



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE**



MACIEL SANTOS

**PAISAGEM ANTROPOGÊNICA NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
RIACHÃO, SERGIPE**

Cidade Universitária Prof. Aloísio de Campos
São Cristóvão/SE
2024



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE**



MACIEL SANTOS

**PAISAGEM ANTROPOGÊNICA NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
RIACHÃO, SERGIPE**

Dissertação de mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Sergipe (PRODEMA/UFS), como requisito para a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Orientadora: **Prof^a. Dr^a Gicélia Mendes da Silva**

Linha de Pesquisa: **Dinâmica Ambiental**

Cidade Universitária Prof. Aloísio de Campos
São Cristóvão/SE
2023

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

S237p Santos, Maciel.
Paisagem antropogênica na sub-bacia hidrográfica do Rio Riachão, Sergipe / Maciel Santos; orientadora Gicélia Mendes da Silva. – São Cristóvão, SE, 2024.
155 f.; il.

Dissertação (mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) –
Universidade Federal de Sergipe, 2024.

1. Meio Ambiente - Sergipe. 2. Paisagens - Proteção. 3. Desenvolvimento sustentável. 4. Desenvolvimento econômico. 5. Impacto ambiental. 6. Solos – Degradação. 7. Desmatamento. 8. Cana de açúcar. 9. Petróleo. . Conservação da natureza. 11. Cobertura dos solos. I. Silva, Gicélia Mendes da, orient. II. Título.

CDU 502.1(813.7)

**PAISAGEM ANTROPOGÊNICA NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
RIACHÃO, SERGIPE**

MACIEL SANTOS

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dr^ª. Gicélia Mendes da Silva
PRODEMA – Universidade Federal de Sergipe
Orientadora e Presidente

Prof. Dr. Inajá Francisco de Sousa (Examinador Interno)
PRODEMA – Universidade Federal de Sergipe

Prof^ª. Dr^ª. Renata Nunes Azambuja (Examinadora Externa)
PPGEO – Universidade Federal de Sergipe

Prof. Dr. Mateus de Sá Barreto Barros (Examinador Externo)
Universidade Federal do Maranhão

Data da Defesa Pública: 15 de agosto de 2024

Cidade Universitária Prof. Aloísio de Campos
São Cristóvão/SE
2024

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente concluída no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Sergipe.

É concedido ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS) responsável pelo Mestrado em Desenvolvimento e meio Ambiente permissão para disponibilizar, reproduzir cópia desta Dissertação e emprestar ou vender tais cópias.

Maciel Santos
Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente –
PRODEMA
Universidade Federal de Sergipe – UFS

Prof.^a Dra. Gicélia Mendes da Silva (Orientadora)
Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA
Universidade Federal de Sergipe – UFS

*Dedico esta obra às duas pessoas mais importantes em minha vida: Vó Dona **Maria Laudelina de Melo** “in memoriam” eternizada em meu coração e a mãe, mainha, coroa...
Edilma dos Santos, Amo-te.*

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, gostaria de agradecer a mim mesmo por todos os esforços. Num segundo momento, gostaria de agradecer, novamente, a mim mesmo por nunca ter desistido e ter buscado forças para dar continuidade nesta jornada.

Esta jornada não seria realizada se não fosse o incentivo e a dedicação de “mainha”, dona Edilma. Sem ela eu não teria a oportunidade da vida. Ela nunca abandonou os seus e não mediu esforços para que todos os seus filhos, principalmente este caçula, tivessem educação – não apenas a formal – mas a educação social, humana, emocional e espiritual. A senhora sempre foi a força e motivação para que eu me transformasse na pessoa que sou hoje. Agradeço aos meus familiares, que mesmo distantes e sem muito contato, trouxeram aprendizados para a vida.

Obrigado também ao meu pai, João Messias Soares Santos. Ao meu padrasto, Antônio de Jesus, que fez um papel importantíssimo em minha vida e que levo no fundo do meu coração, minha madrasta. Agradecimento também aos demais familiares.

Agradecimento especial a minha orientadora, professora Dr^a. Gicélia Mendes da Silva, desde o início da graduação e por aceitar entrar nessa aventura e nortear minhas dúvidas e opiniões, contribuindo diretamente para o resultado desta pesquisa. Seu trabalho nunca foi somente técnico; foi, quando necessário, humano. Muito Obrigado!

A gratidão estende-se também à professora Dr^a Renata Azambuja. Foi a partir de um trabalho de conclusão de disciplina ministrada por ela que se formou o embrião e o incentivo para a continuidade desta pesquisa. Seus conselhos e orientações contribuíram bastante para chegar a este resultado. Meus agradecimentos ao professor Dr. Inajá Francisco que, ao lado da professora Renata, membros da banca de qualificação, deram encaminhamentos que foram essenciais para este trabalho.

Meu muito obrigado também à professora Dr^a Tais Kalil Rodrigues pela disponibilidade em autorizar a realização do meu tirocínio na disciplina por ela ministrada. Muito Obrigado!

Agradecimento especial aos meus amigos de graduação e Daligeo Paulo Henrique Neves, Karolaine, Lucas (Camponesa), Raimunda Joysse, que contribuíram imensamente – as vezes até como coorientadores kkkkk – para esta pesquisa. Saibam que

vocês foram minhas salvaguardas de muitos momentos de indecisão e dúvidas. Menção a Fabrício Trindade que, até nas madrugadas, estava disposto a ajudar nas dúvidas de produção de mapas e envio de arquivos. Cabe aqui também um agradecimento especial aos meus amigos da Geografia Rafael Taveira, João Victor, Breno Castro, Italo Assis, Andrey Cauam, Andrei Fonseca, Paulo Gabriel, Luana, Heberty Ruan, Marçal Lukas, Denilton, Betânia e todos os outros que estiveram juntos comigo desde a graduação, com os quais vivi diversas experiências. Momentos de descontração, de festas, de aulas de campo, de Resun... Vocês também foram essa força que me conduziu até aqui.

Agradeço a Augusto César, que sempre esteve à disposição para os trabalhos de campo, sendo um parceiro de pesquisa indispensável e Cristiano que, por vezes, contribuiu para esta pesquisa com a disponibilização de materiais tecnológicos.

Agradeço, especialmente, as minhas amigas de mestrado Luana Armelim, Joy, Mayara, Beatriz, Jisse, Anny bianca, Camilla Fontes. Não poderia deixar de mencioná-las, porque a sintonia foi única em todos os nossos encontros. Obrigado!

Agradeço aos profissionais que estão no meu dia a dia no trabalho, em especial para meu “chefinho” Adriano, “chefão” Lacerda e Denisson Menezes que sempre compreenderam as minhas ausências por ter que dividir a atenção entre trabalho, aulas, pesquisa, campos. Obrigado a todos!

Não poderia deixar de citar aqui, Lucas André. Nossos momentos de descontração, diálogos e compartilhamentos de informações de vidas alheias (cabem risos), nossos jogos de queimado, suas gongadas... Menção especial a Cícero Gonçalves, o qual tenho um carinho imenso e foi o primeiro a estimular a minha continuidade na vida acadêmica como mestrando. Por tudo, muito obrigado!

Um agradecimento especial aos meus amigos de Carmópolis. Vocês foram muito importantes em momentos que nem imaginam. Antônio, Lunara, Lari Rocha, Tatah Rocha, Iury, Tandy, João Alexandre, Samuel, Elves Azevedo (primo), John Lima, Mari, Xanda, José Gladson (P de pressão) e Renisson. Menção a Bruno Passos, amigo de Salvador, que mesmo me fazendo raiva, tenho um carinho imenso.

Agradeço igualmente aos demais colaboradores deste trabalho; não cito os nomes porque seriam páginas de agradecimentos. Também, aos que eu possa ter esquecido de mencionar, mas que estão em minhas lembranças. Às pessoas que convivi

durante as aulas de campo, à sociedade como um todo, enfim, meu muito obrigado a todos vocês!!!

Agradecimento NECESSÁRIO à Educação, à Universidade Pública do Brasil e a democracia que passou por tempos sombrios. Especialmente à Universidade Federal de Sergipe (UFS) e ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) a Cícero e a todos que o compõe o programa, pela oportunidade que me foi dada de poder desenvolver uma pesquisa de mestrado. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento da bolsa de estudos de mestrado, que foi essencial para a execução dessa pesquisa.

“Nós acreditamos que o tempo decorre de forma linear, que ele avança uniformemente para sempre... Até o infinito.

Mas a diferenciação entre presente, passado e futuro não passa de uma ilusão.

O ontem, o hoje e o amanhã não se sucedem, mas estão conectados em um círculo infinito.

Tudo está conectado.”

(Série – Dark)

Gratidão a tudo e a todos!

*“Eu corro com os meus lobos ainda mais perto
E nunca me esqueço, no fundo, ainda brilha
A mesma noite no alto de um prédio
Vendo a cidade por cima*

*Olho pra trás e tudo a minha volta
Me vejo de longe, sou eu mesmo quem chama
Meu barco voltando é a minha resposta
Me abraço em chamás”*

(SUPER – João)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Riachão.....	27
Figura 2- Elementos de síntese da pesquisa.....	30
Figura 3 - Cálculos do índice Hemerobiótico e intervalos para a avaliação geral do impacto humano na paisagem.	38
Figura 4 - Demonstração Esquemática de um sistema com os elementos (A, B, C e D) e suas relações, assim como o evento de entrada e o produto de saída.	47
Figura 5 - Hidrografia da Sub-bacia do rio Riachão.....	63
Figura 6 - Imagens do vale onde nasce o rio Riachão.	64
Figura 7 - Gráfico da demanda de água por elemento de uso (m ³ /ano).	65
Figura 8 - Imagem panorâmica do perímetro urbano/industrial de Carmópolis, Sergipe.	66
Figura 9 - Mapa das unidades litológicas da SBHRR.....	68
Figura 10 - Formação litológica do grupo Barreiras na SBHRR.....	69
Figura 11 - Planície Fluviolagunar próximo ao exultório da SBHRR.....	70
Figura 12 - Mapa geomorfológico da SBHRR	71
Figura 13 - Feições colmatadas de tabuleiros costeiros com topografia plana e de baixa altitude	72
Figura 14 - Planície Fluviomarinha em contato com tabuleiros costeiros dissecados com campos alagados e fragmentos de vegetação nativa.....	73
Figura 15 - Tabuleiros Costeiros com feição plana e vertentes com declividades levemente suaves.	73
Figura 16 - Mapa Hipsométrico da Sub-bacia do rio Riachão.....	75
Figura 17 - Climograma da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Riachão, 2023.....	77
Figura 18 - Uso e Cobertura do solo – Área ocupada (%).	79
Figura 19 - Mapa de uso e cobertura do solo da SBHRR.....	80
Figura 20 - Campos de pastagem plantada e natural.	81
Figura 21 - Feições características de Terracetes em diferentes estágios.	81
Figura 22 - Cocoicultura na Sub-bacia do rio Riachão.....	83
Figura 23 – Área de consórcio entre cocoicultura e pastagem na sub-bacia do rio Riachão entre os municípios de Carmópolis e General Maynard.....	83
Figura 24 - Consórcio entre Cocoicultura e pastagem para alimentação bovina.....	84

Figura 25 - Fragmento de mata Atlântica	85
Figura 26 - Fragmentos de Mata Nativa em vales e setores de difícil acesso.....	86
Figura 27 - Parte da Infraestrutura Urbana de Carmópolis.....	87
Figura 28 - Instalações petrolíferas como exemplo de áreas construídas na SBHRR....	88
Figura 29 - Fragmento de Outras Formações Não Florestais	89
Figura 30 - Campos alagados na planície fluviolagunar.....	89
Figura 31 - Imagem de Satélite de fragmentos de Lavouras Temporárias na SBHRR ..	90
Figura 32 - Lavoura temporária de milho e integração entre espécies frutíferas.....	90
Figura 33- Reservatório conhecido como “Dique”.....	91
Figura 34 - Vertentes dos tabuleiros ocupados com monocultivo da cana-de-açúcar....	98
Figura 35 - Mapa da área de produção de cana-de-açúcar na SBHRR.....	99
Figura 36 - Campos de produção de cana-de-açúcar na SBHRR	100
Figura 37 - Leito do rio Riachão sem mata ciliar, erosão superficial e com a presença de resíduos sólidos.....	100
Figura 38 - Estrada vicinal nas proximidades da nascente do rio Riachão com processo de erosão superficial (ravina) ocasionada pelo escoamento superficial das águas pluviais.	103
Figura 39 - Fluxo de massa nas Usinas Canavieiras.....	104
Figura 40 - Imagem aérea do Complexo Industrial da Usina Taquari.....	106
Figura 41 - Cavalo de pau para extração petrolífera onshore na SBHRR	110
Figura 42 - Marco do Poço 1-SES-0001A-SE.....	111
Figura 43 - Mapa da área de produção petrolífera na SBHRR	116
Figura 44 - Vazamento de óleo/petróleo no rio Riachão	117
Figura 45 - Animais aquáticos mortos em decorrência do vazamento de petróleo no rio Riachão	117
Figura 46 - Fragmento de vegetação nativa com desmatamento para extração petrolífera	118
Figura 47 - Riacho nas proximidades da mancha urbana de Carmópolis sendo utilizado para despejo de efluentes domésticos	119
Figura 48 - A) Leito do rio Riachão barrado por ação antrópica e acúmulo de óleo (petróleo) e resíduos sólidos. B) Cavalo de pau usado para extração petrolífera às margens do canal principal.....	120
Figura 49 - Encontro entre o riacho das Cobras e o rio Riachão, destacando a divergência de tonalidade entre as águas e a deposição de resíduos sólidos urbanos nas margens.	121

Figura 50 - Fragmentos de vegetação nativa em contato com pastagem.....	121
Figura 51 - Cavalo de pau usado para a extração de petróleo e gás-natural localizado em área de APP.....	122
Figura 52 - A) Escavação e alargamento do leito do rio Riachão. B) Estrutura de dutos e uma barreira de contenção no rio Riachão.....	123
Figura 53 - Fragmentos de vegetação nativa classificada como “Não modificada ou levemente modificada”	130
Figura 54 - Campos Alagados classificados como “Não modificada ou levemente modificada”.....	130
Figura 55 - Outras Formações Não Florestais classificadas como “Levemente Modificadas”.....	131
Figura 56 - Parque ecológico das Mangueiras	131
Figura 57 - Campos de Pastagem para alimentação de rebanhos bovinos.....	132
Figura 58 - Cocoicultura e campos de pastagem para alimentação bovina classificados como impacto ambiental forte a muito forte.....	133
Figura 59 - Leito no baixo curso do rio Riachão com a supressão da vegetação nativa (Mata Ciliar) substituída pela produção canavieira	134
Figura 60 - Estrada Vicinal para escoamento da produção canavieira	134
Figura 61 - Feição erosiva (Ravina) entre plantações de cana-de-açúcar.....	135
Figura 62 - Artificialização e Transformação Antropogênica da paisagem	135
Figura 63 - Mapa Hemerobiótico da SBHRR.....	138
Figura 64 - Área e classificação Hemerobiótica da Sub-bacia Hidrográfica do rio Riachão	139

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Enfoques metodológicos da Geoecologia das paisagens.....	31
Quadro 2 - Descrição de critérios para compartimentação do uso e cobertura do solo na SBHRR.....	33
Quadro 3 - Saídas de Campo durante a pesquisa.....	36
Quadro 4 - Classificação sintética das paisagens antropogênicas.....	39
Quadro 5 - Propriedades dos sistemas complexos.....	50
Quadro 6 - Classificação Hemerobiótica da Sub-bacia Hidrográfica do rio Riachão.	128

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Área da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Riachão por município.	66
Tabela 2 - População dos municípios que compõem a SBHRR.....	67
Tabela 3 - Evolução do número de engenhos no território sergipano em relação aos principais produtores da região Nordeste no período de 1630 -1890.....	94
Tabela 4 - Número de Engenhos em Sergipe e nas Províncias (municípios) drenados pela Sub-bacia Hidrográfica do Rio Riachão, 1838-1881.....	96
Tabela 5 - Usinas de produção de derivados da cana-de-açúcar	97
Tabela 6 - Atividades referente a indústria do petróleo correlacionando seus aspectos e impactos ambientais.....	114
Tabela 7 - Áreas das classes de uso e cobertura do solo na SBHRR.....	129
Tabela 8 - Área e porcentagem relativa dos graus de hemerobia da paisagem na SBHRR	136

LISTA DE SIGLAS

- ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ADEMA** – Administração Estadual do Meio Ambiente
- APP** – Área de Preservação Permanente
- BDIA** – Banco de Dados de Informações Ambientais
- BHRJ** – Bacia Hidrográfica do rio Japarutuba
- BMC** – Biblioteca Municipal de Carmópolis
- BSSA** – Bacia Sedimentar Sergipe/Alagoas
- CEMESE** – Centro de Meteorologia do Estado de Sergipe
- CONAMA** – Conselho Nacional do Meio Ambiente
- CPRM** – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
- DBO** – Demanda Bioquímica de Oxigênio
- EMI** – Energia, Matéria e Informações
- GEE** – Gases de Efeito Estufa
- IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- ICMBio** – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
- IHGS** – Instituto Histórico e Geográfico de Sergipe
- INPE** – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
- MDE** – Modelo Digital de Elevação
- MMA** – Ministério do Meio Ambiente
- MP** – Material Particulado
- OFNF** – Outras Formações Não Florestais
- PEAD** – Polietileno de Alta Densidade
- PEEM** – Parque Estadual Ecológico das Mangueiras
- PETROBRAS** – Petróleo Brasileiro SA
- PROÁLCOOL** – Programa Nacional do Alcool
- QGIS** – Quantum Gis
- RI/UFS** – Repositório Institucional da Universidade Federal de Sergipe
- SBHRR** – Sub-bacia Hidrográfica do Rio Riachão
- SEAD** – Secretaria de Estado da Administração
- SERHMA** – Superintendência Especial de Recursos Hídricos e Meio Ambiente
- SFB** – Sistema Florestal Brasileiro

SFB – Sistema Florestal Brasileiro

TGS – Teoria Geral dos Sistemas

UP – Unidade de Planejamento

RESUMO

Compreender como as atividades econômicas impactaram e continuam acometer a configuração da paisagem é essencial para promover um desenvolvimento mais sustentável e equilibrado. Portanto, torna-se pertinente abordar o conceito de paisagem antropogênica, que se refere às áreas onde a influência humana é predominante e onde a atividade econômica e social molda significativamente o ambiente físico. Na atualidade, há metodologias que permitem avaliar o estado do sistema ambiental e subsidiar o ordenamento territorial minimizando as consequências negativas. Destarte, a pesquisa em tela tem por objetivo analisar os impactos ambientais causados pelas atividades antrópicas na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Riachão (SBHRR), localizada no Leste Sergipano, a partir do pensamento geossistêmico proposto por Marques Neto (2023) e da análise teórico-metodológica de hemerobia proposto por Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2022). Para isso, realizou-se pesquisa bibliográfica, levantamento de material cartográfico e trabalhos de campo. Constatou-se na paisagem que a expansão da cana-de-açúcar é historicamente uma das principais atividades econômicas na sub-bacia do rio Riachão e, devido a essa historicidade, os impactos desse monocultivo na paisagem e no meio ambiente vão desde a degradação do solo, o desmatamento até a perda de biodiversidade. Arelado a isso, com a descoberta de petróleo na década de 1970, a sub-bacia do rio Riachão passou por uma nova onda de transformações, alterando consideravelmente o uso da terra e dos recursos naturais, ecológicos, a poluição e a contaminação dos recursos hídricos, além dos impactos socioeconômicos, incluindo a geração de empregos e o desenvolvimento econômico local. Todos estes tipos de uso e cobertura do solo causam impacto antropogênico na paisagem (hemerobia) e, a partir da integração dessas matrizes, foi possível calcular o nível de antropicidade da área objeto deste estudo, o que foi considerado de nível forte a muito forte. Diante do estado das unidades da paisagem da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Riachão, é latente reafirmar a importância de equilibrar o desenvolvimento econômico com a conservação ambiental, propondo estratégias para mitigar os impactos negativos identificados.

Palavras-chave: Paisagem, Uso e cobertura do solo, Hemerobia, Análise integrada, Sub-bacia Hidrográfica do rio Riachão, Cana-de-açúcar, Petróleo.

ABSTRACT

Comprehending how economic activities have impacted and continue to affect the configuration of the landscape is essential to promote more sustainable and balanced development. Consequently, it becomes pertinent to address the concept of anthropogenic landscape, which refers to areas where human influence is predominant and where economic and social activity significantly shapes the physical environment. Currently, there are methodologies that allow evaluating the state of the environmental system and supporting territorial planning, minimizing negative consequences. Therefore, the research on screen aims to analyze the environmental impacts caused by anthropogenic activities in the Riachão River Sub-basin (SBHRR), located in Eastern Sergipe, based on the geosystemic thinking proposed by Marques Neto (2023) and theoretical analysis - hemerobia method proposed by Rodriguez, Silva and Cavalcanti (2022). To this end, bibliographical research, cartographic material survey and fieldwork were carried out. It was noted in the landscape that the expansion of sugar cane is historically one of the main economic activities in the Riachão river sub-basin and, due to this historicity, the impacts of this monoculture on the landscape and the environment range from the degradation of soil, deforestation and loss of biodiversity. Linked to this, with the discovery of oil in the 1970s, the Riachão river sub-basin underwent a new wave of transformations, considerably altering the use of land and natural and ecological resources, pollution and contamination of water resources, in addition to socioeconomic impacts, including job creation and local economic development. All these types of land use and cover cause anthropogenic impact on the landscape (hemerobia) and, from the integration of these matrices, it was possible to calculate the level of anthropicity of the area subject to this study, which was considered a strong to very strong level. Given the state of the landscape units of the Riachão River Sub-basin, it is latent to reaffirm the importance of balancing economic development with environmental conservation, proposing strategies to mitigate the negative impacts identified.

Keywords: Landscape, Land use and cover, Hemerobia, Integrated analysis, Riachão river sub-basin, Sugarcane, Oil.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	VIII
LISTA DE QUADROS	XI
LISTA DE TABELAS.....	XII
LISTA DE SIGLAS.....	XIII
RESUMO.....	XV
ABSTRACT.....	XVI
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO.....	19
INTRODUÇÃO.....	20
PROBLEMATIZAÇÃO E ÁREA DE ESTUDOS	24
HIPÓTESE.....	28
OBJETIVOS	28
Objetivo Geral.....	28
Objetivos Específicos.....	28
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	28
CAPÍTULO II – A BACIA HIDROGRÁFICA ESCALA E OBJETO DE ESTUDO AMBIENTAL.....	40
BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE ANÁLISE INTEGRADA DA PAISAGEM.....	41
TEORIA GERAL DOS SISTEMAS E PENSAMENTO COMPLEXO.....	45
DISCUSSÃO AMBIENTAL SOBRE A PAISAGEM: COMPLEXIDADE E PROVENIÊNCIAS GEOECOLÓGICAS	53
CAPÍTULO III – CONDICIONANTES GEOAMBIENTAIS DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO RIACHÃO	61
SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO RIACHÃO.....	62
LITOLOGIA.....	67
COMPONENTES GEOMORFOLÓGICOS	70
CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E METEOROLÓGICAS	76
USO E COBERTURA DO SOLO NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO RIACHÃO	79
CAPÍTULO IV – DA CANA-DE-AÇUCAR AO PETRÓLEO: UMA RELAÇÃO DE DESIGUALDADE ENTRE SOCIEDADE E MEIO AMBIENTE.....	92
NARRATIVAS DA PRODUÇÃO CANAVIEIRA ENTRE OS VALES DO COTINGUIBA E JAPARATUBA	93
A CANA-DE-AÇÚCAR NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO RIACHÃO ..	98
IMPACTOS AMBIENTAIS DA PRODUÇÃO CANAVIERIA	101

	XVIII
Fase Agrícola	101
Fase Industrial	104
PRODUÇÃO PETROLÍFERA – O “ <i>ouro negro</i> ” QUE MOVE O MUNDO.....	107
IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELA PRODUÇÃO PETROLÍFERA: UM ESTUDO DE CASO NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO RIACHÃO	112
CAPÍTULO V – NÍVEIS HEMEROBIÓTICOS A PARTIR DOS USOS E COBERTURA DO SOLO NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO RIACHÃO	125
GEOSSISTEMA E ANTROPOGÊNESE: A HEMEROBIA COMO ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS.....	126
CONSIDERAÇÕES FINAIS	140
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	144

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO



Fonte: SANTOS, M. 2024.

Tópicos

- Introdução
- Problematização e área de estudo
- Objetivos
- Procedimento Metodológico

INTRODUÇÃO

A água é um elemento fundamental para a manutenção da vida e das atividades produtivas. Mas, a crescente e desordenada expansão da antropogênese intensificou a apropriação dos recursos naturais, impulsionada pelo crescimento populacional, extrativismo mineral, atividades da agropecuária e expansão industrial, além de gerar aumento considerável de resíduos sólidos urbanos e industriais. Todavia, o modo indiscriminado dos múltiplos usos da água vem causando apreensão em distintos setores da sociedade – de gestores públicos à pequenas comunidades.

Os impactos ambientais se constituem em uma das maiores atenções da humanidade. Essa perspectiva, que ganha corpo no mundo inteiro, torna-se cada vez mais importante quando a grande luta por territórios e mercados apresentam como componentes determinantes o domínio e a disponibilidade de recursos naturais onde a água ocupa lugar de destaque.

Como um todo, os ambientes naturais tendem a manter-se em equilíbrio dinâmico. Entretanto, as intervenções humanas, em variados âmbitos da sociedade, sejam elas rurais, urbanas e industriais, causam, a longo prazo, problemas na dinâmica sistêmica das bacias hidrográficas e têm efeitos potencializados por processos naturais de chuvas intensas e pela prática inadequada do uso do solo. A dinâmica ambiental provém de um fluxo constante de troca de energia e matéria que movem os sistemas. A partir de uma visão que se atente para essa realidade geossistêmica é possível adquirir resultados adequados na análise e planejamento dos possíveis impactos.

Enquanto elementos de análise geoambiental, as bacias hidrográficas demonstram alterações ocasionadas pelos diversos usos e de ocupações que se destinam a essas unidades. Portanto, a problemática ambiental mundial é marcada pela utilização excessiva dos recursos naturais e está, conseqüentemente, atrelada à deterioração dos sistemas fundamentais para a conservação da vida.

À medida que a sociedade tomou conhecimento dos desequilíbrios presentes no meio ambiente, a discussão a respeito de uma nova postura ético-ambiental entrou em pauta. A permanência da espécie humana está diretamente ligada ao uso racional dos componentes da natureza. Desse modo, é fortalecida a necessidade da tomada de decisões

acerca de como promover o desenvolvimento (não no sentido de acúmulo de riquezas) harmônico das sociedades com a conservação da natureza.

Contudo, os estudos relacionados aos impactos ambientais não devem ser feitos apenas com ênfase no físico pelo físico. Para tal, é necessária uma visão holística, integrada, levando-se em conta as relações entre a degradação ambiental e os agentes causadores.

O planejamento das atividades humanas, com o reconhecimento e respeito aos limites dos componentes naturais, torna-se imprescindível para o equilíbrio das paisagens e a permanência da espécie humana. Almejar esta permanência, requer conhecer o funcionamento da dinâmica do sistema dominante na paisagem.

Atualmente, não cabe dissociar a espécie humana, da natureza, ainda que aquela insista em manter uma postura soberana no Planeta. Considerar o ser humano no seu diferencial é necessário, mas enquanto elemento deste sistema complexo, ele é mais uma espécie sujeita a sofrer as intempéries da dinâmica terrestre como as demais.

Na década de 50, século XX, o biólogo austríaco Ludwig von Bertalanffy difundiu a Teoria Geral dos Sistemas. No entendimento desse autor, a ciência clássica, de modelo cartesiano, segmentada na abordagem do objeto, não era capaz de dar conta das especificidades sociais e das novas problemáticas, que não se resumiam ao mero princípio de causa e efeito. Assim, a nova proposta científica passou a analisar o objeto como um sistema, ou seja, como um todo organizado e cujas partes não representa a totalidade.

Com o tempo, os geógrafos, especialmente aqueles que estudavam as questões físico-ambientais, se apropriaram desse princípio para aplicar as bases sistêmicas na ciência geográfica. Destacaram-se Sotchava (1963; 1977), que cunhou o termo Geossistema para sistematização das paisagens pela primeira vez, e Bertrand (1968), que além de criar um modelo semelhante ao do seu contemporâneo, deu continuidade às ideias de Sotchava, apresentando o tripé formado pelo potencial ecológico, exploração biológica e ação antrópica que sustentam os pressupostos da análise da paisagem integrada.

Nos estudos geográficos e ambientais, principalmente na Geografia, a paisagem se consagrou como categoria nos estudos de interface sociedade/natureza. Assim, evoluiu com esta ciência, sendo o termo aplicado com diferentes interpretações e em diferentes linhas de pesquisa.

Com base nas questões anteriores, um termo capaz de sintetizar esses os estudos geossistêmicos e os impactos ambientais causados pelas atividades antrópicas é “hemerobia” (TROPMAIR, 1989), que pode ser entendido como a totalidade de alterações nas paisagens, classificadas, assim, de acordo com graus de naturalidade (SUKOPP, 1972), bem como as mudanças ocorridas na estrutura e funcionamento da paisagem, devido a ação humana sobre os geossistemas (RODRIGUEZ, SILVA & CAVALCANTI, 2022).

Assim sendo, a análise da hemerobia tornou-se útil na determinação do valor conservativo da paisagem, que é um dos elementos chaves no diagnóstico e zoneamento ambiental.

Dentre os diversos recortes espaciais mais apropriados para aplicar os princípios geossistêmicos embutidos nestas metodologias, destaca-se a bacia hidrográfica. Nos estudos ambientais, ela se configura como uma unidade que possibilita a análise da dinâmica dos elementos naturais e sociais em diferentes escalas.

O Brasil, no que se atribui à questão ambiental, seguindo os passos de outros países subdesenvolvidos, adota políticas desenvolvimentistas que fomenta a industrialização e a exploração dos recursos naturais sem uma devida preocupação quanto à conservação ambiental.

Inserido nesse sistema capitalista, Sergipe já foi destaque regional na produção e cultivo da cana-de-açúcar. O crescimento do setor sucroalcooleiro, em resposta, principalmente, à política de expansão do mercado de etanol, fez com que a produção de cana-de-açúcar avançasse para extensas áreas agricultáveis do território brasileiro, antes ocupadas ou por cultivos alimentícios, pastagens ou áreas de vegetação nativa.

Porém, este regime de monocultura sob o qual é cultivada a cana, tem resultado em grandes prejuízos para a sociedade e, principalmente, ao meio ambiente. A concentração da propriedade da terra, da riqueza e da renda, a destruição de florestas, a contaminação do ar, do solo e das águas, a expulsão de populações rurais são as marcas que este modelo de produção vem espalhando sobre o território, ao longo de nossa história (SCHLESINGER, et al. 2006).

Outro elemento exploratório dos recursos naturais que podemos destacar é a cadeia de produção petrolífera, uma das ações mais impactantes na perspectiva

socioambiental, uma vez que, a progressão ocasiona impactos ao meio ambiente, afetando a qualidade dos elementos, estejam eles relacionados ao ar, água e/ou solo, paisagem e à sociedade. Esses impactos ambientais que interferem na dinâmica natural sistêmica podem vir de várias formas como acidentes com vazamento de óleo, resíduos sólidos tóxicos industriais, excesso da exploração dos recursos naturais, desmatamento, entre outros, influenciando direta e indiretamente a saúde e os hábitos da população.

Para amenizar esses problemas e fomentar o desenvolvimento de políticas públicas para uma gestão sustentável dos recursos naturais, torna-se fundamental o monitoramento do uso e da cobertura do solo através de informações espaço temporais detalhadas das modificações ocorridas na paisagem (Jansen & Di Gregório, 2004; Southworth et al., 2004; Mendoza et al., 2011). Só assim é possível construir conhecimento das capacidades e limitações de uma região.

Como proposta da abordagem geossistêmica, encontra-se a composição de uma bacia hidrográfica, uma vez que possibilita a abrangência dos elementos físicos, biológicos, socioeconômicos e culturais de um determinado espaço. No manejo da bacia, estão presentes as políticas de gestão e planejamento, compreendidos como elementos de suma importância para o desenvolvimento socioeconômico, sendo indispensáveis para avaliar os problemas que envolvem a questão do uso, qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos.

Partindo da contextualização apresentada até aqui, esse trabalho envolverá a análise dos impactos ambientais antropogênicos na paisagem da Sub-bacia Hidrográfica do rio Riachão-SE. Deste modo, a pesquisa em tela é composta por 5 (cinco) capítulos.

O primeiro capítulo está estruturado em descrever os procedimentos introdutórios no qual foi organizado na introdução, na problematização e justificativa da escolha do tema, na hipótese, nos objetivos geral e específicos e na metodologia adotada para a confecção do trabalho.

Na sequência, o segundo capítulo apresenta o debate sobre bacias hidrográficas como escala e objeto de estudo ambiental a partir da análise geossistêmica e geocológica. Nele, é discutido a Teoria Geral dos Sistemas (TGS) a partir do pensamento complexo e um debate ambiental sobre a paisagem, sua complexidade e proveniências geocológicas.

O terceiro capítulo desta obra é voltado para retratar as condicionantes geoambientais da SBHRR; litologia, geomorfologia, condicionantes climáticas e meteorológicas, hipsometria e os diversos tipos de uso e cobertura do solo.

No quarto e penúltimo capítulo desta pesquisa, nos aprofundamos em realizar uma contextualização histórica de dois dos principais condicionantes ambientais da sub-bacia do rio Riachão; a produção de cana-de-açúcar e a extração petrolífera *onshore*. Ainda assim, pontuado os principais impactos ambientais de cada uma dessas matrizes exploratórias dos recursos naturais.

Por fim, o quinto e último capítulo perpetua sobre os geossistemas e a antropogênese da paisagem na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Riachão a partir do conceito e análise hemerobiótica, classificando a paisagem a partir dos níveis de interferência antrópicas. Ainda neste capítulo, a pesquisa em tela é concluída com as considerações finais.

PROBLEMATIZAÇÃO E ÁREA DE ESTUDOS

No estado de Sergipe, a degradação ambiental é resultante de um conjunto de fatores, principalmente de atividades agrícolas, exploração de recursos naturais e o crescimento urbano. No nordeste do estado, as áreas degradadas da bacia do rio Japarutuba, deram lugar a pastagens, plantação de cana-de-açúcar, exploração de minérios como potássio e petróleo, provocando significativas alterações nos processos hidrológicos e na qualidade das águas dos rios.

A Bacia Hidrográfica do Rio Japarutuba (BHRJ) apresenta uma área de 1.668 km², abrangendo 20 municípios pertencentes aos territórios de planejamento administrativo do Médio Sertão Sergipano, Leste Sergipano, Baixo São Francisco e Grande Aracaju. Tem como seus dois principais afluentes o rio Japarutuba-Mirim e o rio Siriri.

A exploração do petróleo pode ocorrer tanto na plataforma continental (*onshore*), como na marítima (*offshore*). Independentemente do tipo da atividade, ou ainda, em qualquer fase do processo, implantação ou operação da mesma é indispensável a sua adequação através da observância da legislação vigente no país.

Santos (2019) afirma que a BHRJ é considerada uma das principais bacias geoeconômicas do estado de Sergipe, por ser a maior bacia completamente em solo sergipano e pela presença de um dos maiores campos petrolíferos terrestres (*onshore*) do Brasil, Campo Carmópolis, na Bacia Sedimentar Sergipe-Alagoas. Importante ressaltar que, apesar de ostentar uma baixa disponibilidade hídrica, a bacia apresenta usos múltiplos da água superficial intensos, destacando-se a utilização da água nas atividades de exploração mineral, abastecimento humano e irrigação.

O rio Riachão é um dos afluentes que drenam até o canal principal do rio Japarutuba e a sua Sub-bacia Hidrográfica do rio Riachão (SBHRR) está localizada justamente na área de extração petrolífera *onshore* e onde há uma intensa produção de Cana-de-açúcar. Em função da vulnerabilidade ambiental de suas paisagens, em consequência da exploração dos recursos minerais, há alteração natural do meio, que prejudica os ecossistemas naturais e a qualidade de vida das populações locais, portanto, fez-se necessário o estudo espacial dos impactos ambientais na SBHRR, a fim de subsidiar uma gestão ambiental com qualidade e eficácia.

Outro ponto a ser observado com bastante atenção é referente a produção canavieira, que em Sergipe emergiu entre os vales formados pelos rios Cotinguiba, Sergipe e Japarutuba, apresentando uma importância econômica desde o início do século XVII. (SHIMADA, 2011, p. 48).

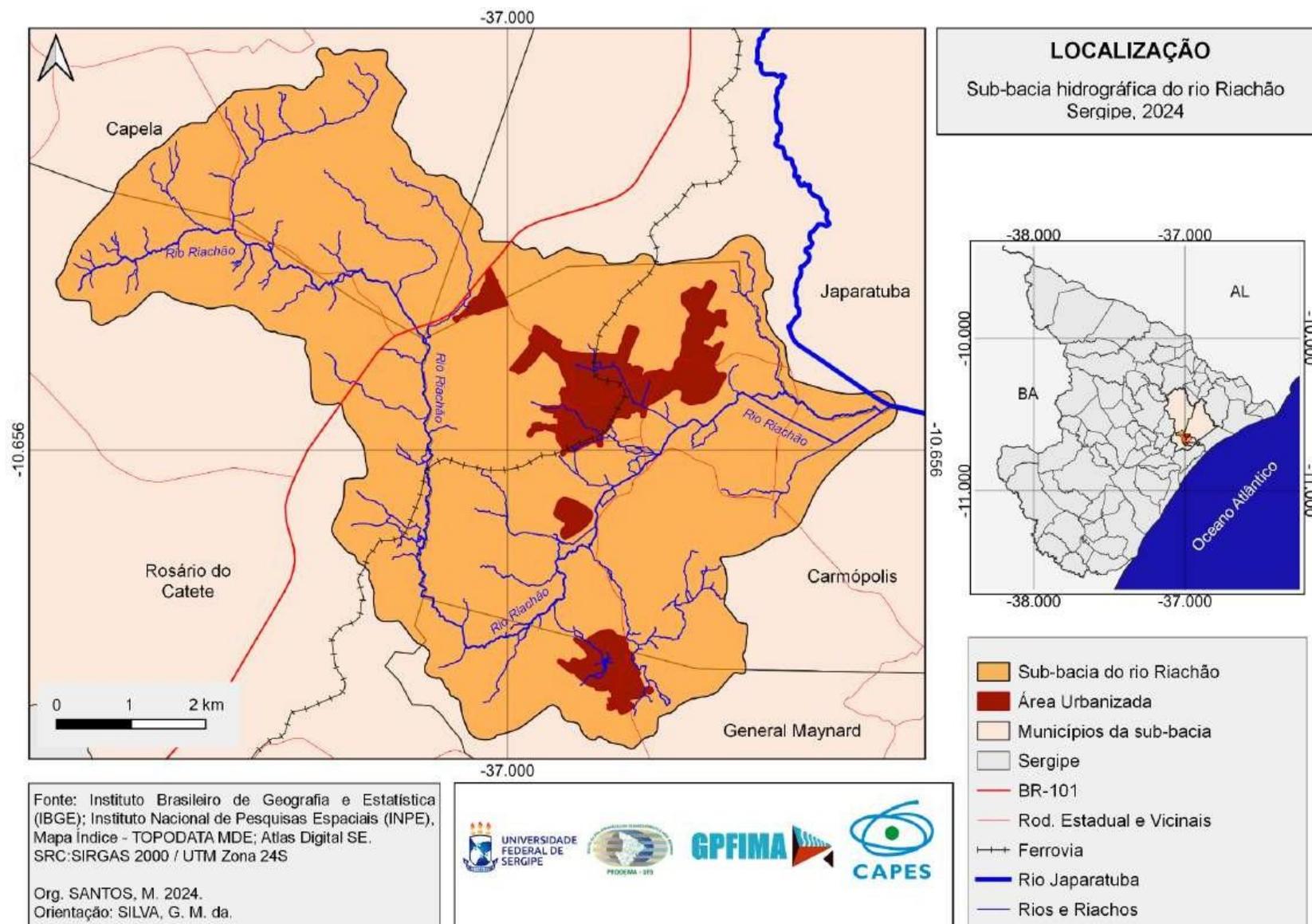
Cabe ressaltar que a paisagem da sub-bacia do rio Riachão, por estar essencialmente localizada no litoral sergipano, tem histórico de ocupação que, naquilo que reflita sobre o equilíbrio dos componentes sociais e naturais das paisagens, remonta às primeiras investidas dos conquistadores no território do Brasil.

