compreender as transformações interanuais sofridas pela produção agropecuária da ASD Irauçuba/Centro-Norte foi elaborada a (Tabela 6) com os anos padrão, super seco, seco, habitual, úmido e, super úmido correspondentes ao período de 2004 a 2018.

Tabela 6 – Distribuição dos anos padrão da ASD Irauçuba/Centro-Norte

Ano	Ano Padrão	Ano	Ano Padrão	Ano	Ano Padrão
2004	Úmido	2009	Super Úmido	2014	Seco
2005	Seco	2010	Seco	2015	Seco
2006	Úmido	2011	Úmido	2016	Seco
2007	Habitual	2012	Super Seco	2017	Úmido
2008	Úmido	2013	Seco	2018	Úmido

Fonte: Autor, 2021

### 5.8.2 Lavouras Permanentes

Em Santa Quitéria as culturas de lavoura permanente com maior produção são; banana, coco-da-baía e, mamão. Em 2004 a cultura com maior produção foi a de coco-da-baía, em 2005 e 2018 foi a banana, e entre 2006 a 2017 o mamão se destacou como a cultura de maior produção. A banana obteve crescimento de sua produção entre os seus anos secos de 2005 e 2013. Nos demais anos secos (2010, 2014, 2015 e 2016) houve uma redução de produção desta cultura. No ano super seco (2012) houve redução da produção. Entre os anos úmidos houve crescimento da produção de banana em todos os anos. No ano super úmido (2009) também houve crescimento da produção desta cultura. No ano habitual (2007) a produção de banana se manteve estável.

O mamão obteve crescimento de sua produção entre os seus anos secos de 2005, 2013 e 2015. Nos demais anos secos (2010, 2014, 2016) houve redução de sua produção. No ano super seco houve acréscimo da produção. Entre os anos úmidos houve crescimento da produção de mamão em todos os anos. No ano super úmido também houve crescimento da produção desta cultura. No ano habitual a produção de mamão se manteve estável.



O coco-da-baía obteve redução de sua produção em todos os anos secos. No ano super seco houve acréscimo da produção. Entre os anos úmidos houve crescimento da produção de coco-da-baía em todos os anos. No ano super úmido também houve crescimento da produção desta cultura. No ano habitual a produção de coco-da-baía cresceu.

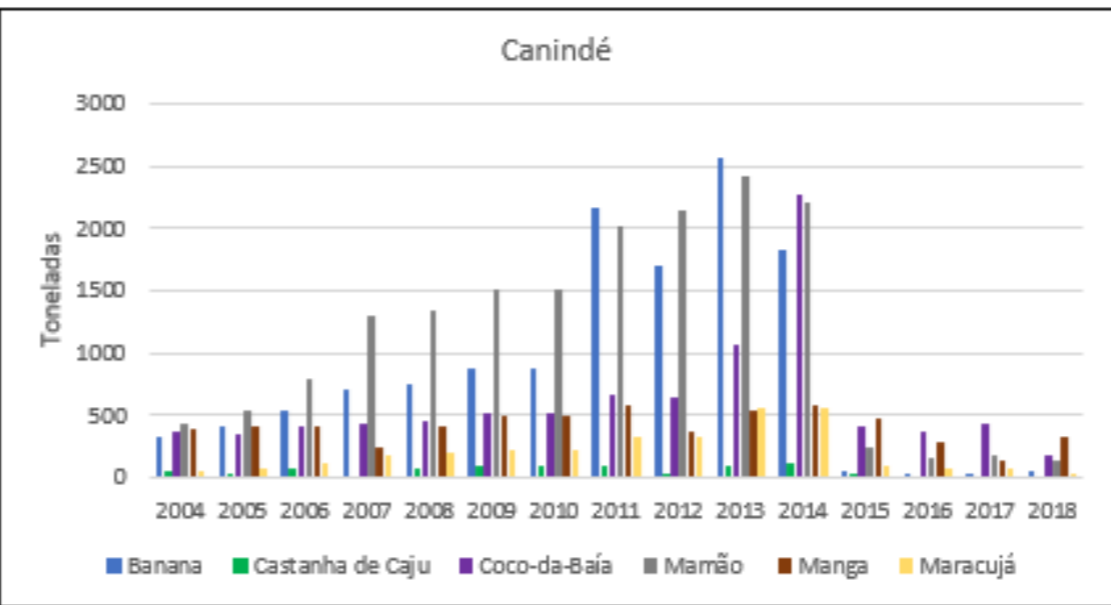
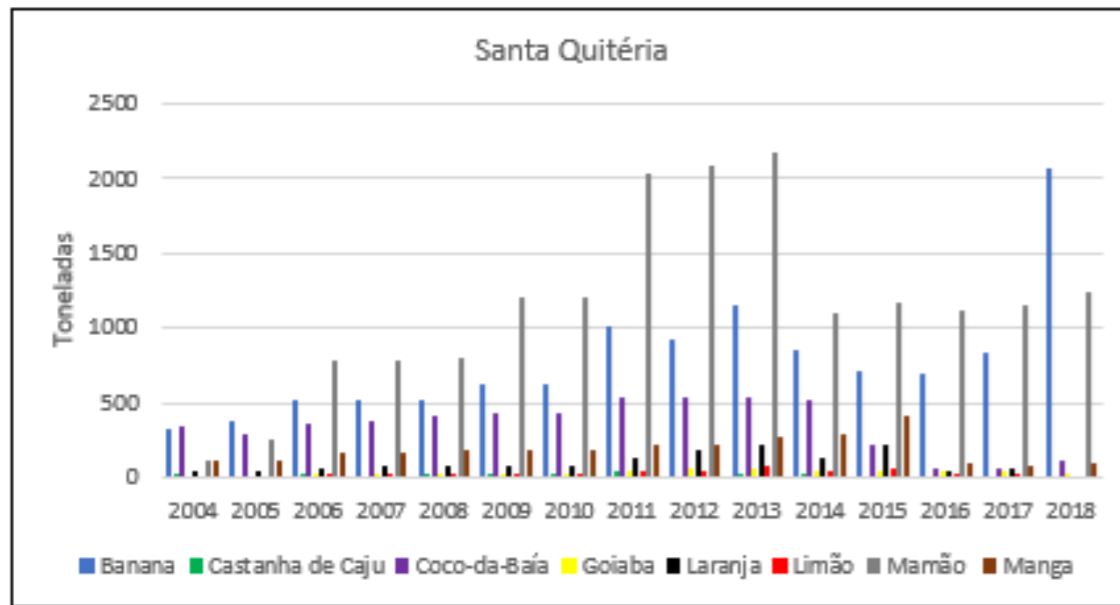
Em Canindé as culturas de lavoura permanente com maior produção são; mamão, coco-da-baía e, manga. De 2004 a 2012 a cultura com maior produção foi a do mamão. Em 2013 a banana obteve pontualmente a maior produção. Em 2014 o mamão retornou como a cultura de maior produção. Em 2016 e 2017 o coco-da-baía assumiu a liderança da produtividade, e em 2015 e 2018, foi a vez da manga se destacar como cultura de maior produtividade. O mamão obteve crescimento de sua produção entre os seus anos secos de 2005 e 2013. Nos demais anos secos (2010, 2014, 2015 e 2016) houve uma redução de produção desta cultura. No ano super seco houve acréscimo da produção. Entre os anos úmidos houve crescimento da produção de mamão em todos os anos. No ano super úmido também houve crescimento da produção desta cultura. No ano habitual houve acréscimo da produção de mamão.

O coco-da-baía obteve crescimento de sua produção entre os seus anos secos de 2013 e 2014. Nos demais anos secos (2005, 2010, 2015 e 2016) houve uma redução de produção desta cultura. No ano super seco houve acréscimo da produção. Entre os anos úmidos houve crescimento da produção de coco-da-baía, com exceção de 2018, em todos os anos. No ano super úmido houve crescimento da produção desta cultura. No ano habitual a produção de coco-da-baía cresceu.

A manga obteve crescimento de sua produção entre os seus anos secos de 2005, 2013 e 2014. Nos demais anos secos (2010, 2015 e 2016) houve uma redução de produção desta cultura. No ano super seco houve redução da produção. Entre os anos úmidos houve crescimento da produção de mangá, com exceção de 2017, em todos os anos. No ano super úmido houve crescimento da produção desta cultura. No ano habitual houve redução da produção de mangá.

Em Irauçuba a cultura de lavoura permanente com maior produção é a banana. Esta cultura sofreu redução de sua produção, com exceção de 2015, em todos os anos secos. No ano super seco houve redução da produção. Entre os anos úmidos houve crescimento da produção em 2004, 2006 e 2018, e redução em 2008, 2011 e 2017. No ano super úmido houve

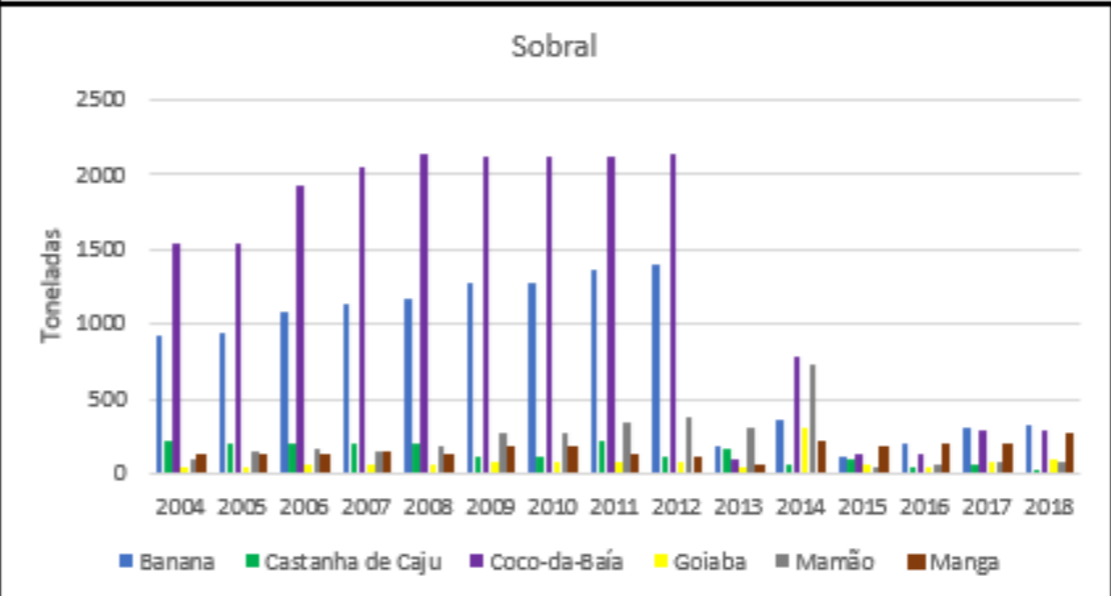
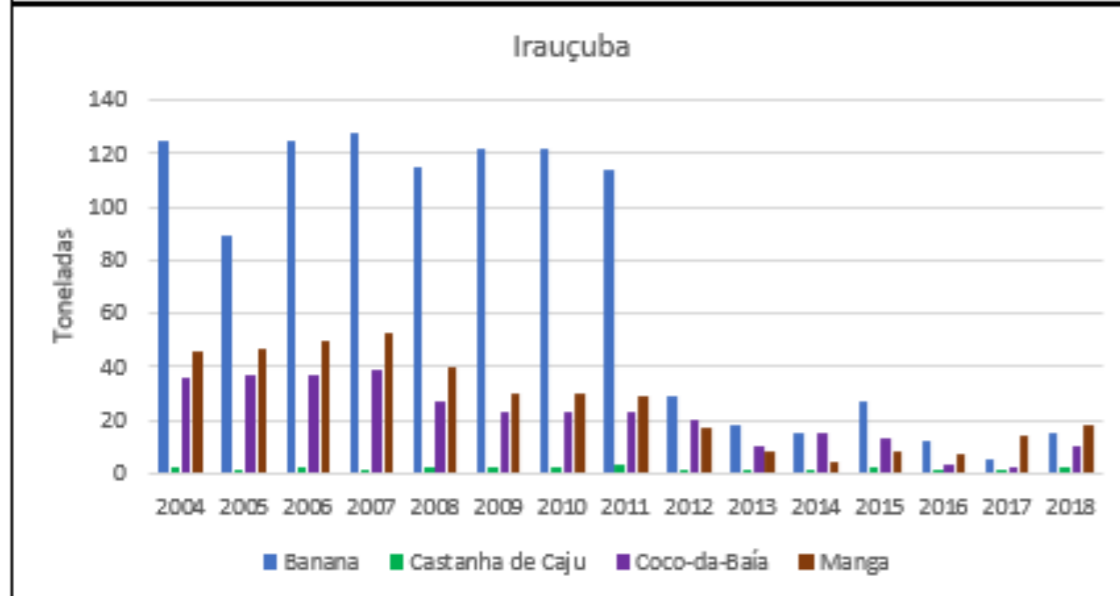
crescimento da produção desta cultura. No ano habitual houve acréscimo da produção de mangá.



