



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

JORGE HENRIQUE E SILVA JÚNIOR

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS (AIA) DAS ATIVIDADES URBANAS E
RURAIS NO RIO PARNAÍBA, EM TERESINA-PI: PROPOSTA DE UMA
METODOLOGIA DE AIA EM AMBIENTES FLUVIAIS**

FORTALEZA

2024

JORGE HENRIQUE E SILVA JÚNIOR

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS (AIA) DAS ATIVIDADES URBANAS E
RURAIS NO RIO PARNAÍBA, EM TERESINA-PI: PROPOSTA DE UMA
METODOLOGIA DE AIA EM AMBIENTES FLUVIAIS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Geografia. Área de concentração: Dinâmica Territorial e Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Fabio de Oliveira Matos.

FORTALEZA

2024

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

- S58a Silva Júnior, Jorge Henrique.
Avaliação dos Impactos Ambientais (AIA) das atividades urbanas e rurais no rio Parnaíba, em Teresina-PI : proposta de uma metodologia de AIA em ambientes fluviais / Jorge Henrique Silva Júnior. – 2024.
303 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, 2024.
Orientação: Prof. Dr. Fabio de Oliveira Matos.
1. Análise ambiental. 2. Rio Parnaíba. 3. Impacto Ambiental. 4. Análise Macroscópica. 5. Análise Físico-Química. I. Título.

CDD 910

JORGE HENRIQUE E SILVA JÚNIOR

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS (AIA) DAS ATIVIDADES URBANAS E
RURAIS NO RIO PARNAÍBA, EM TERESINA-PI: PROPOSTA DE UMA
METODOLOGIA DE AIA EM AMBIENTES FLUVIAIS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Geografia. Área de concentração: Dinâmica Territorial e Ambiental

Aprovada em: 30/10/2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Fabio de Oliveira Matos. (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Érico Rodrigues Gomes
Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia do Estado do Piauí (IFPI)

Prof. Dra. Divamélia de Oliveira Bezerra Gomes
Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia do Estado do Piauí (IFPI)

Prof. Dr. Vicente Galber Freitas Viana
Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia do Estado do Piauí (IFPI)

Prof. Dra. Deuzuita dos Santos Freitas Viana
Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

Dedico,
à Deus,
aos meus pais, Jorge e Stella,
ao meu amado filho Henry,
minha mestra Maria José,
e minha amada Paula.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar à Deus, por todas as bênçãos;

À Universidade Federal do Ceará e ao Curso de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará (UFC), pela oportunidade de realizar este curso.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Fábio de Oliveira Matos pela orientação, pelas significativas contribuições e apoio para superar dificuldades na realização do Curso de Doutorado, o meu agradecimento.

Ao Instituto Federal do Piauí-IFPI, por permitir a minha participação no curso de Doutorado em Geografia, e pelas disponibilidades do Laboratório de Ciências de Materiais, com o professor Dr. Vicente Galber Freitas Viana, para as análises de água, e o Laboratório de informática – LIMS (*Laboratory of Innovation on Multimedia Systems*), com o Professor Me. Fernando Castelo Branco Gonçalves Santana, para o desenvolvimento de software.

Aos colegas do IFPI, pela amizade e apoio

Aos alunos do Curso de Análise e Desenvolvimento Software e o Curso tecnológico em Geoprocessamento.

À minha família: ao meu amado filho Henry. aos meus pais, Jorge e Stella e aos meus irmãos André e Ana Clara, pelo amor e apoio incansável.

Minha tia e mestra Maria José Soares do Monte pelos ensinamentos, paciência, dedicação e apoio em todos os aspectos da minha vida.

À Paula, minha namorada, que contribuiu para a conclusão desse trabalho, sua presença foi fundamental.

A todos muito obrigado.

“Cidades nascem abraçadas a seus rios, mas
lhes viram as costas no crescimento” (Assad,
2013).

RESUMO

O homem atua sobre o meio ambiente modificando-o de diferentes formas, provocando impactos ambientais, com interferências negativas nos ecossistemas, em função da exploração excessiva e constante dos recursos naturais. Dentre os ecossistemas mais afetados pelas atividades humanas, podemos destacar as “matas ciliares”, um tipo de Áreas de Preservação Permanente (APP's), que protegem as margens contra a erosão e o transporte de solo para os corpos d'água, evitando o seu assoreamento e funcionam como filtros, retraindo poluentes e sedimentos que seriam transportados para o curso de água afetando diretamente a quantidade e a qualidade da água. Em Teresina, capital do estado do Piauí, verifica-se elevados níveis de degradação do Rio Parnaíba, principalmente em suas APP's. Assim, este estudo tem como objetivo principal propor uma metodologia de avaliação macroscópica de impactos ambientais para rios, que possa ser utilizada em aplicativos de celulares, com base nos dados obtidos na Avaliação Impactos Ambientais (AIA), resultantes das atividades humanas (urbanas e rurais), no Rio Parnaíba. Para atender o objetivo proposto foi realizada uma Avaliação de Impactos Ambientais (AIA), através da matriz de Leopoldo, Avaliação Macroscópica e Análise físico-química da água nas margens do rio Parnaíba. Os resultados apontam vários problemas ambientais no rio Parnaíba, indicando que alguns parâmetros estão com valores fora dos limites estabelecidos pela legislação, resolução CONAMA, nº 357/2005, cujas causas e consequências, são discutidas e analisadas. Foi desenvolvida uma metodologia específica para rios (Metodologia de Avaliação Macroscópica de Impactos Ambientais em Rios - MAMIAR), que também pode ser adaptada para aplicativos de celulares (com a criação do aplicativo Dr. Rio), promovendo uma avaliação e monitoramento dos impactos ambientais em rios de forma fácil, rápida e acessível para o público geral.

Palavras-chave: análise ambiental; Rio Parnaíba; impacto ambiental; análise macroscópica; análise físico-química.

ABSTRACT

Humans act on the environment, modifying it in different ways, causing environmental impacts and negatively affecting ecosystems due to the excessive and constant exploitation of natural resources. Among the ecosystems most affected by human activities, we can highlight the “riparian forests”, a type of Permanent Preservation Areas (APPs), which protect the banks against erosion and the transport of soil to the bodies of water, preventing their silting and acting as filters, retaining pollutants and sediments that would otherwise be transported to the watercourse, directly affecting the quantity and quality of the water. In Teresina, capital of the state of Piauí, high levels of degradation of the Parnaíba River have been observed, mainly in its APPs. Thus, the main objective of this study is to propose a methodology for macroscopic assessment of environmental impacts on rivers, which can be used in mobile applications, based on data obtained in the Environmental Impact Assessment (EIA) resulting from human activities (urban and rural) on the Parnaíba River. To meet the proposed objective, an Environmental Impact Assessment (EIA) was carried out using the Leopoldo matrix, Macroscopic Assessment and Physical-Chemical Analysis of the water on the banks of the Parnaíba River. The results point to several environmental problems in the Parnaíba River, indicating that some parameters have values outside the limits established by law, CONAMA resolution, n° 357/2005, whose causes and consequences are discussed and analyzed. A specific methodology for rivers was developed (Methodology for Macroscopic Assessment of Environmental Impacts in Rivers - MAMIAR), which can also be adapted for mobile applications (with the creation of the Dr. Rio application), promoting an assessment and monitoring of environmental impacts in rivers in an easy, fast and accessible way for the general public.

Keywords: environmental analysis; Parnaíba River; environmental impact; macroscopic analysis; physical-chemical analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma representando a estrutura da Tese	30
Figura 2 – Localização da Área de estudo, no perímetro urbano de Teresina.....	31
Figura 3 – Área de estudo no perímetro urbano de Teresina (em vermelho), identificando diferentes setores (A, B, C, D, E, F e G) e os pontos de coleta (em amarelo).....	31
Figura 4 – “Nuvem textual” dos termos presentes nos conceitos de Meio Ambiente.....	43
Figura 5 – Localização da Área de estudo, no perímetro urbano de Teresina.....	80
Figura 6 – Área de estudo (em vermelho), diferentes setores (A, B, C, D, E, F, E e G) e pontos de coleta (em amarelo)	82
Figura 7 – Setor A (P01, P02, P03): Bairro Vermelha e centro Administrativo	84
Figura 8 – Setor A, P01, mata ciliar e a variação do leito do rio ao longo do ano, janeiro/cheia (a); março/normal (b); outubro/seca (c)	85
Figura 9 – Setor A, P02, mata ciliar e a variação do leito do rio ao longo do ano, janeiro/cheia (a); março/normal (b); outubro/seca (c)	86
Figura 10 – Setor A, P02, oferendas religiosas	86
Figura 11 – Setor A, P03, erosão do solo, medidas de controle (sacos de contenção) e saída de esgoto (E01).....	87
Figura 12 – Setor A, entre os pontos 1 e 2 (P01 e P02), formação e ocupação das coroas do rio ao longo do ano, janeiro/cheia (A); março/normal (B); outubro/seca (C). Foto tirada a partir da margem.....	87
Figura 13 – Setor A, entre os pontos 1 e 2 (P01 e P02), foto tirada a partir da coroa, no meio do rio, possível atravessar a pé	89
Figura 14 – Setor A, entre P01 e P02, lavadores de carro	89
Figura 15 – Depósito Irregular de Resíduos Sólidos próximo aos terrenos baldios	90
Figura 16 – Setor A, pontos 3 (P03), depósitos irregulares de resíduos sólidos, esgoto e atividade de pesca	90
Figura 17 – Setor B (P04): Bairro Centro	91
Figura 18 – Troca-troca	92

Figura 19 – Shopping da Cidade, túnel do metrô e vista do complexo a partir do rio	93
Figura 20 – APP do rio no ponto 4 (P04), impermeabilizada e com resíduos sólidos	93
Figura 21 – Setor B, Transporte fluvial, ponto de acesso em Teresina-PI (A); embarcação desviando das coroas (B); ponto de acesso de Timon-MA (C) e ocupação da coroa (Jericorôa) (D).....	94
Figura 22 – Mureta de proteção, escadaria vegetação, lixo e esgoto entre os pontos 3 e 4 (P03 e P04)	95
Figura 23 – Arte urbana, grafite e pinturas nos alicerces da ponte da amizade e do metrô	95
Figura 24 – Setor C (P05, P06, P07): Bairro Matinha e Piraja	96
Figura 25 – Setor C, P05, ao longo do ano, janeiro/cheia (a); março/normal (b); outubro/seca (c)	97
Figura 26 – Setor C, P06, APP do rio Parnaíba impermeabilizada, com rampa de acesso a embarcações e outras atividades humanas (pesca e lavagem de roupas)	97
Figura 27 – Setor C, P07, ao longo do ano, janeiro/cheia (a); março/normal (b); outubro/seca (c)	97
Figura 28 – APP do rio Parnaíba, Setor C P06, Barcos dos Pescadores.....	98
Figura 29 – APP do rio Parnaíba, Setor C entre P05 e P06, indicadores de erosão do solo das margens	98
Figura 30 – Setor C entre P05 e P06, esgoto perene (a) e esgotos intermitentes (b1 e b2).....	99
Figura 31 – Lixo encontrado no Setor C, P05 (a); P06 (b); P07(c).....	99
Figura 32 – Setor D (P08, P09): Bairro Acarape e Matadouro.....	100
Figura 33 – Setor D, P08, ao longo do ano, janeiro/cheia (a); março/normal (b); outubro/seca (c) com banhistas e pescadores	101
Figura 34 – Setor D, P08, saída de esgoto da ETE, espuma e cor da água esverdeada	101
Figura 35 – Setor D, P09, ao longo do ano, janeiro/cheia (a); março/normal (b); outubro/seca (c)	102
Figura 36 – Setor D, P09, grandes coroas (a), grupos de pássaros (b1 e b2) e capivaras (c) .	102
Figura 37 – Setor E (P10): Bairros São Joaquim e Matadouro	103

Figura 38 – Horta comunitária do São Joaquim	104
Figura 39 – Terrenos baldios que funcionam como deposito irregular de lixo	105
Figura 40 – Setor F (acesso restrito ao rio)	106
Figura 41 – Margem do rio (a1 e a2) e bancos de areia (b1 e b2) no setor F	107
Figura 42 – Campo Agrícola (a), Horta Comunitária (b), deposito de areia (c) e draga (d) ..	107
Figura 43 – Setor G (P11): Bairros, Mafrense, Olarias e Poti Velho.....	109
Figura 44 – “Parque Ambiental Encontro dos Rios”	110
Figura 45 – Setor G, P11, ao longo do ano, janeiro/cheia (a); março/normal (b); outubro/seca (c)	111
Figura 46 – Localização da Área de estudo, no perímetro urbano de Teresina.....	127
Figura 47 – Área de estudo (vermelho), setores (A, B, C, D, E, F, E e G) e pontos de coleta (amarelo)	128
Figura 48 – Distribuição espacial dos aspectos ambientais: APP do rio, pontos de deposição irregular resíduos sólidos (DIRS), pontos de esgoto, coroas (assoreamento), áreas de várzea, canais e lagoas	138
Figura 49 – Aspectos de conservação da mata ciliar em Teresina, no trecho estudado	139
Figura 50 – Locais de banho nas margens do rio	140
Figura 51 – Pontos de Deposição Irregular Resíduos Sólidos (DIRS).....	141
Figura 52 – Pontos de despejo de esgoto nas margens do rio Parnaíba	142
Figura 53 – Cor da água do rio: valor 1 esverdeada (A), escura (B); valor 2 cinza (C); valor 3 e transparente (D)	162
Figura 54 – Diferentes volumes e tipos de resíduos, valor 3 “ausente”; valor 2 “pouco” (A1 e A2); Valor 1 “muito” (B1 e B2); nos diversos pontos ao longo do Rio Parnaíba	165
Figura 55 – Materiais flutuantes sobre o rio, valor 3 “ausente”; valor 2 “pouco” (A); Valor 1 “muito” (B)	167
Figura 56 – Espuma nos diversos pontos ao longo do Rio Parnaíba valor 3 “ausente”; valor 2 “pouco” (A1 e A2); valor 1 “muito” (B1 e B2).....	168

Figura 57 – Óleos nos diversos pontos ao longo do Rio Parnaíba valor 3 “ausente”; valor 2 “pouco” (A1 e A2) óleo queimado; Valor 1 “muito” (B1) Resíduo de óleo de cozinha	170
Figura 58 – Esgoto nos diversos pontos ao longo do Rio Parnaíba	173
Figura 59 – Vegetação: valor 1 “Ausente” (A1 e A2); valor 2 “Pouca” (B1 e B2); valor 3 “Muita” (C1 e C2)	176
Figura 60 – Alterações sazonais da vegetação na “estação chuvosa” (A1 e B1) e na “estação seca” (A2 e B2)	176
Figura 61 – Diversidade de flores na vegetação das margens do Rio Parnaíba	178
Figura 62 – Diversidade de macrofungos encontrados na vegetação das margens do Rio Parnaíba	179
Figura 63 – Animais terrestres (A1 e A2) e aquáticos (B1 e B2) encontrados nas matas ciliares do rio Parnaíba	179
Figura 64 – Marcas da presença de fauna, ninhos (A1 e A2), rastros (B), troca de peles (C1 e C2), toca (D)	180
Figura 65 – Animais domésticos e de criação encontrados na área de estudo	180
Figura 66 – Répteis observados nas margens do rio Parnaíba	182
Figura 67 – Aves observados nas margens do rio Parnaíba	182
Figura 68 – Uso Antrópico ao longo do Rio Parnaíba, valor 3 “ausente”; valor 2 “Apenas marcas”, atribuído para marcas de usos temporários (A1) e ocupações temporárias (A2); valor 1 “Presença” para atividades pesca (B1) e draga de areia (B2) e ocupação definitiva, depósito de areia (B3), e ocupação residencial (B4).....	183
Figura 69 – Diversos veículos aquáticos encontrados no Rio Parnaíba	185
Figura 70 – Pescadores tradicionais do Rio Parnaíba.....	185
Figura 71 – Diversas áreas de cultivo, no trecho estudado, no Rio Parnaíba.....	190
Figura 72 – Oxímetro	205
Figura 73 – Preparo das bancadas de trabalho e das amostras a serem analisadas	206
Figura 74 – Ecokit água doce Alfakit	206

Figura 75 – Cadkit	206
Figura 76 – Teste e Análise colorimétrica potencial hidrogeniônico (pH)	209
Figura 77 – Teste e Análise colorimétrica “Oxigênio Dissolvido” O ₂ (OD)	212
Figura 78 – Teste e Análise colorimétrica Amônia (N-NH ₃)	213
Figura 79 – Teste e Análise colorimétrica Nitrogênio Nitrito (N-NO ₂)	217
Figura 80 – Teste e Análise colorimétrica Nitrogênio Nitrato (N-NO ₃)	219
Figura 81 – Teste e Análise colorimétrica “Ortofosfato” (PO ₄ ³⁻)	221
Figura 82 – Teste e Análise colorimétrica “Oxigênio Dissolvido” O ₂ (OD)	226
Figura 83 – "Cortina de Mn (II)" na interface rio-água subterrânea, na zona ripária	228
Figura 84 – Teste e Análise colorimétrica “Ferro” Ferro total (Fe)	229
Figura 85 – Representação da manta de ferro e dos grupos funcionais presentes na água doce (eucariotos, bactérias, arqueias e vírus)	230
Figura 86 – Teste e Análise colorimétrica “Ferro” Ferro total (Fe)	231
Figura 87 – Teste e Análise colorimétrica “Cromo” Cromo total (Cr)	234
Figura 88 – Teste e Análise colorimétrica “Cromo” Cromo total (Cr)	236
Figura 89 – Teste e Análise colorimétrica “LAS”	237
Figura 90 – Correlação considerando 13 variáveis em 143 amostras de água do rio Parnaíba. Os diferentes intervalos de correlação são representados pela escala de cores	240
Figura 91 – Mapa de Calor	242
Figura 92 – Gráfico biplot PC1 x PC2	243
Figura 93 – Gráfico biplot PC1 x (PC3, PC4 ou PC5)	244
Figura 94 – Tela de Login e Cadastro	264
Figura 95 – Tela Página Inicial e menu lateral	264
Figura 96 – Tela do questão-parâmetro “Coloração Aparente da Água” e detalhamento	265
Figura 97 – Tela do resumo e pontuação da qualidade ambiental obtida no registro	266
Figura 98 – Fotos coletadas in loco com o aplicativo, Coloração da água, nos pontos 1 ao	

7	271
Figura 99 – Fotos coletadas in loco com o aplicativo, Lixo (L) e Esgoto (E) nos pontos 02, 03, 04 e 05.....	271
Figura 100 – Telas do aplicativo, Font End para o usuário(A), Banco de dados “Fire base”(B)	277
Figura 101 – Telas do aplicativo para administradores, API Google Maps, pontos coletados	277

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Descrição dos pontos no Rio Parnaíba selecionados para o estudo	33
Quadro 2 – Diferentes conceitos de meio ambiente e conceitos relacionados	44
Quadro 3 – Conceito de Impacto Ambiental	47
Quadro 4 – Poluição Contaminação e Degradação Ambiental.....	54
Quadro 5 – Índices de Qualidade das Águas e seus respectivos parâmetros	70
Quadro 6 – Descrição dos pontos no Rio Parnaíba selecionados para o estudo	81
Quadro 7 – Área da APP total e áreas das matas ciliares remanescentes	113
Quadro 8 – Modelo de Check-list com a classificação dos Impactos	131
Quadro 9 – Modelo de Matriz de Leopold (Adaptada) a ser utilizado	131
Quadro 10 – Legislação Ambiental aplicada às atividades poluidoras do setor automotivo enumeradas, bem como outras atividades similares	136
Quadro 11 – Série histórica de trabalhos e artigos científicos encontrados que descrevem impactos ambientais no Rio Parnaíba e na área de estudo	148
Quadro 12 – Descrição dos pontos no Rio Parnaíba selecionados para o estudo	159
Quadro 13 – Descrição dos parâmetros ambientais à serem avaliados	160
Quadro 14 – Pontuação atribuídas aos parâmetros utilizados para o cálculo da avaliação macroscópica	160
Quadro 15 – Classificação quanto ao grau de preservação a partir do somatório dos parâmetros.....	160
Quadro 16 – Classificação do “Comportamento do Parâmetro” com base na média anual dos valores	161
Quadro 17 – Valores relativos ao parâmetro “coloração da água” mês a mês nos pontos e média anual.....	162
Quadro 18 – Valores relativos ao parâmetro “Odor da água” mês a mês nos pontos e média anual.....	164
Quadro 19 – Valores relativos ao parâmetro “Lixo ao redor” mês a mês nos pontos e média anual.....	165

Quadro 20 – Valores relativos ao parâmetro “Materiais Flutuantes” mês a mês nos pontos e média anual	167
Quadro 21 – Valores relativos ao parâmetro “Espumas” mês a mês nos pontos e média anual.....	169
Quadro 22 – Valores relativos ao parâmetro “Óleo” mês a mês nos pontos e média anual ...	172
Quadro 23 – Valores relativos ao parâmetro “Esgoto” mês a mês nos pontos e média anual	174
Quadro 24 – Valores relativos ao parâmetro “Vegetação” mês a mês nos pontos e média anual.....	177
Quadro 25 – Valores relativos ao parâmetro “Uso por animais” mês a mês nos pontos.....	180
Quadro 26 – Valores relativos ao parâmetro “Uso antrópico” mês a mês nos pontos	183
Quadro 27 – Valores relativos ao parâmetro “Residências” mês a mês nos pontos.....	186
Quadro 28 – Valores relativos ao parâmetro “Área de Inserção” mês a mês nos pontos.....	189
Quadro 29 – Valores relativos ao parâmetro “Áreas de Cultivo” mês a mês nos pontos.....	190
Quadro 30 – Valores relativos ao “Grau de Conservação” mês a mês nos pontos com a análise anual.....	192
Quadro 31 – Quadro Global de Cores dos pontos e dos trechos.....	194
Quadro 32 – Descrição dos pontos no Rio Parnaíba selecionados para o estudo	204
Quadro 33 – Quadro do Alfakit – Percentual de Amônia não ionizada (tóxica).....	216
Quadro 34 – Descrição dos pontos no Rio Parnaíba selecionados para o estudo	256
Quadro 35 – Descrição dos parâmetros ambientais à serem avaliados	257
Quadro 36 – Pontuação atribuídas aos indicadores/parâmetros macroscópicos	258
Quadro 37 – Classificação do rio quanto ao “Grau de Conservação – GC”	260
Quadro 38 – Tipos de recomendações após aplicação da metodologia.....	260
Quadro 39 – Parâmetros e tipos de recomendações após aplicação da metodologia.....	260
Quadro 40 – Parâmetros macroscópicos abordados e normatizados na resolução nº 357/2005 do CONAMA	268
Quadro 41 – Exemplo de rios e seus respectivos enquadramentos segundo a 357/2005 do CONAMA	269

Quadro 42 – Grau de conservação dos pontos estudados.....	273
Quadro 43 – Recomendações de estudos complementares dos pontos estudados	275

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Contagem dos termos relacionando os conceitos de “Meio Ambiente”	42
Gráfico 2 – Atividades Antrópicas (Urbanas e Rurais) na área de estudo.....	134
Gráfico 3 – Atividades Urbanas – AU, na área de estudo	135
Gráfico 4 – Atividades Rurais – AU, na área de estudo	137
Gráfico 5 – Variação do parâmetro “cor da água” ao longo do ano (comportamento do parâmetro).....	163
Gráfico 6 – Variação do parâmetro “odor da água” ao longo do ano (comportamento do parâmetro).....	164
Gráfico 7 – Variação do parâmetro “Lixo ao Redor” ao longo do ano (comportamento do parâmetro).....	166
Gráfico 8 – Variação do parâmetro “Materiais Flutuantes” ao longo do ano (comportamento do parâmetro)	168
Gráfico 9 – Variação do parâmetro “Espuma” ao longo do ano (comportamento do parâmetro).....	170
Gráfico 10 – Variação do parâmetro “Óleo” ao longo do ano (comportamento do parâmetro).....	172
Gráfico 11 – Variação do parâmetro “Esgoto” ao longo do ano (comportamento do parâmetro).....	174
Gráfico 12 – Variação do parâmetro “Vegetação” ao longo do ano (comportamento do parâmetro).....	178
Gráfico 13 – Variação do parâmetro “uso por animais” ao longo do ano (comportamento do parâmetro).....	181
Gráfico 14 – Variação do parâmetro “uso Antrópico” ao longo do ano (comportamento do parâmetro).....	184
Gráfico 15 – Variação do parâmetro “Residências” ao longo do ano (comportamento do parâmetro).....	187
Gráfico 16 – Variação do parâmetro “Área de Inserção” ao longo do ano (comportamento do parâmetro).....	189

Gráfico 17 – Variação do parâmetro “Área de Cultivo” ao longo do ano (comportamento do parâmetro).....	191
Gráfico 18 – Variação do parâmetro “Grau Conservação” ao longo do ano (comportamento do parâmetro)	193
Gráfico 19 – Média dos valores “pH” ao longo do ano.....	210
Gráfico 20 – Média dos valores “Oxigênio Dissolvido” ao longo do ano	212
Gráfico 21 – Média dos valores “Nitrogênio Amoniacal” ao longo do ano.....	215
Gráfico 22 – Média dos valores “Nitrito” ao longo do ano.....	218
Gráfico 23 – Média dos valores “Nitrito” ao longo do ano.....	220
Gráfico 24 – Média dos valores “Fósforo Total” ao longo do ano.....	223
Gráfico 25 – Média dos valores “Manganês Total” ao longo do ano	226
Gráfico 26 – Média dos valores “Ferro Total” ao longo do ano.....	229
Gráfico 27 – Média dos valores “Alumínio Total” ao longo do ano	232

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros de classificação dos possíveis impactos ambientais	130
Tabela 2 – Check-list permite ver quantas vezes o impacto foi listado.....	132
Tabela 3 – Matriz de Impactos Ambientais.....	145
Tabela 4 – Detalhamento dos Impactos Positivos (azul) e Impactos Negativos (amarelo) da Matriz de Impactos Ambientais	146
Tabela 5 – Padrões de qualidade da água e classes de enquadramento, segundo a resolução CONAMA 357/2005, com destaque para a Classe II, do Rio Parnaíba	207
Tabela 6 – Valores relativos ao parâmetro “Temperatura” mês a mês nos pontos	208
Tabela 7 – Valores relativos ao parâmetro “pH” mês a mês nos pontos.....	210
Tabela 8 – Valores relativos ao parâmetro “Oxigênio Dissolvido - OD” (mg/L) mês a mês em campo.....	211
Tabela 9 – Valores relativos ao parâmetro “Oxigênio Dissolvido - OD” O ₂ (mg/L) mês a mês nas amostras	212
Tabela 10 – Valores relativos ao parâmetro “N-NH ₃ - Nitrogênio Amoniacal” (mg/L) nas amostras	214
Tabela 11 – Valores relativos ao parâmetro “NH ₃ Amônia não-ionizada” (mg/L) nas amostras	215
Tabela 12 – Concentração de Amônia tóxica (Toxicidade).....	216
Tabela 13 – Valores relativos ao parâmetro “Nitrogênio nitrito” N-NO ₂ (mg/L) nas amostras	218
Tabela 14 – Valores relativos ao parâmetro “Nitrito” NO ₂ ⁻ (mg/L) nas amostras.....	218
Tabela 15 – Valores relativos ao parâmetro “Nitrogênio Nitrato” N-NO ₃ (mg/L) nas amostras	219
Tabela 16 – Valores relativos ao parâmetro “NITRATO (NO ₃ ⁻)” (mg/L) nas amostras.....	220
Tabela 17 – Valores relativos ao parâmetro “Nitrogênio Mineral Total” (mg/L) nas amostras	220

Tabela 18 – Valores relativos ao parâmetro “Ortofosfato” PO_4^{3-} (mg/L) nas amostras.....	
Tabela 19 – Valores relativos ao parâmetro “Ortofosfato” PO_4^{3-} (mg/L) nas amostras.....	222
Tabela 20 – Valores relativos ao parâmetro “Fósforo Total” “P” (mg/L) nas amostras	223
Tabela 21 – Valores relativos ao parâmetro “Manganês” Mn (mg/L) nas amostras	226
Tabela 22 – Valores relativos ao parâmetro “Ferro Total”, Fe^{2+} Fe^{3+} , (mg/L) nas amostras	229
Tabela 23 – Valores relativos ao parâmetro “Alumínio” Al (mg/L) nas amostras	231
Tabela 24 – Valores relativos ao parâmetro “Cromo” Cr (mg/L) nas amostras	234
Tabela 25 – Valores relativos ao parâmetro “Cobre” Cu (mg/L) nas amostras	236
Tabela 26 – Valores relativos ao parâmetro “LARS” nas amostras.....	238
Tabela 27 – Parâmetros macroscópicos da “Água na Margem do Rio” (AMR).....	270
Tabela 28 – Parâmetros macroscópicos “Ecológicos da Margem do Rio” (EMR)	272
Tabela 29 – Parâmetros macroscópicos da Utilização da Margem do Rio (UMR).....	273

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL E ESTRUTURA DA TESE	27
1.1.	Introdução ao tema da pesquisa	27
1.2.	Estrutura da Tese	28
1.3.	Objetivos	30
1.3.1.	<i>Geral</i>	30
1.3.2.	<i>Específico</i>	30
1.4.	Metodologia Geral	31
1.4.1.	<i>Área de estudo e descrição dos pontos selecionados</i>	31
1.4.2.	<i>Coleta de dados no campo e no laboratório</i>	33
1.4.3.	<i>Criação de Mapas Temáticos das atividades e impactos ambientais no Rio Parnaíba</i>	33
1.4.4.	<i>Identificação dos Aspectos e Avaliação dos Impactos Ambientais (AIA)</i>	34
1.4.5.	<i>Análise ambiental da qualidade da água com base em parâmetros físico-químicos</i>	34
1.4.6.	<i>Criação de Aplicativo (mobile) para AIA</i>	35
2	ARTIGO I - CONCEITOS AMBIENTAIS COMO FERRAMENTAS DE ESTUDOS: A NECESSIDADE DE PADRONIZAÇÃO	38
2.1.	Introdução	39
2.2.	Metodologia	40
2.3.	Resultados e Discussões	41
2.3.1.	<i>Conceito de Meio Ambiente e termos relacionados</i>	41
2.3.2.	<i>Conceitos de Impactos Ambientais e termos relacionados</i>	46
2.3.3.	<i>Poluição, Contaminação e Degradação Ambiental: terminologias utilizadas para descrever meio ambientes impactados negativamente</i>	49
2.3.3.1.	<i>Poluição Ambiental</i>	49
2.3.3.2.	<i>Contaminação Ambiental</i>	51
2.3.3.3.	<i>Degradação Ambiental</i>	52
2.4.	Considerações Finais	58

3	ARTIGO II - METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAIS EM RIOS: UMA REVISÃO TEMÁTICA.....	
3.1.	Introdução	
3.2.	Metodologia	66
3.3.	Resultados e Discussões	67
3.3.1.	<i>Metodologias Avaliação de Impactos Ambiental (AIA) em Rios</i>	67
3.3.2.	<i>Metodologias de AIA combinadas com indicadores e índices de qualidade da água em Rios</i>	70
3.4.	Considerações Finais	72
4	ARTIGO III - CARACTERIZAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DAS MARGENS DO RIO PARNAÍBA, NO PERÍMETRO URBANO DE TERESINA, PIAUÍ, COM USO DE MAPAS TEMÁTICOS.....	77
4.1.	Introdução	79
4.2.	Metodologia	80
4.2.1.	<i>Área de Estudo</i>	80
4.2.2.	<i>Coleta de campo, criação de Mapas Temáticos e Análise dos dados</i>	82
4.3.	Resultados e Discussões	83
4.3.1.	<i>Descrição e Discussão dos diferentes setores da área de estudo.....</i>	83
4.3.1.1.	<i>Setor A (P01; P02; P03)</i>	83
4.3.1.2.	<i>Setor B (P04)</i>	90
4.3.1.3.	<i>Setor C (P05, P06, P07)</i>	95
4.3.1.4.	<i>Setor D (P08, P09)</i>	99
4.3.1.5.	<i>Setor E (P10)</i>	102
4.3.1.6.	<i>Setor F (acesso restrito ao rio).....</i>	105
4.3.1.7.	<i>Setor G (P11)</i>	108
4.3.2.	<i>Os Principais Aspectos Ambientais da Área de Estudo</i>	111
4.3.2.1.	<i>APP/Mata Ciliar</i>	111
4.3.2.2.	<i>Leito, Margens e o Assoreamento do Rio Parnaíba</i>	113
4.3.2.3.	<i>Depósitos Irregulares de Resíduos Sólidos (DIRS)</i>	114
4.3.2.4.	<i>Terrenos Baldios</i>	115
4.3.2.5.	<i>Esgotos.....</i>	116
4.3.2.6.	<i>Lavadores Carro nas Margens do Rio Parnaíba.....</i>	117
4.4.	Considerações Finais	118

