



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

JÉSSICA SAMARA CAVALCANTE

**CARACTERIZAÇÃO DO CRESCIMENTO URBANO DO MUNICÍPIO DE SÃO
GONÇALO DO AMARANTE FRENTE À EXPANSÃO INDUSTRIAL DO
MUNICÍPIO**

**FORTALEZA
2024**

JÉSSICA SAMARA CAVALCANTE

CARACTERIZAÇÃO DO CRESCIMENTO URBANO DO MUNICÍPIO DE SÃO
GONÇALO DO AMARANTE FRENTE À EXPANSÃO INDUSTRIAL DO MUNICÍPIO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Graduação em Engenharia Ambiental
da Universidade Federal do Ceará, como
requisito parcial à obtenção do grau de
Bacharelado em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Cleiton da Silva Silveira

FORTALEZA

2024

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

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

S697c Sousa, Jéssica Samara Cavalcante de.

Caracterização do crescimento urbano do município de São Gonçalo do Amarante frente à expansão industrial do município / Jéssica Samara Cavalcante de Sousa. – 2024.

41 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Ambiental, Fortaleza, 2024.

Orientação: Prof. Dr. Cleiton da Silva Silveira.

1. Urbanização. 2. São Gonçalo do Amarante. 3. Poluição. 4. Meio Ambiente . 5. Sociedade. I. Título. CDD 628

JÉSSICA SAMARA CAVALCANTE

CARACTERIZAÇÃO DO CRESCIMENTO URBANO DO MUNICÍPIO DE SÃO
GONÇALO DO AMARANTE FRENTE À EXPANSÃO INDUSTRIAL DO MUNICÍPIO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Graduação em Engenharia Ambiental
da Universidade Federal do Ceará, como
requisito parcial à obtenção do grau de
Bacharelado em Engenharia Ambiental.

Aprovada em: 30/ 08 /2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Cleiton da Silva Silveira (Orientador)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Suellen Teixeira Nobre Gonçalves
Mestra em Climatologia (UECE)

José Micael Ferreira da Costa
Doutorando em Recursos Hídricos (DEHA-UFC)

A Deus meu pai que nunca me abandonou, a Jesus meu melhor amigo e ao Espírito Santo que sempre me consolou. A minha mãe por sempre me mostrar que sou capaz de conquistar meus sonhos. Aos amigos próximos que consigo contar em uma mão, mas que me incentivaram a permanecer nessa luta, pois um dia a vitória chegaria.

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente ao Pai, Filho e Espírito Santo, ao Pai por sempre me dar forças e guiar meus passos a Jesus que sempre está ao meu lado como meu melhor amigo e ao Espírito Santo por sempre me consolar nos momentos mais difíceis nessa jornada.

Agradeço a minha mãe por sempre me mostrar que sou capaz de conquistar meus sonhos e por me dar o maior exemplo de mulher guerreira que eu poderia ter, agradeço aos familiares que torceram e acreditaram na minha vitória.

Agradeço aos amigos que passaram e ficaram nessa longa jornada, muitos não são mais tão próximos, porém foram cruciais para o início da minha formação, a força e as palavras de incentivo me guiaram e me fizeram ver que eu estava no caminho certo.

Agradeço a Universidade Federal do Ceará pelos seus programas e principalmente agradeço aos professores pela excelente condução nas disciplinas e apoio aos alunos.

Agradeço especialmente a mim, por me superar e não desistir dos meus sonhos, por ser a primeira da minha família a formar em Engenharia na Universidade Federal.

"Porque para Deus nada é impossível"

- Lucas 1:37

RESUMO

A industrialização no Estado do Ceará passou por um processo de transformação profunda ao longo dos séculos, influenciando significativamente o desenvolvimento econômico e social da região. O primeiro período da industrialização, iniciado no final do século XIX, foi caracterizado pela instalação das primeiras fábricas têxteis e unidades de beneficiamento de algodão, que emergiram em resposta à disponibilidade de matéria-prima e ao interesse em diversificar a economia cearense, até então predominantemente agrícola. A partir das últimas décadas do século XX e início do século XXI, a industrialização no Ceará entrou em uma nova fase, marcada por intervenções governamentais mais estruturadas e pelo estabelecimento de polos industriais estratégicos. O destaque desse período foi a criação do Complexo Industrial e Portuário do Pecém, em São Gonçalo do Amarante, em 2002, que se tornou um catalisador para o desenvolvimento econômico local e regional. Essa fase consolidou a industrialização como um dos pilares da economia cearense, com ênfase na integração entre desenvolvimento econômico e planejamento territorial. O trabalho aqui apresentado visa aprofundar o estudo desse processo, focando no impacto da industrialização no crescimento econômico de São Gonçalo do Amarante, município que se destacou pela rápida urbanização e pelo crescimento populacional, notadamente após a implantação do Complexo do Pecém. Além de avaliar os impactos econômicos e sociais dessa expansão industrial, também se propõe a analisar os efeitos ambientais associados ao crescimento urbano acelerado, decorrente da atividade industrial. A metodologia adotada abrange análises multidisciplinares que integram estudos históricos, socioeconômicos e ambientais, utilizando ferramentas avançadas como o Sistema de Informação Geográfica (SIG) e dados de diversas fontes reconhecidas. Os resultados deste estudo revelam a necessidade de políticas integradas que conciliem o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental e a qualidade de vida, enfatizando a importância de abordagens sustentáveis para garantir um futuro equilibrado para São Gonçalo do Amarante e suas comunidades.

Palavras-chave: indústria; economia; meio ambiente; urbanização.

ABSTRACT

Industrialization in the state of Ceará has undergone a profound transformation over the centuries, significantly influencing the region's economic and social development. The first period of industrialization, beginning in the late 19th century, was characterized by the establishment of the first textile factories and cotton processing units, which emerged in response to the availability of raw materials and the interest in diversifying Ceará's economy, which was predominantly agricultural at that time. From the last decades of the 20th century to the early 21st century, industrialization in Ceará entered a new phase, marked by more structured governmental interventions and the establishment of strategic industrial hubs. The highlight of this period was the creation of the Pecém Industrial and Port Complex in São Gonçalo do Amarante in 2002, which became a catalyst for local and regional economic development. This phase solidified industrialization as one of the pillars of Ceará's economy, with an emphasis on the integration of economic development and territorial planning. The work presented here aims to deepen the study of this process, focusing on the impact of industrialization on the economic growth of São Gonçalo do Amarante, a municipality that stood out for its rapid urbanization and population growth, especially after the implementation of the Pecém Complex. In addition to assessing the economic and social impacts of this industrial expansion, it also proposes to analyze the environmental effects associated with accelerated urban growth resulting from industrial activity. The methodology adopted encompasses multidisciplinary analyses that integrate historical, socioeconomic, and environmental studies, using advanced tools such as Geographic Information System (GIS) and data from various recognized sources. The results of this study reveal the need for integrated policies that reconcile economic development with environmental preservation and quality of life, emphasizing the importance of sustainable approaches to ensure a balanced future for São Gonçalo do Amarante and its communities.

Keywords: industry; economy; environment; urbanization.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mapa da malha distrital do município de São Gonçalo do Amarante.....	9
Figura 2 – Mapa de localização de São Gonçalo do Amarante para 2023	10
Figura 3 – Crescimento populacional de São Gonçalo do Amarante.....	14
Figura 4 – População urbana e rural (1991 a 2010)	15
Figura 5 – Grupos de idade segundo o sexo em 2022	15
Figura 6 – Evolução da área urbana de São Gonçalo do Amarante	16
Figura 7 – Mapa de localização de uso e cobertura do solo para 1985	17
Figura 8 – Mapa de localização de uso e cobertura do solo para 1995	17
Figura 9 – Mapa de localização de uso e cobertura do solo para 2005	18
Figura 10 – Mapa de localização de uso e cobertura do solo para 2015	18
Figura 11 – Mapa de localização de uso e cobertura do solo para 2022	19
Figura 12 – Classes de uso e ocupação do solo de São Gonçalo do Amarante.....	20
Figura 13 – Série histórica pluviométrica para São Gonçalo do Amarante	21
Figura 14 – Série histórica das emissões de dióxido de carbono no município (1990 a 2022)	22
Figura 15 – Série histórica das emissões de dióxido de carbono no Ceará (1990 a 2022)	23
Figura 16 – Série histórica das emissões de dióxido de carbono no Nordeste (1990 a 2022) .	24
Figura 17 – Exportações cearenses por município no acumulado do ano.....	25
Figura 18 – Percentual de participação de São Gonçalo do Amarante nas exportações	25

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CIN	Centro Internacional de Negócios do Ceará
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Ceará
CIPP	Complexo Industrial e Portuário do Pecém
FIEC	Federação das Indústrias do Estado do Ceará
Funceme	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
<i>OSGeo</i>	<i>Open Source Geospatial Foundation</i>
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
SEEG	Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIAGAS	Sistema de Informações de Águas Subterrâneas
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Objetivo Geral	3
1.2	Objetivos Específicos.....	3
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1	Contexto do comportamento urbano em alguns países do mundo	4
2.2	Breve Contexto da Industrialização no Estado do Ceará	5
2.3	O Processo de Urbanização e os seus Impactos Socioambientais	6
3	METODOLOGIA.....	8
3.1	Caracterização da Área de Estudo.....	8
3.2	Aquisição, Tratamento e Análise dos Dados	11
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	14
4.1	Crescimento Populacional	14
4.2	Uso e cobertura do solo	16
4.3	Emissões de gases atmosféricos	21
4.4	Contexto econômico e industrial	24
5	CONCLUSÕES.....	26
	REFERÊNCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

A história da industrialização no Estado do Ceará é um fascinante percurso marcado por distintas fases, cada qual contribuindo para a formação da atual paisagem econômica e social. Para compreender esse processo multifacetado, é imperativo traçar um breve panorama que abrange desde o final do século XIX até os dias atuais (Arruda e Ferreira, 2014).

Amora (2005), ao investigar a industrialização cearense, delineou três períodos significativos, em que os dois primeiros foram compreendidos como: o primeiro, com início no final do século XIX e estendeu-se até os anos de 1950, caracterizado pela chegada das primeiras fábricas têxteis e beneficiadoras de algodão. A segunda fase, de 1960 até meados dos anos de 1980, testemunhou a industrialização em estágios iniciais, impulsionada pela crise no setor agrícola e investimentos na modernização das indústrias já existentes, bem como na criação de novos segmentos industriais (NASCIMENTO, 2021).

O terceiro período, de acordo com Beserra (2007), ocorrido em meados de 1980 até os dias atuais, marcou uma fase de grande relevância para o Ceará, especialmente devido às ações dos governos de Tasso Jereissati e Ciro Gomes. Esses gestores estaduais implementaram medidas e políticas com o objetivo de impulsionar o desenvolvimento econômico e social da região. A era de Tasso Jereissati, iniciada em 1987, foi marcada por uma meta clara: integrar o estado no processo de globalização da produção, buscando aprimorar a eficiência e lucratividade do capital (ARAÚJO, 2007).

Clélia *et al.* (2009) ressaltam que, nos 20 anos seguintes, os governos subsequentes, sob forte influência do governo federal, foram responsáveis por atrair diversos investimentos públicos e privados para o Ceará, desenvolvendo uma política concentrada em três eixos: industrial, turismo e agronegócio. Nos anos subsequentes, Silva Filho *et al.* (2009) identificaram a presença significativa de empresas na Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), contribuindo expressivamente para a criação de empregos diretos. Durante esse período, setores como alimentos, calçados, componentes e metalmecânica predominaram na paisagem industrial cearense (NUNES, 2005).

A industrialização do estado cearense desempenhou um papel crucial na transformação da matriz econômica do Estado, contribuindo para a geração de emprego e renda, a urbanização e a modernização da infraestrutura (ARRUDA, 2013). Além disso, o setor industrial estimulou o desenvolvimento de outras atividades econômicas, como o comércio e os serviços, e impulsionou a formação de um mercado interno mais dinâmico (DE HOLANDA *et al.*, 2023). A industrialização também teve um impacto significativo na vida social dos

cearenses, alterando hábitos de consumo, padrões de trabalho e as relações sociais (DE MORAIS *et al.*, 2023).

A trajetória industrial do Ceará, marcada por eventos históricos singulares, transcende os limites da esfera econômica. As profundas transformações desencadeadas por esse crescimento reverberaram na dinâmica populacional, remodelando o tecido social e exigindo novas formas de organização espacial (CASTRO, 2023). A urbanização acelerada, corolário natural da industrialização, impõe-se como um fenômeno complexo que demanda uma análise aprofundada de seus impactos socioambientais, com destaque para questões como desigualdade social, pressão sobre os recursos naturais e mudanças nos padrões de consumo (ALVES *et al.*, 2024).

1.1 Objetivo Geral

- Analisar o crescimento urbano do município de São Gonçalo do Amarante e o processo de expansão industrial, avaliando seus impactos socioeconômicos e ambientais, visando compreender as principais mudanças ocasionadas ao longo dos anos.