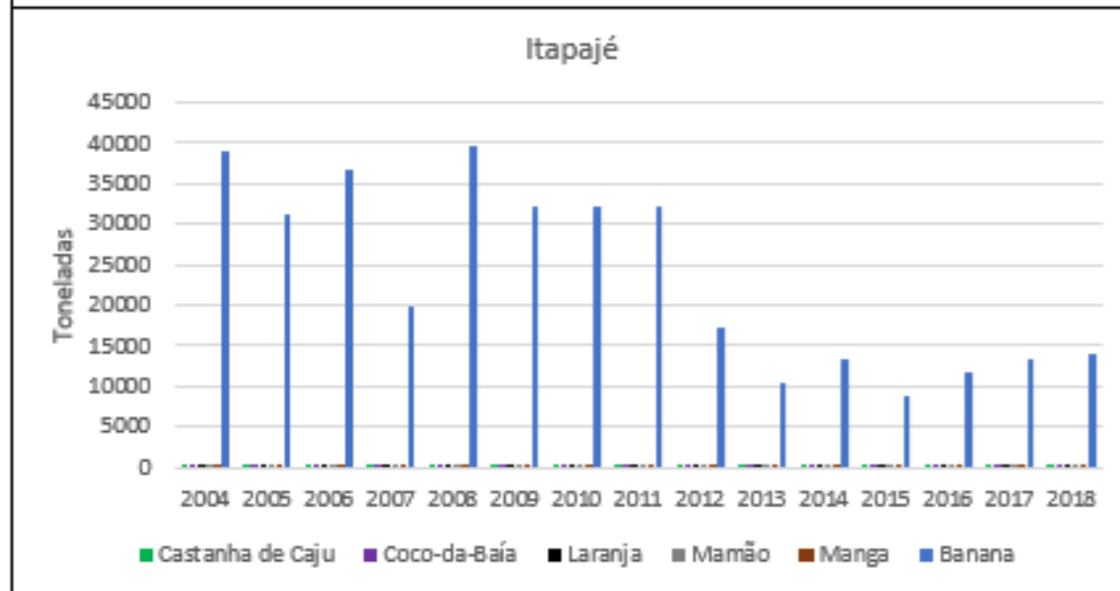
**Prancha 3: Gráficos de evolução da Produção das lavouras Permanentes dos Municípios da ASD Irauçuba/Centro-Norte**

**Metodologia**

Os Gráficos foram elaborados a partir de dados do IBGE (2011), e tem como unidade de medida (Toneladas).



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
 CENTRO DE CIÊNCIAS  
 DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA  
 PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA  
 AUTOR: YRVING BRANDÃO FERREIRA  
 ORIENTADORA: PROF.<sup>a</sup> DR.<sup>a</sup> VLÁDIA PINTO VIDAL DE OLIVEIRA



Em Sobral as culturas de lavoura permanente com maior produção são; coco-da-baía, banana e, mamão. De 2004 a 2012, e em 2015, a cultura com maior produção foi a do coco-da-baía. Em 2013 e 2014 o mamão se destacou como a cultura de maior produção. Por fim, de 2016 a 2018 a banana assumiu a liderança da produção em Sobral.

O coco-da-baía obteve crescimento de sua produção entre os seus anos secos de 2005 e 2014. Nos demais anos secos (2010, 2013, 2015 e 2016) houve uma redução de produção desta cultura. No ano super seco houve acréscimo da produção. Entre os anos úmidos houve crescimento da produção de coco-da-baía em todos os anos. No ano super úmido houve crescimento da produção desta cultura. No ano habitual a produção de coco-da-baía cresceu.

O mamão obteve crescimento de sua produção entre os seus anos secos de 2005, 2014 e 2016. Nos demais anos secos (2010, 2013 e 2015) houve uma redução de produção desta cultura. No ano super seco houve acréscimo da produção. Entre os anos úmidos houve crescimento da produção de mamão, com exceção de 2018, em todos os anos. No ano super úmido houve crescimento da produção desta cultura. No ano habitual a produção de mamão reduziu.

A banana obteve crescimento de sua produção entre os seus anos secos de 2005, 2014 e 2016. Nos demais anos secos (2010, 2013 e 2015) houve uma redução de produção desta cultura. No ano super seco houve acréscimo da produção. Entre os anos úmidos houve crescimento da produção de mamão em todos os anos. No ano super úmido houve crescimento da produção desta cultura. No ano habitual houve acréscimo da produção de banana.

Em Itapajé a cultura de lavoura permanente com maior produção é a banana. Esta cultura obteve crescimento de sua produção entre os seus anos secos de 2014 e 2016. Nos demais anos secos (2005, 2010, 2013 e 2015) houve uma redução de produção desta cultura. No ano super seco houve decréscimo da produção. Entre os anos úmidos houve crescimento da produção de banana, com exceção de 2011, em todos os anos. No ano super úmido houve redução da produção desta cultura. No ano habitual a produção de banana reduziu.

### ***5.8.3 Lavouras Temporárias***

As lavouras temporárias são as áreas plantadas ou em preparo para o plantio de culturas de curta duração (via de regra menor que um ano) e que necessitam, geralmente de