Acrescenta-se ainda que esta sub-bacia comporta duas áreas urbanas – cidades de Carmópolis e General Maynard – e pequenas aglomerações de diferentes comunidades, concentrando uma demanda considerável sobre os bens naturais disponíveis nesta paisagem. Somado a isto, nas últimas décadas, o estado de Sergipe apresentou crescimento populacional significativo e com Carmópolis, município que tem seu perímetro urbano totalmente inserido na SBHRR, não foi diferente, fazendo-se necessário a contextualização histórica associada aos dados estatísticos de crescimento.

A área de pesquisa compreende a Sub-bacia Hidrográfica do Rio Riachão (SBHRR) (Figura 1), situado no território de planejamento Leste Sergipano (SERGIPE, 2017). A SBHRR tem área da unidade territorial de 57,6 km².

O fato da área da SBHRR se encontrar inserida na Bacia Sedimentar Sergipe/Alagoas (BSSA) e sofrer intensamente a pressão do extrativismo mineral com alto potencial de impactos ambientais irreversíveis, monocultivos de coqueicultura e cana-de-açúcar e o crescimento urbano desordenado torna necessária a realização de estudos geoambientais e se justifica por permitirem a compreensão da dinâmica territorial na área de estudo.

Figura 1 - Mapa de localização da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Riachão



HIPÓTESE

Levando em consideração a problematização apresentada, esta pesquisa parte da hipótese de que os meios de produção econômico na SBHRR têm ocasionado impactos ambientais que afetam direta e indiretamente os sistemas de elementos socioeconômicos e ambientais.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Analisar os impactos antropogênicos causados pelas atividades econômicas desenvolvidas na Sub-bacia hidrográfica do rio Riachão, no Leste Sergipano, a partir da integração geossistêmica e geoecológica da paisagem.

Objetivos Específicos

- I. Discutir sobre paisagem, bacias hidrográficas e análise geossistêmica e geoecológica;
- II. Caracterizar os condicionantes geoambientais da sub-bacia hidrográfica do rio Riachão;
- III. Problematizar a relação entre a exploração dos recursos naturais e os impactos ambientais na sub-bacia do rio Riachão;
- IV. Classificar as paisagens natural e antropogênica, a partir do conceito de hemerobia da sub-bacia hidrográfica do rio Riachão;

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O trabalho científico exige seguramente a adoção de um método como meio de estudo o qual possa permitir o desenvolvimento das etapas a serem adotadas pelo pesquisador. O método traz, em sua conjuntura, elementos de viabilidade, análise e correlação das informações adquiridas, possibilitando desdobramentos de investigação repercussões satisfatórias para a aquisição dos resultados.

A investigação e materialização para compreender os impactos ambientais causados por ações antropogênicas na Sub-Bacia Hidrográfica Do Rio Riachão foram

conduzidas segundo os princípios geossistêmicos e geocológicos, pois, permitem realizar uma análise integrada da paisagem possibilitando a inserção das ações antrópicas associadas, principalmente, aos processos econômicos presentes no espaço geográfico como elementos capazes de interferir e modificar as relações dinâmicas entre os processos naturais existentes no sistema de uma bacia hidrográfica.

RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2022, p. 155 corroboram essa compreensão ao afirmarem que,

O homem não modifica as leis da natureza, mas muda de forma significativa as condições de sua manifestação. [...] A paisagem, por mais que seja transformada, continua como parte da natureza, subordinando-se às leis naturais. O homem somente utiliza as leis naturais para alcançar seus propósitos, modificando, espontânea ou conscientemente, a direção e a velocidade da evolução paisagística.

Outrossim, para atender aos objetivos propostos na pesquisa em tela, os procedimentos metodológicos foram esquematizados de modo que atendesse uma série lógica e prática, tendo início nas questões interpelares até os resultados sobre os impactos ambientais na SBHRR.

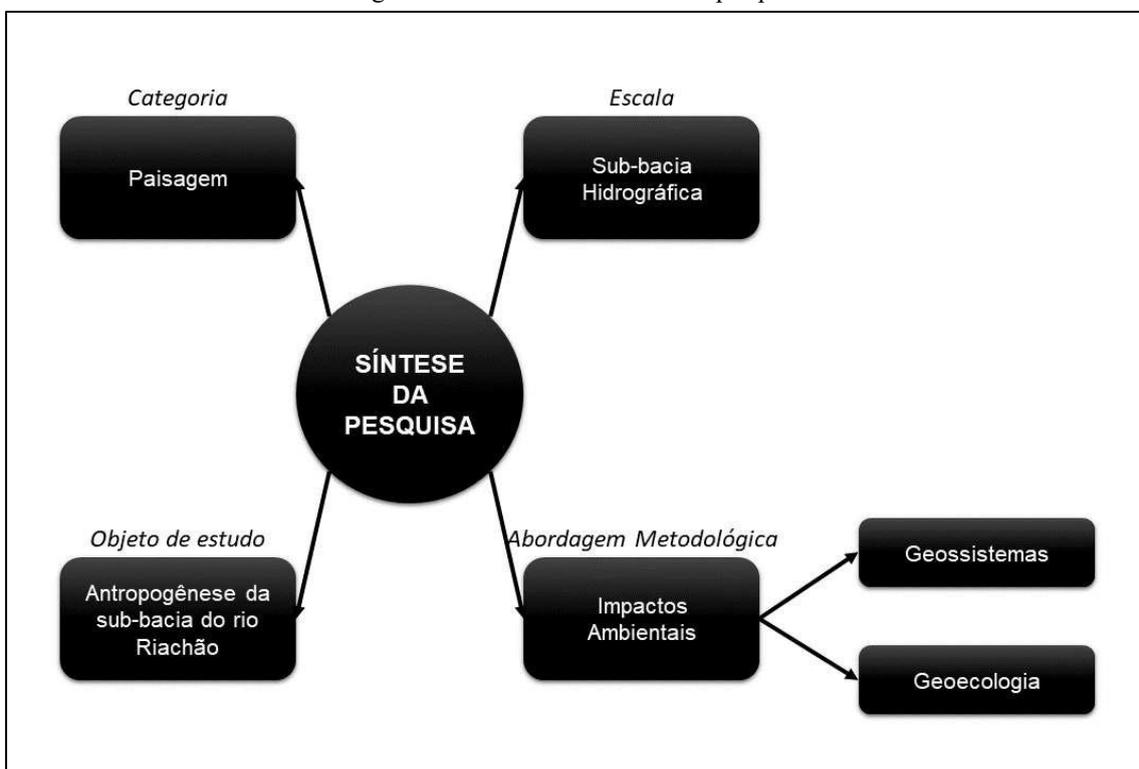
Buscando seguir o contexto atual de estudos interdisciplinares relacionados à dinâmica ambiental, optou-se pelo método de análise Geossistêmico, que permite a compreensão da dinâmica dos componentes do meio ambiente de modo integrado.

Dentro das categorias de análise dispostas na Geografia e por se tratar de um estudo que investiga os impactos ambientais com base na Teoria Geossistêmica, a paisagem foi tomada como norteadora do olhar científico. Vista com unanimidade pelo meio científico como fundamental dentre as categorias geográficas, a paisagem tem sido base de diversos estudos, sobretudo da Geografia Física e ambiental, voltadas a observar, analisar, avaliar e discutir as diversas transformações e modelagens da paisagem em um determinado período histórico.

Por conseguinte, a Teoria da Complexidade segue perspectivas próximas a Teoria Geossistêmica, buscando obter o conhecimento por meio da complexificação científica e na integração entre os fatores e elementos que compõem uma determinada realidade, de modo geossistêmico e interdependente. É importante ressaltar que, embora a complexidade não seja detalhada sistematicamente na Teoria Geossistêmica, ela está contida nesta análise.

Em síntese, a abordagem deste trabalho está pautada nos estudos da categoria geográfica Paisagem, na escala de Bacia Hidrográfica, sob o recorte da subdivisão de Sub-bacia hidrográfica e na proposta de estudo nos impactos ambientais a partir das perspectivas geossistêmica e geoecológica (Figura 2).

Figura 2- Elementos de síntese da pesquisa



Fonte: SANTOS, M. 2024.

Na sequência, a abordagem sobre os meios de produção econômica foi pautada na necessidade de esclarecer como se desenvolveram essas atividades, o início da exploração e uso dos recursos naturais dentro do estado de Sergipe, mais especificamente onde está inserida a SBHRR, quais as perspectivas em contextos futuros e os impactos sociais e ambientais mais recorrentes.

Descrever a partir dessa revisão geral foi necessária para que fosse possível uma visão que atendesse aos objetivos da pesquisa em tela, levando em consideração tanto os aspectos naturais quanto os aspectos sociais, identificados por meio da revisão bibliográfica, como os principais impactos da produção petrolífera *onshore* no Brasil, os monocultivos de Cana-de-açúcar e coqueicultura no nordeste brasileiro e em Sergipe.

Em face da proposição central do estudo, do referencial teórico adotado e da categoria selecionada, a obra Paisagem e Geossistemas (MARQUES NETO, 2022) apresentou-se como base de conhecimento adequado, uma vez que apresenta um

“aprofundamento teórico-metodológico acerca da abordagem geossistêmica e dos estudos integrados da paisagem, apoiado nas concepções clássicas e nos avanços contemporâneos” (MARQUES NETO, 2022, p. 10).

Por intermédio da Paisagem e Geossistemas foi possível definir esse sistema complexo sendo um “agrupamento naturalmente interconectado de características inorgânicas e orgânicas em que a mudança que ocorre em uma característica leva à mudança em todas as outras” (MARQUES NETO, 2022, p. 39).

Portanto, a Paisagem e Geossistemas atende tanto ao referencial teórico, quanto ao objetivo de avaliar os impactos ambientais dos meios de produção econômica na SBHRR. Outrossim, por meio da Paisagem e Geossistemas é possível identificar a complexidade dos sistemas integrados que apresentam as consequências das ações antrópicas, atendendo também a proposta da pesquisa.

Similarmente, a obra Geocologia das Paisagens (RODRIGUEZ, SILVA & CAVALCANTI, 2022) que apresenta uma visão geossistêmica da paisagem, apresentou-se como base de conhecimento complementar adequado.

Subdividido em 5 enfoques, a Geocologia das Paisagens proporciona diversificar as análises a respeito da paisagem, uma vez que não se mantém centrado em uma única perspectiva. Entre os 5 enfoques presentes no livro, o estudo exibido em tela considerou o enfoque histórico-antropogênico, em virtude da proposição das ações e mudanças da paisagem a partir das atividades humana (Quadro 1).

Quadro 1- Enfoques metodológicos da Geoecologia das paisagens

ENFOQUES METODOLÓGICOS			
PRINCÍPIOS	CONCEITOS BÁSICOS	MÉTODOS	ÍNDICES
ESTRUTURAL	Estruturas das paisagens: monossistêmica e parassistêmica. Estrutura horizontal e vertical, geodiversidade	Cartografia das paisagens, classificação quantitativa-estruturais, tipologia e regionalização	Imagem, complexidade, forma dos contornos, vizinhança, conexão, integridade, coerência e configuração geocológica
FUNCIONAL	Balço de EMI, interação de componentes, gênese, processos, dinâmica funcional, resiliência e homeostase	Análise funcional, geoquímica, geofísica e investigações estacionais	Função, estabilidade, solidez, fragilidade, estado geocológico, capacidade de automanutenção, autorregulação e organização, equilíbrio

DINÂMICO EVOLUTIVO	Dinâmica temporal, estados temporais, evolução e desenvolvimento	Retrospectivo, estacional, evolutivo e paleo-geográfico	Ciclos anuais, regimes dinâmicos, geomassa, geohorizonte, idade e tendências evolutivas
HISTÓRICO-ANTROPOCENICO	Antropogênese, transformação e modificação das paisagens	Histórico e análise antropogênica	Índices de antropogênese, cortes histórico-paisagísticos, perturbações, tipos de modificação e transformação humana (paisagens contemporâneas, trocas, hemorobia)
INTEGRATIVO	Sustentabilidade geoecológica das paisagens; paisagem sustentável	Análise paisagística integral	Suporte estrutural, funcional, relacional, evolutivo, produtivo das paisagens; categorias de manejo da sustentabilidade da paisagem

Fonte: Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2022).

A distribuição em enfoques favorece os estudos ambientais, de modo que evidencia maior clareza metodológica na pesquisa de acordo com resultados esperados pelo pesquisador.

Por se tratar de uma sub-bacia hidrográfica, a área de interesse foi delimitada a partir da indicação do exutório. Para efetivação do procedimento, inicialmente foi realizado o Download do Modelo Digital de elevação – MDE 10s375, pelo site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) na plataforma TOPODATA Banco de dados geomorfométricos do Brasil.

No software QGIS 3.16 foi adicionada camada raster, que é o arquivo MDE, e segue o passo a passo: Processo > Caixa de Ferramenta > r.phild. Após a abertura de uma nova janela, e nela foi selecionado dois tipos de arquivos para serem extraídos, MDE sem depressão e direção de fluxo, clica na opção executar. Após a criação dos novos arquivos, foi realizado o mesmo passo a passo, mas com a opção final r.watershed e escolher a bacia a partir do exutório e clicar em executar. Após essa etapa, a o software fez a delimitação da bacia.

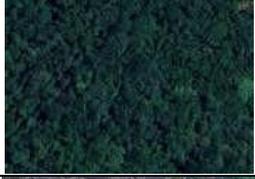
As buscas dos materiais bibliográficos foram realizadas junto aos órgãos públicos do Estado de Sergipe; Secretaria de Estado da Administração (SEAD), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Superintendência Especial de Recursos Hídricos e Meio Ambiente (SERHMA), Administração Estadual do Meio Ambiente (ADEMA), Instituto Histórico e Geográfico de Sergipe (IHGS), Biblioteca Municipal de

Carmópolis (BMC), Repositório Institucional da Universidade Federal de Sergipe (RI/UFS), Plataforma Sucupira de Teses e Dissertações (CAPES) e outros.

O trabalho de campo, além de buscar investigações primárias de dados, tornou-se útil para melhor compreensão e entendimento da paisagem local no que diz respeito aos impactos ambientais dos meios de produção econômica na sub-bacia hidrográfica do Rio Riachão.

Para responder os objetivos da pesquisa em tela, temos como passo inicial a realização do mapeamento detalhado do uso e cobertura do solo da SBHRR numa escala de 1:50.000. A fim de análise e conhecimento, no presente estudo foram consideradas as feições de uso e cobertura do solo do MapBiomias Coleção 8. Para um melhor detalhamento, a descrição da Legenda Coleção 8 foi usada para obter um maior aprofundamento no objeto de estudo. Portanto, foi possível identificar os tipos de uso e cobertura do solo descritos no quadro abaixo.

Quadro 2 - Descrição de critérios para compartimentação do uso e cobertura do solo na SBHRR

FEIÇÕES	CRITÉRIOS	CARACTERIZAÇÃO
Área Urbana	Áreas com significativa densidade de edificações e vias, incluindo áreas livres de construções e infraestrutura.	
Produção de Cana-de-açúcar	Áreas cultivadas com a cultura da cana-de-açúcar.	
Formações Florestais	Formações florestais que apresentam características de Floresta Ombrófila Densa, Aberta e Mista e Floresta Estacional Semi-Decidual, Floresta Estacional Decidual e Formação Pioneira Arbórea.	
Outras formações não florestais/Não Vegetadas	Outras Formações Naturais não florestais que não puderam ser categorizadas.	
Campos Alagados	Formações com influência fluvial ou lacustre, normalmente caracterizadas por planícies próximas a rios e lagos	

Lagos	Rios, lagos, represas, reservatórios e outros corpos d'água	
Área Construída	Áreas que estão fora do perímetro urbano, mas que possuem área consideravelmente modificada e construída pela ação antrópica	
Pastagem	Feições com características diretamente relacionadas à atividade agropecuária ou áreas de pastagem natural predominantemente caracterizadas como formações campestres ou campo alagado, podendo ser submetidas ou não a práticas de pastejo.	
Produção de Coqueicultura	Áreas cultivadas com a produção de coco da baía.	
Mineração (Poços de Petróleo)	Áreas referente a extração mineral industrial, havendo clara exposição do solo por ação antrópica.	
Agricultura Familiar (Outras lavouras temporárias)	Áreas ocupadas com cultivos agrícolas de curta ou média duração, geralmente com ciclo vegetativo inferior a um ano, que após a colheita necessitam de novo plantio para produzir.	

Fonte: MapBiomas – Coleção 8. Adaptado pelo autor.

O mapeamento do uso e cobertura do solo foi realizado de forma manual, por intermédio da confecção de polígonos a partir de imagens de satélite dos programas *Google Earth Pró* e *Landsat* de 20 de janeiro de 2024 e trabalhos de campo realizados durante os anos de 2023 e 2024 na área objeto desse estudo. Após o mapeamento detalhado, os polígonos referentes a cada tipo de uso e cobertura do solo foram classificados geometricamente no software *Google Earth Pró* e salvo como “Arquivo KML e/ou KMZ”.

Os dados poligonais em KMZ e KML foram importados para o software QGIS 3.16 e convertidos para dados vetoriais, por meio do caminho: vetor > geoprocessamento

> converter para vetor. Após a conversão dos arquivos para vetor, as informações foram transportadas para o Layout de Impressão e finalização do mapa.

A confecção dos perfis topográficos foi realizada utilizando o Modelo Digital de Elevação (MDE) do projeto do TOPODATA com pixel de resolução de 30m, utilizando o plugin (complemento) Profile Tool no software QGIS 3.16.16 e versão do GRASS 7.8.5.

Além disso, foi realizado o levantamento e seleção do acervo cartográfico que engloba a Sub-bacia Hidrográfica do rio Riachão. A análise detalhada deste material proporcionou a compreensão do contexto ambiental regional e local, em que a mesma está inserida. Ainda assim, proporcionou a elaboração da base cartográfica, bem como a confecção dos mapas de localização e dos componentes geoambientais – litologia, geomorfologia, hidrografia e hipsometria. Tais mapas auxiliaram a produção dos principais produtos deste estudo, os mapas de Uso e Cobertura do Solo Atualizado e os Níveis de Hemerobia da Paisagem.

Foram utilizados os seguintes materiais cartográficos, que se encontram disponíveis em meio eletrônico e/ou nos portais de órgãos públicos:

- Mapas temáticos do projeto RADAMBRASIL (BRASIL, 1983), volume 30 – geomorfologia, geologia e vegetação, na escala de 1:1.000.000, e seus respectivos textos, que ofereceram o quadro das características regionais e local em que se insere a área de estudo;
- Mapa da Geologia e Recursos Minerais do Estado de Sergipe, escala 1:250.000 e texto explicativo (SANTOS et al., 1997), serviu de base para a elaboração da geologia da sub-bacia deste estudo;
- Atlas Digital sobre Recursos Hídricos de Sergipe (2016), da Superintendência Especial de Recursos Hídricos e Meio Ambiente.
- Imagens de satélite disponíveis na página do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), do satélite Landsat 8, Sensor OLI, com resolução de 30m, datadas do ano de 2024 e Google Earth Pró, que após o devido tratamento, resultou na confecção dos polígonos de uso e cobertura da do solo como já mencionado.

O mapa de geomorfologia foi gerado a partir dos shapesfiles fornecidos pelo Banco de Dados de Informações Ambientais – BDIA – mapeados numa escala de 1:250.000, disponível no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

A caracterização climática da SBHRR resultou de uma composição dos dados pluviométricos dos municípios que estão incluídos na sua área – Capela, Carmópolis, Japarutuba, General Maynard e Rosário do Catete – disponibilizados pelo Centro de Meteorologia do Estado de Sergipe (CEMESE) e site especializado Climatempo, o qual disponibiliza um acervo dos Dados Climatológicos do Estado de Sergipe. Com estes dados foram produzidos climogramas para análise das características do clima na área de estudo.

A segunda etapa foi referente à obtenção de dados *in loco*, durante a realização dos trabalhos de campo, que permitiu corrigir as informações inseridas nos mapas preliminares, observar a espacialização das feições morfológicas na paisagem, os aspectos da organização do uso e cobertura do solo, identificar evidências da ação de processos morfodinâmicos e realizar os registros fotográficos. No total, foram realizadas nove saídas de campo entre os anos de 2023 e 2024, descritas no quadro 3.

Quadro 3 - Saídas de Campo durante a pesquisa

SAÍDAS DE CAMPO	
DATA	NOME
19/01/2023	Identificação da área objeto de estudo
24/05/2023	Extremo Norte da SBHRR
03/09/2023	Cana-de-açúcar e produção petrolífera
16/12/2023	Médio Curso da SBHRR
21/02/2024	Nascente e Cana-de-açúcar (Identificação de feições <i>in loco</i>)
15/03/2024	Planície fluviomarinha da SBHRR
30/03/2024	Monte Carmelo (Imagens do ponto mais alto da SBHRR)
19/04/2024	Tabuleiros Costeiros
25/05/2024	Jusante e zona petrolífera da SBHRR

Fonte: SANTOS, M. 2024.

Por fim, a terceira etapa representada pelo tratamento das informações e dados para a análise integrada da paisagem da sub-bacia, segundo a metodologia geossistêmica de Marques Neto (2022) e Geoecologia das paisagens de Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2022). De acordo com os autores, para avaliar os impactos ambientais de uma Unidade de Paisagem deve-se realizar estudos básicos dos componentes ambientais: relevo, geologia, uso da terra e clima. Por conseguinte, a realização dos trabalhos de campo e a

confeção de produtos cartográficos temáticos referentes a – geomorfologia, geologia, climatologia e uso da terra/vegetação.

Portanto, a metodologia adotada procurou, de um lado, contextualizar a área de estudo e suas transformações antrópicas decorrentes da intensificação das ações antropogênicas – principalmente dos condicionantes de cana-de-açúcar e extração petrolífera –, de outro lado, aplicar a abordagem da hemerobia para dimensionar tais mudanças.

No que tange à análise da hemerobia propriamente dita, adotou-se a classificação da antropogênica da paisagem apresentada por Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2022), porém com adaptações para a escala da pesquisa; e os dados de uso e cobertura do solo de 2024 por imagens de satélite Google Earth Pró e Landsat, tendo como base a matriz disponível na plataforma digital da Coleção 8 do Projeto MapBiomias (MAPBIOMAS, 2020).

As estatísticas das classes de uso e cobertura do solo, em formato xls, da área de estudo também foram coletadas no site do Projeto Mapbiomas (MAPBIOMAS, 2020). Com o uso do software Excel procedeu-se os cálculos dos percentuais de cada tipo de uso e cobertura da terra em relação à área total da sub-bacia, assim como dos índices hemerobiótico para o ano de análise. Também foi quantificada a variação percentual do índice hemerobiótico e efetuado o enquadramento de impacto humano na paisagem, conforme os intervalos (entre 1 e 7) propostos por Walz e Stein (2014) e adaptados por Rodriguez et al (2022) (Figura 3).

A partir da escala adotada, quanto mais próximo de 1, menores as mudanças na estrutura e no funcionamento da paisagem pelas atividades antrópicas. De forma contrária, quanto mais próximo de 7, mais profundas as alterações realizadas na paisagem.

Ainda assim, vale ressaltar que um dos elementos fundamentais para a elaboração da classificação das paisagens antropogênicas é o critério do grau de mudanças (transformação, modificação) da paisagem (RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2022, p. 164).

Figura 3 - Cálculos do índice Hemerobiótico e intervalos para a avaliação geral do impacto humano na paisagem.

Índice Hemerobiótico = $\frac{(G. IMP da classe 1 \times \text{Área da classe 1 em \%}) + (G. IMP n \times \text{Área n em \%})}{100}$...

Onde:
 G. IMP da classe = Grau de impacto humano na paisagem a partir da classe de uso e cobertura do solo
 Área da classe = Área (%) da classe de uso e cobertura do solo.

Classe Hemerobiótica por intervalo	Impacto Humano na paisagem	Grau de impacto	
0 -1	Ahemeróbico	Quase nulo	1
1,1 – 2	Oligohemeróbico	Fraco	2
2,1 – 3	Mesohemeróbico	Moderado	3
3,1 – 4	Beta-Euhemeróbico	Moderadamente Forte	4
4,1 – 5	Alfa-Euhemeróbico	Forte	5
5,1 – 6	Poli-Euhemeróbico	Muito forte	6
6,1 – 7	Meta-hemeróbico	Excessivamente Forte	7

Fonte: Walz e Stein (2014); Rodriguez et al. (2022).

Para tal, os autores definem as seguintes categorias:

- paisagens naturais (radicais, não modificadas ou debilmente modificadas): que não experimentaram o impacto da atividade econômica ou que ocorreu de forma através da migração tecnogênica dos elementos químicos, devido em particular a contaminação regional e global da atmosfera;
- paisagens antopo-naturais (mudadas, modificadas ou derivadas): têm experimentado a transformação principalmente os componentes bióticos. Distinguem-se de acordo com a profundidade das mudanças as paisagens naturais secundárias, as modificações antropogênicas amenas (com uma cobertura vegetal muito transformada, mas que ainda conservam a capacidade de recuperação); as modificações antropogênicas fortes (que perderam a capacidade de recuperação do estado original);
- paisagens antrópicas (tecnogênicas): nas quais mudam-se não só os biocomponentes, mas também os inertes (relevo, embasamento geológico). Nelas distinguem-se as paisagens reguladas (paisagens industriais, hídricas, urbanas etc.) e as autodesenvolvidas (savanas e desertos antropogênicos, morros mediterrâneos etc.). (RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2022, p. 165)

Os índices de hemerobia da Sub-bacia do rio Riachão foram dimensionados com base no grau de impacto do uso ou da cobertura do solo em relação a extensão territorial. Para isso adotou-se as propostas de classificação de unidades antropológicas de Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2022) exposta no Quadro 2 e de grau de impacto de Walz e Stein (2014) (Figura 3). Para chegarmos ao denominador de análise em comum, foi

realizada uma adaptação dos tipos de uso e cobertura do solo, tendo como base as classes presentes do MapBiomias para área de estudo (Quadro 4).

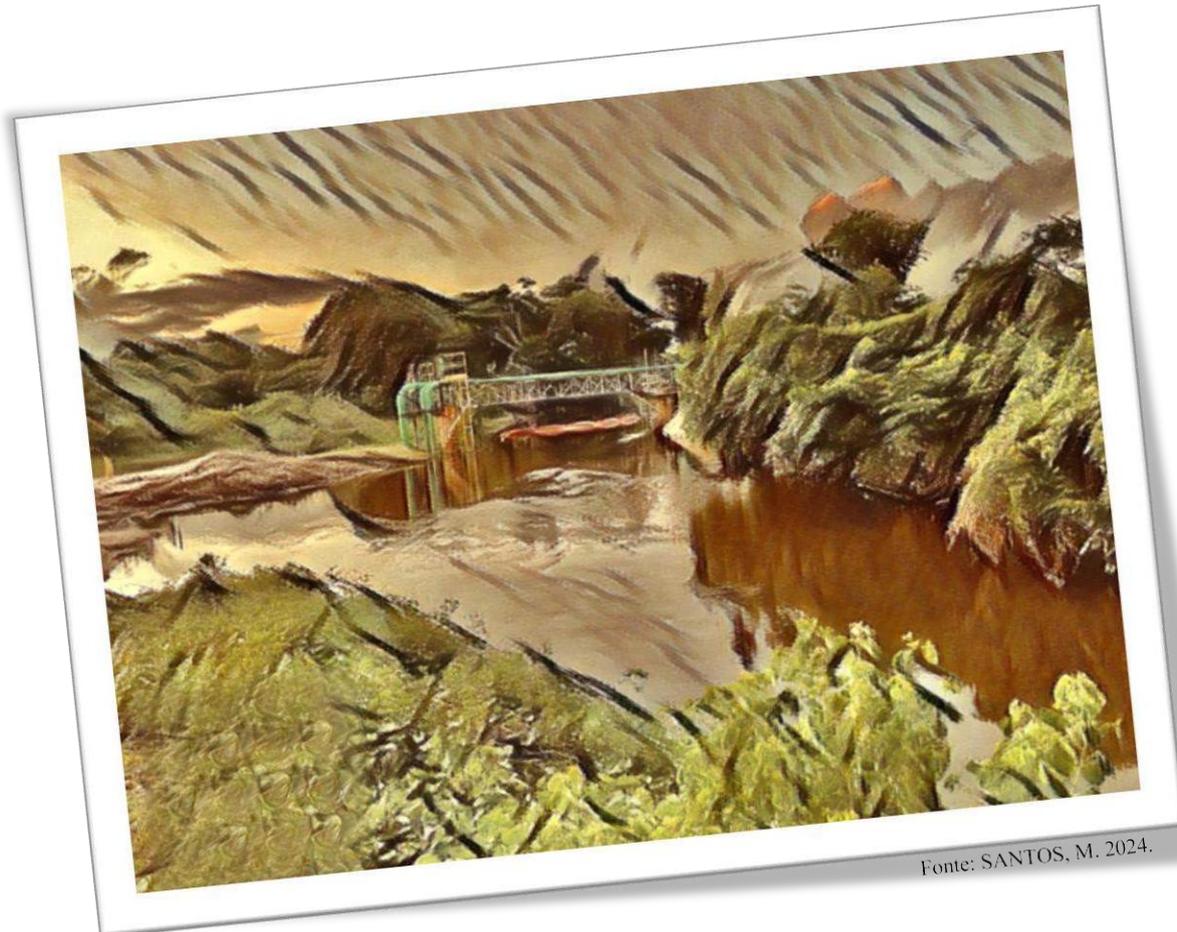
Quadro 4 - Classificação sintética das paisagens antropogênicas.

CATEGORIA	CLASSES	TIPOS DE UTILIZAÇÃO E OCUPAÇÃO	HEMEROBIA (Influência Antrópica no meio natural)
Naturais e Semi-naturais	Áreas Naturais	Áreas naturais sem uso funcional Reservas, parques e diversos tipos de áreas protegidas.	Não modifica ou levemente modificado
	Exploração Florestal	Bosques virgens e produtivos Parques e secundários Plantações Florestais	Levemente modificado
Antropo-naturais	Turística	Parques recreativos Zonas Turísticas	modificação leve a moderado
	Pastoril	Pastos naturais Pastos herbáceo-arbustivo Pastos artificiais (melhorados)	modificação moderada a forte
	Agrícola	Plantações harboreas perenes Campos e focos agrícolas de subsistência Plantações agrícolas de sequeiro	Modificação forte a muito forte
		Plantações agrícolas irrigadas ou dissecadas	Modificação forte e transformação artificial
Antrópicas	Urbana	Cidades intermediárias ou grandes Povoados e vilas rurais	Artificialização e transformação antropogênica
	Minero-industrial	Áreas de exploração de jazidas minerais Áreas industriais, de armazém e portos	
	Exploração de Recursos Hídricos	Reservatórios pequenos e canais Grandes barragens	

Fonte: Rodriguez, Silva e Cavalcanti. (2022).

A análise dos impactos ambientais e da Hemerobiótica, no seu todo, exigiu, além das etapas efetuadas em gabinete, trabalhos de campo para confirmar ou corrigir as informações obtidas em fontes secundárias e realizar os registros fotográficos auxiliares da compreensão dos impactos, observar evidências de processos morfodinâmicos e os tipos de uso e cobertura do solo para a compreensão das características e do estado da paisagem. O diário de campo foi utilizado para o registro escrito de informações não efetivamente resguardadas por outros meios disponíveis durante as visitas de campo, como fotografias. Tais informações foram utilizadas como material de consulta durante a sintetização desse estudo, contribuindo na redação do trabalho final.

CAPÍTULO II – A BACIA HIDROGRÁFICA COMO ESCALA E OBJETO DE ESTUDO AMBIENTAL



Fonte: SANTOS, M. 2024.

Tópicos

- Bacia Hidrográfica como unidade de análise integrada da paisagem
- Teoria Geral dos Sistemas e Pensamento Complexo
- Discussão ambiental sobre a paisagem: Complexidade e proveniências Geoecológicas

BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE ANÁLISE INTEGRADA DA PAISAGEM

As ciências geográficas e ambientais são ramos que pautam seus estudos na espacialização dos objetos e ações, ou seja, analisa o espaço onde eles se materializam. A escala dos fatos a serem estudados é o “mundo humanizado” e, dada a sua abrangência, se faz necessário um “recorte” espacial. Nesse sentido, a escala representa este limite espacial do fenômeno a ser analisado.

As atividades humanas são materializadas no espaço e os arranjos se expressam em paisagens cada vez mais antropizadas, na medida em que novas tecnologias são criadas pelas sociedades. Por vezes, as intervenções humanas criam uma renaturalização de ambientes, a exemplo de áreas reflorestadas. Entretanto, o processo evolutivo destas áreas dificilmente corresponderá àquele do sistema ambiental original.

Com o crescimento demográfico desordenado, eleva-se a demanda por suprimentos, habitação e serviços. Assim, verifica-se a expansão da malha urbana e das fronteiras agrícolas, quase sempre sem a devida ética ambiental. Geralmente, a finalidade é atender à reprodução do capital. Esta situação imprime ao planeta o valor de troca em detrimento do de uso.

Dessa forma, a tecnologia é direcionada para outras finalidades que não a de priorizar a condição de dignidade da sociedade. Todavia, não se alcança a dignidade (como permanência e contingência) das sociedades sem equilíbrio ambiental.

Ross (1994, 2006) e Porto-Gonçalves (2006) destacam que práticas desenvolvidas para a realidade dos países desenvolvidos são implantadas nas nações subdesenvolvidas e tendem a ampliar as desigualdades sociais e a degradação ambiental. Isso é observado claramente nos países que se estabelecem como agroexportadores de *commodities*, onde o saldo negativo deixado pelas atividades agrícolas monocultoras supera os ganhos econômicos.

Realidades como esta alertam para a necessidade de que os componentes naturais da paisagem precisam de formas mais harmônicas de apropriação, para que os saldos das relações sejam equalizados ao bem-estar sócio-econômico-ambiental.

Para Ross (1994), o planejamento físico territorial e ambiental é uma ferramenta indispensável para que ações desse nível possam acontecer. Por meio dele, as sociedades podem ter uma previsibilidade acerca das práticas desenvolvidas na paisagem no tempo presente, estabelecendo um maior controle sobre as consequências de atividades futuras no ambiente.

Pensar desta maneira leva a entender que os estudos para compreender as organizações das paisagens são multiescalares e qualquer tomada de decisão deve reconhecer e considerar a hierarquia escalar. Na Geografia, a escala pode corresponder ao recorte espacial de um município, região ou bacia hidrográfica, dentre outros. O pesquisador é quem o define, de acordo com o objetivo de seu estudo.

Cabe salientar que,

o recurso de pensar a escala permite analisar o fenômeno a partir da medida da sua significância, isto é, da extensão que lhe dá sentido. Deixando claro que para a pesquisa nem o fenômeno, nem a escala de análise são dados da natureza, mas escolhas intelectuais fortemente influenciadas pelas matrizes teóricas dos pesquisadores e pelos seus contextos sociais (CASTRO, 2014, p. 88).

O autor esclarece ainda que “nunca é demais realçar que considerar a escala na geografia é basicamente pensar em recortes significativos para a análise dos fenômenos” CASTRO (2014, p. 92).

No Brasil, os estudos no âmbito da Geografia Física passaram a dar destaque para a bacia hidrográfica, em particular com o crescente interesse no planejamento territorial, após a segunda metade do século passado. Neves e Machado (2013), corroboram ao afirmar a bacia hidrográfica

(enquanto unidade ambiental) transpõe o uso, predominantemente, da Geografia, expandindo-se a muitas áreas das Ciências Ambientais e Agrárias, uma vez que além de ser célula básica de análise do meio ambiente, ela permite diagnósticos e prognósticos acerca dos processos interacionais, por meio de uma visão sistêmica e integrada. (NEVES; MACHADO, 2013, p. 2154).

No contexto do planejamento ambiental, a bacia hidrográfica é considerada o recorte espacial mais adequado para a compatibilizar uso e conservação dos recursos naturais. Além disso, se constitui em unidade geográfica natural, com limites bem definidos que integram componentes biogeofísicos e sociais.

De acordo com Neves e Machado (2013), os estudos integrados foram dando destaque para as ações humanas em bacias hidrográficas, mostrando a importância do entendimento

da apropriação e a transformação da bacia hidrográfica pelo homem em sociedade, por meio da exploração biológica, que afeta o equilíbrio climático da mesma, o que gera implicações resistísticas, uma vez que a alteração em qualquer ponto de um subsistema pode repercutir na totalidade do sistema maior (NEVES; MACHADO, 2013, p. 2155).

Por sua vez, Silveira (2001) contribui destacando que a bacia hidrográfica é um sistema aberto, cuja entrada é dada pela água das chuvas e a saída se relaciona com a drenagem dessa água no exultório. Para essa visão hidrológica Christofolletti (1980) acrescenta que a energia solar também se dá na entrada. Nesse sistema há saída de água por evapotranspiração, escoamento subsuperficial e sedimentos transportados pelos canais fluviais. A inserção do componente antrópico produz alterações nas relações entre os elementos naturais da dinâmica desse sistema.