5	ARTIGO IV - IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS DAS ATIVIDADES NAS MARGENS DO RIO PARNAÍBA, EM TERESINA – PI: APLICAÇÃO DA MATRIZ DE LEOPOLDO	123
5.1.	Introdução	124
5.2.	Metodologia	127
5.2.1.	<i>Área de Estudo</i>	127
5.2.2.	<i>Coleta e Análise de dados</i>	129
5.3.	Resultados e Discussões	131
5.3.1.	<i>Identificação e Descrição das Atividades Antrópicas, Aspectos e Impactos Ambientais na área de estudo através do “Check-list”</i>	131
5.3.2.	<i>Aspectos gerais sobre a mata ciliar e o rio Parnaíba</i>	139
5.3.3.	<i>Deposição Irregular resíduos Sólidos – “DIRS” e a Presença de Esgotos /Emissão de Efluentes</i>	140
5.3.4.	<i>Assoreamento do Rio Parnaíba e a formação de coroas (Jericoroas).</i>	142
5.3.5.	<i>Matriz de Leopoldo - Avaliação dos Aspectos e Impactos Ambientais na área de estudo</i>	143
5.4.	Considerações Finais	151
6	ARTIGO V - AVALIAÇÃO MACROSCÓPICA DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NO RIO PARNAÍBA, EM DIVERSOS PONTOS NA ÁREA URBANA DE TERESINA-PIAUI	156
6.1.	Introdução	157
6.2.	Metodologia	158
6.2.1.	<i>Área de Estudo</i>	158
6.2.2.	<i>Coleta de campo</i>	159
6.2.3.	<i>Análise Anual dos Dados Macroscópicos</i>	160
6.3.	Resultados e Discussões	161
6.3.1.	<i>Avaliação Macroscópica (AM)</i>	161
6.3.1.1.	<i>Cor da água</i>	162
6.3.1.2.	<i>Odor na água</i>	163
6.3.1.3.	<i>Lixo ao redor</i>	164
6.3.1.4.	<i>Materiais Flutuantes</i>	166
6.3.1.5.	<i>Espumas</i>	168

6.3.1.6.	<i>Óleos</i>	
6.3.1.7.	<i>Esgotos</i>	
6.3.1.8.	<i>Vegetação</i>	175
6.3.1.9.	<i>Uso por animais</i>	179
6.3.1.10.	<i>Uso Antrópico</i>	182
6.3.1.11.	<i>Residências</i>	185
6.3.1.12.	<i>Área de Inserção</i>	188
6.3.1.13.	<i>Área de Cultivo</i>	190
6.3.2.	<i>Grau de Conservação</i>	192
6.3.3.	<i>Quadro Global de Cores</i>	193
6.4.	<i>Considerações Finais</i>	195
 7	 ARTIGO VI - ANÁLISE AMBIENTAL DA QUALIDADE DA ÁGUA NA MARGEM DO RIO PARNAÍBA, COM BASE EM PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	 201
7.1.	<i>Introdução</i>	202
7.2.	<i>Metodologia</i>	203
7.2.1.	<i>Área de Estudo</i>	204
7.2.2.	<i>Análise dos parâmetros físico-química da qualidade da água do rio Parnaíba</i>	 204
7.2.2.1.	<i>Coleta das amostras de água</i>	204
7.2.2.2.	<i>Análise dos parâmetros físico-químicos das amostras de água</i>	205
7.2.3.	<i>Análise Estatística das amostras de água</i>	206
7.3.	<i>Resultados e Discussões</i>	207
7.3.1.	<i>Análise dos parâmetros físico-químicos das amostras de água</i>	208
7.3.1.1.	<i>Temperatura</i>	208
7.3.1.2.	<i>Potencial Hidrogeniônico (pH)</i>	209
7.3.1.3.	<i>Oxigênio Dissolvido (O₂) local e na amostra</i>	211
7.3.1.4.	<i>Série de Nitrogênio presente nas amostras: Amônia (NH₃), Nitrito (NO₂), Nitrato (NO₃) e Nitrogênio Mineral</i>	 213
7.3.1.4.1.	<i>Amônia (Nitrogênio Amoniacal ou Amônia não Ionizada)</i>	213
7.3.1.4.2.	<i>“Toxicidade” (Amônia não-ionizada)</i>	216
7.3.1.4.3.	<i>Nitrito</i>	217
7.3.1.4.4.	<i>Nitrato</i>	219

7.3.1.4.5.	Nitrogênio Mineral	
7.3.1.5.	<i>Fósforo (ortofosfato)</i>	
7.3.1.6.	<i>Série de Metais Pesados presente nas amostras: Manganês (Mn), Ferro (Fe), Alumínio (Al), Cromo (Cr) e Cobre (Cu)</i>	224
7.3.1.6.1.	Manganês (Mn).....	225
7.3.1.6.2.	Ferro Total (Ferro II e III; Fe^{2+} e Fe^{3+})	228
7.3.1.6.3.	Alumínio (Al)	230
7.3.1.6.4.	Cromo (Cr).....	233
7.3.1.6.5.	Cobre (Cu)	235
7.3.1.7.	<i>LAS (Linear Alquil Benzeno Sulfonato de Sódio)</i>	237
7.3.2.	<i>Análise Estatística</i>	239
7.3.2.1.	<i>Correlação de Pearson</i>	239
7.3.2.2.	<i>Análise hierárquica e mapa de Calor</i>	241
7.3.2.3.	<i>Análise de Componentes Principais - PCA</i>	243
7.4.	Considerações Finais	245
8	ARTIGO VII - CRIAÇÃO DE UMA METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO MACROSCÓPICA DE IMPACTOS AMBIENTAIS PARA RIOS, ADAPTADA PARA CELULARES, O “DR. RIOS”	254
8.1.	Introdução	255
8.2.	Metodologia	256
8.2.1.	<i>Área de Estudo</i>	256
8.2.2.	<i>Metodologia de Avaliação Macroscópica de Impactos Ambientais para Rios – adaptada para aplicativo MAMIAR/“Dr.Rio”</i>	257
8.2.3.	<i>Desenvolvimento de software (Levantamento de requisitos)</i>	261
8.2.3.1.	<i>Requisitos Funcionais</i>	261
8.2.3.2.	<i>Requisitos Não Funcionais</i>	262
8.2.4.	<i>Desenvolvimento de software (Tecnologias Utilizadas)</i>	262
8.2.4.1.	<i>Flutter</i>	262
8.2.4.2.	<i>Firebase</i>	263
8.2.4.3.	<i>Google API Maps</i>	263
8.2.4.4.	<i>Objectbox</i>	263
8.2.5.	<i>Desenvolvimento de software (Interface)</i>	263
8.3.	Resultados e Discussões	266

8.3.1.	<i>Desenvolvimento da metodologia MAMIAR, “Dr. Rio”</i>	
8.3.2.	<i>Aplicação da metodologia MAMIAR através do aplicativo “Dr. Rio”</i>	
8.3.2.1.	<i>Parâmetros macroscópicos da “Água na Margem do Rio” (AMR)</i>	270
8.3.2.2.	<i>Parâmetros macroscópicos “Ecológicos da Margem do Rio” (EMR)</i>	271
8.3.2.3.	<i>Parâmetros macroscópicos da “Utilização da Margem do Rio” (UMR)</i>	272
8.3.2.4.	<i>Grau de Conservação (GC) e Recomendações de Estudos Complementares (REC)</i>	273
8.3.2.5.	<i>O Aplicativo “Dr. Rio”, como ferramenta de coleta e integração dos dados entre usuários</i>	276
8.4.	Considerações Finais	278
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS DA TESE	281
	REFERÊNCIAS	283

1 INTRODUÇÃO GERAL E ESTRUTURA DA TESE

1.1. Introdução ao tema da pesquisa

O homem atua sobre os recursos hídricos modificando-o de diferentes formas, provocando impactos ambientais negativos, em exploração excessiva e constante dos recursos naturais. Segundo a Resolução nº 001/86 do CONAMA, o impacto ambiental se refere à alteração das propriedades físico-químicas e biológicas do meio ambiente, provocada direta ou indiretamente por atividades humanas, as quais afetam saúde, segurança, bem-estar da população, atividades socioeconômicas, biota, condições estéticas e sanitárias do meio e qualidade dos recursos (Brasil, 1986).

Dentre os ecossistemas mais afetados pelas atividades humanas, podemos destacar as “matas ciliares” ou “florestas ripárias”, um tipo de Áreas de Preservação Permanente (APP's), que protegem as margens contra a erosão e o transporte de solo para os corpos d'água, evitando o seu assoreamento e funcionam como filtros, retraindo poluentes e sedimentos que seriam transportados para o curso de água afetando diretamente a quantidade e a qualidade da água (Teles, Santos, Pinheiro, 2022; Nuvolari, 2013).

As matas ciliares são habitats de diversas espécies nativas da fauna e da flora. A destruição das zonas ciliares contribui com a perda da biodiversidade reduzindo a quantidade de habitats, corredores ecológicos e abrigos. A ausência ou retirada de vegetação na mata ciliar, reduz a retenção de água, ocasionando no aumento da incidência de enchentes em períodos de chuva, e no agravamento da estiagem em períodos de seca. Por outro lado, a ocupação das matas ciliares impede a regeneração da vegetação nativa, aumentando a erosão pelo transporte de partículas pela água, prejudicando a disponibilidade e qualidade hídrica e levando ao assoreamento dos cursos de água afetando a qualidade ambiental do ecossistema (Teles, Santos, Pinheiro, 2022; Cruz; Cruz; Rossato, 2014; Nuvolari, 2013).

As bacias hidrográficas, que são importantes ecossistemas aquáticos, atualmente sofrem intensos processos de degradação, como é o caso da bacia do Rio Parnaíba. A bacia do rio Parnaíba está localizada na região Nordeste e possui uma área de drenagem de aproximadamente 331.000 km² dos quais aproximadamente 75% correspondem a áreas do estado do Piauí, 20% do Maranhão e 5% do Ceará. O rio Parnaíba, principal rio da bacia, nasce na Chapada das Mangabeiras, na divisa dos Estados do Piauí, Bahia e Tocantins. Possui uma extensão de 1.344 km, separando os estados do Piauí e Maranhão. Seus principais afluentes pela margem direita são os rios Longá, Poti, Canindé e Gurguéia, e pela margem esquerda, com

expressiva contribuição hídrica, o rio das Balsas, único grande afluente da porção maranhense da bacia (CPRM, 2017).

A Bacia Hidrográfica Parnaíba, foi subdividida em seis regiões hidrográficas: I) Alto Parnaíba/Uruçuí Preto: que congrega a área de contribuição direta ao rio Parnaíba até o trecho imediatamente a jusante da barragem hidroelétrica de Boa Esperança, e a sub-bacia do rio Uruçuí-Preto; II) Balsas, que compreende a sub-bacia de contribuição do rio das Balsas, o maior afluente do rio Parnaíba por sua margem oeste; III) Gurgueia/Itaueira: contemplado a área de contribuição direta ao rio Parnaíba no trecho entre a barragem de Boa Esperança e a foz do rio Canindé, além das sub-bacias dos rios Gurgueia e Itaueira; IV) Canindé/Piauí, correspondendo à sub-bacia do rio Canindé, cujo principal afluente é o rio Piauí, onde são observados os maiores déficits hídricos da bacia do Parnaíba no estado do Piauí; V) Médio Parnaíba/Poti, que agrega a área de contribuição direta ao rio Parnaíba no trecho entre as fozes dos rios Canindé e Poti, além da sub-bacia do rio Poti, cujas nascentes se encontram no estado do Ceará; VI) Baixo Parnaíba/Longá, que contempla a sub-bacia do rio Longá e a área de contribuição direta ao rio Parnaíba entre a foz do rio Poti e o Oceano Atlântico (CPRM, 2017).

O rio Parnaíba é um rio muito importante para o Piauí, como fonte de recursos hídricos para o consumo humano, para agricultura e agropecuária, além de outras inúmeras funções. Entretanto, este rio apresenta elevados níveis de degradação, por deposição de poluentes, e assoreamento decorrente de processos erosivos, oriundo de diversas atividades (CPRM, 2017). Muitas cidades foram formadas às margens de rios, o que resulta em vários problemas ambientais nesses rios, em especial a destruição das matas ciliares. Em Teresina, capital do estado do Piauí, que pertence a bacia do rio Parnaíba, verifica-se elevados níveis de degradação do Rio Parnaíba, principalmente em suas APP's.

Neste sentido o presente estudo tem como objetivo principal propor uma metodologia de Identificação e Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) resultantes das atividades humanas (urbanas e rurais) no Rio Parnaíba, em Teresina-PI.

1.2. Estrutura da Tese

A Tese é constituída de quatro capítulos, organizados com artigos científicos que serão submetidos a revistas científicas indexadas. Vale ressaltar que todos os capítulos/artigos estão organizados em sequência e conectados ao tema proposto no presente estudo: Avaliação dos Impactos Ambientais (AIA) das atividades urbanas e rurais no Rio Parnaíba, no perímetro urbano de Teresina. Visando uma melhor compreensão do tema abordado, foram elaborados os capítulos descritos a seguir.

O capítulo 1, “Revisão sobre conceitos ambientais fundamentais e metodologias aplicadas à rios”, contém dois artigos: o primeiro com o título: “Conceitos ambientais como ferramentas de estudos: a necessidade de padronização” e o segundo com o título: “Metodologias de avaliação de impactos ambientais em rios: uma revisão temática”.

O capítulo 2, “Descrição da área de estudo, atividades humanas e aspectos ambientais”, apresenta um artigo com o título: “Caracterização do uso e ocupação das margens do rio Parnaíba, no perímetro urbano de Teresina, Piauí, com uso de mapas temáticos”.

O capítulo 3 “Identificação e avaliação dos aspectos e impactos ambientais no rio Parnaíba.”, contém três artigos: o primeiro com o título: “Identificação e avaliação dos aspectos e impactos ambientais das atividades nas margens do rio Parnaíba, em Teresina – PI: aplicação da matriz de Leopoldo”; o segundo com o título: “Avaliação macroscópica dos impactos ambientais no rio Parnaíba, em diversos pontos na área urbana de Teresina-Piauí”; e o terceiro com o título: “Análise ambiental da qualidade da água na margem do rio Parnaíba, com base em parâmetros físico-químicos”.

O capítulo 4 “Criação de uma metodologia de avaliação de impactos ambientais”, contém um artigo com o título: “criação de uma metodologia de avaliação macroscópica de impactos ambientais para rios, adaptada para celulares”.

Cada artigo está organizado nos seguintes tópicos: “1-INTRODUÇÃO”; “2-METODOLOGIA”; “3- RESULTADOS E DISCUSSÃO”; “4- CONSIDERAÇÕES FINAIS”; “5- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS”. Todas as “Figuras”, “Quadros”, “Tabelas” e “Gráficos” estão enumeradas em ordem crescente, de forma única e sequenciadas, à medida que são utilizadas ao longo da Tese, não sendo sua numeração reiniciada para cada artigo, para evitar itens com numerações repetidas.

O Fluxograma (Figura 1) representa a estrutura da tese, sua organização em capítulos e artigos, e uma imagem ilustrativa das principais contribuições de cada artigo.



Fonte: Autoria Própria (2024).

1.3. Objetivos

1.3.1. Geral

Propor uma metodologia de Identificação e Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) resultantes das atividades humanas (urbanas e rurais) no Rio Parnaíba, em Teresina-PI.

1.3.2. Específico

- 1- Discutir conceitos ambientais de acordo com a literatura científica, para poder aplicá-los aos estudos de relacionados aos recursos hídricos.
- 2 - Selecionar metodologias de avaliação de impacto ambiental em rios

- 3 - Mapear as principais atividades humanas (rurais e urbanas) com interferência no Rio Parnaíba, no perímetro de Teresina,
- 4 - Identificar os aspectos e impactos ambientais resultantes das atividades humanas (urbanas e rurais) no Rio Parnaíba;
- 5 - Avaliar a qualidade da água, por meio de indicadores físico-químicos da Água
- 6 - Criar uma metodologia de AIA para o Rio Parnaíba, para o uso no aplicativo mobile, a fim de facilitar a visualização da questão ambiental.

1.4. Metodologia Geral

1.4.1. Área de estudo e descrição dos pontos selecionados

A área de estudo está localizada em Teresina, no estado do Piauí, Brasil, às margens do Rio Parnaíba, no perímetro urbano, entre o Centro Administrativo de Teresina Av. Maranhão e o Parque Ambiental Encontro dos Rios, Av. Boa Esperança e Rua Firmino Filho (Figura 2).

Figura 2 – Localização da Área de estudo, no perímetro urbano de Teresina

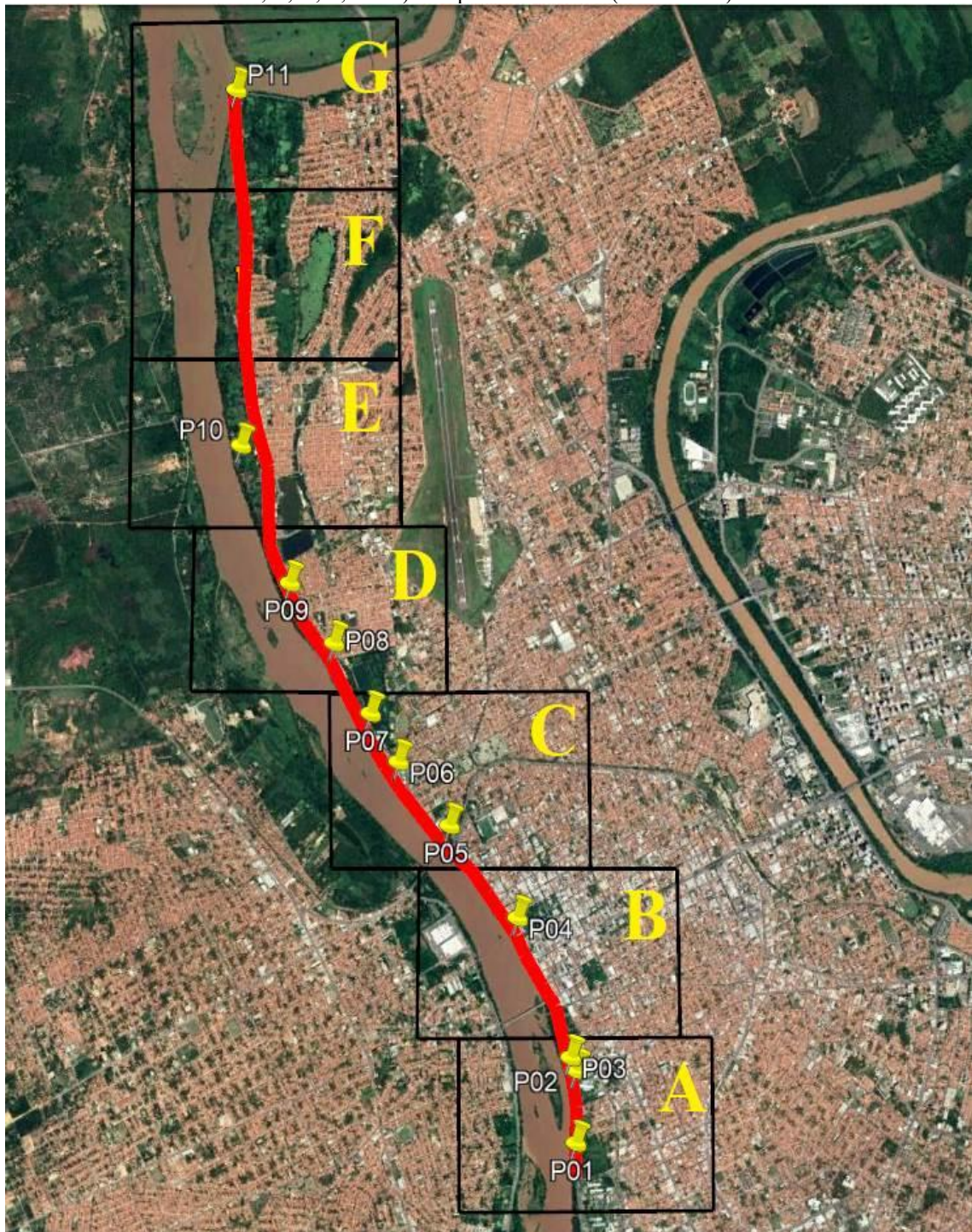


Fonte: Autoria Própria (2024).

Cada setor está relacionado com a presença de atividades urbanas e rurais (hortas comunitárias, atividades comerciais, entre outras) e vários aspectos ambientais (presença de mata ciliar, lagoas naturais e artificiais, áreas de brejo, pontes de despejo de esgoto e resíduos sólidos), bem como aspectos sociais e econômicos.

Figura 3 – Área de estudo no perímetro urbano de Teresina (em vermelho), identificando diferentes setores (A,

B, C, D, E, F e G) e os pontos de coleta (em amarelo)



Fonte: Google Earth e Google Maps (2024) adaptados.

O trecho selecionado para o estudo, que corresponde ao Médio Parnaíba/Poti, possui diversas atividades (urbanas e rurais) bem como estruturas, desde galerias para drenagem da água da chuva, uma estação de tratamento de água para abastecimento, hortas comunitárias, estruturas residenciais e comerciais. Foram selecionados 11 pontos para o estudo (Quadro 1):

Quadro 1 – Descrição dos pontos no Rio Parnaíba selecionados para o estudo

PONTO	DESCRIÇÃO
P1	Após o Centro Administrativo de Teresina (CAT): a jusante (depois) do CAT está localizado na Av. Maranhão. O ponto um encontra-se na margem do rio, a montante (antes) do primeiro trecho de lavadores de carro.
P2	Após Lavadores de carro, na Av. Maranhão: a jusante (depois) do primeiro trecho de lavadores de carro.
P3	Galeria: localizada logo após a interseção entre Av. Maranhão e a Av. Joaquim Ribeiro, onde possui uma galeria da água pluviais
P4	“Troca-troca”: Localizado próximo aos comércios “Troca-troca” e nas proximidades do “Shopping da Cidade”.
P5	Ponte Metálica: Localizado à montante (antes) da área dos lavadores de carro, próximo a “Ponte Metálica” que liga a cidade de Teresina a cidade de Timon no Estado do Maranhão.
P6	Iate Clube: Localizado nas proximidades de um clube – “o Iate Clube de Teresina”
P7	Bar dos Pescadores: Bar dos pescadores, à montante (antes) da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE - Pirajá), localizado em um bairro de Teresina – O bairro Pirajá.
P8	Após a Estação de Tratamento de Esgoto: a jusante (depois) da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE - Pirajá).
P9	Antes do Lagoas do Norte: Localizado na Av. Boa Esperança, à montante (antes) do parque ambiental “Lagoas do Norte”.
P10	Depois do Lagoas do Norte: Localizado na Av. Boa Esperança, a jusante (depois) do parque ambiental “Lagoas do Norte” próximo a um setor com atividades agrícolas (currais, hortas comunitárias etc.).
P11	“Encontro dos Rios”: Localizado na Av. Boa Esperança, dentro do parque ambiental “Encontro dos rios

Fonte: Autoria própria (2024).

Em cada um dos pontos selecionados foi realizada a identificação das atividades urbanas e rurais, dos aspectos e impactos ambientais, relacionados à degradação ambiental, tais como a conservação das matas ciliares, parâmetros físico-químicos da água. Também foi realizada a coleta de amostras de água para estudos em laboratório.

1.4.2. Coleta de dados no campo e no laboratório

A coleta de dados no campo ocorreu durante um ano (outubro de 2021 a outubro de 2022), mensalmente, em dois períodos: o período de chuvas (dezembro, janeiro, fevereiro, março) e o período de seca (junho, julho, agosto, setembro). Foram realizadas visitas aos locais de pesquisa utilizando-se, quando necessário, a utilização de veículos terrestres ou aquáticos.

As atividades (urbanas e rurais), desenvolvidas nas margens do Rio Parnaíba, foram identificadas por meio de observação direta, e por meio de registro fotográfico, sendo feitas observações macroscópicas de ocupação da área por cultivos de plantas (hortas), estado de conservação das matas ciliares, depósito irregular de resíduos sólidos, entre outros aspectos.

Foram coletadas amostras de água para análise dos parâmetros físico-químicos da água para posterior análise dos parâmetros em laboratório utilizando o kit Alfakit.

1.4.3. Criação de Mapas Temáticos das atividades e impactos ambientais no Rio Parnaíba

Foram elaborados mapas para delimitar e identificar as atividades humanas, pontos de interesse (ex: saídas de esgoto e/ou drenagem, pontos históricos ou socialmente relevantes), os pontos de coleta da água e pontos de degradação ambiental observados. Os pontos foram marcados com auxílio de GPS. Foi utilizado inicialmente o Google Earth (versão 7.3.4.8642, para computador, 64-bit) para setorizar as áreas, os pontos de interesse e as atividades com base em imagens via satélite, e posteriormente, foram exportados (do formato KML para Shape file)

para o programa Q-GIS (versão 3.26.0-Buenos Aires) onde o mapa foi confeccionado.

1.4.4. Identificação dos Aspectos e Avaliação dos Impactos Ambientais (AIA)

A identificação dos aspectos ambientais e impactos seguiu as etapas: 1 – Seleção das atividades, urbanas e rurais, desenvolvidas na área de estudo, através de observação direta; 2 – Identificação do maior número possível de Aspectos e impactos ambientais associados às atividades urbanas e rurais; 3 – A identificação dos aspectos e impactos ambientais no rio, durante as visitas à área de estudo, por meio de dados da avaliação macroscópica, registro fotográfico e tomada de coordenadas com GPS e além da análise dos parâmetros físicos químicos das amostras de água coletadas na área de estudo e analisadas em laboratório.

Para identificação e avaliação dos impactos foram utilizadas diversas metodologias: 1 - Metodologia Espontânea (*Ad Hoc*); 2 - A Metodologia de Listagens (*Check-list*); e 3 - A Matriz de Leopold, pois são os métodos mais utilizados para AIA, de acordo com a literatura pertinente (Sánchez, 2020; Moura, 2011; Ribeiro, 2004; Pimentel, Pires, 1992). Também foi utilizada a Avaliação Macroscópica para avaliação de impactos ambientais visuais nos pontos do rio selecionados para estudo.

1.4.5. Análise ambiental da qualidade da água com base em parâmetros físico-químicos

As amostras de água coletada em campo foram transportadas para o laboratório do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Estado do Piauí – IFPI, e analisadas dentro de 24h, com auxílio do “Ecokit de análise de água doce”¹ da marca “Alfakit”, que contém testes colorimétricos. Os parâmetros avaliados em laboratório foram: pH; Oxigênio Dissolvido, Nitrito, Nitrogênio Amoniacal, Metais (Alumínio, Ferro, Cromo, Cobre e Manganês).

O kit (conjunto ou estojo) portátil denominado de “Ecokit” compõe-se de frascos, reagentes e outros materiais para realização de análises físico-químicas, acompanhado de um folheto explicativo sobre o modo de usar, abordando a importância ambiental das variáveis analisadas. Esta ferramenta permite a indivíduos treinados, monitorar a qualidade da água nas localidades onde residem, determinando diversas variáveis físico-químicas com boa precisão (Froes, Rocha-Lima, 2020).

¹ O “EcoKit” tem sido utilizado em diversos estudos de diagnóstico, para análise e monitoramento de qualidade das águas e tendo sido muito útil ao processo, especialmente, por possibilitar participação de membros das comunidades urbanas e rurais, e assim incentivar para a conservação da qualidade da água. É uma ferramenta com grande aplicabilidade prática. Este Kit foi desenvolvido especialmente para a difusão de conhecimento referente a recursos hídricos em geral de maneira simplificada, porém não menos importante. É um método rápido, prático, simples e objetivo, desenvolvido para o controle da qualidade de água (Froes, Rocha-Lima, 2020).

1.4.6. Criação de Aplicativo (mobile) para AIA

O aplicativo tem como função facilitar a Identificação e Avaliação de Impactos Ambientais (AIA), utilizando a Avaliação Macroscópica, uma metodologia rápida e de fácil entendimento testada no presente estudo, contendo a Metodologia de Avaliação Macroscópica de Impactos Ambientais para Rios - MAMIAR/"Dr.Rio, desenvolvida com base em dados do presente estudo.

Para a criação do aplicativo "Dr. Rio" (com base na metodologia MAMIAR) foi utilizado o framework Flutter, que um Kit de desenvolvimento de software SDK (*Software Development Kit*) desenvolvido pelo Google para aplicativos móveis, de natureza código aberto, usando a linguagem de programação dart, permitindo agilizar o processo de criação, pois possibilita desenvolver simultaneamente para os sistemas Android e IOS. Para armazenar os dados, informações e fotos, coletadas em campo, utilizou-se o banco de dados Firebase, que também é uma plataforma da Google utilizada para facilitar o desenvolvimento de aplicativos web ou mobile. Também foi utilizado o Google API (*Application Program Interface*) é uma plataforma para integração com as ferramentas do Google, sendo o "Maps" a ferramenta escolhida para geolocalização.

REFERÊNCIAS

ASSAD, Leonor. Cidades nascem abraçadas a seus rios, mas lhes viram as costas no crescimento. **Ciência e Cultura**, v. 65, n. 2, p. 06-09, 2013.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 01 de 23 de janeiro de 1986. **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**. Brasília: DOU de 17/02/1986.

Disponível em: <

https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=745 >.

Acessado em: 22/04/2024.

CPRM, Serviço Geológico do Brasil. Ministério de Minas e Energia. Relatório situacional dos recursos hídricos superficiais da bacia hidrográfica do Rio Parnaíba. 2017. Disponível em: <

https://www.cprm.gov.br/sace/boletins/Parnaiba/20171116_10-20171116%20-%20103332.pdf >. Acessado em: 15/02/2021.

CRUZ, F. C.; CRUZ, A. C.; ROSSATO, M. V. Identificação e Avaliação de Impactos Ambientais: um estudo de caso. **REGET – UFSM**. v. 18 n. 2. p.777-791, 2014.

FROES, B. H. C.; ROCHA-LIMA, A. B. C. Avaliação preliminar dos parâmetros físico-químicos, microbiológicos e organolépticos do Rio Jundiá e comparação com os padrões estabelecidos para o seu enquadramento. **Unisanta BioScience**, v. 9, n. 1, p. 46-53, 2020.

Google Earth - Pro. Aplicativo. Teresina. website. <http://earth.google.com/>, Consultado em: 06/08/2022.

Google Earth - Maps. Aplicativo. Teresina. website. <http://maps.google.com/>, Consultado em: 06/08/2022.

MOURA, L. A. A. **Qualidade e gestão ambiental**: sustentabilidade e ISO 14.001. Belo Horizonte: Del Rey, 2011, p. 432.

NUVOLARI, A. **Dicionário de Saneamento Ambiental**. São Paulo: Oficina de Texto, 2013, p.339.

PIMENTEL, G; PIRES, S. H. Metodologias de Avaliação de Impacto Ambiental: Aplicações e Seus Limites. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 1, p. 56-68, 1992.

RIBEIRO, H. Estudo de impacto ambiental como instrumento de planejamento. In: PHILIPPI JR, A.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C. Curso de Gestão Ambiental. Barueri, SP: Manole, 2004, p. 1045.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental**: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 3 ed., 2020, p. 496.

TELES, R. R.; SANTOS, J. C.; PINHEIRO, E. C. N. M. A importância da preservação de matas ciliares: The importance of preserving riparian forests. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 11, p. 75348-75360, 2022.