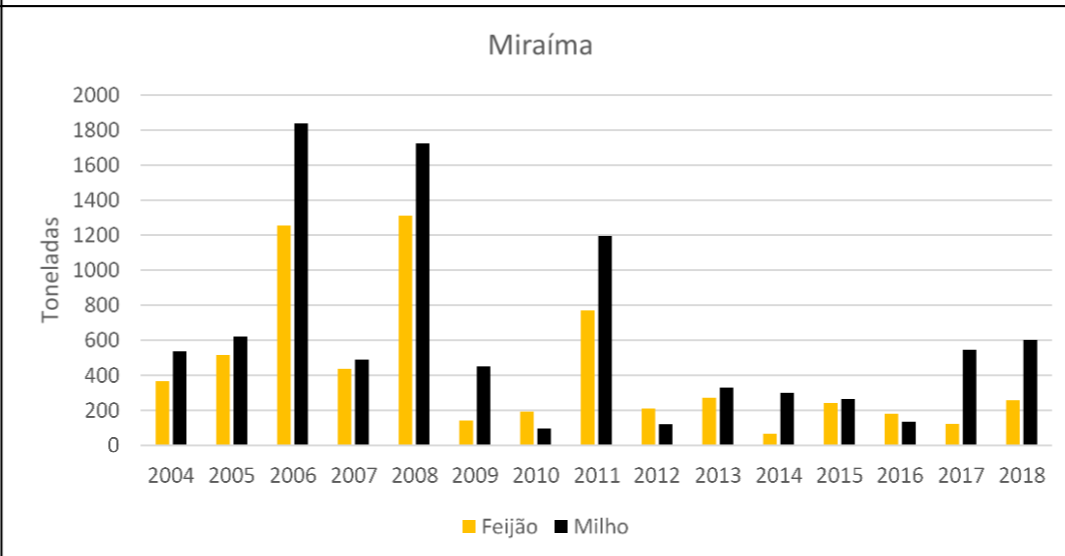
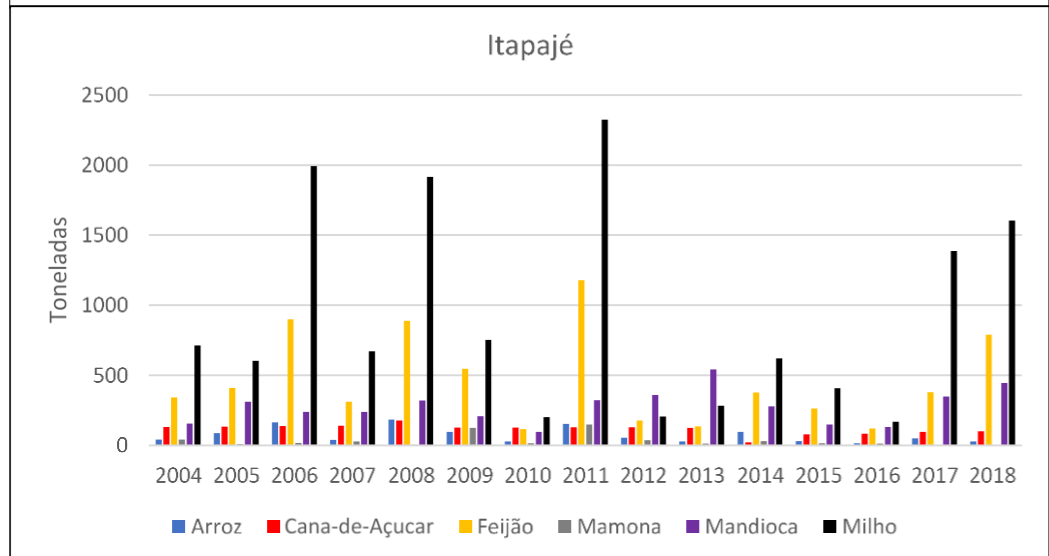
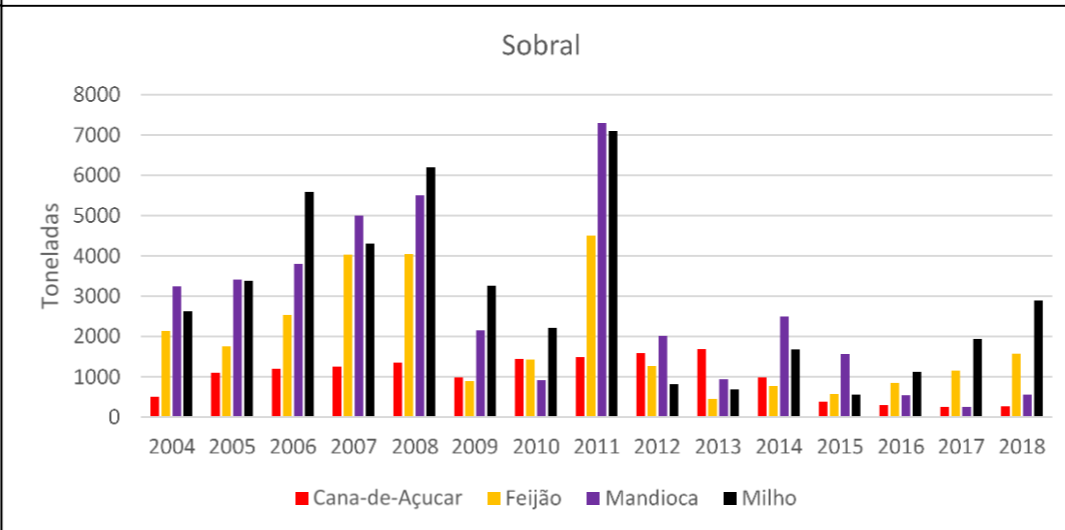
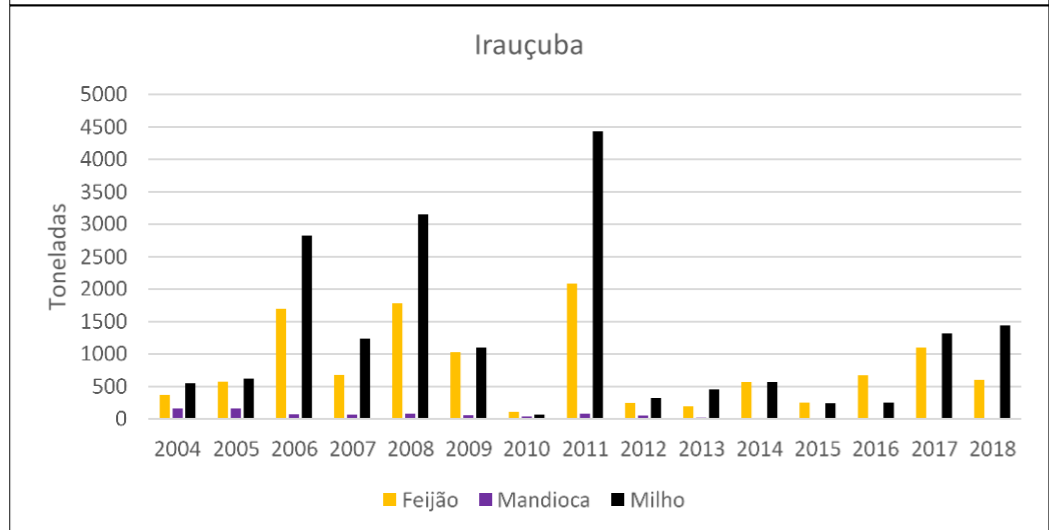
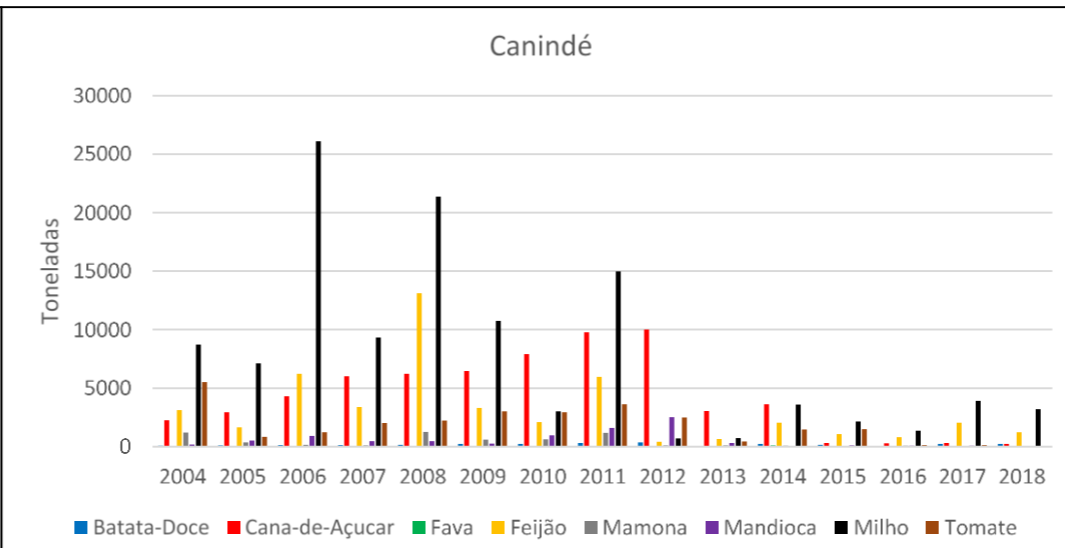
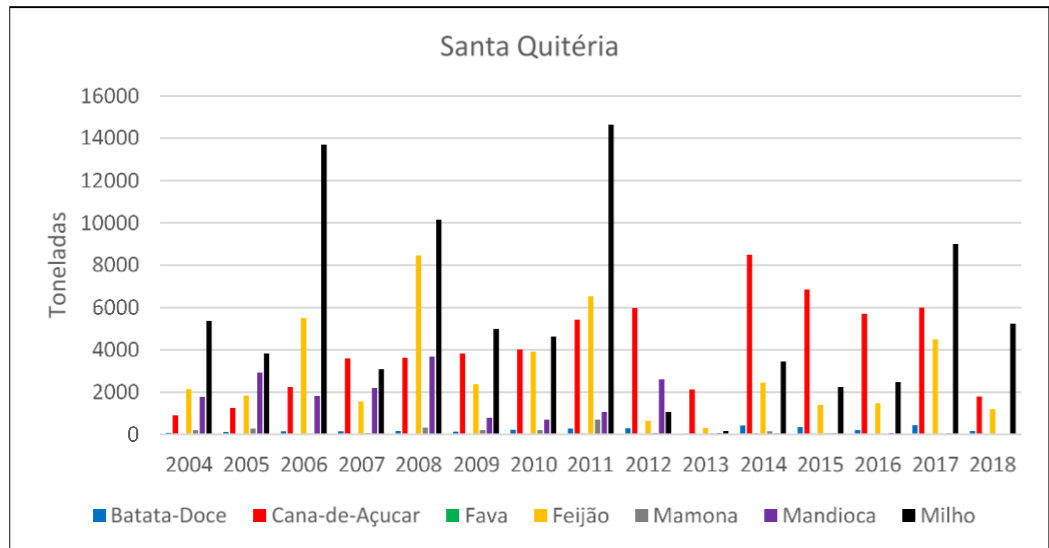
novo plantio após cada colheita.

As lavouras temporárias diferentemente das lavouras permanentes obtiveram uma expansão da área destinada ao seu cultivo, enquanto no Ceará houve uma redução de 1,5% ao ano, em média. Itapajé, Sobral e Irauçuba foram os municípios que mais expandiram a área destinada às lavouras temporárias no período 2000 a 2010. A maioria dos estabelecimentos agropecuários cultiva lavouras temporárias. No entanto a área para a atividade é relativamente pequena, o que permite concluir que se trata de uma prática adotada por pequenos produtores rurais. (CEARÁ, 2015). Na (Prancha 3) tem-se os gráficos de evolução da Produção das lavouras Permanentes dos Municípios da ASD Irauçuba/Centro-Norte.

Em Santa Quitéria as culturas de lavoura temporária com maior produção são; cana-de-açúcar e milho. O milho se destacou como a cultura de maior produção em (2004 a 2006, 2008 a 2011 e, 2017 e 2018). A cana-de-açúcar possuiu a maior produtividade de Santa Quitéria em 2007 e de 2012 a 2016.

O milho obteve crescimento de sua produção entre os seus anos secos de 2014 e 2016. Nos demais anos secos (2005, 2010, 2013 e 2015) houve redução de produção desta cultura. No ano super seco houve redução da produção. Entre os anos úmidos houve crescimento da produção de milho, com exceção de 2018, em todos os anos. No ano super úmido houve redução da produção desta cultura. No ano habitual houve nova redução da produção de milho.

A cana-de-açúcar obteve crescimento de sua produção entre os seus anos secos de 2005, 2010 e 2014. Nos demais anos secos (2013, 2015 e 2016) houve redução de produção desta cultura. No ano super seco houve crescimento da produção. Entre os anos úmidos houve crescimento da produção de cana-de-açúcar, com exceção de 2018, em todos os anos. No ano super úmido houve ampliação da produção desta cultura. No ano habitual houve crescimento da produção.



**Prancha 4: Gráficos de evolução da Produção das lavouras Temporárias dos Municípios da ASD Irauçuba/Centro-Norte**

**Metodologia**

Os Gráficos foram elaborados a partir de dados do IBGE (2021), e tem como unidade de medida (Toneladas).

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
 CENTRO DE CIÊNCIAS  
 DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA  
 PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA  
 AUTOR: YRVING BRANDÃO FERREIRA  
 ORIENTADORA: PROF.<sup>a</sup> DR.<sup>a</sup> VLÁDIA PINTO VIDAL DE OLIVEIRA



Em Canindé as culturas de lavoura temporária com maior produção são; cana-de-açúcar e milho. O milho se destacou como a cultura de maior produção em (2004 a 2009, 2011 e, 2015 a 2018). A cana-de-açúcar possuiu a maior produtividade de Canindé em 2010 e de 2012 a 2014.

O milho obteve crescimento de sua produção entre os anos secos de 2005 e 2010, além de 2015 e 2016. Nos demais anos secos (2013 e 2014) houve redução de produção desta cultura. No ano super seco houve redução da produção. Entre os anos úmidos houve crescimento da produção de milho, com exceção de 2018, em todos os anos. No ano super úmido houve redução da produção desta cultura. No ano habitual houve nova redução da produção de milho.

A cana-de-açúcar obteve crescimento de sua produção entre os seus anos secos de 2005, 2010 e 2014. Nos demais anos secos (2013, 2015 e 2016) houve redução de produção desta cultura. No ano super seco houve crescimento da produção. Entre os anos úmidos houve crescimento da produção de cana-de-açúcar, com exceção de 2018, em todos os anos. No ano super úmido houve ampliação da produção desta cultura. No ano habitual houve crescimento da produção.

Em Irauçuba as culturas de lavoura temporária com maior produção são; feijão e milho. O milho se destacou como a cultura de maior produção em (2004 a 2009, 2011 a 2014, e 2017 a 2018). O feijão possuiu a maior produtividade de Irauçuba em 2010, e de 2015 a 2016.