Pode-se entender que qualquer recorte espacial em terras continentais está inserido total ou parcialmente em uma bacia hidrográfica, o que facilita no processo de delimitação escalar do complexo paisagístico a ser estudado (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Isso não quer dizer a bacia seja um elemento isolado do seu entorno, mas que, sendo respeitada a sua relação com os demais sistemas circundantes, ela se constitui um importante recorte espacial para validar estudos científicos, especialmente os ambientais, servindo como uma amostra espacial de fenômenos mais amplos.

De maneira simples, entende-se por bacia hidrográfica uma área drenada por um rio principal e seus afluentes (GUERRA; GUERRA, 2006; CHRISTOFOLETTI, 1980). Valente e Gomes (2011) ressaltam que ela é uma área delimitada naturalmente. Assim, muitos países passaram a adotar a bacia hidrográfica como unidade para desenvolver projetos de planejamento.

No Brasil, sua incorporação na Política Nacional dos Recursos Hídricos através da Lei Federal nº. 9.433 de 08/01/1997, no seu Artigo 1º, Inciso VI, tornou-a “um instrumento valioso de integração dos aspectos socioambientais nas políticas de desenvolvimento de uma região” (GOIS, 2010, p. 46). Essa lei que tem por base o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos.

Sobre essa questão, Silveira (2001, p.7) pontua que no “início, o processo de gerenciamento e planejamento de bacias hidrográficas visava basicamente a solução de problemas relacionados à água, com prioridade para o controle de inundações, para o abastecimento doméstico e industrial, para a irrigação ou para a navegação”.

Enquanto unidades espaciais integradoras as bacias hidrográficas

são sistemas abertos, que recebem energia através de agentes climáticos e perdem energia através do deflúvio, podendo ser descritas em termos de variáveis interdependentes, que oscilam em torno de um padrão, e, desta forma, mesmo quando perturbadas por ações antrópicas, encontram-se em equilíbrio dinâmico. Assim, qualquer modificação no recebimento ou na liberação de energia, ou modificação na forma do sistema, acarretará em uma mudança compensatória que tende a minimizar o efeito da modificação e restaurar o estado de equilíbrio dinâmico (LIMA e ZAKIA, 2000 apud TEODORO et al., 2007, p. 138).

As bacias hidrográficas são sistemas espaciais compostos por mosaico de paisagens produzidas nas inter-relações entre elementos naturais e sociais. Nos estudos geográficos não se pode conceber que estes componentes sejam tratados isoladamente, desconectados. Guerra e Cunha (1996) consideram que transformações no interior das bacias hidrográficas se relacionam com causas naturais, mas que têm sido intensificadas pela ação humana.

Souza e Fernandes (1996, p. 7- 8), consideram que quanto ao planejamento, “a proposta para manejo integrado de recursos naturais em nível de bacias hidrográficas refere-se, em última instância, ao ordenamento do uso/ocupação da paisagem, observadas as aptidões de cada segmento e sua distribuição espacial na respectiva bacia hidrográfica”. Os mesmos autores afirmam que a composição desta unidade revela as possibilidades das atividades a serem desenvolvidas.

Devido a abrangência espacial do termo bacia hidrográfica são definidas subdivisões, com ênfase para – sub-bacia e microbacia. Teodoro et al. (2007) afirmam não haver um consenso sobre as definições dessas subunidades, que são regidas tanto por classificações quantitativas como qualitativas.

Os autores referidos acima afirmam que Faustino (1996) considera para as sub-bacias uma área maior que 100 km² e menor que 700 km². Para Rocha (1997 apud MARTINS et al., 2005) elas apresentam dimensões situadas entre 20.000 ha e 700.000 ha (200 km² e 700 km²). Já a microbacia seria uma unidade hidrográfica de área reduzida, com limite variando de 10 a 200.000 ha (0,1 a 200 km²) (CECÍLIO E REIS, 2006).

Constata-se que na literatura não há consenso sobre a aplicação desses termos, cabendo ao pesquisador definir o uso do termo que melhor se adequar à escala de seu objeto, de acordo com as particularidades do seu trabalho.

As águas de uma bacia hidrográfica podem drenar para o oceano, mares ou lagunas. Os afluentes do rio principal dessa bacia, com seus tributários formam as sub-bacias. Por sua vez, os rios principais das sub-bacias com sua rede de drenagem compõem as microbacias. Com isto, demonstram-se as possibilidades para o recorte espacial no domínio da bacia hidrográfica.

Sobre o termo microbacia, Souza e Fernandes (1996, p.3) declaram que, “embora difundido em nível nacional, constitui uma denominação empírica, imprópria e subjetiva. Assim, sugere-se a substituição do termo microbacia por sub-bacia hidrográfica”. Vale ressaltar que a escolha da metodologia usada na elaboração dos trabalhos de pesquisa tem maior relevância que o recorte, pois possibilita traçar o caminho para alcançar os objetivos.

O importante é entender, que em linhas gerais, bacias hidrográficas, sub-bacias e microbacias se referem esteticamente ao mesmo objeto. O que os difere são as características locais em relação ao sistema maior em que estão inseridos, bem como o tipo de abordagem que o pesquisador pretende realizar.

Destarte, considerando-se que o rio Riachão é afluente do rio Japarutuba, que desagua no oceano Atlântico, a área deste estudo será referida como Sub-bacia Hidrográfica do rio Riachão.

TEORIA GERAL DOS SISTEMAS E PENSAMENTO COMPLEXO

Esse conceito tem suas raízes nas primeiras décadas do século XX, com a proposta da Teoria Geral dos Sistemas (TGS) preconizada pelo biólogo alemão Ludwig Von Bertalanffy, na qual afirmava que os sistemas são um conjunto de elementos funcionais dinamicamente interligados de modo a formar um todo organizado. Esse novo paradigma visava superar a ótica reducionista até então utilizada pela ciência clássica. Mas, somente

a partir da década de 1960, que o enfoque sistêmico passa a ser amplamente difundido pela ciência (CHRISTOFOLETTI, 1979).

Christofolletti (1980), define o sistema como um conjunto de elementos e seus atributos e as relações que os mesmos estabelecem entre si. Sua estrutura é formada por seus elementos e combinações, e se expressam nas relações e arranjos de seus componentes, que se caracterizam por intensos fluxos de matéria e energia, compondo partes de um todo indissociável (ROSS, 2006). Para Maciel (2011), a TGS, ou a ciência dos sistemas, é interdisciplinar, e seu objetivo é a compreensão das relações existentes e do comportamento entre os sistemas e seus elementos.

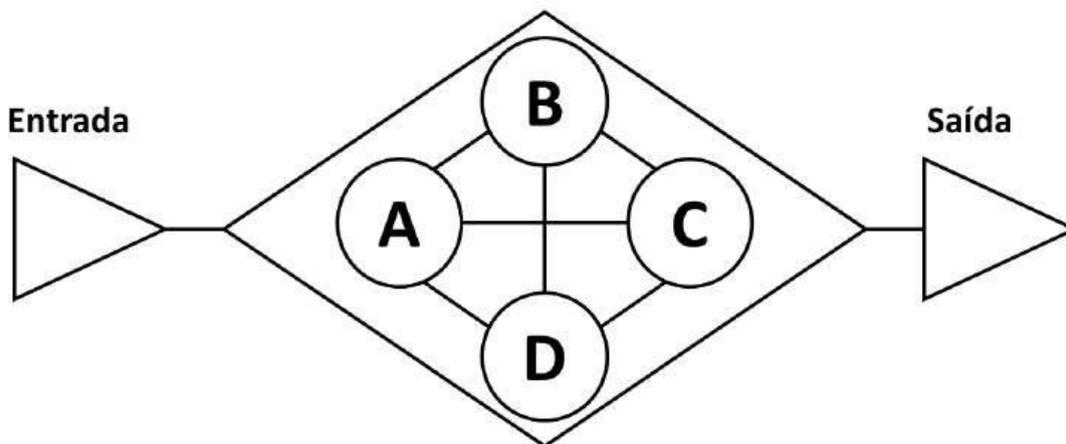
Segundo Bertalanffy (1975), o enfoque sistêmico proporciona um quadro multidimensional, no qual interagem diferentes áreas do conhecimento, onde a sustentabilidade dos recursos naturais deve ser entendida como um modelo capaz de analisar as complexas interações entre os subsistemas e sistema ambiental.

O uso da teoria sistêmica para a interpretação da natureza requer visões abrangentes e da totalidade que escapam da óptica reducionista. O todo deve ser analisado como algo mais que a soma das partes que o integram, sendo que a fragmentação do objeto resulta no obscurecimento da compreensão das relações de interdependência, entre suas partes (BRANCO, 1989). Bertalanffy (1975) afirmava que no estudo dos sistemas:

“É necessário estudar não somente partes e processos isoladamente, mas também resolver os decisivos problemas encontrados na organização e na ordem que os unifica, resultante da interação dinâmica das partes, tornando o comportamento das partes diferentes quando estudado isoladamente e quando tratado no todo” (BERTALANFFY, 1975; p. 53).

Para uma maior delimitação deste conceito, Christofolletti (1979), assinala que para serem considerados sistemas os conjuntos devem ter: elementos, relações entre esses elementos, atributos (dos elementos e do sistema), entrada (input) e saída (output) de matéria, energia e informação (Figura 4).

Figura 4 - Demonstração Esquemática de um sistema com os elementos (A, B, C e D) e suas relações, assim como o evento de entrada e o produto de saída.



Fonte: Christofolletti (1979).

A partir das definições de Christofolletti (1979), reinterpretadas à luz da complexidade de Morin (2005), Rodriguez (2004) realiza a redefinição de um sistema, considerando-o como um conjunto de elementos que se encontram em relações e conexos entre si, formando uma unidade e integridade, que é também um conjunto energético-substancial de componentes inter-relacionados e agrupados de acordo com relações diretas e inversas com uma certa unidade.

Além disso, embora a teoria sistêmica, sob forte influência das ciências exatas, preveja a existência de sistemas isolados, não-isolados fechados e não isolados abertos, a maior parte dos sistemas de interesse dos geógrafos e dos demais profissionais das ciências humanas e ambientais são não-isolados abertos e, portanto, complexos.

Os sistemas abertos são complexos porque apresentam uma grande variedade de componentes dispostos em níveis hierárquicos diferentes e interconectados por uma variedade de relações funcionais e estruturais diferentes, mas também são complexos pela não-linearidade de seu comportamento na flecha do tempo, ou seja, os sistemas complexos podem escolher modos de comportamento diversos em resposta as modificações do meio.

Essa visão de sistemas complexos é sintetizada por Christofolletti (1999), que os apresenta como possuindo uma diversidade de elementos, encadeamentos, interações, fluxos e retroalimentação compondo uma entidade organizada.

O termo sistema está associado à noção de natureza com funcionamento orgânico, onde suas funções são desempenhadas de modo integrado e interdependente. A abordagem holística e sistêmica permite entender como as entidades físicas ambientais se estruturam e funcionam, englobando o estudo de sua complexidade (CHRISTOFOLETTI, *op. cit.*).

Essa abordagem dos sistemas integrados e seus elementos ocorreu devido à necessidade da ciência em superar o paradigma racionalista que até então imperava, propondo uma visão sistêmica, de mundo orgânico, ultrapassando a visão de natureza inanimada, uma tentativa de recuperação do pensamento holístico. (SUERTEGARAY, 2002).

Bertalanffy propõe uma teoria complexa que buscava criar uma linguagem científica única que fosse aceita pelas diversas áreas do conhecimento como: Biologia, Física, Engenharia, Psicologia, Ciências Sociais, Ciências da Terra, entre outras (VICENTE & PEREZ FILHO, 2003). Tinha percebido que muitos dos questionamentos dessas ciências não poderiam ser explicados pelo reducionismo tradicional. A TGS surge como um paradigma alternativo para a ciência e para aqueles que buscavam um novo viés de pensamento em suas pesquisas.

Os métodos de investigação e explicação da realidade pela ciência clássica partia do seu isolamento do todo. A TGS se configura como um importante campo metodológico que vai propor a compreensão dos fenômenos a partir de sua interconectividade holística, suplantando a fragmentação (CAMARGO, 2005).

O método sistêmico apresenta um enfoque interdisciplinar e constitui uma metodologia para os estudos dos objetos integrados, seus mecanismos de funcionamento e hierarquias. Essa teoria influenciou vários segmentos da ciência, dentre eles a Geografia Física. O paradigma sistêmico utilizado nas pesquisas ambientais como pressuposto teórico-metodológico tem por objetivo a necessidade de entender a complexidade e elucidar a organização de um sistema espacial, de acordo com as interações que se processam entre os elementos formadores e que lhes conferem dinamismo e não linearidade.

Em contrapartida, o pensamento sistêmico não considera que para se entender o todo é necessário a mera soma das partes dos sistemas independentes (BERTALANFFY,

1977; ROCHA, SOUSA, 2007), pois a partir do momento em que há a interação entre dois sistemas, surgem novas propriedades resultantes das interações dinâmicas.

É necessário estudar não somente partes e processos isoladamente, mas também resolver os decisivos problemas encontrados na organização e na ordem que os unifica, resultante da interação dinâmica das partes, tornando o comportamento das partes diferente quando estudado isoladamente e quando tratado no todo (BERTALANFFY, 1977, p.53).

Ao compreender a realidade como sistemas abertos, sujeitos a interferências externas, o grau de complexidade das análises científicas foi significativamente elevado, pois elevou-se o número de variáveis, atrelado ao desencadeamento de novas relações.

A ciência clássica cartesiana que se consagrou pela explicação do mundo físico em uma abordagem fragmentada analisando fenômenos isoladamente, se vê confrontada por uma nova perspectiva que se esforça em entender a realidade como um emaranhado de sistemas interrelacionados em uma complexa rede. Portanto, é possível afirmar que a TGS caminha em direção à complexificação científica a partir de abstrações do real, pois “Bertalanffy propunha, com este novo conceito, uma episteme complexa” (LIMBERGER, 2006, p. 97).

A compreensão de que sistemas abertos não são compostos somente do sistema em si, apresenta uma dedução lógica: “a inteligibilidade do sistema deve ser encontrada, não apenas no próprio sistema, mas também na sua relação com o meio ambiente, e que esta relação não é uma simples dependência, ela é constitutiva do sistema” (MORIN, 2005, p.22).

Desse modo, é possível evidenciar que o diálogo entre a Teoria Geral dos Sistemas e o pensamento complexo se estreita mediante a compreensão de que a realidade é um sistema aberto em constante interação de energia, matéria e informação com o meio ambiente. “As teorias sistêmicas [...] tão presente na Geografia pós década de 50, são consideradas os pilares da Teoria da Complexidade” (MORIN, MOIGNE, 2000, p.263 apud GOMES, VITTE, 2017, p. 151).

A compreensão da construção do sistema em uma realidade estruturalmente complexa deriva uma abordagem metodológica difícil (MORIN, 2005), fato que se justifica pelo imenso número de fatores externos ao sistema que interferem, em maior ou menor grau, sobre sua dinâmica funcional, onde “o problema do sistema é essencialmente o problema das limitações dos procedimentos analíticos na ciência” (BERTALANFFY, 1977, p.37).

Cabe, então, ao pesquisador a determinação de quais fatores, ou subsistemas, serão considerados de acordo com seus interesses de pesquisa, porque "a prática da análise aplicada aos sistemas mostra que é preciso aplicar diversos modelos de sistemas, de acordo com a natureza do caso e os critérios operacionais" (BERTALANFFY, 1977, p.50.).

Frente a complexidade inerente aos sistemas abertos e suas propriedades, é possível correlacioná-los com o que Rocha e Sousa (2007) discutem como sistemas complexos, sendo definido como "qualquer um (sistema) que envolva determinado número de elementos, organizados em estruturas que podem existir em diversas escalas" (ROCHA, SOUSA, 2007, p.2), afirmando ainda que "a complexidade resulta de interações não lineares entre os componentes dos sistemas complexos" (ROCHA, SOUSA, 2007, p.3).

Rocha e Souza (2007) afirmam que os sistemas complexos apresentam propriedades em sua composição estrutural, que correspondem às características inerentes a qualquer sistema complexo (Quadro 5).

Quadro 5 - Propriedades dos sistemas complexos.

SISTEMAS COMPLEXOS	
PROPRIEDADES	DESCRIÇÃO
Auto-organização	Esta ideia implica que os sistemas se organizam eles próprios de dentro para fora; logo as estruturas não são impostas a partir do exterior, ou seja, a organização deve-se puramente a dinâmicas internas ao invés de alguma força externa. A teoria da auto-organização sugere que interações locais insignificantes podem, eventualmente, conduzir a uma estrutura global qualitativamente diferente.
Não-linearidade	A linearidade é uma propriedade das linhas retas, de proporções simples, previsíveis e "bem-comportadas". Por outro lado, a não linearidade aplica-se a sistemas que fazem coisas imprevisíveis, que não podem ser resolvidas com exatidão e, portanto, têm que ser aproximadas.
Dinâmica ordem/caos	Quando se começa a avaliar as fases de desenvolvimento que se encontram sequencialmente mais distantes, torna-se cada vez mais difícil prever como o sistema vai evoluir tendo como base o conhecimento da primeira fase, gerando incerteza. Esta incerteza na previsão é denominada de Caos. Para controlar os sistemas não-lineares é necessário compreender as circunstâncias em que se tornam caóticos. O forte retorno (positivo ou negativo) e as

	várias interações significam que, potencialmente, o comportamento caótico poderá surgir a qualquer momento, podendo adquirir contornos desastrosos se for inesperado. Um dos principais motivos de interesse dentro da teoria dos sistemas complexos é avaliar em que circunstâncias a ordem, ou a desordem (caos), podem resultar das interações ao acaso dos multiagentes.
Propriedades emergentes	A imprevisibilidade inerente à evolução dos sistemas complexos pode originar resultados totalmente inesperada face às condições iniciais. Estes resultados imprevisíveis são denominados de propriedades emergentes.

Fonte: Adaptado de Rocha, Sousa (2007)

As propriedades dos sistemas complexos, entendidos aqui também como sistemas abertos, refletem o caráter orgânico, dinâmico, criativo e, de certo modo, imprevisível, característico dos sistemas. A clareza sobre essas propriedades é crucial para o pesquisador que se propõe a utilizar a abordagem sistêmica, pois irão direcionar as análises, entendendo as limitações do método e o grau de incerteza que paira sobre a complexa sistematização aberta de propriedade não-linear.

[...] a complexidade resulta de interações não lineares entre as componentes dos sistemas complexos, as quais normalmente conduzem a propriedades emergentes, a dinâmicas inesperadas e a que as características de autoorganização se transformem nas propriedades básicas dos sistemas complexos (ROCHA, SOUSA, 2007, p.3).

Cada elemento de um sistema, sendo um sistema próprio, apresenta sua própria organização e, ao mesmo tempo, desempenha uma função em um sistema hierarquicamente superior.

Essa relação interna (própria) e externa (inter-relação) é um dos fundamentos centrais da complexidade dos sistemas. Pois ao mesmo tempo que o pesquisador deve compreender sobre a organização própria do sistema do seu objeto de estudo, ele deve compreender qual a função que o seu sistema de estudo desempenha em um sistema externo hierarquicamente superior, quais as relações são feitas, como se estrutura o fluxo de energia, matéria e informações (EMI) e quais são as propriedades emergentes originadas pela interação entre seu sistema de estudo e os demais.

As definições das hierarquias, no entanto, não devem ser entendidas como uma manifestação fixa, mas são puramente relacionais, “descritas mais em termos de organização do que de hierarquia” (GOMES, VITTE, 2017, p.153). Em outras palavras,

para fins analíticos, a hierarquia deve ser entendida mais como um sistema-rede de interrelações entre os sistemas, do que uma estrutura organizacional fixa.

O pensamento sistêmico-complexo é hoje uma exigência sócio-política, “pois principalmente com o surgimento da abordagem sistêmica em várias áreas do pensamento, percebeu-se que o pensamento cartesiano conduz a interpretações e ações mutilantes” (LIMBERGER, 2006, p.103).

Essa exigência, no entanto, deve ser acompanhada de uma abordagem integradora “para a compreensão de um mundo, no qual as fronteiras culturais, históricas, políticas, econômicas e sociais, não respeitam mais os limites físicos e tecem um emaranhado complexo [...]” (LIMBERGER, 2006, p.105).

Desenvolvendo princípios unificadores que atravessem verticalmente o universo das ciências individuais, aproxima-se da meta da unidade na diversidade ou multiplicidade da ciência que, finalmente, pode conduzir à integração muito necessária na formação científica (VALE, 2012, p.90).

Visto que os estudos ambientais buscam, mesmo que inconscientemente, correlacionar sistemas abertos em uma abordagem ao mesmo tempo dialética e integrada, encontra na Teoria Geral dos Sistemas (BERTALANFFY, 1973) e no pensamento complexo (MORIN, 2005) fundamentação teórica que dá suporte aos objetivos da ciência geográfica, embora, ainda seja necessário aprofundar no debate teórico e nas aplicações metodológicas.

O relacionamento entre Meio Ambiente - Sistemas - Complexidade que durante muito tempo não se apresentava de modo mais explícito, vem sendo construído em bases cada vez mais sólidas e refinadas, demonstrando que a combinação desse tripé produz conhecimento crítico e integrador necessário para a humanidade.

Por outro lado, embora a abordagem sistêmica formule sobre a inter-relação entre os mais diversos sistemas, nela estão presentes limitações de aplicação operacional. Pois, o sistema-mundo é composto por incontáveis subsistemas e microssistemas, que inviabilizam uma análise sistêmica na íntegra. Portanto, cabe ao pesquisador a clareza e a criticidade de determinar quais sistemas têm pertinência ao seu estudo.

[...] as relações focadas pelo problema da pesquisa não necessariamente precisam destacar todas as emergências; e sim as relações e emergências pertinentes para aquele problema (GOMES, VITTE, 2017, p.153).

Morin (2005) aponta algumas lacunas conceituais voltadas ao entendimento generalizado do “holístico” referido ao que seja sistema e a pouca exploração entre a

noção de sistema aberto e complexidade. Ou seja, embora a abordagem sistêmica sistematizada por Bertalanffy (1973) possa se apresentar mais próxima da realidade, ela não é o ponto final, sendo necessário maior debate sobre a complexidade envolvendo a realidade e o entendimento de sistemas abertos.

DISCUSSÃO AMBIENTAL SOBRE A PAISAGEM: COMPLEXIDADE E PROVENIÊNCIAS GEOECOLÓGICAS

As curiosidades sobre a paisagem permeiam a humanidade em seu processo histórico-social evolutivo, sendo conceituada de acordo com o contexto histórico vigente em cada período, no qual “o conceito de paisagem foi tratado de maneira diferente pelas várias correntes da geografia, sofrendo influência dos estudiosos e do contexto histórico-cultural” (TEIXEIRA, et al., 2017, p.149).

A compreensão sobre o que seja paisagem para a geografia continua sendo influenciada pelo contexto histórico-cultural, isso porque “ainda hoje o conhecimento da realidade define como se vê a paisagem” (MAXIMIANO, 2004, p. 84).

Essa dificuldade de compreensão é derivada de “não se definir desde o início o conceito de paisagem com clareza, especialmente em relação ao conceito de área ou região” (TROLL, 1997, p.2), originando assim “uma ampla discussão sobre o sentido e a razão de ser dessa nova ciência (da paisagem)” (TROLL, 1997, p.2).

A intensificação das discussões a respeito da paisagem durante o século XX promoveu maior aprofundamento teórico do conceito, especialmente ao evidenciar com maior clareza a integração necessária entre elementos naturais e elementos socioculturais.

No início do século XX, a discussão teórica em torno da paisagem, passa a apreçoar uma concepção que integrasse os elementos naturais com os elementos de ordem cultural” (SILVEIRA, 2009, p.9).

Esse avanço teórico sobre o conceito favoreceu os estudos geográficos, especialmente os voltados para os aspectos físicos, visto a definição mais clara e objetiva quanto ao seu objeto de estudo.

Nessa perspectiva, a paisagem é entendida como uma herança (AB’SABER, 2003) diante da característica material de testemunho de tempos passados (TROLL,

1997), condizente com a infinitude de processos biofísicos e sociais submetidos à paisagem no passado e no presente. Em outras palavras, “a paisagem é formada pelos fatos do passado e do presente” (SANTOS, 1985, p.50).

Ainda nesta perspectiva, Maximiano (2004) afirma que entre os geógrafos há um consenso de que a paisagem, embora tenha sido estudada sob ênfases diferenciadas, resulta da relação dinâmica de elementos físicos, biológicos e antrópicos

A dinâmica da evolução da paisagem é, portanto, o cumulativo dos tempos históricos dos processos produtivos impostos ao espaço geográfico pela sociedade, associado ao uso das técnicas, que correspondem ao período evolutivo da humanidade (SANTOS, 1985, p.49).

O mosaico horizontal, correspondendo às diferentes composições paisagísticas, tende em “considerar a paisagem como uma unidade orgânica e estudá-la no ritmo temporal e espacial de seus numerosos e diversos fatores” (TROLL, 1997, p.1).

A concepção da paisagem como unidade orgânica refere-se à dinamicidade evolutiva associada às interações em fluxos de EMI com as demais paisagens. Em outras palavras, a partir do momento que se compreende a paisagem como uma unidade orgânica, observa-se princípios dos sistemas abertos discutidos na TGS.

A paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução (BERTRAND, 1968, p.141).

Dessa maneira, é possível compreender a paisagem a partir das mesmas propriedades que estão presentes na TGS. Ou seja, a paisagem é um sistema aberto, passível de trocas de EMI com outros sistemas paisagísticos; está sistematicamente organizada em estruturas hierarquicamente organizadas, onde há maior ou menor grau de generalização a partir da escala espacial adotada; e apresentam inter-relações funcionais.

Seus distintos aspectos (da paisagem) ou elementos, tanto visíveis como não visíveis, se encontram em uma determinada relação funcional enquanto não variar um deles e, como consequência, toda a paisagem (TROLL, 1997, p.2).

A relação funcional entre os elementos da paisagem está contida nos processos morfodinâmicos, em que as propriedades naturais se relacionam naturalmente com o decorrer do processo evolutivo do homem, também é reflexo das ações antrópicas que, em proporção cada vez maior, resultam em alterações nas propriedades físico-químicas.

Nesse contexto, a paisagem é compreendida como “resultado do estabelecimento de uma inter-relação entre a esfera natural e a humana, na medida em que a natureza é percebida e apropriada pelo homem, que historicamente constitui o reflexo dessa organização” (SILVEIRA, 2009, p.3). “O enfoque funcional é resultado da observação de que todos os geofatores, inclusive a econômica e a cultura, se encontram em interação” (TROLL, 1997, p.3).

A abordagem integrada, a qual esforça-se em correlacionar as propriedades naturais com a dinâmica antrópica, é constituída por relações de natureza socioambiental de caráter complexo, decorrente da gama de fatores que influenciam sobre o sistema paisagem.

Atualmente, a paisagem é “o ponto de partida para o entendimento das complexas relações entre o homem e a natureza, buscando através dela uma compreensão global da natureza, bem como possibilita projeções de uso, gestão de espaço e planejamento territorial” (SILVEIRA, 2009, p.3), pois as heranças contidas na paisagem tornam possível o mapeamento estrutural e as funções que cada elemento desempenha nesse sistema complexo.

A complexidade característica da abordagem sistêmica está também presente na essência do conceito de paisagem na geografia, exigindo do pesquisador clareza na definição conceitual, dos elementos envolvidos e da escala temporo-espacial.

[...] o estudo da paisagem, pela complexidade que sua análise descortina, exige, para sua efetiva compreensão, um enfoque [...] que defina o conjunto de elementos envolvidos, a escala a ser considerada e a temporalidade da mesma” (SILVEIRA, 2009, p.4).

Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2022) ao elencar as propriedades da paisagem, destaca o caráter sistêmico e complexo do conceito, corroborando com o entendimento de que a paisagem está contida na TGS e no pensamento complexo, afirmando que “as paisagens são formações complexas caracterizadas pela estrutura e heterogeneidade na composição dos elementos que a integram [...] pelas múltiplas relações [...] pela variação dos estados e pela diversidade hierárquica (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2022, p. 18).

Diante das várias interpretações sobre o conceito de paisagem, será adotado no presente estudo a compreensão da paisagem como formação antropo-natural, que consiste “num sistema territorial composto por elementos naturais e antropotecnogênicos

condicionados socialmente, que modificam ou transformam as propriedades das paisagens naturais originais” (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2022, p.15).

O conceito de paisagem fundamenta abordagens metodológica aplicáveis nos estudos geográficos, a exemplo do geossistema, sistematizado pelo geógrafo russo Viktor Borisovich Sotchava (1963) complementado pelo geógrafo francês Bertrand (1968), sendo uma abordagem que se tornou fundamental para os estudos da geografia física desde então, pois apresentou abordagens metodológicas necessárias na época, sendo o geossistema “um sistema com organização temporal e espacial complexa formada pela interação pelos elementos físicos que podem ser transformados pela ação antrópica” (TEIXEIRA, et al., 2017, p.154).

É nesta escala (geossistema) que se situa a maior parte dos fenômenos de interferência entre os elementos da paisagem e que evoluem as combinações dialéticas mais interessantes para o geógrafo (BERTRAND, 1968, p.146).

Permeada pelo método geossistêmico, mas derivado da perspectiva ecológica, a “Geoecologia é a ciência que busca compreender a paisagem como resultado dinâmico da interação entre biótico, abiótico e os processos humanos através do tempo” (FERNANDES, et al. 2022, p.23)

A abordagem geoecológica está inserida no contexto geográfico desde a primeira metade do século XX, quando “Troll (1950) havia proposto a criação da ciência da Geoecologia da Paisagem, centralizada no estudo dos aspectos espaço-funcionais” (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2022. p.20).

A Geoecologia das Paisagens “faz parte da Geoecologia, Ecogeografia ou Geografia Ambiental (estudo da interação e de relações objeto-sujeito), e que concentra sua atenção nas paisagens como geocossistemas” (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2022, p.22).

A Geoecologia das Paisagens é uma metodologia sistêmica que analisa a relação da sociedade com a natureza, a partir da investigação e interpretação das inter-relações e interações entre os elementos antroponaturais (TEIXEIRA, et al., 2017, p. 154).

A integração entre a abordagem geoecológica e a abordagem geossistêmica foi marcada pela consolidação da concepção ambiental a partir da década de 70, quando foi

notada “a necessidade de integrar as correntes espacial (geográfica) e a funcional (ecológica) ao estudar a paisagem” (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2022, p. 20).

O aparecimento do conceito de geossistema, proposto por Sochava, no final dos anos de 1960, que pressuporia interpretar a paisagem e todo seu instrumento teórico acumulado por mais de 100 anos de estudo, desde uma visão sistêmica, foi um passo importante em integrar a dimensão espacial com a funcional (SOTCHAVA, 1978 apud RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2022, p.20).

Estruturando sua abordagem metodológica em enfoques (Quadro 1), a Geoecologia das Paisagens oferece à Geografia e, conseqüentemente, os estudos ambientais, a possibilidade de analisar a paisagem tomando como referência as propriedades físico-estruturais; a morfodinâmica e os fluxos de Energia-Matéria- Informação; a dinâmica evolutiva; a perspectiva histórica antrópica ou a análise integrativa.

O enfoque Histórico-Antropogênico se demonstra interessante em um contexto mais social, o qual estuda as interferências e as mudanças decorrentes das relações que as sociedades estabeleceram com a natureza ao longo do tempo. Nesse viés, o aporte metodológico de análise aplicado é o histórico e a análise antropogênica, pois procuram diagnosticar os índices de mudanças antropogênicas, perturbações, modificação e transformação das paisagens, isso compreendendo determinado recorte espacial e temporal (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2022).

Destarte, a atenção é dada à capacidade da ação humana em realizar modificações nas paisagens com certa regularidade, o que ocorre desde o início do tempo histórico da humanidade, mas que depois da Revolução Industrial, no século XVIII, se intensificou, principalmente nos modos de exploração dos recursos naturais e na descarga de matérias e substâncias prejudiciais ao meio ambiente.

Os autores destacam que os seres humanos não modificam as leis da Natureza “mas muda de forma significativa as condições de sua manifestação” (RODRIGUEZ, SILVA & CAVALCANTI. 2022, p. 156). Esta relação mútua entre Natureza/Sociedade “tem um caráter complexo, contraditório, múltiplo e histórico. A organização racional da atividade produtiva e social exige o conhecimento das leis naturais” (RODRIGUEZ, et al. 2022, p. 156).

O enfoque Antropogênico “dedica-se basicamente a estudar os problemas de modificação e transformação das paisagens [...] e a dinâmica antrópica das paisagens” (RODRIGUEZ, SILVA & CAVALCANTI. 2022, p. 155).

Os autores enfatizam que,

O ponto de partida para entender a interação entre a Natureza e a Sociedade é aceitar que os seres humanos na Natureza ocupam uma situação dúbia e contraditória. Sendo parte da natureza, ao ser uma de suas espécies biológicas, ao mesmo tempo, devido à organização social e à capacidade de trabalho, os seres humanos podem modificar e transformar a natureza. (RODRIGUEZ, SILVA & CAVALCANTI. 2022, p. 155)

Portanto, apesar de seus impactos na paisagem serem, por vezes, irreversíveis – seja pelo trabalho, razão e organização espacial – o ser humano não modifica as leis da natureza. Mas, as paisagens naturais acabam sendo modificadas e transformadas por consequência dessa interação entre a natureza e a sociedade.

[...] Esta mudança define-se como o processo de antropogenização da paisagem, que consiste na modificação da estrutura, funcionamento, dinâmica e inclusive as tendências evolutivas da paisagem original (PREOBRAZHENSKII e ALEKSANDROVA, 1988, apud RODRIGUEZ, SILVA & CAVALCANTI 2022, p. 156).

Por consequência, as modificações e os impactos antrópicos sobre a superfície terrestre decorrem por leis naturais, onde a paisagem é subordinada em seu funcionamento dinâmico e evolutivo. Sendo assim, é possível afirmar que “O homem somente utiliza as leis naturais para alcançar seus propósitos, modificando, espontânea ou conscientemente, a direção e a velocidade da evolução paisagística” (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2022).

Importante ressaltar que a modificação imposta pela sociedade não destrói as leis naturais de uma paisagem, mas pode interferir nas mesmas. Por conta disso, a própria dinâmica da natureza, após sofrerem uma perturbação, apresenta a capacidade funcional e de resiliência de retorno ao estado inicial. Porém, caso isso não seja possível, devido a magnitude do impacto ou transformação, um novo equilíbrio é gerado a partir das condições reinantes.

Posto isto, para entender o aspecto histórico antropogênico se faz necessário compreender como o homem modificou as paisagens ao longo de sua história, bem como, o modo que essa mudança resultou nas paisagens contemporâneas, as quais os sistemas paisagísticos funcionam sobre fortes tensões decorrentes das atividades antrópicas. Destarte,

O passo inicial para se cogitar determinado uso antrópico da paisagem consiste em compreender como ela está estruturada e quais as funções geoecológicas que cada componente desempenha na natureza. Só então, contrapondo o consumismo voraz da paisagem, deve-se discutir sobre a viabilidade de exploração da paisagem pelos usos que lhe são favoráveis sem desencadear a degradação do ambiente natural. (NEVES SANTOS, 2022, p. 54)

As transformações realizadas pelos seres humanos na paisagem são necessárias, pois a sobrevivência das espécies depende das trocas de energia, matéria e informação entre o meio e os seres vivos.

Outrossim, os limites que o meio impõe ao ser humano são menosprezados quando dessas transformações; o homem trata a natureza como produto que deve ser explorado e subordinado aos seus interesses apenas como elemento inserido no sistema econômico. (FÁVERO, et al., 2008)

Deste modo, torna-se imprescindível um planejamento que considere as potencialidades da natureza, ou seja, seus limites para o uso e suas possibilidades de fornecimento de recursos aos seres humanos.

Em conformidade com Fávero et al., (2004) existem diversos conceitos que buscam a avaliação e acompanhamento das mudanças no uso e cobertura do solo, com base em uma constatação dos diferentes graus de modificações, dentre estas está o de hemerobia.

Jalas (1955 apud TROPPEMAIR, 1989) é o proponente do termo “Hemerobia” e atribui ao mesmo o significado de “dominação e/ou alteração das paisagens” assim instituiu quatro graus hemerobióticos, do mais preservado ao mais antropizado: a-hemerobiótico; oligo-hemerobiótico; mesohemerobiótico; eu-hemerobiótico. Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2022), apresentam uma proposta de classificação das paisagens com a utilização do termo hemerobia, semelhante a proposição de Jalas (*op. cit.*).

Para Walz e Stein (2014), o conceito de hemerobia foi desenvolvido originalmente para avaliar os impactos causados pelo ser humano na fauna e flora (WALZ e STEIN, 2014). Mais tarde o conceito foi utilizado por Sukopp (1972) significando, graus de naturalidade, propondo classificações das paisagens em naturais, seminaturais, antroponaturais e antropizadas, sendo a hemerobia entendida como uma medida integrativa dos impactos das intervenções humanas nos ecossistemas (WALZ e STEIN, 2014).

Portanto, seria necessário respeitar determinados limites da paisagem para poder transformar sem afetar totalmente suas funções geoecológicas e a capacidade de se autorrenovar. O conhecimento sobre as estruturas e processos da paisagem serve não apenas a exploração econômica, mas também para compreender a velocidade e intensidade em que a sociedade pode realizar tais transformações para seu próprio consumo (RIBEIRO, 1985).

CAPÍTULO III – CONDICIONANTES GEOAMBIENTAIS DA SUB- BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO RIACHÃO



Fonte: SANTOS, M. 2024.