CAPÍTULO I - REVISÃO SOBRE CONCEITOS AMBIENTAIS FUNDAMENTAIS E METODOLOGIAS APLICADAS À RIOS

APRESENTAÇÃO DO CAPÍTULO

Este capítulo apresenta uma revisão de conceitos ambientais, como “Meio Ambiente”, “Impacto Ambiental”, “Poluição Ambiental”, “Contaminação Ambiental” e “Degradação Ambiental”, a fim de padronizá-los e aplicá-los aos estudos de relacionados aos recursos hídricos, em especial o Rio Parnaíba. Este capítulo faz também uma revisão de metodologias de Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) em rios. Os dois conteúdos estão abordados em artigos: “ARTIGO I - Conceitos ambientais como ferramentas de estudos: a necessidade de padronização”; “ARTIGO II - Metodologias de avaliação de impactos ambientais em rios: uma revisão temática”.

2 ARTIGO I - CONCEITOS AMBIENTAIS COMO FERRAMENTAS DE ESTUDOS: A NECESSIDADE DE PADRONIZAÇÃO

2 ARTICLE I - ENVIRONMENTAL CONCEPTS AS STUDY TOOLS: THE NEED FOR STANDARDIZATION

Jorge Henrique e Silva Júnior*

Fabio de Oliveira Matos**

RESUMO

Os diversos ramos da Ciência desenvolveram terminologia própria, A gestão ambiental, entretanto, utiliza vários termos do vocabulário comum, sendo necessário estabelecer, com a maior clareza possível, os conceitos e expressões, especialmente, da área técnica. O presente estudo tem como objetivo discutir conceitos sobre os termos ambientais (meio ambiente, impacto ambiental, poluição ambiental, contaminação ambiental, degradação ambiental) para aplicá-los aos estudos de relacionados aos recursos hídricos, em especial o Rio Parnaíba. Realizou-se uma revisão da literatura através das bases de dados: Periódicos Capes, Scielo, e Google Scholar, onde foram utilizados estudos publicados entre os anos de 2002 e 2022 (últimos vinte anos). Os resultados apontam que os conceitos abordados são muito importantes tanto para os profissionais da área ambiental, quanto para a comunidade de um modo geral, que podem influenciar na conservação do patrimônio ambiental. É importante que os conceitos técnicos sejam conhecidos e compreendidos pela população de um modo geral para que se tornem agentes da proteção ambiental.

Palavras-chave: Conceitos Ambientais. Impacto. Poluição. Contaminação. Degradação.

ABSTRACT

The various branches of Science have developed their own terminology. Environmental management, however, uses several terms from the common vocabulary, making it necessary to establish, with the greatest possible clarity, the concepts and expressions, especially in the

* Aluno do programa de Doutorado em Geografia da UFC, Professor do IFPI.

** Professor do programa de Doutorado em Geografia da UFC, Professor do UFC.

technical area. The present study aims to discuss concepts about environmental terms (environment, environmental impact, environmental pollution, environmental contamination, environmental degradation) to apply them to studies related to water resources, especially the Parnaíba River. A literature review was carried out using the following databases: Capes, Scielo, and Google Scholar, where studies published between 2002 and 2022 (the last twenty years) were used. The results indicate that the concepts addressed are very important both for professionals in the environmental area and for the community in general, which can influence the conservation of environmental heritage. It is important that the technical concepts are known and understood by the population in general so that they can become agents of environmental protection.

Keywords: Environmental Concepts. Impact. Pollution. Contamination. Degradation.

2.1. Introdução

Os diversos ramos da Ciência desenvolveram terminologia própria, dando às palavras um significado o mais exato possível, eliminando ambiguidades e reduzindo a margem para interpretações de significado. A gestão ambiental, entretanto, utiliza vários termos do vocabulário comum. Palavras como "impacto", "avaliação" e mesmo a própria palavra "ambiente" ou o termo "meio ambiente", por exemplo, não foram cunhadas propositadamente para expressar algum conceito preciso, mas apropriadas do vernáculo, e fazem parte do jargão dos profissionais desse campo. Por essa razão, é preciso estabelecer, com a maior clareza possível, o que se entende por expressões como "impacto ambiental" e "degradação ambiental", entre outras (Sanches, 2020).

A Política Nacional de Meio Ambiente, Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, trouxe em seu art. 3º diversos conceitos e definições legais fundamentais para a área ambiental, tais como “Meio Ambiente”, “Degradação da Qualidade Ambiental”, “Poluição”, entre outros. Contudo estes conceitos legais são muito abrangentes e as vezes incompatíveis com os termos técnicos.

Tem sido enfatizado que os conceitos técnicos, sobre impactos ambientais, poluição e contaminação, são incompatíveis com o previsto na legislação, pois os conceitos legais têm sido redigidos de forma subjetiva e imprecisa, dando margem a interpretações totalmente diferentes (Cerri Neto; Ferreira, 2009). É importante que o profissional que atua com análise, recuperação e/ou remediação ambiental tenha estes conceitos bem definidos.

Quando um termo é muito abrangente ou permissivo isso dificulta a aplicabilidade da própria lei. Segundo a Constituição Federal Brasileira (art. 5º, II) “...ninguém será obrigado a fazer ou deixar de fazer alguma coisa senão em virtude de lei.” (Brasil, 1988), tal previsão constitucional corresponde ao chamado Princípio da Legalidade e isto significa que nenhum cidadão poderá ser obrigado a fazer algo se não existir uma lei assim o obrigando bem como ninguém poderá proibi-lo de fazer alguma coisa se não existir uma lei proibindo aquela conduta (Cerri Neto; Ferreira, 2009).

No Brasil a necessidade de padronizar conceitos e termos técnicos da área ambiental, tem sido discutida em vários grupos de trabalho, em diferentes universidades e centros de pesquisa, principalmente, em estudos que visem a recuperação ambiental (ALMEIDA, 2016).

A palavra “ambiente” vem do latim, onde o prefixo “ambi” significa “ao redor de algo” ou “ambos os lados” e o verbo “ambio”/“ambire” significa “andar em volta ou em torno de alguma coisa”, quando é acrescido o termo “meio” tem-se a especificação de que vai se referir do entorno, o que gera a expressão “meio ambiente” no Brasil e Espanha. Já nos idiomas francês e inglês utilizam-se as palavras “environnement” e “environment” respectivamente, ambas originadas do francês antigo “environer” que significa circunscreve, cerca e rodeia (Barbieri, 2011).

A cidade pode ser considerada meio ambiente construído ou um ecossistema antrópico, onde o grau de artificialidade atinge seu nível mais elevado. Nenhum ambiente é mais alterado do que a cidade em virtude da sua natureza altamente pavimentada e edificada. O efeito da urbanização é cada vez mais acentuada chegando a praticamente desvincular o ser humano de seu relacionamento com a natureza (Papini, 2009).

A gestão do meio ambiente urbano representa um desafio complexo para as sociedades contemporâneas. Não se trata apenas de considerar a preservação dos recursos ambientais, mas também de assegurar condições de vida digna à população, propiciando que parcelas da sociedade não sejam excluídas do processo de desenvolvimento das cidades (Souza, 2010).

Com base no exposto o presente trabalho buscou realizar um levantamento bibliográfico de conceitos ambientais (meio ambiente, impacto ambiental, poluição ambiental, contaminação ambiental, degradação ambiental) e geográficos, visando padronizá-los, para serem apropriados pela comunidade científica e a comunidade geral.

2.2. Metodologia

Trata-se de uma revisão bibliográfica que objetivou o levantamento de dados sobre

conceitos de termos ambientais: 1-Meio Ambiente e termos relacionados; 2- Conceitos de Impactos Ambientais e termos relacionados; 3- Poluição, Contaminação e Degradação Ambiental e termos relacionados.

Foi realizada revisão da literatura disponível nas bases de dados: Periódicos Capes, Scielo, Web of Scienc e Google Scholar, onde foram utilizados estudos publicados entre os anos de 2002 e 2022 (últimos vinte anos). Utilizou-se os descritores “Conceito” combinado com os termos ambientais “Impactos Ambientais”, “Poluição Ambiental”, “Contaminação Ambiental” e “Degradação Ambiental”. Foram utilizados também legislações, manuais técnicos, livros e autores renomados da área técnica ambiental. Os conceitos (legais e dos autores) coletados nos materiais bibliográficos pesquisados foram organizados três quadros, de modo comparativo.

As palavras chaves utilizadas na construção dos diferentes conceitos coletados sobre “Meio Ambiente”, foram organizadas e contabilizadas em gráficos, sendo construída uma nuvem de palavras, como ferramenta de análise do conteúdo, a fim de destacar os termos mais utilizados nestes conceitos, evidenciando os termos comuns, bem como complementando à análise temática.

2.3. Resultados e Discussões

2.3.1. *Conceito de Meio Ambiente e termos relacionados*

O conceito de “Ambiente” ou “Meio Ambiente” é central para o campo do planejamento e gestão ambiental, portanto, é amplo (pois inclui natureza e sociedade), é multifacetado (pois pode ser aprendido sob diferentes perspectivas) e é maleável (porque pode ser reduzido ou ampliado de acordo com as necessidades do analista ou os interesses dos envolvidos) (Sanches, 2020).

A Política Nacional do Meio Ambiente define Meio Ambiente, como “o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas” (Brasil, 1981).

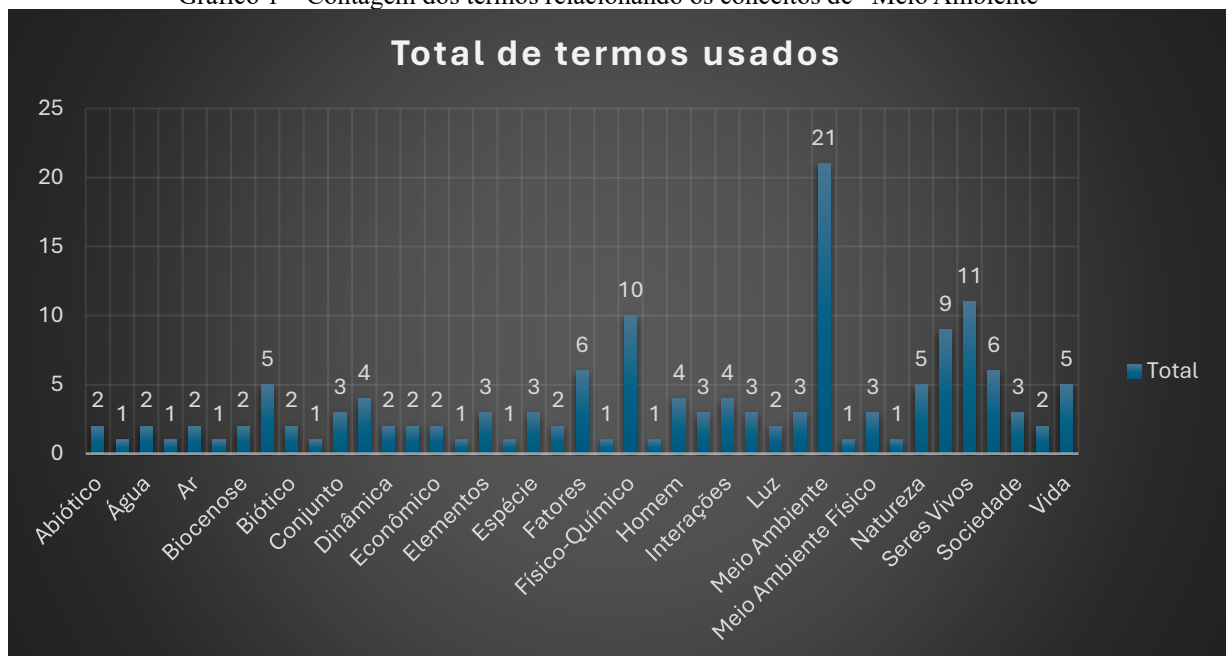
De um modo geral o termo Meio Ambiente compreende o meio físico-químico (temperatura, pressão, luz), meio biológico (seres vivos), e o meio social (aspectos culturais, econômicos e suas relações), podendo ser natural ou construído pelo homem.

Devido à complexidade de interações e relações existentes no meio ambiente, costuma-se dividir, à nível de estudo, o meio ambiente em: Meio Ambiente Físico-Químico; Meio Ambiente Biológico e Meio Ambiente Social. A expressão Meio ambiente adquiriu ao

longo do tempo vários significados, não se limitando apenas ao lugar e espaço ao redor. O Meio ambiente pode ser ainda classificado em Meio Ambiente natural ou Meio Ambiente construído, sendo que o meio ambiente natural é aquele que não sofreu ação antrópica e o meio ambiente construído é aquele que sofreu a intervenção do homem (Barbieri, 2011; Lima, Silva-Filho, Almeida, 2016).

No Quadro 02 são apresentados diferentes conceitos de “Meio Ambiente”, como resultados da presente pesquisa, e relaciona sua aplicabilidade em diferentes contextos e realidades. A partir dos dados do Quadro 2, foram organizadas e contabilizadas as palavras-chave e termos utilizados para construção no Gráfico 1

Gráfico 1 – Contagem dos termos relacionando os conceitos de “Meio Ambiente”



Fonte: Autoria Própria (2024)

Os conceitos coletados e apresentados no Quadro 2 utilizam no total 28 palavras-chave diferentes para descrever a ideia de “Meio Ambiente” (Gráfico 1) e que foram representados, sendo os mais comuns (acima de 3 repetições) as palavras-chave “Meio Ambiente” (21), “Seres Vivos” (11), “Físico-químico” (10), “Relações” (9), “Fatores” (6), “Social” (6), “Biológico” (5), “Natureza” (5), “Vida” (5), “Cultura” (4), “Interações” (4). Isso demonstra a interrelação dos principais elementos do meio ambiente, e as demais palavras-chave são complementares.

Também utilizando os conceitos do Quadro 2, foi construída uma “nuvem de conceitos” utilizando termos presentes nos conceitos, para melhor visualização dos principais termos utilizados (Figura 4).

A nuvem destaca os termos que foram mais repetidos, como mostra a contagem

feita no Gráfico 1, sendo os mais repetidos, demonstrando que estes termos são essenciais para compreensão de todo e qualquer conceito/ideia sobre “meio ambiente”.

Figura 4 – “Nuvem textual” dos termos presentes nos conceitos de Meio Ambiente



Fonte: Autoria Própria (2024).

O meio ambiente é um espaço geográfico cujos elementos (naturais e artificiais) se relacionam em um determinado território com complexas relações de poder e dominância, de diversos atores naturais (animais, plantas, condições físico-químicas) e sociais (população humana, dinâmica, econômica, cultural, entre outros) (Souza, 2017).

É importante a abordagem inicial dos conceitos de ambiente nos diversos estudos ambientais, para que a população possa melhor compreender e se tornar parte e assim se engajar nos cuidados com o meio ambiente, visando a sua sustentabilidade.

A prevalência das relações de poder e ocupação irá caracterizá-lo (como por exemplo meio ambiente natural, meio ambiente artificial, meio antrópico, meio ambiente do trabalho, cultural, etc.), bem como determinar seu curso de transformação ao longo do tempo.

Todos os seres vivos do meio ambiente estão sujeitos a diversas forças sejam elas de caráter natural (clima, temperatura, interação com outras espécies) e social (econômica, cultural, etc.). O meio ambiente também possui aspectos e condições (físico-químicas e disposição de recursos) que podem promover ou limitar a vida, o desenvolvimento das espécies, as populações e atividades humanas.

De maneira mais simplificada o meio ambiente pode ser entendido como o espaço geográfico e as relações entre os elementos que constituem o espaço e que afetam os seres vivos (o homem e as demais espécies).

Quadro 2 – Diferentes conceitos de meio ambiente e conceitos relacionados

MEIO AMBIENTE		
Nº	REFERÊNCIA	CONCEITO
1	Brasil, Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, Política Nacional do Meio Ambiente. Art. 3º, I., V.	<u>I. Meio Ambiente:</u> o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas. <u>V. Recursos Ambientais:</u> a atmosfera, as águas interiores, superficiais e subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo, os elementos da biosfera, a fauna e a flora.
2	Nuvolari (2013, p. 23, 202, 143, 148 e 147) Livro “Dicionário de Saneamento Ambiental”.	<u>Ambiente:</u> que cerca ou envolve os seres vivos ou as coisas, por todos os lados. <u>Meio Ambiente:</u> Em biologia, sobretudo na ecologia, inclui todos os fatores que afetam o metabolismo, o comportamento de um ser vivo ou uma espécie, incluindo a luz, o ar, a água, o solo (chamados fatores abióticos) e os seres vivos que habitam nesse ambiente e os que recentemente deixaram de viver constituem o meio ambiente biótico. Tanto o meio ambiente abiótico quanto o biótico atuam um sobre o outro para formar o meio ambiente total dos seres vivos e dos ecossistemas. <u>Fauna:</u> Conjunto de animais de uma região ou de um período geológico. <u>Flora:</u> Conjunto de plantas de uma região ou o tratado a cerca dessas plantas. <u>Físico-químico:</u> inclui os campos da termodinâmica, eletroquímica, química quântica e cinética.
3	Barbieri (2011, p.1-10) Livro “Gestão Ambiental Empresarial”.	<u>Meio Ambiente:</u> é tudo que envolve ou cerca os seres vivos. O termo “Meio Ambiente” compreende o meio físico-químico (temperatura, pressão, luz), meio biológico (seres vivos), e o meio social (aspectos culturais, econômicos e suas relações), podendo ser natural ou construído pelo homem. É tudo o que envolve ou cerca os seres vivos, compreende o ambiente físico e biológico originais, e o que foi alterado, destruído e construído pelos humanos, como as áreas urbanas, industriais e rurais.
4	Lima, Silva-Filho, Araújo (2016). Livro “Dicionário de termos usados em Ecologia”.	<u>Meio ambiente:</u> conjunto dos agentes físicos, químicos, biológicos e dos fatores sociais susceptíveis de exercerem um efeito direto ou mesmo indireto, imediato ou a longo prazo, sobre todos os seres vivos, inclusive o homem. <u>Ecologia:</u> deriva do grego <i>oikos</i> = casa e <i>logia</i> = estudo. É a ciência que estuda todas as relações entre os organismos atuais e os ambientes envolventes, a distribuição dos organismos nestes ambientes, bem como a natureza das suas interações.
5	Grisi (2007, p. 83, 157 e 158; p.111; p.198; p.26). Livro “Glossário de Ecologia e Ciências Ambientais”.	<u>Meio Ambiente:</u> reunião do ambiente físico e seus componentes bióticos. A expressão “meio ambiente” é considerada por alguns autores como dúbia e pleonástica e como tal, incluem dimensões muito amplas com conotações econômicas, socioculturais e de segurança, inerentes ao ambiente humano.
		<u>Ecologia:</u> Estudo da relação de um organismo ou de grupos de organismos, com o ambiente em que vivem, ou estudo das relações que os organismos mantêm entre si. A ecologia pode ser sucintamente definida como o estudo da estrutura e função da Natureza. As duas grandes divisões da ecologia são a ecologia vegetal e a animal. Entre outras subdivisões da ecologia destaca-se a ecologia humana (ou etnoecologia), que estuda as relações da sociedade humana com o seu ambiente natural, aplicando métodos de estudo e princípios ecológicos.
		<u>Física Ambiental:</u> utilização dos conhecimentos de física no estudo e compreensão da estrutura e principalmente dos processos físicos que ocorrem nos <u>ambientes naturais</u> , sendo campo de grande interesse da ecologia. A física da terra (ou geofísica) e a física do clima (radiação, temperatura, umidade, movimento do ar e da água etc.), por exemplo, provêm conhecimentos fundamentais à compreensão dos processos ecológicos. <u>Química Ambiental:</u> uma visão da química (elementos químicos, compostos e suas estruturas, processos químicos etc.) relacionada ao ambiente em que vivem os organismos, ou seja, o <u>ambiente físico-químico</u> : a terra, o ar e a água. Esta possível disciplina, não seria uma mera subdivisão da química, mas sim uma maneira de entender a química moderna relacionando seus princípios básicos e conhecimentos atualizados, de maneira a propiciar ao ser humano a possibilidade de avaliar inteligentemente suas chances de usufruir dos ambientes por tempo indeterminado, sem

		comprometer sua vitalidade e qualidade. A química ambiental promove a junção dos conhecimentos da biologia molecular, bioquímica e ecologia, como bases necessárias ao desenvolvimento de tecnologias limpas.
		Antrópico: relativo ao ser humano. Quando por exemplo, nos referimos ao “ meio antrópico ”, queremos dizer tudo que diz respeito ao homem, ou seja, os fatores sociais, econômicos e culturais, em interação com o ambiente em que ele vive.
6	Pappini (2009, p. 3 – 5; p. 80 – 82). Livro “Vigilância em Saúde Ambiental”.	Meio Ambiente: está associado ao conceito de ecologia. Ecologia: é uma ciência natural que estuda os ecossistemas. Ecossistema: é a unidade básica da ecologia, pode ser definido como todo e qualquer ambiente não vivo (abiótico) que possua condições de manter a vida juntamente com seres vivos e todas as interações presentes, funcionando continuamente como conjunto, não se limitando apenas ao ambiente (biótopo) e aos seres vivos (biocenose ou comunidade), mas, sim, levando em consideração as interações presentes e sua influência no sistema como um todo. Paisagem: Tudo o que se vê e o que é vivido ou sentido por cada ser humano de acordo com seus julgamentos de valor e com a análise individual influenciada pelos meios social, cultural, ambiental e emocional, sendo assim diferente para cada um. Ambiente Urbano: Meio ambiente Urbano ou o Ambiente das cidades, é o meio que apresenta paisagem altamente modificada em virtude da sua natureza altamente pavimentada e edificada e tende, de um modo geral, apresentar algumas características como o afastamento e ausência de contato com o meio natural, a concentração e a elevada densidade populacional, e a predominância de atividade industrial e de prestação de serviços. Espaço Rural: Meio Ambiente Rural ou ambiente rural ou espaço agrícola, apresenta modificação da paisagem, com a retirada da mata original para dar lugar à culturas agrícolas, criação de gado e outros sistemas agropecuários, contudo ainda mantém alguns elementos naturais originais e silvestre. É diferente do ambiente urbano, pela sua relação com a terra, tanto do ponto de vista econômico, como do social e espacial, pelas principais atividades em que se concentra a população economicamente ativa, pelas diferenças no tamanho e na densidade populacional.
7	Brilhante (1999, p. 24). Livro “Gestão e avaliação da poluição, impacto e risco na saúde ambiental”.	Meio ambiente: é um conjunto, a um dado momento, de agentes físicos, químicos, biológicos e de fatores sociais suscetíveis de provocar um efeito direto ou indireto, imediato ou a termo, sobre os seres vivos e as atividades humanas. Alteragene: toda substância ou todo fator que provoque uma alteração do meio ambiente. Perturbação: toda alteragene que comporte um risco notável para a saúde e a qualidade de vida do homem ou que pode lhe atingir indiretamente, através de repercussões sobre o seu patrimônio cultural e econômico.
8	Almeida (2016, p. 25) Livro “Recuperação ambiental da Mata Atlântica”.	Meio ambiente: é o conjunto de todas as condições e influências externas que afetam a vida e o desenvolvimento de um organismo. Habitat: área física onde o organismo vive e preenche todas suas necessidades. Ecossistema: é o conjunto de componentes bióticos (vivos) e abióticos (não vivos) que, em um determinado meio, trocam matéria e energia.

Fonte: Autoria Própria (2024).

2.3.2. Conceitos de Impactos Ambientais e termos relacionados

O conceito legal de impacto ambiental é dado pela resolução Conama 01 (BRASIL, 1986), e trata-se de “Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas, biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e V - a qualidade dos recursos ambientais”.

Trata-se de um dos termos mais abrangentes, que se interpretado literalmente, abrange toda e qualquer atividade ou ação humana, desconsiderando que os impactos ambientais podem ser também positivos.

Considerando o conceito legal de Impacto Ambiental, tanto a Política Nacional de Meio ambiente (Lei 6.938/1981) quanto a resolução do Conama (1986), exigem que atividades Potencialmente Poluidoras (PP) ou Utilizadoras de Recursos Naturais (URN), ao longo do processo de Licenciamento Ambiental, realizem os Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatórios de Impactos Ambientais (RIMA).

Tenório e Espinosa (2004, p.156) complementam, que o ser humano não é o único agente causador de desequilíbrio localizado, contudo, o homem tem capacidades que o torna único, uma vez que é capaz de transformar em larga escala os materiais e tornar estável substância e produtos em forma que o meio ambiente não conhece e não tem a capacidade de absorção nem mesmo a longo prazo.

Tem sido ressaltado que a ideia de impacto ambiental pode levar a diferentes observações sobre o meio físico natural sejam relacionadas à questão estrutural do substrato bem como os processos geodinâmicos externos relacionados a degradante atividade de uso e ocupação de solos (Teixeira; Camargo; Martins Júnior, 2018).

Com base nos vários estudos (Quadro 3) pode se concluir que: Impactos ambientais são todas as alterações ambientais (negativa ou positiva; direta ou indireta; presente, passada ou futura; de curto, médio ou longo prazo) causada por atividades ou empreendimentos humanos que afetam os aspectos ambientais de uma determinada área (Sanches, 2020; Barbieri, 2011; Moura, 2011; Brasil, 2006).

Por esse motivo existem muitos conceitos de “Impacto Ambiental” em função das diversas alterações ambientais. Diferentes conceitos de impactos ambientais e termos relacionados estão apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 – Conceito de Impacto Ambiental

IMPACTO AMBIENTAL		
Nº	REFERÊNCIA	CONCEITO
1	Brasil (1986), Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986, do CONAMA, Art. 1º.	Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas, biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V - a qualidade dos recursos ambientais.
2	Sanches (2020, p. 28) Livro “Avaliação de Impactos Ambientais: Conceitos e Métodos”	Impacto ambiental: ... associado a algum dano à natureza, como mortalidade da fauna silvestre após o vazamento de petróleo no mar ou em um rio
3	Barbieri (2011, p.307) Livro “Gestão Ambiental Empresarial”.	Impacto Ambiental: “Qualquer mudança no ambiente natural e social decorrente de uma atividade ou de um empreendimento proposto. “Alterações no meio ambiente físico, biótico e social decorrente de atividades humanas em andamento ou propostas, podendo ser real ou potencial.
4	Moura (2011, p103, 148 e 149). Livro “Qualidade e Gestão Ambiental”.	Aspectos ambientais: são todos elementos das atividades produtos ou serviços de uma organização/sociedade/população que podem interagir com o meio ambiente. Palavra chave na conceituação de “aspecto ambiental” é a de “interação” com o “meio ambiente”. Ex: matérias primas naturais, consumo de água e energia, emissões para atmosfera ou corpos d’água. Impacto Ambiental: “Quaisquer modificações no meio ambiente (adversas ou benéficas) que resultem dos aspectos ambientais da organização”. Impacto Ambiental Negativo (-): Qualquer alteração das propriedades do meio ambiente (físicas, químicas, biológicas), causada por ações antrópicas (qualquer forma de matéria ou energia), tendo ou não finalidade econômica (podendo ou não gerar renda, emprego ou ganhos sociais e econômicos), que resultante negativamente no prejuízo da qualidade ambiental ecológica. Impacto Ambiental Positivo (+): Qualquer alteração das propriedades do meio ambiente (físicas, químicas, biológicas), causada por ações antrópicas tendo ou não finalidade econômica (podendo ou não gerar renda, emprego ou ganhos sociais e econômicos), que resulte positivamente na melhoria ou recuperação da qualidade ambiental ecológica Impacto Direto (D): Está associada à relação de causa e efeito decorrente da atividade. Impacto Indireto (I): Está associada a desdobramentos da relação de causa e efeitos e/ou efeitos secundários da atividade. Temporalidade do Impacto Ambiental (P, A e F): Um aspecto do impacto relacionado ao tempo de ocorrência (Passado, Atual e Futuro).
5	DNIT (Brasil, 2006, p.56 - 57). Livro “Glossário de Termos Técnico Ambientais e Terrestre”.	Impacto Ambiental: Qualquer alteração significativa no meio ambiente, adversa ou benéfica, em um ou mais de seus componentes, ou seja, no todo ou em parte do mesmo, provocada por uma ação humana, por atividade, produto ou serviço de um projeto, programa ou empreendimento. Impacto Ambiental Significativo (AIS): É define-se como aquele cuja abrangência de risco ambiental se estende a grande ou média área geográfica, envolvendo contingente humano razoável, meio biótico considerável, ou então, quando existem outros órgãos governamentais federais, estaduais ou municipais envolvidas no processo construtivo. Impacto Direto: Quando resulta de uma simples relação de causa e efeito, também chamado impacto primário ou de primeira ordem. Impacto Estratégico: Quando é afetado um componente ou recurso ambiental de importância coletiva ou nacional. Impacto Imediato: Quando o efeito surge no instante em que se dá a ação. Impacto Indireto: Quando é uma reação secundária em relação à ação ou quando é parte de uma cadeia de reações; também chamado impacto secundário ou de enésima ordem (segunda, terceira etc.), de acordo com sua situação na cadeia de reações. Impacto Local: Quando a ação afeta apenas o próprio sítio e suas imediações. Impacto Negativo ou Adverso: Quando a ação resulta em danos à qualidade de um fator ou parâmetro ambiental. Impacto Permanente: Quando, uma vez executada a ação, os efeitos não cessam de se manifestar, num horizonte temporal conhecido. Impacto Positivo ou Benéfico: Quando uma ação resulta na melhoria da qualidade de um fator ou parâmetro ambiental.

		<u>Impacto Regional:</u> Quando um efeito se propaga por uma área além das imediações do sítio onde se dá a ação. <u>Impacto Temporário:</u> Quando o efeito permanece por um tempo determinado. <u>Indicador de Impacto:</u> São elementos ou parâmetros de uma variável que fornecem a medida da magnitude de um impacto ambiental. Podem ser quantitativos, quando representados por uma escala numérica, ou qualitativos, quando classificados simplesmente em categorias ou níveis.
6	Rosa, Fraceto, Moschini-Carlos (2012, p.219). Livro “Meio Ambiente e Sustentabilidade”.	<u>Impacto Ambiental</u> “Qualquer mudança positiva ou negativa de um ponto qualquer, provocada por uma ação ou atividade no meio ou em algum de seus componentes.
7	Lima, Silva-Filho, Araújo, (2016, p. 19, 103). Livro “Dicionário de termos usados em Ecologia”.	<u>Aspecto:</u> forma da aparência visual de um organismo, relativa aos outros animais, que pode mimetizar as características do ambiente ou de outros animais ou objetos. <u>Impacto Ambiental:</u> Alteração física, química ou biológica ocorrida no ambiente que possa ter mudado a faixa normal de operação das biocenoses. Quando a origem do estresse for por atividade humana será denominado antrópico.
8	Grisi (2007, p.135). Livro “Glossário de Ecologia e Ciências Ambientais”.	<u>Impacto Ambiental:</u> Refere-se, genericamente, à ação induzida pelo homem e seu efeito sobre os ecossistemas, ou ainda seu efeito e significância para a sociedade humana. “Ação, efeito e significância” são três conceitos distintos em avaliação de impacto, sendo preferível limitar o termo impacto” ao efeito de ação induzida pelo ser humano.

Fonte: Autoria Própria (2024).

2.3.3. Poluição, Contaminação e Degradação Ambiental: terminologias utilizadas para descrever meio ambientes impactados negativamente

Os conceitos discutidos nesse tópico possuem grande semelhança nos seus significados, principalmente quando são utilizados no cotidiano de forma não técnica, onde são considerados sinônimos. Estes conceitos (Poluição, Contaminação e Degradação) expressam aspectos negativos da qualidade de um determinado meio ambiente, contudo, de forma técnica, os mesmos conceitos apresentam diferentes significados e aplicações. Os conceitos dos três termos, com base em vários autores foram agrupados em um só quadro (Quadro 4).

2.3.3.1. Poluição Ambiental

O Conceito Legal de “Poluição”, presente na Política Nacional do Meio Ambiente, Lei Federal nº 6.938 (BRASIL, 1981) está associado ao conceito de “Degradação”. Na Lei “Poluição” é “A degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos”.