O milho obteve crescimento de sua produção entre os anos secos de 2005, 2013, 2014 e 2016. Nos demais anos secos (2010 e 2015) houve redução de produção desta cultura. No ano super seco houve redução da produção. Entre os anos úmidos houve crescimento da produção de milho em todos os anos. No ano super úmido houve redução da produção desta cultura. No ano habitual houve nova redução da produção de milho.

O feijão obteve crescimento de sua produção entre os anos secos de 2005, 2014 e 2016. Nos demais anos secos (2010, 2013 e, 2015) houve redução de produção desta cultura. No ano super seco houve redução da produção. Entre os anos úmidos houve crescimento da produção de milho, com exceção de 2018, em todos os anos. No ano super úmido houve redução da produção desta cultura. No ano habitual houve nova redução da produção de feijão.

Em Sobral as culturas de lavoura temporária com maior produção são; cana-de-açúcar, milho e, mandioca. O milho se destacou como a cultura de maior produção em (2006, 2008 a 2010 e, 2016 a 2018). A mandioca assumiu a liderança na produção em (2004, 2005, 2007, 2011, 2012, 2014 e 2015). A cana-de-açúcar possuiu a maior produtividade de Sobral em 20013.

O milho obteve crescimento de sua produção entre os anos secos de 2005, 2014 e, 2016. Nos demais anos secos (2010, 2013 e, 2015) houve redução de produção desta cultura. No ano super seco houve redução da produção. Entre os anos úmidos houve crescimento da produção de milho em todos os anos. No ano super úmido houve redução da produção desta cultura. No ano habitual houve nova redução da produção de milho.

A mandioca obteve crescimento de sua produção entre os anos secos de 2005 e 2014. Nos demais anos secos (2010, 2013, 2015 e 2016) houve redução de produção desta cultura. No ano super seco houve redução da produção. Entre os anos úmidos houve crescimento da produção de cana-de-açúcar, com exceção de 2017, em todos os anos. No ano super úmido houve redução da produção desta cultura. No ano habitual houve crescimento da produção.

A cana-de-açúcar obteve crescimento de sua produção entre os anos secos de 2005, 2010 e 2013. Nos demais anos secos (2014, 2015 e 2016) houve redução de produção desta cultura. No ano super seco houve crescimento da produção. Entre os anos úmidos houve crescimento da produção de cana-de-açúcar, com exceção de 2017, em todos os anos. No ano super úmido houve redução da produção desta cultura. No ano habitual houve crescimento da produção.

Em Itapajé as culturas de lavoura temporária com maior produção são; milho e mandioca. O milho se destacou como a cultura de maior produção de 2004 a 2011, e de 2014 a 2018. A mandioca assumiu a liderança na produção em 2012 e 2013.

O milho obteve crescimento de sua produção entre os anos secos de 2013 e 2014. Nos demais anos secos (2005, 2010, 2015 e 2016) houve redução de produção desta cultura. No ano super seco houve redução da produção. Entre os anos úmidos houve crescimento da produção de milho em todos os anos. No ano super úmido houve redução da produção desta cultura. No ano habitual houve nova redução da produção de milho.



A mandioca obteve crescimento de sua produção entre os anos secos de 2005 e 2013. Nos demais anos secos (2010, 2014, 2015 e 2016) houve redução de produção desta cultura. No ano super seco houve crescimento da produção. Entre os anos úmidos houve crescimento da produção de cana-de-açúcar, com exceção de 2006, em todos os anos. No ano super úmido houve redução da produção desta cultura. No ano habitual houve redução da produção.

Em Miraíma as culturas de lavoura temporária com maior produção são; feijão e milho. O milho se destacou como a cultura de maior produção em (2004 a 2009, 2011, 2013 a 2015, e 2017 a 2018). O feijão possuiu a maior produtividade de Miraíma em 2010, 2012 e 2016.

O milho obteve crescimento de sua produção entre os anos secos de 2005 e 2013. Nos demais anos secos (2010, 2014, 2015 e 2016) houve redução de produção desta cultura. No ano super seco houve redução da produção. Entre os anos úmidos houve crescimento da produção de milho em todos os anos. No ano super úmido houve redução da produção desta cultura. No ano habitual houve nova redução da produção de milho.

O feijão obteve crescimento de sua produção entre os anos secos de 2005, 2010, 2013 e 2015. Nos demais anos secos (2014 e 2016) houve redução de produção desta cultura. No ano super seco houve redução da produção. Entre os anos úmidos houve crescimento da produção de feijão, com exceção de 2017, em todos os anos. No ano super úmido houve redução da produção desta cultura. No ano habitual houve nova redução da produção de feijão.

Vale destacar que o crescimento ou redução da produção agrícola da ASD Irauçuba/Centro-Norte não é causado apenas pelo fator climático. Podemos citar a concentração fundiária, incidência de pragas, contaminação dos solos e, economia, como os principais fatores influenciadores do desenvolvimento produtivo.

De modo geral a produção das lavouras temporárias em anos secos é irregular, não havendo uma predominância de crescimento ou redução da produção. As lavouras permanentes também apresentam comportamento irregular em sua produção nos anos secos, entretanto, as mesmas tendem a possuir uma maior redução de produtividade nestes anos. Nos anos super secos a produtividade das lavouras permanentes e temporárias foi irregular.

Nos anos úmidos houve majoritariamente crescimento da produção, havendo poucos anos neste período onde houve decréscimo da produção. Os anos super úmidos nas lavouras temporárias apresentaram tendencia de crescimento da produção, enquanto que na lavoura temporária, os mesmos se apresentaram bastante irregulares. Por fim os anos habituais apresentaram grande irregularidade produtiva.

## **5.9 Pecuária**

A produção pecuária, assim com a agricultura (lavouras), sofre rotineiramente pela irregularidade pluviométrica. Apesar da mesma não sofrer diretamente os efeitos desta irregularidade, esta é impactada indiretamente, através da ausência de pastagens e disponibilidade hídrica, resultantes de grandes períodos de estiagem. Na (Prancha 3) tem-se os gráficos de evolução da Produção Pecuária dos Municípios da ASD Irauçuba/Centro-Norte.

Em Santa Quitéria a produção de galináceos, ovinos e, caprinos são respectivamente as três principais atividades pecuaristas do município. A produção de galináceos em Santa Quitéria obteve crescimento, com exceção de 2016, em todos os anos secos. No ano super seco houve redução da produção. Entre os anos úmidos houve crescimento dos galináceos, com exceção de 2017 e 2018, em todos os anos. No ano super úmido houve crescimento da produção. No ano habitual houve novo crescimento da produção de galináceos.

A produção de ovinos obteve crescimento, com exceção de 2013 e 2016, em todos os anos secos. No ano super seco houve redução da produção. Entre os anos úmidos houve crescimento dos ovinos, com exceção 2017, em todos os anos. No ano super úmido houve crescimento da produção. No ano habitual houve novo crescimento da produção de ovinos.

A produção de Caprinos obteve crescimento, com exceção de 2013 e 2016, em todos os anos secos. No ano super seco houve redução da produção. Entre os anos úmidos houve crescimento dos caprinos, com exceção de 2017 e 2018, em todos os anos. No ano super úmido houve crescimento da produção. No ano habitual houve redução da produção de caprinos.

Em Canindé a produção de galináceos, bovinos e, ovinos são respectivamente as três principais atividades pecuaristas do município. A produção de galináceos em Canindé obteve crescimento, com exceção de 2013, em todos os anos secos. No ano super seco houve

redução da produção. Entre os anos úmidos houve crescimento dos galináceos, com exceção de 2017 e 2018, em todos os anos. No ano super úmido houve crescimento da produção. No ano habitual houve novo crescimento da produção de galináceos.

A produção de bovinos obteve crescimento, com exceção de 2013, 2014 e 2015, em todos os anos secos. No ano super seco houve redução da produção. Entre os anos úmidos houve crescimento dos bovinos, com exceção 2017, em todos os anos. No ano super úmido houve crescimento da produção. No ano habitual houve novo crescimento da produção de bovinos.

A produção de ovinos obteve crescimento, com exceção de 2013 e 2014, em todos os anos secos. No ano super seco houve redução da produção. Entre os anos úmidos houve crescimento dos ovinos em todos os anos. No ano super úmido houve crescimento da produção. No ano habitual houve novo crescimento da produção de ovinos.

Em Irauçuba a produção de galináceos, ovinos e, bovinos são respectivamente as três principais atividades pecuaristas do município. A produção de galináceos em Irauçuba obteve crescimento, com exceção de 2013, 2015 e 2016, em todos os anos secos. No ano super seco houve crescimento da produção. Entre os anos úmidos houve crescimento dos galináceos, com exceção de 2017 e 2018, em todos os anos. No ano super úmido houve crescimento da produção. No ano habitual houve novo crescimento da produção de galináceos.

A produção de ovinos obteve crescimento, com exceção de 2013, 2014 e 2016, em todos os anos secos. No ano super seco houve crescimento da produção. Houve crescimento da produção de ovinos em todos os anos úmidos. No ano super úmido houve crescimento da produção. No ano habitual houve novo crescimento da produção de ovinos.