1.2 Objetivos Específicos

- Discorrer sobre a influência industrial no crescimento econômico de São Gonçalo do Amarante;
- Avaliar os impactos sociais, econômicos e territoriais decorrentes da expansão industrial no município, com ênfase na urbanização e no uso e ocupação do solo;
- Analisar os efeitos ambientais, como a poluição do ar, mudanças no regime de chuvas resultantes do crescimento urbano e das atividades industriais em São Gonçalo do Amarante.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Contexto do comportamento urbano em alguns países do mundo

Apesar de se observar o crescimento urbano como um fator determinante na mudança territorial, é válido mencionar o fenômeno oposto, o encolhimento urbano, que pode ser observado em alguns países do mundo, como Alemanha e Estados Unidos, conforme Wiechmann e Pallagst (2012) destacam em seu trabalho, no qual citam que até 2012, 13% das regiões urbanas dos EUA e 54% das da União Europeia foram afetadas pelo decréscimo populacional. Os autores explicam que o fenômeno na Alemanha foi causado pela queda de natalidade e da reunificação alemã, enquanto nos EUA's, está relacionado à transformação industrial a longo prazo, com a automação de processos.

Por outro lado, é importante destacar que esse fenômeno tem afetado também países em desenvolvimento, por exemplo, a China (ZHANG *et al.*, 2023). Meng e Long (2022) observaram que de 2010 a 2020, havia 266 cidades chinesas em processo de encolhimento, representando um aumento de 12% em relação aos dados de 2000 a 2010, estando essas áreas localizadas nas porções Nordeste e Central do país.

Na Coreia do Sul, na cidade de Daegu, que cresceu rapidamente com uma indústria têxtil durante a expansão industrial do estado desenvolvimentista, e que nos últimos vinte anos até 2018, conforme Joo e Seo (2018) destacam em seu artigo, foi prejudicada pela desindustrialização, declínio populacional e aumento da desigualdade socioespacial, promovendo a queda dos centros urbanos, sintomas semelhantes ao de muitas cidades industriais antigas que lutam pra encontrar um novo nicho na economia global.

Outro importante país, também afetado pelo encolhimento urbano, é o Japão. Hattori *et al.* (2017) cita que, desde 2004 a população do país tende a diminuir em muitas cidades, pelo menos é o que aponta o Censo japonês em suas projeções de 1955 a 2060, projetando a diminuição do crescimento populacional anual. Dentre os fatores de alerta para o governo japonês está o envelhecimento da população, baixa fertilidade e habitação devoluta.

2.2 Breve Contexto da Industrialização no Estado do Ceará

Amora (2005) objetivando compreender a industrialização cearense, propôs a divisão desse processo em três períodos que, segundo Nascimento (2021), os dois primeiros podem ser entendidos da seguinte forma: o primeiro com início no final do século XIX até os anos de 1950, época da chegada das primeiras fábricas têxteis e beneficiadoras de algodão. A segunda fase, de 1960 até meados dos anos de 1980, com a industrialização ainda nos estágios iniciais, sendo impulsionada pela crise no setor agrícola e pelo investimento na modernização das indústrias já existentes, bem como na criação de novos segmentos industriais.

Já o terceiro período, de acordo com Beserra (2007), ocorrido em meados de 1980 aos dias atuais, o estado do Ceará passou por um período de grande relevância em termos de modernização, especialmente devido às ações dos governos de Tasso Jereissati e Ciro Gomes. Esses governantes estaduais implementaram medidas e políticas com o objetivo de impulsionar o desenvolvimento econômico e social da região, focando em investimentos na infraestrutura e na diversificação da economia. Essa abordagem de modernização governamental desempenhou um papel fundamental no progresso contínuo do Ceará ao longo dessas décadas.

De acordo com Araújo (2007), com o início do mandato do governador Tasso Jereissati, a partir de 1987, o governo estadual cearense adotou como meta principal integrar o estado no processo de globalização da produção, buscando aprimorar a eficiência e lucratividade do capital, o que implica na adoção dos princípios do neoliberalismo, resultando na redução do enfoque estatal nas questões sociais e na facilitação da circulação do capital dentro do território cearense. Clélia *et al.* (2009) ressalta que em 20 anos, os governos seguintes, sob forte influência do governo federal, foram responsáveis por atrair diversos investimentos públicos e privados para o Ceará, desenvolvendo, assim, uma política concentrada em três eixos: industrial, turismo e agronegócio.

Lima (1997) afirma que durante o mandato do governador Ciro Gomes, de 1991 a 1994, o estado do Ceará recebeu 204 indústrias, as quais foram distribuídas em 25 municípios, totalizando um investimento de US\$ 2,4 bilhões, gerando 44.522 empregos diretos. Dessa maneira, os municípios cearenses atuaram para atrair empresas, disponibilizando terrenos em distritos industriais, com infraestrutura e serviços. As cidades médias apresentaram mais vantagens nessa guerra fiscal, pois além dos incentivos, disponibilizavam meios técnicos mais modernos e eficientes, fundamentais para o funcionamento de fábricas que têm o centro de

comando em outros estados e um mercado consumidor nos mais diferentes países (Clélia *et al.*, 2009).

No que tange aos anos que se sucederam, Silva Filho *et al.* (2009), em seu trabalho, mencionam que no período de 1995 a 2002, foi constatada a presença de 153 empresas (56,7%) na Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), as quais contribuíram para a criação de 27.895 postos de trabalho diretos, equivalendo a 48,6% do total de empregos do estado do Ceará. Em contrapartida, no interior do estado, foram identificadas 117 empresas (43,3%), as quais geraram 29.462 empregos diretos, representando 51,4% do total do estado. Durante esse período, os três grandes gêneros de indústria predominantes foram o de alimentos, calçados, componentes e afins e de metalmecânica, conforme salienta Nunes (2005).

Tendo em vista esses importantes acontecimentos históricos associados ao crescimento industrial no Ceará, é evidente que tais mudanças não interferem apenas no crescimento econômico, mas propicia mudanças significativas na dinâmica populacional e no planejamento territorial, sobretudo, no que tange à urbanização e às relações com o meio ambiente, como destaca Pinto e Moreira (2022).

Quanto ao processo de urbanização de São Gonçalo do Amarante, de acordo com Lima (2024) é um reflexo das transformações socioeconômicas que marcaram o Ceará nas últimas décadas. Impulsionada por fatores como a industrialização, a expansão do setor de serviços e a melhoria da infraestrutura, a cidade experimentou um crescimento urbano acelerado. Segundo Martins (2023), a instalação do Complexo Industrial e Portuário do Pecém, em particular, foi um marco fundamental nesse processo, atraindo um grande contingente populacional em busca de oportunidades de trabalho.

Contudo, conforme Da Silva (2023), esse crescimento vertiginoso trouxe consigo uma série de desafios. A urbanização desordenada, a falta de planejamento urbano e a insuficiência de investimentos em infraestrutura básica geraram problemas como a ocupação irregular do solo, a formação de grandes favelas e a sobrecarga dos serviços públicos. A consequência direta desses desafios foi a intensificação das desigualdades sociais e a degradação ambiental, com impactos negativos na qualidade de vida da população (CAIAFO, 2023).

2.3 O Processo de Urbanização e os seus Impactos Socioambientais

Soares *et al.* (2014) aponta que a expansão caótica das cidades é um tópico amplamente debatido no meio acadêmico, especialmente durante a formulação de políticas

públicas de planejamento urbano. Esse crescimento desordenado, aliado ao aumento populacional sem planejamento adequado desde a era industrial, resulta na concentração populacional não planejada em áreas insalubres, propensas a riscos, originando favelas e doenças devido à falta de saneamento.

De acordo com Ferreira (2000), a rápida urbanização nos países subdesenvolvidos é resultado da atração exercida pelos polos industriais sobre a mão-de-obra migrante, o que levou à explosão de grandes centros urbanos no Terceiro Mundo. No entanto, essas áreas urbanas não receberam investimentos suficientes em habitação, infraestrutura e equipamentos, resultando em aglomerações desiguais marcadas pela divisão social do espaço. Pinto e Moreira (2022) destacam que o crescimento urbano nas cidades capitalistas é inicialmente impulsionado por fatores socioeconômicos e, posteriormente, moldados pela infraestrutura urbana, o que se reflete em sua configuração espacial, resultando assim na manifestação de desigualdades socioespaciais.

Segundo Tang e Hu (2023) o aumento significativo da expansão urbana e do uso intensivo da terra tem consequências diretas na demanda e no consumo de energia, e resulta na diminuição proporcional das áreas naturais devido à construção urbana. Isso não apenas contribui para o aumento das emissões de carbono, mas também diminui a capacidade de absorção de carbono pelos sumidouros naturais.

Mendonça *et al.* (2009) afirma que, no Brasil, a intensificação do processo de urbanização foi impulsionada pela industrialização, que atraiu uma considerável migração da zona rural, aliada ao crescimento natural da população urbana, resultando em um processo desorganizado e sem a infraestrutura necessária, culminando em altos níveis de pobreza e privação para a maioria da população urbana. Conforme Sampaio *et al.* (2011), no Brasil, especialmente nas décadas de 1960 e 1990, devido ao intenso êxodo rural, a população urbana aumentou cerca de 350%, transformando a composição demográfica de predominantemente rural para predominantemente urbana.

Jacobi (2004), em seu trabalho, analisou que, historicamente, a ocupação urbana evitava terrenos mais desafiadores, como os de alta declividade e suscetíveis a erosão, que estavam localizados mais distantes das áreas centrais urbanas, onde a pressão por ocupação era menor. Contudo, a partir dos anos 1950, especialmente nas últimas três décadas, acentuou-se a periferização urbana com intervenções na drenagem, como retificação de rios e expansão de loteamentos periféricos. Brito *et al.* (2014) elucida que a ocupação inadequada do solo é uma ocorrência frequente nas cidades do Brasil, resultado principalmente do rápido crescimento populacional e da utilização de áreas consideradas inadequadas para habitação.

Na literatura, aponta-se, ainda, a relação desse fenômeno com a poluição por microplástico, como apresentado por De Carvalho *et al.* (2022), os quais concluem que a urbanização afeta a poluição por microplásticos nos rios, criando áreas críticas de poluição durante enchentes e que partículas microplásticas oxidadas durante inundações podem conter contaminantes orgânicos prejudiciais. O aumento da densidade populacional e das atividades industriais gera mais resíduos plásticos, que se fragmentam em microplásticos, contaminando rios, lagos e solos urbanos.

Esses poluentes são transportados por águas pluviais e sistemas de esgoto, afetando a qualidade da água e os ecossistemas aquáticos (MATTSSON *et al.*, 2017; SIEGFRIED *et al.*, 2017). Além disso, o solo urbano torna-se um reservatório significativo de microplásticos, impactando a fertilidade do solo e entrando na cadeia alimentar (NG *et al.*, 2018). Assim, o crescimento urbano desordenado e a falta de infraestrutura para gerenciamento de resíduos são fatores-chave para a dispersão desses poluentes (BROWNE *et al.*, 2011).

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização da Área de Estudo

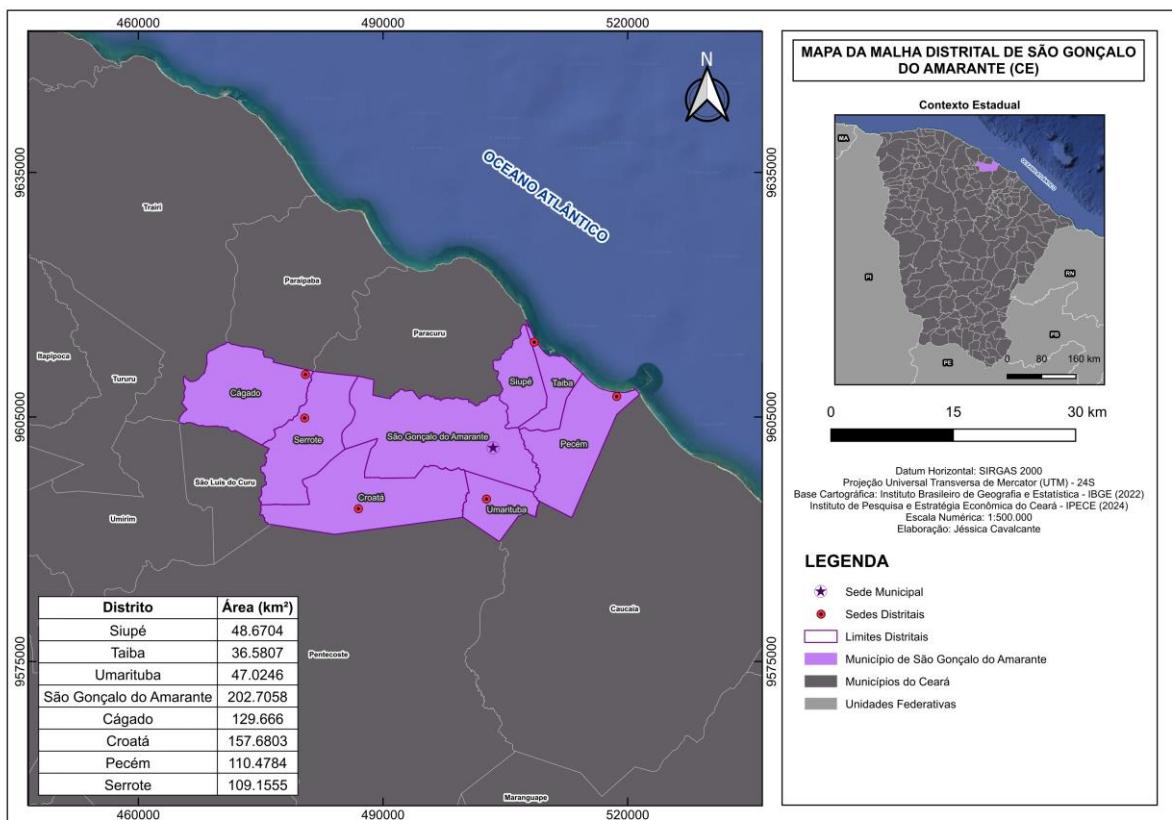
De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2023), o município de São Gonçalo do Amarante (Figura 1 e Figura 2), cujo nome histórico era Anacetaba, possui uma rica trajetória, tendo sido fundado em 27 de novembro de 1868. Estrategicamente localizado na Região Metropolitana de Fortaleza e no Vale do Curu, distanciando-se aproximadamente 63,3 km da Capital do Ceará, Fortaleza, através da CE-085, a municipalidade se ergue como um elo vital na geografia cearense.