Este conceito é muito semelhante a definição dada ao “Impacto Ambiental” pela Resolução 001, de 23 de janeiro de 1986, do CONAMA (Art. 1º), tanto é que os cinco aspectos levantados nos itens de impacto (“I”, “II”, “III”, “IV”, “V”) (Quadro 3, nº1) e nos itens de poluição (“a”, “b”, “c”, “d” e “e”) (Quadro 4, nº1) são praticamente idênticos, referindo-se aos mesmos aspectos. Isto indica que o legislador quis criar uma semelhança entre o conceito de impacto e poluição, mas na prática, tornou difícil sua aplicação (Brasil, 1981; Brasil, 1986).

Atualmente vários autores (Moura, 2011; Barbieri, 2011) têm considerado que o impacto ambiental pode ser qualquer alteração positiva ou negativa (impactos positivos ou impactos negativos), e segundo Barbieri (2011, p. 307) o impacto ambiental negativo corresponde à poluição.

De uma maneira mais simples, poluição é a adição ou o lançamento de qualquer substância, matéria ou forma de energia (luz, calor, som) ao meio ambiente em quantidades que resultem em concentrações maiores que as naturalmente encontradas, sendo adicionado a uma velocidade maior que possa ser absorvido. (Ambiente Brasil, 2022; Lima, Silva-Filho, Araújo, 2016; Grisi, 2007).

Para Manahan (2013) no ponto de vista da química, a maioria dos poluentes são recursos desperdiçados ou em excesso, e cita o exemplo do fosforo, utilizado tanto no tratamento de esgoto, quanto na agricultura, que em excesso (em concentrações maiores que as naturais) causa poluição.

Os tipos de poluição são, em geral, são classificados em relação ao componente ambiental afetado (poluição do ar, da água, do solo), pela natureza do poluente lançado (poluição química, térmica, sonora, radioativa etc.) ou pelo tipo de atividade poluidora (poluição industrial, agrícola, etc.) (Ambiente Brasil, 2022; Lima, Silva-Filho, Araújo, 2016; Grisi, 2007).

O quadro 4 traz conceitos e exemplos de poluição, dentre eles vale destacar, a poluição nos meios aquáticos que leva eutrofização (que é o excesso de nutrientes, em geral matéria orgânica, que pode ser causado pelo homem) e a poluição sonora (que é o excesso de ruídos de uma região) (Ambiente Brasil, 2022; Lima, Silva-Filho, Araújo, 2016; Grisi, 2007).

Vale ressaltar que a Lei de Crimes Ambientais, nº 9.604 (Brasil, 1998), traz cinco tipos principais de crimes, sendo um destes o crime de Poluição (Seção III, do art. 54 ao 61). A Constituição Federal de 1988, art. 225, § 3º, determina que “As condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados”, mas no caso específico de “poluição”, a Lei 6.938/1981, 14, § 1º, determina que “... é o poluidor obrigado, independentemente da existência de culpa, a indenizar ou reparar os danos causados ao meio ambiente e a terceiros, afetados por sua atividade”, em outras palavras, quem causa impacto está sujeito a multa, mas quem causa poluição além de multa tem que recuperar o dano.

A despoluição é o processo de restauração/recuperação de ambientes poluídos, principalmente em ambientes aquáticos, que de forma geral aplicam metodologias de fitorremediação², tais como, os estudos de Mende e Pina (2023) que utilizaram a fitorremediação para despoluição, tratamento de efluentes e manejo das águas pluviais de um centro de pesquisa, através da instalação de “Jardins Filtrantes”, “Jardins de Chuva” e “Biovaletas” e o estudo de David e Hirossue (2023) que trabalhou a possibilidade de

² **Fitorremediação:** A técnica da fitorremediação consiste em plantar em solos contaminados/degradados, diversas espécies vegetais, com potencial de remover e/ou degradar compostos poluentes/contaminantes (químicos, orgânicos, metais e/ou radionuclídeos) presentes no solo ou água, armazenando nas partes das plantas (raízes, folhas, etc.), reduzindo assim os impactos ao meio ambiente e a acelerando recuperação do meio (Lima, *et al*, 2024; Manahan, 2013).

despoluição das águas dos Rios Tietê e Pinheiros, para isso, cita as inúmeras ações e o processo histórico de despoluição do Rio Tâmisa, em Londres, e do Rio Sena, em Paris. Em ambos os casos o controle da emissão de esgoto e investimentos com saneamento básico foi o primeiro passo para combater a poluição desses os rios; em ambos os estudos citados o controle da poluição, gerada pelos esgotos, foi feito através de medidas de despoluição dos efluentes, pois uma vez que a fonte de poluição é eliminada espera-se o aumento e gradativo retorno da qualidade ambiental (Mende, Pina, 2023; David, Hirossue, 2023).

2.3.3.2. *Contaminação Ambiental*

A “Contaminação Ambiental” se refere a um elemento estranho ao ambiente, ao qual o meio não conhece e não pode eliminar, a “Contaminação Ambiental” também pode estar relacionada substâncias de difícil degradação no meio ambiente, tais como os agrotóxicos, metais pesados e micro plástico (Carvalho, *et al*, 2022; Cesar, *et al*, 2014). Mais recentemente o micro plástico também está associado à contaminação ambiental, pois os plásticos se decompõem em partículas menores, que contaminam a fauna marinha e que por meio da cadeia alimentar prejudicando os seres humanos (Ribeiro, Sanches, Martins, 2022).

Vale ressaltar que não foi encontrado um conceito legal, descrito por Lei Federal ou pelas resoluções do Conama (órgão consultivo e deliberativo), para o termo “Contaminação Ambiental”, os conceitos mais próximos encontrados foram o de “Área Contaminada” Lei 13.577, do Estado De São Paulo (2009) e mais recentemente na portaria nº 164/2022 do IBAMA (órgão executor) os conceitos de “Área contaminada” e “Contaminação”, relacionados à presença de substância(s) química(s).

A portaria nº 164, de 28 de dezembro de 2022, trouxe esclarecimentos sobre os termos “poluição” e “contaminação”, onde ambos trazem a conotação de um evento ou uma situação indesejável no meio ambiente, porém, diferem quanto aos impactos causados por eles; enquanto a poluição sempre produz um efeito adverso, a contaminação pode ou não ser prejudicial, a depender da concentração e da via de exposição do contaminante (Brasil, 2022). Vale ressaltar que a portaria 164/2022 do IBAMA buscou estabelecer o escopo temático e conceitual de atuação do IBAMA na remediação de áreas contaminadas (Brasil, 2022).

A contaminação é simplesmente a presença de uma substância/microorganismo onde não deveria estar, ou em concentrações acima do nível normal, já a poluição é a contaminação que resulta ou pode resultar em efeitos biológicos adversos para as comunidades residentes, em outras palavras, nem todos os poluentes são contaminantes, mas todos os contaminantes são poluentes, assim diferenciar poluição de contaminação não pode ser feito apenas com base em

análises químicas, porque tais análises não fornecem informações sobre biodisponibilidade ou toxicidade (Brasil, 2022; Manahan, 2013; Grisi, 2007; Champman, 2007).

Com base nos conceitos expostos no Quadro 4, pode-se compreender que, a “Contaminação ambiental” é a alteração negativa da qualidade ambiental provocada por um “elemento externo” (energia, substância química, agente patógeno, entre outros) desconhecido daquele ecossistema, que o prejudica e /ou impede sua regeneração natural. Assim as alterações negativas da qualidade ambiental são sempre (ou levam à) poluição ambiental, mas nem sempre é contaminação, pois esta precisa inviabilizar a vida (tornando o meio impróprio), alterar os processos naturais de regeneração e ser provocada por um elemento externo desconhecido daquele ecossistema.

Kokke (2022) aborda sobre a contaminação ambiental do solo e da água, enfatizando que por diversas vezes dano e efeitos potenciais são ocultos, imprecisos, principalmente em estudos de cursos d’água ou consumo de alimentos com níveis de substâncias de risco.

Para a “Descontaminação Ambiental”, a retirada de substâncias/materiais causadores de contaminação ambiental, são utilizadas diversas técnicas, a depender do material que esteja causando a contaminação, entre os processos de descontaminação ambiental, se destacam, os “Processos Oxidativos Avançados” (POA); diversas técnicas de fitorremediação (tanto no solo quanto na água) (Lima, *et al*, 2024; Rodrigues, Orlandelli, 2018; Manahan, 2013; Nogueira, Jardim, 1997).

2.3.3.3. *Degradação Ambiental*

O Conceito Legal de “Degradação” ou “Degradação Ambiental” está presente na Política Nacional do Meio Ambiente, Lei Federal N°6.938 (Brasil, 1981), como sendo “A alteração adversa das características do meio ambiente”. O que torna o conceito de degradação muito abrangente e de difícil aplicação na prática.

A degradação ambiental é um termo de conotação negativa, que de forma geral qualquer alteração adversa dos processos, funções, componentes ambientais, qualidade ambiental e deterioração do meio ambiente, por meio do esgotamento de recursos que formam nosso entorno (ar, água, solo, animais selvagens e entre outros), cujo principal fator de degradação ambiental é a causa humana (urbanização moderna, industrialização, crescimento da superpopulação, desmatamento, etc.) e natural (enchentes, tufões, secas, aumento de temperaturas, incêndios, etc.) (Sanches, 2020; Maurya, 2020).

Com base nos conceitos de “Degradação Ambiental” (Quadro 4), a degradação ambiental, de modo geral, está relacionada ao meio ambiente natural, cujas ações humanas

(impactos ambientais), tornam a área impossibilitada de retornar/recuperar/regenerar suas características e padrões naturais (preestabelecidos antes dos impactos ambientais causados), ou seja, a área apresenta baixa resiliência, isto é, seu retorno ao estado anterior pode não ocorrer ou ser extremamente lento, sendo a ação antrópica necessária.

A Constituição Federal de 1988, em seu art. 225, declarou como sendo um dos deveres do Poder Público, exigir na forma da Lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental a que se dará publicidade (Brasil, 1988).

Segundo Sanches (2020, p. 26 e 27) assim como a poluição se manifesta a partir de um certo patamar, também a degradação pode ser percebida em diferentes graus, sendo que dependendo do grau de perturbação, a partir de um certo nível de degradação, a situação do meio ambiente pode ficar insuportável, impedindo que a recuperação espontânea pode ser impossível, ou somente se dá a prazo muito longo, desde que a fonte de perturbação seja retirada, ou com intervenção antrópica. O ambiente pode ser degradado de diversas maneiras (como por exemplo degradação do solo, da vegetação das águas) e a expressão “área degradada” sintetiza esse conjunto de degradações (Sanches, 2020).

Dar e Singh (2022) descrevem a relação entre a “degradação ambiental” e a “pobreza”, onde a degradação ambiental afeta desproporcionalmente as comunidades empobrecidas, pois contribui para a pobreza por meio de diferentes agentes que afetam a saúde humana e esgotam a produtividade dos recursos naturais e artificiais dos quais os pobres dependem, ao mesmo tempo que, a pobreza restringe os pobres a realizar atividades que levarão a danos ao meio ambiente.

O ambiente construído também se degrada, assim como os espaços naturais (Sanches, 2020). No ambiente natural, o termo degradação está relacionado à perturbações e distúrbios do ecossistema, já no ambiente urbano a degradação está geralmente associada à perda da função urbana, assim, no ambiente urbano, as áreas degradadas são entendidas como espaços vazios, abandonados e subutilizados, que perderam sua função qualitativa do ponto de vista econômico, ambiental ou social, sendo que: 1 - sob o aspecto econômicos, são locais desvalorizados e excluídos de investimentos; 2 - sob o aspecto social, são áreas mais vulneráveis a atividades marginais e ilícitas, favorecendo a violência e o crime, vulneráveis à ocupação irregular, e, geralmente se verifica a ausência de identidade da comunidade com o local; e 3 - sob o aspecto ambiental, suas características físicas, químicas e os processos ecológicos estão comprometidos, seja pela ausência da flora e fauna, contaminação, pela erosão, lixiviação e assoreamentos (Sanches, 2014).

Quadro 4 – Poluição Contaminação e Degradação Ambiental

POLUIÇÃO AMBIENTAL		
Nº	REFERÊNCIA	CONCEITO
1	Brasil, Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, Política Nacional do Meio Ambiente. PNMA. Art. 3º, III., IV.	Poluição: A degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos. Poluidor: a pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, responsável, direta ou indiretamente, por atividade causadora de degradação ambiental.
2	Brasil, Resolução Conama nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento.	Art 2º, VII, Carga Poluidora: quantidade de determinado poluente transportado ou lançado em um corpo de água receptor, expressa em unidade de massa por tempo;
3	Brasil, Portaria IBAMA, Nº 164, de 28 de dezembro de 2022, anexo, item 2.0	2.2.7. Poluição: Conceito idêntico ao estabelecido pela PNMA Lei nº 6.938/1981.
4	Sanches (2020, p. 25) Livro “Avaliação de Impactos Ambientais: Conceitos e Métodos”	Poluição: É entendida como uma condição do entorno dos seres vivos que lhes possa ser danosa. As causas da poluição são as atividades humanas que, no sentido etimológico, “sujam” o ambiente. O verbo poluir é de origem latina, <i>Polluere</i>, e significa profanar, manchar, sujar, poluir.
5	Barbieri (2011) Livro “Gestão Ambiental Empresarial”	Poluição: O impacto ambiental negativo corresponde à poluição.
6	Ambiente Brasil (2022). Glossário. Letra P. “Poluição”	Poluição: É a adição ou o lançamento de qualquer substância, matéria ou forma de energia (luz, calor, som) ao meio ambiente em quantidades que resultem em concentrações maiores que as naturalmente encontradas. Os tipos de poluição são, em geral, classificados em relação ao componente ambiental afetado (poluição do ar, da água, do solo), pela natureza do poluente lançado (poluição química, térmica, sonora, radioativa, etc.) ou pelo tipo de atividade poluidora (poluição industrial, agrícola, etc.).
7	Lima, Silva-Filho, Araújo, (2016). Livro “Dicionário de termos usados em Ecologia”	Poluição: degradação da qualidade ambiental resultante das atividades que direta ou indiretamente prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população, criem condições adversas às atividades sociais e econômicas, afetem desfavoravelmente a biota, afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente, e lancem materiais ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos. A ação de introduzir no meio ambiente qualquer substância ou agente que possa prejudicar, sendo adicionado a uma velocidade maior que possa ser absorvido. Poluição Biológica: termo utilizado para quando uma espécie exótica invasora interfere na capacidade de sobrevivência das demais espécies nativas. Poluidor: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, responsável, direta ou indiretamente, por atos causadores de degradação ambiental.
8	Grisi (2007, p.185). Livro “Glossário de Ecologia e Ciências Ambientais”.	Poluente: poluente = agente poluidor: Resíduo ou qualquer outro material proveniente da fabricação e uso ou da atividade do homem, lançado por este na Natureza e que causa poluição. Poluente Primário: Dá-se esta designação (complementar) ao agente poluidor que por si só, causa poluição. Poluente Secundário: Designação (complementar) dada ao agente poluidor que se constitui como tal ao reagir com um outro componente natural ou um outro poluente.

		<u>Poluição:</u> Efeito acarretado pelo procedimento humano de lançar na Natureza, resíduos, dejetos ou qualquer outro material que altere as condições naturais do ambiente, contaminando ou deteriorando nossa fonte natural de recursos, do ar, terra ou água, sendo prejudicial ao próprio homem ou a qualquer ser vivo desejável. O termo poluição é aplicado hoje a uma vasta gama de consequências de procedimentos humanos, mormente nos centros de grande atividade ou aglomeração, tais como excesso de efeitos sonoros (poluição sonora ou auditiva), de efeitos visuais (poluição visual), poluição do ar, poluição térmica (por geração indesejável de calor), poluição alimentar etc.
9	Pappini (2009, p. 3 - 5; p. 80 - 90). Livro “Vigilância em Saúde Ambiental”.	<u>Poluição do Solo:</u> alterações nas camadas superficiais e profundas do solo que interfiram com sua capacidade de manter as condições físicas e químicas propícias de suportar a vida caracterizam a poluição edáfica ou poluição do solo. <u>Poluição Atmosfera:</u> trata-se da emissão de produtos, denominados de poluentes atmosféricos (óxidos de nitrogênio e enxofre, monóxido de carbono e material particulado) que podem causar danos à saúde de todos os seres vivos (animais, vegetais e o homem) e danos ao revestimento de moradias e outras estruturas urbanas. <u>Poluição da Aquática:</u> Alteração de ordem física, química e biológica causado por atividades humanas (lançamento de esgoto, localização inadequada de indústrias e práticas agrícolas errôneas) que contribuem para a perda de qualidade dos recursos hídricos.
10	Brilhante (1999 p. 24) Livro “Gestão e avaliação da poluição, impacto e risco na saúde ambiental”.	<u>Poluição:</u> Do ponto de vista ecológico, poluição é definida como qualquer alteração da composição e das características do meio que cause perturbações nos ecossistemas, ou ainda, como uma interferência danosa nos processos de transmissão de energia. Consiste em distúrbios ambientais consubstanciados em fatos ou fenômenos desfavoráveis, diretos ou indiretos. <u>Despoluição:</u> apareceu somente no final dos anos 70 e pode ser empregado no sentido de retirar do meio exterior aquilo que pode ser nocivo.
11	Manaham (2013, p.16) Livro “Química Ambiental”	<u>Poluente:</u> é uma substância presente em concentrações maiores que a natural, resultado da atividade humana que tem um efeito final nocivo no ambiente ou em algo de valor dele.
12	Basso, Gauzelli (2004, p. 58). Livro “Curso de Gestão Ambiental”	<u>Poluição das águas:</u> A poluição das águas pode ser definida como a alteração de suas características físicas, químicas ou biológicas, que prejudica um ou mais de seus usos preestabelecidos, ou seja, a água disponível para ser utilizada deve estar associada à usos atuais ou futuros que deverão estar compatíveis com sua qualidade também atual ou futura
CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL		
Nº	REFERÊNCIA	CONCEITO
1	Brasil (2022), Portaria IBAMA, Nº 164, de 28 de dezembro de 2022, anexo, item 2.0	<u>2.2.1 Área Contaminada:</u> área onde as concentrações de substâncias químicas de interesse estão acima de um valor de referência vigente na região, ou no país, ou na ausência desse, aquele internacionalmente aceito, que indica a existência de um risco potencial à segurança, à saúde humana ou ao meio ambiente. <u>2.2.4 Contaminação:</u> presença de substância(s) química(s) no ar, água ou solo, decorrentes de atividades antrópicas, em concentrações tais que restrinjam a utilização desse recurso ambiental para os usos atual ou pretendido, definidas com base em avaliação de risco à saúde humana, assim como aos bens a proteger, em cenário de exposição padronizado ou específico.
2	Estado de São Paulo (2009). Lei 13.577. Dispõe sobre diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas, e dá outras providências correlatas.	<u>II - Área Contaminada:</u> área, terreno, local, instalação, edificação ou benfeitoria que contenha quantidades ou concentrações de matéria em condições que causem ou possam causar danos à saúde humana, ao meio ambiente ou a outro bem a proteger;
3	Lima, Silva-Filho, Araújo, (2016). Livro “Dicionário de termos usados em Ecologia”.	<u>Contaminação:</u> qualquer tipo de impureza de um determinado meio. <u>Contaminação atmosférica:</u> qualquer tipo de impureza contida no ar atmosférico e emanada por indústria, comércio, economia doméstica, tráfego aéreo, marítimo ou terrestre. <u>Contaminação eletromagnética:</u> mistura de diferentes e incompatíveis espectros de ondas de rádio, o que possibilita interferência em inúmeras atividades, como a navegação aérea.

4	Manaham (2013, p. 15-16; 545 - 546) Livro “Química Ambiental”	<u>Contaminante:</u> que não são classificados como poluentes, a menos que tenham algum efeito prejudicial, causam desvio na composição normal de um ambiente. <u>Contaminação de alimentos:</u> são os alimentos sujeitos à contaminação devidos às práticas agrícolas inadequadas, podendo ser microbiológica (<i>salmonella</i>) e química (pesticidas, herbicidas, etc).
5	Grisi (2007, p.63) Glossário de Ecologia e Ciências Ambientais	<u>Contaminação:</u> Resultado do contato de organismos, geralmente o ser humano, com substâncias nocivas à saúde, tais como substâncias tóxicas ou radioativas ou organismos patogênicos. A contaminação refere-se ao efeito do contato com poluentes, não devendo, portanto, ser confundida com poluição.
6	DNIT (BRASIL, 2006, p.29) Glossário de termos Técnico Ambientais e Terrestre.	<u>Contaminação:</u> A ação ou efeito de ou infectar por contacto. Termo usado, muitas vezes, como sinônimo de poluição, porém quase sempre empregado em relação direta a efeitos sobre a saúde do homem.
7	Hirata e Fernandes (2008, p. 405-424). Livro “Hidrologia: Conceitos e aplicações”	<u>Contaminação de aquíferos:</u> é a degradação das águas subterrâneas, ocasionada pela perda de qualidade da água potável, isto é, quando esta apresenta níveis de concentração de substâncias nocivas superiores aos padrões de qualidade estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS).
8	Manaham (2013, p.16) Livro “Química Ambiental”	<u>Contaminante:</u> os contaminantes, que não são classificados como poluentes a menos que tenham algum efeito prejudicial, causam desvios na composição normal de um ambiente
DEGRADAÇÃO AMBIENTAL		
Nº	REFERÊNCIA	CONCEITO
1	BRASIL, Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, Política Nacional do Meio Ambiente-PNMA. Art. 3º, II.	<u>Degradação Ambiental:</u> A alteração adversa das características do meio ambiente.
2	BRASIL, Portaria IBAMA, Nº 164, de 28 de dezembro de 2022, anexo, item 2.0	<u>2.2.5. Degradação Ambiental:</u> Conceito idêntico ao estabelecido pela PNMA Lei nº 6.938/1981.
3	IBAMA, Instrução Normativa Nº 4, de 13 de abril de 2011, CAP II, art. 4º, I, II, III	<u>Área Degradada:</u> área impossibilitada de retornar por uma trajetória natural, a um ecossistema que se assemelhe a um estado conhecido antes, ou para outro estado que poderia ser esperado. <u>Área Alterada ou Perturbada:</u> área que após o impacto ainda mantém meios de regeneração biótica, ou seja, possui capacidade de regeneração natural. <u>Recuperação:</u> restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original (texto idêntico ao art. 2º, inciso XIII, da Lei nº 9.985, SNUC, de 18 de julho de 2000).
4	IBAMA (1990, p.13) Manual de Recuperação de áreas Degradadas pela Mineração.	<u>Degradação:</u> A degradação de uma área ocorre quando a vegetação nativa e a fauna forem destruídas, removidas ou expulsas; a camada fértil do solo for perdida, removida ou enterrada; e a quantidade de regime de invasões dos sistemas hídricos for alterado. A degradação ambiental ocorre quando a perda de adaptação às características físicas, químicas e biológicas é em viabilizado o desenvolvimento socioeconômico <u>Recuperação:</u> Recuperação significa que o sítio degradado será retornado a uma forma de utilização de acordo com plano estabelece sido para o uso do solo. Implica que uma condição estável será obtida em conformidade com os valores ambientais, estéticos e sociais da circunvizinhança. Significa, também, que o sítio degradado certo terá condições mínimas de estabelecer um novo equilíbrio dinâmico desenvolvendo um novo sol e uma nova paisagem.
5	Sanches (2020, p. 26 - 27) Livro “Avaliação de Impactos Ambientais: Conceitos e Métodos”	<u>Degradação ambiental:</u> Degradação ambiental é outro termo de conotação claramente negativa. (...) Pode ser conceituada como qualquer alteração adversa dos processos, funções ou componentes ambientais, ou como uma alteração da qualidade ambiental. <u>Ambiente construído degradado:</u> O ambiente construído degrada-se, assim como os espaços naturais. Tanto o patrimônio natural como o cultural podem ser degradados, descaracterizados e até destruídos.

		<u>Resiliência:</u> A capacidade de um sistema natural se recuperar de uma perturbação imposta por um agente externo (ação humana ou processo natural) é denominada resiliência.
	Maurya, <i>et al</i> , (2020, p. 1-20), cap 1. Livro “Environmental degradation: causes and remediation strategies”	<u>A degradação ambiental:</u> É a deterioração do meio ambiente por meio do esgotamento de recursos que incluem todos os elementos bióticos e abióticos que formam nosso entorno, que são ar, água, solo, animais selvagens e todos os outros elementos vivos e não vivos do planeta Terra. O principal fator de degradação ambiental é a causa humana (urbanização moderna, industrialização, crescimento da superpopulação, desmatamento, etc.) e natural (enchentes, tufões, secas, aumento de temperaturas, incêndios, etc.).
6	Nuvolari (2013). Livro “Dicionário de Saneamento Ambiental”.	<u>Degradação:</u> é um processo gerador de perda ou redução das características originais de alguma substância ou de algum local a um nível inferior. Alguns processos são naturais como a degradação da matéria orgânica, que é cíclica e importante na natureza, por envolver organismos especializados que se complementam na sua ação, ou mesmo processos geológicos naturais, nos quais o solo da superfície é removido, levado pela ação das águas de superfície ou dos ventos e depositado em costas mais baixas. Há outros provocados pelo homem e podem causar sérios danos ambientais. <u>Degradação de um curso de água:</u> Degradação física por erosão ou por assoreamento do leito ou das margens, causadas pela ação de desmatamentos na bacia hidrográfica; ou perda da qualidade da água por lançamento de agentes poluentes.
7	Grisi (2007, p.72) Glossário de Ecologia e Ciências Ambientais	<u>Degradação Ambiental:</u> É a redução de um recurso natural renovável até um certo nível de produção sustentável, ou seja, refere-se à exploração até uma taxa limite de reconstituição natural. São bastante variadas as conotações da degradação ambiental, no geral. Do ponto de vista do interesse de exploração de um recurso natural pelo ser humano, qualquer “ameaça” à continuidade de exploração, pode se constituir em degradação.
8	Pappini (2009, p. 3 – 5; p. 83 – 90). Livro “Vigilância em Saúde Ambiental”.	<u>Degradação Ambiental:</u> A degradação de uma área ocorre quando a biota é alterada ou destruída, a camada superficial de solo fértil é eliminada ou coberta e impermeabilizada e a vazão e qualidade dos corpos d’água são comprometidas. Um ambiente degradado não significa que seja impróprio a vida, mas sim que as novas condições não possibilitam a existência da biota presente anteriormente e interferem com a circulação de matérias.
9	Almeida (2016, p. 27). Livro “Recuperação ambiental da Mata Atlântica”.	<u>Área degradada:</u> é aquela que, após distúrbios, teve eliminados, juntamente com a vegetação, os seus meios de regeneração bióticos, como o banco de sementes, banco de plântulas (mudas), chuva de sementes e rebrota. Apresenta, portanto, baixa resiliência, isto é, seu retorno ao estado anterior pode não ocorrer ou ser extremamente lento, sendo a ação antrópica necessária.
10	Sanches (2014, p.25-27). Livro “De áreas degradadas à espaços vegetados”	<u>Área Degradada:</u> No contexto natural, o termo degradação está muito relacionado à perturbações e desequilíbrios de um ecossistema. <u>Área Urbana Degradada:</u> No contexto urbano, há muitas variáveis socioeconômicas e ambientais, de interações complexas, a degradação está geralmente associada à perda função urbana do uso do solo.
11	Vargas (2004, p.858-859). Livro “Curso de Gestão Ambiental”	<u>Área Urbana Degradada (ou deteriorada):</u> No campo do urbanismo e do conhecimento voltado à qualidade ambiental urbana, com forte interação das relações socioeconômicas o conceito de degradação está frequentemente associada a perda ou mudança na função urbana.

Fonte: Autoria Própria (2024).

2.4. Considerações Finais

Os conceitos selecionados e discutidos no estudo são muito utilizados na área ambiental, sendo muito importantes tanto para os profissionais da área ambiental, quanto para a comunidade de um modo geral, uma vez que a comunidade pode influenciar na conservação do patrimônio ambiental. Assim há necessidade de padronizar os conceitos utilizados na área ambiental em especial na Gestão Ambiental, para serem apropriados pela comunidade científica e a comunidade geral.

A comparação entre os vários conceitos legais e dos autores dos diferentes estudos selecionados e apresentados, demonstra que existem aspectos comuns e aspectos diferentes, complementares e esclarecedores, o que se mostrou muito importante para a compreensão e a apropriação desses conceitos.

A conservação dos ecossistemas é importante para garantir a vida equilibrada e saudável para todos os seres vivos existentes no nosso planeta, assim é importante que todos possam compreender os conceitos ambientais, especialmente sobre os efeitos acumulativos dos impactos negativos sobre o meio ambiente. Vale ressaltar que os conceitos ambientais também devem ser conhecidos e compreendidos pela população de um modo geral, para que se tornem agentes da proteção ambiental.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. S. Conceitos básicos. In: (org.). **Recuperação ambiental da Mata Atlântica** [online]. 3 ed. Ilhéus, BA: Editus, 2016, pp. 24-30. ISBN 978-85-7455-440-2. Disponível em: < <https://books.scielo.org/id/8xvf4/pdf/almeida-9788574554402-03.pdf> >. Acessado 12/01/2024.

AMBIENTE BRASIL. Glossário Ambiental - P. 2022. Disponível em: < https://ambientes.ambientebrasil.com.br/educacao/glossario_ambiental/glossario_ambiental_-_p.html >. Acessado em: 04/05/2022.

BARBIERI, J. C. **Gestão Ambiental Empresarial**: conceitos, modelos e instrumentos. São Paulo: Saraiva, 2011.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm >

BRASIL, Lei Federal No 6.938 de 31 de agosto de 1981. Política Nacional de Meio Ambiente. 1981.

BRASIL, Lei Federal No 9,605 de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. 1998.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005. Conselho Nacional de Meio Ambiente, Brasília, 2005. Disponível em: < https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfda_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf >. Acessado em 19/02/2024.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 357 de 23 de janeiro de 1986. 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. Brasília: DOU de 17/02/1986 Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=23>>. Acessado em: 22/04/2021.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. Portaria nº 164, de 28 de dezembro de 2022. Estabelecer o escopo temático e conceitual de atuação do Ibama na remediação de áreas contaminadas, na forma do Anexo desta Portaria. 2022. Disponível em: < https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/notas/2022/ibama-publica-portaria-no164-2022-que-trata-da-atuacao-do-instituto-na-remediacao-de-areas-contaminadas/2022-12-30_portaria_164.pdf >. Acessado em: 22/04/2021.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. Instrução Normativa Nº 4, de 13 de abril de 2011. Estabelecer procedimentos para elaboração de Projeto de Recuperação de Área Degradada - PRAD ou Área

Alterada, para fins de cumprimento da legislação ambiental, bem como dos Termos de Referência constantes dos Anexos I e II desta Instrução Normativa.

2011. Disponível em: <

https://www.mprs.mp.br/media/areas/gapp/arquivos/atualizacao_intra/dou/in4_2011_pra_d.pdf>. Acessado em: 22/04/2024.

BRILHANTE, O. M. Gestão e avaliação da poluição, impacto e risco na saúde ambiental. **Gestão e Avaliação de Risco em Saúde Ambiental**, v. 2, 1999. Disponível em: < <https://books.scielo.org/id/ffk9n/pdf/brilhante-9788575412411-03.pdf> >. Acessado em: 22/04/2021.

CARVALHO, G. R.; *et al.* Contaminação ambiental por pesticidas em Mato Grosso do Sul: a contribuição da agroecologia e saúde única neste contexto. **Concilium**, [S. l.], v. 22, n. 4, p. 567–577, 2022.

CESAR, R. G. *et al.* **(Eco)toxicologia de metais em solos**: conceitos, métodos e interface com a geoquímica ambiental. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2014. 100p.

CERRI NETO, M.; FERREIRA, G. C. Poluição: incompatibilidades entre conceitos legal e técnico. **Geociências**, v. 28, n. 2, p. 165-180, 2009.

CHAPMAN, Peter M. Determining when contamination is pollution—weight of evidence determinations for sediments and effluents. **Environment International**, v. 33, n. 4, p. 492-501, 2007.

DAR, F. A.; SINGH, M. A geographical perspective on poverty-environmental degradation. **International Journal of Social Sciences and Management**, v. 9, n. 1, p. 1-7, 2022.