Conteúdo

- Sub-bacia Hidrográfica do rio Riachão
- Litologia
- Componentes geomorfológicos
- Condições climáticas e meteorológicas
- Uso e cobertura do solo na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Riachão

SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO RIACHÃO

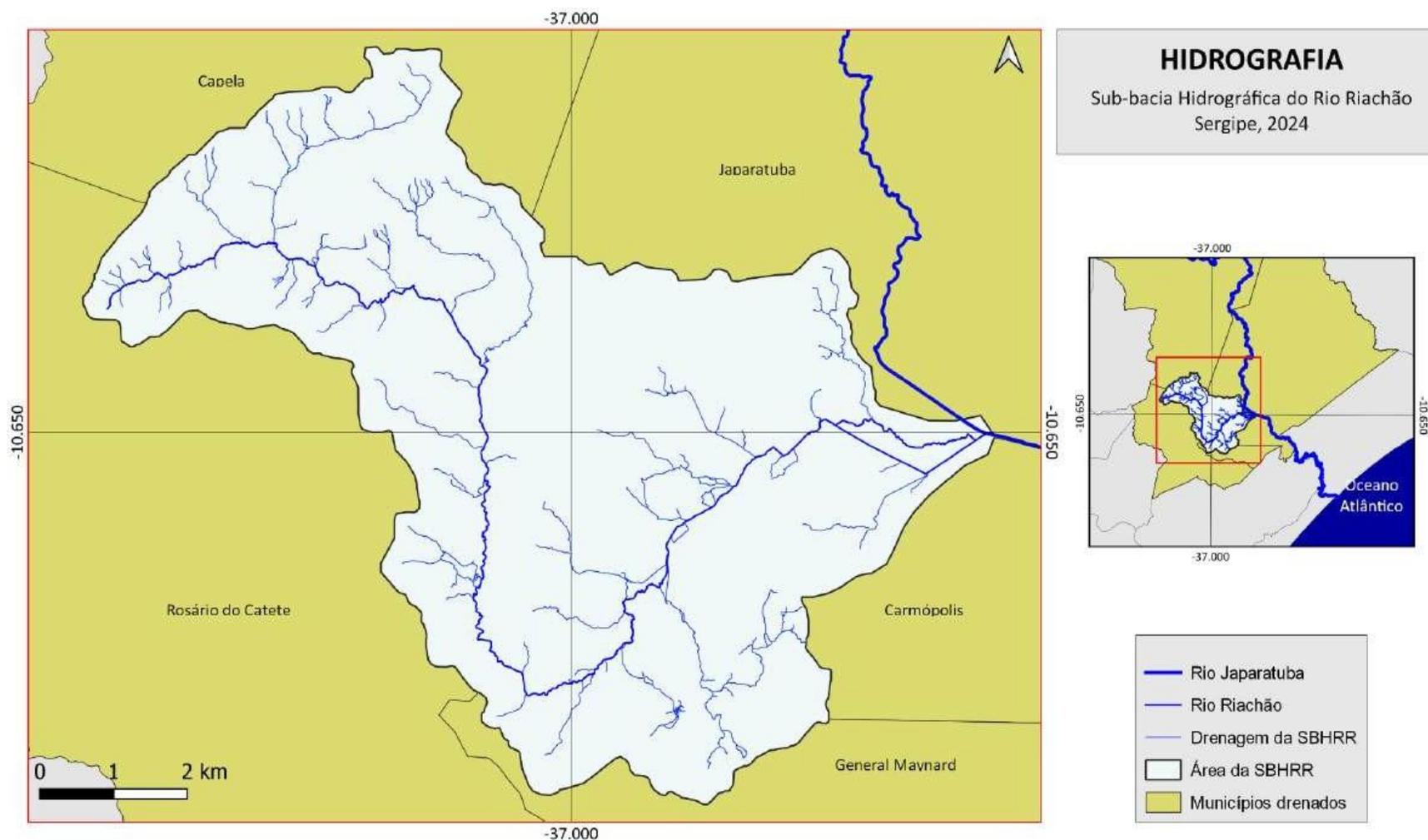
Entre os recursos naturais essenciais para o desenvolvimento humano, a água ocupa uma posição de destaque porque é crucial para o equilíbrio da vida na terra. O crescimento populacional, a urbanização e a expansão industrial criam enormes exigências em termos de recursos hídricos, muitas vezes excedendo a disponibilidade dos cursos de água correspondentes. O resultado deste efeito é uma diminuição na qualidade e quantidade de água disponível.

Reconhecendo a bacia hidrográfica como unidade de pesquisa e planejamento, pode-se observar que, por se tratar de um sistema aberto, todos os elementos nela contidos estão inter-relacionados e relacionados a fatores externos causadores de fontes naturais ou antrópicas (COELHO NETTO, 1995) e na região seja levada em consideração no planejamento do manejo.

A área de pesquisa compreende a Sub-bacia Hidrográfica do Rio Riachão (SBHRR) (Figura 2), situado no território de planejamento Leste Sergipano (SERGIPE, 2017).

A SBHRR é composta por uma rede de drenagem que abrange 57,6km² de área e hierarquia fluvial de 5^a ordem, forma alongada e alargada (Figura 5). Alguns cursos d'água se unem ao rio principal nos médio e baixo cursos formando padrão de drenagem subdentrítico, com fluxo subparalelo, caracterizado por possuir os fluxos orientados em uma direção semelhante, mas não possuindo uma regularidade. Esse tipo de drenagem é tipicamente desenvolvido sobre rochas de grande resistência ou de estruturas sedimentares horizontais, como se verifica no Grupo Barreiras, no entanto, feixes de falhas também condicionam a direção de pequenos cursos fluviais ao longo do setor superior da sub-bacia, formando padrão de drenagem subparalelo

Figura 5 - Hidrografia da Sub-bacia do rio Riachão



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) Mapa Índice - TOPODATA MDE; Atlas Digital SE; Imagens de Satélite Landsat e Google Earth Pró.
SRC WGS 84 EPSG 4326.

Org: SANTOS, M. 2024.
Orientação: SILVA, G. M. da.



GPFIMA



A SBHRR apresenta baixa densidade de drenagem devido ao condicionamento litológico, sendo formada por pequenos rios distribuídos em regimes perenes e temporários, estreitos, de curta extensão, pouco profundos e de baixa potencialidade hídrica superficial.

O rio Riachão – canal principal – também conhecido pela população local como rio ou riacho Mariquita, tem regime hídrico permanente em toda a sua extensão, com comprimento de 26 km da nascente, no município de Rosário do Catete no sopé de um morro com vegetação nativa densa (Figura 6), ao seu exultório do curso principal situa-se na margem direita do rio Japarutuba, no limite entre os municípios de Carmópolis e Japarutuba.

Figura 6 - Imagens do vale onde nasce o rio Riachão.



Fonte: Google Earth Pró e Trabalho de campo. SANTOS, 2024.

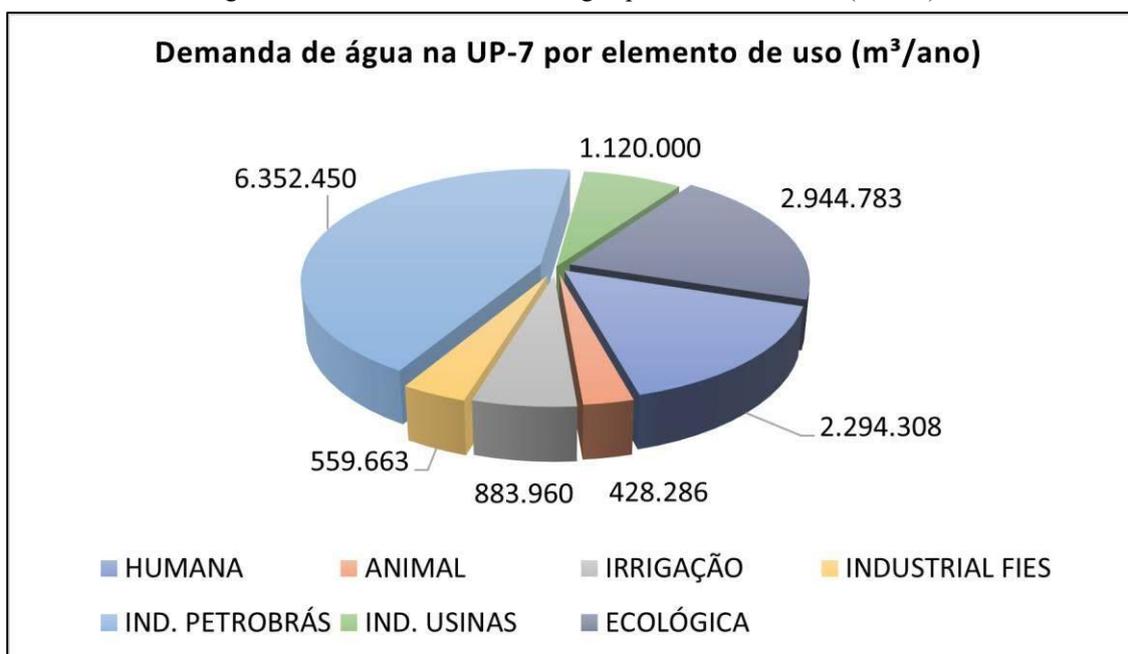
No que se refere ao planejamento e disponibilidade hídrica, a sub-bacia integra a Unidade de Planejamento 7 (UP-7) de Recursos Hídricos Baixo Rio Japarutuba. Segundo as informações contidas em SERGIPE (2010, p. 15), a UP-7 Baixo Rio Japarutuba apresenta um balanço hídrico classificada como deficitária considerável, com uma disponibilidade $3.178.800 \text{ m}^3/\text{ano}$, uma demanda de $11.796.347 \text{ m}^3/\text{ano}$, resultando num saldo negativo de $-8.617.547 \text{ m}^3/\text{ano}$. A UP-7 é a que apresentou o mais elevado *déficit* dentre todas (273 L/s). Vale ressaltar que,

É nessa UP que se concentram importantes campos de exploração de petróleo e gás operados pela Petrobras, o que respondem por grande parte da demanda da UP. Como característica do balanço hídrico na Bacia do Rio Japarutuba,

pode-se mencionar o importante papel das demandas industriais, que superam todas as demais, inclusive a de abastecimento humano. (SERGIPE, 2010, p. 24)

Esse balanço hídrico deficitário da UP-7, onde está inserida a sub-bacia objeto desse estudo, fica mais evidente quando observadas as demandas existentes, como mostra a o gráfico abaixo. (figura 7)

Figura 7 - Gráfico da demanda de água por elemento de uso (m³/ano).



Fonte: Plano Estadual de Recursos Hídricos – Situação dos Recursos Hídricos (RE-15), 2010.

Outro ponto que merece atenção é referente a produção da cana-de-açúcar, que surgiu em Sergipe entre os vales formados pelos rios Cotinguiba, Sergipe e Japarutuba, apresentando uma importância econômica desde o início do século XVII. (SHIMADA, 2011, p. 48)

O fato da área da sub-bacia do rio Riachão se encontrar inserida na BSSA e sofrer intensamente a pressão do extrativismo mineral com alto potencial de impactos ambientais irreversíveis, atrelado aos monocultivos de coqueicultura e cana-de-açúcar e o crescimento urbano desordenado tornou necessária a realização desse estudo geoambiental, o que permitiu justificar a compreensão da dinâmica territorial na área objeto desse estudo.

Em vista disso, o estado de Sergipe apresentou crescimento populacional significativo, e Carmópolis (Figura 8), município cujos limites urbanos estão inteiramente inseridos na SBHRR, não ficou fora desse contexto, tendo seu crescimento populacional e urbano potencializado pela indústria petrolífera.

Figura 8 - Imagem panorâmica do perímetro urbano/industrial de Carmópolis, Sergipe.



Fonte: SANTOS, M. 2024.

A tabela 1 demonstra como a área de drenagem da SBHRR está distribuída entre os cinco municípios que compõem a microrregião do vale do Cotinguiba, no Leste Sergipano.

Tabela 1 - Área da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Riachão por município.

MUNICÍPIOS	Área do Município	Área de Bacia por município		Área que a SBHRR ocupa dentro do município
	Km ²	(km ²)	(%)	(%)
Capela	440,716	10,9	18,9	2,3
Carmópolis	45.905	27,7	48,2	60,2
General Maynard	20.221	5,42	9,4	26,8
Japaratuba	359.513	2,88	4,9	0,8
Rosário do Catete	105.413	10,7	18,6	9,9
Total	971,768	57,6	100	-

Fonte: IBGE Cidades, 2023. Elaboração do autor. Organização: SANTOS, M. 2023.

O território carmopolense é o que compõe a grande parte da sub-bacia com 48,2% de todo o perímetro de drenagem, além disso, a SBHRR ocupa 60,2% de todo o território do município de Carmópolis, tendo seus afluentes e as águas subterrâneas como a principal fonte de água potável do município.

Dos municípios que compõem a sub-bacia, Capela é o que apresenta a maior índice populacional com 31.645 habitantes em uma área de 440,716 Km², tendo sua densidade demográfica de 71,56 hab./km². Com base no censo demográfico de 2022, Carmópolis ostenta a maior densidade demográfica entre os 5 municípios, 298,59

hab./km², são 13.853 habitantes distribuídos em 45.905 km². Ainda com base no censo, abaixo, a tabela 2 demonstra a população e a densidade demográfica dos municípios que integram a SBHRR.

Tabela 2 - População dos municípios que compõem a SBHRR.

MUNICÍPIOS	POPULAÇÃO CENSO 2022		DENSIDADE DEMOGRÁFICA	
	População	(%)	Área (km ²)	Hab./km ²
Capela	31.645	42,74%	440.716	71,56
Carmópolis	13.853	18,71%	45.905	298,59
General Maynard	3.037	4,10%	20.221	153,44
Japaratuba	16.209	21,89%	359.513	44,33
Rosário do Catete	9.295	12,56%	105.413	90,52
Total	74.039	100%	971,768	76,19

Fonte: IBGE Cidades. Censo de 2022. Organização: SANTOS, M. 2024.

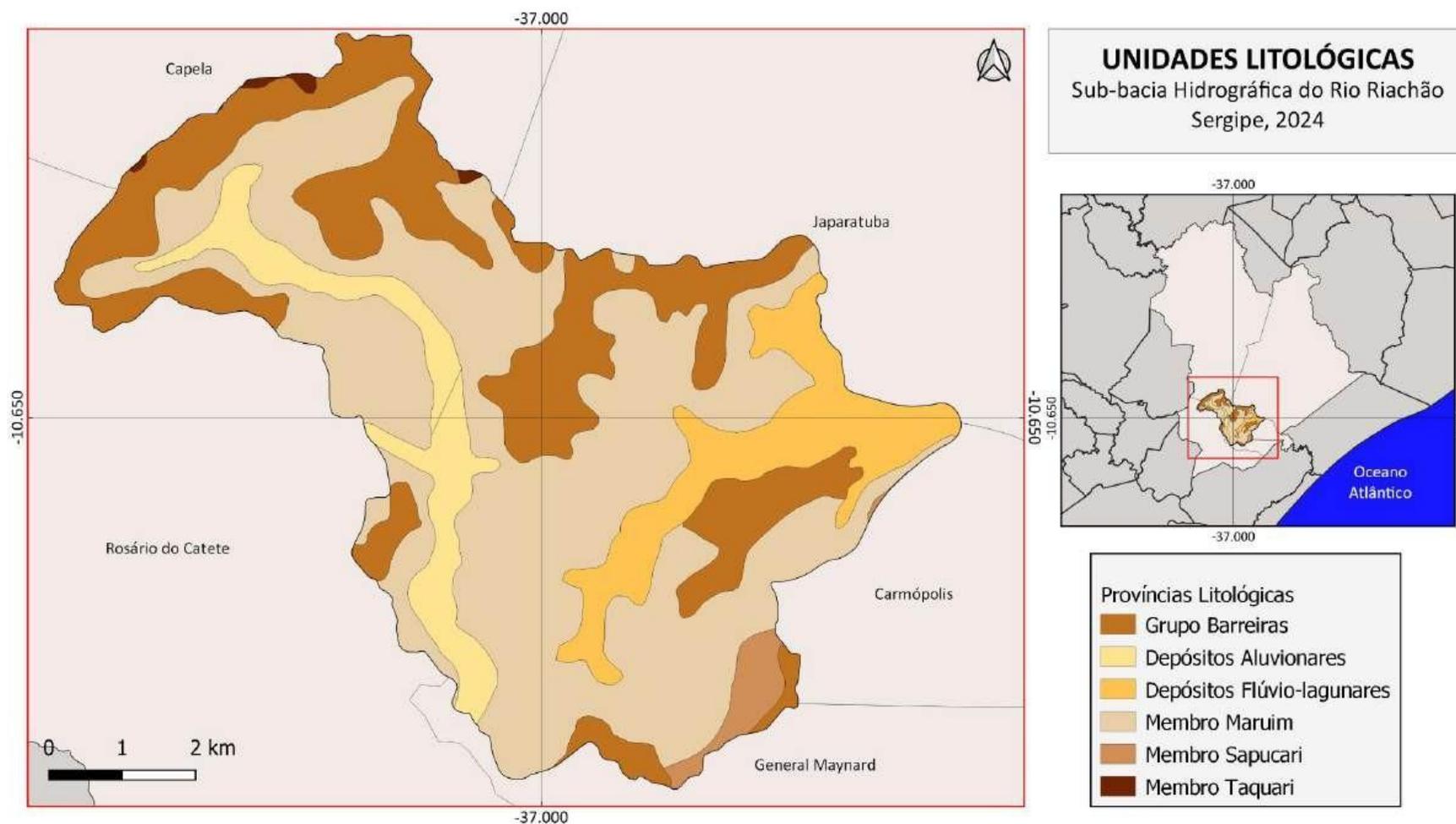
É importante salientar que, desses municípios, apenas Carmópolis e General Maynard tem todo o seu perímetro urbano inserido dentro da sub-bacia. Capela, Japaratuba e Rosário do Catete apresentam pequenas povoações na área objeto desse estudo.

Consequentemente, a relevância do rio Riachão e de seus afluentes no contexto local são múltiplas, em partes, abastece a população de Carmópolis e General Maynard, tanto para o uso humano quanto para a dessedentação de animais, agricultura, produção de cana-de-açúcar, lazer, pesca. Outrossim, atende a importantes indústrias, a exemplo da Petrobrás e usinas de produção de álcool e açúcar. Por conseguinte, a importância se dá pela intensidade do uso das águas e do solo.

LITOLOGIA

Com base na CPRM (2002), a litologia está representada pelas Formações Superficiais Continentais do Cenozoico e litotipos mesozoicos da Bacia de Sergipe (Grupo Sergipe). Calcarenitos, calcirruditos, dolomitos, folhelhos, arenitos e siltitos da Formação Riachuelo, pelos membros Maruim, em todo o território da sub-bacia, Sapucari no extremo sul e Taquari em uma pequena porção à norte da Sub-bacia do rio Riachão (Figura 9). Manchas de material arenoso, com níveis argilosos e conglomeráticos, relacionados ao Grupo Barreiras, ocorrem dispersas por toda a região. Os depósitos aluvionares e coluvionares arenosos e depósitos flúvio-lagunares, predominam a leste da bacia, nas proximidades da desembocadura com o rio Japaratuba.

Figura 9 - Mapa das unidades litológicas da SBHRR



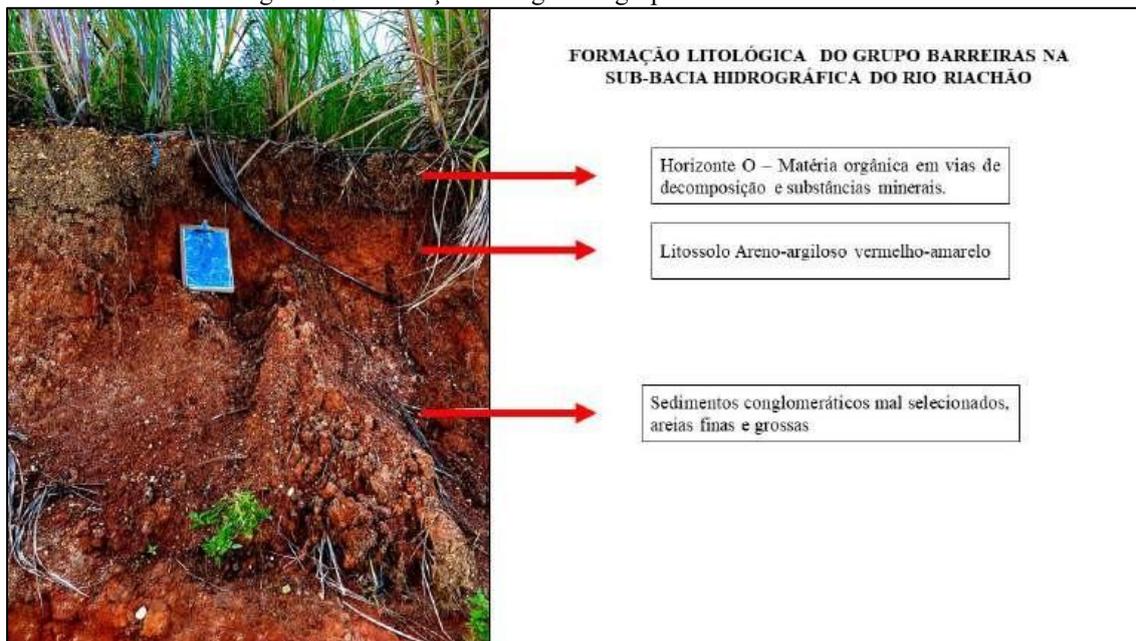
Fonte: Serviço Geológico do Brasil (SGB); Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) Mapa Índice - TOPODATA; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).
SRC SIRGAS 2000 EPSG 4674.

Org.: SANTOS, M. 2024.
Orientação: SILMA, G. M. da.



O Grupo Barreiras está composto por sedimentos mal selecionados – de areias finas a grossas, com níveis argilosos e conglomeráticos (Figura 10). Esse material compõe um conjunto de leques aluviais coalescidos, que foram acumulados na porção leste do Pediplano Sertanejo, junto à Planície Costeira, suavizando o contato entre as duas feições litoestruturais (BRASIL, 1983). Em tese, os autores atribuem ao Barreiras a idade terció-quaternária. Esta cobertura encontra-se sobreposta às rochas mais antigas.

Figura 10 - Formação litológica do grupo Barreiras na SBHRR.



Fonte: SANTOS, M. 2024.

Os depósitos flúvio-lagunares, compostos por areias e siltes argilosos ricos em matéria orgânica, são encontrados de forma mais expressiva nas planícies de inundação próximas ao exultório do rio. São depósitos provenientes da dinâmica fluvial. Nos períodos de cheias, as águas transbordam para além do canal fluvial transportando os sedimentos, que são depositados nesses ambientes, na proporção que o fluxo perde competência (Figura 11).

Figura 11 - Planície Fluvialagunar próximo ao exultório da SBHRR.



Fonte: SANTOS, M. 2024.

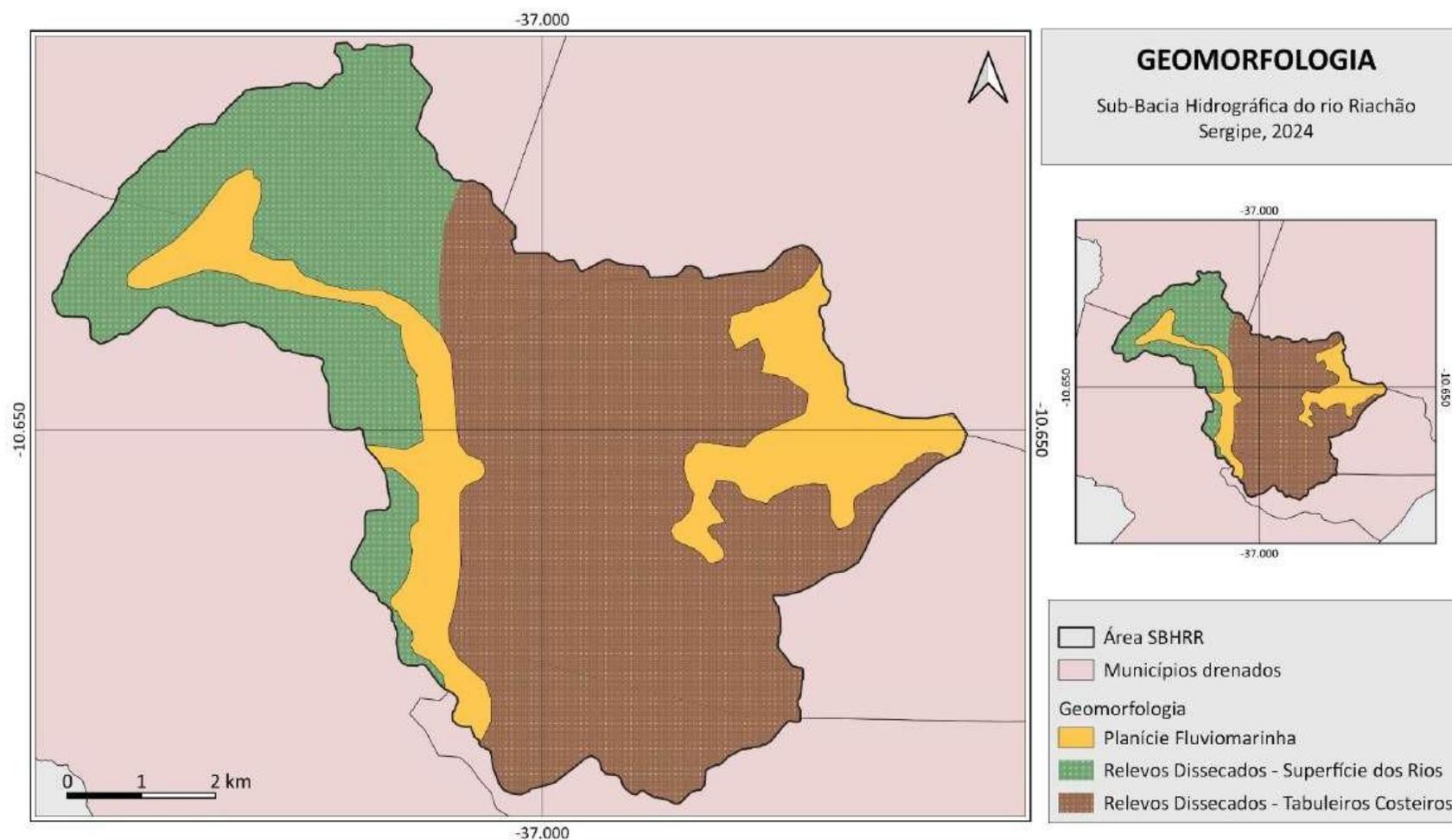
Na imagem acima, ainda podemos identificar a fragmentação da planície fluvialagunar com a leve elevação e terraplanagem do solo para a perfuração e instalação de bases petrolíferas. Esse tipo de ação antrópica afeta diretamente as vidas de animais e plantas, tornando-se uma barreira antrópica.

COMPONENTES GEOMORFOLÓGICOS

A paisagem da SBHRR inclui feições relacionadas à dissecação das vertentes, às superfícies sub-horizontais características dos topos dos tabuleiros e aos modelados de acumulação em pequenos vales e no exultório do rio. Com base no Banco de Dados de Informações Geomorfológicas do IBGE (BDIA), as características geomorfológicas estão identificadas no mapa geomorfológico representado na figura 12.

A geomorfologia da sub-bacia do rio Riachão caracteriza-se por feições de modelado de erosão – morfologias tabulares dissecadas em colinas, que compõem os Tabuleiros Costeiros nordeste a sul da Sub-bacia, os relevos dissecados do tipo Superfície de rios ao norte. Já as morfologias de acumulação Planície Fluviomarina acompanham o leito do rio Riachão da nascente até a desembocadura no rio Japarutuba.

Figura 12 - Mapa geomorfológico da SBHRR.



Fonte: Serviço Geológico do Brasil (SGB); Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) Mapa Índice - TOPODATA. Atlas Digital SE. SRC SIRGAS 2000 EPSG 4674.

Org. SANTOS, M. 2024.
Orientação: SILVA, G. M. da.



UNIVERSIDADE
FEDERAL DE
SERGIPE



GPFIMA



Nesse sentido, destaca-se que a paisagem composta por modelado tabuliforme e sub-horizontais com vales encaixados nas cabeceiras de drenagem e fundos de vales colmatados, de feições de mares e morros. A rede de drenagem estabeleceu-se sobre domínios estruturais no sentido perpendicular a esses rios, formando espigões e longas rampas de colúvio que finalizam em pequenos vales encaixados, como mostra a figura 13.

Figura 13 - Feições colmatadas de tabuleiros costeiros com topografia plana e de baixa altitude.



Fonte: SANTOS, M. 2024.

No contato direto com a feição anterior, com características semelhantes ao relevo tabuliforme, encontra-se o conjunto de formas dos Tabuleiros Costeiros. Suas formas, caracterizadas por topo plano e sub-horizontais com decaimento para leste e vertentes íngremes, que terminam em vales chatos com incisões de até 50 m, é uma herança dos leques aluviais do Grupo Barreiras.

A fácies final dos Tabuleiros Costeiros está representada por meio do contato com a planície fluviomarinha (Figura 14), passando por uma maior atuação dos processos denudacionais, o que lhe configurou com feições colinosas de topo convexos. As condições de chuvas elevadas e contato com menores gradientes de declividade, conferiu-lhe a formação de vales alargados e bem colmatados por sedimentos, onde os rios e riachos serpenteiam em alguns momentos, além da presença de áreas alagadas.

Figura 14 - Planície Fluvio-marinha em contato com tabuleiros costeiros dissecados com campos alagados e fragmentos de vegetação nativa.



Fonte: SANTOS, M. 2024.

Figura 15 - Tabuleiros Costeiros com feição plana e vertentes com declividades levemente suaves.



Fonte: SANTOS, M. 2024.

A figura 15 apresenta a característica principal da unidade de paisagem Tabuleiros Costeiros é o desenvolvimento de feições de topo plano ou sub-horizontal e vertentes declivosas à levemente suaves (FRANÇA; CRUZ, 2007). Além destas morfologias, são encontradas colinas e espigões resistindo ao processo de denudação (BRASIL, 1983).

Para Brasil (1983) e Crhistofoletti (1980), nas morfologias tabuliformes, os topos planos ou sub-horizontais estão associados ao Grupo Barreiras, cuja litoestratigrafia favorece a atuação do processo de infiltração e a conservação destas feições, reduzindo a ação do escoamento concentrado, que é predominante nas vertentes.

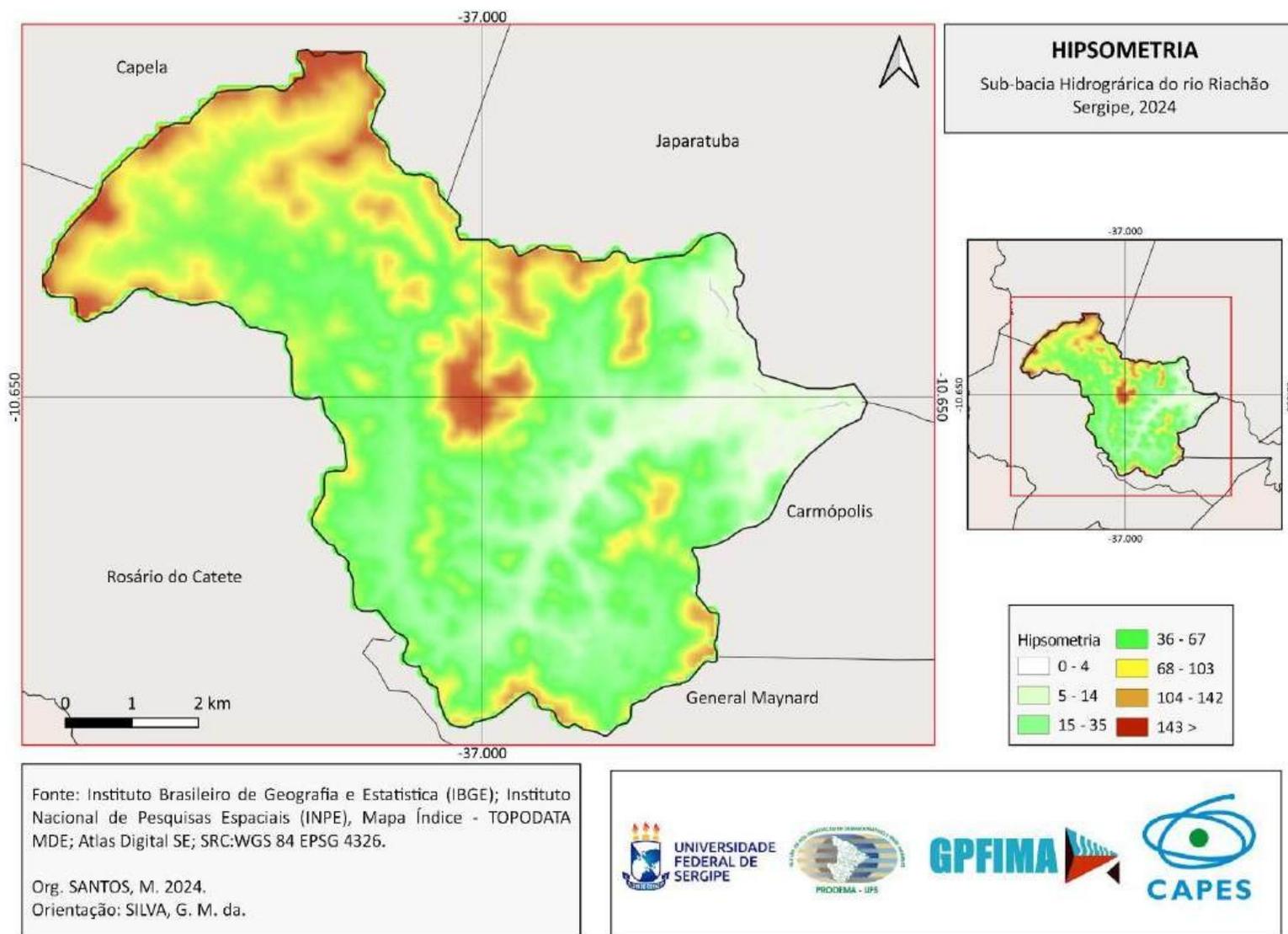
Os Tabuleiros Costeiros é uma unidade geomorfológica que determina os limites da sub-bacia em análise. Nessa unidade geomorfológica, constata-se o aumento da altitude e elevação do gradiente de declividade, de poucos metros acima do nível do mar a valores de até 143m.

A Figura 16 identifica os as características de altitude do relevo da sub-bacia. Nela, observa-se o percurso do canal do rio Riachão entre as menores altitudes entre os vales dissecados dos tabuleiros costeiros e das superfícies de rios.

As áreas que se encontram dentro da escala de 143m expressam os topos dos tabuleiros, ou seja, formas sub-horizontais. Estas, estão distribuídas também nos gradientes de 104m a 142m, contudo com menos frequência devido ao maior dissecamento do relevo.

Os valores iniciais de altitude, 0 a 4m e 5 a 14, identificam principalmente a região dos vales alagados, formando hoje, extensas áreas planas retrabalhadas pela dinâmica fluvial e. Observa-se ainda, nessa figura do mapa hipsométrico, a vasta rede de planícies de inundações que se estende desde a foz do rio, com ampla representação, até a proximidade com a nascente, onde os fundos de vales se estreitam mais.

Figura 16 - Mapa Hipsométrico da Sub-bacia do rio Riachão



CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E METEOROLÓGICAS

As condições climáticas de determinada região, é expressa pela quantidade e distribuição das precipitações pluviométricas e valores de temperatura. Conhecer o comportamento climático de uma área é imprescindível para entender as transformações naturais que se desenvolvem na paisagem. As chuvas potencializam os processos erosivos por meio do escoamento superficial e subsuperficial, associada com a temperatura, a água funciona como principal elemento do intemperismo químico das rochas (GUERRA; SILVA; BOTELHO, 1999; GUERRA; JORGE, 2014).

É necessário ressaltar a relevância de abordar o clima na pesquisa em tela, por se tratar de um importante elemento na configuração natural dos espaços, condiciona a quantidade e o volume dos rios, a vegetação e a formação dos solos. Merece atenção especial para a compreensão destes fenômenos, contribuindo na adequação e espacialização das atividades econômicas desenvolvidas na sub-bacia do rio Riachão.

Pode-se entender o clima como uma abstração teórica que parte da ideia de sucessão habitual dos estados do tempo de uma determinada área, definido a partir da observação diária dos elementos que o compõem – temperatura, pressão, umidade e precipitação – por um período não inferior a 30 anos. É a combinação de fatores, que tem na radiação solar sua fonte geradora, em uma dada área e que condiciona determinado comportamento climático.

O clima não é um fato, mas uma abstração, da qual tira proveito cada investigador para implementar uma dada experiência de tempo (meteorológico) adequada a seus propósitos. Alguns autores recorrem à estratégia quantitativa considerando o clima como estado médio dos elementos atmosféricos sobre dado lugar. Outros preferem escapar da quantificação recorrendo a uma descrição qualitativa, tentando expressar o comportamento genérico da dinâmica atmosférica sobre dado lugar ou espaço. Entretanto todos pressupõem uma sucessão de tipos de tempo. (PINTO; AGUIAR NETO. 2008, p. 13)

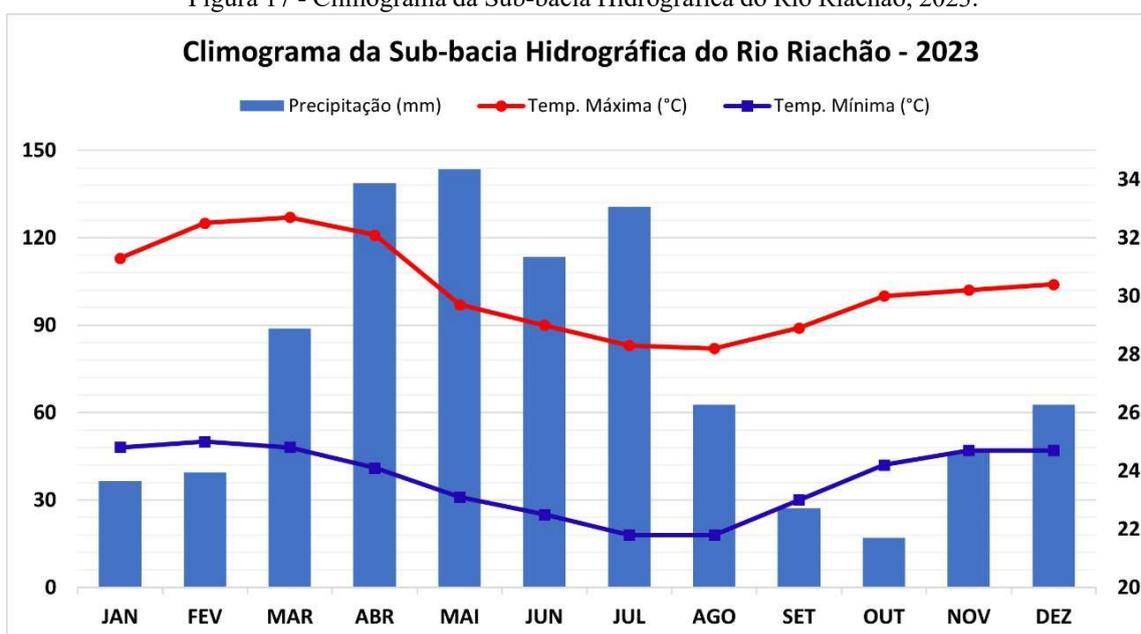
Estudos do comportamento climático em determinados espaços necessitam da compreensão do fenômeno, desde a circulação atmosférica, aos elementos do clima, em investigações que possibilitem a compreensão da dinâmica climática, como um todo. O que não é mais possível é continuar usando apenas critérios estatísticos inadequados para retratar as realidades climáticas regionais em suas peculiaridades (MONTEIRO, 2000, p. 19)

A análise das precipitações médias acumuladas e mensais para os municípios inseridos na sub-bacia, evidencia que a média acumulada no ano de 2023 ficou abaixo da média histórica, com pouco menos de 1.000 mm. Contudo, mesmo abaixo da média, encontra-se em um ambiente propício à forte atuação de processos modeladores pela ação da água. É importante ressaltar que todos os municípios em que a SBHRR drena apresentam índices pluviométricos parecidos ou iguais, devido a isso levou-se em conta o nome da sub-bacia no climograma.