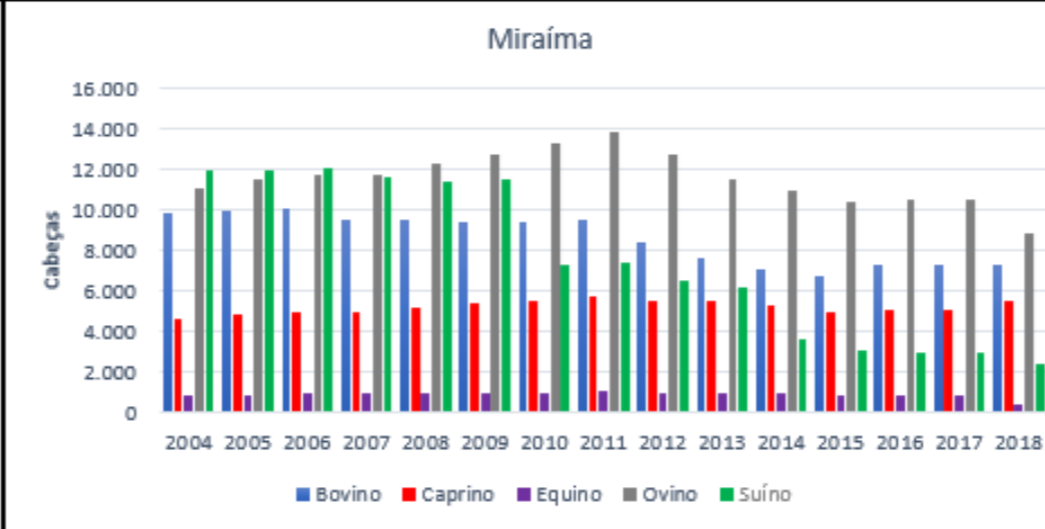
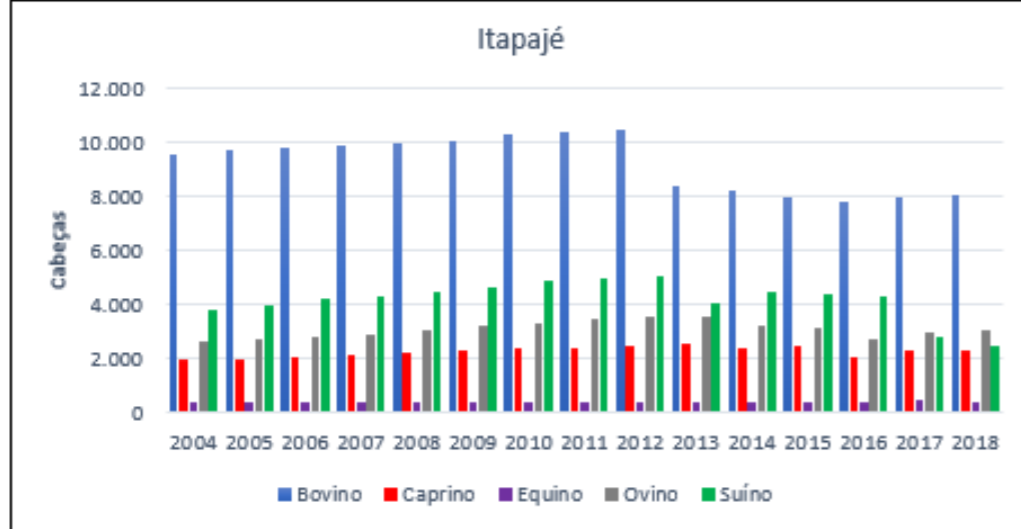
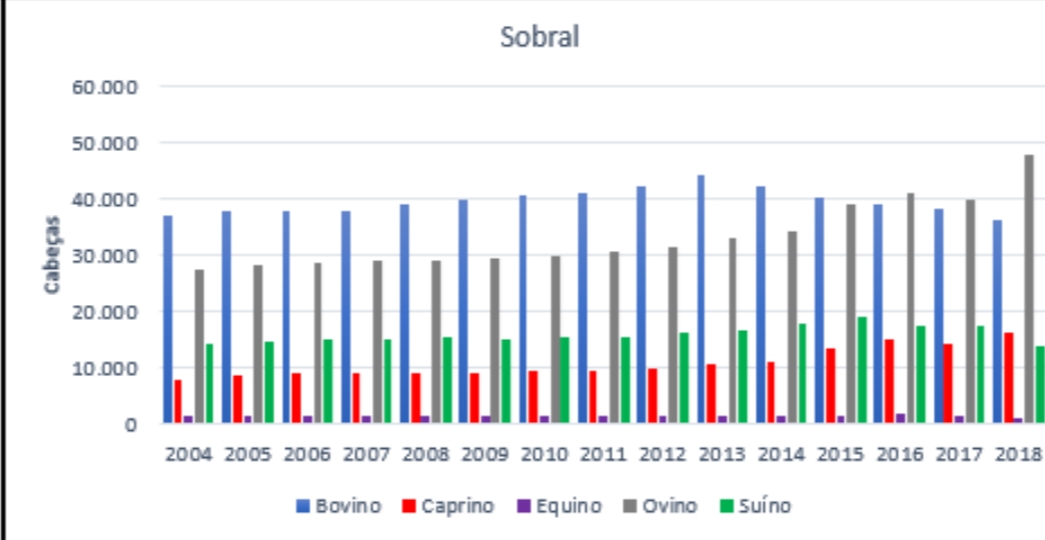
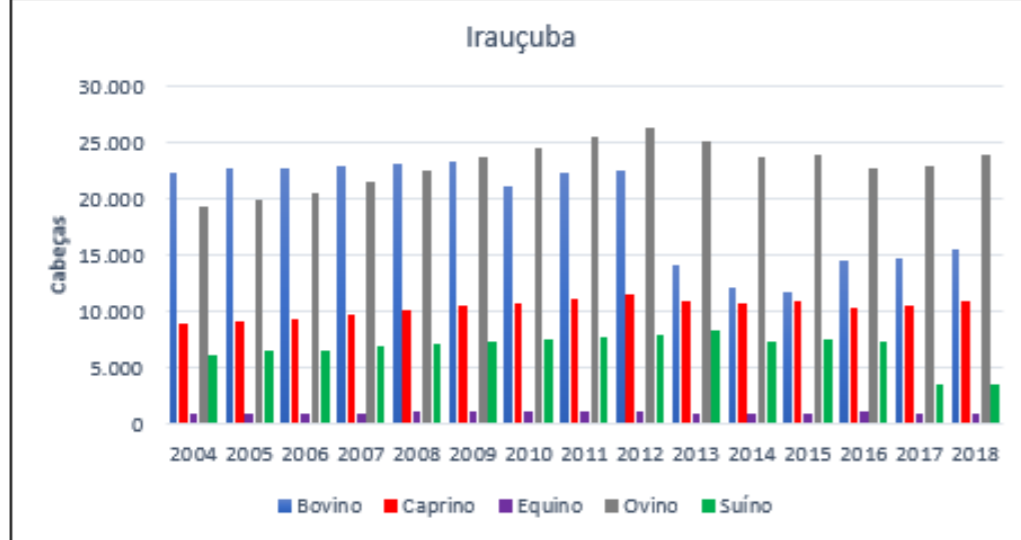
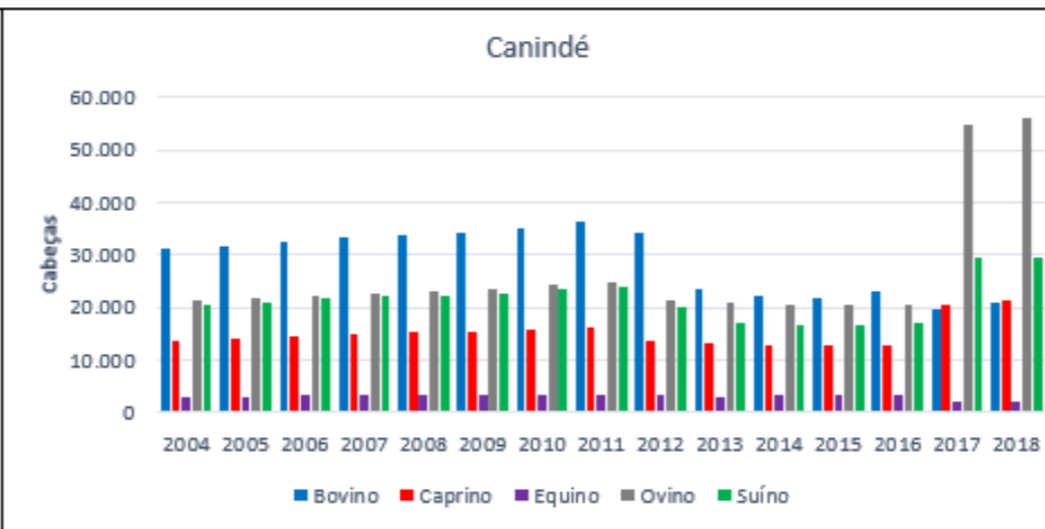
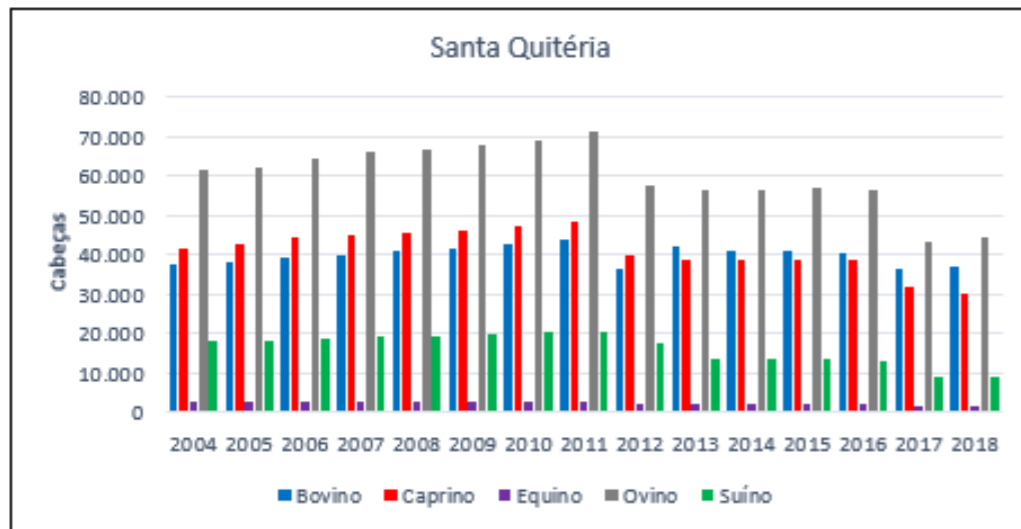
A produção de bovinos obteve crescimento apenas em 2005 e 2016, no restante dos anos secos (2010, 2013, 2014 e 2015) houve redução da produção. No ano super seco houve crescimento da produção. Houve crescimento da produção de bovinos em todos os anos úmidos. No ano super úmido houve crescimento da produção. No ano habitual houve novo crescimento da produção de bovinos.

Em Itapajé a produção de galináceos, bovinos e, suínos são respectivamente as três principais atividades pecuaristas do município. A produção de galináceos em Itapajé obteve crescimento, com exceção de 2014, em todos os anos secos. No ano super seco houve

crescimento da produção. Entre os anos úmidos houve crescimento dos galináceos, com exceção de 2017, em todos os anos. No ano super úmido houve crescimento da produção. No ano habitual houve novo crescimento da produção de galináceos.

A produção de bovinos obteve crescimento apenas em 2005 e 2010, no restante dos anos secos (2013, 2014, 2015 e 2016) houve redução da produção. No ano super seco houve crescimento da produção. Houve crescimento da produção de bovinos em todos os anos úmidos. No ano super úmido houve crescimento da produção. No ano habitual houve novo crescimento da produção de bovinos.

A produção de suínos obteve crescimento com exceção de 2013, 2015 e 2016, em todos os anos secos. No ano super seco houve crescimento da produção. Entre os anos úmidos houve crescimento dos suínos, com exceção de 2017 e 2018, em todos os anos. No ano super úmido houve crescimento da produção. No ano habitual houve novo crescimento da produção de bovinos.



**Prancha 5: Gráficos da evolução da Produção Pecuária (Bovinos, Caprino, Equino, Galináceo, Ovino, Suíno) dos Municípios da ASD Irauçuba/Centro-Norte.**

**Metodologia**

Os Gráficos foram elaborados a partir de dados do IBGE (2011), e tem como unidade de medida o total das cabeças do rebanho.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
 CENTRO DE CIÊNCIAS  
 DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA  
 PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA  
 AUTOR: YRVING BRANDÃO FERREIRA  
 ORIENTADORA: PROF.<sup>a</sup> DR.<sup>a</sup> VLÁDIA PINTO VIDAL DE OLIVEIRA



Em Sobral a produção de galináceos, bovinos e, ovinos são respectivamente as três principais atividades pecuaristas do município. A produção de galináceos em Sobral obteve crescimento, com exceção de 2015, em todos os anos secos. No ano super seco houve crescimento da produção. Entre os anos úmidos houve crescimento da produção dos galináceos, com exceção de 2011 e 2017, em todos os anos. No ano super úmido houve crescimento da produção. No ano habitual houve redução da produção de galináceos.