Segundo informações da prefeitura municipal, São Gonçalo do Amarante abriga atualmente 7 distritos, a saber: Pecém, Taíba, Siupé, Umarituba, Croatá, Serrote e Cágado, além da sede municipal e 124 comunidades. Este complexo mosaico territorial totaliza cerca de 834.394 km² de extensão, configurando um cenário diversificado que vai desde áreas urbanas consolidadas até comunidades rurais com características singulares.

Além de sua dimensão geográfica e demográfica, destaca-se o município como um polo turístico de grande relevância. Suas praias, como as da Taíba e Pecém, conferem um atrativo adicional à região. A expressiva contribuição de São Gonçalo do Amarante para o setor industrial do estado do Ceará também é de grande destaque, consolidando-se como um protagonista no panorama econômico regional.

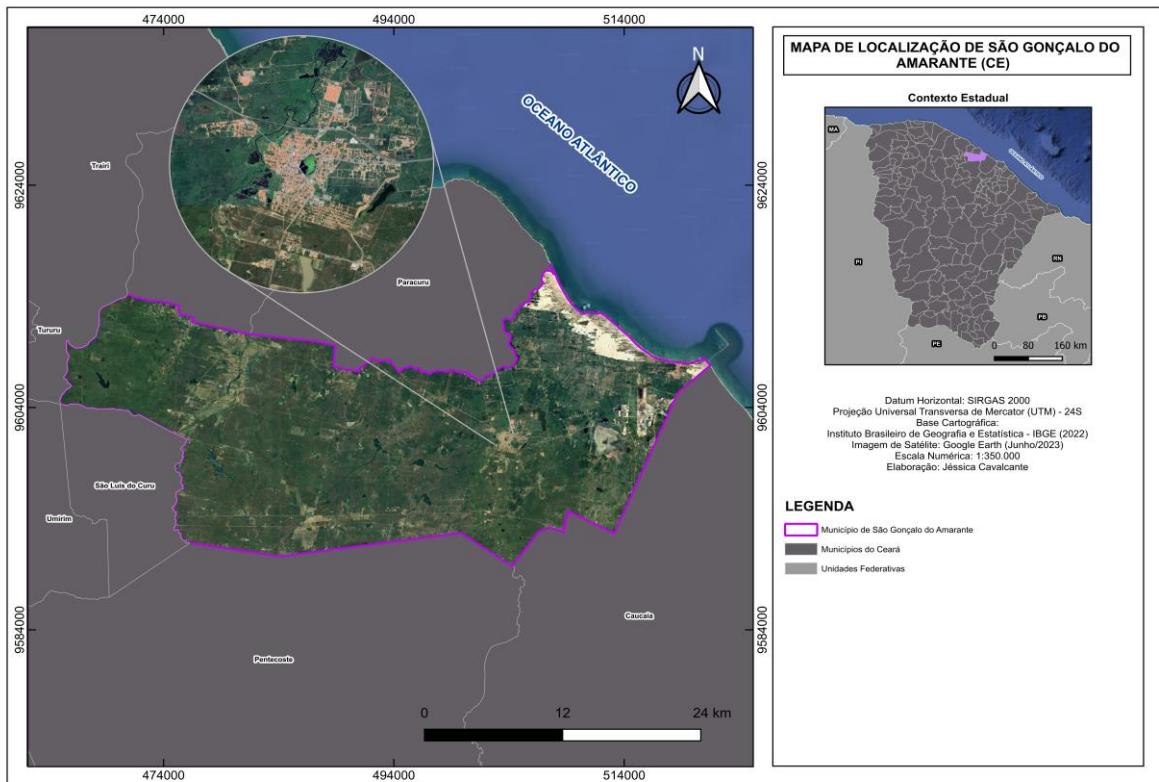
Nesse contexto, a presença de importantes distritos e comunidades, aliada à relevância turística e à participação ativa na atividade industrial, contribuem para moldar a identidade multifacetada de São Gonçalo do Amarante. O município emerge não apenas como um ponto no mapa, mas como um entrelaçamento dinâmico de história, diversidade geográfica, potencial turístico e contribuições econômicas que enriquecem a Região Metropolitana de Fortaleza e do estado do Ceará como um todo.

Figura 1 – Mapa da malha distrital do município de São Gonçalo do Amarante



Fonte: Elaborado pela autora (2024),

Figura 2 – Mapa de localização de São Gonçalo do Amarante para 2023



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Consoante o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) (2017), a caracterização climática do município de São Gonçalo do Amarante revela um cenário classificado como tropical quente semiárido brando. O registro pluviométrico anual, cifrado em 1.026,40 mm, entrelaça-se com temperaturas que oscilam entre 26 e 28 °C, configurando um ambiente marcado pelo calor subtropical. A sazonalidade das chuvas, estendendo-se de janeiro a maio, agraga complexidade ao panorama climático, delineando uma riqueza de nuances que influenciam não apenas os padrões meteorológicos, mas também desempenham papel relevante nas dinâmicas socioeconômicas do município.

Em termos dos atributos ambientais que compõem a geografia de São Gonçalo do Amarante, conforme destacado pelo IPECE (2017), o relevo se desenha por entre a Planície Litorânea e Glacis, além dos Pré-Litorâneos Dissecados em Interflúvios Tabulares. A diversidade de solos, abraçando categorias como Solos Aluviais, Areias Quartzosas, Marinhas, Latossolos Vermelhos e Amarelos, Planossolos Solódicos, Podzólicos Vermelhos-Amarelos e Solonchaks, evidencia a riqueza edáfica do município. A composição vegetacional, do tipo Complexo Vegetacional da Zona Litorânea, adiciona uma camada de biodiversidade que permeia os ecossistemas locais.

No âmbito dos serviços de água e saneamento, a análise do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) referente a 2021 revela dados fundamentais sobre a infraestrutura urbana do município. Na sede do município, a Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) atende cerca de 12.854 pessoas, através de 8.361 ligações e 8.659 economias de água ativas. A relação entre as ligações e economias ativas, aproximadamente 0,96, evidenciando uma composição urbana predominantemente horizontalizada. Importante mencionar que o município abriga cerca de 363 poços, incluindo 2 poços amazonas e 361 poços tubulares, conforme dados do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) em 2023.

Entretanto, ao se analisar os indicadores de atendimento urbano, verifica-se uma disparidade entre o acesso à água e ao esgotamento sanitário. O índice de atendimento urbano de água atinge 40,10%, enquanto o de esgoto permanece em apenas 20,35%, refletindo um desafio que ecoa o cenário deficitário de saneamento no Brasil, onde aproximadamente 100 milhões de brasileiros carecem de acesso à coleta de esgoto. Contrapondo esse cenário, destaca-se a iniciativa da CAGECE, que, em 2023, firmou uma Parceria Público-Privada com a concessionária de saneamento Ambiental Ceará. Este compromisso visa à universalização do serviço de esgoto em 24 municípios cearenses, incluindo São Gonçalo do Amarante, representando um passo significativo em direção à melhoria das condições de saneamento na região.

3.2 Aquisição, Tratamento e Análise dos Dados

Em vista dos aspectos apresentados, para compreensão do contexto atual e do passado, relativos ao crescimento urbano do município, foram confeccionados mapas, a partir da base de dados disponibilizada pelo MapBiomass, uma iniciativa do Observatório do Clima, que conta com a participação de universidades, ONGs e empresas de tecnologia. O objetivo do MapBiomass é mapear anualmente a cobertura e uso da terra do Brasil e monitorar as mudanças do território.

Nesse sentido, a partir das séries históricas de imagens disponibilizadas pelo MapBiomass, no caso deste trabalho, foi utilizada a coleção de imagens 8 e, com isso, analisou-se a dinâmica do crescimento da área urbana a partir de 1985 (data da primeira imagem disponível na plataforma), intervalando em períodos de 10 anos as imagens para execução das análises acerca do crescimento ou da eventual diminuição da extensão da área urbana do município e das modificações ocorridas no uso e ocupação do solo. Dessa maneira, por meio

dos dados raster do MapBiomas e da base cartográfica dos limites municipais, bem como das Unidades Federativas do Brasil, empregou-se o software de Sistema de Informação Geográfica (SIG) QGIS, um SIG de código aberto, um projeto oficial da *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo) e desenvolvido em 2002 por Gary Sherman, sendo incubado a OSGeo em 2007.

Assim, por meio do QGIS foi possível manipular a base raster e vetorial coletada para a produção dos mapas que expressam as mudanças no uso e ocupação do solo, assim como os cálculos de áreas e seus percentuais, conforme os tipos de classes de cobertura do solo para o município de São Gonçalo do Amarante, no Ceará. A versão do QGIS utilizada para este trabalho foi a 3.34. Os dados raster do MapBiomas, dentro do ambiente SIG do QGIS, passaram por alguns tratamentos. Inicialmente, os dados foram reprojetados para o sistema de coordenadas projetadas, no caso, para a Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), fuso UTM 24S, referente ao fuso onde está localizado o município.

Com isso, as imagens foram classificadas seguindo o código de identificação de cada feição, conforme o quadro de simbologias do MapBiomas, o qual permitiu classificar os usos e ocupações do solo para todo território do município. A simbologia adotada para a representação das classes seguiu o arquivo de códigos de legendas para a coleção 8. Posteriormente, para extração dos dados e, por conseguinte, produção dos gráficos, os dados em formato raster foram vetorizados e, mais uma vez, reclassificados para, em seguida, serem exportados no formato xlsx. do Microsoft Excel para confecção de gráficos.

Paralelamente, foram utilizados dados populacionais, envolvendo número de habitantes, idade e sexo, coletados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que remontam ao abrangente período compreendido entre o censo demográfico de 1991 e o ano de 2022, objetivando a compreensão das transformações ocorridas no uso e ocupação do solo.

Adicionalmente, propõe-se uma análise por meio dos dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), no intuito de compreender de que modo o regime pluviométrico ao longo dos anos no referido município pode ter desempenhado um papel preponderante nas condições vigentes de uso e ocupação do solo. Essa abordagem busca entender as relações entre os fenômenos meteorológicos e as transformações no ambiente urbano, proporcionando uma interpretação mais clara das influências que podem afetar as classes de uso e ocupação.

Em uma abordagem análoga, a exploração dos dados fornecidos pelo Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) constitui uma via essencial para examinar as quantidades de dióxido de carbono (CO₂) emitidas ao longo do

extenso intervalo temporal que se estende de 1990 a 2022. Tal análise visa discorrer sobre as interações complexas entre a atividade industrial e energética da região, delineando de maneira elucidativa como tais processos afetam as emissões de CO₂, um indicador crucial na compreensão dos impactos ambientais.

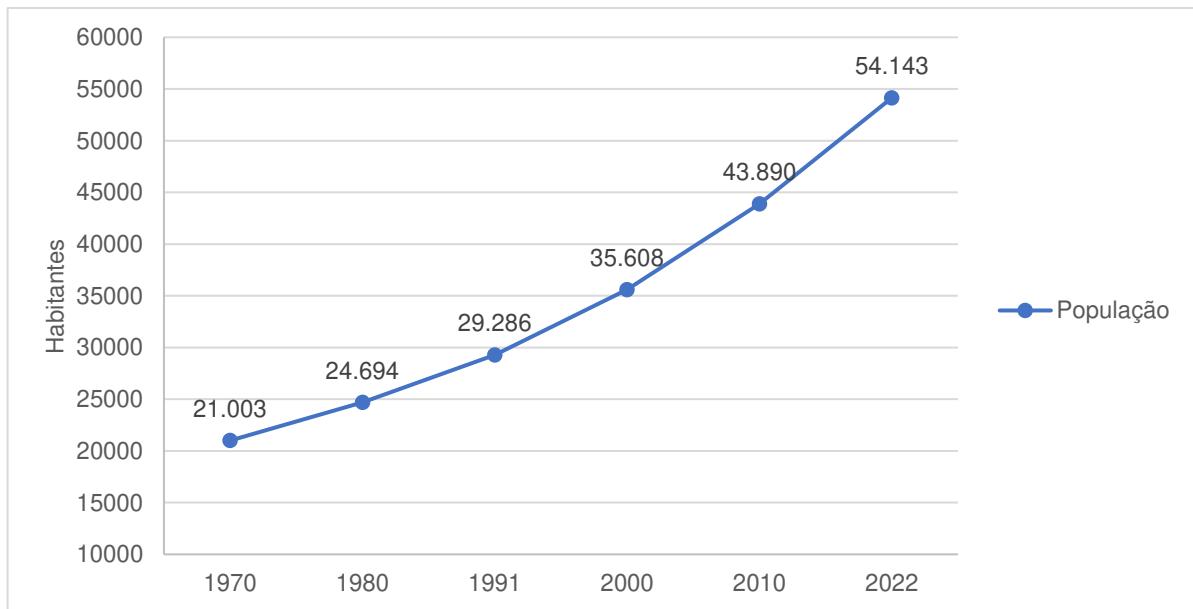
Cabe ressaltar que a obtenção e interpretação dos dados disponibilizados pela Federação das Indústrias do Estado do Ceará (FIEC) se revelam como uma ferramenta substancial para examinar a participação de São Gonçalo do Amarante no cenário das exportações estaduais. Essa análise aprofundada possibilita uma compreensão abrangente de como a dinâmica econômica gerada pelo município reverbera nas diferentes esferas, elucidando os vínculos intrincados entre o desenvolvimento local e as tendências mais amplas da economia do estado. Assim, busca-se uma síntese interpretativa que capacite a compreensão das relações entre crescimento urbano, mudanças no uso do solo, variáveis demográficas e econômicas, bem como a influência de fatores ambientais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Crescimento Populacional

O município de São Gonçalo do Amarante de acordo com Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2022, possuía 54.143 habitantes, sendo considerado o 4º município mais populoso do estado do Ceará. A Figura 3 mostra o crescimento populacional do município de 1970 a 2022, conforme levantamento dos censos do IBGE. Com isso, observa-se que ocorre um rápido processo de crescimento populacional, especialmente de forma exponencial e que se intensifica a partir de 2000, representando uma taxa de crescimento de 23,26% entre 2000 e 2010 e de 23,36% entre 2010 e 2022. Em vista disso, tais percentuais podem estar relacionados à intensa atividade industrial ocasionada pela inauguração, em 2002, do Complexo Industrial e Portuário do Pecém, em decorrência atuação da indústria siderúrgica e de refinaria (AZENHA; PEQUENO, 2016).