O clima revela-se como um importante fator condicionante da dinâmica hidrológica dos canais da rede de drenagem e contribui para a perenidade do canal principal. Além disso, as chuvas concentradas no outono-inverno contribuem para acelerar a ação dos processos morfodinâmicos, pois ocorrem após o período em que os solos sofreram um curto período de déficit hídrico.

O comportamento climático dos municípios que compreendem a Sub-bacia em questão mostra que as chuvas estão concentradas entre os meses de abril e julho, ou seja, no outono-inverno, reduzindo-se no período primavera-verão, quando ocorrem as temperaturas mais elevadas. Quanto a esse assunto, os dados enfatizam que a SBHRR chega a apresentar precipitações próximas dos 150mm. É importante saber que a influência desses volumes de chuvas. As temperaturas máximas mensais variam entre 28 °C e 33,5 °C, enquanto a mínima apresenta uma variação entre 21,5 °C e 25°C. (Figura 17)

Figura 17 - Climograma da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Riachão, 2023.



Fonte: Clima Tempo. Adaptado e organizado; SANTOS, M. 2024.

A observação das características climáticas da sub-bacia do rio Riachão sugere que os processos morfogenéticos atuam de maneira menos intensa nas áreas mais afastadas do litoral, pois, o volume de chuvas se torna menor. A temperatura é um fator de menor relevância para diferenciar a intensidade de transformação desta paisagem. Porém, cabe salientar que a tropicalidade da temperatura favorece, por estas serem altas, na atuação da morfogênese do relevo por processos químicos.

É preciso não se afastar do fato de que o clima tem um importante efeito, sobretudo na quantidade total de água fornecida. Consequentemente, na drenagem do solo, que é muito importante para o homem decidir o que plantar, pois cada vegetal comporta um tipo de solo. Ampliando ainda mais esta concepção, destaca-se que

o clima e as variações climáticas exercem grande influência sobre a sociedade. O impacto do clima e das variações climáticas sobre a sociedade pode ser positivo (benéfico ou desejável) ou negativo (maléfico ou indesejável). As sociedades têm muitas vezes visto o clima basicamente como um fator negativo e o têm negligenciado como recurso. Contudo, o clima é tanto um fator negativo como um recurso, dependendo do local e dos valores envolvidos nos parâmetros climáticos (AYOADE, 2006, p. 288).

Ayoade (1983) ainda enfatiza que

a interface clima/sociedade pode ser considerada em termos de ajustamento, quer dizer, a extensão e os modos pelos quais as sociedades funcionam em uma relação harmônica com seu clima. O homem e suas sociedades são vulneráveis às variações climáticas. Ao mesmo tempo, as atividades do homem em certos locais e num período de tempo podem levar à diminuição desse ajuste ou ao crescimento do desajuste do homem com seu ambiente climático (AYOADE, 2006, p. 288).

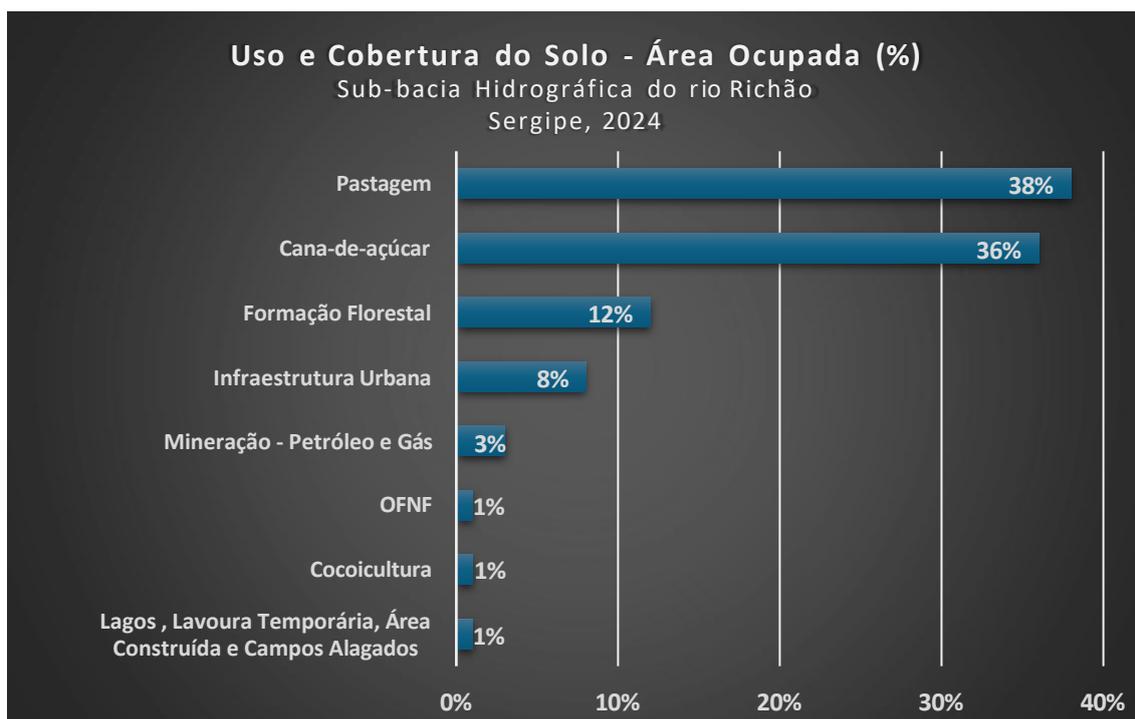
Esse panorama é crucial para entender a dinâmica da paisagem local. Ross (1994, p. 66) destaca que as “informações climáticas, sobretudo as de chuvas [...], também se prestam tanto para a análise da potencialidade agrícola como pra a avaliação da fragilidade natural dos ambientes”.

USO E COBERTURA DO SOLO NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO RIACHÃO

Os impactos ambientais são inerentes a qualquer tipo de ação antrópica. O estudo da paisagem, no que lhe concerne, é considerado como importante recurso para monitorar os impactos causados pelas atividades potencialmente degradadoras, uma vez que revela como o espaço geográfico se encontra em função de sua utilização (Landovski, 2009).

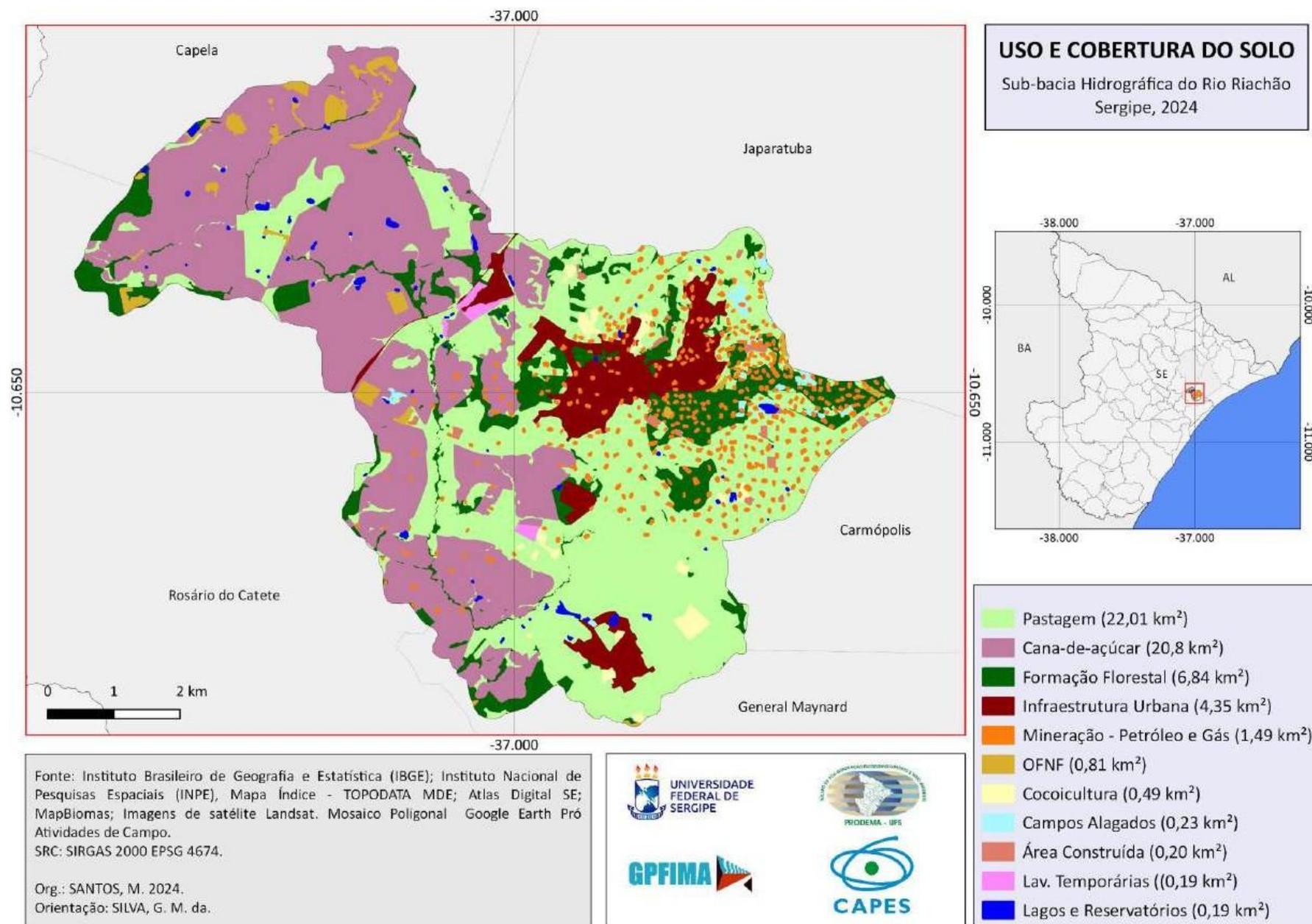
Ao analisar espacialmente os impactos ambientais a partir dos usos e cobertura do solo na Sub-bacia Hidrográfica do rio Riachão, constatou-se que os componentes “Pastagem” (38%) e “Cana-de-açúcar” (36%) são as matrizes dominantes de sua paisagem, como mostra o gráfico da Figura 18. A SBHRR ainda é composta por “Formações Florestais”; “Infraestrutura Urbana”; “Mineração – Petróleo e Gás”; “Outras Formações Não Florestais (OFNF)”; “Lagos e Reservatórios”; “Lavoura Temporária”; “Áreas Construídas” e “Campos Alagados” (Figura 19).

Figura 18 - Uso e Cobertura do solo – Área ocupada (%).



Fonte: SANTOS, M. 2024

Figura 19 - Mapa de uso e cobertura do solo da SBHRR



A matriz “pastagem” recobre mais de 22 km² (38%), sendo visível em todo o território, mais principalmente a partir do médio e baixo curso. Como a pecuária é extensiva, a pastagem plantada e/ou natural serve para a alimentação do rebanho bovino durante o ano em decorrência da prática da pecuária (Figura 20).

Figura 20 - Campos de pastagem plantada e natural.



Fonte: SANTOS, M. 2024.

Ainda relacionado as áreas de pastagem, são evidentes a compactação do solo e a formação de terracetes (feições erosivas) produzidos pelo pisoteio do gado. Estes são estreitos patamares formados perpendicularmente à declividade do relevo (Figura 21).

Figura 21 - Feições características de Terracetes em diferentes estágios.



Fonte: SANTOS, M. 2024.

Nessa configuração, cria-se um ambiente favorável ao desenvolvimento do escoamento superficial concentrado, com a formação de feições erosivas do tipo sulcos e ravinas que podem evoluir para voçorocas se houver uma combinação com processos que ocorrem em subsuperfície.

Outro tipo de uso do solo na SBHRR são pequenos fragmentos da produção e cultivo de coco-da-baía (0,49 km²), equivalente a 1% do território objeto desse estudo.

O estado de Sergipe foi um dos pioneiros e maiores produtores a nível regional e nacional. Essa fragmentação é evidente quando Costa (1999) cita a fragilidade da formação da cadeia de produção do coco no estado de Sergipe.

“[...] a escassez da transformação das inovações tecnológicas contribuiria na limitação da capacidade competitiva dos produtos agrícolas sergipanos [...]. Evidente que a partir do final os anos 60, haveria uma certa diversificação da economia sergipana, pautado agora na exploração intensiva das atividades extrativistas minerais.

Dentro dessa estrutura é que se insere historicamente a atividade do coco, não apenas no seu processo produtivo, mas da formação de uma frágil cadeia produtiva, o qual Sergipe tornaria o primeiro estado brasileiro a ser formado.” (COSTA, 1999, p. 15)

Portanto, foi a partir de meados do século XIX que houve uma intensificação do cultivo do coco como um produto secundário na economia sergipana. Essa intensificação coincide com a queda da produção de outras produções econômicas da época, como a crise açucareira.

[...] a expansão da cocoicultura e o processo de comercialização a partir deste período, deve estar historicamente articulado à crise açucareira sergipana ou de uma perspectiva mais ampliada, das contradições de uma economia subdesenvolvida em termos regionais e das dificuldades de reproduzir uma autêntica economia agrícola em bases integralmente capitalistas. (COSTA, 1999, p. 16)

Por conseguinte, o plantio da cocoicultura desenvolveu-se no litoral sergipano – onde está inserida a SBHRR (Figura 22) – e ocupou espacialmente áreas economicamente desvalorizadas e de desinteresse dos produtores de cana, onde na maioria das vezes em solos arenosos e com baixa quantidade de nutrientes.

Figura 22 - Cocoicultura na Sub-bacia do rio Riachão.



Fonte: SANTOS, M. 2024.

É importante destacar que na SBHRR é comum consorciar a cocoicultura com a pastagem, em razão dos coqueirais se desenvolverem bem nos solos com textura arenosa da região (Figuras 23 e 24).

Figura 23 – Área de consórcio entre cocoicultura e pastagem na sub-bacia do rio Riachão entre os municípios de Carmópolis e General Maynard.



Fonte: *Google Earth Pró*. Adaptado pelo autor, 2024.

Figura 24 - Consórcio entre Cocoicultura e pastagem para alimentação bovina



Fonte: SANTOS, M. 2024.

A vegetação possui um papel de extrema importância na proteção dos solos, pois reduz a ação dos processos erosivos. Mais que isso, ela contribui na dinâmica hídrica, serve de abrigo e fonte de alimentos para a fauna, portanto, possui um grande valor econômico e ambiental.

Na área objeto desse estudo, a matriz “Formações Florestais” compõem 6,84 km², o que equivalente a apenas 12% do território da sub-bacia. Nela, são encontradas as formações litorâneas, com espécies típicas da Mata Atlântica (Figura 25) cujas árvores possuem altura entre 25 e 30m, como a sucupira, maçaranduba, pau-brasil, jatobá, candeia, peroba, além de bromélia e orquídeas (FRANÇA; CRUZ, 2007).

Figura 25 - Fragmento de mata Atlântica.



Fonte: SANTOS, M. 2024.

Esta vegetação está restrita a poucos e pequenos fragmentos, especialmente nas matas ciliares ao leito do rio Riachão e nos topos dos tabuleiros costeiros. Estas reservas ainda resguardam conjuntos florísticos originais distribuídos entre pressões de pastagens e do extrativismo mineral (SEMARH, 2016).

Vale ressaltar que atualmente a vegetação dominante na área são as Matas Nativas (Figura 26), de porte médio a arbustivo, com espécies isoladas de até 20 m de altura, principalmente nos vales e setores de difícil acesso das vertentes. Por vezes, encontramos Matas Secundárias, essas são resultantes da antropização que removeu a Floresta nativa para desenvolvimento de atividades agropecuárias e de mineração. Nos locais onde a prática foi reduzida ou abandonada, a vegetação vem se regenerando.

Figura 26 - Fragmentos de Mata Nativa em vales e setores de difícil acesso.



Fonte: SANTOS, M. 2024.

Diversos estudos comprovam que de modo geral, a área do fragmento é o parâmetro mais importante para a determinação da riqueza de espécies (Metzger, 1999) e qualquer diminuição em área pode levar a uma diminuição exponencial no número e composição de espécies e afetar a dinâmica de populações de plantas e animais, podendo comprometer a regeneração natural e a sustentabilidade do ecossistema (Harris, 1984).

Inúmeras pesquisas ressaltaram a maior intensidade dos efeitos de borda em fragmentos pequenos, com aumento na mortalidade de árvores e nas taxas de substituição, modificação nas taxas de recrutamento, além de alterações microclimáticas severas exibidas na temperatura, umidade e intensidade dos ventos (MMA/SFB, 2003).

A fragmentação de habitats introduz uma série de novos fatores na história evolutiva de populações naturais de plantas e animais, afetando de forma diferenciada os parâmetros demográficos de mortalidade e natalidade de diversas espécies e a estrutura e dinâmica de ecossistemas. Alterações na abundância de polinizadores, dispersores, predadores e patógenos modificam as taxas de recrutamento de plântulas. Incêndios e mudanças microclimáticas atingem de forma mais intensa as bordas dos fragmentos, resultando em impactos mais significativos sobre a biodiversidade local (Viana; Pinheiro, 1998).

Entretanto, esses pequenos remanescentes podem funcionar como “*Steppin Stones*” (pontos de ligação ou trampolins ecológicos), que são pequenas áreas de hábitat dispersas pela matriz que podem, para algumas espécies, facilitar os fluxos entre

fragmentos. Portanto, fragmentos pequenos, principalmente quando próximos dos grandes núcleos de biodiversidade, cumprem funções relevantes ao longo da paisagem. Em longo prazo, podem expandir-se, tornando-se ainda mais importantes (Calegari et al., 2010).

Contudo, se faz necessário ressaltar que a Legislação Florestal, por meio da Lei Federal nº 12.651 (BRASIL, 2012), detalha as APP's, cujos objetivos relacionam-se à preservação dos recursos hídricos, da paisagem; da estabilidade geológica, da biodiversidade, do fluxo gênico de fauna e flora. Além disto, assegura o bem-estar das populações humanas. Portanto, as APP's, se conservadas, são fundamentais para a qualidade das paisagens, uma vez que formam corredores ecológicos importantes para o equilíbrio ambiental.

O componente “Infraestrutura Urbana” possui uma área de 4,35 km² da SBHRR, correspondente a 8% de uso do solo da pesquisa em tela. Importante ressaltar que dessa área, 2,97 km² tem a ver com a mancha urbana do município de Carmópolis, ou seja, 68,27% da infraestrutura urbana da sub-bacia (figura 27).

Figura 27 - Parte da Infraestrutura Urbana de Carmópolis.



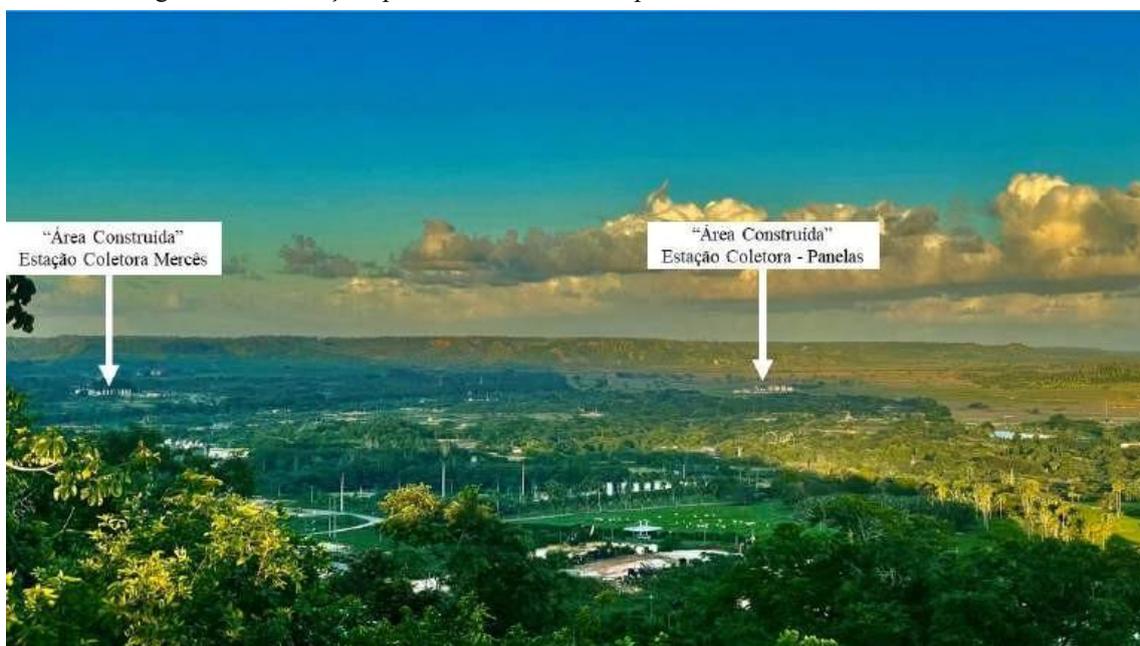
Fonte: SANTOS, M. 2024.

Além de Carmópolis, outra sede municipal inserida de forma integral na sub-bacia do rio Riachão é a de General Maynard. Por conseguinte, a infraestrutura urbana é composta pelo distrito industrial entre os dois municípios mencionados, povoação São

José na entrada de Carmópolis e a infraestrutura de duplicação da BR-101, consideravelmente impactante ao meio ambiente devido ao seu processo de duplicação.

Arelado ao componente de infraestrutura urbana temos a matriz “Áreas Construídas” (Figura 28), compostas principalmente por pequenas povoações e instalações petrolíferas, tais como unidade de processamento de gás natural, estação de injeção a vapor, subestações, estações coletoras e de tratamento de água, entre outros elementos que ficam fora dos perímetros de infraestrutura urbana. Esse tipo de feição ocupa uma área equivalente a 0,81 km² na SBHRR, o que corresponde a 1%.

Figura 28 - Instalações petrolíferas como exemplo de áreas construídas na SBHRR.



Fonte: SANTOS, M. 2024.

“Outras Formações Não Florestais (OFNF)” é o elemento que abrangeu áreas com afloramento rochoso, campos de altitude que não se enquadrarão em pastagem e solos expostos que não se enquadravam em nenhuma das outras matrizes (Figura 29).

Figura 29 - Fragmento de Outras Formações Não Florestais



Fonte: SANTOS, M. 2024.

A matriz de “Campos Alagados” (Figura 30) corresponde a menos de 1% da área da sub-bacia (0,23 km²) e está predominantemente concentrada no médio e baixo curso, principalmente na planície fluviolagunar, apresentam uma superfície bastante inconsolidada e suscetíveis às variações no lençol freático e aos extravasamentos dos canais fluviais, onde ocorrem desde lâminas de água muito rasas em estágio final de colmatação ou então superfícies extremamente encharcadas (SIMON; SILVA, 2015).

Figura 30 - Campos alagados na planície fluviolagunar



Fonte: SANTOS, M. 2024.

O elemento da paisagem “Lavouras Temporárias” está predominantemente localizado nas proximidades do Assentamento São José, na entrada da cidade de Carmópolis e as margens da BR-101, ocupando uma pequena área de 0,19 km², menos de 1% do território drenado pela SBHRR. Importante ressaltar que esse tipo de matriz divide a paisagem com quintais de residências (Figura 31) e pequenas porções de árvores frutíferas, características da região, como mangueiras, jaqueiras, goiabeiras, laranjeiras, pequenas áreas de coqueiro anão entre outros (Figura 32).

Figura 31 - Imagem de Satélite de fragmentos de Lavouras Temporárias na SBHRR



Fonte: *Google Earth Pró*. Adaptado por SANTOS, M. 2024.

Figura 32 - Lavoura temporária de milho e integração entre espécies frutíferas



Fonte: SANTOS, M. 2024.

Ainda em relação as lavouras temporárias e como elas são cultivadas, (ALMEIDA, 2018b, p. 333 apud SANTOS, 2022, p. 99) enfatiza em sua obra que os quintais são como “microcosmos produtivo”. O autor destaca ainda que os alimentos são produzidos para o consumo próprio ou comercializados em feiras livres, o que contribuem para a renda familiar.

Lagos e Reservatórios é outra matriz do nosso mapeamento do uso e cobertura do solo na SBHRR. Ocupando uma pequena área equivalente a 0,19 km², menos de 1% de todo o território, os corpos d’água são frequentemente utilizados para a agricultura, irrigação das plantações de cana-de-açúcar, dessedentação dos animais e rebanhos bovinos, e, principalmente para o processo industrial de extrativismo de petróleo e gás natural (Figura 33).

Figura 33- Reservatório conhecido como “Dique”



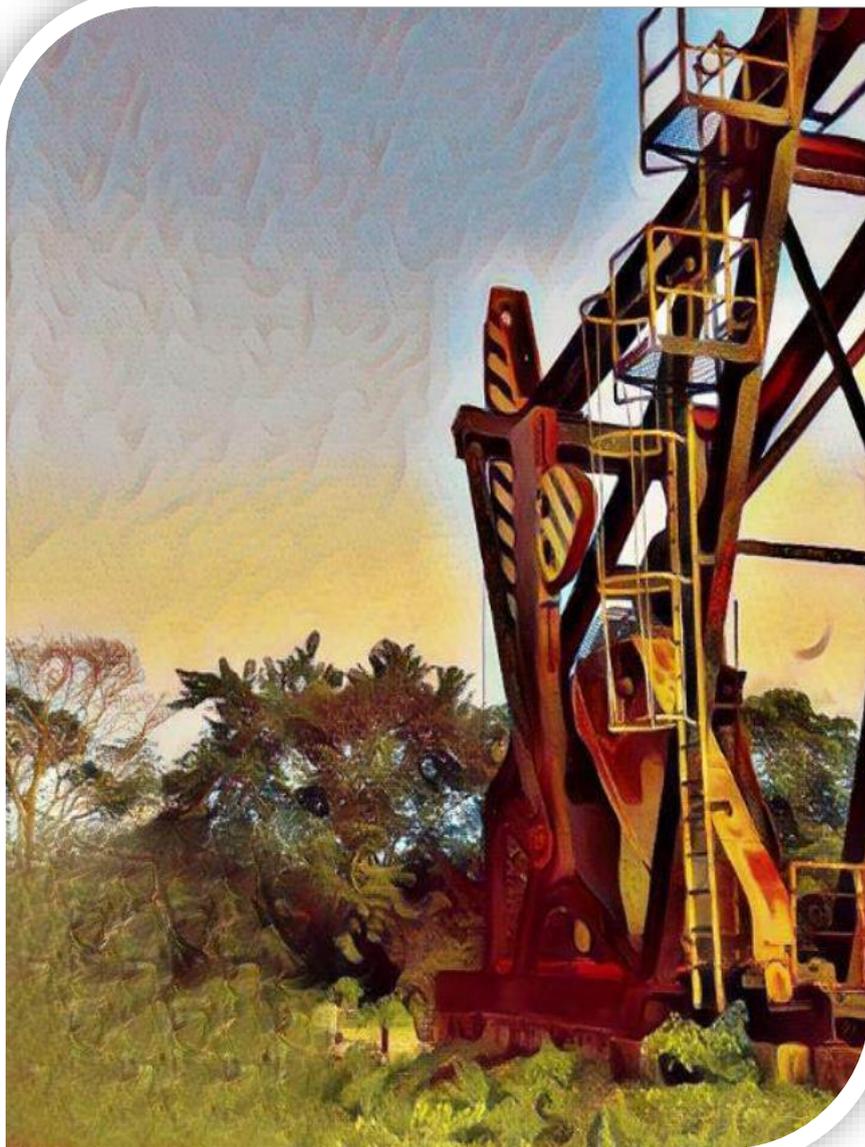
Fonte: SANTOS, M. 2024.

Ross (1994, p. 64) enfatiza que, aliada as transformações naturais dos ambientes, “é cada vez mais significativa a ação humana, que, ao se apropriar do território e de seus recursos naturais, causa grandes alterações na paisagem com um ritmo muito mais intenso que aquele que normalmente a natureza imprime”. As técnicas permitem ampliar ou acelerar a materialização dessas ações.

CAPÍTULO IV – DA CANA-DE-AÇUCAR AO PETRÓLEO: UMA RELAÇÃO DE DESIGUALDADE ENTRE SOCIEDADE E MEIO AMBIENTE

Conteúdo

- Narrativas da produção canavieira entre os vales do Cotinguiba e Japaratuba
- A cana-de-açúcar na sub-bacia do rio Riachão
- Impactos ambientais da produção canavieira
- Produção Petrolífera: O *ouro negro* que move o mundo
- Impactos ambientais causados pela produção petrolífera: Um estudo de caso na sub-bacia do rio Riachão



Fonte: SANTOS, M. 2024.

NARRATIVAS DA PRODUÇÃO CANAVIEIRA ENTRE OS VALES DO COTINGUIBA E JAPARATUBA

A Zona da Mata sergipana sempre esteve envolvida com a presença da produção canavieira e seus engenhos principalmente devido as condicionantes ambientais que favorecem não só a produção, mas também o escoamento, tendo o rio Cotinguiba como uma importante via de penetração na Bacia do Rio Sergipe e de chegada para o mar. França e Cruz afirmam que foram

as condições ambientais decorrentes da presença de solos férteis e de clima úmido, que contribuíram para o desenvolvimento da monocultura canavieira e a produção do açúcar, destinada à exportação para a Europa e para outros pontos do país. (FRANÇA; CRUZ, 2007, p. 161)

O monocultivo da cana-de-açúcar surgiu entre os vales formados pelos rios Cotinguiba, Sergipe e Japaratuba que ostentaram a importância econômica desde o início do século XVII, formando um padrão de propriedade açucareira que atuou no desenvolvimento da economia sergipana e que se assemelhou as transformações ocorridas em escala nacional (ALMEIDA, 1975; PRADO JUNIOR, 1969).

Com relação a outros estados da região do Nordeste, a cana-de-açúcar surgiu em Sergipe de forma tardia, entretanto, mesmo com uma pequena produção foi o principal produto econômico sergipano, proporcionando grandes mudanças em Sergipe. As fases do período açucareiro sergipano condizem com os da região nordestina, que vai do banguê aos engenhos centrais e destes às usinas; estabelecendo o desenvolvimento da produção açucareira que está atrelado a expansão, auge e crise do açúcar.

De acordo com Almeida (1984), no século XVIII o território de Sergipe del Rey, hoje a área delimitada pelo estado de Sergipe, tornou-se província da Bahia, tendo como consequência uma intensificação das relações internacionais e maior estímulo na produção e comercialização do açúcar.

Dessa maneira, expande-se a produção de cana em Sergipe. Em fins do século XVIII o algodão surge junto a cana-de-açúcar exigindo um mecanismo garantidor de sua exportação. Produzindo renda a economia de Sergipe, ao mesmo tempo em que havia a preocupação da navegabilidade da barra¹ para o escoamento dos produtos, necessitando

¹ A barra da Cotinguiba, como por todo o século XIX era chamada a atual barra do rio Sergipe, era o estuário onde se despejavam as águas dos rios Sergipe e Cotinguiba. Almeida (1984) aborda que procurando dar um ponto final às discussões sobre a denominação legítima do estuário, hoje tido como do rio Sergipe mas

de uma maior atuação dos governantes na busca de soluções que a tornassem apta ao desempenho econômico do espaço sergipano. Nesse contexto,

[...] o número de engenhos sergipanos crescera. Vilhena fala em cento e quarenta, pouco mais da metade do total existente na Bahia. Uma maior produção açucareira estimulará a produção dos portos e, da primeira à segunda década do século XIX, a participação do comércio sergipano no porto da Bahia tornará bastante significativa. Em 1808, de um total de 364 navios entrados em Salvador, 56 vinham da Cotinguiba, 5 do Rio Real, 5 do São Francisco e 5 do Vaza-Barris (Barra de Sergipe); ao todo, 71 embarcações. Uma participação sergipana em torno de 19,5% do movimento portuário baiano, ou seja, o segundo maior contribuinte para a composição do quadro global da navegação desse grande porto nacional (Ibid, p.76-77).

O crescimento dos engenhos na Província Sergipana aconteceu ao mesmo tempo em que houve a intensificação da lavoura canavieira, o açúcar se estabelece como principal produto de exportação; transportados através das vias fluviais, o açúcar

de Sergipe era exportado, principalmente através do Porto de Aracaju, com destino a portos nacionais. Uma pequena parte da produção destinava-se para fora do país. Pode-se citar como exemplo: Nova York, Liverpool e Hamburgo. (SILVA, 2008, p. 71, apud DANTAS, 2004)

A tabela abaixo apresenta o crescimento do número de engenhos no território sergipano em relação aos principais produtores da região Nordeste – Pernambuco, Bahia e Alagoas – no intervalo entre 1630 e 1890.

Tabela 3 - Evolução do número de engenhos no território sergipano em relação aos principais produtores da região Nordeste no período de 1630 -1890.

ANOS	ESTADOS			
	Sergipe	Alagoas	Bahia	Pernambuco
1630	-	13 a 14	-	-
1761	-	-	-	230
1775	140	69	260	296
1802	-	180	-	-
1838	445	316	603	-
1856	753	-	+1.651	1.106
1862	830	-	-	1.672
1883	735	632	-	1.654
1890	820	933	-	1.975

Fonte: SHIMADA, 2010, p. 50, apud ALMEIDA, 1984, p. 110. Adaptado por SANTOS, M. 2024..

A lavoura açucareira passa a expandir-se pelas bacias dos rios que cortam o território sergipano a partir do século XIX, conseqüentemente o gado foi sendo empurrado para o interior.

antigamente chamado Barra da Cotinguiba, a Assembleia Legislativa decretou pelo projeto nº39: “Fica estabelecido, a partir desta lei, a denominação de Rio Sergipe ao rio que banha a cidade de Aracaju”.

O cultivo da cana e a produção do açúcar se impõem como atividades em torno dos quais vai girar a vida econômica da província e fornecem as bases para importantes mudanças na sociedade sergipana (FRANÇA; CRUZ, 2007).

[...] para Sergipe parecia [...] que na cana-de-açúcar residia sua vocação agrícola por excelência, única capaz de lhe assegurar uma posição privilegiada no sistema econômico brasileiro. (ALMEIDA, 1984, p. 108)

A autora ainda afirma que,

No início do século XIX, Sergipe planta cana e fabrica açúcar em seis circunscrições administrativas, abundantemente regadas pelas suas bacias hidrográficas e com boas condições de solo. Cerca de 120 engenhos espalham-se do rio Real ao rio Japarutuba, a metade dos quais na bacia de Sergipe – Cotinguiba, região que manterá posição de liderança no plantio da cana até os dias atuais (ALMEIDA, 1987, p.203).

Entretanto, com o avanço das tecnologias e do processo de separação das atividades de plantio e de moagem da cana, Sergipe e os demais territórios produtores passaram por dificuldades para se enquadrar nas novas exigências do mercado de produção. Tudo isso foi ocasionado porque

[...] os engenhos banguês já não davam conta de concorrer com o açúcar produzido fora do estado. Uma saída encontrada pelo poder público para sanar o problema foi a criação de engenhos centrais nos quais haveria toda a estrutura necessária ao atendimento de outros engenhos menores. (SILVA, 2008, p. 71)

A produção açucareira da bacia do Japarutuba, por exemplo, tinha nessa barra sua via de escoamento onde o comércio marítimo era mais intenso. A sua produção era levada para Maruim e daí exportada para os portos de fora de Província. Para um melhor escoamento do que era produzido na barra do Japarutuba, Almeida (1973) enfatiza que

na década de 30 já se idealizara a solução desses problemas através do projeto de abertura do canal do Pomonga, ligando este rio da Cotinguiba com o Japarutuba [...], por falta de recursos financeiros somente seria concretizado [o projeto] em 1852. Acrescido de toda essa produção vizinha, o recôncavo da Cotinguiba se tornou a região da Província onde a cultura da cana se desenvolvia em maior escala. Transformou-se num verdadeiro depósito açucareiro (ALMEIDA, 1973, p. 6)

A Tabela 4, apresenta dados de estudos feitos por Almeida, que analisaram os inventários e testamentos de senhores de engenhos sergipanos, proporcionaram que alguns municípios² tiveram grande relevância no decorrer do século XIX, dentre estes, três compõem o território drenado pela Sub-bacia Hidrográfica do Rio Riachão – Capela, Japarutuba e Rosário do Catete.

² A autora utiliza-se do termo município aos centros de açúcar, embora naquele momento ainda não estivesse adquirido a denominação de Municípios, pois eram Províncias de Sergipe.

Importante ressaltar que nesse período, os municípios de Carmópolis, antiga povoação Rancho, e General Maynard – Povoado Marcação – eram territórios que pertenciam a então Província de Rosário do Catete.

Tabela 4 - Número de Engenhos em Sergipe e nas Províncias (municípios) drenados pela Sub-bacia Hidrográfica do Rio Riachão, 1838-1881

Municípios/Estado	Anos			
	1838	1856	1875	1881
Capela	70	130	61	82
Japaratuba	*	*	35	43
Rosário do Catete	43	60	42	43
Sergipe	441	750	496	740

* Município não foi criado

Fonte: SHIMADA, 2010, p. 50, apud ALMEIDA, 1987, p. 203; ALMEIDA, 1993, p. 144.

Adaptado por SANTOS, M. 2024.

A instalação de usinas em Sergipe teve como consequência um maior crescimento da produção de cana-de-açúcar. Tornava-se necessário a integração da propriedade nas técnicas de produção do açúcar que substituiria os velhos banguês pela instalação de modernas usinas, implantando o início do complexo agroindustrial. A primeira usina moderna em Sergipe foi a Central de Riachuelo, implantada como um engenho central, em 1888.

Em consequência, a criação de usinas aumentou a necessidade de mais áreas plantadas com cana-de-açúcar visto que a capacidade de moagem do maquinário era maior. Em Sergipe a cana-de-açúcar teve sua produção mais expressiva em torno da bacia do rio Sergipe e do rio Japaratuba. (SILVA, 2008, p. 75 apud DINIZ, 1991)

A leitura da Tabela 4 pode-se verificar a importância do município de Capela na história do processo de produção canavieira no vale do Japaratuba. As usinas de Vassouras e Santa Clara estavam entre as mais modernas com técnicas de produção do açúcar e seus destilados.