A produção de bovinos obteve crescimento apenas em 2005, 2010 e 2013, no restante dos anos secos (2014, 2015 e 2016) houve redução da produção. No ano super seco houve crescimento da produção. Entre os anos úmidos houve crescimento da produção de bovinos, com exceção de 2017 e 2018, em todos os anos. No ano super úmido houve crescimento da produção. No ano habitual houve novo crescimento da produção de bovinos.

A produção de ovinos obteve crescimento em todos os anos secos. No ano super seco houve crescimento da produção. Entre os anos úmidos houve crescimento da produção de ovinos, com exceção de 2017, em todos os anos. No ano super úmido houve crescimento da produção. No ano habitual houve novo crescimento da produção de ovinos.

Em Miraíma a produção de galináceos, ovinos e, suínos são respectivamente as três principais atividades pecuaristas do município. A produção de galináceos nos anos secos em Miraíma obteve crescimento apenas em 2005, no restante dos anos (2010, 2013, 2014, 2015 e 2016) houve redução da produção. Entre os anos úmidos houve crescimento dos galináceos, com exceção de 2017 e 2018, em todos os anos. No ano super úmido houve crescimento da produção. No ano habitual houve novo crescimento da produção de galináceos.

A produção de ovinos obteve crescimento apenas em 2005, 2010 e 2016, no restante dos anos secos (2013, 2014 e 2015) houve redução da produção. No ano super seco houve redução da produção. Entre os anos úmidos houve crescimento da produção de ovinos, com exceção de 2017 e 2018, em todos os anos. No ano super úmido houve crescimento da produção. No ano habitual houve novo crescimento da produção de ovinos.

A produção de suínos obteve crescimento apenas em 2005, no restante dos anos (2010, 2013, 2014, 2015 e 2016) houve redução da produção. No ano super seco houve redução da produção. Entre os anos úmidos houve crescimento dos suínos, com exceção de 2008, 2017 e 2018, em todos os anos. No ano super úmido houve crescimento da produção. No ano habitual houve redução da produção de suínos.

A produção pecuária em anos secos também se porta de maneira irregular, não havendo uma predominância de crescimento ou redução da produção. Nos anos super secos a produtividade pecuária foi irregular. Uma característica em particular notada na produção pecuária em anos secos, foi a redução da sua produtividade predominantemente entre os anos de 2012 a 2016. Estes anos são caracterizados como período da última grande seca do estado. A partir da redução da produtividade pecuária principalmente neste período em específico, evidenciasse os impactos severos que as secas proporcionam na produtividade pecuária e na economia da ASD.

Nos anos úmidos houve majoritariamente crescimento da produção pecuária. Como nas lavouras permanentes e temporárias houve poucos anos neste período onde houve decréscimo da produção. Nos anos super úmidos houve crescimento da produção pecuária em todos os municípios da ASD. Os anos habituais apresentaram crescimento produtivo para a pecuária.

## 6 CONCLUSÃO

Foi constatado que os maciços residuais de maior destaque no perímetro da ASD Irauçuba /Centro-Norte são; maciço de Uruburetama (situado entre Itapajé e Irauçuba), maciço da Meruoca/Rosário (Situado em Sobral) e, maciço de Baturité (Situado em Canindé), atuam como núcleos condensadores de umidade.

Estes maciços possuem pequenas porções de sua extensão territorial inseridas na ASD, entretanto, impactam em toda a extensão do núcleo, retendo a maior parte da umidade regional incidente. Desta maneira, estes maciços tendem a acentuar a alta variabilidade pluviométrica da ASD, sendo um dos principais inibidores de chuvas na porção centro-sul do núcleo.

Foi notado a diminuição dos volumes de precipitação de acordo com a retenção pluviométrica nos maciços residuais de Meruoca, Baturité e Uruburetama. Este quadro ocasiona a redução do gradiente de precipitação a partir da concentração máxima da pluviosidade nestes maciços. As áreas mais afastadas dos maciços, no centro-sul da ASD, concentram as menores precipitações.

Demonstrou-se que a serra de Uruburetama apesar de sua altitude elevada, não apresentou concentração pluviométrica equivalente as serras da Meruoca e Baturité, este fato ocorre, pois, a vertente a sotavento é a que possui maior concentração no interior da ASD Irauçuba/Centro-Norte. Desta forma a concentração de Umidade desta serra alcança maiores volumes em sua porção mais oriental, estando com isto mais distante dos limites da ASD, não influenciando-a com uma elevada concentração pluviométrica. O sotavento do maciço de Uruburetama desenvolve um importante papel no desenvolvimento socioeconômico do município de Itapajé, sendo o maior polo agrícola do município.

A Serra do Machado não apresentou grande concentração pluviométrica. Apesar de sua altitude elevada em relação as áreas circunvizinhas, esta não consegue reter umidade, pois a mesma já foi aprisionada em grande parte pelo maciço de Baturité, ou precipitada anteriormente nas áreas circunvizinhas.

O maciço de Baturité foi a formação residual que gerou maior influência pluviométrica. A porção deste maciço residual de maior competência para o acúmulo pluviométrico, vertente a barlavento, não se encontra inserida na ASD, logo o núcleo não é beneficiado pelo potencial máximo de acumulação pluviométrica deste maciço. A vertente



inserida nos limites da ASD, é a vertente mais seca, sotavento, que apesar de não possuir o mesmo poder de concentração pluviométrica da vertente mais úmida, influencia constantemente a dinâmica pluviométrica da ASD.

A evapotranspiração real do núcleo foi proporcional a disponibilidade pluviométrica do mesmo. As regiões que apresentaram maior volume pluviométrico, demonstraram paralelamente maior evapotranspiração real. Em contrapartida, nas regiões onde houve redução das precipitações, foi observado os menores volumes evapotranspirados. Ficou claro dessa maneira, que quanto menor o volume hídrico disponível no sistema, menor será sua evapotranspiração real. A evapotranspiração real também foi significativamente influenciada pelo potencial evapotranspiratório local.

O arranjo dos excedentes hídricos seguiu o padrão geral de distribuição das precipitações, possuindo valores mínimos na porção centro-sul da ASD, havendo um crescimento no seu volume com a aproximação dos maciços residuais de Baturité e Meruoca.

Os déficits hídricos também seguiram o padrão geral de distribuição das precipitações, possuindo os maiores volumes de déficit no centro-sul da ASD, havendo uma redução no seu volume com a aproximação dos maciços residuais de Baturité e Meruoca.

Com relação ao balanço hídrico interanual, os excedentes hídricos ocorreram predominantemente nos meses em que houve maior precipitação. Este quadro ocorre, pois, a partir de um maior acúmulo pluviométrico mensal, o solo pode corrigir suas deficiências hídricas, e posteriormente exceder sua capacidade de armazenamento hídrico (CAD), produzindo desta forma excedente hídrico.

Os déficits hídricos ocorreram predominantemente em outubro. Isto decorre da ausência ou redução drástica de precipitações durante os meses de agosto, setembro e, outubro. Estes meses são em média os mais secos de todo o período seco. Logo, a partir da maior escassez pluviométrica durante três meses consecutivos, o déficit se acentua em outubro. Em novembro, fim do período seco, as precipitações recebem um ligeiro incremento, reduzindo desta maneira o déficit hídrico acumulado.

De modo geral, a produção das lavouras temporárias em anos secos foi irregular, não havendo uma predominância de crescimento ou redução da produção. As lavouras permanentes também apresentam comportamento irregular em sua produção nos anos secos,

entretanto, as mesmas tendem a possuir uma maior redução de produtividade nestes anos. Nos anos super secos a produtividade das lavouras permanentes e temporárias foi irregular.

Nos anos úmidos houve crescimento majoritário da produção, havendo poucos anos neste período onde houve decréscimo de produtividade. Os anos super úmidos nas lavouras temporárias apresentaram tendência de crescimento da produção, enquanto que na lavoura temporária, os mesmos se apresentaram bastante irregulares. Por fim os anos habituais apresentaram grande irregularidade produtiva.

A produção pecuária em anos secos se portou de maneira irregular, não havendo uma predominância de crescimento ou redução da produção. Nos anos super secos a produtividade pecuária também foi irregular. Uma característica em particular notada na produção pecuária em anos secos, foi a redução de sua produtividade predominantemente entre os anos de 2012 a 2016. Estes anos são caracterizados como o período da última grande seca do estado. A partir da redução da produtividade pecuária principalmente neste período em específico, evidenciasse os impactos severos que as secas proporcionam na produtividade pecuária e na economia da ASD.

Nos anos úmidos houve crescimento majoritário da produção pecuária. Como nas lavouras permanentes e temporárias, houve poucos anos neste período onde houve decréscimo da produção. Nos anos super úmidos houve crescimento da produção pecuária em todos os municípios da ASD. Os anos habituais apresentaram crescimento de produtividade para a pecuária.

Pode-se concluir que as características pluviométricas da ASD, associadas aos seus principais núcleos condensadores de umidade (Baturité, Meruoca e Uruburetama) e, solos predominantemente rasos e poucos permeáveis, são os principais fatores condicionantes da reduzida disponibilidade hídrica e, do elevado déficit hídrico da ASD. O histórico de desmatamento, sobrepastoreio, queimadas, e ocupação desordenada do solo, também potencializam a gravidade e a velocidade da desertificação no núcleo. Este panorama afeta profundamente o desenvolvimento socioeconômico da ASD, reduzindo os seus índices de desenvolvimento social e acentuando sua irregularidade produtiva.

A pesquisa será apresentada a órgãos públicos responsáveis pelo monitoramento dos recursos hídricos, gestão ambiental e, desenvolvimento socioeconômico. De modo a auxiliar propostas de intervenção e zoneamentos ambientais, bem como fomentar estratégias de convivência e mitigação dos efeitos da desertificação.

## REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- AB'SABER, A. N. Problemática da desertificação e da savanização no Brasil intertropical. **Geomorfologia**. São Paulo: Instituto de Geografia. 1977.
- ACCIOLY, J. L. O.; Oliveira, M. A. J.; Silva, F. H. B. B.; Burgos, M. **Avaliação de Mudanças no Albedo do Núcleo de Desertificação do Seridó através de Imagens do Landsat TM**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 10. 2001. Anais. Foz do Iguaçu, 2001.
- AGUILAR, D. J.; KRUKER, R. J. M.; CALHEIROS, R. **Determinação da Evapotranspiração Potencial e Balanço Hídrico da Região da Grande Dourados**. Dourados: EMBRAPA-UEPAE, 1986. 150 p.
- ALVES, J. J. A.; SOUZA, E.N.; NASCIMENTO, S.S. Núcleos de desertificação no Estado da Paraíba. Raega, **O Espaço Geográfico em Análise**, v.17, p.139-152. 2009.
- AQUINO, C. M. S.; OLIVEIRA, J. G. B. Emprego do Método de Thornthwaite & Mather (1955) para Cálculo do Balanço Hídrico Climatológico do Núcleo de Degradação de São Raimundo Nonato-Piauí. **Revista Brasileira de Geografia Física** V. 06, N. 01 079-090, 2013.
- BALSAN, R. Impactos Decorrentes da Modernização da Agricultura Brasileira. CAMPO-TERRITÓRIO: **Revista de Geografia Agrária, Francisco Beltrão**, v. 1, n. 2, p. 123-151, 2006.
- BARGAOUI, Z. K.; CHEBBI, A. Comparison of two kriging interpolation methods applied to spatiotemporal rainfall. **Journal of Hydrology**, v.365, n. 1-2, p. 56-73, 2009.
- BERGAMASCHI, H. (Coordenador). **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. 1.ed. Porto Alegre: Editora Universitária/UFRGS, 1992. 125p.
- BLACK, P. Revising the Thornthwaite and Mather water balance. **Journal of the American Water Resources Association**, v.43, p.1604-1605, 2007.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Atlas das áreas susceptíveis à desertificação no Brasil**. Brasília: 2007.
- BRASIL. **Convenção das Nações Unidas de combate à desertificação**. Brasília, Distrito Federal: MMA/SRH, 2006.