Figura 3 – Crescimento populacional de São Gonçalo do Amarante

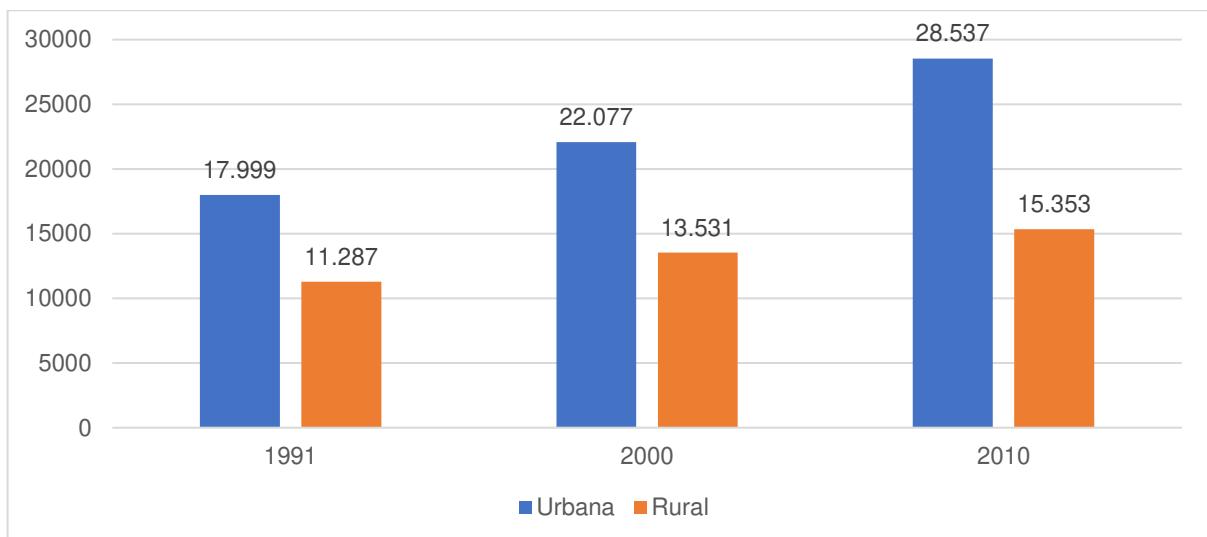


Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (1991, 2000, 2010 e 2022).

Não obstante, é imprescindível, inclusive, analisar como ocorreu a dinâmica comportamental da população do município entre a zona urbana e rural, uma vez que a zona urbana pode sofrer um rápido processo de expansão, em virtude do fenômeno do êxodo rural ocasionado pela industrialização (ALVES *et al.*, 2011; BAUDIN; STELTER, 2022). Nesse sentido, a

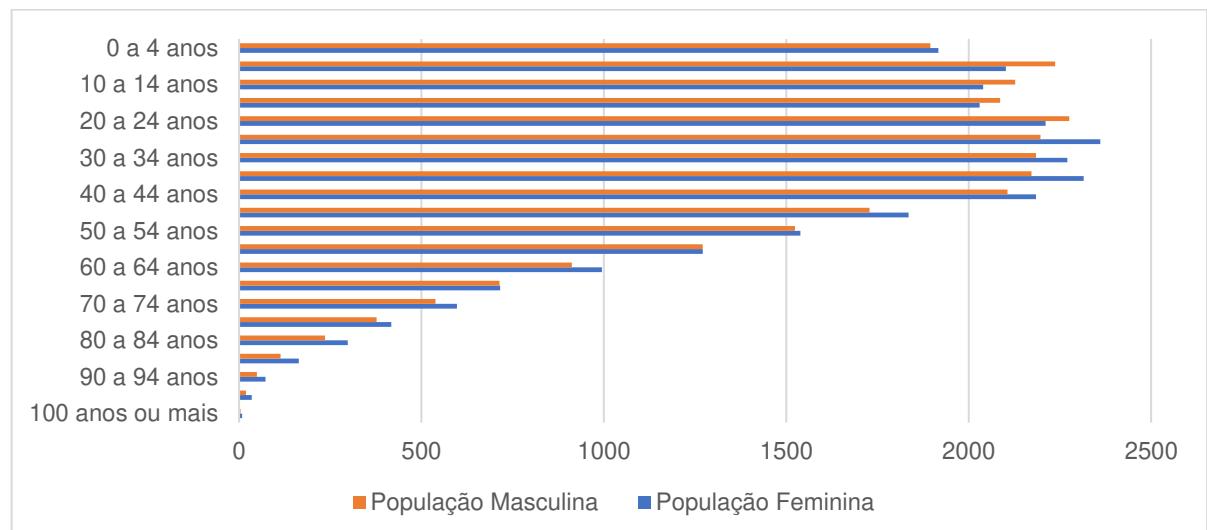
Figura 4 apresenta a quantidade de habitantes da zona urbana e rural de São Gonçalo do Amarante. Vale ressaltar, que não foi possível localizar tais informações para o censo de 2022. Dessa forma, para o intervalo entre 1991 e 2010, nota-se que, apesar de não ocorrer o declínio da população rural, entre 2000 e 2010, há o aumento de 6.460 habitantes em detrimento de 4.078 de 1991 a 2000. Além disso, conforme o último censo do IBGE, realizado em 2022, aponta que a população do município é majoritariamente jovem (Figura 5) e, em sua maior parcela, por pessoas do sexo feminino, totalizando 27.377 mulheres, ao passo que 26.766 são do sexo masculino.

Figura 4 – População urbana e rural (1991 a 2010)



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (1991, 2000 e 2010).

Figura 5 – Grupos de idade segundo o sexo em 2022



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2022).

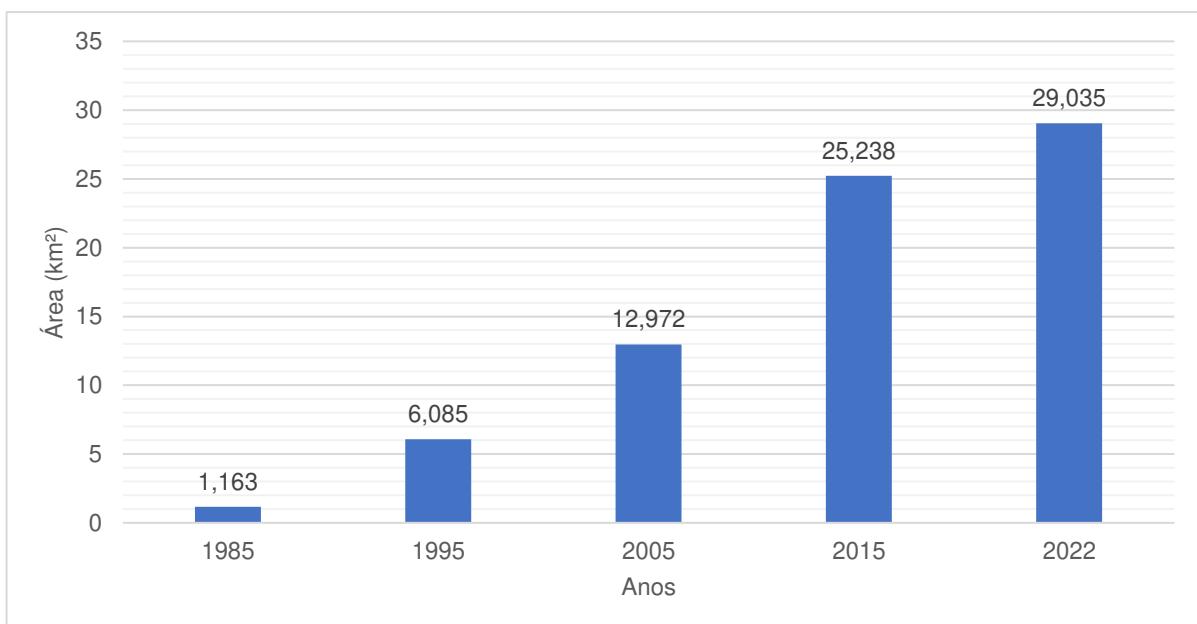
4.2 Uso e cobertura do solo

fenômeno da urbanização no município, em decorrência da expansão industrial, reflete diretamente na forma como ocorrem o uso e ocupação do solo. Dessa forma, a partir dos dados obtidos do tratamento dos arquivos rasters da Plataforma MapBiomas, foi possível produzir os mapas das Figuras 7, 8, 9, 10 e 11, os quais ilustram as classes dos diferentes usos e ocupação do solo de São Gonçalo do Amarante para os anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2022.

Por meio das figuras, nota-se, em especial, com foco no recorte da sede do município, a expansão expressiva da mancha da área urbanizada. Para melhor compreensão em termos de área, elaborou-se a Figura 6, que representa a variação temporal e espacial da área urbana, em termos numéricos, a partir dos dados vetoriais produzidos por meio do QGIS com as imagens disponibilizadas pelo MapBiomas, permitindo, após vetorizar o arquivo raster, calcular e extrair os valores de áreas para cada ano objeto deste trabalho.

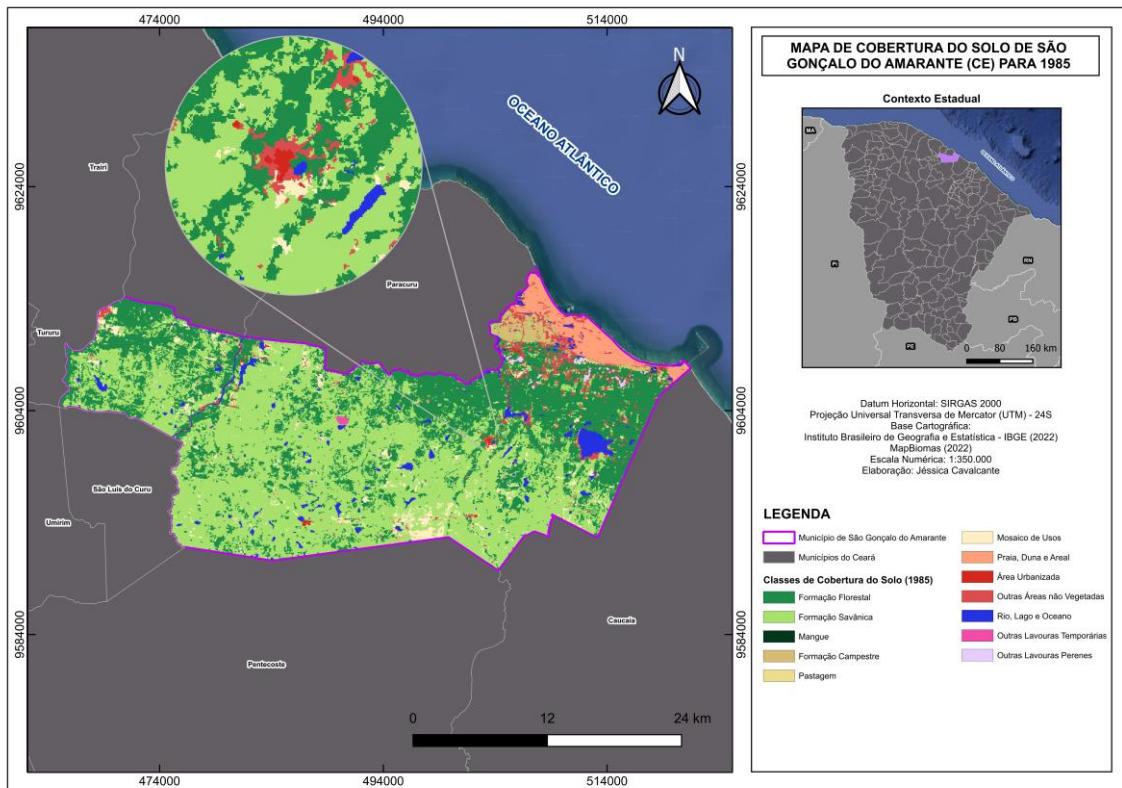
Nesse sentido, para o intervalo de 1995 ($1,16 \text{ km}^2$) a 2022 ($29,03 \text{ km}^2$), é perceptível que houve um aumento expressivo equivalente a $27,87 \text{ km}^2$ somente da área urbanizada. Além disso, é notória a variação de área, principalmente, entre 2005 e 2015, demonstrando que nesse período mudanças intensas foram introduzidas no uso do solo, permitindo inferir que houve a substituição de áreas de vegetação em favor do surgimento ou expansão de áreas construídas.