Em conformidade com Martins (1985), na década de 60, durante o Golpe Militar de 1964, foi posto em pauta o Estatuto da Terra, elaborado por empresários e militares e tinha a concepção de concretizar uma reforma agrária que não representasse um confisco das terras dos grandes fazendeiros, mas que permitisse conciliar a ocupação e utilização das terras com a preservação da propriedade capitalista e da empresa rural. Assim, o Estatuto da Terra

[...] abria o acesso à terra quando se olha o assunto do ângulo dos proprietários, mas fechava o acesso à terra quando se olha o assunto do ângulo da grande massa de trabalhadores sem-terra: a reforma agrária beneficiaria

preferentemente lavradores com vocação empresarial. (MARTINS, 1985, p. 22)

Na década de 70, com a crise do setor energético, houve o impulsionamento pelo governo brasileiro, através da política energética à produção do açúcar, ocasionado uma expansão da monocultura da cana-de-açúcar. Este fato teve como resultado: a concentração brutal de capitais nas mãos dos grandes grupos do setor açucareiro.

Shimada (2011) afirma que em Sergipe não foi diferente, e a concentração da produção do açúcar gerou uma redução considerável de usinas, de 44 em 1965, para 04 em 1975. Ocasionalmente principalmente pelo Programa Nacional do Álcool (PROÁLCOOL) estabelecido pelo Governo Federal, iniciando em Sergipe a produção de álcool nas décadas de 1970/80 com a implantação de destilarias, como a do Grande Vale, na área do Baixo São Francisco, e com a instalação de destilarias anexas nas usinas São José do Pinheiro no Vale do Cotinguiba e Vassouras no município de Capela, no Vale do Japarutuba.

Com a extinção do programa PROÁLCOOL, houve uma considerável redução das áreas plantadas de cana em Sergipe e com isso a crise das usinas que ocasionou o fechamento da Usina Vassouras, em 1985, e Santa Clara, em 1990. A concentração da produção do açúcar ficou nas mãos de uma única usina, a São José Pinheiro que assumiu toda a produção do estado de Sergipe (SHIMADA, 2011).

Atualmente, Sergipe conta com 6 usinas de produção de derivados da cana-de-açúcar, dessas 4 estão localizadas na bacia hidrográfica do rio Japarutuba, 3 no município de Capela, como podemos ver na tabela abaixo.

Tabela 5 - Usinas de produção de derivados da cana-de-açúcar

Usina	Informações	
	Município	Produção
Usina São José do Pinheiro	Laranjeiras	Açúcar, álcool, melaço e geração de energia
Usina Junco Novo	Capela	Fabricação de Aguardente e outras bebidas destiladas
CBAA Japoatã	Japoatã	Açúcar e Álcool
Usina Taquari	Capela	Açúcar, Etanol, Energia e Aguardente
UTE Iolando Leite	Capela	Geração de Energia Elétrica e fabricação de aguardente e outras bebidas destiladas
Campo Lindo Agroindustrial	N. Sra das Dores	Fabricação de aguardente e destilados e biocombustíveis.

Fonte: SANTOS, M. 2024.

Geradas pela lógica do capital que se estabelece com o avanço do agronegócio no campo inserido a participação e o apoio do Estado, atualmente vem ocorrendo mudanças significativas nos processos de produção econômica em Sergipe. A dinâmica capitalista a nível nacional reverte no local ao aumento da produção de cana-de-açúcar para a geração do etanol e seus destilados, com isso as paisagens de pastagem, vegetação nativa e a plantação de alimentos – até mesmo para subsistência – deixam de existir para somente a dedicação ao “mar de verde” formada pelos canaviais ao longo dos municípios.

A CANA-DE-AÇÚCAR NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO RIACHÃO

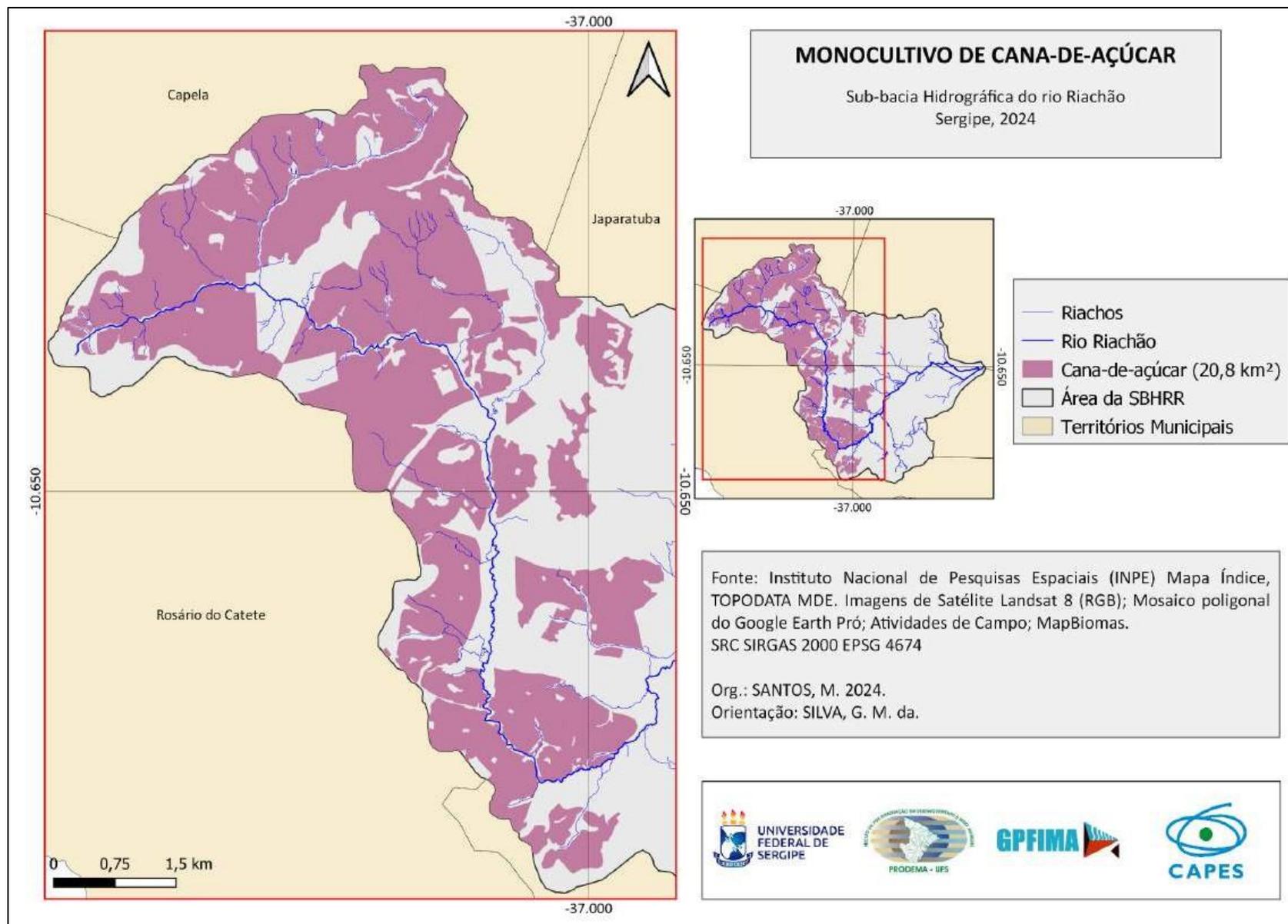
O monocultivo da cana-de-açúcar ocupa as vertentes suaves das colinas e as como podemos observar na Figura 34, onde a linha traçada em vermelho acompanha o limite dos bordos dos tabuleiros, separando os topos com fragmentos de vegetação nativa e as vertentes com monocultivo de cana-de-açúcar. O mapa da Figura 35 expressa a área ocupada pela produção canavieira na sub-bacia em questão.

Figura 34 - Vertentes dos tabuleiros ocupados com monocultivo da cana-de-açúcar



Fonte: *Google Earth Pró*. Adaptado pelo autor, 2024.

Figura 35 - Mapa da área de produção de cana-de-açúcar na SBHRR



A Sub-bacia hidrográfica do rio Riachão possui 20,8 km² de área para produção canavieira, o que equivale a 36,11% de todo o território drenado pelo rio Riachão.

Assim como em grande escala, a produção de cana-de-açúcar na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Riachão é apontada como nociva ao meio ambiente (figura 36), por levar a diversos processos de degradação das terras e de poluição atmosférica, pois para este tipo de produção o manejo da terra se dá através da aplicação de venenos agrícolas (adubos, inseticidas e herbicidas), uso de maquinários o desmatamento das matas ciliares e/ou até mesmo resíduos sólidos no período da colheita (figura 37).

Figura 36 - Campos de produção de cana-de-açúcar na SBHRR



Fonte: SANTOS, M. 2024.

Figura 37 - Leito do rio Riachão sem mata ciliar, erosão superficial e com a presença de resíduos sólidos



Fonte: SANTOS, M. 2024.

Portanto, é pertinente afirmar que a atividade promove impacto desde o cultivo da cana-de-açúcar (fase agrícola), passando pela industrialização (fase industrial) e alcançando o uso do produto final (fase consumo).

Para Macedo (2013), os principais impactos estão diretamente relacionados fase agrícola e ao uso final, podendo originar efeitos na qualidade do ar e no clima global, no uso do solo e biodiversidade, na conservação do solo, nos recursos hídricos e no uso de agrotóxicos. Para o autor, estes impactos podem ser positivos ou negativos, de modo a contribuir na redução de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) e na recuperação de solos agrícolas.

IMPACTOS AMBIENTAIS DA PRODUÇÃO CANAVIERIA

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 01/86, de 23/01/86 (artigo 1º), define impacto ambiental como:

(...) qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente (...) resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente afete: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições sanitárias e estéticas do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais.

Estes impactos podem ser reversíveis ou irreversíveis e apresentar efeitos positivos ou negativos.

Fase Agrícola

Qualquer que seja a atividade agrícola, na medida em que emprega recursos naturais, como água e solo, usa insumos e defensivos químicos, como fertilizantes e praguicidas, apresenta algum impacto ambiental.³ A produção de cana traz consigo:

- ✓ Redução da biodiversidade, causada pelo desmatamento e pela implantação de monocultura;
- ✓ Contaminação das águas superficiais e subterrâneas e do solo, por meio da prática excessiva de adubação química, corretivos minerais e aplicação de herbicidas e defensivos agrícolas;

³ Diário da Região, 30/07/2006. *Usinas da Região são ameaça para o meio ambiente*. Disponível em: <http://www.diarioweb.com.br/noticias/corpo_noticia.asp?IdCategoria=166&IdNoticia=81241>. Acesso em: 20/01/2024.

- ✓ Compactação do solo, pelo tráfego de máquinas pesadas, durante o plantio, tratos culturais e colheita;
- ✓ Assoreamento de corpos d'água, devido à erosão do solo em áreas de reforma;
- ✓ Emissão de fuligem e gases de efeito estufa, na queima, ao ar livre, de palha, durante o período de colheita;
- ✓ Danos à flora e fauna, causados por incêndios descontrolados;
- ✓ Consumo intenso de óleo diesel, nas etapas de plantio, colheita e transporte;
- ✓ Concentração de terras, rendas e condições subumanas do trabalho do cortador de cana.

Como forma de detalhar os impactos ambientais causados pela agroindústria canavieira e tornar mais claro o entendimento da ocorrência destes na fase agrícola e na fase industrial, utilizou-se a estrutura apresentada por Andrade e Diniz (2007) sendo: Impactos Ambientais na fase Agrícola e Impactos Ambientais na fase Industrial.

Os autores abordam que dentre os principais impactos ambientais na fase agrícola estão a redução da biodiversidade – desmatamento de vegetações nativas para a produção do monocultivo canavieiro –, a contaminação dos recursos hídricos superficiais pelo excesso de uso de agrotóxicos⁴, a compactação do solo, assoreamento dos corpos hídricos causado pelos processos erosivos pela retirada da vegetação nativa e pelo escoamento superficial da água (Figura 38), a queima em determinados estados – Sergipe a queima é autorizada – antes da colheita manual causando danos à fauna e flora.

⁴ Os autores utilizam os termos adubação química, corretivos minerais e aplicação de herbicidas e defensivos agrícolas para tratar de agrotóxicos. Na pesquisa em tela, foi definido que o termo utilizado seria o de agrotóxicos.

Figura 38 - Estrada vicinal nas proximidades da nascente do rio Riachão com processo de erosão superficial (ravina) ocasionada pelo escoamento superficial das águas pluviais.



Fonte: SANTOS, M. 2024.

Na imagem acima, podemos identificar um dos impactos ambientais causados pela produção canavieira. A necessidade de transportar o produto exige a construção de estradas vicinais entre as lavouras, removendo a vegetação e expondo o solo para ação do processo de intemperismo químico a partir do escoamento superficial das águas pluviométricas nesse solo exposto.

Esse processo de erosão em *splash* – impacto das gotas de chuva no solo exposto – tem como consequência o surgimento de filetos passa para os estágios de sulco, ravina e, a depender do tipo de solo e de sua profundidade, chegar ao estágio mais avançado que são as voçorocas, atingindo o lençol freático.

Dentre todos os impactos ambientais gerados pela agroindústria da cana-de-açúcar, sem dúvida, o mais emblemático, o mais discutido e controvertido, ao longo dos anos, tem sido a prática da queima da palha como método facilitador da colheita.

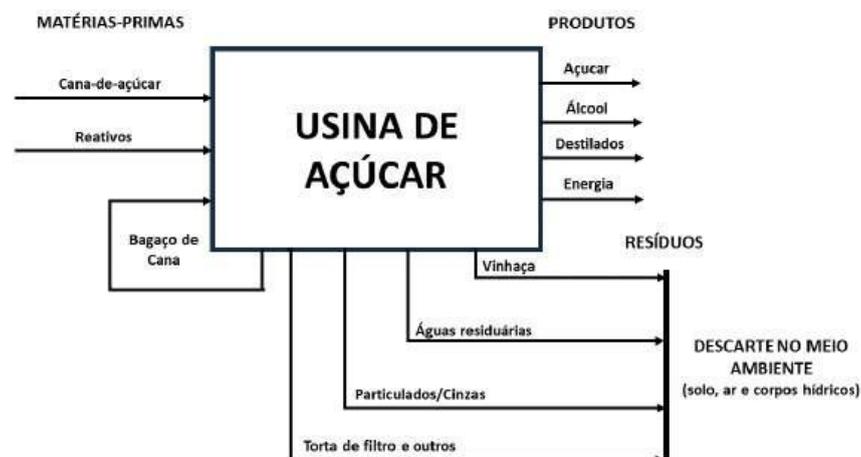
Apesar de haver restrição ao uso de fogo nas matas e outras formas de vegetação, desde 1934, quando do 1º Código Florestal Brasileiro⁵ a prática nunca deixou de ser empregada, na agricultura e áreas urbanas, como método de minimização de volume de resíduos sólidos, limpeza de terrenos, eliminação de árvores e controle e erradicação de pragas.

Aliado aos riscos de prejuízos econômicos, danos à fauna e à flora, as queimadas são responsáveis pela emissão de gases justamente no período de estiagem, quando as condições de temperatura, umidade e velocidade dos ventos são desfavoráveis à dispersão dos poluentes. Assim, é de se esperar agravos à saúde da população pela má qualidade do ar. Como em toda queima ao ar livre, durante as queimadas há combustão incompleta de inúmeros compostos.

Fase Industrial

Nas Usinas de açúcar e álcool, o processamento da cana é feito com uso intenso de água, energia térmica e eletromecânica, cuja fonte principal provém da queima, nas caldeiras, do próprio bagaço de cana. Durante a safra, as Usinas são autônomas na geração da energia elétrica consumida. Secundariamente, são empregados reativos químicos/biológicos como: soda cáustica, cal, ácidos e leveduras. Como resultado do processo, são produzidos: açúcar, álcool, destilados e energia, além de toda uma série de resíduos sólidos, líquidos e gasosos. A figura 39 apresenta um esboço do fluxo de massa nas usinas.

Figura 39 - Fluxo de massa nas Usinas Canavieiras



Fonte: SANTOS, M. 2024.

⁵ Artigo 22 do Decreto Federal, nº 23.793, de 23/01/1934.

No que se diz respeito aos impactos ambientais na fase industrial, Andrade e Diniz (2007) enfatiza que a poluição das águas a partir da incorporação dos efluentes líquidos à vinhaça – também é popularmente conhecido por vinhoto, tiborna ou garapão – para disposição no solo por intermédio da *fertirrigação* e o despejo em corpos hídricos naturais, estão entre os principais impactos no desequilíbrio ambiental do ecossistema.

Nas usinas em todo o Brasil, é prática corrente incorporar grande parte dos efluentes líquidos, à vinhaça, para disposição no solo por meio da técnica que se convencionou chamar de *fertirrigação*. Assim é feito com as águas geradas no processo de fabricação do açúcar, as resultantes da lavagem de pisos e equipamentos, e as das purgas dos lavadores de gases etc.

Na maioria dos países produtores de açúcar, já existem normas de controle de efluentes líquidos que estabelecem um limite da quantidade de orgânicos, entre 15 e 60 mg/L de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), com exceção da Índia, onde o limite é de 100 mg/L (Purchase, 1996). Nestes países, o tratamento dos efluentes é realizado em lagoas anaeróbicas ou aeróbicas.

Atualmente, ainda é possível ver inúmeros episódios de poluição das águas causada pelo lançamento de efluentes líquidos nos corpos hídricos. A alta carga orgânica, associada à baixa vazão dos corpos receptores, pode provocar incontável mortandade de peixes, devido as águas de lavagem de cana e vinhaça lançadas nos rios.

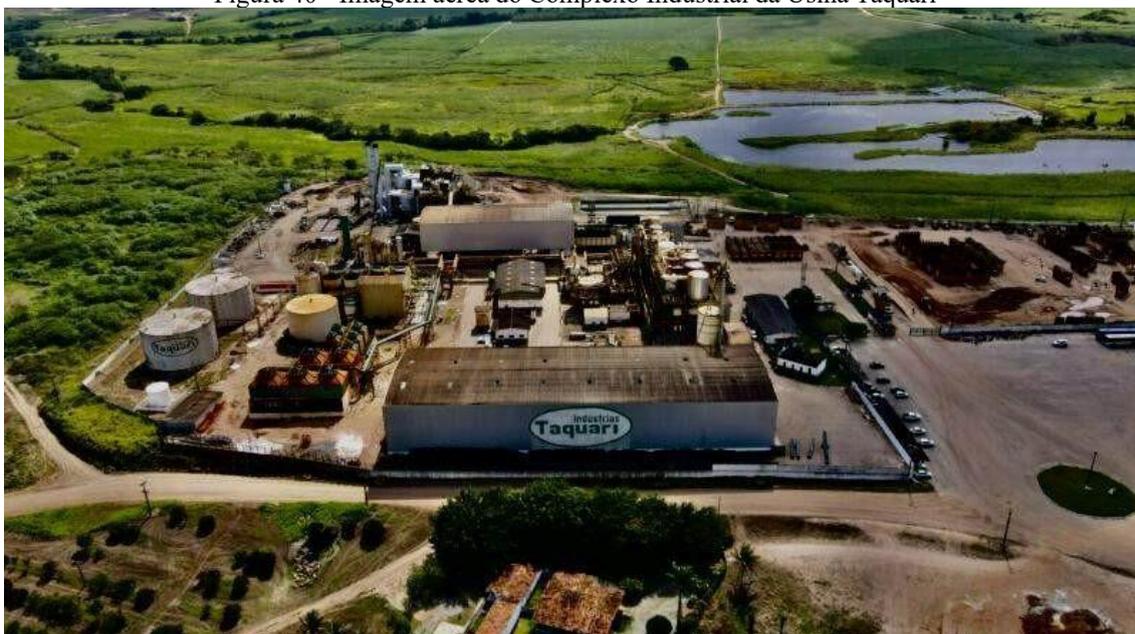
A qualidade das águas superficiais dos corpos adjacentes aos complexos das Usinas também é afetada pelo carreamento de sujeiras depositadas nas vias de circulação. Este problema, contudo, poderia ser facilmente contornável com a implantação de calhas nas coberturas dos prédios, pavimentação e construção de galerias de águas pluviais, tanques de acúmulo e dissipação das águas de chuvas que atingem as áreas de circulação de máquinas e caminhões. Entretanto, não é o que se observa na maioria dos complexos industriais.

Outro ponto a ser observado é, uma vez que as Usinas se localizam em áreas desprovidas de redes de esgotos sanitários, é prática comum o uso de tanques sépticos e poços de absorção para a destinação final dos esgotos gerados nos escritórios, oficinas, ambulatórios e vestiários. Com o decorrer do tempo e crescimento das unidades, os referidos sistemas provocam a colmatação do solo e os líquidos passam a ser sumariamente lançados nos corpos de água, causando poluição ambiental. Aceita-se,

hoje, como forma mais evoluída, o tratamento aeróbio dos esgotos sanitários com incorporação à vinhaça após prévia desinfecção.

Todo esse processo dos impactos ambientais causado pela fase industrial, merece atenção devido uma das usinas sergipanas estar inserida no perímetro de 2km da SBHRR, a Usina Taquari (Figura 40).

Figura 40 - Imagem aérea do Complexo Industrial da Usina Taquari



Fonte: Usina Taquari.

Um ponto a ser observado com atenção é referente aos resíduos da fase industrial é a torta de filtro, um lodo gerado na clarificação do caldo com o emprego de substâncias químicas. Este é acumulado em áreas ao ar livre, no solo até o seu destino final. Ocorre que, na medida em que a torta é um lodo decantado, verifica-se a concentração de diversos metais como alumínio, manganês, zinco e ferro, apresentando elevada DBO o que causa poluição, caso escorra em direção aos corpos d'água.

Ramalho e Amaral (2001, p. 126) realizaram estudos que apontam para um aumento na concentração dos teores de metais pesados em solos que tradicionalmente recebem tratamentos culturais à base de torta de filtro e um potencial risco de contaminação do lençol freático, uma vez que estes metais não são absorvidos pela planta e tendem a percolar.

A torta de filtro, juntamente com a vinhaça, tem largo emprego nos canaviais como fertilizante e composto orgânico, respectivamente. Porém, desconhece-se registro destes insumos junto ao Ministério da Agricultura. Também não são encontrados estudos

que tenham determinado as taxas de aplicação mais recomendadas de forma a assegurar a não contaminação do solo e águas subterrâneas. Preventivamente, é recomendável que as atuais áreas de compostagem ao ar livre sejam providas de base compactada e impermeabilizada com geomembrana de Polietileno de Alta Densidade (PEAD), de maneira a assegurar não contaminação do solo e águas subterrâneas por resíduos de torta de filtro.

A geração de cinzas ocorre durante a queima do bagaço nas caldeiras. Ela depende da composição química elementar da biomassa e da quantidade de impurezas, não combustíveis, introduzidas na caldeira.

A queima de bagaço de cana gera como principais poluentes: material particulado (MP), monóxido e dióxido de carbono e óxidos de nitrogênio. O MP está associado ao residual de cinzas, fuligens e outros materiais. Provoca efeitos estéticos indesejáveis em virtude de sua cor escura e causa incômodos ao bem-estar público por sua precipitação nas residências. Sua fração inalável penetra nos pulmões e diminui a capacidade respiratória. Para seu controle, geralmente, são empregados lavadores de gases que ao menos no início da safra os retém, satisfatoriamente.

Importante frisar que o controle das emissões gasosas, das caldeiras a bagaço, deve ser feito concomitantemente com o monitoramento da qualidade do ar nas principais cidades canavieiras.

PRODUÇÃO PETROLÍFERA – O “*ouro negro*” QUE MOVE O MUNDO

A palavra petróleo provém do latim *petroleum*, que consiste em pedra (*petrus*) e óleo (*oleum*). A importância do petróleo para sociedade contemporânea é, de fato, notável. A concepção de que o petróleo só serve como combustível está, há muito tempo, antiquada, tendo em vista que tal recurso também é utilizado como matéria prima para os mais diversos produtos, como cosméticos e, até mesmo, como calçados. Para a pesquisa em tela, o petróleo é tratado pelo seu conceito natural, não pelos seus derivados, levando em consideração nosso foco na produção do mesmo.

Por definição, o petróleo é um combustível fóssil. Líquido oleoso, rico em hidrocarbonetos, principalmente alcanos. O recurso natural é encontrado no subsolo, não como uma espécie de rio subterrâneo ou camada líquida entre as rochas sólidas, mas sim

impregnado nas rochas sedimentares, em profundidades que variam de poucos metros da superfície, chegando até mesmo a mais de 3 km abaixo da superfície, tanto em terra firme, quanto em terras submersas (THOMAS et al., 2004). Outrossim, podemos definir o petróleo como sendo

um líquido viscoso, em geral de coloração escura, que ocorre naturalmente, cuja composição química varia de lugar para lugar. Em geral, contém compostos de enxofre, oxigênio, nitrogênio, metais e outros elementos. É formado por uma mistura de diferentes hidrocarbonetos com diferentes pontos de ebulição, sendo matéria-prima de grande importância para a economia (MILLIOLI, 2008, p. 29).

Segundo Bozelli *et al.* (2008), mesmo sendo um recurso natural não renovável, o petróleo constitui a principal fonte de energia utilizada pela sociedade contemporânea. A exploração tem gerado impactos ambientais e com isso tem exigido um processo de licenciamento ambiental, que determina medidas mitigadoras para minimizar esses impactos. Neste sentido, é nítido a ênfase do autor nos impactos ambientais gerados pela exploração do petróleo, que, de fato, é a fase da produção mais impactante ao meio ambiente.

Contudo, esse líquido viscoso tem sido produzido desigualmente pelo mundo afora e vem sendo transportado através dos oceanos e oleodutos e, em função dessa grande movimentação, há riscos de contaminação tanto no solo e no ar quanto no mar, causando danos ao meio ambiente.

Em solo brasileiro, a primeira atividade relacionada à exploração petrolífera data de 1858, com a concessão de extração de minerais betuminosos para a fabricação de querosene na área do atual estado da Bahia. Apenas no período compreendido entre 1891 e 1897 é que foram realizados estudos acerca da existência do petróleo no estado de Alagoas e fora realizada a exploração do primeiro poço localizado no estado de São Paulo (THOMAS et al., 2004).

À medida que a esta atividade crescia, observava-se a necessidade da criação de um órgão que tratasse exclusivamente do petróleo e de toda a sua cadeia produtiva. O primeiro órgão nacional responsável pela jurisdição do petróleo no país foi o Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, vinculado ao Ministério da Agricultura. Instituído em 1907 por meio do Decreto nº 6.323 de 10 de janeiro de 1907, este órgão foi responsável por perfurar mais de 60 poços nos estados de Alagoas, Pará, Bahia, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio de Janeiro (MARTINS et al., 2015; BRASIL, 1907).

A existência do petróleo no Brasil conduziu à criação de leis que estabeleceram alguns preceitos básicos acerca da preservação das riquezas naturais do território, uma vez que não existia, até então, a garantia legal da exploração do solo e do subsolo enquanto interesse e produtividade da nação. Nesse espírito nacionalista, das primeiras décadas do século XX, em torno de um quadro conturbado por pressões e interesses internacionais pelo qual passou a saga do petróleo, Santos destaca que

a nação brasileira não pode esquecer a luta do escritor Monteiro Lobato, imortal não só como escritor, mas também enquanto defensor da exploração do petróleo por empresas nacionais, chegando até a publicar, com grande sucesso, uma obra denominada O Escândalo do Petróleo, na qual ele teceu acusações genéricas ao governo brasileiro e aos interesses do capital estrangeiro. (SANTOS. 2006. p. 48)

Toda essa conjuntura resultou na criação da Petróleo Brasileiro S.A. (PETROBRAS), em 1951, através de mobilização de centenas de pessoas. Nas décadas de 1960 e 1970, a empresa tinha por meta a industrialização local com bens de capital sob o princípio da eficiência econômica e o surgimento da indústria petroquímica paralelamente à internacionalização de suas atividades. Destarte, para que houvesse ações que favorecessem a ampliação da indústria do petróleo foi necessário direcionar os investimentos em uma nova estratégia de aprendizado, fase que ficou conhecida como a década do “aprender fazendo”. Nessa circunstância, a instituição teve como meta principal formar e especializar seu corpo técnico, com o intuito de atender às exigências da nascente indústria do Petróleo.

Com a exigência de autossuficiência dos derivados do petróleo, a procura desse minério por todo o território brasileiro acelerou-se. De acordo com Santos,

[...] foi assim que se consolidou sua descoberta nas terras sergipanas, vindo a mudar o rumo e as expectativas de dias melhores para as populações, sobretudo os habitantes de Carmópolis. O desenvolvimento desse setor mineral em Sergipe, com a descoberta do petróleo e gás natural, produzidos no Estado, é proveniente de campos situados em terra e na plataforma continental. (SANTOS. 2006. p. 50)

A demanda por recursos naturais tem-se tornado uma prioridade crescente. Contudo, a prioridade deve ser também em relação às estratégias da extração dos recursos necessários ao crescimento econômico das sociedades, o qual tem movido a vida no planeta.

A partir de então, o processo de exploração do petróleo no Brasil sofreu um aumento extraordinário, viabilizando a fundação da empresa estatal que deteve o monopólio desta atividade, a Petrobras. A importância desta empresa para o

desenvolvimento econômico do país é indiscutível e refletiu econômica, social, financeira e ambientalmente em toda a nação. Como exemplo, teve papel decisivo num” ciclo histórico em que se visou montar as bases industriais brasileiras, pela criação de estatais nas áreas de metalurgia, siderurgia, estaleiros e petróleo” (MILANI et al., 2000, p. 377).

Acompanhando as mudanças ocorridas no país acerca da exploração petrolífera, o estado de Sergipe, localizado na Bacia de Sergipe – Alagoas, que possui área total de cerca de 44,3 mil km², sendo a área explorável no estado correspondente à 31,7 mil km² localizadas no mar e de 12,6 mil km² localizada no continente, apontava como promissor na produção e extração de petróleo tanto na plataforma continental como marítima, pela sua capacidade produtiva. Assim, a exploração petrolífera em Sergipe é, ainda hoje, realizada onshore – ocorrência em terra – (Figura 41) e offshore (ocorrência no mar) (ANP, 2015).

Figura 41 - Cavalo de pau para extração petrolífera onshore na SBHRR



Fonte: SANTOS, M. 2024

A exploração dos poços de petróleo na plataforma continental teve início na sub-bacia de Sergipe em 1968, com a primeira exploração continental pela Petrobras, através da perfuração do poço 1-CP-0001A-SE (Figura 42), no Campo de Guaricema. Até meados do ano de 2015 foram perfurados 4.722 poços exploratórios e 3.934 poços de desenvolvimento na porção Sergipe (ANP, 2015).

Figura 42 - Marco do Poço 1-SES-0001A-SE



Fonte: SANTOS, M. 2024.

A chegada da empresa a Carmópolis na década de 1960 alterou a dinâmica natural dos sistemas ambientais no local. Com isso, o tempo passou a ser ditado pelo relógio mundial da economia do petróleo, tudo graças ao intitulado “progresso técnico”. A Petróleo Brasileiro S.A. passou a atuar não somente no município de Carmópolis, mas também em todos os municípios que fazem parte do campo petrolífero sergipano. Uma área que engloba os municípios de: Japaratuba, Rosário do Catete, General Maynard, Santo Amaro das Brotas, Maruim e Riachuelo.

Nesse processo de expansão da atividade petrolífera, a paisagem do campo, sobretudo, o carmopolitano foi aos poucos se reestruturando através da atuação da empresa, que, com a introdução dos equipamentos de perfurações do petróleo conhecidos como cavalo-de-pau, contribui com a nova visibilidade na área de atuação.

Assim sendo, é perceptível a importância da produção petrolífera para o desenvolvimento, seja a nível local ou mundial, mas há também a necessidade urgente da preocupação com o avanço desordenado do extrativismo agredindo os elementos que compõem o sistema, dentre eles, os recursos hídricos.

IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELA PRODUÇÃO PETROLÍFERA: UM ESTUDO DE CASO NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO RIACHÃO

As sociedades representam os principais agentes transformadores da paisagem, e dependendo da forma como se apropria dos recursos ambientais, desencadeiam-se processos que podem pôr em risco o equilíbrio do meio ambiente. Porém, uma vez alterado esse equilíbrio, há repercussões que perpassam em todo o sistema, pois os efeitos se propagam em cascata sobre as partes ou subsistemas. Por isso, a realização de análises para o conhecimento dos cenários geoambientais é um meio eficiente na busca da adequação para o planejamento e ordenamento do espaço geográfico.

No entanto, é comum lembrarmos as palavras poluição e degradação quando se fala em impacto ambiental. Apesar de estarem relacionadas ao real conceito do termo, tais palavras aludem-se apenas ao sentido negativo dele. Compreendemos que o impacto ambiental também pode ser positivo, o que intensifica ainda mais a dimensão do seu conceito, à vista disso, ao longo da comparação entre as ideias de alguns autores, buscou-se embasamento para o esclarecimento das ideias, o que contribuiu para o esclarecimento deste estudo.

Levando em consideração a NBR ISO 14.001, impacto ambiental consiste em qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, dos aspectos ambientais da organização (ABNT, 2004). Por se tratar de uma norma nacional, o conceito pertencente a ela é bastante utilizado pelas indústrias.

Outrossim, o CONAMA, em sua resolução nº 001/86, define impacto ambiental concernido como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta e indiretamente, afetam: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e; a qualidade dos recursos ambientais (CONAMA, 1986).

Contudo, Sánchez (2006) define impacto ambiental como sendo uma alteração da qualidade ambiental que resulta da modificação de processos naturais ou sociais provocada por ação humana. Destarte, é perceptível a concordância deste conceito com o estabelecido pelo CONAMA, na ocasião, ambos enfatizam que o homem é o agente causador dos impactos e citam as questões sociais.

Em contrapartida, Barbieri (2007) compreende que o impacto ambiental resulta de qualquer mudança no ambiente natural e social decorrente de uma atividade ou de um empreendimento proposto. O autor ressalta que, mesmo considerando que mudanças podem ocorrer por causas naturais, os relevantes aqui são as decorrentes de ações antrópicas.

Deste modo, ao analisar o processo histórico de ocupação e exploração, a Sub-bacia Hidrográfica do Rio Riachão apresenta uma diversidade de atividades exploratórias com o intuito econômico, com forte tendência para o desenvolvimento da industrial a partir da cadeia de extração do petróleo e gás natural, mas ainda com resquícios de monocultivos de cana-de-açúcar e cocoicultura, além da agropecuária.

A exploração histórica realizada de forma predatória e o atual uso das terras e corpos hídricos, cuja evolução ocorreu, sobretudo, a partir do desmatamento da vegetação nativa, contribuiu para dar origem aos problemas ambientais verificados ao longo dos cursos d'água da sub-bacia hidrográfica objeto desse estudo. Portanto, a origem e evolução dos impactos ambientais ocorreram simultaneamente à ocupação e ao estabelecimento – de forma agressiva – das atividades econômicas.

As adversidades observadas após a intervenção humana no meio ambiente, principalmente, justificada pelo viés capitalista econômico, partem da sua ocupação desordenada retratando na causa de diversos impactos ambientais negativos, o que pode ser corroborado por Santos ao afirmar que

[...] a degradação da cobertura vegetal, perda de biodiversidade, obstrução e alteração da rede de drenagem, transmissão de doenças de veiculação hídrica, contaminação e poluição do ar, água e solo, perda de terras produtivas, desencadeamento de processos erosivos, entre outros tantos. (SANTOS. 2007. p. 24).

Por conseguinte, após a exposição de diferentes concepções sobre o que é impacto ambiental, optou-se por tratá-lo como sendo uma alteração do homem – relacionadas a fins econômicos, ou não – sobre o ecossistema, que afeta, positiva ou negativamente, as relações sociais humanas e/ou as características físicas e biológicas do meio.

A indústria petrolífera e de gás natural concentra suas atividades no extrativismo de recursos naturais não renováveis e, conseqüentemente, é considerada uma das maiores emissoras de gases causadores do efeito estufa, responsáveis pelas mudanças climáticas no planeta Terra, e de fluidos líquidos nocivos ao meio ambiente.

Os impactos ambientais causados pelas atividades industriais passaram a ser vistos como uma consequência indesejável já que não eram endossados por muitas organizações. Por conseguinte, a importância de gerir as atividades ambientais passou a ser destacada evitando-se, assim, os aspectos negativos e os impactos sobre o meio ambiente.

A Tabela 6 apresenta os impactos ambientais causados pela indústria do petróleo e gás, tendo como base o aspecto ambiental (a causa), tendo como base os preceitos dos requisitos da norma ISO14.001. Dentre os impactos listados, salientam-se as emissões de gases nocivos à atmosfera que formam o efeito estufa – CO₂, NO_X, NO₂, SO₂; CH₄ – e a geração de água produzida de petróleo.