BRASIL. Lei n. 6938, 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.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Poder Executivo. Brasília, DF, 02 de setembro de 1981, Seção 1, p. 1.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca.** PAN-BRASIL. Edições MMA. Brasília, 2004.

BRITO, José Ivaldo Barbosa de. **Modelo regional de estimativa do balanço hídrico aplicado à variabilidade climática do Nordeste do Brasil.** Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba-UFPB, 2000. (Tese de Doutorado em Recursos Naturais, defendida em 2000).

CANDIDO, H. G.; Barbosa, M. P.; Silva, M. J. Avaliação da degradação ambiental de parte do Seridó paraibano. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 6, n. 2, p. 368-37, 2002

CARMELO, A.C. **Desenvolvimento de uma metodologia de integração de dados geofísicos e de sensoriamento remoto para o estudo de aquíferos no domínio fissural, no quadrante nordeste do Distrito Federal.** Brasília: UnB, 1999. 66p. Exame de Qualificação.

CARVALHO, V. C. de. **Abordagem multiescalar para o monitoramento de indicadores do processo de desertificação.** Anais do X SBSR, Foz do Iguaçu, p. 1539 – 1551, 2001.

CASAS-CASTAÑEDA, F.; MATALLO, H. **Live Fences of Nopal (optunia) and Associated Crops in Land Slope Conservation in Loja, Ecuador.** UNEP: Nairobi, 1999.

CEARÁ, 2010. Secretaria dos Recursos Hídricos (SRH). **Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, PAE-CE.** Fortaleza: MMA/SRH.

CEARÁ. Assembleia Legislativa. **Coleção Cadernos Regionais do Pacto das Águas.** Fortaleza: INESP, 2009.

CEARÁ. **Proposta de dimensionamento do semiárido brasileiro.** Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2005. 108 p.

CEBALLOS, B. S. O. **Utilização de indicadores microbiológicos na tipologia de ecossistemas aquáticos do tropico semiárido.** São Paulo, 1995. 192 p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de São Paulo.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. **Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil**. Brasília, DF: 2016. 252p.

COLVILLE, P. G. **Condicionantes climáticos à desertificação**. Talca: Facultad de Ciências Agrárias, Universidade Talca, Chile, 1987.

CONEJO, José Lotufo. (Coord.). **Disponibilidades e demandas de recursos hídricos no Brasil**. Brasília: ANA/MMA, 2005.

CONTI, J. B. A questão climática do Nordeste brasileiro e os processos de desertificação. **Revista Brasileira de Climatologia**, vol. 1, nº 1, 2005, p. 7-14.

CONTI, J. B. A. **Desertificação no mundo**. In: CONTI, J. B. A. *Clima e Meio ambiente*. São Paulo: Atual Editora, 1998. p. 64-75

CONTI, J. B. As relações sociedade/natureza e os impactos da desertificação nos trópicos. **Cadernos Geográficos**, nº 4, vol. 4 Florianópolis: UFSC, 2002, p. 1-42.

CONTI, J. B. Geografia e Paisagem. **Ciência e Natura**, v. 36, Ed. Especial. Santa Maria: 2014

CONTI, J. B. **O conceito de desertificação**. **Climatologia e estudos da paisagem**, 3(2), 3-52, 2008.

CONTI, J.B. **Desertificação nos Trópicos: proposta de metodologia aplicada ao Nordeste Brasileiro**, Tese de Livre Docência – USP, São Paulo, 1995.

DIXON, J. **The Economics of Dryland Management**. London: Earthscan Publications, 1989.

DUARTE, J.J. Desertificação do Semiárido paraibano. **Revista Conceitos**. João Pessoa. v. 9. nº9. p. 53-60. jan/jun. 2003.

DUQUE, J. Guimarães. **O Nordeste e as lavouras xerófilas**. 1ª ed. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 1964.

DUQUE, J. Guimarães. **Solo e água no polígono das secas**. 4ª ed. Fortaleza: DNOCS, 1973; E NYS, E.; ENGLE, N.L.; MAGALHÃES, A.R. **Secas no Brasil: política e gestão proativas**.

FERREIRA, Antonio Geraldo.; MELLO, Namir Giovanni da Silva. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos pacífico e

atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**. v. 1, dez. 2005.

Ferreira, Y. B. **Uso do balanço hídrico climatológico como ferramenta de gestão dos recursos hídricos em Canindé - CE** / Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de Geografia, Fortaleza, 2018. Orientação: Profa. Dra. Marta Celina Linhares Sales

FREITAS, M. A. S. Um Sistema de Suporte à Decisão para o Monitoramento de Secas Meteorológicas em Regiões Semiáridas. **Revista Tecnologia (UNIFOR)**, Fortaleza, v. Suplem, p. 84-95, 2005.

FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Áreas degradadas suscetíveis aos processos de desertificação no Ceará**. Fortaleza: ICID, 1990.

FUNCEME. **Zoneamento ecológico-econômico das áreas suscetíveis à desertificação do estado do Ceará**: Núcleo I – Irauçuba Centro-Norte. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2015.

FUNDAÇÃO VINGT-UN ROSADO. (Org.). **Nono Livro das Secas**. Edição especial para o Acervo Virtual Oswaldo Lamartine de Farias. Coleção Mossoroense: Mossoró/RN, 1990.

GALVANI, Emerson.; LUCHIARI, Ailton. Critérios para classificação de anos com regime pluviométrico normal, seco e úmido. In: Org. GALVANI, Emerson.; LIMA, Nádia Gilma Beserra de. **Climatologia aplicada**: Resgate aos estudos de caso. Curitiba: Editora CRV, 2012. 191p.

GIRÃO, Valdelice Carneiro. **As Charqueadas**. In: Souza, Simone de (coord v). História do Ceará. 4. Ed. For Fortaleza: Fundação Demócrito Rocha, 1995. P.65-92.

GLANTZ, M. H. et al. **Brazil's leadership on the international sustainable development agenda: the desertification cluster**. Brasília, ago. 2012. Mimeografado.

GOMES, S.; SOUZA, J. L. M. **Limites na utilização de um modelo de balanço hídrico decendial em função da capacidade de água disponível no solo**. Acta Scientiarum. Agronomy, v. 30, n. 2, p. 153-163, 2008.

GUERRA, Hugo Orlando Carvalho G. **Recursos edáficos do semiárido do Brasil**. Especialização em Desenvolvimento Sustentável para o semiárido brasileiro. Módulo 8. Brasília: ABEAS. 2005

GUTIÉRREZ, J.R.; SQUEO, F.A. Importância de los arbustosem los ecosistemas semiáridos de Chile. **Ecosistemas**, 2004

HABERLANDT, U. Geostatistical interpolation of hourly precipitation from rain gauges and radar for a large-scale extreme rainfall event. **Journal of Hydrology**, v. 332, n. 1-2, p. 144-157, 2007.

HARRISON, Peter D. *et al.* **Pre-Hispanic Maya Agriculture**. Mexico: University of New Mexico Press, 1978.

HORIKOSHI, A. S.; FISCH, G. Balanço hídrico atual e simulações para cenários climáticos futuros no município de Taubaté, SP, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 2, n. 2, p. 32-46, jul./dez. 2007.

INSA-Instituto Nacional do Semiárido. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Desertificação e mudanças climáticas no semiárido brasileiro**. Campina Grande, 2011. 209p.

JESUS, J.B. Estimativa do balanço hídrico climatológico e classificação climática pelo método de Thornthwaite e Mather para o município de Aracaju - SE. **Scientia Plena**, v.11, n.5, 2015.

KHUN, T. **A estrutura das revoluções científicas**. SP: Perspectiva, 1975.

LEMOS FILHO, L.C. de A.; CARVALHO, L.G.; EVANGELISTA, A.W.P.; CARVALHO, L.M.T.; DANTAS, A.A.A. Análise espaço-temporal da evapotranspiração de referência para Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, p.1462-1469, 2007.

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

LIMA, J. R. **Uma proposta de delimitação da área de degradação/desertificação de Canindé, Ceará**. (Mestrado em Geografia) Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2015.

LIMA, J. R.; CORDEIRO, A. M. N.; BASTOS, F. H. A influência dos aspectos geomorfológicos nas áreas degradadas susceptíveis à desertificação no estado do Ceará, Brasil. **Paisagem e Ambiente**, n. 38, p. 57-69, 2016.

LIMA, J. R.; MAGALHÃES, A. R **Governança ambiental no Brasil: instituições, atores e políticas públicas** / organizadora: Adriana Maria Magalhães de Moura. – Brasília: Ipea, 2016.  
MALVEZZI, Roberto; **Semiárido: Uma Visão Holística**. Brasília: Confea, 2007, p. 106.

MARCUZZO, F. F. N.; ANDRADE, L. R.; MELO, D. C. R. Métodos de Interpolação Matemática no Mapeamento de Chuvas do Estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de**

**Geografia Física**, América do Norte, v.4, n.4, p. 696-710, 2011.

MATALLO JR. H.; **Glossário de Termos e Conceitos usados no Contexto da UNCCD**. Brasília: MMA. 2009

MATALLO JR., H. **Indicadores de Desertificação: histórico e perspectivas**. Brasília: UNESCO, 2001

MATALLO JUNIOR., H. **A desertificação no mundo e no Brasil**. In: SCHENKEL, C. S. e MATALLO JR, H (Org). **Desertificação**. Brasília: UNESCO, 2003.

Melo, M. L. **Paisagens do nordeste de Pernambuco e Paraíba**. Ed. Nacional, Rio de Janeiro, 1958. 325 p.

MENDONÇA, Francisco.; DANNI-OLIVEIRA, Ines M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. v. 1. São Paulo: Oficina de Texto, 2007. 206 p.

MONTEIRO, C. A. F. **On the desertification in the Northeast Brazil and man's role in this process**. Latin American Studies nº 9. Ibaraki, The University of Tsukuba, Japan, 1988.

MONTEIRO, C.A. de F. **Clima e excepcionalismo**: Conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico. Florianópolis. Ed. UFCS, 1991, p. 1-233.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.; B KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**. n 403, p.853-859, 2000

NASCIMENTO, Flávio Rodrigues do. **Degradação Ambiental e desertificação no Nordeste brasileiro**: o contexto da bacia hidrográfica do rio Acaraú-Ceará. 2006. 340 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Geografia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006.