Figura 6 – Evolução da área urbana de São Gonçalo do Amarante



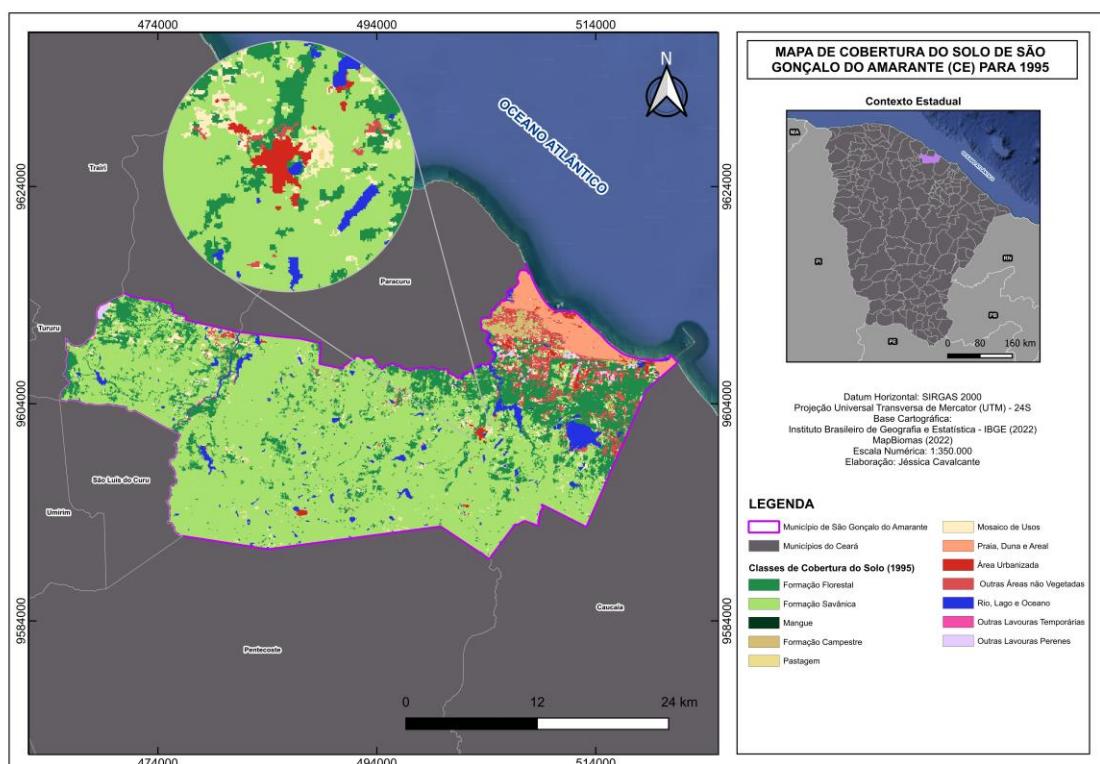
Fonte: MapBiomas (2022).

Figura 7 – Mapa de localização de uso e cobertura do solo para 1985



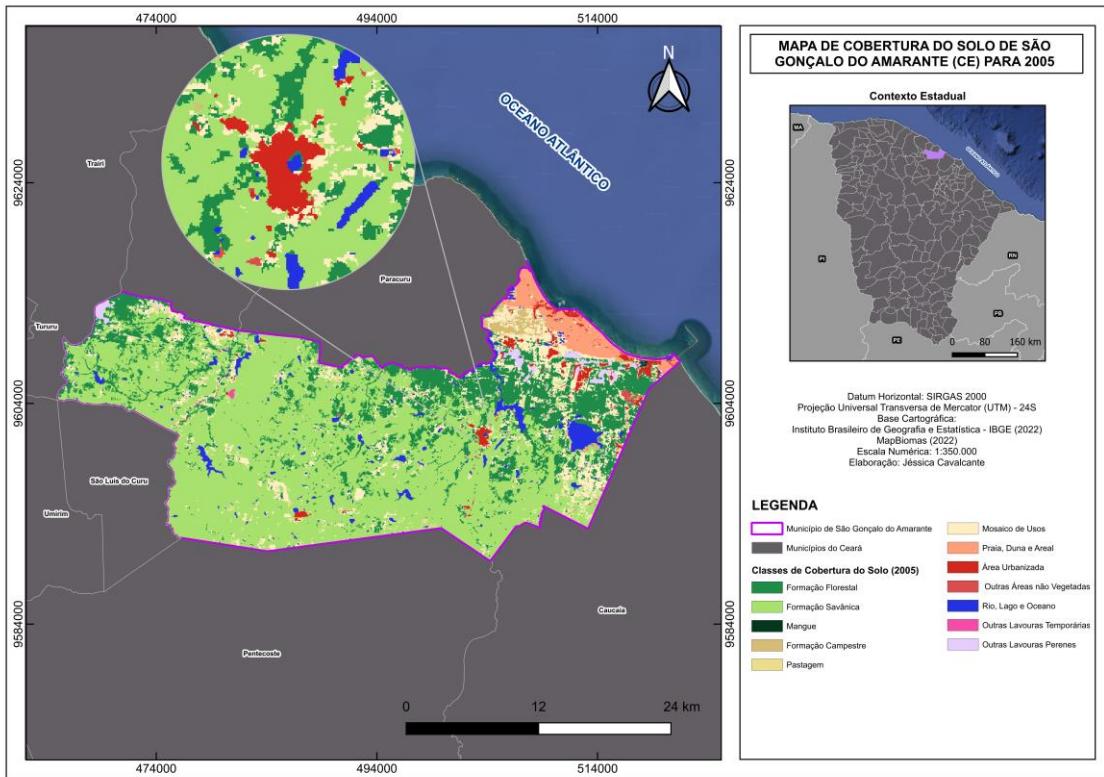
Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Figura 8 – Mapa de localização de uso e cobertura do solo para 1995



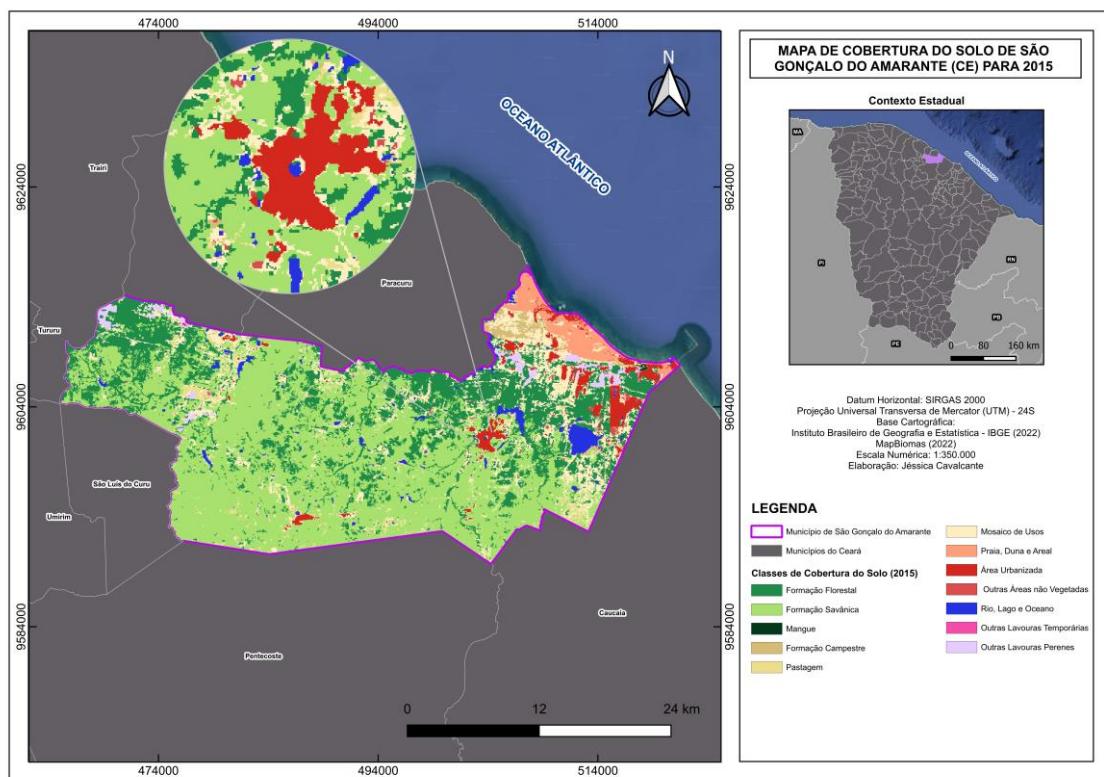
Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Figura 9 – Mapa de localização de uso e cobertura do solo para 2005



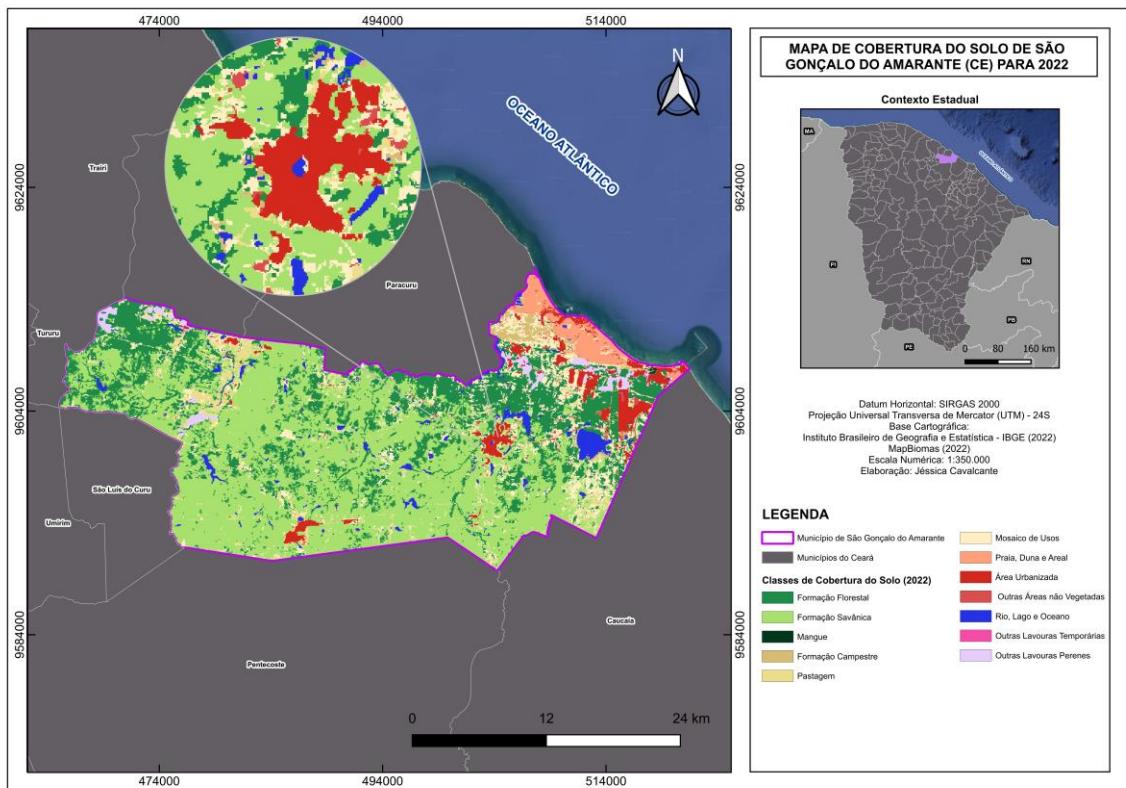
Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Figura 10 – Mapa de localização de uso e cobertura do solo para 2015