DAVID, F. L.; HIROSUE, F. H. Despoluição de rios urbanos para fins de transporte: os Rios Tietê e Pinheiros como alternativa ao transporte rodoviário de cargas. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 12, n. 1, p. 23297, 2023.

DNIT, Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. **Glossário de termos técnicos ambientais rodoviários**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2006. 116p.

ESTADO DE SÃO PAULO. Lei nº 13.577, de 8 de julho de 2009. Dispõe sobre diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas, e dá outras providências correlatas. Diário Oficial do Estado de 9 de julho de 2009, São Paulo. 2009. Disponível em: < https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/wp-content/uploads/sites/17/2013/11/2009_lei_13577.pdf >. Acessado: 22/05/2022.

GRISI, B. M. **Glossário de ecologia e ciências ambientais**. 3 ed. revisada e ampliada. João Pessoa: UFPB, 2007. 276 p.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. **Manual de Recuperação de áreas Degradadas pela Mineração**: Técnicas

de Revegetação. Brasília, DF: Ibama, 1990.

KOKKE, M. Responsabilidade civil e risco ambiental em áreas contaminadas e em áreas degradadas órfãs. **Revista Jurídica da Presidência**, v. 25, n. 135, p. 132-162, 2023.

LIMA, E. F.; SILVA-FILHO, J. P.; ARAÚJO, A. F. S. **Dicionário de termos usados em Ecologia**. Parnaíba: UFPI. 2016. 180p.

LIMA, L. A. R., *et al.* Fitorremediação de tebutiuron por espécies de plantas tolerantes a herbicidas. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 17, n. 2, p. e11451-e11451, 2024.

MANAHAN, S. E. **Química ambiental**. 9 ed. Porto Alegre: Bookman, 2016. 912 p.

MAURYA, P. K. *et al.* An introduction to environmental degradation: Causes, consequence and mitigation. **Environmental degradation: causes and remediation strategies**, v. 1, p. 1-20, 2020.

HIRATA, F.; FERNANDES, A. J. Vulnerabilidade à poluição de aquíferos. In: FEITOSA, F. A. C. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. 3. ed. Rio de Janeiro: CPRM, 2008. 812p.

MENDES, M. E. R.; PINA, S. A. M. G. Soluções baseadas na natureza para gestão de águas urbanas: aplicação de jardins filtrantes, jardins de chuva e biovaletas. **Revista Foco (Interdisciplinary Studies Journal)**, v. 16, n. 3, 2023.

MONTEIRO, M. A. B. M.; PEREIRA, S. J.; DAVID, A. F. Fitorremediação: despoluição do meio ambiente através de plantas. *Anais Congrega MIC-ISBN 978-65-86471-05-2*, v. 14, p. 24, 2020.

MOURA, L.A.A. **Qualidade e gestão ambiental**. Belo Horizonte: Editora Del Rey, 2011.

NOGUEIRA, R. F. P.; JARDIM, W. F. A fotocatalise heterogênea e sua aplicação ambiental. **Química nova**, v. 21, p. 69-72, 1997.

NUVOLARI, A. **Dicionário de Saneamento Ambiental**. São Paulo: Oficina de Texto, 2013.

PAPINI, S. **Vigilância em saúde ambiental: uma nova área da ecologia**. São Paulo: Atheneu Editora, 2009.

PHILIPPI JR, A.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C. Uma Introdução à Questão Ambiental. In: (Org.) **Curso de Gestão Ambiental**. Barueri, SP: Manole, 2004, p. 1045.

RIBEIRO, R. G. C.; SANCHES, S. A.; MARTINS, J. B. Bioacumulação por microplásticos e seu impacto na saúde pública. TCC (Bacharelado em Ciências Biológicas). Universidade Anhembi Morumbi. São Paulo, SP. 2022.

RODRIGUES, P. T. A.; ORLANDELLI, R. C. Plantas como Ferramentas para a Remediação Ambiental: uma Revisão da Literatura. **UNICIÊNCIAS**, [S. l.], v. 22, n. 1, p. 38–44, 2018.

ROSA, A. H.; FRACETO, L. F.; CARLOS, V. M. **Meio Ambiente e Sustentabilidade**. Porto Alegre: Bookman, 2012. ISBN 978-85-407-0196-0.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental**: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 3 ed., p. 496, 2020

SANCHES, P. M. **De Áreas Degradadas a Espaços Vegetados**. São Paulo: SENAC. 1ª Edição, 2014.

SOUZA, D. C. **O meio ambiente das cidades**. Editora Atlas, 2010, p.219.

TEIXEIRA, M. B.; CAMARGO, P. L. T.; MARTINS JÚNIOR, P. P. Análise quanti-qualitativa do estado da degradação de bacia hidrográfica. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 9 n. 2, p.351-364, 2018.

TENÓRIO, J. A. S.; ESPINOSA, D. C. R. Controle Ambiental de Resíduos. In: PHILIPPI JR, A.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C. **Curso de Gestão Ambiental**. Barueri, SP: Manole, 2004, p. 1045.

VARGAS, H. C. Gestão de áreas urbanas deterioradas. In: PHILIPPI JR, A.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C. **Curso de Gestão Ambiental**. Barueri, SP: Manole, 2004, p. 1045.

3 ARTIGO II - METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS EM RIOS: UMA REVISÃO TEMÁTICA

3 ARTICLE II - METHODOLOGIES FOR EVALUATION OF ENVIRONMENTAL IMPACTS IN RIVERS: A THEMATIC REVIEW

Jorge Henrique e Silva Júnior*

Fabio de Oliveira Matos**

RESUMO

As metodologias de AIA, muito utilizadas para EIA/RIMA, podem também ser empregadas na identificação de impactos ambientais causados por atividades humanas diversas sobre um ecossistema, ou determinado recurso natural. Não existe nenhum método que se aplique a todos os casos de impactos ambientais, sendo necessário as vezes a adaptação ou fusão entre duas ou mais metodologias. A escolha da metodologia aplicada caso a caso dependerá de vários fatores e assim, faz-se necessário que sejam selecionados métodos adequados as condições locais, muitas vezes até adaptando-os através de modificações e/ou revisões. Com base no exposto o presente estudo teve como objetivo realizar uma revisão da literatura disponível nas bases de dados Periódicos Capes, Scielo, e Google Scholar, sobre metodologias de avaliação de impacto ambiental (AIA) que possam ser aplicadas em rios. Trata-se de uma revisão da literatura, com procedimento técnico de pesquisa bibliográfica, sobre as principais metodologias de avaliação de impactos ambientais (AIA) em rios. Para atender ao objetivo proposto, foi realizada uma busca através das bases de dados Periódicos Capes, Scielo, e Google Scholar. Os métodos de Listagem de Controle (*Check-list*), Matrizes de Interações, e o Método de Avaliação Ambiental Macroscópica (avaliação rápida), têm sido atualmente utilizados por vários autores para estudos dos impactos ambientais em recursos hídricos de rios/nascentes. Os Protocolos de Avaliação Rápida – PARs foram considerados ferramentas importantes para avaliação de impactos ambientais em rios, uma vez que é um método rápido, eficiente e sem a obrigatoriedade de especialistas, podendo ser realizada por pessoas de qualquer segmento social, desde que tenham orientações sobre a aplicação do protocolo. Também foi feito um levantamento dos principais indicadores (oxigênio dissolvido, temperatura,

* Aluno do programa de Doutorado em Geografia da UFC, Professor do IFPI.

** Professor do programa de Doutorado em Geografia da UFC, Professor do UFC.

pH, turbidez, coliformes) e índices (IQA de Hudson, NSF, Patri, IPA e IVA) da qualidade da água que podem ser utilizados em estudos nos rios.

Palavras-chave: Metodologia. AIA. Rios. Índices. Indicadores.

ABSTRACT

EIA methodologies, widely used for EIA/RIMA, can also be used to identify environmental impacts caused by various human activities on an ecosystem or a specific natural resource. There is no method that applies to all cases of environmental impacts, sometimes requiring adaptation or fusion between two or more methodologies. The choice of methodology applied on a case-by-case basis will depend on several factors and therefore, it is necessary to select methods that are appropriate to local conditions, often even adapting them through modifications and/or revisions. Based on the above, the present study aimed to carry out a review of the literature available in the Periódicos Capes, Scielo, and Google Scholar databases, on environmental impact assessment (EIA) methodologies that can be applied to rivers. This is a literature review, with a technical bibliographic research procedure, on the main methodologies for environmental impact assessment (EIA) in rivers. To meet the proposed objective, a search was carried out through the Capes, Scielo, and Google Scholar Periodicals databases. The Check-list, Interaction Matrices, and Macroscopic Environmental Assessment Method (rapid assessment) methods have been currently used by several authors to study the environmental impacts on water resources in rivers/springs. Rapid Assessment Protocols – PARs were considered important tools for assessing environmental impacts on rivers, since it is a fast, efficient method that does not require specialists and can be carried out by people from any social segment, as long as they have guidance on the application of the protocol. A survey was also carried out of the main indicators (dissolved oxygen, temperature, pH, turbidity, coliforms) and indexes (Hudson AQI, NSF, Patri, IPA and IVA) of water quality that can be used in studies in rivers.

Keywords: Methodology. EIA. Rivers. Indexes. Indicators.

3.1. Introdução

Segundo a Resolução nº 001/86 do CONAMA (Brasil, 1986), o impacto ambiental se refere à alteração das propriedades físico-químicas e biológicas do meio ambiente, provocada direta ou indiretamente por atividades humanas, as quais afetam saúde, segurança, bem-estar da população, atividades socioeconômicas, biota, condições estéticas e sanitárias do meio e qualidade dos recursos.

Para analisar viabilidade de um projeto e/ou atividades econômicas/sociais/ambientais que possam vir a causar intervenções e impactos em cursos d'água, os órgãos ambientais, na maioria dos casos, solicitam um EIA/RIMA que são estudos necessários para abordar os diferentes interesses ambientais, sociais e econômicos e estes estudos podem utilizar diversas metodologias de Avaliação de Impactos Ambientais (AIA). No entanto nem sempre isso ocorre na prática e muitas atividades são realizadas sem um planejamento e a necessária avaliação dos seus impactos ambientais, em especial os impactos ambientais das atividades localizadas próximas aos rios.

As metodologias de AIA, muito utilizadas para EIA/RIMA, podem também ser empregadas na identificação de impactos ambientais causados pelas atividades humanas diversas sobre um ecossistema, ou determinado recurso natural, não estando necessariamente ligado a um empreendimento ou projeto empresarial, tais como disposição irregular de esgoto, lixo, captação da água em rios e nascentes para uso em diversas atividades. (Garcia, Longo, 2020; Smith, Silva, Biagioni, 2019; Bizzo, Menezes, Andrade, 2014; Ribeiro, 2004). O desafio para avaliações de impactos ambientais dessas atividades consiste em considerar os diversos aspectos de sustentabilidade hidroambiental levando em conta a diversidade e complexidade dos sistemas fluviais (Carvalho, Cabral, 2020).

Dentre os ecossistemas mais afetados pelas atividades humanas, podemos destacar as “matas ciliares” ou “florestas ripárias” ou vegetação nas margens dos rios. São classificadas como Áreas de Preservação Permanente, cuja vegetação protege as margens contra a erosão e o transporte de solo para os corpos d'água, evitando o seu assoreamento, funcionam como filtros, retendo poluentes e sedimentos que seriam transportados para o curso de água afetando diretamente a quantidade e a qualidade da água (Nuvolari, 2013). O processo de desmatamento das matas ciliares pode levar a

extinção de muitas espécies da fauna e flora, mudanças climáticas, erosão do solo e assoreamento de cursos d' água (Teles, Santos, Pinhiro, 2022).

O aumento da urbanização afeta a qualidade da água nas cidades e assim as áreas de preservação permanente (APP's) dos recursos hídricos urbanos, as quais são importantes para a preservação desses recursos hídricos e qualidade da água disponível para a população urbana. Os Índices e indicadores ambientais são ferramentas importantes para compreender o nível de degradação ambiental nas águas urbanas, sendo ferramentas que auxiliam na avaliação das condições, tendências e permitem a análise do progresso em direção às metas estabelecidas de conservação e preservação do meio ambiente (Vasconcelos; Mota; Figueirêdo, 2021).

O crescimento acelerado das áreas urbanas e seus efeitos sobre os rios é relatado por Smith; Silva; Biagioni (2019), enfatizando que os rios são ofuscados por intervenções sem qualquer critério, tais como canalizações, barramentos, retificações, desassoreamento, entre outros. Os autores destacam que o assoreamento observado nos rios tem diferentes causas, sendo a mais importante o desmatamento (Smith; Silva; Biagioni, 2019).

Desta forma, qualquer intervenção do homem na utilização dos recursos naturais que venha a causar impacto ambiental, ou seja, uma alteração adversa ao meio ambiente, deverá ser avaliada através de metodologias adequadas para que sejam evitadas, reduzidas e ou neutralizadas. Portanto é necessário fazer a Avaliação dos Impactos Ambientais (AIA).

Com base no exposto o presente estudo buscou realizar uma revisão da literatura disponível nas bases de dados Periódicos Capes, Scielo, e Google Scholar, entre 2005 e 2021, sobre metodologias de avaliação de impacto ambiental (AIA) que possam ser aplicadas em rios.

3.2. Metodologia

Trata-se de uma revisão da literatura, com procedimento técnico de pesquisa bibliográfica, sobre as principais metodologias de avaliação de impactos ambientais (AIA) em rios. Para atender ao objetivo proposto, foi realizada uma busca através das bases de dados Periódicos Capes, Scielo, e Google Scholar. Foram utilizados estudos publicados entre os anos de 2002 e 2022. Utilizou-se os descritores “Impactos Ambientais” e “Avaliação de Impactos Ambientais” sozinhos e/ou combinados com os descritores “Metodologias” e “Rios”. Os critérios de inclusão foram estudos disponíveis em livros,

teses, artigos, entre outros, que abordassem a temática. No caso dos estudos presentes em mais de uma base de dados, optou-se por utilizar a base de dados relacionada à área ambiental.

3.3. Resultados e Discussões

3.3.1. Metodologias Avaliação de Impactos Ambiental (AIA) em Rios

Diversos métodos de avaliação de impactos ambiental são abordados na literatura (Sanches, 2020; Moura, 2011; Oliveira, Moura, 2009; Pimentel, Pires, 1992). Os métodos de Listagem de Controle (*Check-list*), Matrizes de Interações, e o Método de Avaliação Ambiental Macroscópica (avaliação rápida), têm sido atualmente utilizados por vários autores para estudos dos impactos ambientais em recursos hídricos de rios/nascentes (Melo, Melo, Bueno, 2019; Gomes, 2015; Bizzo; Menezes; Andrade, 2014; Gomes, Melo, Vale, 2005).

Vários autores (Sanches, 2020, Moura, 2011; Oliveira, Moura 2009) discutem metodologias tradicionais de AIA (Metodologias Espontâneas (*Ad Hoc*), Metodologia de Listagem (*Check-list*) Matrizes de Interações e Matriz de Leopold):

a) Metodologia Espontânea (*Ad Hoc*) - métodos de conhecimento empírico de experts do assunto e/ou da área em questão que são adequadas para casos com escassez de dados, fornecendo orientação para outras avaliações e cujos impactos são identificados normalmente através de brainstorming, caracterizando-os e sintetizando-os em seguida por meio de tabelas ou matrizes. Apresentam como vantagem uma estimativa rápida da evolução de impactos de forma organizada, facilmente compreensível pelo público. Porém, não realizam um exame mais detalhado das intervenções e variáveis ambientais envolvidas, geralmente considerando-as de forma bastante subjetiva, qualitativa e pouco quantitativa.

b) Metodologia de Listagem (*Check-list*), numa fase inicial, a listagem representa um dos métodos mais utilizados em AIA. Consiste na identificação e enumeração dos impactos, a partir da diagnose ambiental. Às vezes, tal metodologia pode ser apresentada sob forma de questionário a ser preenchido, para direcionar a avaliação a ser realizada. Esta linha metodológica apresenta como vantagem seu emprego imediato na avaliação qualitativa de impactos mais relevantes. Entretanto, por não considerar

relações de causa/ efeito entre os impactos (sequência de alterações desencadeadas a partir de uma ação impactante), é apenas adequada em avaliações preliminares.

c) Matrizes de Interações são técnicas bidimensionais que relacionam ações com fatores ambientais. Embora possam incorporar parâmetros de avaliação, são métodos basicamente de identificação. As matrizes tiveram início a partir da tentativa de suprir as deficiências das listagens (*Check-list*). Uma das mais difundidas nacional e internacionalmente é a Matriz de Leopold. O princípio básico da Matriz de Leopold consiste em, primeiramente, assinalar todas as possíveis interações entre as ações e os fatores, para em seguida estabelecer em uma escala que varia de 1 a 10, a magnitude e a importância de cada impacto, identificando se é positivo ou negativo.

d) Método de Avaliação Ambiental Macroscópica - consiste em um Protocolo de Avaliação Rápida de Rios que avalia determinados parâmetros visuais e permitem obter uma pontuação do estado de conservação em que os rios se encontram (Bizzo; Menezes, Andrade, 2014).

Neamtu *et al* (2021) realizaram um estudo sobre a qualidade das águas transfronteiriças de dois países (Romênia e República da Moldávia), no Rio Prut. O estudo aborda a avaliação do impacto de metais pesados, poluição orgânica e de nutrientes. A metodologia utilizada considerou uma área específica do rio Prut em ambas as margens do rio, com base em indicadores de qualidade da água específicos. Para avaliar os impactos ambientais das fontes poluidoras, a Matriz Leopold e a Matriz de Avaliação Rápida de Impacto (RIAM), foram adaptadas e aplicadas, sendo utilizados 16 indicadores de qualidade da água: cádmio, chumbo, níquel, cromo, mercúrio, cobre, selênio, zinco, arsênio, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, nitrogênio amoniacal, N-nitrito, N-nitrato, nitrogênio e fósforo.

Amaral *et al* (2021), utilizaram a matriz adaptada de Leopold para avaliar os impactos ambientais na APP do Rio Paranaíba e identificaram erosão/assoreamento, presença de espécies exóticas/invasoras, lançamento de esgoto e disposição de resíduos sólidos.

Dentre os estudos que utilizam o Método de Avaliação Ambiental Macroscópica, como um Protocolo de Avaliação Rápida - PAR, vale destacar o trabalho de REIS *et al* (2021), que identificaram a presença de lixo, óleo, espuma e esgotos e degradação da vegetação local de nascentes; o trabalho de Carvalho; Porto; Oliveira (2020), também de nascentes, utilizando o método IIAN – Índice de Impacto Ambiental em Nascentes, proposto por Gomes, Melo, Vale (2005), coletaram informações sobre os

impactos ambientais às nascentes através de visitas *in loco* sobre a presença de materiais flutuantes e lixo ao redor, esgoto, uso por animais, vegetação e queimadas; bem como o trabalho de Gomes (2015) que utilizou o método para avaliação do estado de conservação das várias nascentes de uma bacia.

O método de Avaliação Ambiental Macroscópica, também tem sido aplicado para o estudo de impactos ambientais em rios, como por exemplo o trabalho de FIM *et al* (2020), que utilizaram o protocolo de avaliação rápida (PAR), para diferenciar o nível de interferência nas encostas do rio Machado, constituído por 12 parâmetros para caracterização física dos impactos ambientais nas margens do Rio Machado; bem como o trabalho de Campos; Nucci (2019), que utilizaram o método do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR), para rios urbanos estabelecendo vários critérios para estudos em rios localizados em áreas urbanas.

Os PARs (Protocolos de Avaliação Rápida), são considerados ferramentas que avaliam indicadores de qualidade ambiental relacionados aos aspectos físicos e biológicos que podem ser usados como um instrumento de avaliação dos recursos hídricos, permitindo uma avaliação rápida e em geral, não são necessários especialistas, podendo a avaliação ser realizada por pessoas de qualquer segmento social, desde que tenham orientações sobre a aplicação do protocolo (Rodrigues; Malafaia; Castro, 2008).

Já outros trabalhos combinam a Avaliação Ambiental Macroscópica, com análises de parâmetros em laboratório. Como por exemplo o trabalho de Rocha, Fonseca e Sousa (2017), que combinou análise macroscópica com análise microbiológica, mostrando a presença ou ausência de Coliformes Totais e Termotolerantes.

Oliveira e Moura (2009), ressaltam que devido à diversidade de métodos de AIA existentes, onde muitos não são compatíveis com as condições socioeconômicas e políticas do Brasil, faz-se necessário que sejam selecionados métodos adequados as condições locais, muitas vezes até adaptando-os através de modificações e/ou revisões.

Não existe nenhum método que se aplique a todos os casos, pois cada empreendimento e ambiente possuem suas peculiaridades, sendo necessário a adaptação ou fusão entre duas ou mais metodologias. A escolha da metodologia aplicada caso a caso dependerá de vários fatores, tais como: a disponibilidade de dados, os requisitos legais dos termos de referência, recursos técnicos e financeiros, tempo e características dos empreendimentos (Moraes, D'Aquino, 2016).

Assim apesar de já existirem várias metodologias de avaliação de impactos ambientais, há necessidade de se buscar novas metodologias ou de adaptar as

metodologias já existentes para serem utilizadas em estudos regionais, considerando o meio ambiente a ser estudado, visando a caracterização e identificação das alterações nos meios físicos, biótico e antrópico e considerando também as atividades humanas existentes nas condições ambientais locais bem como os impactos socioambientais gerados.

3.3.2. Metodologias de AIA combinadas com indicadores e índices de qualidade da água em Rios

Diversos estudos (Lima, 2023; Duarte, Emanuele, Lima, 2021; Neamtu, *et al*, 2021) combinam as metodologias de AIA com indicadores e índices de qualidade da água.

Os indicadores são medições em tempo real de parâmetros específicos (como oxigênio dissolvido, temperatura, pH, turbidez, coliformes), podendo estes ser acumuladas durante um grande volume de tempo e usando tecnologias computacionais avançadas, como Redes Neurais, para gerar estimativas e previsões (Wang, *et al*, 2024; Koleva, *et al*, 2024; CETESB, 2018). Já os índices de qualidade de água são ferramentas, envolvem uma agregação sistemática de vários indicadores, utilizam vários parâmetros combinados para fornecer uma avaliação abrangente para formar um índice da qualidade da água (Fashagba, 2024; CETESB, 2018). O Quadro 5 traz um resumo dos principais índices e seus respectivos parâmetros aplicados em diversos estudos.

Quadro 5 – Índices de Qualidade das Águas e seus respectivos parâmetros

Método	Descrição	Parâmetros
IQA (Horton) – Índice de Qualidade das Águas de Horton	O primeiro índice de qualidade da água desenvolvido por R. Horton. Foi a partir do IQA que os índices passaram a ser vistos como ferramenta para a avaliação dos programas de redução da poluição e para informação pública	Oxigênio Dissolvido [OD], pH, Coliformes Fecais, Alcalinidade, Cloreto, Condutividade Elétrica [CE], temperatura e a poluição evidente.
IQA (NSF)/ Cetesb – Índice de Qualidade das Águas.	Baseado no Índice de Horton, <i>National Sanitation Foundation</i> (NSF). No Brasil, foi adaptado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e é o mais difundido e aplicado. Considera variáveis que indicam o lançamento de esgotos sanitários em corpos d'água e fornece uma visão geral das condições de qualidade das águas superficiais, podendo também indicar alguma contribuição de efluentes industriais desde que sejam de natureza orgânica biodegradável.	(Grupo de variáveis básicas) IQA Temperatura, pH, OD, DBO, E. coli / Coliformes Termotolerantes, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Sólidos Totais e Turbidez.
IAP (Índice de qualidade de água bruta para fins de	Foi desenvolvido pela CETESB, para incorporar substâncias tóxicas, mas também substâncias organolépticas. O IAP é o resultado da multiplicação do	- (Grupo de variáveis básicas) IQA IDEM ao item anterior. - (ST) = Variáveis que indicam a presença de substâncias tóxicas

abastecimento público) (CETESB)	IQA NFS pelo ISTO (Índice de Substâncias Tóxicas e Organolépticas. Sendo que o ISTO é a multiplicação do Índice de Substâncias Tóxicas (ST) e Organolépticas (SO)	(Teste de Ames - Genotoxicidade, Potencial de Formação de Trihalometanos - PFTHM, Número de Células de Cianobactérias - NCC, Cádmio, Chumbo, Cromo Total, Mercúrio e Níquel. - SO = Grupo de variáveis que afetam a qualidade organoléptica (Ferro, Manganês, Alumínio, Cobre e Zinco).
IQA (Patri) – Índice de Qualidade de Água de Prati	Também conhecido como Índice Implícito de Poluição de Prati, utiliza subíndices para cada parâmetro a fim de relacionar o vigor dos efeitos da poluição.	OD, Demanda Química de Oxigênio (DQO), pH, DBO, Nitrato, Cloreto, Carbono Orgânico Total, Permanganato, Sólidos Suspensos, Ferro, Surfactantes, Manganês, Amônia.
IVA – Índice de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática.	Considera variáveis essenciais para os organismos aquáticos além de substâncias tóxicas e grau de trofia.	OD, pH, Ensaio Ecotoxicológico com Ceriodaphnia dubia, Cobre, Zinco, Chumbo, Cromo, Mercúrio, Níquel, Cádmio, Surfactantes, Clorofila a e Fósforo Total.
IET – Índice do Estado Trófico	Classifica os corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo de algas e cianobactérias.	Clorofila a e Fósforo Total.
ICF - Índice da Comunidade Fitoplânctônica	complementa a avaliação do IVA, fornecendo um diagnóstico ambiental por meio dos grupos de organismos fitoplânctônicos.	Comunidade Fitoplânctônica, Fósforo e Clorofila a.
ICZ - Índice da Comunidade Zooplânctônica	complementa a avaliação do IVA, fornecendo um diagnóstico ambiental por meio dos grupos de organismos zooplânctônicos.	Comunidade Zooplânctônica e Clorofila a.
ICB – Índice da Comunidade Bentônica:	Complementa a avaliação do IVA, fornecendo um diagnóstico ambiental por meio dos grupos de organismos bentônicos	Comunidade Bentônica.
IB – Índice de Balneabilidade	Avalia a qualidade da água para fins de recreação de contato primário, sendo aplicado em praias de águas interiores localizadas em rios e reservatórios.	Coliformes Termotolerantes ou E. coli ou Enterococos
CQS – Critério de Avaliação da Qualidade dos Sedimentos	Classifica o sedimento em categorias de acordo com linhas de evidência de Contaminação Química, Comunidade Bentônica e Toxicidade	Contaminantes químicos que possuem valores estabelecidos pelo CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment); Ensaio Ecotoxicológico com Hyalella azteca, Comunidade Bentônica
Método de análise de água com emprego da Lógica Fuzzy	Análise de água empregando a Logica Fuzzy para analisar os conjuntos de parâmetros em duas escalas: 1 para análise individual do parâmetro (muito boa, boa, regular, ruim), 2 para análise da amostra (totalmente aceitável, aceitável, parcialmente aceitável, não aceitável).	Coliformes Fecais, OD, DBO, pH e Turbidez

Fonte: Adaptado de CETESB, 2018; Menezes, *et al*, 2010

Ambos, indicadores e índices, são ferramentas fundamentais utilizadas para subsidiar o monitoramento da qualidade da água em bacias hidrográficas, pois ajudam a identificar ameaças aos diferentes usos da água, incluindo habitat para a vida aquática, água de irrigação para áreas agrícolas, recreação, estética e suprimentos de água potável (Wang, *et al*, 2024; Koleva, *et al*, 2024; Fashagba, 2024; CETESB, 2018; Menezes, *et al*, 2010).

3.4. Considerações Finais

Na maioria dos trabalhos quando se trata dos estudos de impactos ambientais em rios, os artigos ou discutem os impactos ambientais das atividades através de AIA ou a Qualidade da Água, através de Indicadores e Índices.

Os Protocolos de Avaliação Rápida – PARs foram considerados ferramentas importantes para avaliação de impactos ambientais em rios, uma vez que é um método rápido, eficiente e sem a obrigatoriedade de especialistas.

Os métodos PAR também podem e devem utilizar metodologias tradicionais, de modo combinado, e possibilitando precisão e abrangência dos Estudos de Impacto Ambiental nas nascentes, rios, nas bacias e demais Recursos Hídricos

Ressaltamos a importância desse estudo que faz uma análise individual e comparativa de diferentes metodologias de identificação e avaliação dos impactos ambientais mais utilizadas atualmente.

REFERÊNCIAS

AMARAL, E. A.; NASCIMENTO, A. R. T.; SILVA, C. R.; OLIVEIRA, A. P.; SILVA, G. R. Avaliação de impactos ambientais na APP do Rio Paranaíba e inferências para mitigação. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.12, n.7, p.572-584, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.007.0049>.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 01 de 23 de janeiro de 1986. 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. Brasília: Publicada no DOU, de 17 de fevereiro de 1986. 1986. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=23>>. Acessado em: 22/04/2021.

BIZZO, M. R. O.; MENEZES, J. ANDRADE, S.F. Protocolos de Avaliação Rápida de Rios (PAR). **Caderno de Estudos Geoambientais-CADEGEO**, v.04, n.01, p.05-13, 2014.

CAMPOS, J. C.; NUCCI, J. C. Protocolo de avaliação rápida: uma proposta para rios urbanos. **Revista Geografar**, v. 14, n. 2, p. 267-286, 2019.

CARVALHO, A. T. F.; CABRAL, J. J. S. P. Metodologia para avaliação de sustentabilidade hidroambiental para projetos de intervenções em rios perenes (MASRIOS): conceito e estruturação do instrumento. **Revista Brasileira de Geomorfologia** (Online), São Paulo, v. 21, nº 3, p.461-478, 2020.

CARVALHO, C. G. S.; PORTO, R. A.; OLIVEIRA, U. Rios. Avaliação macroscópica de impactos ambientais em nascentes do rio de Ondas no oeste da Bahia. **Geociências**, v. 39, n. 03, p. 831-845, 2020.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Fundamentos do Controle de poluição das águas**. Módulo II – Prevenção da poluição ambiental e controle de fontes. Apostila Pós-graduação Lato Sensu. São Paulo: Escola Superior da CETESB. 2018.

DUARTE, I.; EMANUELE, V.; LIMA, M. O. B. Avaliação dos impactos ambientais e dos aspectos de quantidade e qualidade de água da bacia do rio remédios. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-ALAGOAS**, v. 6, n. 3, p. 33-33, 2021.

FASHAGBA, T. S. *et al.* Evaluating the Water Quality of the Keddara Dam (Algeria) Using Water Quality Indices. **Water**, v. 16, n. 9, p. 1291, 2024.

FIM, L. D. S., *et al.* Avaliação dos impactos ambientais nas margens do rio machado no perímetro urbano. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 7, n. 2, p. 269-279, 2020.

GARCIA, J. M.; LONGO, R. M. Análise de impactos ambientais em Área de Preservação Permanente (APP) como instrumento de gestão em rios urbanos.

Cerrados, v. 18, n. 1, p. 107-128, 2020.

GOMES, É. R. Diagnóstico e avaliação ambiental das nascentes da Serra dos Matões, município de Pedro II, Piauí. 2015. 209 f. Tese - (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/139401>>.

GOMES, P. M.; MELO, C.; VALE, V. S. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia-MG: análise macroscópica. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v.17, n.32, p.103-120, 2005.

KOLEVA, R. *et al.* Computational Methods For Water Quality Index Calculation Using Real-Time Measurement System. In: **2024 13th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO)**. IEEE, 2024. p. 1-4.

LIMA, Rodrigo de Oliveira. Avaliação Ex Post dos impactos ambientais na agricultura irrigada, da cultura do melão no estado do Ceará. 2023. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023.

MELO, E. F. R. Q.; MELO, R. H. R. Q. BUENO, P.T. Avaliação de impactos ambientais na microbacia do rio Inhandava. **Fórum Ambiental**, v.15, n. 04, 2019.

MENEZES, J. M.; *et al.* Índices de qualidade de água: métodos e aplicabilidade. In: Rachel Bardy Prado, Ana Paula Dias Turetta e Aluísio de Andrade Granato. (Org.). Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais. 1ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2010, v. 1, p. 325-352.