Tabela 6 - Atividades referente a indústria do petróleo correlacionando seus aspectos e impactos ambientais

ATIVIDADES	ASPECTOS	IMPACTOS
Descarregamento de equipamentos	Geração de ruídos	Alteração da reprodução de espécies e desconforto para a fauna e trabalhadores
	Geração de Resíduos	Contaminação de mananciais e emissão de material particulado
	Vazamento de substâncias químicas	Contaminação de mananciais, do solo, subsolo e impermeabilização do solo
Perfuração de poços exploratórios	Geração de ruído	Desconforto para a fauna e trabalhadores e alteração na reprodução de espécies
	Terraplanagem	Desmatamento; afugentamento da fauna; alteração dos ecossistemas vizinhos; erosão laminar ou em sulcos; emissão de material particulado, assoreamento de canais e remoção do horizonte do solo
	Geração de sedimentos	Contaminação de mananciais; afugentamento da fauna; desmatamento; processos erosivos; alteração dos ecossistemas e geossistemas; emissão de material particulado;
Estocagem de lama de perfuração	Escape de material	Contaminação de mananciais e do solo
Detonação de explosivos	Geração de ruídos	Afugentamento da fauna; desconforto para a fauna; alteração da reprodução das espécies;
	Vibração do terreno	Rachaduras em formações

		rochosas, pequenos abalos sísmicos;
Abertura de acessos	Exposição do solo	Desmatamento e falta de recuperação das áreas exploradas
Manutenção de equipamentos	Alteração da qualidade do solo	Contaminação do solo por resíduos industriais
Captação da água	Diminuição de água nos poços	Remoção da vegetação
Aumento da circulação urbana	Aumento de nível de perturbação e pressão da região	Afugentamento da fauna; mudança no hábito alimentar; crescimento urbano desordenado;

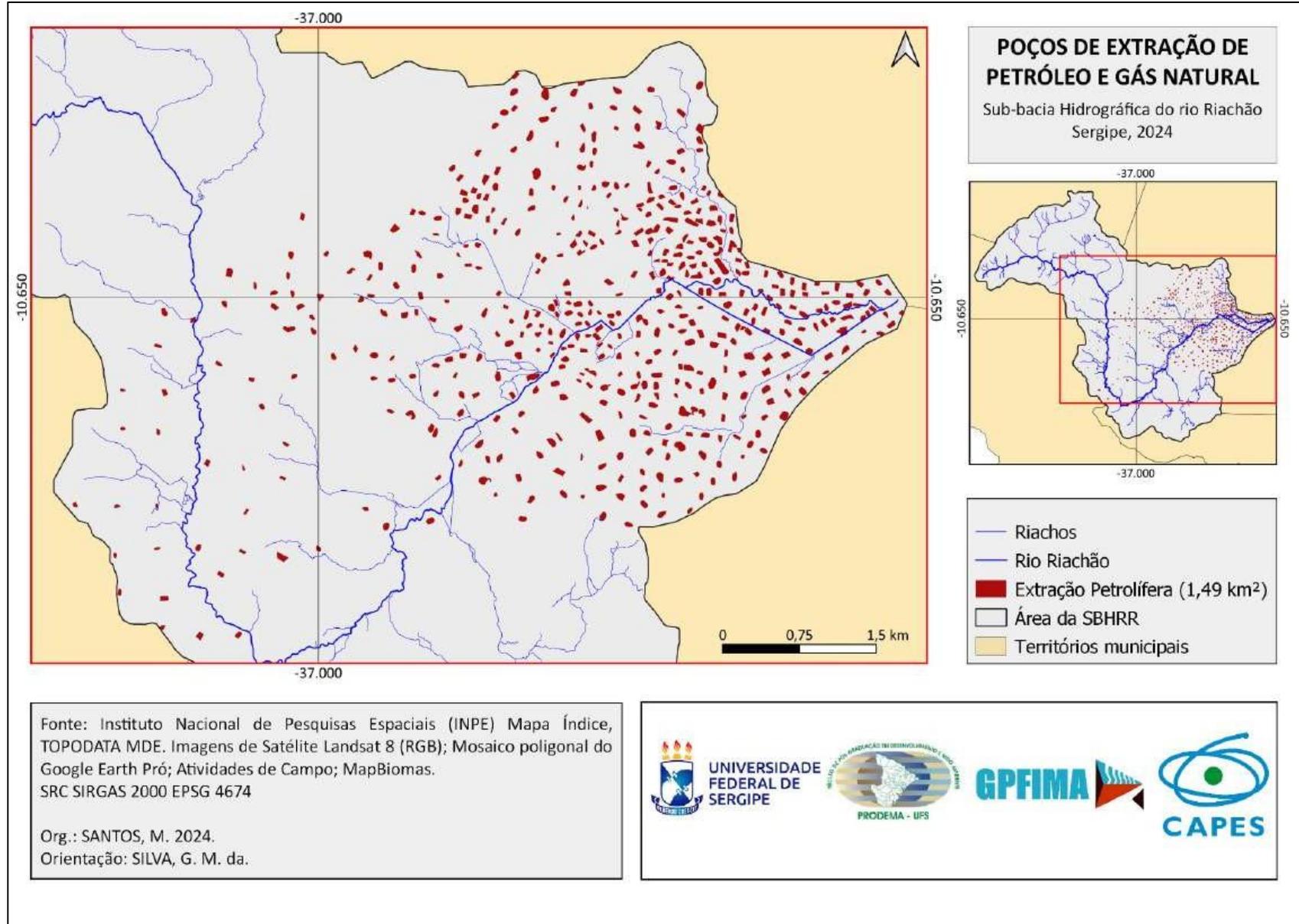
Fonte: SANTOS, M. 2024. Com base em atividades *in loco*.

Como se pode observar, todos os impactos ambientais demonstrados geram de certa forma perturbações e pressão ao meio ambiente, entretanto, alguns são observados em diferentes cenários e atividades. Os pontos recorrentes são: desconforto para a fauna, afugentamento da fauna, contaminação do solo/mananciais e geração de material particulado.

Na sub-bacia hidrográfica do rio Riachão, foram mapeados 502 poços de extração de petróleo e gás natural, em uma área fragmentada e que penetra vegetações nativas, pastagens e interação com lavouras de cana-de-açúcar, ocupando uma área total de 1,49 km², o equivalente a 3% do território da sub-bacia, distribuída entre médio e o baixo curso do rio Riachão (Figura 43).

Contudo, apesar da maioria dos poços da SBHRR estarem licenciados, impactos ambientais significativos como vazamento de gás e petróleo, fragmentação dos ecossistemas, desmatamento de áreas legalmente protegidas e contaminação dos recursos hídricos foram observados, o que indica para o descumprimento da legislação ambiental. Por conseguinte, para o cumprimento da legislação ambiental é necessário que a Petrobrás – hoje Carmo Energy – atenda as condicionantes ambientais e realize o monitoramento da exploração petrolífera.

Figura 43 - Mapa da área de produção petrolífera na SBHRR



Uma das evidências *in loco* desses impactos ambientais na SBHRR ocorreu no leito principal do rio Riachão, em novembro de 2022 foi registrado um vazamento, quando uma atividade de limpeza em uma propriedade particular realizado por uma retroescavadeira rompeu um dos dutos e ocasionou o vazamento de óleo no rio (Figura 44).

Figura 44 - Vazamento de óleo/petróleo no rio Riachão



Fonte: Secretaria Municipal de Indústria, Comércio, Turismo, Agricultura e Meio Ambiente de Carmópolis/SE, 2022.

Além da contaminação dos mananciais e consequentemente a alteração de todo o ciclo geossistêmico e ecossistêmico, o vazamento de petróleo ocasionou a mortalidade de animais aquáticos (figura 45).

Figura 45 - Animais aquáticos mortos em decorrência do vazamento de petróleo no rio Riachão



Fonte: Secretaria Municipal de Indústria, Comércio, Turismo, Agricultura e Meio Ambiente de Carmópolis/SE, 2022.

A indústria do petróleo tem um grande potencial de perigos para o meio ambiente e como podemos ver na tabela 6, pode afetá-lo em diferentes níveis a partir de diferentes aspectos: ar, água, solo e, conseqüentemente, todos os seres vivos do planeta. Nesse contexto, a consequência mais difundida e perigosa das atividades da indústria de petróleo e gás é a poluição. Magalhães et al. (2006), afirma que um litro de óleo é suficiente para contaminar a potabilidade de aproximadamente um milhão de litros de água e, ainda, criar uma película, que poderá abranger uma área de mil metros quadrados da superfície de um curso d'água, o que implica em significativos impactos ambientais.

A poluição está associada praticamente às diversas atividades em todas as etapas da produção de petróleo e gás, desde atividades exploratórias até o refino. A água produzida, as emissões de gases, os resíduos sólidos gerados durante a perfuração, infraestrutura para as tubulações, produção, refino (responsável pela maior poluição) e o transporte representam mais de 800 produtos químicos diferentes (MARIANO, 2007).

A desconfiguração da paisagem natural para a instalação de bases de extração petrolífera, bem como a abertura de estradas vicinais para o deslocamento das sondas terrestres. Além de alterar a paisagem natural para a antropizada, acaba criando “barreiras antrópicas” para espécies da fauna e da flora. Na figura 46, podemos ver, a partir de uma imagem de satélite, as bases de extração penetrando nas florestas e vegetação natural, modificando completamente a paisagem geossistêmica na área.

Figura 46 - Fragmento de vegetação nativa com desmatamento para extração petrolífera



Fonte: Imagem de satélite *Google Earth Pró*, 2024.

Outros impactos ambientais incluem intensificação do efeito estufa, chuva ácida, menor qualidade da água, contaminação das águas subterrâneas, entre outros. A indústria também pode contribuir para a perda de biodiversidade e a destruição de ecossistemas que, em alguns casos, podem ser únicos (MAGRINI; BOTELHO, 2012).

Estendendo a relação extração mineral/crescimento urbano, esse exerceu toda a influência no “desenvolvimento” das cidades que compõem o território da SBHRR, em especial Carmópolis, eleita a ponto de sediar a base para tal atividade, seja com seus aspectos positivos ou nos negativos. Com a extração mineral surgiram atividades ligadas aos setores de serviços resultando na geração de classes sociais com poder aquisitivo, intensificando não só o crescimento do perímetro urbano, mas também a desigualdade social nesses municípios.

O crescimento desordenado de áreas urbanas onde há o extrativismo mineral, é outro aspecto ambiental causador de impactos. Em um dos trabalhos de campo realizado para a pesquisa em tela, foram identificados graves – e frequentes – impactos ambientais causados por essa desordem. A mancha urbana do município de Carmópolis, cresceu de forma desordenada e uma das consequências é o uso dos mananciais para o despejo de efluentes domésticos (Figura 47), devido à falta de saneamento básico.

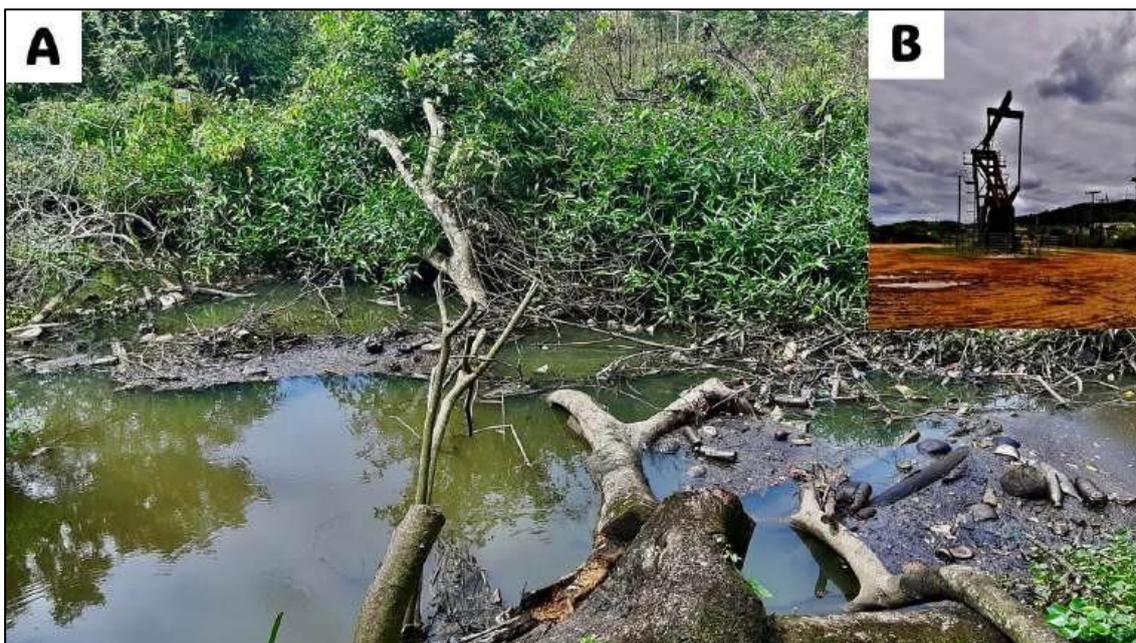
Figura 47 - Riacho nas proximidades da mancha urbana de Carmópolis sendo utilizado para despejo de efluentes domésticos



Fonte: SANTOS, M. 2024.

Outros elementos encontrados, foram vestígios de vazamento de óleo em um dos poços que ficam as margens do canal principal do rio Riachão, que já havia sofrido o impacto do desmatamento de sua mata ciliar para a perfuração e atividades de acompanhamento do poço, além disso, foi realizada uma barreira com o corte de árvores ciliares para impedir o avanço do óleo vazado e resíduos sólidos oriundos da comunidade residente nas redondezas, como podemos ver na figura 48.

Figura 48 - A) Leito do rio Riachão barrado por ação antrópica e acúmulo de óleo (petróleo) e resíduos sólidos. B) Cavalo de pau usado para extração petrolífera às margens do canal principal



Fonte: SANTOS, M. 2023.

Concomitantemente, a ampliação das áreas urbanas tem contribuído para a intensificação dos impactos ambientais de forma negativa. Os costumes e hábitos no uso da água e a produção de resíduos pelo exacerbado consumo de bens materiais são responsáveis por parte das alterações e impactos ambientais. Alterações ambientais físicas e biológicas que, ao longo do tempo, modificam a paisagem e comprometem ecossistemas.

Destarte, além da poluição do solo, os corpos hídricos são gravemente afetados pelo descarte inadequado dos resíduos sólidos urbanos. Em Carmópolis, o riacho das Cobras, que tem a sua nascente dentro do Parque Ecológico das Mangueiras, de responsabilidade municipal, tem o curso canalizado e recebe grande parte dos dejetos da população carmopolitana, e quando retorna a seu curso “normal”, despeja todos os resíduos urbanos no rio Riachão (figura 49), que tem seu exultório no Rio Japarutuba e

desencadeando todo um ciclo de poluição e impacto ambiental até chegar em sua foz, entre os municípios de Pirambu e Barra dos coqueiros.

Figura 49 - Encontro entre o riacho das Cobras e o rio Riachão, destacando a divergência de tonalidade entre as águas e a deposição de resíduos sólidos urbanos nas margens



Fonte: SANTOS, M. 2024.

Como já vimos no capítulo anterior, a vegetação característica da SBHRR (Figura 50) é a Floresta Atlântica, apesar de bastante degradada, possui grande valor econômico e ambiental. Contudo, observou-se que os maiores fragmentos de vegetação nativa são encontrados nas áreas onde a extração petrolífera é menos intensa. Nas áreas produtoras, os remanescentes encontram-se em avançado processo de degradação.

Figura 50 - Fragmentos de vegetação nativa em contato com pastagem



Fonte: SANTOS, M. 2024.

Dentre as consequências do processo de fragmentação florestal, pontuam-se a diminuição da diversidade biológica, o distúrbio do regime hidrológico das bacias hidrográficas, a degradação dos recursos naturais e a deterioração da qualidade de vida das populações, sobretudo as tradicionais (Martins et al., 2002).

As matas ciliares, que estão dispostas no inciso III, § 1º, do art. 225 da Constituição Federal “Áreas de Preservação Permanente (APPs): beira de rio”, espaços territoriais que estão cobertos e protegidos por lei, encontram-se desmatada e ocupada por poços de petróleo e construções que servem à mineração (Figura 51).

Figura 51 - Cavalo de pau usado para a extração de petróleo e gás-natural localizado em área de APP



Fonte: SANTOS, M. 2024.

A Lei Federal nº 12.651 (BRASIL, 2012), que diz respeito a Legislação Florestal, detalha as APPs, cujos objetivos relacionam-se à preservação dos recursos hídricos, da paisagem; da estabilidade geológica, da biodiversidade, do fluxo gênico de fauna e flora. Além disto, assegura o bem-estar das populações humanas. Destarte, as APP's, se conservadas, são fundamentais para a qualidade das paisagens, uma vez que formam corredores ecológicos importantes para o equilíbrio ambiental.

A água produzida de petróleo figura entre os principais impactos da exploração de petróleo e gás uma vez que a água associada ao óleo e ao gás possui poluentes e contaminantes capazes de provocar impactos ambientais sérios se não promoverem a destinação ou tratamento adequados.

Outro elemento impactante no meio ambiente, e muito visível na paisagem do território do petróleo, são as infraestruturas de tubulações para o escoamento do petróleo, gás-natural e das águas industriais. No trabalho de campo, uma dessas obras está sendo realizada para troca da tubulação, justamente no curso principal do rio Riachão (Figura 52). Podemos identificar uma barreira de contenção, escavação e alargamento no leito e terraplanagem as margens do canal.

Figura 52 - A) Escavação e alargamento do leito do rio Riachão. B) Estrutura de dutos e uma barreira de contenção no rio Riachão



Fonte: SANTOS, M. 2024.

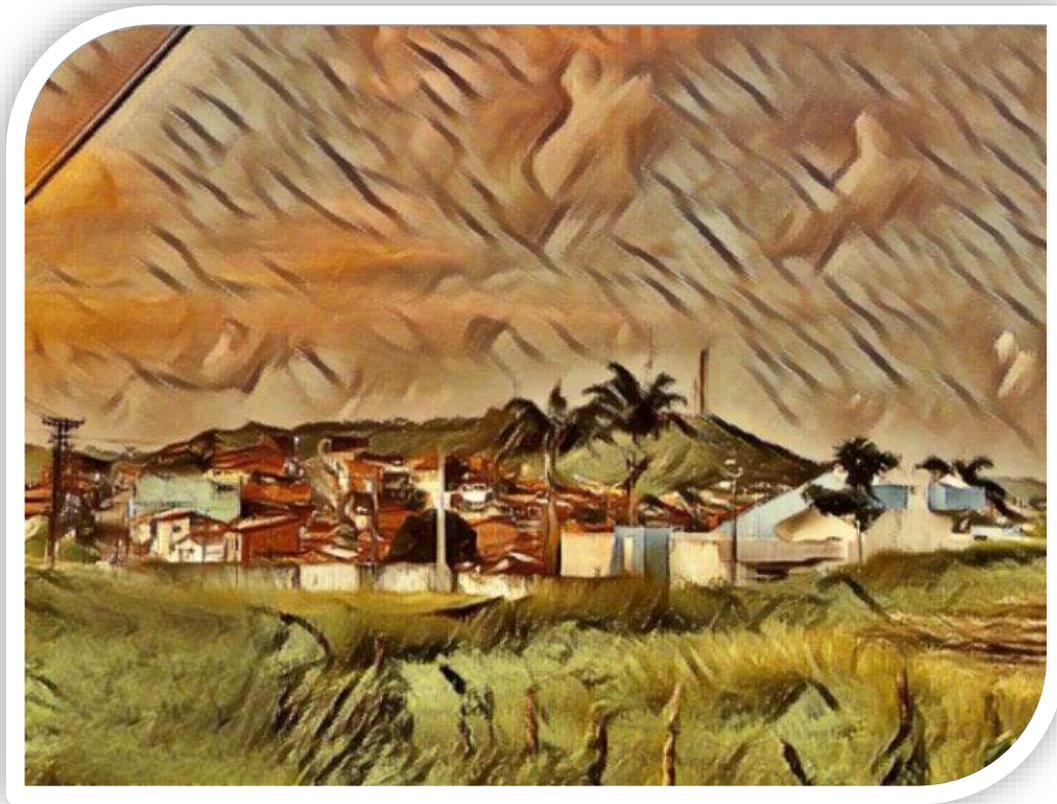
Múltiplas variáveis determinam os impactos que a água produzida irá causar no meio ambiente. Dentre elas, principalmente, as propriedades físicas e químicas dos seus constituintes, temperatura de descarte e o seu teor de matéria orgânica dissolvida (VEIL et al., 2004).

As atividades industriais desenvolvidas na sub-bacia do rio Riachão são condicionadas, dentre outras coisas, pela facilidade no acesso a água, mas principalmente a abundância dos recursos minerais. Ademais, como já pautado anteriormente, a força do capital direciona o nível de interferência e de poder. Essas atividades além de se valerem do uso da água, são responsáveis por marcantes variações na paisagem e interferência no ciclo natural geossistêmico.

Ainda é necessário encontrar formas de conciliar o desenvolvimento da indústria com a proteção ambiental, isto é, com o desenvolvimento sustentável. Depois de

recuperado e transportado, o petróleo bruto deve passar por processos de refinação para serem convertidos em produtos com valor comercial. As refinarias de petróleo são grandes poluidores, que consomem grandes quantidades de energia e água, produzem grandes quantidades de águas residuais, liberam gases perigosos para a atmosfera e geram resíduos sólidos que são difíceis de tratar e descartar (MARIANO, 2007)

CAPÍTULO V – NÍVEIS HEMEROBIÓTICOS A PARTIR DOS USOS E COBERTURA DO SOLO NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO RIACHÃO



Fonte: SANTOS, M. 2024.

Tópicos

- Geossistema e Antropogênese: A Hemerobia como análise dos impactos ambientais.
- Considerações Finais

GEOSSISTEMA E ANTROPOGÊNESE: A HEMEROBIA COMO ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

O processo de exploração da natureza para as atividades socioeconômicas, atrelado a expansão urbana são elementos que provocam maior alteração da paisagem natural devido à perda quase completa que promove nos componentes hídricos, faunísticos, florísticos etc. (MOTTER, 2011; RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2017). Elementos naturais como vegetação, fauna, relevo, águas superficiais e subterrâneas, solos e geologia estão dentre os mais impactados (RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2017). Assim, como realçam Walz e Stein (2014), as atividades antrópicas têm um poder excessivamente forte de alterar a paisagem e de modificar, drasticamente a dinâmica natural dos geossistemas.

Entre os principais impactos associados aos processos antropogênicos destacam-se: geração de ruídos, emissão de poluentes atmosféricos, aumento de demanda de água, impermeabilização do solo, aumento do escoamento superficial, degradação da flora e da fauna, desflorestamento, mudança substancial na estrutura do solo, geração de materiais particulados, dispersão de resíduos e esgotos nas vias públicas etc. (JUCHEM, 1993).

Ainda assim, o desenvolvimento industrial atrelado ao aumento populacional e associado com a demanda por habitação, emprego, educação e lazer requerem sistemas de circulação mais complexos. Assim, malhas viárias, portos e aeroportos são construídos para propiciar a movimentação de pessoas, mercadorias e processos industriais de manutenção das bases de extração de petróleo.

Diversos são os efeitos ao meio ambiente provocados por esses sistemas – como já debatidos na pesquisa em tela –, podemos destacar a degradação de ecossistemas frágeis; a alteração do uso da terra, das condições hidrológicas e hidrogeológicas; a emissão de poluentes e materiais particulados; e o derramamento de óleos e resíduos, tanto industriais quanto urbanos.

Fato é que o meio ambiente vem cada vez mais passando pelo processo de artificializado, tanto pelo campo como a produção canavieira quanto pelos processos de infraestrutura urbana das cidades. Em virtude disto, o índice hemerobiótico tende a aumentar conforme os usos antrópicos sejam ampliados.

Os diversos tipos de usos e cobertura do solo participam geossistemicamente, influenciando nas características e no comportamento dos elementos quali-quantificados no ambiente, colaborando para os processos de transformações do sistema ambiental dominante na paisagem da Sub-bacia Hidrográfica do rio Riachão.

Cavalcanti (2014) afirma que, classificar uma paisagem pressupõe a utilização de um raciocínio sintético, onde os diferentes elementos e componentes estão em interação. A classificação de níveis de degradação de paisagem, no entanto, considera os níveis de antropização, também a presença de ausência de superfícies impermeabilizadas, e entre outros aspectos construtivos urbanos ou não antrópicos (vegetação nativa ou revegetação).

Desta maneira, Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2022), definiu a hemerobia como as mudanças ocorridas na estrutura e funcionamento da paisagem natural, devido à ação humana sobre os geossistemas. Os autores ainda enfatizam que,

deve-se assinalar que às vezes encontra-se na literatura uma distinção entre fatores antropogênicos (que se expressa pelos efeitos indiretos da atividade humana, tais como as plantações de cana-de-açúcar ou café, onde ocorrem elementos e relações primogênicas da paisagem original) e fatores antrópicos (que são aqueles vinculados com a formação direta de objetos ou neofomas criadas pelo homem). (RODRIGUEZ; SILVA e CAVALCANTI, 2022, p. 182)

Por conseguinte, as leituras, interpretações dos produtos cartográficos e das informações obtidas em campo possibilitaram, junto à metodologia de Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2022), a realização da classificação sintética das paisagens antropogênicas, a hemerobia dos geossistemas. Os tipos de uso e cobertura do solo foram os componentes analisados e classificados quanto as suas intensidades de modificação.

Dessa maneira, para os graus de níveis de Hemerobia, Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2022) adotaram as contribuições de Sukopp em 1972, em que foram consideradas as características da paisagem. Os níveis de hemerobia identificaram as classes; “Não modificada ou levemente modificado”, “levemente modificado”, “Modificação leve a moderado”, “Modificação moderada a forte”, “modificação forte a muito forte”, “modificação forte e transformação artificial” e “Artificialização e transformação antropogênica”. Assim quanto maior o nível de hemerobia, maior a degradação.

Como já visto, nesta pesquisa, a definição dos níveis de hemerobia na área de estudo foi realizada com base na chave de classificação proposta por Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2022) tendo os elementos geossistêmicos da paisagem da SBHRR agrupados nos 7 níveis de hemerobia (quadro 6).

Quadro 6 - Classificação Hemerobiótica da Sub-bacia Hidrográfica do rio Riachão.

CATEGORIA	CLASSES	TIPOS DE UTILIZAÇÃO E OCUPAÇÃO	HEMEROBIA (Influência Antrópica no meio natural)	GRAU DE IMPACTO
Naturais e Seminaturais	Áreas Naturais	Campos Alagados	Não modifica ou levemente modificado	1
		Formações Florestais		
	Exploração Florestal	Outras Formações Não Florestais	Levemente modificado	2
Antropo-naturais	Turística	Formação Florestal (Parque das Mangueiras)	modificação leve a moderado	3
		Pastoril	Pastagem	modificação moderada a forte
	Agrícola	Cocoicultura	Modificação forte a muito forte	5
		Lavouras Temporárias		
		Cana-de-açúcar	Modificação forte e transformação artificial	6
Antrópicas	Urbana	Infraestrutura Urbana	Artificialização e transformação antropogênica	7
		Áreas Construídas		
	Mínero-industrial	Mineração - Petróleo e Gás		
	Exploração de Recursos Hídricos	Lagos e Reservatórios		

Fonte: SANTOS, M. 2024.

Em conformidade com Cavalcanti (2014), classificar uma paisagem pressupõe a utilização de um raciocínio sintético, onde os diferentes elementos e componentes estão em interação. A classificação de níveis de degradação de paisagem, no entanto, considera os níveis de antropização, também a presença de ausência de superfícies impermeabilizadas, e entre outros aspectos construtivos urbanos ou não antrópicos (vegetação nativa ou revegetação).

Por conseguinte, os dados obtidos após o mapeamento detalhado a partir das imagens de satélite do Landsat e Google Earth Pró de janeiro de 2024, permitiu a

elaboração da Tabela 7, destacando a diversificação do uso e cobertura do solo em km² e porcentagem.

Tabela 7 - Áreas das classes de uso e cobertura do solo na SBHRR

Uso e cobertura do solo na SBHRR	Área em Km ²	Área em (%)
Pastagem	22,01	38,21
Cana-de-açúcar	20,8	36,11
Formação Florestal	6,84	11,88
Infraestrutura Urbana	4,35	7,55
Minação – Petróleo e Gás	1,49	2,59
Outras Formações Não Florestais – OFNF	0,81	1,41
Cocoicultura	0,49	0,85
Campos Alagados	0,23	0,40
Área Construída	0,20	0,35
Lavoura Temporária	0,19	0,33
Lagos e Reservatórios	0,19	0,33
Total	57,6	100

Fonte: SANTOS, M. 2024.

É importante ressaltar que a identificação dos graus de hemerobia – de Ahemeróbico (Não modificado ou levemente modificado) a Meta-hemeróbico (Artificialização e Transformação Antropogênica) – não é absoluta, mas dependente dos tipos de paisagem encontrados na área, ou seja, trata-se de uma avaliação com comparação entre as diferentes paisagens na SBHRR.

As feições classificadas como “Não modificada ou levemente modificada” foram as formações florestais (Figura 52) e os campos alagado (Figura 53). Essas áreas se enquadram nos tipos de utilização e ocupação do solo por se tratar de áreas naturais, por vezes, sem uso funcional. Tendo como base o infográfico, essas feições correspondem a 6,82 km², o equivalente a aproximadamente 12% do território da SBHRR, sendo a quarta matriz.

Como já vimos, a vegetação predominante na área é de Mata Atlântica (Figura 53), onde é possível encontrar pequenos fragmentos de vegetação natural sob pressão dos condicionantes e agentes socioeconômicos de exploração dos recursos naturais, como a cana-de-açúcar e as bases de sondas petrolíferas que penetram a paisagem.

Figura 53 - Fragmentos de vegetação nativa classificada como “Não modificada ou levemente modificada”



Fonte: SANTOS, M. 2024.

Contudo, os fragmentos desta categoria de análise encontram-se bem conservados ou em recuperação da paisagem. No tocante aos processos ecológicos se mantém em equilíbrio dinâmico não dependendo da regulação humana. Os Campos alagados (Figura 54) é um desses exemplos, que, devido as suas características geomorfológicas, litológicas e climáticas, estão integralmente em um ciclo equilibrado.

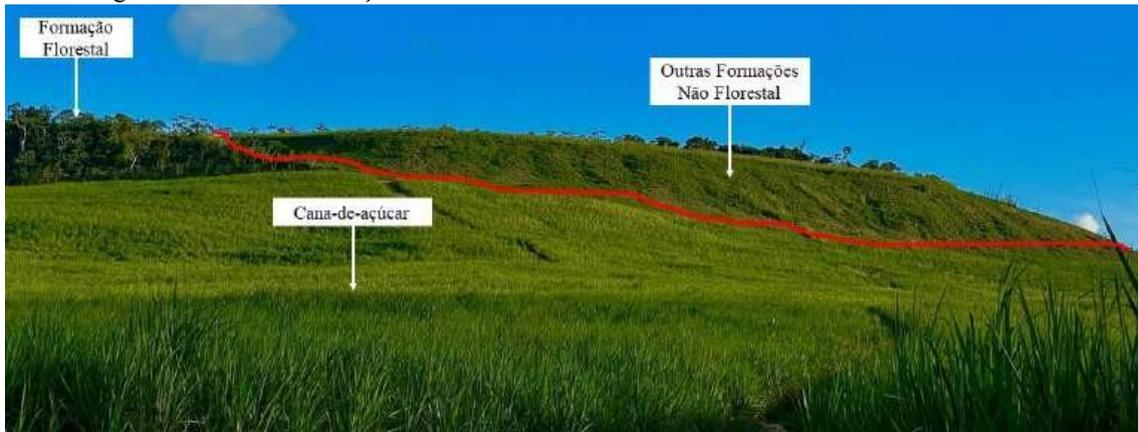
Figura 54 - Campos Alagados classificados como “Não modificada ou levemente modificada”



Fonte: SANTOS, M. 2024.

A paisagem com hemerobia “Levemente Modificada” foram as feições de Outras Formações não Florestais/Vegetadas, são áreas que não se enquadravam em formações florestais ou que foram levemente modificadas pela ação humana. Como exemplo de OFNF podemos citar áreas de vertentes com vegetação natural e sem o cultivo de lavouras devido a sua declividade, essas feições não se enquadram em nenhuma outra matriz disponível no MapBiomas (Figura 55).

Figura 55 - Outras Formações Não Florestais classificadas como “Levemente Modificadas”



Fonte: SANTOS, M. 2024.

Essas feições paisagísticas foram classificadas como levemente modificadas devido principalmente a sua fragilidade ambiental, as ações antrópicas interferem de forma indireta, como a retirada da vegetação nativa, o que devido a sua declividade pode intensificar os processos erosivos, pequenos afloramentos rochosos, entre outros.

A classificação “Modificação Leve a Moderada” são aquelas áreas naturais para uso de lazer ou turismo. Na SBHRR encontramos uma área inserida dentro da mancha urbana e que se enquadra nessa classificação. O Parque Estadual Ecológico das Mangueiras – PEEM (Figura 56), é um pequeno fragmento de Mata Atlântica que é usado – principalmente pelos nativos – para o lazer, atividades esportivas e educação ambiental.

Figura 56 - Parque ecológico das Mangueiras



Fonte: SANTOS, M. 2024.

Nesta pesquisa, optou-se por “desmembrar” o polígono do PEEM da feição de Formação Florestal justamente pelo seu uso interativo e educativo e de não o inserir em Infraestrutura Urbana por existir uma nascente – do riacho das cobras – em sua área. Portanto, se enquadrando na Classificação de modificação leve a moderada.

Essa classificação – Modificação Leve a Moderada – é classificada principalmente pelo uso antrópico dos recursos naturais, apesar de apresentar uma função ecológica, paisagística e ambiental consideráveis, devido a existência da sua biodiversidade, corpos hídricos, e a facilidade da infiltração. Entretanto, a capacidade de autorregulação acaba sendo limitada, devido à pressão antropogênica existente em seu entorno com a infraestrutura urbana.

O grau de “Modificação Moderada a Forte” está inserido a tipologia de paisagem da Pastagem (Figura 57). A interação desse tipo de feição com o meio ambiente está, sobretudo, pela demanda de água para dessedentação e como fonte de alimentação para rebanhos bovinos.

Figura 57 - Campos de Pastagem para alimentação de rebanhos bovinos



Fonte: SANTOS, M. 2024.

Está classificado como Beta-Euhemeróbico principalmente devidos aos impactos ambientais recorrentes do seu uso e que podem causar a eliminação ou redução da fauna e flora nativas, riscos de contaminação das águas, assoreamento dos corpos hídricos e entre outros (JUCHEM, 1993).

Cocoicultura e Lavouras Temporárias foram classificadas como Alpha-Euhemeróbico, ou seja, com grau de impacto ambiental forte a muito forte (Figura 58). O enquadramento dessas feições da SBHRR levou em consideração a ação antropogênica em modificar o meio natural pelo antrópico, com a retirada de vegetações nativas para o cultivo agrícola.

Figura 58 - Cocoicultura e campos de pastagem para alimentação bovina classificados como impacto ambiental forte a muito forte



Fonte: SANTOS, M. 2024.

Torna-se relevante evidenciar que, por vezes, junto com essas feições pequenas estruturas são construídas ou consorciadas com outras culturas – como cocoicultura com pastagem para alimentação bovina – criando áreas aglutinadas de permeabilização e impermeáveis devido a compactação solo, tendo como consequência prejuízos nas funções ecológicas da paisagem, portanto, uma diminuição da qualidade ambiental.

As feições Poli-Euhemerobióticas apresentam um grau de Modificação forte e transformação artificial. Na pesquisa em tela, a matriz paisagística do monocultivo da cana-de-açúcar compôs essa classificação.

Como já discutido no capítulo anterior, a produção canavieira apresenta diversos níveis de impactos ambientais, e modificação da paisagem natural, seja pela supressão da vegetação nativa, inclusive de APP's, como as matas ciliares dos corpos hídricos (Figura 59). Ainda assim, o processo de terraplanagem e preparação do solo para a produção e cultivo em grandes áreas, e exposição do solo com a abertura de estradas vicinais (Figura 60) para o escoamento e logística de deslocamento, o que pode apresentar a presença de feições erosivas e transporte de sedimentos (Figura 61).

Figura 59 - Leito no baixo curso do rio Riachão com a supressão da vegetação nativa (Mata Ciliar) substituída pela produção canavieira



Fonte: SANTOS, M. 2024.

Figura 60 - Estrada Vicinal para escoamento da produção canavieira



Fonte: SANTOS, M. 2024.

Figura 61 - Feição erosiva (Ravina) entre plantações de cana-de-açúcar



Fonte: SANTOS, M. 2024.

A modificação forte e Transformação artificial dar-se-á pela necessidade de tecnologias – por vezes avançadas – e intensidade de manutenção são altas. Desde o manejo preparação do solo com a terraplanagem e/ou a técnica de arar para habilitar a viabilidade do cultivo, a queima para a colheita, o uso de agrotóxicos com alto teor de impacto ambiental, poluição do solo e corpos hídricos entre outros.

Por fim, o grau “Meta-hemeróbico” é o nível máximo de hemerobia, ou seja, impacto antropogênico na paisagem. Nesta obra, as feições da paisagem Infraestrutura Urbana, Área Construída, Mineração e Lagos e Reservatórios foram definidos como Artificialização e Transformação Antropogênica (Figura 62).

Figura 62 - Artificialização e Transformação Antropogênica da paisagem



Fonte: SANTOS, M. 2024.

Aqui, a impermeabilização atinge os maiores graus devido ao porte e a área ocupada pelas edificações urbanas e industriais, a inexistência da cobertura vegetal, a terraplanagem, perfuração, e abertura de vias para extração do petróleo e gás natural – além da agressividade ambiental do meio de produção econômica – a interferência no ciclo hidrológico, os corpos hídricos por vezes impactados pelos resíduos sólidos urbanos e industriais que são despejados de forma inapropriada e tantos outros problemas ambientais são fatores que determinam o seu nível hemerobiótico.

Belem e Nucci (2011) ainda definem que uma das particularidades desse grau de impacto ambiental é a associação da modificação do microclima, pois, por vezes a infraestrutura urbana e compartimentos industriais, ou até mesmo a grande área que ocupam modificam a dinâmica atmosférica natural do ambiente em que estão inseridos.

Os dados sobre a quantidade de área de cada classe de hemerobia estão organizados na Tabela 8 e as áreas conforme os graus de impactos antropogênicos nas paisagens da Sub-bacia Hidrográfica do rio Riachão, tendo como base o agrupamento das feições com base em nível de hemerobia na Figura 63.

Tabela 8 - Área e porcentagem relativa dos graus de hemerobia da paisagem na SBHRR

HEMEROBIA DA PAISAGEM	Área em Km²	Área em (%)
Não modificada ou levemente modificada	6,85	11,89
Levemente modificada	0,81	1,41
Modificação leve a moderada	0,22	0,38
Modificação moderada a forte	22,01	38,21
Modificação forte a muito forte	0,68	1,18
Modificação forte e transformação artificial	20,8	36,11
Artificialização e transformação antropogênica	6,23	10,82
Total da SBHRR	57,6	100

Org.: SANTOS, M. 2024.