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

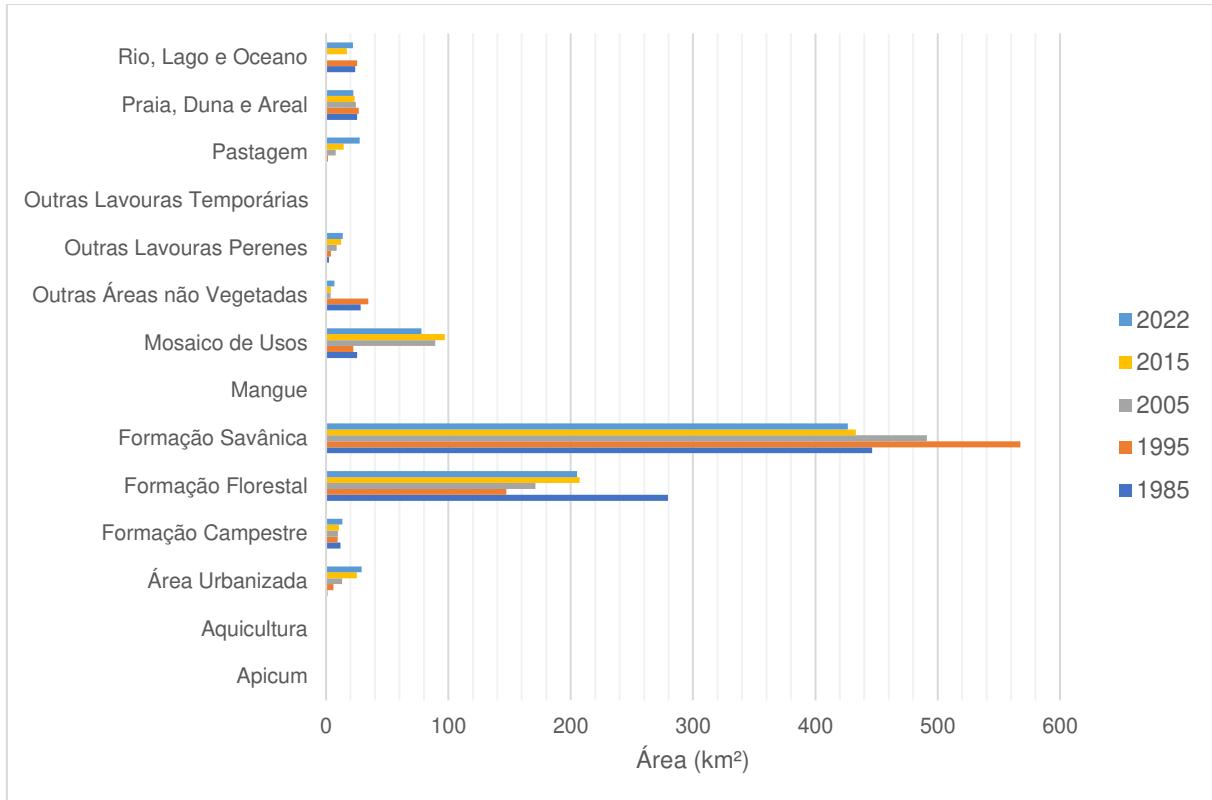
Figura 11 – Mapa de localização de uso e cobertura do solo para 2022



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

É válido mencionar que, tais modificações na estrutura da paisagem ocorreram não somente na sede municipal, mas em diferentes classes que compõem o levantamento do MapBiomas para o período analisado. Assim, a Figura 12 apresenta as diferentes classificações realizadas pelo MapBiomas, demonstrando a predominância da formação de cobertura vegetal do tipo savântica, a qual em 2005 e 1995 apresentou área superiores de 490 a 570 km², mas nos anos de 1985, 2015 e 2022 as áreas foram inferiores, possivelmente ocasionadas por mudanças relacionadas ao regime de chuva.

Figura 12 – Classes de uso e ocupação do solo de São Gonçalo do Amarante

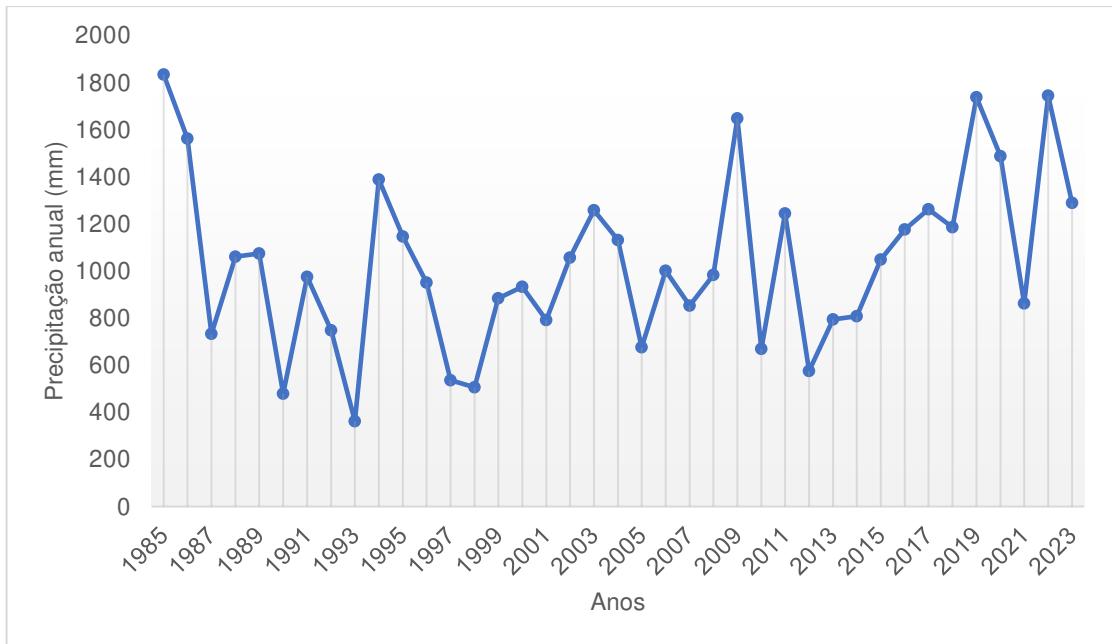


Fonte: MapBiomas (2022).

Outro ponto importante, é o aumento expressivo do uso de mosaicos, classificação atrelada à prática da agropecuária intensa a partir de 2005 (89,23km²), com seu pico em 2015 (97,15 km²), quando comparada aos anos de 1985 (25,37 km²) e 1995 (22,23 km²). Nota-se, ainda, que houve redução da formação florestal para o ano de 1995, fato que pode estar associado à redução no volume de chuvas, como pode ser observado através da Figura 13, a qual apresenta a série história pluviométrica para o município, demonstrando o acumulado de chuva para cada ano, sendo dado da seguinte forma: 1985 (1833,90 mm), 1995 (1146,10 mm), 2005 (676,60 mm), 2015 (1047,90 mm) e 2022 (1744 mm).

Apesar de o acumulado em 1995 não ser o menor para os períodos analisados com base na classificação das imagens coletadas do MapBiomas, é fundamental destacar que a chuva é um fenômeno que ocorre de forma espacial não uniforme e que, portanto, determinadas áreas podem receber maiores acumulados do que outras (MELLO *et al.*, 2012; TRINDADE *et al.*, 2016), possibilitando que determinados aspectos da paisagem sejam impactados. Outro fator relacionado e que cabe salientar, é que a vegetação também é afetada pelas condições de umidade e temperatura entre as áreas (MELO JÚNIOR *et al.*, 2006).

Figura 13 – Série histórica pluviométrica para São Gonçalo do Amarante



Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (2024).

4.3 Emissões de gases atmosféricos

Embora os elementos apresentados sejam de suma importância para avaliar as mudanças ocorridas no contexto do município ao longo dos anos, sobretudo, em decorrência da expansão industrial, é crucial trazer outros elementos ambientais, como a emissão de poluentes, a exemplo, o CO₂. Dessa maneira, com base nos dados extraídos do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), produziu-se a Figura 14, a qual expressa, em toneladas, as emissões de CO₂ ocorridas de 1990 a 2022.

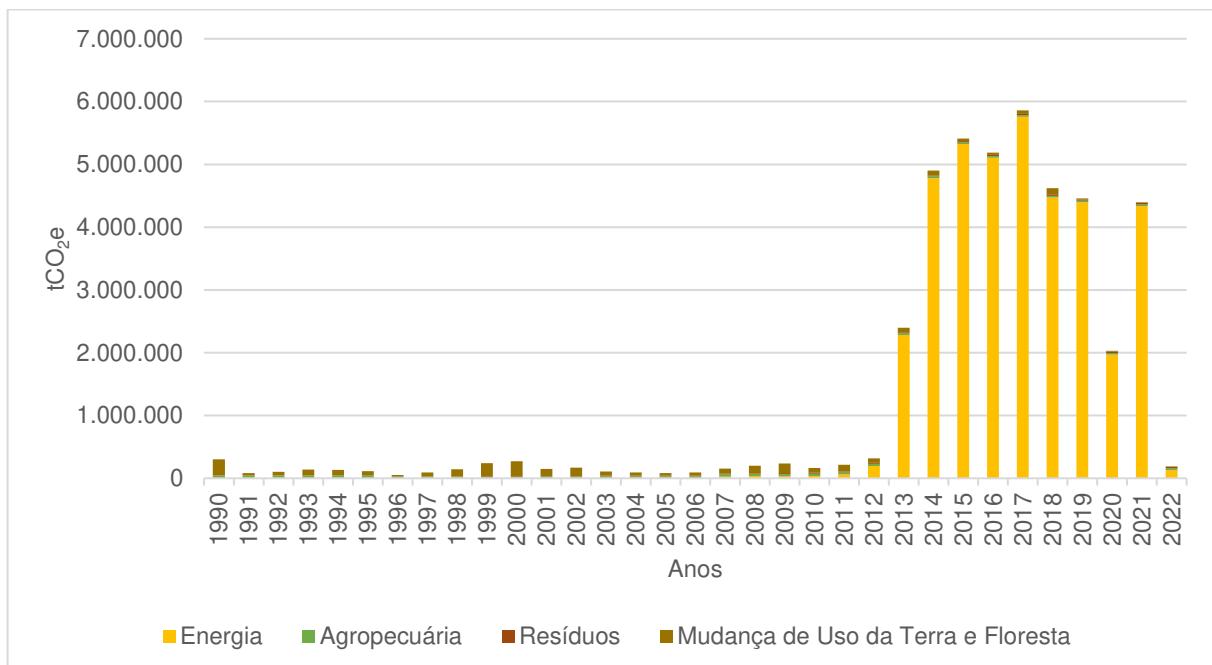
Através da figura depreende-se o aumento na quantidade de CO₂ emitida de 2012 a 2022, introduzida pelo setor de produção de energia presente no município. Sanquette (2017) salienta que a geração de energia não renovável é um dos principais contribuintes para a emissão de dióxido de carbono (CO₂), um dos gases de efeito estufa que impulsionam as mudanças climáticas.

Essa mudança pode estar relacionada à operação das usinas termelétricas do Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP), fruto de uma das obras do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), do Governo Federal. De acordo com informações da página do Grupo EDP e da ENEVA, a unidade I possui capacidade instalada de 360 MW e iniciou as operações em 1º de dezembro de 2012, enquanto a segunda unidade geradora, com a mesma capacidade de 360 MW, passou a operar comercialmente somente a partir de 10 de maio de

2013, o que gerou no total mais de cinco mil empregos diretos e 11 mil postos de trabalhos indiretos, criados para o desenvolvimento de novas tecnologias e negócios para a região, como aponta a Câmara de Comércio e Indústria.

Ambas as usinas são movidas a carvão mineral, o que naturalmente impacta negativamente na qualidade atmosférica, principalmente, devido às taxas elevadas de CO₂ (RODRIGUES; LIRA; NETO, 2020) e a entrada de contaminantes no solo (FLUES *et al.*, 2008).

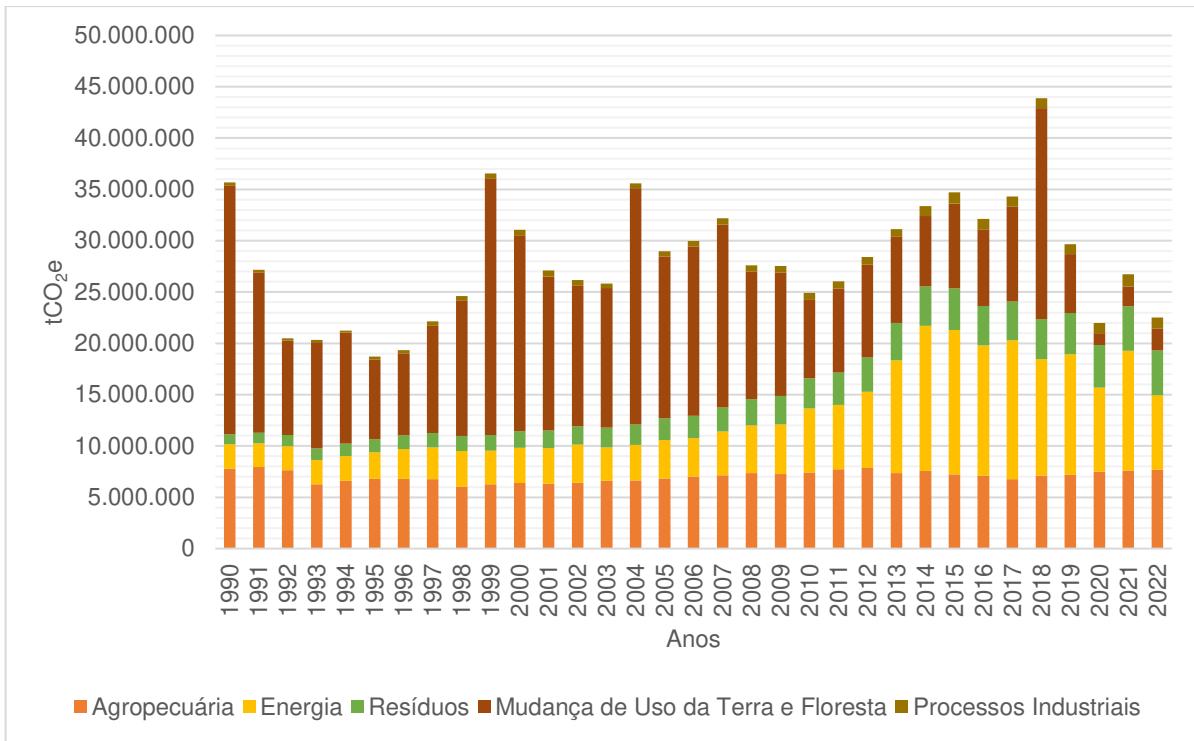
Figura 14 – Série histórica das emissões de dióxido de carbono no município (1990 a 2022)



Fonte: Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) (2024).