NETO, J. N. do N.; SOBRINHO, J. F.; FALCÃO, C. L. da C. Agricultura na serra de Uruburetama, Ceará. **Geopauta**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 49-68, 2020. DOI: 10.22481/rg.v4i1.6122. Disponível em: <https://periodicos2.uesb.br/index.php/geo/article/view/6122>. Acesso em: 10 mar. 2021.

NIMER, Edmon. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. 480 p.

OMETTO, José Carlos. **Bioclimatologia Vegetal**. São Paulo: Ceres, 1981. 435 p.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Text of the United Nations Convention to combat desertification**. 2011 Disponível em: [www.unccd.int/convention/text/convention.php](http://www.unccd.int/convention/text/convention.php). Acesso em: 10 out. 2019.



PENMAN, H. L. **The Physical Bases of Irrigation Control**, in Report 13th Int. Hort. Congr., 2. Pages, Royal Horticultural Society, London, 1953.

PEQUENO, H.C.; SILVA, Z.R.; CAMPOS, J.L.D. Balanço hídrico-climático de algumas microrregiões do Estado do Ceará, Brasil. **Ciência Agronômica**, v4, n.1/2, p. 43-46, 1974

PEREIRA, A. R. *et al.* **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 487p

PEREZ-Marin, A. M.; Cavalcante, A. M. B.; Medeiros, S. S.; Tinoco, L. B. M.; Salcedo, I. H. **Núcleos de desertificação no semiárido brasileiro: Ocorrência natural ou antrópica?** Parcerias Estratégicas, v.17, p.87-106, 2012.

PEREZ-MARIN, Aldrin Martins.; SANTOS, Ana Paula Silva dos (coords.). **O semiárido brasileiro: riquezas, diversidades e saberes**. Campina Grande: INSA/MCTI, 2013.

Pillar, V. D. **Clima e vegetação. Departamento de Botânica**. Porto Alegre: UFRGS. 1995. 4p.

PINHEIRO, Francisco José. **Mundo em confrontos: povos nativos e europeus na disputa pelo território**. In: SOUZA, Simone de. Uma Nova história do Ceará. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2000. Fortaleza: Fundação Demócrito Rocha, 1995. P.65-92.

PIUAI, Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Panorama da Desertificação no Estado do Piauí**. [Relatório de Consultoria]. Teresina/PI, 2005.

RAÚJO, J. A.; SOUZA, R. F.; Abordagens sobre o processo de desertificação: uma revisão das evidências no Rio Grande do Norte. **Geosul, Florianópolis**, v. 32, n. 65, p. 122-143, 2017.

REDDY, S.J. Climatic classification: the semi-arid tropics and its environment - a review. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 1983. vol. 18, p. 23-847.

REINING, P. **Handbook of Desertification Indicators**. AAAS: Nairobi, Kenya, 1978.

REIS, Jurandir Gondim. **Desertificação no Nordeste**. Recife: SUDENE/DPG/PRN. 1988

RETALLACK, G.J. **Soils of the past: an introduction to paleopedology**. Harper Collins Academic. London. UK. 519p.1991

RICHÉ, G. R.; SÁ, I. B.; FOTIUS, G. A. **Pesquisa sobre reabilitação ambiental no trópico semiárido brasileiro**. In: SEMANA DE RECURSOS NATURAIS E MEIO AMBIENTE, 1994, Salvador. FIBGE, 1994.

RODRIGUES, V. Desertificação: As relações entre suas causas e as atividades humanas. **Interciência**. v. 12, n. 2, Caracas. 1987

RODRIGUES, V. et al. “**Avaliação do Quadro da Desertificação no Nordeste do Brasil: diagnóstico e perspectivas**”. In: GOMES, G.M. et al. (eds). Desenvolvimento Sustentável no Nordeste. IPEA: Brasília, 1995.

RODRIGUES, V. **Pesquisa dos estudos e dados existentes sobre desertificação no Brasil**. Brasília: MMA, 1997

ROLIM, G.S.; CAMARGO, M.B.P.; LANIA, D.G.; MORAES, J.F.L. Classificação climática de köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.4, p.711-720, 2007.

ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL TM para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria. V. 6. n.1. p133-137,1998.

ROSÁRIO, L. **Indicadores de desertificação para Portugal continental**. Editideias: Lisboa, 2004.

SÁ, I. B.; FOTIUS, G. A.; RICHÉ, G. R. **Degradação ambiental e reabilitação natural no Trópico semiárido brasileiro** In: CONFERÊNCIANACIONAL E SEMINÁRIO LATINO AMERICANO DA DESERTIFICAÇÃO, 1994, Fortaleza, CE. Anais ... Brasília. DF: SEPLAN, 1994.

SÁ, I. B.; Angelotti, F. (2009). **Degradação ambiental e desertificação no Semiárido brasileiro**. in: Angelotti, F.; SÁ, I. B.; Menezes, E. A.; Pellegrino, G. Q. Mudanças climáticas e desertificação no Semiárido brasileiro. Petrolina, PE: Embrapa Semiárido; Campinas, SP: Embrapa Informática Agropecuária.

SALES, M. C. L. (2003). Degradação ambiental em Gilbués, Piauí. **Mercator** – Revista de Geografia da UFC, ano 02, n. 4, p. 115-124.

SAMPAIO E. V. S. B. **Caracterização da caatinga e fatores ambientais que afetam a ecologia das plantas lenhosas**. In: Sales VC (Ed.). Ecosistemas brasileiros: manejo e conservação. Fortaleza, 2003. Expressão Gráfica e Editora

SAMPAIO, E. V. S. B.; Araújo, M. S. B.; Sampaio, Y. S. B. (2005). **Impactos ambientais da agricultura no processo de desertificação no Nordeste do Brasil**. Revista de Geografia, Recife, v. 22, n. 1, p. 90-112.

SAMPAIO, E. V. S. B.; Sampaio, Y.; Vital, T.; Araújo, S. B.; Sampaio, G. R. (2003). **Desertificação no Brasil: conceitos, núcleos e tecnologias de recuperação e convivência**. Recife: Editora Universitária da UFPE

SAMPAIO, Everaldo V.S.B.; ARAÚJO, Maria do Socorro B.; SAMPAIO, Yony S.B. Impactos ambientais da agricultura no processo de desertificação no Nordeste do Brasil. **Revista de Geografia**. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. 22, nº 1, jan/jun. 2005.

SANTOS, G. O. et al. Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, noroeste do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 4, n. 3, p. 142-149, out./dez. 2010.

Santos, G.O.; Hernandez, F.B.T.; Rossetti, J.C. (2010). Balanço Hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, noroeste do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 4, n. 3, p. 142–149.

SANTOS, J. S. dos.; LIMA, E. R. V. de L. **Análise do processo de desertificação no município de Picuí - PB através de indicadores socioambientais**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 10, 2004.

SCHNEIDER, H.; DA SILVA, C. A. O uso do modelo box plot na identificação de anos-padrão secos, chuvosos e habituais na microrregião de Dourados, Mato Grosso do Sul. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 27, p. 131-146, 2014.

SENTELHAS, P.C.; SANTOS, D.L. dos; MACHADO, R.E. Water deficit and water surplus maps for Brazil, based on FAO Penman-Monteith potential evapotranspiration. **Revista Ambiente e Água**, v.3, p.28-42, 2008

SOARES, D. B.; Mota Filho, F. de.; Nóbrega, R. S. Sobre o processo de desertificação. **Revista Brasileira de Geografia Física**. Recife, 01, 174-188. 2011

SOUZA, B. I.; MARTINS, V. C. **Infiltração da água em solos de zona semiárida e sua relação com os processos de desertificação**. Porto Alegre (RS): Boletim Gaúcho de Geografia, v. 39, p. 25-39, 2012.

SOUZA, B. I.; SILANS, A. M. B. P.; SANTOS, J. B. **Contribuição ao estudo da desertificação na Bacia do Taperoá**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande. v.8, n.2/3, p.292-298, 2004

SOUZA, B.I. **Cariri paraibano: do silêncio do lugar à desertificação**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geografia (UFRGS), Porto Alegre. 2008

SOUZA, M.J.N. de (rel.). **Panorama da desertificação no estado do Ceará**. Fortaleza: GPCD-CE, 2005.

SOUZA, Marcos José Nogueira de. **Contexto ambiental do enclave úmido da serra de Baturité-Ceará**. In: BASTOS, F. H (Org.). Serra de Baturité: uma visão integrada das questões ambientais. Fortaleza: Expressão. 2012

SUERTEGARAY, D. M. A.; GUASSELLI, L. A.; VERDUM, R. (Org.) **Atlas da arenização - Sudoeste do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre/RS: Secretaria da Coordenação e Planejamento, 2001. 85 p

SUN WU. An approach to the designing principle of desertification indicators. **Journal of Natural Resources**. 15(2):160~163, 2000.

TAVARES, Antonio Carlos. **Critérios de escolha de anos padrões para análise rítmica**. Geografia, v.1, n.1, p.79-87, 1976.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, vol. VIII, n.1)

THORNTHWAITE. C.W. **Atas of climatic types in the United States 1900 – 1939**. USD, 1941.

TRAVASSOS, I. S.; Souza, B. I.; Silva, A. B. (2013). **Secas, Desertificação e Políticas Públicas no Semiárido Nordestino Brasileiro**. Revista OKARA: Geografia em debate, João Pessoa, PB, 7(1), 147-164

TUBELIS, A. **Conhecimentos práticos sobre clima e irrigação**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. 215p

TUCCI, Carlos E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2 edição. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2000. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v.4).

UNCCD. **Ficha Informativa, 11**. Disponível em: <http://www.unccd.int/publicinfo/factsheet/s/spa.php>. Acesso em: 17 fev. 2020.

UNCCD. **Ficha Informativa, 12**. Disponível em: <http://www.unccd.int/publicinfo/factsheet/s/spa.php>. Acesso em: 17 fev. 2020

UNCCD. **Ficha Informativa, 13.** Disponível em: <http://www.unccd.int/publicinfo/factsheet/s/spa.php>. Acesso em: 17 fev. 2020

UNCCD. **Ficha Informativa, 15.** Disponível em: <http://www.unccd.int/publicinfo/factsheet/s/spa.php>. Acesso em: 17 fev. 2020

UNCCD. **Ficha Informativa, 2.** Disponível em: <http://www.unccd.int/publicinfo/factsheet/s/spa.php>. Acesso em: 17 fev. 2020.

UNEP. **Status of Desertification and Implementation of UM Plan of Action to Combat Desertification**, Nairóbi, 1991, 78 p.

UNEP. **World Atlas of Desertification**, Edward Arnold ed., London, 1992, 68 p.

UNESCO. **Map of World Distribution o Arid Regions**, Paris, 1979, p.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. **Núcleos de Desertificação no Polígono das Secas.** In: Anais do ICB 1. Universidade Federal de Pernambuco: Recife, 1971.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. **Processos de Desertificação no Nordeste.** Sudene: Recife, 1983

VASCONCELOS, R.; MATALLO, H. **Estimativa de Perdas Econômicas Provocadas pelo Processo de Desertificação na Região do Semiárido do Nordeste.** In: SCHENKEL, C.; MATALLO, H. *Desertificação*. Unesco: Brasília,