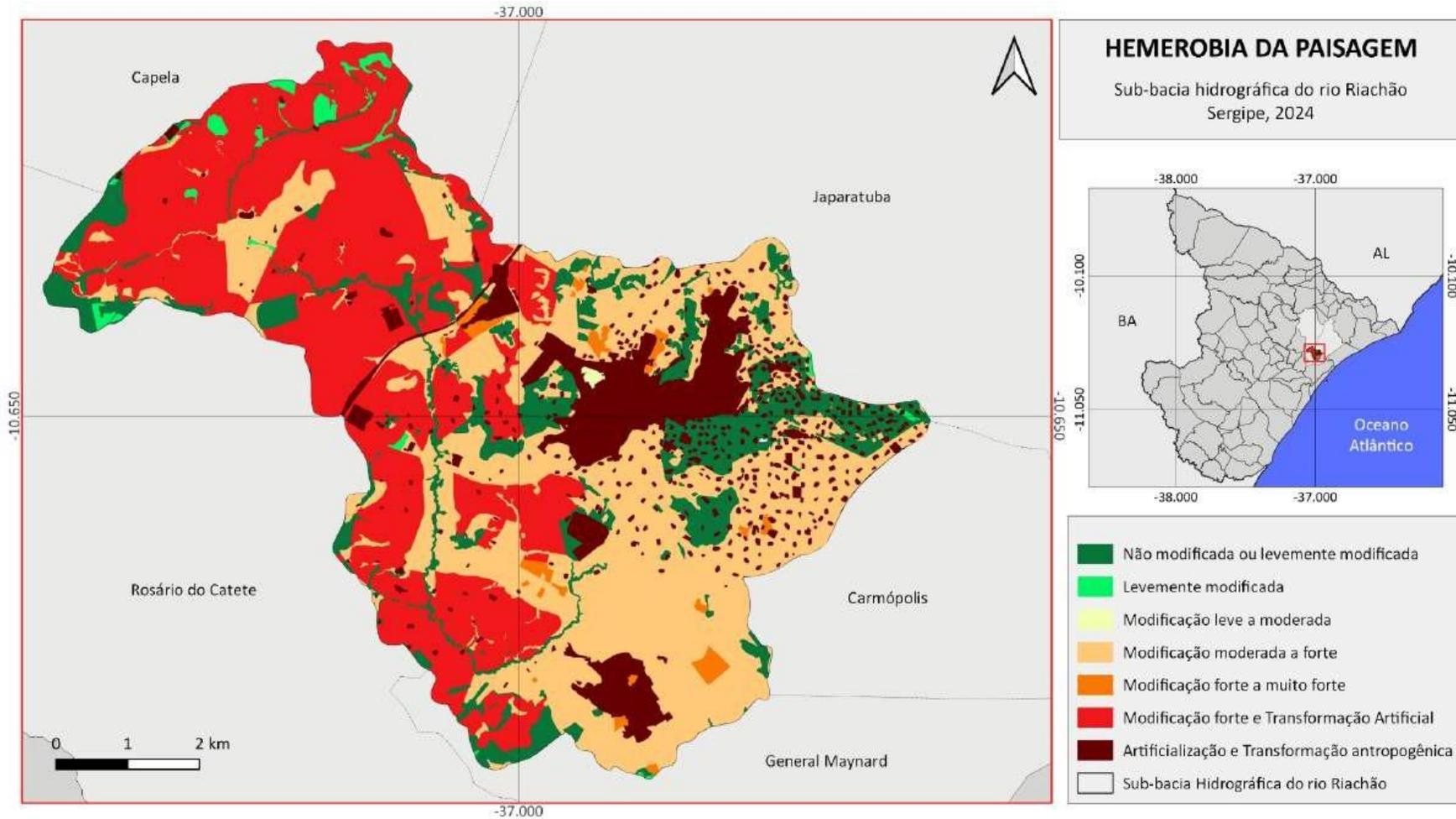
Com base na Tabela acima, pode-se constatar que 48,11% do território está com um alto índice de modificação da paisagem natural para Antropogênese, apresentando uma alta dependência tecnológica, baixa capacidade de autorregulação e com baixíssima conexão com a dinâmica dos elementos geossistêmicos naturais.

As superfícies estão, por vezes, totalmente modificadas, pouca existência de vegetação natural, ou quando existentes, não apresentam características de remanescente, a flora com espécies exóticas e com poucos representantes da fauna.

Apenas 13,68% da área da sub-bacia do rio Riachão se apresenta com modificação leve a não modificada em nível hemerobiótico, apresentando baixa dependência das ações antrópicas para manutenção da sua funcionalidade, alta capacidade de autorregulação, e aproveitamento das funções da natureza, superfícies permeáveis, vegetação original e com fauna e flora nativa.

Outrossim, 38,21% da área encontra-se em estágio de modificação moderada a forte, sendo composta principalmente pelas feições de pastagem.

Figura 63 - Mapa Hemerobiótico da SBHRR



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Mapa Índice - TOPODATA MDE; Atlas Digital SE; MapBiomas; Imagens de satélite Google Earth e Landsat. Trabalhos de Campo.
SRC:WGS 84 EPSG 4326.

Org.: SANTOS, M. 2024.
Orientação: SILVA, G. M. da.

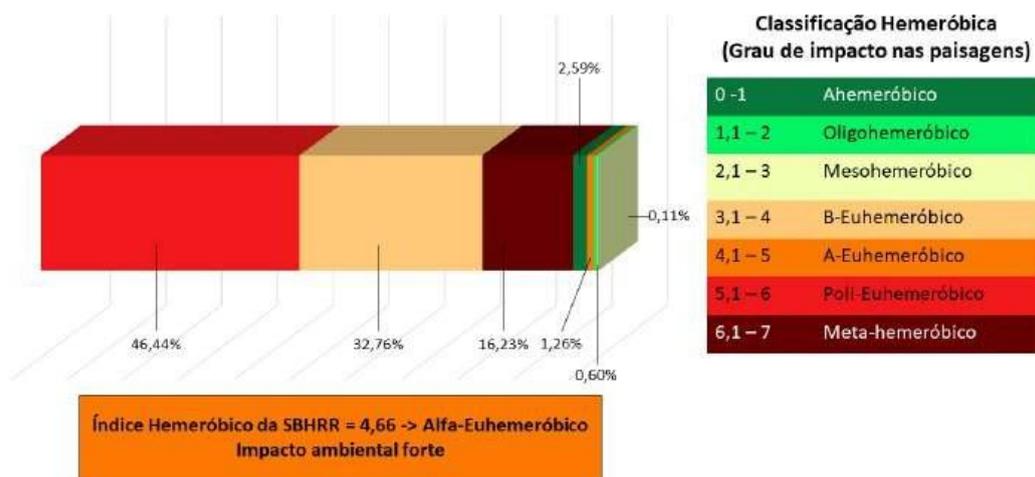


Levando em consideração a metodologia adotada para definirmos o grau de hemerobia na sub-bacia do rio Riachão, no qual, quanto mais próximo de 1 o grau de impacto ambiental a partir das ações antrópicas são de nível baixo. Por outro lado, quanto mais próximo de 7 o grau de impacto é muito elevado, levando o geossistema a artificialização e a transformação total ou parcial antropogênico.

A Sub-bacia Hidrográfica do rio Riachão apresentou um índice Hemeróbico de 4,66, se enquadrando na escala de Alfa-Euhemeróbico (Figura 64), ou seja, os geossistemas que compõem a área objeto desse estudo se encontram em um estágio do impacto humano considerado forte a muito forte.

Figura 64 - Área e classificação Hemerobiótica da Sub-bacia Hidrográfica do rio Riachão

ÁREA E CLASSIFICAÇÃO HEMEROBIÓTICA DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO RIACHÃO



Fonte: SANTOS, M. 2024.

Santos (2008) afirma que o meio ambiente vem sendo cada vez mais artificializado e sua substituição ocorre por uma esfera técnica, tanto no campo, quanto na cidade. Assim, o índice de hemerobia tende a aumentar conforme os usos antrópicos sejam ampliados. Nesse sentido, as técnicas e as máquinas têm proporcionado à sociedade intervir no ambiente natural de maneira mais abrupta em extensão geográfica ao longo do tempo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a revisão bibliográfica em torno dos impactos ambientais causados pelos meios de produção econômica, e com base nas definições histórico-antropológicas da relação Natureza/Sociedade dispostos em Geocologia das Paisagens, foi possível definir um estágio complexo da extração e exploração dos recursos naturais pela sociedade como forma de organização socioespacial.

Posto isto, a análise da paisagem da Sub-bacia Hidrográfica do rio Riachão, a partir da proposta geossistêmica de Marques Neto (2023) e complementar geocológica de Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2022), alcançou resultados relevantes naquilo que concerne ao conhecimento dos impactos ambientais causados pelas atividades antrópicas nos elementos da paisagem, com destaque para a cultura de produção canavieira e extração mineral de petróleo e gás natural. A aplicação da metodologia exigiu adequação para atender a realidade estudada, pois difere daquela realidade utilizada como base para a proposta original.

Enfatiza-se ainda que os estudos dos impactos antropogênicos é uma metodologia que evidencia as transformações realizadas pelo ser humano na paisagem em um determinado momento. Sendo assim, o trabalho proposto por Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2022) foi realizado em um tempo histórico e um espaço que diferem da realidade observada neste trabalho. Portanto, urge a necessidade do pesquisador tomar como ponto de partida a contribuição dada pela base metodológica original e atualizá-la, naquilo que for necessário, ao espaço-tempo de seu trabalho.

À vista disso, conhecer os condicionantes geoambientais da paisagem da Sub-bacia Hidrográfica do rio Riachão foi imprescindível para a adaptação metodológica e a elaboração da análise integrada dos elementos que se apresentaram no recorte espacial analisado. Dessa forma, foi possível identificar os impactos ambientais causados pelas atividades econômicas desenvolvidas, bem como os níveis hemerobióticos dos elementos geossistêmicos.

A paisagem da SBHRR reúne elementos sociais e ambientais. As pessoas fazem uso dessa paisagem e necessitam dela para o desenvolvimento de suas atividades de

sobrevivência. Essa é uma realidade que não pode ser descartada, visto a importância que representa para seus atores sociais.

A análise da hemerobia de uma sub-bacia hidrográfica, de forma absoluta, sem parâmetros de comparação, é muito difícil, pois ainda não temos parâmetros para julgar se a sub-bacia deveria ter mais ou menos hemerobia. Nesse sentido, utilizar a avaliação da hemerobia como uma ferramenta técnico/científica de monitoramento ambiental, torna-se mais eficaz no momento.

Considerando esses aspectos, a abordagem da hemerobia pode subsidiar o planejamento e contribuir de maneira substancial para o monitoramento ambiental em múltiplas escalas, bem como orientar a adoção de políticas públicas nesse âmbito.

Ressalta-se ainda a importância de se realizar a avaliação da hemerobia em áreas já intensamente antropizadas e em escalas de detalhe, pois é possível melhorar por meio de “planos da paisagem” (BfN, 2002; HAAREN et al., 2008) a qualidade ambiental.

Neste estudo, a paisagem é entendida como um sistema integrado e complexo, ou seja, formado por vários componentes em interações orgânicas que não podem ser completamente formalizadas matematicamente (INGEGNOLI, 2002), portanto, nesta perspectiva, os estudos referentes à hemerobia, com propostas metodológicas, aplicações e discussões, apresentam-se como uma importante ferramenta de auxílio para a compreensão das dinâmicas da paisagem antrópica, colaborando para o planejamento, gestão dos recursos hídricos e bacias hidrográficas.

Durante a pesquisa, ficou evidente que os condicionantes da paisagem cana-de-açúcar e o extrativismo do petróleo e gás são os principais elementos modeladores da paisagem fragmentada da sub-bacia em fases distintas e conjuntas no qual se complementam. Enquanto a produção canavieira ditou o ritmo da economia de forma exploratória dos recursos naturais desde o período de Sergipe Del Rey, o processo de extração petrolífera na SBHRR surgiu após a crise canavieira, momento em que o Estado buscava novas fontes de economia capitalista, foi então que veio a descoberta do petróleo na Bacia Sedimentar Sergipe-Alagoas. Desde então, esses meios de exploração dos recursos naturais moldam a paisagem do território que compõe a área objeto do estudo.

Entre outros resultados obtidos, importante destacar que a pastagem é a feição predominante, entretanto, com o processo de expansão da produção canavieira nas

últimas décadas, a tendência é que esse predomínio passe a ser da cana-de-açúcar. Contudo, vale ressaltar que a preservação das formações florestais, dentre elas as matas ciliares, é essencial para manter a biodiversidade, por isso a necessidade de adotar medidas que reduzam impactos ambientais significativos como: demarcação de unidades de preservação ambiental, desenvolvimento do ecoturismo, monitoramento do desmatamento, fiscalização rígida de propriedades rurais e fomento a outras atividades econômicas que as valorizem.

Estendendo o assunto, apesar de apresentar uma paisagem bastante fragmentada em pequenas dimensões e com agravantes impactos ambientais, as formações florestais apresentam um grande valor geocológico e ambiental, principalmente aquelas porções que acompanham o canal principal do rio Riachão. Em determinados locais, as transformações de Recuperação e Revegetação – principalmente os reflorestamentos realizados pela Petrobrás nas proximidades do exultório – indicam que as florestas vêm apresentando um melhor estado de conservação, fato que evidencia a recuperação de pequenos fragmentos na Sub-bacia.

Ainda assim, os resultados destacaram que a Sub-bacia Hidrográfica do rio Riachão apresenta um grau de impacto antrópico de 4,66, o que clássica como um território Alfa-Euhemeróbico, com nível de modificação forte a muito forte,

Chama-se a atenção para o fato de que tanto a identificação de unidades de paisagem de forma geossistêmica quanto a avaliação da hemerobia, como apresentada neste trabalho, são técnicas de fácil entendimento e aplicação, o que pode fornecer uma esperança de que as próximas gerações reflitam mais antes de transformar as paisagens afastando-as do funcionamento da natureza.

Portanto, pode-se concluir que o conceito de hemerobia e suas classificações de alterações das paisagens proposto em Geocologia das Paisagens de Rodrigues, Silva e Cavalcanti (2022) são ferramentas importantes na análise da sustentabilidade ambiental, sobretudo pela avaliação do impacto da conversão de ambientes naturais em áreas antropizadas. Mas, evidencia também que a mera classificação em categorias hemerobióticas pode minimizar ou ocultar processos relevantes de alteração nas feições paisagísticas.

Na conjuntura da paisagem da Sub-bacia Hidrográfica do rio Riachão é perceptível a necessidade de um olhar elucidado de todos os agentes sociais, do âmbito

rural ao urbano, entendendo que todos precisam ter compromissos socioambientais. As futuras gerações serão herdeiras do produto deixado pelas gerações atuais, bem como, herdarão destes seus conhecimentos e a maneira como a paisagem é modelada por eles.

As instâncias públicas, como agente de planejamento, regulador e detentor da responsabilidade pelo conhecimento acerca das paisagens, precisa pôr em prática sua soberania. Assim como Silveira (2021) destaca, o poder público deve ressaltar seu compromisso social e ambiental, agindo em conformidade e atendimento as limitações e potencialidades das paisagens, intermediando a adequação das ações das pessoas e instituições privadas às exigências ambientais.

Desta maneira, cabe aos atores sociais repensarem as formas como vêm utilizando os recursos naturais da SBHRR para não conduzir esse sistema ambiental para condições de desequilíbrios irreversíveis, como no estágio máximo de hemerobia de artificialização e transformação antropogênica. Enquanto componentes deste sistema, as sociedades serão acometidas das consequências resultantes das transformações que eles contribuirão como intervenções na paisagem.

A concluir, é importante destacar que a pesquisa em tela levantou dados e informações pertinentes para o conhecimento da situação presente dessa paisagem. Ao mesmo tempo, a partir da realidade mostrada é possível desenvolver um olhar prognóstico para o futuro desse ambiente que está em constante transformação.

Com a devida atenção dada pelos atores sociais que constroem essa realidade, esses resultados podem contribuir no direcionamento, junto a outros trabalhos, de ações futuras com saldos mais positivos para a paisagem da Sub-bacia Hidrográfica do rio Riachão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB’SÁBER, Aziz Nacib. Os domínios da natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- ALMEIDA, M. da G. S. de. Uma unidade açucareira em Sergipe: o Engenho Pedras, In: VIII Simpósio da ANPHU. Aracaju: UFS, setembro 1975.
- ALMEIDA, M. da G. S. de. A barra da Cotinguiba e o açúcar 1840/1850, In: Apresentação de trabalho no V Simpósio de História do Nordeste. Aracaju, 14-18 de agosto, 1973.
- ALMEIDA, Maria da Glória Santana de. Sergipe: fundamentos de uma economia dependente. Petrópolis: Vozes, 1984.
- ALVES, N. M. S. Análise geoambiental e socioeconômica dos municípios costeiros do litoral norte do estado de Sergipe – diagnóstico como subsídio ao ordenamento e gestão do território. São Cristóvão, 2010, 2v.: II. Tese (Doutorado em Geografia) – Núcleo de Pós-Graduação em Geografia, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, Universidade Federal de Sergipe, 2010.
- ANA – Agência Nacional de Águas. (2015) Cojuntura dos recursos hídricos no Brasil: regiões hidrográficas brasileiras – Edição especial. Brasília, 2015.
- ANDRADE, J. M. F.; DINIZ, K. M. Impactos ambientais da agroindústria da cana-deaçúcar: subsídios para a gestão. 2007. 131 f. Monografia (Especialização em Gerenciamento Ambiental) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ/USP. Piracicaba. 2007.
- ARAÚJO, H. M. de. A Bacia Hidrográfica como Unidade Geográfica de Planejamento e Gestão Ambiental. In: ARAÚJO, Hélio Mário de; SANTOS, Núbia Dias dos. Temas de geografia contemporânea: (teoria, método e aplicações). São Cristóvão: Editora UFS; Aracaju: Fundação Oviedo Texeira, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Sistema de gestão ambiental: especificação e diretrizes para so - NBR ISO 14001. Out./ 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14001, Sistemas de Gestão Ambiental – Especificação com guia para uso – ABNT, Rio de Janeiro, 2004.
- AYOADE, Johnson Olaniyi. Introdução à climatologia para os trópicos. Difel, 2006.
- BARBIERI, J. C. Impacto ambiental. In: _____. Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2007. P. 289-290.
- BELÉM, Anderson Luiz Godinho; NUCCI, João Carlos. Hemerobia das paisagens: conceito, classificação e aplicação no bairro de Pici – Fortaleza/CE. RAÉ GA, Curitiba, v. 21. p. 204- 233, 2011. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/21247/14031>. Acesso em: 12 ago. 2020.

BERTALANFFY, L. V.. Teoria geral dos sistemas. Petrópolis: Vozes, 1975.

BERTALANFFY, Ludwig von. Teoria geral dos sistemas. Tradução de Francisco M. Guimarães. Petrópolis, Vozes, 1973.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. R. RA'E GA, Curitiba, n. 8, p. 141-152. Editora UFPR. 2004.

BfN - Bundesamt für Naturschutz. Landscape planning for sustainable municipal development. Leipzig: German Federal Agency for Nature Conservation (Bundesamt für Naturschutz, BfN), 2002.

BOTELHO, R. G. M ; SILVA, A. S. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In : VITTE, A. C. ; GUERRA, A.C.T. (Org). Reflexões sobre a geografia física no Brasil. Rio de Janeiro : Bertrand Brasil, 2004, p.153-192.

BOTELHO, R. G. M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. São Paulo: Annablume: FAPESP, 1998.

BOZELLI, R. L.; LOPES, A. F.; SANTOS, L. F.; SILVA, J. M. C. Impactos ambientais da exploração e produção de petróleo na bacia de campos, RJ. Brasília, IV Encontro Nacional da Anppas, 2008. Disponível em: <
<http://www.projetoipolen.com.br/materiais/artigos/Impactos%20Ambientais%20da%20Exploracao%20e%20Producao%20de%20Petroleo%20na%20Bacia%20de%20Campos,%20RJ..pdf>>. Acesso em: 10 set. 2022.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução 001/1986. Brasília, 1986.

BRASIL. Lei Federal n.º 12.651 de 25 de maio de 2012: Código Florestal. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. Disponível em: <http://www.memoriadasolimpiadas.rb.gov.br/jspui/handle/123456789/1189> Acesso em 13/05/2023.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. Projeto RADAMBRASIL. Folhas SC. 24/25 Aracaju/Recife: Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra/ escala 1: 1.000.000. Rio de Janeiro, 1983.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Lei n° 12.651 de 25 de maio de 2012. Novo Código Florestal Brasileiro. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm. Acesso em: 18/02/2023.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Lei n° 12.651 de 25 de maio de 2012. Novo Código Florestal Brasileiro. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm. Acesso em: 25/02/2024.

CALEGARI, Leandro et al. Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandaí, MG, para fins de restauração florestal. *Revista Árvore*, v. 34, p. 871-880, 2010.

CAMARGO, L. H. R. de. A ruptura do meio ambiente: conhecendo as mudanças ambientais do planeta através de uma nova percepção da ciência: a geografia da complexidade. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

CASTRO, Iná Elias de. Escala e pesquisa na geografia. Problema ou solução? In: *Espaço Aberto*, PPGG – UFRJ, v. 4, n.1, p. 87-100, 2014

CECÍLIO, Roberto Avelino; REIS, Edvaldo Fialho. Apostila didática: manejo de bacias hidrográficas. Departamento de Engenharia Rural - Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre, p. 1-10, 2006.

CEMESE. CENTRO DE METEOROLOGIA DE SERGIPE. Dados Pluviométricos Históricos (1913 a 2005), 2018.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia fluvial. São Paulo: Edgard Blücher, 1981.

CHRISTOFOLETTI, A. Modelagem de sistemas ambientais. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, p. 236, 1999.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

CINFORM. História dos municípios. Aracaju: CINFORM, 2002. 271 p.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de Encostas na Interface com a Geomorfologia. In: Guerra, A.J.T. e Cunha, S.B. (org) *Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos*. Editora Bertrand Brasil, 2º Ed. Rio de Janeiro, 1995

COHIDRO - Companhia de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Irrigação de Sergipe. Planos de Bacias Hidrográficas dos Rio Japarutuba, Piauí e Sergipe. Sergipe, 2014.

COLLARES, E. G. Avaliação de alterações em redes de drenagem de sub-bacias como subsídio ao zoneamento geoambiental de bacias hidrográficas: aplicação na bacia hidrográfica do Rio Capivari-SP. 211p. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Estabelece as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da avaliação de impacto ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 1 de janeiro de 1986. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, 12 fev. 1986.

COSTA, José Eloízio da. A FORMAÇÃO DE CADEIA PRODUTIVA DO COCO EM SERGIPE. *Revista GeoNordeste*, n. 1, p. 9-25, 1999.

CRUZ, M. A. S. Caracterização da bacia do rio Japarutuba em Sergipe com auxílio de geotecnologias. In: II Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: Recuperação de Áreas Degradadas, Serviços Ambientais e Sustentabilidade, Anais... Taubaté, 2009.

FÁVERO, O. A.; NUCCI, J. C.; DE BIASI, M. Hemerobia na Floresta Nacional de Ipanema, Iperó/SP: conceito e método. In: VI CONGRESSO BRASILEIRO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO. 2004, Curitiba. Anais... CURITIBA: 2004. CD-ROM.

FÁVERO, O. A.; NUCCI, J. C.; DE BIASI, M. Hemerobia nas unidades de paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Sorocaba (SP) – desafios e oportunidades para conservação da natureza. Geografia: ensino e pesquisa, Santa Maria, v.12, p.2462-2479, 2008.

FERNANDES, M.C. et al. Floods in Petrópolis city, Brazil: A geoecological analysis. *Geography Review*. February, 2022.

FRANÇA, V. L. A. Carmópolis, impactos da indústria extrativo-mineral. In: Impactos Sociais, ambientais e urbanos das atividades petrolíferas: o caso de Macaé. Cap. 4-1: Vera França. 2010.

FRANÇA, V. L. A.; CRUZ, M. T. S. Atlas Escolar Sergipe: espaço geo-histórico e cultural. João Pessoa, PB: Editora Grafset, 2007.

GOIS, Djalma Villa. Planejamento ambiental e o uso do geoprocessamento no ordenamento da bacia hidrográfica do Rio da Dona Bahia – Brasil. 2010. 301f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2010.

GOMES, R. D.; VITTE, A. C. As incertezas científicas e a geografia. *Revista Brasileira de Geografia*. Rio de Janeiro, v. 62, n. 1, p. 51-72, 2017.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. Novo dicionário geológico-geomorfológico. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1993.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. Degradação ambiental. Geomorfologia e meio ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. do C. Degradação dos Solos no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014.

HAAREN, C., GALLER, C., OTT, S. Landscape planning. The basis of sustainable landscape development. Leipzig: Bundesamt für Naturschutz (Federal Agency for Nature Conservation), 2008.

HARRIS, L. D. The fragmented forest. Chicago: The University of Chicago, 1984. 211p.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Cidades. Brasil, 2024.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Banco de Dados de Informações Ambientais - BDiA. Geomorfologia. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/geomorfologia>. Acesso em: 04/04/2024.

INGEGNOLI, V. Landscape Ecology: a widening foundation. Berlin: Springer, 2002.

JANSEN, L. J. M.; DI GREGÓRIO, A. Obtaining land-use information from a remotely sensed land cover map: Results from a case study in Lebanon. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v.5, 2004. <http://doi.org/10.1016/j.jag.2004.02.001> .

JUCHEM, Peno Ari. Técnicas para avaliação de impacto ambiental e elaboração de estudos de impacto ambiental de empreendimentos selecionados: projetos de aproveitamento hidrelétrico. Curitiba: SEMA/IAP/GTZ, 1993. Disponível em: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=792163&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22JUCHEM,%20P.%20A.%22&qFacets=autoria:%22JUCHEM,%20P.%20A.%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>. Acesso em: 26 ago. 2020.

LIMBERGER, L. Abordagem sistêmica e complexidade na geografia. *Geografia*, v. 15, n. 2, p. 95-109, 2006.

MACEDO, Rodrigo de Campos. Modelagem dinâmica espacial e valoração das alterações de cobertura e uso da terra relacionadas à expansão canavieira. 2013.

MACIEL, Ana Beatriz Câmara.; LIMA, Zuleide Maria Carvalho. O conceito de paisagem: diversidade de olhares. In: *Sociedade e Território*, Natal, v. 23, nº 2, p. 159-177, jul./dez., 2011.

MAGALHÃES, A.S. Metodologia para diagnóstico e controle de perdas. Salvador: Assessoria de Comunicação da EMBRASA, 2001.

MAGRINI, A., BOTELHO T. O Setor de Petróleo e Gás e a Sustentabilidade. In: XIV Congresso Brasileiro de Energia: Sociedade, Meio Ambiente e Energia, p. 201-222, Rio de Janeiro, 2012.

MAPBIOMAS. Coleções Mapbiomas. 2020b. Disponível em: https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR. Acesso em: 20 jul. 2023.

MAPBIOMAS. Uso e Cobertura do solo. 2020. Disponível em: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/>. Acesso em: 1 jul. 2022.

MARIANO, J. B. Impactos ambientais do refino de petróleo: Proposta de metodologia de avaliação integrada de riscos e impactos ambientais para estudos de avaliação ambiental estratégica do setor de petróleo e gás natural em áreas offshore. Tese D.Sc COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2017.

MARTINS, Fabrina Bolzan; ROCHA, José Sales Mariano da; ROBAINA, Adroaldo Dias; KURT, Sílvia Margareti de Juli Moraes; KURTZ, Fabio Charão; GARCIA; Sandra Maria; SANTOS, Alessandro Herbert de Oliveira; DILL, Paulo Roberto Jaques; NOAL, Tatiana Nardon. Zoneamento ambiental da sub-bacia Hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria (RS). In.: Cerne, Lavras, v. 11, n. 3, p. 315-322, jul./set. 2005.

MARTINS, José de Souza. A militarização da questão agrária no Brasil (Terra e poder: o problema da terra na crise política). Petrópolis: Vozes, 2ªed., 1985.

MARTINS, José de Souza. O Cativo da terra. São Paulo: Hucitec, 4ªed, 1990.

MARTINS, Marlúcia Bonifácio; DE OLIVEIRA, Tadeu Gomes (Ed.). Amazônia maranhense: diversidade e conservação. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2011.

MAXIMIANO, L.A. Considerações sobre o conceito de paisagem. R.RA'E GA. Curitiba, UFPR, n.8, p.83-91, 2004.

MENEZES, R. da S. Dinâmica ambiental e derivações antropogênicas na planície costeira entre as desembocaduras dos rios Sergipe e Vaza-Barris. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) Orientador: Hélio Mário de Araújo. Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2013.

METZGER, J. P. Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v.71, n.3-I, p.445-463, 1999.

MILLIOLLI, V. S. Avaliação da potencialidade da utilização de surfactantes na biorremediação de solo contaminado com hidrocarbonetos de petróleo. Rio de Janeiro: UFRJ, 2008.

MONTEIRO, C. A. De F. Derivações antropogênicas dos geossistemas terrestres no Brasil e alterações climáticas : perspectivas urbanas e agrárias ao problema da elaboração de modelos de avaliação. In : SIMPÓSIO : a comunidade vegetal como unidade biológica, turística e econômica. São Paulo. Anais : ACIESP, n 15, 1978, p43-74.

MORAES, A. C. R. Contribuição para gestão ambiental da zona costeira do Brasil. São Paulo: Edusp, 1999.

MORIN, E. Introdução ao pensamento complexo. Lisboa: Ed. Instituto Piaget, 2005.

MOTTER, Adriana Fátima Canova. Um olhar sobre o processo de transformação da paisagem na bacia do rio Santa Rosa, nordeste do Rio Grande do Sul, de 1915 até os dias atuais. Dissertação (Mestrado em Geografia), 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/9345?show=full>. Acesso em: 28 out. 2020.

NASCIMENTO, F. R.; SAMPAIO, J. L. F. Geografia física, geossistemas e estudos integrados da paisagem. Revista da Casa da Geografia de Sobral, v. 6 e 7, p. 167-180, 2005.

- NETO, Roberto Marques. PAISAGEM E GEOSSISTEMAS: bases teórico-metodológicas da Geografia Física aplicada. Editora CRV, 2023.
- NEVES, Carlos Eduardo das; MACHADO, Gilnei. Metodologia geossistêmica e o uso da bacia hidrográfica enquanto táxon de análise. In: X Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia, Anais..., 2013.
- PINTO, J. E. S. S., AGUIAR NETTO, A. O. Clima, geografia e agrometeorologia: uma abordagem interdisciplinar. Aracaju: UFS, 2008.
- PORTO-GONÇALVES, Carlos Walter. A globalização da natureza e a natureza da globalização. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2006.
- PRADO JUNIOR, C. Formação do Brasil Contemporâneo: Colônia. São Paulo: Brasiliense 9ª ed., 1969.
- PREOBRAZHENSKII, V.S. e ALEKSANDROVA, T.D. (Eds.). Fundamentos geocológicos da projeção e do planejamento territorial. Moscou: Editora da Academia de Ciências da URSS, 1988. 114p.
- RAMALHO, J. F.; AMARAL Sobrinho, N. M. Metais pesados em solos cultivados com cana-de-açúcar pelo uso de resíduos agroindustriais. Revista Floresta Ambiente, V. 8, Nº 1 jan./dez. de 2001.
- RIBEIRO, A. S. Da cana ao petróleo: o “não-discurso do trabalho delineado por meio da Petrobras no município de Carmópolis/SE. Revista Científica da Faculdade São Luís de França. Ano III. Edição n. 3. 2012.
- RIBEIRO, A.G. Estruturas e processos na interpretação da paisagem geográfica. Boletim de Geografia Teorética, Rio Claro, v.15, n 29-30, p. 112- 114, 1985.
- ROCHA, J.; SOUSA, P.M. A complexidade em Geografia. Geophilia: O sentir e os sentidos da Geografia, p. 137-153, 2007.
- RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. Geoecologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental. Fortaleza: Editora UFC, p. 27-30, 2004.
- RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. Geoecologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental. Fortaleza: Editora UFC, p. 27-30, 2004.
- RODRIGUEZ, J.M.M. (Org.). Geoecologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental. 5. ed. / José Mateo Rodriguez; et al. - Fortaleza: Edições UFC, 2017. Rodriguez, José Manuel Mateo. Geoecologia das paisagens [livro eletrônico] : uma visão geossistêmica da análise ambiental / José Manuel Mateo Rodriguez, Edson Vicente da Silva, Agostinho de Paula Brito Cavalcanti. 6. ed. – Fortaleza: Imprensa Universitária, 2022.

ROSS, Jurandyr. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. In: Revista do Departamento de Geografia – USP, São Paulo, n.8, p.63-74, 1994.

ROSS, Jurandyr. Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental. São Paulo: Oficinas de Textos, 2006.

RÜCKERT, A. A. Reforma do Estado, reestruturações territoriais, desenvolvimento e novas territorialidades. GEOUSP–Espaço e Tempo. São Paulo, n. 17, p. 79-94, 2005.

SÁNCHEZ, L. E. Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de textos, 2006.

SANTOS, L. A. N. Geoprocessamento aplicado na análise da fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do rio Japarutuba – SE. Universidade Federal de Sergipe, 2019. Disponível em https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/11400/2/Lizza_Adrielle_Nascimento_Santos.pdf. Acesso em 10 de janeiro de 2022.

SANTOS, Lucas Feitosa dos. As contradições do espaço rural do município de Japarutuba/SE : da produção de commodities aos alimentos agroecológicos / Lucas Feitosa dos Santos ; orientadora Sônia de Souza Mendonça Menezes. – São Cristóvão, SE, 2022. 151 f. : il.

SANTOS, M. Espaço e método. São Paulo: Nobel, 1985. 88 p

SANTOS, M. J. dos et al. Influência da Petrobrás na organização do espaço de Carmópolis. 2006. 117 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-graduação em Geografia. Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão. 2006.

SANTOS, Milton. A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção. São Paulo: Edusp, 2008.

SANTOS, R. F. dos (Org.). Vulnerabilidade Ambiental - Desastres Naturais ou Fenômenos Induzidos? Brasília: MMA, 2007.

SANTOS, Reginaldo Alves dos. Mapa geológico de Sergipe. Escala 1: 250.000. Sergipe: CPRM, 1997.

SCHLESINGER, S; NORONHA, S.; ORTIZ, L.; Agronegócio e biocombustíveis: uma mistura explosiva –Impactos da expansão das monoculturas para a produção de Bioenergia. Rio de Janeiro: Núcleo Amigos da Terra / Brasil, 2006.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS. Relatório do Prognóstico da Bacia Hidrográfica do Rio Japarutuba. SEMARH, 2015.

SEMARH/SE. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Sergipe. Atlas Digital Sobre Recursos Hídricos de Sergipe, 2016.

SEMARH/SE. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Sergipe. Atlas Digital Sobre Recursos Hídricos de Sergipe, 2016.

SERGIPE. Plano de Desenvolvimento Regional de Sergipe – PDR SE. 2017. Disponível em <https://www.sead.se.gov.br/plano-de-desenvolvimento-regional-de-sergipe-pdr-sergipe/> Acesso em 18 de julho de 2021.

SERGIPE. Plano de Desenvolvimento Regional de Sergipe – PDR SE. 2018. Disponível em <https://www.sead.se.gov.br/plano-de-desenvolvimento-regional-de-sergipe-pdr-sergipe/> Acesso em 18 de julho de 2021.

SERGIPE. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos. Aracaju: SRH-SE, 2010.

SHIMADA, Shiziele de Oliveira et al. Do latifúndio e do agronegócio: as novas territorialidades do capital no campo sergipano e as formas em que se reveste o domínio do senhor ao escravo. 2011.

SILVA, José Graziano da. O que é questão agrária. São Paulo: Brasiliense, 2ªed., 2008. Coleção primeiros passos; 18.

SILVEIRA, André Luís L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, Carlos E. M. Hidrologia: ciência e aplicação, 2ª ed, UFRGS: ABRH, Porto Alegre, 2001.

SILVEIRA, Emerson Lizandro Dias. Paisagem: um conceito chave na Geografia. EGAL-12o Encontro, 2009.

SILVEIRA, Roniex da. Análise integrada da paisagem da sub-bacia do rio Pagão-Guararema/Sergipe: um olhar para a fragilidade ambiental. 2021. 137 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2021.

SIMON, Adriano Luís Heck; DA SILVA, Pâmela Freitas. Análise geomorfológica da planície lagunar sob influência do canal São Gonçalo–Rio Grande do Sul–Brasil. Geosciences= Geociências, v. 34, n. 4, p. 749-767, 2015.

SOBRAL, I. S.; SILVA, G. M. da. Cartografia das implicações ambientais da produção de petróleo onshore no município de Carmópolis, Sergipe, Brasil. Boletim Goiano de Geografia. Goiânia. v. 35, n. 3, p. 437 – 451, set/dez. 2015.

SOTCHAVA, V. B. O estudo dos geossistemas. Métodos em questão. Instituto de Geografia. Universidade de São Paulo. p. (2-47), 1977.

SOUTHWORTH, John; MAXTED, P. F. L.; SMALLLEY, B. Eclipsing binaries in open clusters—II. V453 Cyg in NGC 6871. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, v. 351, n. 4, p. 1277-1289, 2004.

SOUZA, Enio Resende de; FERNANDES, Maurício Roberto. Sub-bacias hidrográficas unidades básicas para o planejamento e gestão sustentáveis das atividades rurais. EMATER-MG, Belo Horizonte, 1996.

SUERTEGARAY, Dirce Maria Antunes. Pesquisa de campo em Geografia. *GEOgraphia*, v. 4, n. 7, p. 64-68, 2002.

SUKOPP, H.. Wandel von Flora und Vegetation in Mitteleuropa unter dem Einfluss des Menschen. *Berichte über Landwirtschaft*, Bd. 50/H.1: 112-139, 1972.

TEIXEIRA, N. F. F. et al. Geocologia das paisagens e planejamento ambiental: discussão teórica e metodológica para a análise ambiental. *Planeta Amazônia: Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas*, n. 9, p. 147-158, 2017.

TEODORO, Valter Luiz Iost; TEIXEIRA, Denilson; COSTA, Daniel Jadyr Leite; FULLER, Beatriz Buda. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. In.: *REVISTA UNIARA, Araraquara – SP*, v.1, n.20, p. 136-156, 2007.

THOMAS, J. E. et al. Fundamentos de engenharia de petróleo. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.

TROLL, C. A paisagem geografia e sua investigação. *Espaço e Cultura*, Rio de Janeiro. UERJ-NEPEC, n. 4, jun., p.1-7. 1997.

TROPPEMAIR, H. (a). Ecossistemas e Geossistemas do Estado de São Paulo, mapa escala 1:2.000.000. Instituto de Geografia, USP, São Paulo, 1983.

TROPPEMAIR, H. (b). Ecossistemas e Geossistemas do Estado de São Paulo. *Geografia* 13(25):27-36, Rio Claro, 1983.

TROPPEMAIR, H. Biogeografia e Meio Ambiente. Rio Claro: edição do autor, 1989, 258p.

VALE, Cláudia Câmara do. Teoria geral dos sistemas: histórico e correlações com a geografia e com o estudo da paisagem. In: *Entre-Lugar, Dourados*, v. 3, n. 6, p. 85 – 108, 2012.

VALENTE, Osvaldo Ferreira; GOMES, Marcos Antônio. Conservação de nascentes: produção de água em pequenas bacias hidrográficas. Viçosa- MG: Aprenda Fácil, 2011.

VEIL, J. A.; PUDER, M. V.; ELCOCK, D.; REDWEIK Jr, R. J. A whitw paper describing produced water from production of crude oil, natural gas and coal bed methane. *Argonne National Laboratory/US Department of Energy*, p. 87. 2004.

VIANA, V. M.; PINHEIRO, L. A. F. V. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. *Série técnica IPEF, Piracicaba*, v. 12, n. 32, p. 25-42, 1998.

VICENTE, Luiz Eduardo; PEREZ FILHO, Archimedez. Abordagem sistêmica e Geografia. *Geografia*, v. 28, n. 3, p. 323-344, 2003.

WALZ, Ulrich.; STEIN, Christian. Indicators of hemeroby for the monitoring of landscape in Germany. *Journal for Nature Conservation*, v. 22, p. 279-289, 2014.