A Figura 15 apresenta a série histórica de emissões de CO₂ para o estado do Ceará entre 1990 e 2022. Como observado na figura abaixo, as emissões de dióxido de carbono de 1990 a 2011 ficaram abaixo de aproximadamente 4.000.000 de toneladas de CO₂. É notória as mudanças ocasionadas pelas emissões de CO₂ a partir de 2012, certamente impulsionadas pela operação da primeira unidade de energia térmica do Complexo Industrial e Portuário do Pecém e, posteriormente, pela operação da segunda unidade de termelétrica. Assim, é evidente que as mudanças ocasionadas no contexto municipal representaram expressivo impacto nos valores numéricos de CO₂ frente ao contexto estadual.

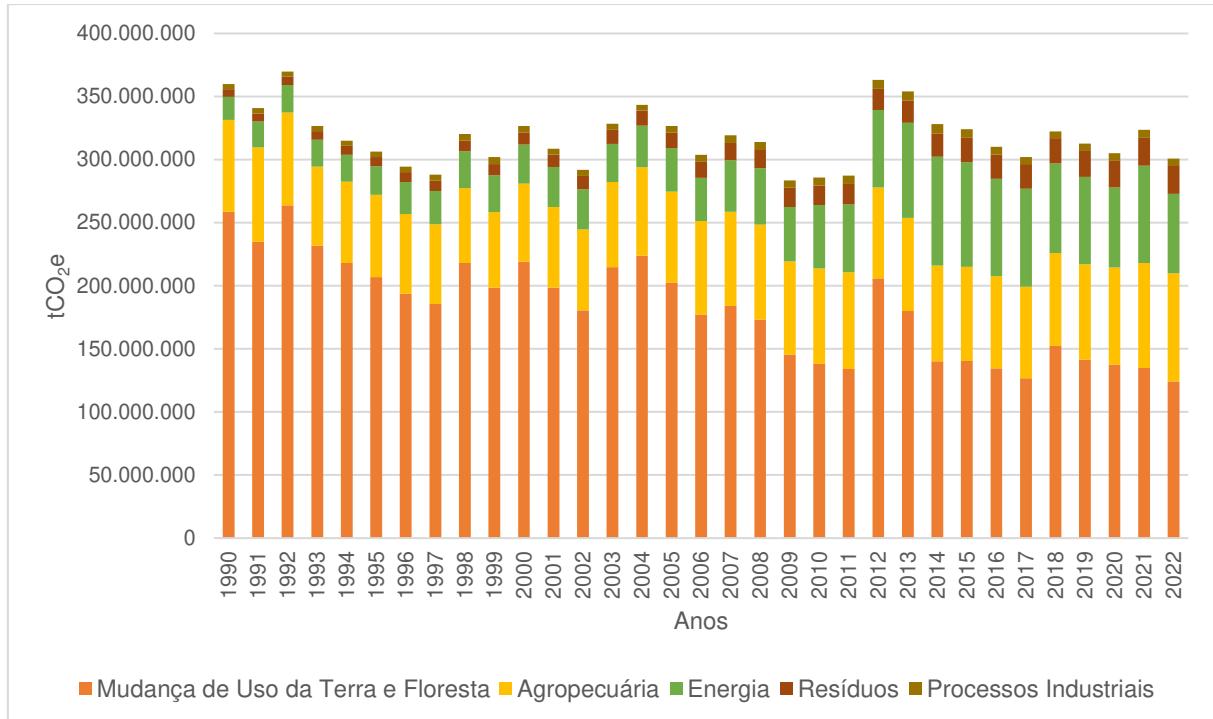
Figura 15 – Série histórica das emissões de dióxido de carbono no Ceará (1990 a 2022)



Fonte: Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) (2024).

No cenário da região Nordeste, como expresso pela Figura 16, as alterações geradas pela operação das termelétricas em São Gonçalo do Amarante foram impactantes, também, no âmbito regional. Dessa maneira, são perceptíveis as mudanças na quantidade de CO₂ emitido a partir de 2012, em virtude do setor de produção de energia, tal fato, mais uma vez, reforça o papel transformador do aumento das emissões decorrentes da atividade industrial do município de São Gonçalo do Amarante, sendo de suma importância a adoção de políticas mais sustentáveis e que venham convergir para a minimização das emissões (SESSO *et al.*, 2023).

Figura 16 – Série histórica das emissões de dióxido de carbono no Nordeste (1990 a 2022)



Fonte: Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) (2024).

4.4 Contexto econômico e industrial

Em vista da grande relevância econômica do município de São Gonçalo do Amarante, a partir do levantamento de dados e informações extraídos dos estudos estatísticos do retrato do panorama do comércio do estado do Ceará, disponibilizados através do Centro Internacional de Negócios do Ceará (CIN), construiu-se a Figura 17, a qual apresenta os valores das exportações em dólar dos municípios que mais influenciam nas exportações do estado do Ceará.

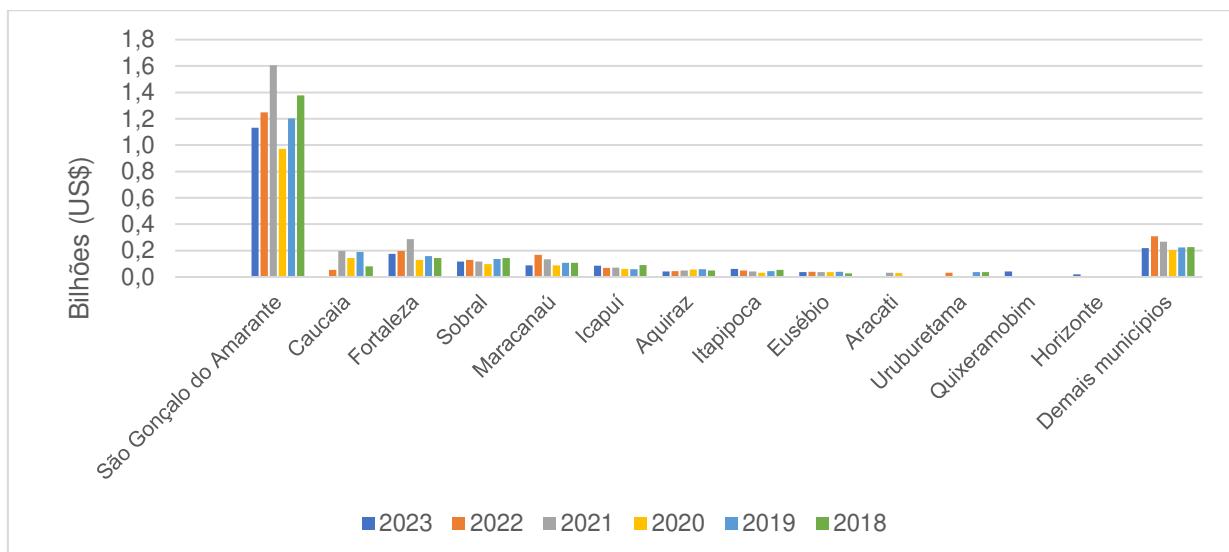
Assim sendo, em 2020, apesar da queda de 19% ocasionada pela diminuição da procura por produtos siderúrgicos, o município de São Gonçalo do Amarante correspondeu a 52,58% do total exportado do Ceará (Figura 18), totalizando um montante de US\$ 972,7 milhões. Por outro lado, em 2021, houve um aumento 65,10%, o equivalente a 56,54% do total vendido pelo Ceará, resultando em US\$ 1,6 bilhões em exportações. De acordo com a FIEC, esse comportamento positivo foi oriundo do aumento das vendas de produtos à base de ferro e aço, já que o município abrange o polo siderúrgico do Ceará.

Contudo, em 2022, houve um decaimento de cerca de 22% em relação a 2021, correspondendo a 53,50% do total vendido pelo Ceará, tendo registrado aproximadamente US\$

1,2 bilhão. O resultado negativo adveio, sobretudo, da redução das vendas de produtos à base de ferro e aço para os Estados Unidos da América. No entanto, como destaca o relatório do Ceará em Comex, o município aumentou suas vendas de matérias betuminosas destinadas, principalmente, à Espanha e Bélgica.

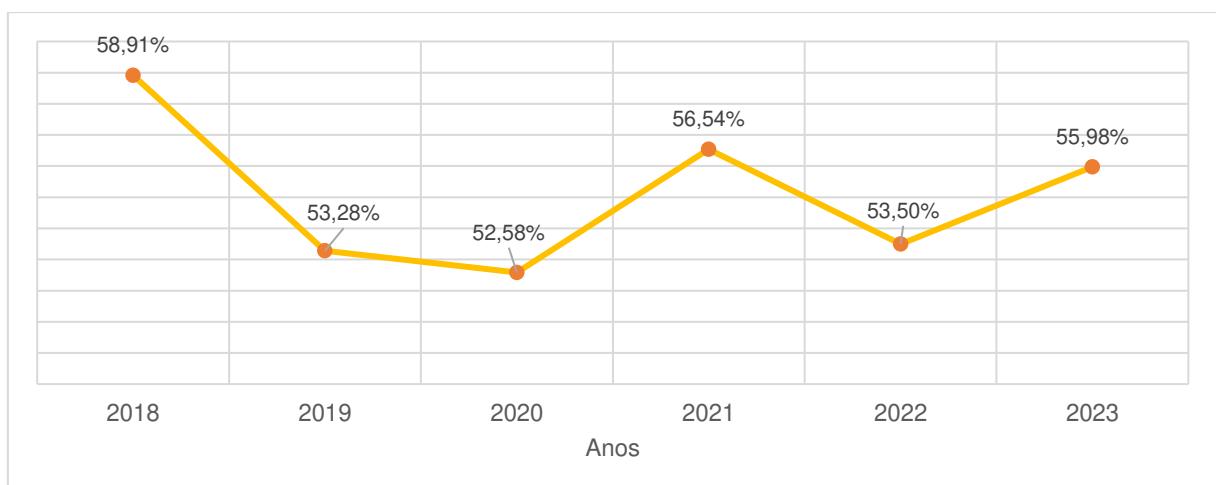
Já em 2023, São Gonçalo do Amarante continuou a liderar as exportações do Ceará, apesar de uma queda de 9,5% em comparação com o ano anterior. As vendas externas do município totalizaram R\$ 1,13 bilhão, representando 55,98% do total exportado pelo estado. O setor de siderurgia, que compõe 95% das exportações (com uma diminuição anual de 3%), reforça a relevância industrial de São Gonçalo do Amarante no contexto estadual.

Figura 17 – Exportações cearenses por município no acumulado do ano



Fonte: Centro Internacional de Negócios da FIEC (2024).

Figura 18 – Percentual de participação de São Gonçalo do Amarante nas exportações



Fonte: Centro Internacional de Negócios da FIEC (2024).

5 CONCLUSÕES

A partir dos dados e informações discutidas, concluiu-se que o município de São Gonçalo do Amarante, ao longo das últimas décadas, testemunhou um notável crescimento populacional, consolidando-se como o quarto município mais populoso do estado do Ceará em 2022. A análise do crescimento populacional revelou uma taxa exponencial, intensificando-se a partir de 2000, indicando uma relação intrínseca com a atividade industrial desencadeada pela inauguração do Complexo Industrial e Portuário do Pecém em 2002. Além do crescimento quantitativo, a dinâmica comportamental da população entre as zonas urbana e rural também se revelou significativa. Embora não haja dados específicos para o censo de 2022, observou-se um aumento na população rural entre 2000 e 2010, indicando nuances na distribuição demográfica que podem ser associadas ao fenômeno do êxodo rural causado pela industrialização, conforme apontado por estudos anteriores.

A urbanização acelerada, resultado direto da expansão industrial, influenciou significativamente o uso e ocupação do solo. Os mapas derivados da Plataforma MapBiomass evidenciam uma expressiva expansão da área urbanizada entre 1995 e 2022, indicando mudanças substanciais na paisagem local. Essas transformações não se restringiram à sede municipal, abrangendo diversas classes de uso e ocupação do solo, como a formação vegetal do tipo savânicas e áreas destinadas à agropecuária. Paralelamente, a emissão de CO₂ emergiu como uma preocupação ambiental associada à expansão industrial em decorrência do aumento nas emissões de CO₂ de 2012 a 2022, atribuído ao setor de produção de energia, possivelmente, em virtude do uso de usinas termelétricas movidas a carvão mineral pertencentes ao Complexo Industrial e Portuário do Pecém.

A relevância econômica de São Gonçalo do Amarante no contexto estadual foi evidenciada pelo seu papel dominante nas exportações do Ceará. O setor siderúrgico desempenha um papel crucial, impulsionando as exportações. Apesar das variações anuais, São Gonçalo do Amarante continuou a liderar as exportações em 2023, reafirmando sua posição como um polo industrial e econômico de grande relevância para o estado do Ceará.

Em síntese, o crescimento demográfico acelerado, a urbanização, as mudanças no uso do solo e as emissões de CO₂ estão intrinsecamente ligados à expansão industrial em São Gonçalo do Amarante. O município enfrenta desafios ambientais que requerem abordagens integradas para conciliar o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental e qualidade de vida da população. A compreensão desses desafios e a busca por soluções sustentáveis são imperativas para garantir um futuro equilibrado para o município.