MORAES, C D; D'AQUINO, C. A. Avaliação de impacto ambiental: uma revisão da literatura sobre as principais metodologias. 5º Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense - SICTSUL. 2016.

MOURA, L. A. A. **Qualidade e gestão ambiental**: sustentabilidade e ISO 14.001. Belo Horizonte: Del Rey, p. 432, 2011.

NEAMTU, R. *et al.* Environmental monitoring and impact assessment of Prut River cross-border pollution. **Environ Monit Assess**. v. 15; n.193, 2021.

NUVOLARI, A. **Dicionário de Saneamento Ambiental**. São Paulo: Oficina de Texto, 2013.

OLIVEIRA, F. C.; MOURA, H. J. T. Uso das metodologias de avaliação de impacto ambiental em estudos realizados no Ceará. **Revista Pretexto**, v.10, n.4, p.79-98, 2009.

PIMENTEL, G; PIRES, S. H. Metodologias de Avaliação de Impacto Ambiental: Aplicações e Seus Limites. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 1, p. 56-68, 1992.

REIS, M. *et al.* Parâmetros Macroscópicos Para Avaliação Do Estado De Conservação De Nascentes Em Área De Proteção Ambiental. Humboldt - Revista de Geografia Física

e Meio Ambiente, Rio de Janeiro, v. 1, n. 3, e55667, 2021.

ROCHA, B. F.; FONSECA, A. R.; SOUSA, F. F. Análise Macroscópica e Parâmetros Microbiológicos de nascentes da área urbana de Cláudio, Minas Gerais, Brasil. **CONEXÃO CI.** v. 12, n. 3, p.17-33. 2017.

RODRIGUES, A. S. L.; MALAFAIA, G.; CASTRO, P. T. A. Protocolos de avaliação rápida de rios e a inserção da sociedade no monitoramento dos recursos hídricos. **Ambi-Água**, Taubaté, v. 3, n. 3, p. 143-155, 2008.

RIBEIRO, H. Estudo de impacto ambiental como instrumento de planejamento. In: PHILIPPI JR, A.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C. **Curso de Gestão Ambiental**. Barueri, SP: Manole, 2004.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental**: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 3 ed., p. 496, 2020.

SMITH, W. S.; SILVA, F. L.; BIAGIONI, R. Desassoreamento de rios: quando o poder público ignora causas, a biodiversidade e a ciência. **Ambiente e Sociedade**. v.22, e.00571, São Paulo, 2019.

TELES, R. R.; SANTOS, J. C.; PINHEIRO, E. C. N. M. A importância da preservação de matas ciliares: The importance of preserving riparian forests. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 11, p. 75348-75360, 2022.

VASCONCELOS, F. D. M.; MOTA, F. S. B.; FIGUEIRÊDO, M. C. B. Quality index of permanent preservation areas of urban water resources: PPAWater. **Revista Ambiente & Água**. v. 16, n. 1, e2589, Taubaté, 2021.

WANG, Z. *et al.* Research on water environmental indicators prediction method based on EEMD decomposition with CNN-BiLSTM. **Scientific Reports**, v. 14, n. 1, p. 1676, 2024.

CAPÍTULO II - DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO, ATIVIDADES HUMANAS E ASPECTOS AMBIENTAIS

APRESENTAÇÃO DO CAPÍTULO

Este capítulo apresenta descrição da área de estudo nas margens do rio Parnaíba perímetro urbano de Teresina, identifica as principais atividades antrópicas, aspectos ambientais e pontos de interesse existentes na área de estudo, com elaboração de mapas temáticos apresentados em um artigo com o título: “Artigo III - Caracterização do uso e ocupação do rio Parnaíba, no perímetro urbano de Teresina, Piauí, com uso de mapas temáticos”.

4 ARTIGO III - CARACTERIZAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DAS MARGENS DO RIO PARNAÍBA, NO PERÍMETRO URBANO DE TERESINA, PIAUÍ, COM USO DE MAPAS TEMÁTICOS

4 ARTICLE III - CHARACTERIZATION OF THE USE AND OCCUPATION OF THE BANKS OF THE PARNAÍBA RIVER, IN THE URBAN PERIMETER OF TERESINA, PIAUÍ, USING THEMATIC MAPS

Jorge Henrique e Silva Júnior*

Fabio de Oliveira Matos **

RESUMO

O Rio Parnaíba encontra-se exposto a vários níveis de poluição, principalmente a poluição provocada pelo lançamento esgotos domésticos sem tratamentos, contendo substâncias que prejudicam a qualidade da água, além de problemas relacionados a ocupação das suas margens e degradação da mata ciliar. Estes e outros problemas que o rio sofre são decorrentes das atividades humanas fortemente impactantes, e que estão ligadas ao fato de se tratar de um rio localizado em grande parte na região urbana. Devido ao crescimento populacional ao longo dos anos, os recursos hídricos têm sido afetados tanto na qualidade quanto na disponibilidade desses recursos. Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo caracterizar o uso e ocupação das margens do Parnaíba, no perímetro urbano de Teresina, Piauí, com uso de mapas temáticos. A área de estudo está localizada em Teresina, no estado do Piauí, Brasil, às margens do Rio Parnaíba, no perímetro urbano. Foram selecionados 11 pontos para o estudo. Com os dados coletados foram elaborados mapas temáticos para delimitar e identificar as atividades humanas, pontos de interesse (ex: saídas de esgoto e/ou drenagem, pontos históricos ou socialmente relevantes), e aspectos ambientais, possibilitando uma visualização mais clara das diversas atividades/regiões do trecho em estudo, onde aparecem diversos setores separados por suas características, tais como áreas verde, áreas de várzea, canais, instituições, comercio, residências, entre outros. Pode-se constatar que a mata ciliar da área estudada, embora apresentando vários tipos de ocupações, ainda apresenta um bom nível de conservação em alguns trechos da área.

* Aluno do programa de Doutorado em Geografia da UFC, Professor do IFPI.

** Professor do programa de Doutorado em Geografia da UFC, Professor do UFC.

Palavras-chave: Aspectos Ambientais. Mata ciliar. Rio Parnaíba. Mapa Temático.

ABSTRACT

The Parnaíba River is exposed to various levels of pollution, mainly caused by the discharge of untreated domestic sewage, containing substances that harm water quality, in addition to problems related to the occupation of its banks and degradation of riparian forests. These and other problems that the river suffers are due to highly impactful human activities and are linked to the fact that it is a river located largely in the urban area. Due to population growth over the years, water resources have been affected both in quality and availability of these resources. In this context, this study aims to characterize the use and occupation of the banks of the Parnaíba, in the urban perimeter of Teresina, Piauí, using thematic maps. The study area is located in Teresina, in the state of Piauí, Brazil, on the banks of the Parnaíba River, in the urban perimeter. Eleven points were selected for the study. Thematic maps were created using the collected data to delimit and identify human activities, points of interest (e.g., sewage and/or drainage outlets, historical or socially relevant points), and environmental aspects, allowing for a clearer visualization of the various activities/regions of the area under study, where several sectors appear separated by their characteristics, such as green areas, floodplain areas, canals, institutions, commerce, residences, among others. It can be seen that the riparian forest in the studied area, although presenting various types of occupations, still presents a good level of conservation in some parts of the area.

Keywords: Keywords: Environmental Aspects. Riparian forest. Parnaíba River. Thematic Map.

4.1. Introdução

O Rio Parnaíba encontra-se submetido a vários níveis de poluição, principalmente a poluição causada por esgotos domésticos sem tratamentos, com descarga de efluentes líquidos, contendo substâncias que prejudicam a qualidade da água, além de problemas relacionados a ocupação das suas margens e degradação da mata ciliar, Estes e outros problemas que o rio sofre são decorrentes das atividades humanas fortemente impactantes, e que estão ligadas ao fato de se tratar de um rio localizado em grande parte na região urbana. O crescimento urbano na área de estudo, na região de Teresina, ocorre de forma desordenado, levando à ocupação irregular de áreas de preservação ambiental, e em decorrência da expansão urbana, o Rio Parnaíba sofre de inúmeros impactos ambientais, como assoreamento das margens com a formação de coroas, acúmulo de lixo em suas águas e desmatamento da mata ciliar (Lopes, 2016).

Os mananciais e nascentes são os primeiros a sofrerem os efeitos negativos da urbanização, podendo-se mencionar o aterramento e a impermeabilização dos pontos de afloramento de água para expansão das áreas urbanas, além da contaminação por lixo e esgotos domésticos e industriais não tratados (CODEVASF, 2016).

A utilização de mapas temáticos tem se mostrado importante para o monitoramento e avaliação da conservação ambiental, facilitando a identificação dos impactos ambientais (Falcã, *et al*, 2021). O Mapa Temático é o produto final da cartografia temática. A Cartografia tem papel fundamental na elaboração de produtos cartográficos (mapas e cartas), que auxiliam no levantamento e na análise das características naturais de uma determinada área, relacionando-as entre si, e com as atividades antrópicas e seus impactos no meio físico (Ramos, 2018).

Sobre a confecção dos mapas temáticos Oliveira e Romão (2021) destacam que a concepção de um mapa não é necessariamente uma atividade restrita a cartógrafos ou geógrafos e que qualquer pessoa pode construir seus próprios mapas. “Em geral, mapas e gráficos objetivam fornecer ao usuário a percepção do padrão (espacial ou não) presente no conjunto de dados” (Sampaio, 2019, p.86).

Graças aos softwares de geoprocessamento, a confecção dos mapas temáticos atuais, tornam-se mais eficazes, com menor tempo para a produção e aumento da precisão, a exemplo de software destaca-se o QGIS que é Sistema de Informação Geográfica (SIG), livre e gratuito, disponível em múltiplas plataformas (Windows, Mac e Linux), que

possibilita ao usuário visualizar, tratar e analisar dados geoespaciais, além de auxiliar na confecção de mapas (Teixeira; Oliveira; Pimentel, 2018).

Os mapas podem ser utilizados também em estudos de recuperação de impactos ambientais. Para Ramos (2018), as atividades de monitoramento, preservação ou de recuperação de bacias hidrográficas precisam de uma etapa de análise da qualidade ambiental da área e que a cartografia tem papel fundamental, atuando na elaboração de mapas e cartas, que auxiliam no levantamento e na análise das características naturais da área, relacionando-as entre si, e com as atividades antrópicas e seus impactos no meio físico. Ressalta ainda que, o projeto e a produção cartográfica se constituem etapas essenciais na análise da qualidade ambiental de uma bacia hidrográfica.

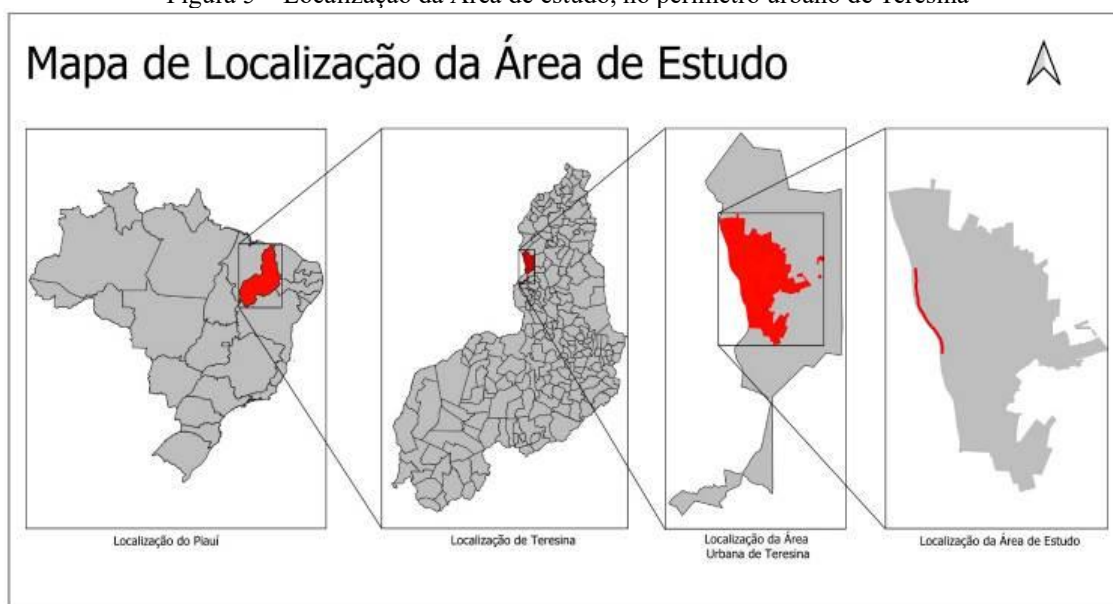
Neste contexto, o presente estudo teve como objetivos caracterizar o uso e ocupação das margens do rio Parnaíba, no perímetro urbano de Teresina, Piauí, com o uso de mapas temáticos.

4.2. Metodologia

4.2.1. Área de Estudo

A área de estudo está localizada em Teresina, no estado do Piauí, Brasil, às margens do Rio Parnaíba, no perímetro urbano, entre o Centro Administrativo localizado na Av. Maranhão e o Parque Ambiental Encontro dos Rios, Av. Boa Esperança e Rua Firmino Filho (Figura 5).

Figura 5 – Localização da Área de estudo, no perímetro urbano de Teresina



Fonte: Autoria Própria (2022).

A área foi dividida em setores (A, B, C, D, E, F, E, G) para melhor compreensão dos dados (Figura 6). Cada setor está relacionado com a presença de atividade urbanas e rurais (hortas comunitárias, atividades comerciais, entre outras) e aspectos ambientais (presença de mata ciliar, lagoas naturais e artificiais, áreas de brejo, pontes de despejo de esgoto e resíduos sólidos), sociais e econômicos que possam interferir com a margem estando dentro da área de estudo (considerando até 200 metros da margem do rio) na mata ciliar.

O trecho selecionado para o estudo, possui diversas atividades (urbanas e rurais) bem como estruturas, desde galerias para drenagem da água da chuva, uma estação de tratamento de água para abastecimento, hortas comunitárias, estruturas residenciais e comerciais, podendo estas causarem impacto sobre o rio de forma difusa e/ou pontual. Foram selecionados 11 pontos para o estudo (Quadro 6):

Quadro 6 – Descrição dos pontos no Rio Parnaíba selecionados para o estudo

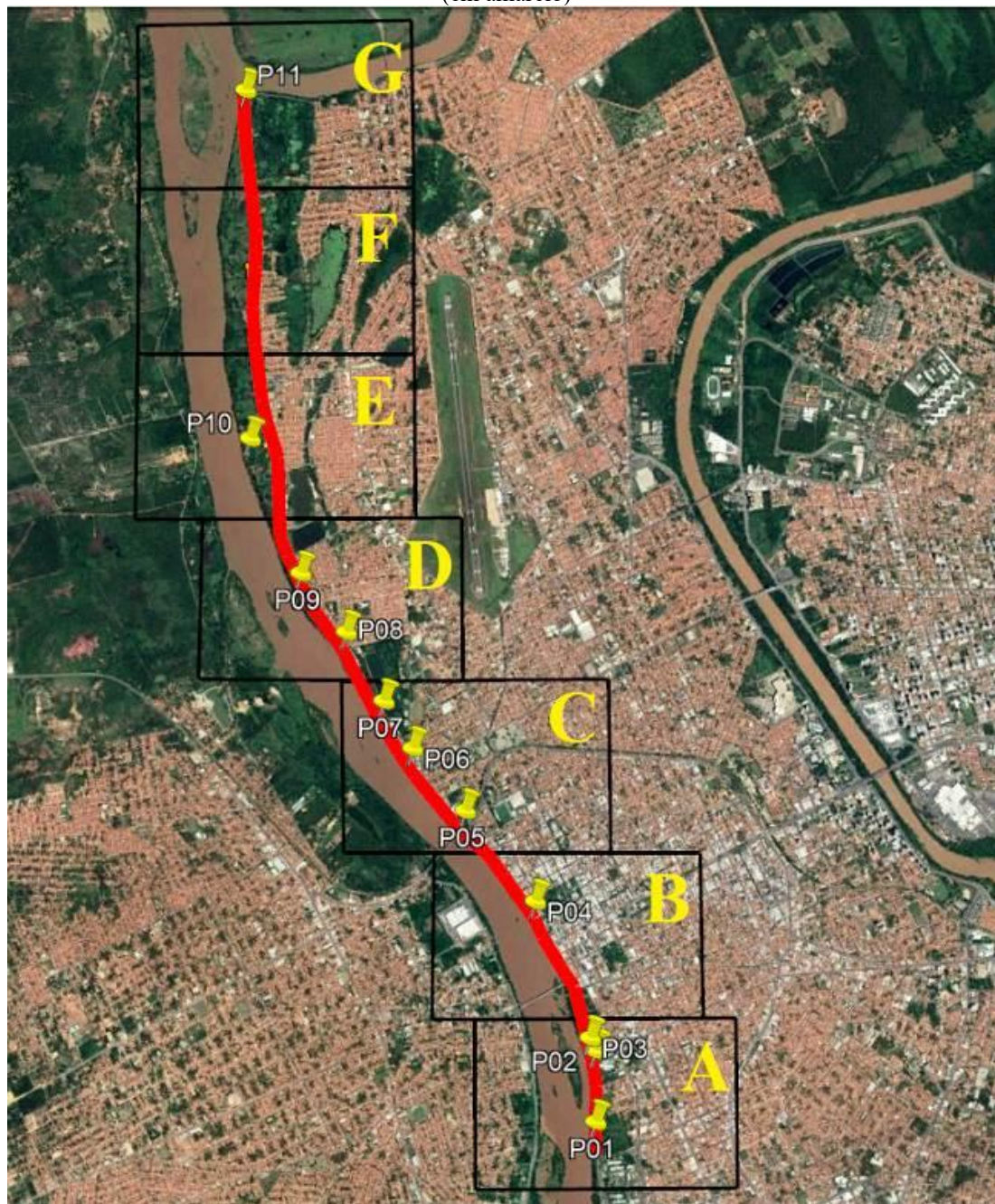
PONTO	DESCRIÇÃO
P1	Após o Centro Administrativo de Teresina (CAT): a jusante (depois) do CAT está localizado na Av. Maranhão. O ponto um encontra-se na margem do rio, a montante (antes) do primeiro trecho de lavadores de carro.
P2	Após Lavadores de carro, na Av. Maranhão: a jusante (depois) do primeiro trecho de lavadores de carro.
P3	Galeria: localizada logo após a interseção entre Av. Maranhão e a Av. Joaquim Ribeiro, onde possui uma galeria da água pluviais
P4	“Troca-troca”: Localizado próximo aos comércios “Troca-troca” e nas proximidades do “Shopping da Cidade”.
P5	Ponte Metálica: Localizado à montante (antes) da área dos lavadores de carro, próximo a “Ponte Metálica” que liga a cidade de Teresina a cidade de Timon no Estado do Maranhão.
P6	Iate Clube: Localizado nas proximidades de um clube – “o Iate Clube de Teresina”
P7	Bar dos Pescadores: Bar dos pescadores, à montante (antes) da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE - Pirajá), localizado em um bairro de Teresina – O bairro Pirajá.
P8	Após a Estação de Tratamento de Esgoto: a jusante (depois) da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE - Pirajá).
P9	Antes do Lagoas do Norte: Localizado na Av. Boa Esperança, à montante (antes) do parque ambiental “Lagoas do Norte”.
P10	Depois do Lagoas do Norte: Localizado na Av. Boa Esperança, a jusante (depois) do parque ambiental “Lagoas do Norte” próximo a um setor com atividades agrícolas (currais, hortas comunitárias etc.).
P11	“Encontro dos Rios”: Localizado na Av. Boa Esperança, dentro do parque ambiental “Encontro dos rios

Fonte: Autoria própria (2024).

Ao longo do trecho foi realizada a identificação das atividades antrópicas (urbanas e rurais) desenvolvidas nas margens do rio Parnaíba, com interferência nas

margens e mata ciliar, dos aspectos e impactos ambientais.

Figura 6 – Área de estudo (em vermelho), diferentes setores (A, B, C, D, E, F, E e G) e pontos de coleta (em amarelo)



Fonte: Autoria Própria (2024), adaptado de Google Earth.

4.2.2. Coleta de campo, criação de Mapas Temáticos e Análise dos dados

A coleta de dados foi realizada durante um ano (outubro de 2021 a outubro de 2022). Foram realizadas visitas aos locais de pesquisa utilizando-se, quando necessário, veículos terrestres ou aquáticos. Durante as visitas foram identificadas as atividades antrópicas, urbanas e rurais (hortas comunitárias, atividades comerciais, entre outras), os aspectos ambientais (presença e conservação da mata ciliar), os impactos ambientais

associados, pontos de degradação (erosão e assoreamento), bem como os aspectos sociais e econômicos em toda área. A identificação das atividades (urbanas e rurais), desenvolvidas nas margens do Rio Parnaíba, foi feita por meio de observação direta, registro fotográfico, tomada de coordenadas com GPS (Sistema de Posicionamento Global), análise de imagens via satélite.

Com os dados obtidos foram elaborados mapas temáticos para identificar o uso e ocupação das margens do rio, aspectos ambientais, impactos ambientais, atividades humanas, pontos de saídas de esgoto e/ou drenagem, pontos históricos ou socialmente relevantes e pontos de degradação ambiental. Foi utilizado inicialmente o Google Earth (versão 7.3.4.8642, para computador, 64-bit) para setorizar as áreas, os pontos de interesse e as atividades com base em imagens via satélite, e posteriormente, foram exportados (do formato KML para Shape file) para o programa Q-GIS (versão 3.26.0-Buenos Aires) onde o mapa foi confeccionado.

A partir da delimitação da área de estudo e distribuição dos pontos (Figura 5) foi dimensionada a área total da APP no trecho do rio Parnaíba em estudo, considerando a largura de 200m a partir da margem, calculado em função da largura do rio de acordo com o Código Florestal Lei Federal 12.651/2012. Também se observou a mata ciliar remanescente (que continua preservada) a fim de verificar o grau de conservação. Foi possível ainda uma visualização mais clara das diversas atividades/regiões do trecho em estudo, através de visitas aos pontos selecionados nos quais aparecem os diversos setores identificados por suas características, tais como áreas verde, áreas de várzea, canais, instituições, comércio, residências, entre outros.

Foi dimensionada também a margem do rio em vários pontos nos períodos de seca (entre agosto e outubro) leito de estiagem, no leito médio (março a julho) e na cheia (dezembro a fevereiro) leito de cheia. Vale ressaltar que a identificação das atividades na área de estudo levou em consideração a existência das atividades ao longo da APP, que direta ou indiretamente podem causar impactos ambientais no rio Parnaíba (considerando 200 metros de dimensão da APP, em função da largura do leito normal do rio).

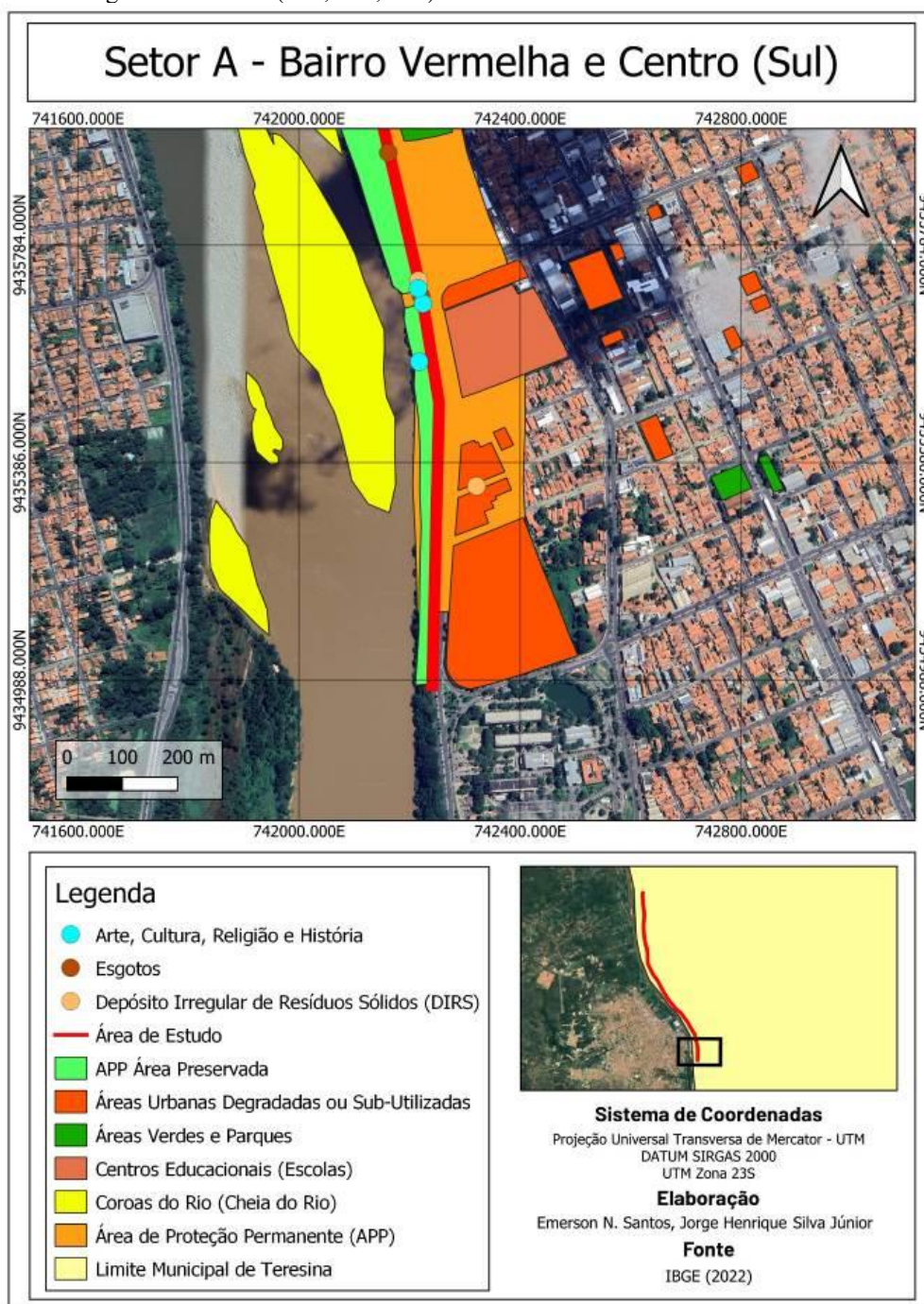
4.3. Resultados e Discussões

4.3.1. Descrição e Discussão dos diferentes setores da área de estudo

4.3.1.1. Setor A (P01; P02; P03)

O setor A (Figura 7) corresponde a uma parte da área de estudo, localizada na altura do bairro do bairro Vermelha, que embora seja uma área majoritariamente residencial, apresenta órgãos administrativos (Centro Administrativo), e outros órgãos que se destacam como a empresa Equatorial PI (empresa que fornece energia elétrica), o CRCPI (Conselho Regional de Contabilidade do Piauí), a associação AAPCE (associação dos Aposentados e Pensionistas da CEPISA) o Centro Administrativo de Teresina, além do IFPI-campus zonal sul (com atividades educacionais).

Figura 7 – Setor A (P01, P02, P03): Bairro Vermelha e centro Administrativo



Fonte: Autoria Própria (2024), adaptado de Google Earth.

Os principais aspectos e impactos ambientais observados no Setor A foram: 1 - a mata ciliar; 2 - primeiro ponto de esgoto (perene) 3 - erosão do solo das margens do rio; 4 - Assoreamento do rio e formação de “coroas”, 5 - os lavadores de carro; 6 - os terrenos baldios, 7 - os Depósitos Irregulares de Resíduos Sólidos (DIRS); 6 - aspectos socioambientais (oferendas religiosas). Neste setor foram selecionados para o estudo os pontos P01; P02; P03.

A mata ciliar, no ponto 1 (P01, Figura 8), apresenta uma vegetação bem desenvolvida, cujo solo apresenta pequeno grau de erosão e pouca presença de lixo, sendo considerado um dos pontos com melhores indicadores visuais, contando inclusive com a observação de animais silvestres ao longo do rio. Outro aspecto interessante observado foi a variação do leito do rio, onde nos meses de estiagem e calor intenso, ocorre a seca (entre agosto e outubro) e o leito do rio diminui (leito de estiagem) e surge uma “margem” de aproximadamente 32m. Nos meses de chuva, ocorre a cheia do rio e o leito aumenta (leito de cheia), resultando numa diminuição da margem, para o mínimo de 6 m de margem aproximadamente. No leito normal/médio, a margem observada foi de aproximadamente de 22 a 28 m.

Figura 8 – Setor A, P01, mata ciliar e a variação do leito do rio ao longo do ano, janeiro/cheia (a); março/normal (b); outubro/seca (c)



Fonte: Autoria Própria (2024).

No ponto 2 (P02, Figura 9), verificou-se também uma boa conservação da mata ciliar, e a margem do rio variou ao longo do ano, com valor mínimo de 22m na cheia (leito de cheia), de 32m a 38m (leito médio), e 44m na seca (leito de estiagem). A margem do rio no ponto 3 (P03), variou ao longo do ano com valor mínimo de 28m na cheia (leito de cheia), de 38m a 40m (leito médio/normal), e 48m na seca (leito de estiagem).

Figura 9 – Setor A, P02, mata ciliar e a variação do leito do rio ao longo do ano, janeiro/cheia (a); março/normal (b); outubro/seca (c)



Fonte: Autoria Própria (2024).

Como curiosidade foram encontradas oferendas religiosas/crenças (com alimentos) na margem do rio (Figura 10), próximos ao ponto 2 (P02) evidenciando aspectos socioambientais.

Figura 10 – Setor A, P02, oferendas religiosas



Fonte: Autoria Própria (2024).

Tem sido ressaltado que estas oferendas têm aspecto religioso ligado à religião da Umbanda, praticada por um grande número de teresinenses, nos mais de 300 terreiros da cidade registrados na FEUBRA (Federação Umbandista Brasileira), sendo os Orixás (deuses) mais cultuados, a Iemanjá (Deusa Rainha do Mar) e a Oxum (deusa das águas doces, irmã de Iemanjá, que leva as oferendas até o mar) (SOUZA, 2012).

No ponto 3 (P03) (Figura 11), foi identificado o primeiro ponto de esgoto (E01) perene (fluxo contínuo), localizado na altura da Av. Joaquim Ribeiro (E01), que se assemelha a uma galeria de drenagem de águas pluviais e passa por debaixo das avenidas Joaquim Ribeiro e Maranhão. O fluxo de água constante (mesmo após dias sem chuva), o intenso mau cheiro na área, a cor esverdeada da água, a ausência de uma Estação de

Tratamento de Esgoto - ETE nas proximidades (que possa fazer o tratamento do esgoto), fazem acreditar que se trata de esgoto bruto, provavelmente dos bairros Vermelha e o Centro de Teresina, que está sendo despejado diretamente no rio.

Figura 11 – Setor A, P03, erosão do solo, medidas de controle (sacos de contenção) e saída de esgoto (E01)



Fonte: Autoria Própria (2024).

Também nesse ponto (P03) foi observado a erosão do solo mais intensa das margens do rio, bem próximo a pista da Av. Maranhão, o que gera risco, e para sanar o problema, a Prefeitura de Teresina começou algumas obras para o controle da erosão (Figura 11). As principais causas da erosão estão relacionadas ao desmatamento verificado na área e ao intenso fluxo efluente que saem do esgoto logo abaixo da pista.

Outro aspecto observado no setor, entre os pontos 1 e 2 (P01 e P02), foi a formação de “coroas”, que são bancos de areia, resultantes do processo de assoreamento, que se acumulam no leito do rio e podem ser observadas ao longo de todo o ano sendo mais evidente no período de seca (Figura 12); no período de cheia do rio elas ficam reduzidas e sua maior parte fica coberta por água.

Figura 12 – Setor A, entre os pontos 1 e 2 (P01 e P02), formação e ocupação das coroas do rio ao longo do ano, janeiro/cheia (A); março/normal (B); outubro/seca (C). Foto tirada a partir da margem



Fonte: Autoria Própria (2024).

Observou-se também, entre os pontos 1 e 2 (P01 e P02), uma das coroas denominadas “prainhas” ou “Jericoroas”³ (Figura 12, C), que são ocupações temporária das coroas do rio, com a presença de barracas e bares para fins de banho e entretenimento, semelhantes as barracas de praia presentes no litoral. Este fenômeno social ocorre nos meses de seca (setembro e outubro) quando o rio está mais seco e possui menor vazão. Trata-se de uma ocupação irregular, que já ocorre há bastante tempo, promovido pela população. Não possui banheiros, nem coletores de lixo adequados e ausência de parâmetros, para verificação da balneabilidade (se a água está própria para o banho).

Segundo reportagens do G1 Piauí (2022), e da TV Cidade Verde (2022), “Jericoroa” é um banco de areia que se forma no meio do Rio Parnaíba em época de baixa das águas. Como Teresina é a única capital do Nordeste que não tem praia de água salgada, esta seria uma praia de água doce, pois a cor da areia, a ventilação e a margem do rio lembram o litoral, o que atrai muitos visitantes. A antiga e mais tradicional desta ocupação ocorre próximo à Ponte da Amizade e segundo o proprietário de um dos bares, esta ocupação ocorre há pelo menos 50 anos (G1, 2022; MORENO, 2022).

Essas ocupações “tradicionais” ocorrem em várias coroas ao longo do rio, o que demonstra o interesse da população em utilizar o rio como fonte de lazer e turismo, havendo necessidade de que sejam feitos estudos de impacto ambiental (avaliação da qualidade da água para balneabilidade, dos impactos das atividades e estratégias de compensação), bem como oferecidas estruturas adequadas (banheiros, transporte e segurança) além do treinamento de guias para promover a educação ambiental e os cuidados nas áreas.

Esses bancos de areia ou “Coroas” são formações de um processo denominado de assoreamento, que já ocorre há bastante tempo no rio Parnaíba sendo agravado ano após ano. Em visita a algumas dessas coroas pode-se observar que o leito do rio fica extremamente raso sendo possível atravessar a pé (Figura 13). O processo de assoreamento ocorre devido a diversos fatores, mas sendo principal o desmatamento das matas ciliares e ao intenso processo de erosão que ocorre ao longo de todo o rio não apenas na área de estudo.

³ Nome “Jericoroa” se deve em referência às praias de Jericoacoara no Ceará, juntando o termo “coroa do rio”

Figura 13 – Setor A, entre os pontos 1 e 2 (P01 e P02), foto tirada a partir da coroa, no meio do rio, possível atravessar a pé



Fonte: Autoria Própria (2024).

Entre o Ponto 1 e 2 (P01 e P02) na Avenida Maranhão, está localizado o primeiro trecho dos lavadores de carros nas margens do rio Parnaíba. Os lavadores trabalham durante todo o ano, sendo que nos meses chuvosos (final de dezembro, janeiro e fevereiro e março), há menos lavadores, devido à menor demanda pelo serviço e nos meses de seca há mais lavadores, pois demanda aumenta (Figura 14).

Figura 14 – Setor A, entre P01 e P02, lavadores de carro



Fonte: Autoria Própria (2024).

Neste setor foram encontrados 5 (cinco) terrenos baldios (Figura 15). São áreas extensas que apesar de possuírem alguma vegetação não estão sendo utilizadas/ocupadas e próximo a elas estão se acumulando resíduos sólidos, isto acontece por serem áreas que estão “vazias” não ocorrendo uma efetiva fiscalização e os resíduos acabam se acumulando. Estes resíduos com a chuva podem ser levados para o sistema de drenagem, entupindo-o e/ou caindo diretamente no rio.

Figura 15 – Deposito Irregular de Resíduos Sólidos (DIRS01) próximo aos terrenos baldios



Fonte: Autoria Própria (2024).

Sobre os Depósitos Irregulares de Resíduos Sólidos (DIR02), observados no ponto 3 (P03), destacam-se os pneus e garrafas plásticas (que podem acumular água e tornar-se criador de mosquitos transmissores de doenças), e os resíduos perigosos, embalagens de água sanitária, lâmpadas fluorescentes e óleo lubrificante de motores. Foi observado a atividade de pesca nas águas, provavelmente contaminadas pelo esgoto e resíduos sólidos (Figura 16).

Figura 16 – Setor A, pontos 3 (P03), depósitos irregulares de resíduos sólidos, esgoto e atividade de pesca

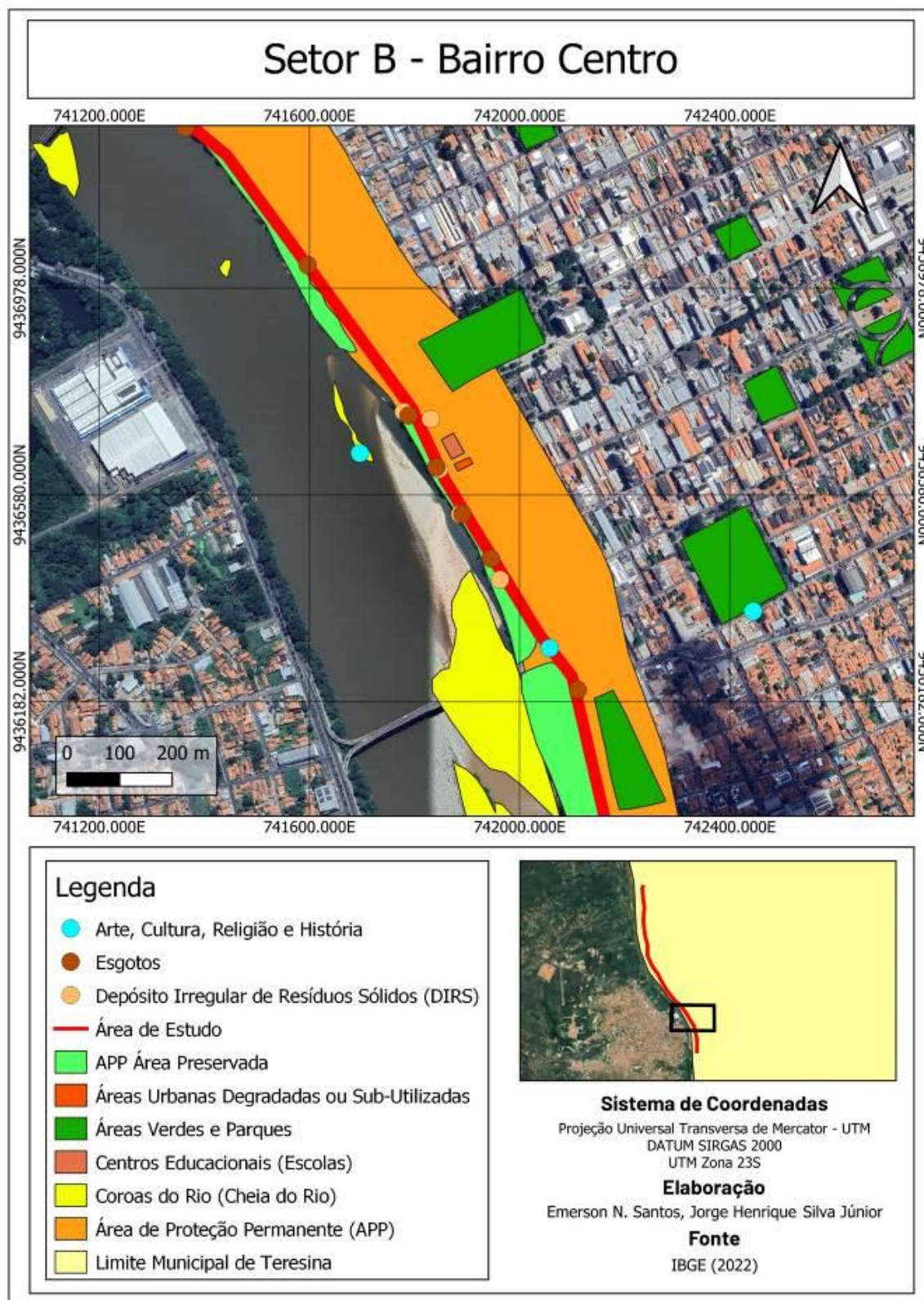


Fonte: Autoria Própria (2024).

4.3.1.2. Setor B (P04)

O Setor B (Figura 17), corresponde a parte do bairro Centro-Sul. Trata-se de um bairro antigo, com áreas comerciais predominantemente. Os principais aspectos ambientais visuais e impactos ambientais observados no Setor B foram a presença de depósitos irregulares de resíduos sólidos, 6 (seis) esgotos intermitentes (provavelmente ligados ao sistema de drenagem pluvial). Neste setor foi selecionado para o estudo o ponto P04.

Figura 17 – Setor B (P04): Bairro Centro



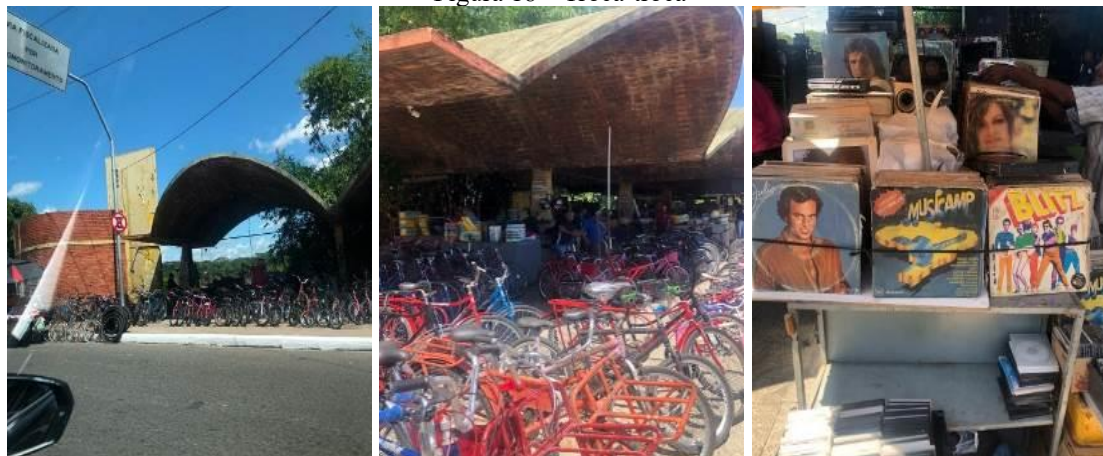
Fonte: Autoria Própria (2024), adaptado de Google Earth.

No ponto 4 (P04) do setor B estão localizados o “Troca-Troca”, o “Shopping da Cidade”, um ponto de acesso ao metrô de Teresina, um ponto de acesso à embarcação no rio que faz a conexão entre as cidades de Teresina e Timon, além de e vendedores

ambulantes (que fazem o comércio debaixo do túnel do metrô e ao lado da Av. Maranhão).

O Troca-Troca (Figura 18), fundado em 1987, é uma feira tradicional de venda e troca de mercadorias, que surgiu pela necessidade da venda e troca de produtos novos ou usados, muitas vezes com a ausência de dinheiro. Trata-se de um ponto turístico de Teresina, sendo um dos pontos mais antigos da cidade (Ribeiro, Façanha, 2020).

Figura 18 – Troca-troca



Fonte: Autoria Própria (2024).

O Shopping da Cidade (Figura 19) é um espaço que foi projetado para abrigar vendedores ambulantes e camelôs do centro de Teresina, a fim de formalizar suas atividades, promover segurança e bem-estar da população. As atividades do comércio informal, com vendedores ambulantes e/ou camelôs antes presentes nas ruas do centro urbano de Teresina (ocupava espaço significativo impedindo o trânsito, dificultava a segurança dos vendedores e clientes e favorecia a descaracterização do Patrimônio Cultural da região). Em virtude disto foi feita a retirada dos vendedores ambulantes das ruas e calçadas de Teresina e os realocando para um espaço próprio o “Shopping da Cidade”, como uma das ações implantadas na Agenda 2015 (Ribeiro, Façanha, 2020). O Shopping da cidade é um prédio grande com várias entradas e saídas, organizado em boxes onde estão localizados as lojas e os comerciantes. O local está conectado à “Praça da Bandeira” e conta com um ponto de acesso ao metrô urbano de Teresina. São encontrados diversos vendedores ambulantes (debaixo do túnel do metrô).

Figura 19 – Shopping da Cidade, túnel do metrô e vista do complexo a partir do rio



Fonte: Autoria Própria (2024).

Como consequência da grande concentração de atividades antrópicas nesse setor, no ponto 4 (P04) (Figura 20), a mata ciliar nativa foi quase totalmente retirada, o solo concretado e impermeabilizado. Não é possível verificar variação da margem e do leito ao longo do ano, apesar do aumento do volume das águas nos períodos das cheias, isto se deve as barreiras de contenção. Como consequências do intenso fluxo de pessoas e das várias atividades comerciais, ocorre a grande produção de resíduos sólidos e descarte irregular destes nas margens do rio, com destaque para os resíduos volumosos (restos de geladeira, fogões e outros eletrodomésticos volumosos).

Figura 20 – APP do rio no ponto 4 (P04), impermeabilizada e com resíduos sólidos



Fonte: Autoria Própria (2024).

O ponto 4 (P04) também já foi conhecido como “cais do troca troca” ou “cais do Parnaíba” (Figura 20), na época em que o rio Parnaíba era “navegável”, trata-se de um ponto histórico da cidade de Teresina. Segundo os trabalhos de Vasconcelos Filho (2020) e Gandara (2008), em meados de 1800 a capital do Piauí era a cidade de Oeiras, contudo, os governantes da época demonstravam profundo desejo em implantar navegação a vapor

no rio Parnaíba, a fim de conectar as cidades ao longo do rio, promover o desenvolvimento econômico, para isso, iniciou-se uma busca para transferir a capital, que após intensos estudos e debates políticos foi selecionada a região da “Vila Poti”, a única passagem entre o norte da Capitania e o restante do Brasil, além de ser uma região fértil, entre os rios Parnaíba e Poty, para se tornar a nova capital “Teresina” em homenagem a imperatriz Teresa Cristina Maria de Bourbon.

O declínio da navegação do rio Parnaíba foi um processo gradativo e lento, que teve como principais fatores, a ocupação e retirada de vegetação das matas ciliares, o que levou ao aumento de sedimentos que caíam no rio Parnaíba; o assoreamento do rio, que impossibilitou o tráfego de embarcações muito pesadas, a construção das rodovias em meados de 1940; a construção da barragem de Boa Esperança (1970), que contribuiu para a diminuição da vazão do rio contribuindo com o acúmulo de sedimentos, todos esses fatos contribuíram para o declínio da navegação no rio (Vasconcelos Filho, 2020; Costa, 2020; Moraes, 2015; Gandara, 2008). Atualmente, nos períodos de seca (leito de estiagem), apenas pequenas embarcações conseguem trafegar entre os bancos de areia (Figura 21) transportando pessoas entre as cidades de Teresina e Timon e para a “Jericoróia”.

Figura 21 – Setor B, Transporte fluvial, ponto de acesso em Teresina-PI (A); embarcação desviando das coroas (B); ponto de acesso de Timon-MA (C) e ocupação da coroa (Jericoróia) (D)



Fonte: Autoria Própria (2024).

Entre os pontos 3 e 4 (P03 do setor A e P04 do setor B) está localizada parte do centro comercial de Teresina, onde o acesso ao rio é limitado, pois existe uma mureta de proteção (Figura 22), por quase todo o trecho entre os pontos, o que dificulta o acesso ao rio, sendo possível ser feito apenas em algumas escadarias, mas não é possível chegar a margem pela vegetação fechada e o terreno irregular. Neste trecho foram observados 6 Pontos de Esgotos intermitentes (cujo fluxo de água não é constante), provavelmente

fazem parte do sistema de drenagem pluvial das ruas do centro. Foram observados presença de lixo e efluentes não tratados (efluentes com cheiro forte e cor escura).

Figura 22 – Mureta de proteção, escadaria vegetação, lixo e esgoto entre os pontos 3 e 4 (P03 e P04)



Fonte: Autoria Própria (2024).

Vale ressaltar que o setor B possui um aspecto cultural muito forte onde é possível observar diversas manifestações culturais dentre elas a exposição de pinturas nos alicerces da ponte da amizade e do metrô de Teresina (Figura 23).

Figura 23 – Arte urbana, grafite e pinturas nos alicerces da ponte da amizade e do metrô

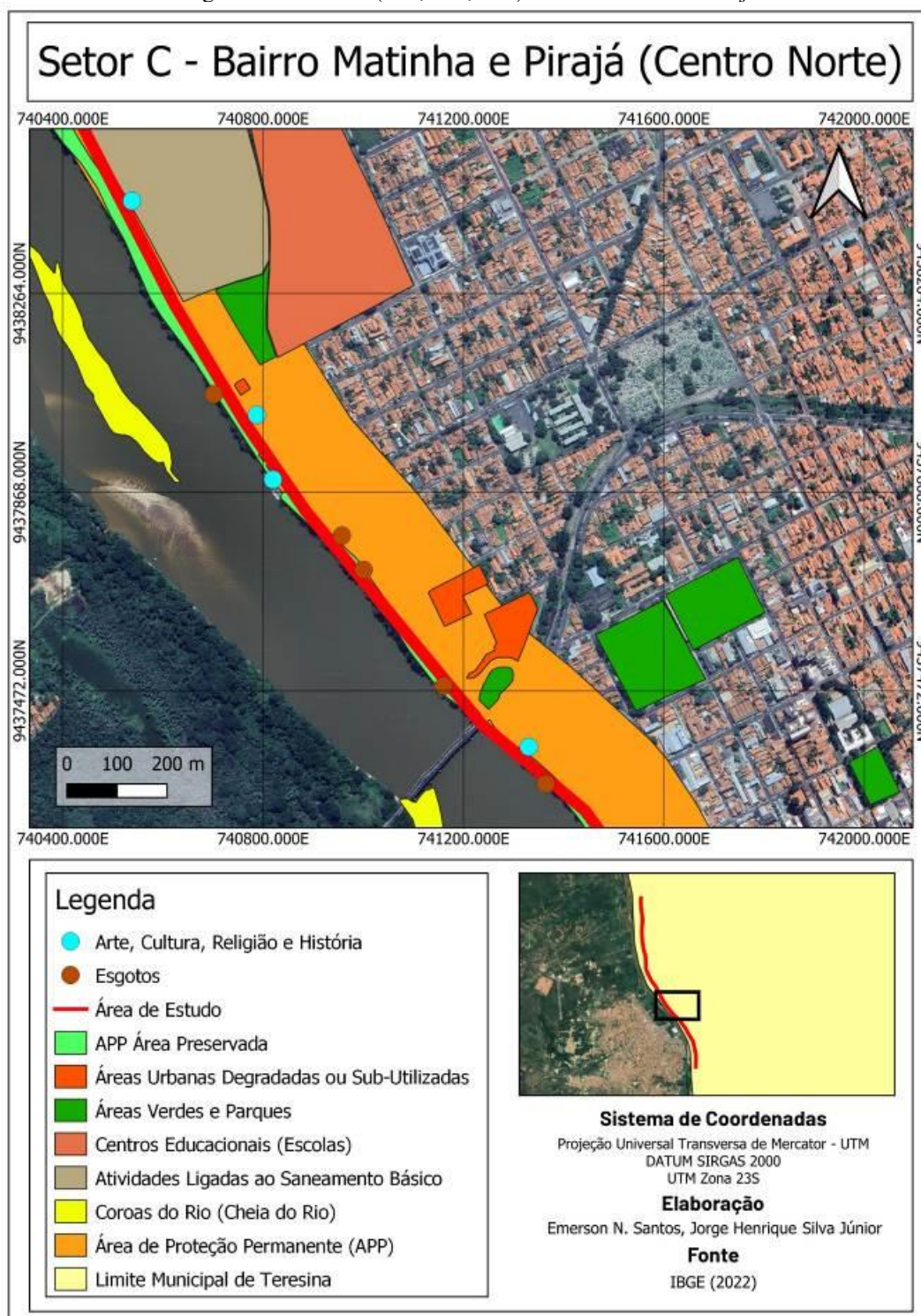


Fonte: Autoria Própria (2024).

4.3.1.3. Setor C (P05, P06, P07)

O setor C (Figura 24) corresponde à região Centro-Norte, aos bairros Matinha e Pirajá. São bairros majoritariamente residenciais. Os pontos de referência são a Universidade Estadual do Piauí (Campus Pirajá Teresina), a Estação de Tratamento de esgoto – ETE Pirajá, e a Ponte Metálica (cartão postal de Teresina). Neste setor foram selecionados para o estudo os pontos P05, P06, P07.

Figura 24 – Setor C (P05, P06, P07): Bairro Matinha e Pirajá



Fonte: Autoria Própria (2024), adaptado de Google Earth.

A margem do rio no ponto 5 (P05), variou muito ao longo do ano com valor mínimo de 12 m (leito de cheia), de 25m a 30m (leito médio/normal), e 45m a 55 na seca (leito de estiagem), formando um banco de areia na margem do rio (Figura 25).

Figura 25 – Setor C, P05, ao longo do ano, janeiro/cheia (a); março/normal (b); outubro/seca (c)



Fonte: Autoria Própria (2024).

No ponto (P06) não houve variação, pois, ela foi impermeabilizada pela construção de uma rampa para o acesso das pessoas às embarcações, e outras atividades como pesca e lavagem de roupa (Figura 26).

Figura 26 – Setor C, P06, APP do rio Parnaíba impermeabilizada, com rampa de acesso a embarcações e outras atividades humanas (pesca e lavagem de roupas)



Fonte: Autoria Própria (2024).

No ponto 7 (P07), a margem variou longo do ano com valor mínimo de 20 m (leito de cheia), de 35m (leito médio/normal), e 45m na seca (leito de seca) (Figura 27).

Figura 27 – Setor C, P07, ao longo do ano, janeiro/cheia (a); março/normal (b); outubro/seca (c)



Fonte: Autoria Própria (2024).

No setor C existem algumas atividades comerciais e restaurantes com destaque para o bar “Brisa Verde” (P05) e bar do “Mazinho” ou “bar dos pescadores” (P07), onde há uma concentração de pescadores tradicionais (Figura 28). Estes pescadores vendem os peixes obtidos no rio para os restaurantes, para a população em geral além de consumo próprio. Entre os pontos 5 e 6 (P05 e P06) existe também uma concentração de lavadores de carro.

Figura 28 – APP do rio Parnaíba, Setor C P06, Barcos dos Pescadores



Fonte: Autoria Própria (2024).

Dos problemas ambientais observados nas margens do rio, destaca-se a erosão do solo das margens do rio entre os P05 e P06. Apesar de existirem algumas árvores, estas não impedem totalmente a erosão do solo (Figura 29).

Figura 29 – APP do rio Parnaíba, Setor C entre P05 e P06, indicadores de erosão do solo das margens



Fonte: Autoria Própria (2024).

Próximo ao ponto 5 (P05) foi encontrado o segundo ponto esgoto (E10) perene (Figura 30, a). Este esgoto embora com menor fluxo, libera efluentes não tratados ao longo do ano inteiro. Os demais pontos de esgoto ao longo do setor (E11, E12 e E13) são intermitentes (Figura 30, b). Os esgotos prejudicam a qualidade da água do rio, o que pode impactar os pescadores que se concentram na área.

Figura 30 – Setor C entre P05 e P06, esgoto perene (a) e esgotos intermitentes (b1 e b2)



Fonte: Autoria Própria (2024).

Além da poluição da água pelos esgotos, a presença de resíduos sólidos na área pode contribuir também para a alteração a qualidade da água (Figura 31).

Figura 31 – Lixo encontrado no Setor C, P05 (a); P06 (b); P07(c)

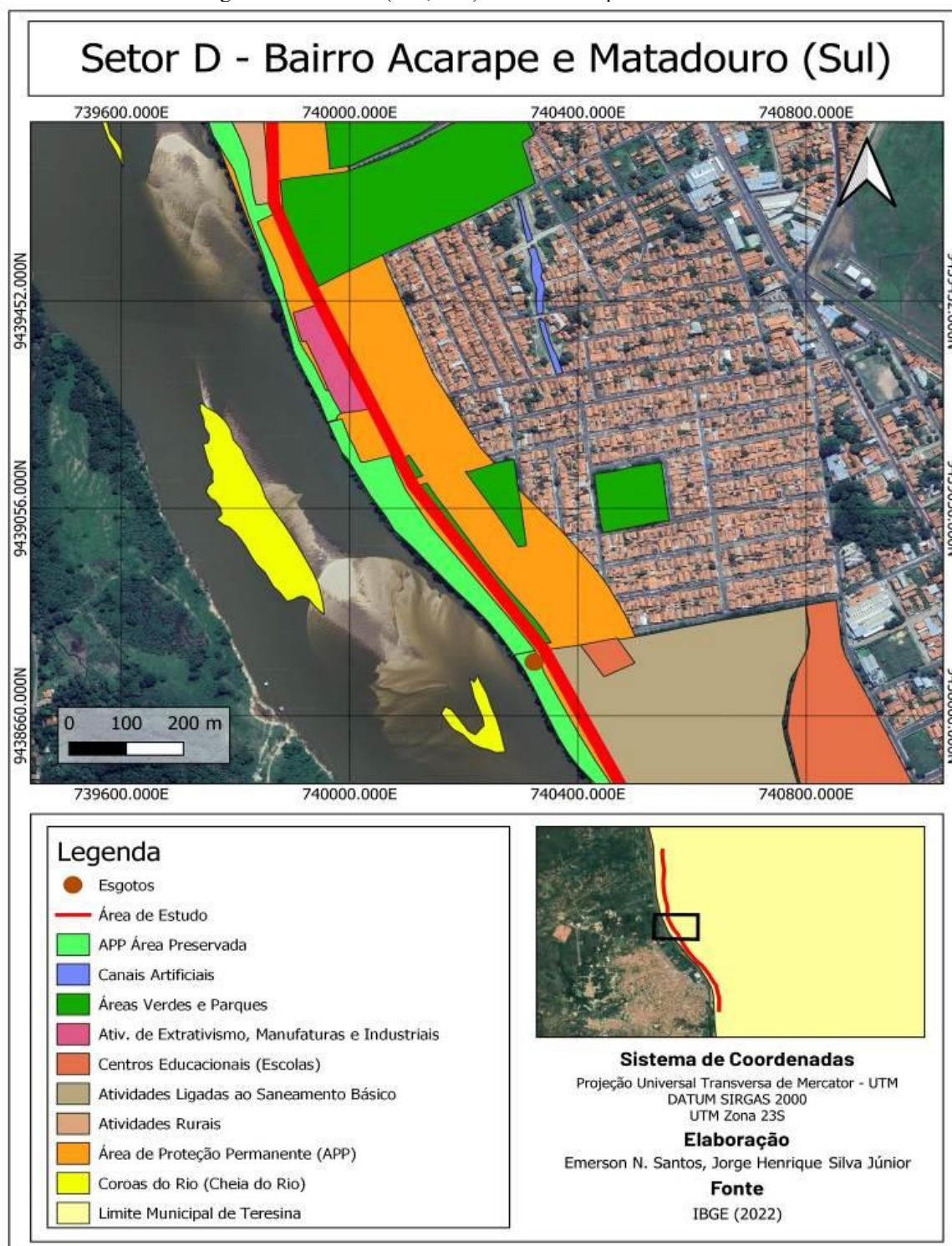


Fonte: Autoria Própria (2024).

4.3.1.4. Setor D (P08, P09)

O setor D (Figura 32) corresponde aos bairros Acarape e a parte sul do bairro Matadouro, ambos residenciais, que foram muito atingidos pela falta de saneamento básico. A região sofria com constantes alagamentos durante o período chuvoso, pois existia um canal natural (indicado com o polígono em verde claro) que era constantemente obstruído pelo acúmulo de lixo e outras ocupações. O canal sofreu uma obra de intervenção pela prefeitura e ficou conhecido como “Canal do Matadouro” recebendo elementos de arborização e urbanismo (Prefeitura de Teresina, 2022). O Canal do matadouro (polígonos azul-claros, (Figura 32) se conecta com as lagoas do parque ambiental “Lagoas do Norte” (grande área verde na Figura 32). Neste setor foram selecionados para o estudo os pontos P08 e P09.

Figura 32 – Setor D (P08, P09): Bairro Acarape e Matadouro

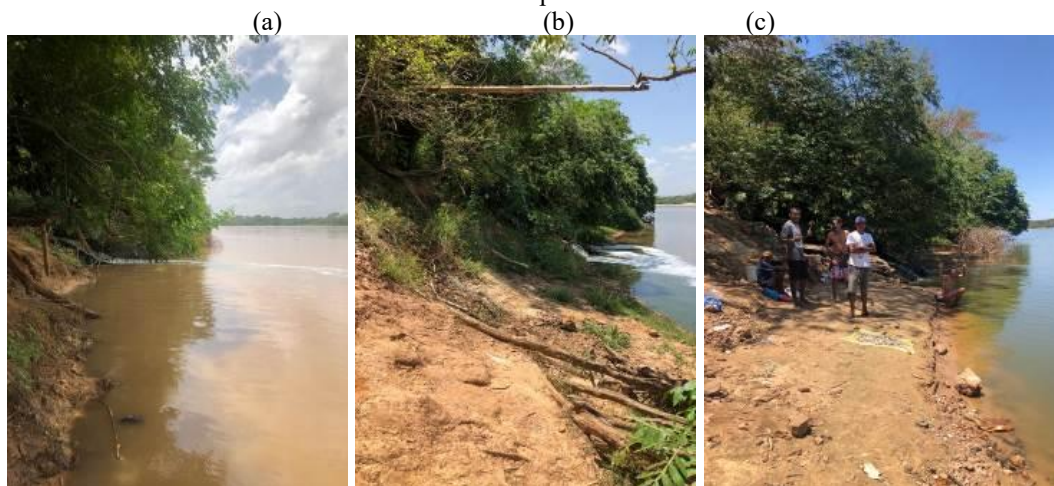


Fonte: Autoria Própria (2024), adaptado de Google Earth.

A margem do rio no ponto 8 (P08), variou ao longo do ano com valor mínimo de 25 m (leito de cheia), de 30m (leito médio/normal), e 35 na seca (leito de estiagem), formando um banco de areia na margem do rio (Figura 33). O ponto 8 (P08) fica próximo à saída de esgoto tratado da ETE - Estação de Tratamento de Esgoto (E11), que é responsável pela coleta e tratamento de esgoto dos bairros próximos. É importante

ressaltar a presença de banhistas e pescadores no ponto 8 (Figura 33, c), próximo a saída de esgoto tratado, que apesar de tratado, pode representar algum tipo de risco. Embora seus efluentes sejam tratados também causam algum impacto ambiental, observado pela espuma na água, coloração e intenso odor no ambiente (Figura 34).

Figura 33 – Setor D, P08, ao longo do ano, janeiro/cheia (a); março/normal (b); outubro/seca (c) com banhistas e pescadores



Fonte: Autoria Própria (2024).

Figura 34 – Setor D, P08, saída de esgoto da ETE, espuma e cor da água esverdeada



Fonte: Autoria Própria (2024).

No ponto 9 (P09), o acesso se dá por meio de uma rua sem saída em direção ao rio, com um bar/restaurante intitulado “Beco do Forró”. A margem do rio no ponto 9 variou ao longo do ano, com valor mínimo de 35 m (leito de cheia), de 40m (leito médio/normal), e 55 na seca (leito de estiagem) (Figura 35). Há formação de grandes bancos de areia no ponto (P09), onde foi possível observar pessoas atravessando o rio á pé durante o período seco (Figura 36, a). Foram observadas também a presença de grandes grupos de aves (Figura 36, b1 e b2) e pequenos grupos de capivaras (Figura 36, c).

Figura 35 – Setor D, P09, ao longo do ano, janeiro/cheia (a); março/normal (b); outubro/seca (c)



Fonte: Autoria Própria (2024).

Figura 36 – Setor D, P09, grandes coroas (a), grupos de pássaros (b1 e b2) e capivaras (c)



Fonte: Autoria Própria (2024).