REFERÊNCIAS

- ALVES, E., SOUZA, G., MARRA, R.. Êxodo e sua contribuição à urbanização de 1950 a 2010. *Revista de Política Agrícola*, 20, jun. 2011. Disponível em: <<https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/61>>. Acesso em: 15 fev. 2024.
- ALVES, Christiane Luci Bezerra; BATISTA, Maria Larissa Bezerra; PEREIRA, Sebastião Renan Duarte; SILVA, Maria Jennefer Pereira da. DINÂMICA ESPACIAL DO SETOR DE SERVIÇOS NO CEARÁ: TENDÊNCIAS A PARTIR DA ANÁLISE EXPLORATÓRIA DE DADOS ESPACIAIS (AEDE). *Revista Estudo & Debate*, [S. l.], v. 31, n. 2, 2024. DOI: 10.22410/issn.1983-036X.v31i2a2024.3776. Disponível em: <https://www.univates.br/revistas/index.php/estudoedebate/article/view/3776>. Acesso em: 14 set. 2024.
- AMORA, Z. B. Indústria e espaço no Ceará. In: SILVA, J. B.; CAVALCANTE, T. C.; DANTAS, E. W. C.. Ceará: um novo olhar geográfico. Fortaleza: **Edições Demócrata Rocha**, 2005.
- ARAÚJO, N. G. A industrialização no Ceará: breves considerações. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 27, n. 2, p. 79–96, 2007.
- ARRUDA, E. F.; FERREIRA, R. T. Dinâmica intrarregional do Brasil: quem dirige o crescimento industrial das regiões brasileiras? **Economia Aplicada**, v. 18, n. 2, p. 243–270, jun. 2014.
- ARRUDA, E. F.; FERREIRA, R. T. Dinâmica Industrial Cearense e suas Interações Inter/IntraRegionais e Internacionais. IPCE, 2013.
- AZENHA, C.; PEQUENO, L. R. B. PECEM'S PORT AND ITS RELATIONS WITH BRAZIL: A HINTERLAND DEFINITION/O PORTO DO PECEM--CE E AS SUAS RELACOES COM O BRASIL: DEFINICAO DE UMA HINTERLANDIA. **Geo Uerj**, p. 44+, 2016.
- BAUDIN, T.; STELTER, R. The rural exodus and the rise of Europe. **Journal of Economic Growth**, v. 27, n. 3, p. 365–414, 2022.
- BESERRA, Fábio Ricardo. Espaço, indústria e reestruturação do capital: a indústria de calçados na Região do Cariri –CE. Dissertação (Mestrado em Geografia) –Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2007
- BRITO, A. M.; BARROS, E. S.; SILVA, M. C. DA. EFEITOS DA OCUPAÇÃO DESORDENADA DO SOLO ÀS MARGENS DO CÓRREGO NEBLINA EM ARAGUAÍNA-TO. **Revista Tocantinense de Geografia**, v. 3, n. 4, p. 11–21, 2014.
- BROWNE, M. A.; CRUMP, P.; NIVEN, S. J.; TEUTEN, E. L.; TONKIN, A.; GALLOWAY, T. S.; THOMPSON, R. C. Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. **Environmental Science & Technology**, v. 45, n. 21, p. 9175-9179, 2011.
- CAIAFO, Ana Thayná de Sousa. Paradoxo do desenvolvimento na comunidade tradicional do Bolso, Pecém: o olhar de uma futura bióloga. 2023.

CASTRO, P. R. B.; GOMES, A. F. Análise da expansão urbana na região metropolitana de Fortaleza a partir do conceito de cidade fordista: o caso do Complexo Industrial e Portuário do Pecém – CIPP. **CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES**, [S. l.], v. 16, n. 11, p. 28096–28108, 2023. DOI: 10.55905/revconv.16n.11-201. Disponível em: <https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/ccls/article/view/2806>. Acesso em: 14 sep. 2024.

CLÉLIA, M.; COSTA, L.; AMORA, Z. B. Transformações nas Cidades Médias do Ceará (Brasil). **Anais do 12º Encuentro de Geógrafos de América Latina-ENGAL**, 2009.

SILVA FILHO, L. A.; NUNES DE QUEIROZ, S. Políticas de Concentração ou Desconcentração Industrial no Território Cearense? **Administração Pública e Gestão Social**, v. 1, n. 4, p. 315–336, 2009.

DA SILVA, Maykon Targino et al. Dinâmica da linha de costa no trecho de praia entre os municípios de Fortaleza e Paraipaba, Estado do Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 24, n. 2, 2023.

DE CARVALHO, A. R. et al. Interactive effect of urbanization and flood in modulating microplastic pollution in rivers. **Environmental Pollution**, v. 309, p. 119760, 15 set. 2022. ENEVA. **Pecém II**. Disponível em: <https://eneva.com.br/nossos-negocios/geracao-de-energia/pecem-ii/>. Acesso em: 19 fev. 2024.

DE HOLANDA, V. C. C.; GONÇALVES, L. A. A.; TELES, G. A. A configuração territorial da cidade média de Sobral/CE a partir da indústria: das formas pretéritas às realizações atuais. **OBSERVATORIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, [S. l.], v. 21, n. 11, p. 21842–21864, 2023. DOI: 10.55905/oelv21n11-176. Disponível em: <https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/1642>. Acesso em: 14 sep. 2024.

DE MORAIS, M. das C. S.; NUNES, E. M.; REGO, S. M. de O. O Rio Grande do Norte (RN) dividido: um estudo da polarização na região nordeste. **CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES**, [S. l.], v. 16, n. 7, p. 5542–5558, 2023. DOI: 10.55905/revconv.16n.7-076. Disponível em: <https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/ccls/article/view/1157>. Acesso em: 14 sep. 2024.

EDP. Usina. Disponível em: <https://pecem.brasil.edp.com/pt-br/power-plant>. Acesso em: 19 fev. 2024.

FERREIRA, J. S. W. Globalização e urbanização subdesenvolvida. **São Paulo em Perspectiva**, v. 14, n. 4, p. 10–20, out. 2000.

FLUES, M. et al. Avaliação da influência da operação da termoelétrica a carvão na concentração dos metais e as no solo de Figueira, PR - Brasil. **Química Nova**, v. 31, n. 1, p. 25–30, 2008.

Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme). Calendário de Chuvas. **Portal Hidrológico do Ceará**, 2024. Disponível em: <https://chuvas.funceme.br/ano/municípios/media/>. Acesso em: 16 fev. 2024.

HATTORI, K.; KAIDO, K.; MATSUYUKI, M. The development of urban shrinkage discourse and policy response in Japan. **Cities**, v. 69, p. 124–132, 1 set. 2017.

HARVEY, David. Spaces of Capital: Towards a Critical Geography. New York: Routledge, 2001.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Panorama do Censo 2022. **Censo Demográfico 2022**. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>. Acesso em: 16 fev. 2024.

Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE). **São Gonçalo do Amarante: Perfil Municipal**. Fortaleza: IPECE, 2017. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Sao_Goncalo_do_Amarante_2017.pdf. Acesso em: 27 dez. 2023.

JACOBI, P. Impactos socioambientais urbanos do risco à busca de sustentabilidade. p. 169–184. In: MENDONÇA, F. de A. (org.). **Impactos Socioambientais Urbanos**. Curitiba: Ed. da UFPR, 2004.

JOO, Y. M.; SEO, B. Dual policy to fight urban shrinkage: Daegu, South Korea. **Cities**, v. 73, p. 128–137, 1 mar. 2018.

LIMA, L. C. A Industrialização Recente do Ceará: Uma Introdução. **Experimental**, v. 3, p. 101–116, 1997.

LIMA, Klayton Cardoso Araújo. A gestão portuária e o acúmulo de capacidades tecnológicas no porto do Pecém. 2024.

MARTINS, Jonatas de Pessoa Albuquerque; DA SILVA, Cicero Andersson Bezerra; PINHEIRO, Vinicius Bernardo Lima. OS INVESTIMENTOS ESTRANGEIROS DIRETOS PORTUGUESES E ALEMÃES NO CEARÁ, BRASIL. **GEOFRONTER**, v. 9, 2023.

MATTSSON, K.; HANSSON, L.A.; CEDERVALL, T. Nano-plastics in the aquatic environment. **Environmental Science: Processes & Impacts**, v. 19, n. 7, p. 926–940, 2017.

MapBiomass. **Coleções MapBiomass**. Disponível em: < <https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas/> >. Acesso em: 23 dez. 2023.

MELO JÚNIOR, Júlio CF et al. Distribuição espacial da freqüência de chuvas na região hidrográfica do Atlântico, Leste de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, p. 417–425, 2006.

MELLO, C. R. DE et al. Distribuição espacial da precipitação e da erosividade da chuva mensal e anual no Estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 6, p. 1878–1891, dez. 2012.

MENG, X., & LONG, Y. (2022). Cidades em encolhimento na China: evidências dos dois últimos censos populacionais 2010-2020. **Ambiente e Planeamento A: Economia e Espaço**, 54(3), 449-453. <https://doi.org/10.1177/0308518X221076499>.

MENDONÇA, F. DE A.; SOUZA, A. V. E; DUTRA, D. DE A. Saúde pública, urbanização e dengue no Brasil. **Sociedade & Natureza**, v. 21, n. 3, p. 257–269, dez. 2009.

NASCIMENTO, Naiana Silva; DE HOLANDA, Virgínia Célia Cavalcante; GONÇALVES, Luiz Antonio Araújo. AS REPERCUSSÕES DO ENSINO SUPERIOR NO TERRITÓRIO: ANÁLISE DAS TRANSFORMAÇÕES SOCIOESPACIAIS NO DISTRITO DE JAIBARAS/SOBRAL-CEARÁ. **REVISTA EQUADOR**, v. 10, n. 3, p. 77-102, 2021.

NG, E. L.; HUERTA LWO, S. B.; ELDIGY, S.; WOLF, M.; CAREY, M.; DUNLOP, J. E.; LEUS, J.; REDECKER, A.; VAN DEN BRINK, P. J. An overview of microplastic and nanoplastic pollution in agroecosystems. **Science of the Total Environment**, v. 627, p. 1377-1388, 2018.

NUNES, A. DE C. P. Atração de Investimentos como Instrumento de Política Industrial: O Caso do Ceará no Período 1985-2002. p. 1–149, 2005.

PINTO, N. T.; MOREIRA, G. L. Expansão urbana e problemas ambientais: o caso do bairro Teotônio Vilela, Ilhéus, Bahia. **Geopauta**, v. 6, p. e10067, 24 abr. 2022.

Prefeitura Municipal de São Gonçalo do Amarante. Disponível em: <<https://saogoncalodoamarante.ce.gov.br/portal/o-municipio/#:~:text=Fundada%20em%2027%20de%20novembro,estimada%20de%2043%20mil%20habitantes.>>. Acesso em: 27 dez. 2023.

RODRIGUES, L. M.; LIRA, M. A. T.; NETO, M. L. DE S. Mitigação dos Efeitos das Mudanças Climáticas a partir da Substituição Gradual de Termelétricas a Carvão por Usinas Fotovoltaicas. **Rev. bras. meteorol.**, v. 35, n. 3, p. 415–424, 2020.

SAMPAIO, G. P. et al. Descrição epidemiológica dos casos de leptospirose em hospital terciário de Rio Branco. **Rev. Soc. Bras. Clín. Méd.**, v. 9, n. 5, p. 338–342, 2011.

SANQUETTA, Carlos Roberto et al. Emissões de dióxido de carbono associadas ao consumo de energia elétrica no Paraná no período 2010-2014. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 2, n. 1, p. 1-6, 2017.

SESSO, P. P. et al. Agronegócio de países selecionados: análise de sustentabilidade entre o PIB e emissões de CO₂. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 61, n. 2, p. e258543, 18 jul. 2023.

Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS). Disponível em:<<https://siagasweb.sgb.gov.br/layout/index.php>>. Acesso em: 02 jan. 2023.

Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Disponível em:<<http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>>. Acesso em: 02 jan. 2023.

SIEGFRIED, M.; KOELMANS, A. A.; BESSLING, E.; KLEIN, S.; BORNHORST, G. Modeling the partitioning of microplastics between sediment and water in rivers: implications for risk assessment. **Environmental Science & Technology**, v. 51, n. 14, p. 7764-7771, 2017.

SOARES, J. A. S. et al. Impactos da Urbanização Desordenada na Saúde Pública: Leptospirose e Infraestrutura Urbana. **Polêm!ca**, v. 13, n. 1, p. 1006–1020, fev. 2014.

TANG, M.; HU, F. Land urbanization and urban CO₂ emissions: Empirical evidence from Chinese prefecture-level cities. **Heliyon**, p. e19834, 4 set. 2023.

TRINDADE, A. L. F. et al. Variabilidade espacial da erosividade das chuvas no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 12, p. 1918–1928, dez. 2016.

WIECHMANN, T. and PALLAGST, K.M. (2012), Urban shrinkage in Germany and the USA: A Comparison of Transformation Patterns and Local Strategies. **International Journal of Urban and Regional Research**, 36: 261-280. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2427.2011.01095.x>.

ZHANG, X. et al. Urban growth and shrinkage with Chinese characteristics: Evidence from Shandong Province, China. **Applied Geography**, v. 159, p. 103097, out. 2023.