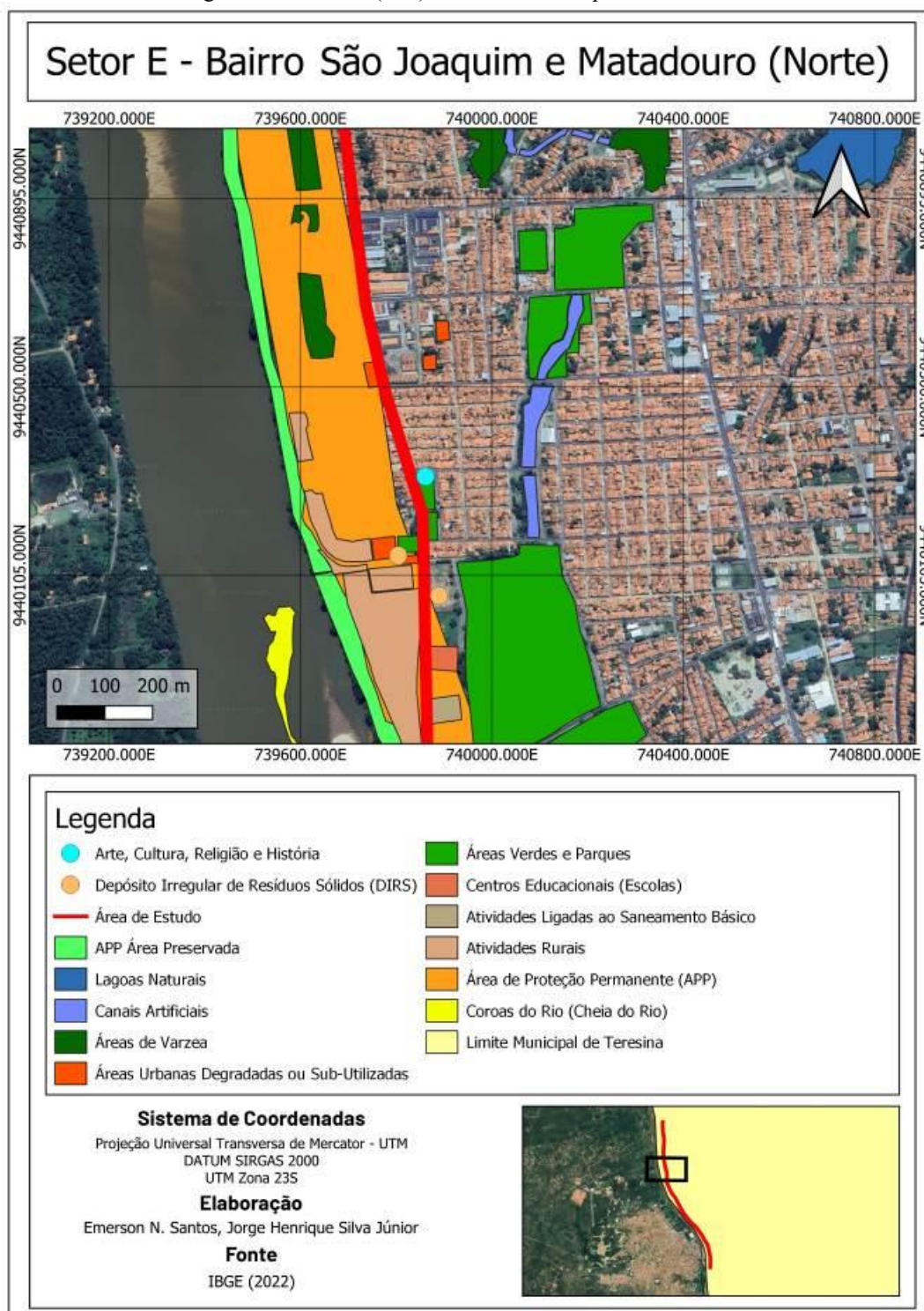
4.3.1.5. Setor E (P10)

O Setor E (Figura 37) corresponde a parte norte do bairro Matadouro e a uma parcela do Bairro São Joaquim. Neste setor foi selecionado para o estudo o ponto P10.

Neste setor está presente o Parque Ambiental Lagoas do Norte, um parque feito para atividades socioambientais e urbanísticos da região. Segundo o trabalho de Santos e Lima (2015) a região do parque possuía diversos problemas ambientais e de saneamento em função de suas características físico-geográficas (próximo a confluência dos rios Parnaíba e Poti), baixa topografia e expressivo número de lagoas que somado às ocupações irregulares e o acúmulo de lixo e esgoto geravam enchentes nas lagoas resultando em um cenário de grande vulnerabilidade socioambiental. O parque Lagoas do Norte, representado pela grande área verde (Figura 32 e 37), é um complexo de lagoas

(microbacias do lagoas do norte) conectadas com o canal do matadouro (indicado com o polígono em azul claro na Figura 37).

Figura 37 – Setor E (P10): Bairros São Joaquim e Matadouro



Fonte: Autoria Própria (2024), adaptado de Google Earth.

Segundo trabalho de Campelo, Baúna e Silva (2019), a microbacia do Lagoas do Norte (LDN) pertence à bacia hidrográfica do Rio Parnaíba e trata-se de uma bacia

suscetível à inundação. A Avenida Boa Esperança e a Rua Desembargador Flávio Furtado, que delimitam a área, funcionam como diques de proteção contra enchentes dos rios Parnaíba e Poti, sendo limites topográficos da microbacia. A microbacia LDN possui quatro sub-bacias principais, das quais três descarregam suas águas na “Lagoa do São Joaquim”, favorecendo o escoamento ao longo da quarta sub-bacia, até o Rio Parnaíba. A microbacia LDN apresenta densa ocupação residencial (a densidade populacional da bacia é onze vezes maior que a densidade populacional do município Teresina) e a ocupação irregular das margens das lagoas existentes favorecem diversos problemas, como: poluição das águas, erosão, proliferação de doenças transmissíveis pela água, distúrbio nos ecossistemas aquáticos, dentre outros. Em épocas de baixa pluviosidade anual, as lagoas têm seus níveis reduzidos, o que possibilita a ocupação irregular das margens pela população local. Em ocasiões de chuvas intensas, as lagoas transbordam, provocando inundações e sérios danos aos moradores. Os principais problemas ambientais observados nas lagoas é a intensa poluição decorrente da ocupação irregular de seus entornos, a falta de infraestrutura de coleta e transporte de esgoto sanitário, e da falta de educação ambiental quanto ao armazenamento e destinação do lixo (resíduos sólidos) (Campelo, Baúna, Silva, 2019).

São realizadas no setor várias atividades agropecuárias, com atividades de criação de animais (galinha, porco, cavalo, etc.) e utilização de hortas, com destaque para a Horta comunitária do São Joaquim (Figura 38), de um modo geral, integradas às residências (jardim/quintal produtivo). Trata-se de atividades que servem tanto para subsistência, quanto para geração de renda.

Figura 38 – Horta comunitária do São Joaquim



Fonte: Autoria Própria (2024).

A margem do rio no ponto 10 (P10), variou ao longo do ano com valor mínimo de 15 m (leito de cheia), de 25 m (leito médio/normal), e 35 na seca (leito de estiagem), formando um banco de areia na margem do rio.

O trabalho de Pereira (2021), sobre projetos de desenvolvimento urbano nas margens do rio Parnaíba, descreve as famílias residentes na Av. Boa Esperança, Teresina-PI, que praticam a agricultura em “vazante” ou nas ilhas dos rios, de forma tradicional, denominando-os de “Vazanteiros”, que segundo o autor há décadas vivem um processo de desterritorialização, causado por uma política de requalificação urbana, além da preocupação com possíveis conflitos socioambientais.

Também são encontrados na região dois terrenos baldios que funcionam como grandes Depósitos Irregulares de Resíduos Sólidos (DIRS), próximos à polícia militar, demonstrando um problema sério para a população e meio ambiente (Figura 39).

Figura 39 – Terrenos baldios que funcionam como depósito irregular de lixo

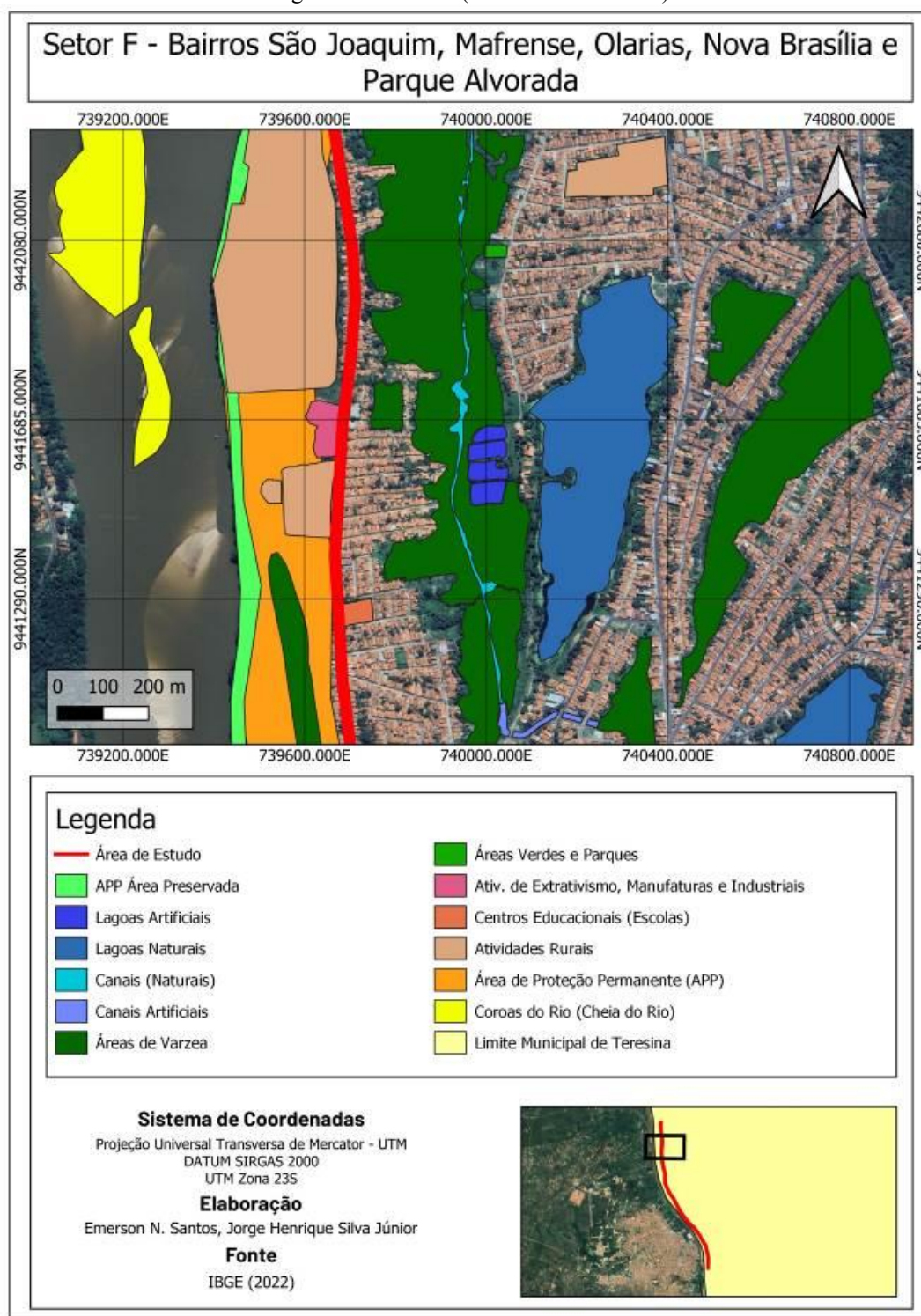


Fonte: Autoria Própria (2024).

4.3.1.6. Setor F (acesso restrito ao rio)

O setor F (Figura 40) corresponde a região norte, incluindo parte dos bairros São Joaquim, Mafrense, Olarias, Nova Brasília e Parque Alvorada.

Figura 40 – Setor F (acesso restrito ao rio)



Fonte: Autoria Própria (2024), adaptado de Google Earth.

Não foi possível acessar as margens do rio nesse setor via terrestre, pois nesse setor existem terrenos privados e várias residenciais no trecho da avenida Boa Esperança, sendo que nesse setor, a visita só foi possível nas vias de acesso público do bairro, mas nenhuma dava acesso direto as margens do rio Parnaíba. As observações da margem

foram feitas por meio da utilização de barco, permitindo visualizar apenas a mata ciliar de forma geral (Figura 41), observando problemas de erosão e a formação de bancos de areia. Não foi possível a coleta das amostras de água, com risco de encalhar o barco.

Figura 41 – Margem do rio (a1 e a2) e bancos de areia (b1 e b2) no setor F



Fonte: Autoria Própria (2024).

Na região são encontradas algumas atividades agrícolas (Horta Comunitária e um Campo agrícola) além de um depósito de extração da areia dragada do rio (Figura 42). O setor possui várias lagoas naturais (com destaque a lagoa Mazerine), bem como áreas de várzea (sazonalmente alagadas) e córregos.

Figura 42 – Campo Agrícola (a), Horta Comunitária (b), depósito de areia (c) e draga (d)



Fonte: Autoria Própria (2024).

A lagoa Mazerine (indicado com o polígono em azul escuro na figura 40), faz parte do complexo de lagoas do “Lagoas do Norte” e sofre com problemas de poluição, com uma grande quantidade de aguapés⁴ em algumas épocas do ano. Com o projeto

⁴ O aguapé é uma planta indicadora de poluição (eutrofização), que funciona como uma espécie de filtro para a lagoa, no entanto, quando ele ocupa todo o espelho d’água impede que os raios solares possam entrar na água e isso pode acarretar a morte dos microrganismos e peixes existentes (Prefeitura de Teresina, 2022; SEMPLAN, 2015).

Lagoa Ambiental desenvolvido pela Prefeitura de Teresina através do Programa Lagoas do Norte, o local passa por revitalização através da retirada dos aguapés e conscientização da população para a sua preservação sendo retirado mais de 360 toneladas de lixo e aguapés da lagoa (SEMPLAN, 2015). A lagoa também sofre com problemas de inundação, sendo que algumas obras já foram feitas para conter a água nos períodos chuvosos (Prefeitura de Teresina, 2022).

O Setor F possui também “Áreas de Várzea⁵” (polígonos em verde escuro figura 40) que são áreas extensas onde o terreno é irregular, alagadiço e/ou lamacento, ficando úmido por quase todo o ano. Em alguns meses do ano é possível observar a formação de um pequeno córrego (linha em azul claro na figura 40).

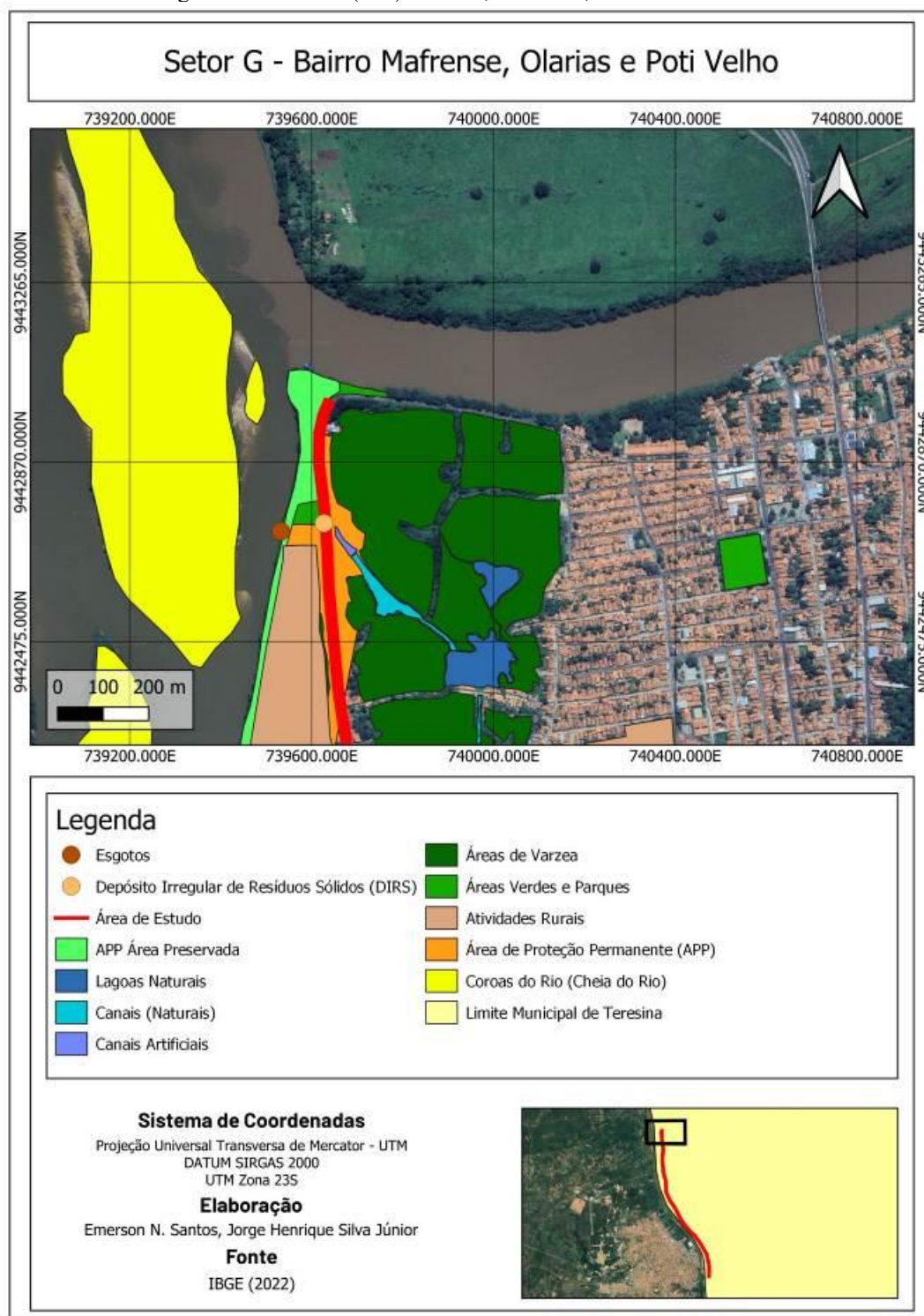
A região apresenta locais sujeitos a inundação que são habitados por pessoas de baixa renda. Segundo trabalho de Rocha e Barbosa (2023), sobre urbanização e ocupação das áreas de riscos em Teresina, a população de baixa renda tende a ocupar espaços da cidade que apresentam precários serviços urbanos, e acabam ocupando áreas ambientais frágeis ou de risco o que demonstra tanto uma fragilidade ambiental quanto a vulnerabilidade social principalmente nas planícies fluviais dos rios Parnaíba e Poti, onde se faz necessário um novo reordenamento e disciplinamento do espaço urbano.

4.3.1.7. Setor G (P11)

O setor G (Figura 43) corresponde a região norte dos bairros Mafrense e Olarias, e a região leste do bairro Poti Velho.

⁵ **Várzea:** Terras que sofrem inundações periódicas em decorrência do regime de cheia e vazante dos rios (Nuvolare, 2009, p. 324).

Figura 43 – Setor G (P11): Bairros, Mafrense, Olarias e Poti Velho



Fonte: Autoria Própria (2024), adaptado de Google Earth.

Neste setor foi selecionado para o estudo o ponto P11, localizado no “Parque Ambiental Encontro dos Rios” (Figura 44), que é um dos principais pontos turísticos de Teresina, possuindo um museu dos rios (contendo exemplares de peixes da região empalhados), o monumento do “Cabeça de Cuia e as Sete Marias Virgens”, vários

quiosques de produtos e o “Restaurante Flutuante” no rio próximo à área de confluência entre o Rio Parnaíba e o Rio Poty, com pescadores tradicionais da região.

Figura 44 – “Parque Ambiental Encontro dos Rios”



Fonte: Autoria Própria (2024).

Também é encontrado na região o “Polo Cerâmico do Poti Velho”, que apresenta características sugestivas de um arranjo produtivo local (APL), pois comporta várias empresas e profissionais, que produzem e vendem peças artesanais em cerâmica. Trata-se de um agrupamento de empresas, que desenvolvem várias atividades (processamento de argila, modelagem de peças de barro, pintura, entre outras) de modo tradicional, gerando vários empregos e melhorando a qualidade de vida das pessoas da região. O que era antes fabricação e comercialização de tijolos artesanais, telhas, potes e filtros para água, passou a oferecer grande variedade de vasos decorativos, esculturas e peças de cerâmica. Essas mudanças devem-se ao trabalho das mulheres do bairro, que fizeram desta tarefa meio de sustento. As atividades realizadas pelos artesãos do Poti Velho contemplam aspectos socioeconômicos e políticos, em que os artesãos atuam no mesmo setor, mantendo vínculos produtivos e institucionais, centrado em estratégias competitivas a fim de melhorar o desempenho do empreendimento. O processo produtivo necessita, ainda, de inovações, para o seu crescimento e desenvolvimento, cabendo ao poder público e órgãos de financiamento desenvolverem ações junto às empresas que compõe o polo cerâmico, para a melhoria da atividade (SILVA JÚNIOR, 2016).

A margem do rio no ponto 11 (P11), variou ao longo do ano com valor mínimo de 01m (leito de cheia), de 15 m (leito médio/normal), e 20 na seca (leito de estiagem), formando um banco de areia na margem do rio (Figura 45).

Figura 45 – Setor G, P11, ao longo do ano, janeiro/cheia (a); março/normal (b); outubro/seca (c)



Fonte: Autoria Própria (2024).

Os bairros Olarias e Poty Velho são os bairros mais antigos de Teresina, sendo o Poty Velho o primeiro bairro de Teresina, que recebeu esse nome porque neste local viviam os índios Potis. Já o bairro Olarias recebeu esse nome devido à principal atividade da área: extração e beneficiamento de argila para a fabricação de telhas, tijolos e de outras peças de cerâmica. Atualmente não são mais fabricados tijolos, mas sim, peças de cerâmica artesanais (esculturas, jarros, pratos, copos etc. de cerâmica) (SEMPPLAN, 2018, A; SEMPLAN, 2018 B).

4.3.2. Os Principais Aspectos Ambientais da Área de Estudo

Com base na descrição e discussão dos pontos selecionados na área de estudo foram identificados vários aspectos e impactos ambientais, tais como aspectos da conservação da mata ciliar, extensão da APP do Rio Parnaíba, variação do leito do rio, depósitos irregulares de resíduos sólidos, os terrenos baldios e os pontos de despejo de esgoto. e a existência de diversas atividades humanas (comercio, agricultura, lavagem de carros). Os aspectos ambientais observados estão apresentados e discutidas em tópicos.

4.3.2.1. APP/Mata Ciliar

O Novo Código Florestal Lei 12.651, de 25 de maio de 2012, considera como Área de Preservação Permanente – APP (Artº3, II), a área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem,

a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. Existem no total 11 tipos de APP no Código Florestal, dentre elas, as faixas marginais de rios, cuja delimitação é feita em função da largura do rio (largura da calha no leito regular) (CAP II, artº4, I), podendo conter ou não matas ciliares, que corresponde a vegetação florestal que acompanha os rios (BRASIL, 2012).

No caso específico do rio Parnaíba, na área de estudo, a delimitação da área de APP foi calculada em função da largura do leito regular rio Parnaíba, que variou entre 200 e 400m, com média de 327m, verificados em campo. Desta forma, estando dentro da faixa de 200 e 600 m, a APP deve possuir 200 (duzentos) metros de largura (BRASIL, 2012). O comprimento da APP foi vetorizado formando uma faixa de 200m a partir do rio (representado por um polígono laranja, Área de preservação Permanente (APP), nos mapas apresentados no tópico anterior), assim como, as áreas de vegetação remanescente nas matas ciliares (polígonos verde-claros, APP preservada, nos mapas temáticos, apresentados no tópico anterior).

Vale ressaltar que o novo código florestal não se aplica inteiramente à APP da região, pois se trata de uma área historicamente ocupada, por isso este trabalho não faz juízo de valor sobre a legalidade da ocupação da área, contudo o parâmetro serve para poder entender como as atividades da área podem impactar direta ou indiretamente o rio e sua mata ciliar.

A área total da faixa da app (200m de largura X comprimento da área de estudo) totalizou 174 ha (Quadro 7), já as 9 áreas de mata ciliar observadas na área de estudo, totalizam 28,31 há, ou seja, a vegetação corresponde a 16, 3% da área total.

Pode-se constatar que a mata ciliar da área estudada, embora apresentando vários tipos de ocupações, ainda apresenta um bom nível de conservação da vegetação em alguns trechos da área. O Quadro 7 apresenta as dimensões das 9 áreas de mata ciliar observadas na área de estudo, bem como a dimensão total da APP. As áreas de várzea (polígonos verde-escuros) foram vetorizadas, mas não foram dimensionadas como vegetação remanescente, pois apesar de possuir alguma vegetação, algumas destas áreas ficam completamente submersas durante o período de cheia e outras são utilizadas para plantio.

Quadro 7 – Área da APP total e áreas das matas ciliares remanescentes

Descrição	Valor em Hectares (ha)	Percentual (%)
Mata Ciliar 1 (Setor A)	2,38	1,37 %
Mata Ciliar 2 (Setor A/B)	4,35	2,50 %
Mata Ciliar 3 (Setor B)	1,26	0,72 %
Mata Ciliar 4 (Setor B)	1,65	0,94 %
Mata Ciliar 5 (Setor C)	1,24	0,71 %
Mata Ciliar 6 (Setor C/D)	2,70	1,55 %
Mata Ciliar 7 (Setor D)	2,35	1,35 %
Mata Ciliar 8 (Setor D/E)	3,21	1,84 %
Mata Ciliar 9 (Setor E/F/G)	9,17	5,27 %
Total Área das Matas ciliares	28,31	16,27 %
Total Área Faixa da APP	174	100 %

Fonte: Autoria Própria (2024).

4.3.2.2. *Leito, Margens e o Assoreamento do Rio Parnaíba*

O leito do Rio Parnaíba varia em função dos períodos de chuva e estiagem. Existem três tipos de leito: A – Leito de estiagem: onde corre o rio nos períodos mais secos do ano; B – Leito normal ou regular ou calha do rio: onde corre o rio normalmente, que serve de referência para o dimensionamento da APP (Lei Federal 12.651/2012); C – Leito de cheia: onde corre o rio nos períodos mais chuvosos do ano.

O leito do rio varia em função da época do ano ficando mais cheio nos meses de inverno (dezembro à fevereiro), com maior vazão e com poucas “coroas” (depósitos de areia encontrado no leito do rio, formando pequenas “ilhas”). Já nos meses de seca o leito do rio fica menor, com menor vazão e maior quantidade de coroas, o que dificulta a navegação (com menos de 1 metro de profundidade) e a capacidade de autodepuração do rio.

A variação do Leito do rio em período de enchente pode ocasionar problemas de inundação, tal fato é agravado pela destruição da mata ciliar, erosão da margem e assoreamento, causando transtorno, risco para a população e até mesmo a ocorrência de desastres como fortes inundações.

O trabalho de Chaves e Andrade (2017) sobre a incidência dos desastres naturais em Teresina e o perfil da população vulnerável às inundações, concluiu que a zona centro/norte de Teresina é a mais vulnerável às inundações dentre as demais zonas (sendo habitada por uma população de menor poder aquisitivo), e tratar-se de uma zona ambientalmente frágil, com extensa área de largos terraços fluviais (próximos aos rios Poty e Parnaíba) e lagoas plúvio-fluviais, sujeitas à inundação lenta e gradual, sendo a situação agravada pelo esgotamento sanitário em céu aberto, pelo grande volume de resíduos sólidos (que causam a obstrução do sistema de drenagem), por sistemas de

drenagens deficientes, proximidade das ruas e casas às lagoas e rios.

Sobre o Assoreamento do rio Parnaíba é importante ressaltar que a deposição de sedimento é um fenômeno observado ao longo de toda a bacia do Rio Parnaíba, e que Segundo Moraes (2015) o assoreamento afeta a qualidade da água e reduz a produção de água para abastecimento, devido a turbidez elevada durante os períodos chuvosos, onde ocorre maior disposição de sedimentos carregados para o rio.

O trabalho de Sousa, Santos e Reis (2018) analisou a dinâmica dos bancos de areia no Rio Parnaíba e constatou que os sedimentos foram aumentando consideravelmente, e alguns dos bancos de areia já se encontravam consolidados (ilhas fluviais), apresentando em sua superfície a presença de vegetação fixada, alterando a hidrodinâmica do Parnaíba, atribuindo este aumento dos bancos de areia, à retirada da cobertura vegetal de suas margens (desmatamento), e a ocupação irregular das áreas que margeiam o rio, além das galerias de esgotos. Já o trabalho de Costa (2020) fez uma caracterização sedimentológica e batimetria do trecho urbano do Rio Parnaíba e encontrou 14 bancos de areia, sendo 12 predominantes/constantas, além da identificação de estruturas emersas e submersas no canal do rio.

4.3.2.3. *Depósitos Irregulares de Resíduos Sólidos (DIRS)*

Dentro da área de estudo foram encontrados 9 depósitos irregulares de resíduos sólidos (representado por pontos cinzas), sendo um exclusivo de resíduos da construção civil, onze terrenos baldios considerados áreas urbanas degradadas (representado por polígono laranja), sendo uma dessas áreas uma referente a um curtiúme; onze pontos de despejo de esgotos (representado por pontos roxos), sendo 3 com fluxo perene e 8 com fluxo intermitente; e dez áreas verdes (representado por polígonos verdes nos mapas).

Os Depósitos Irregulares de Resíduos Sólidos (DIRS), são preocupantes, pois estes podem promover inúmeros impactos ambientais, tais como a contaminação e poluição do rio e do solo, além de promover abrigos e alimentos para animais sinantrópicos (ratos, baratas, mosquitos entre outros), vetores de doenças.

Os DIRS verificados possuem resíduos comuns, (restos de alimento, embalagens plásticas, sacolas, papel, etc.) e resíduos da construção civil (cerâmicos, entulho, concreto, restos de telhas e tijolos). Também foram encontrados resíduos perigosos, tais como lâmpadas fluorescentes, resíduos eletrônicos e embalagens de tintas

e solventes. Os resíduos perigosos (Lei Federal 12.305/2010) são aqueles que, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental. Estes resíduos podem contaminar diretamente a água e o solo das margens do rio Parnaíba e ocorrem em vários pontos da área de estudo.

4.3.2.4. *Terrenos Baldios*

Foram encontrados 12 (doze) terrenos baldios. São áreas extensas que apesar de possuírem alguma vegetação não estão sendo utilizadas/ocupadas e próximo à elas estão se acumulando resíduos sólidos, por serem áreas que estão “vazias” não ocorrendo uma efetiva fiscalização e os resíduos acabam se acumulando.

Nos terrenos baldios (áreas urbanas não ocupadas/utilizadas), verificados na área da APP, regularizados ou não, alguns murados e outros não, foram observados a presença de depósitos irregulares de resíduos sólidos.

Os terrenos baldios podem ser considerados como áreas urbanas degradadas, pois são áreas que não estão cumprindo sua função social. No campo do urbanismo a qualidade ambiental urbana está ligada com as relações socioeconômicas e o conceito de degradação está frequentemente associado à perda ou mudança na função urbana (Sanches, 2014; Vargas, 2004).

O Estatuto da Cidade, Lei Federal Nº10.257 de 2001, estabelece normas de ordem política e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental (parágrafo único do Art.1º). Dentre suas diretrizes destacam-se: “garantia do direito a cidades sustentáveis” (Art2º, I), e “ordenação e controle do uso do solo” (Art2º, IV), de forma a evitar: “a utilização inadequada dos imóveis urbanos”; “a proximidade de usos incompatíveis ou inconvenientes”; “o parcelamento do solo, a edificação ou o uso excessivos ou inadequados em relação à infra-estrutura urbana”; “a instalação de empreendimentos ou atividades que possam funcionar como polos geradores de tráfego, sem a previsão da infra-estrutura correspondente”; “a retenção especulativa de imóvel urbano, que resulte na sua subutilização ou não utilização; a deterioração das áreas urbanizadas”; e “a poluição e a degradação ambiental” (Brasil, 2001).

Os terrenos baldios podem representar áreas de “retenção especulativa de imóvel urbano, que resulte na sua subutilização ou não utilização; a deterioração das áreas urbanizadas” e ao mesmo tempo podem conduzir/promover “a poluição e a degradação ambiental” especialmente em torno dos recursos hídricos.

Do ponto de vista ambiental, os terrenos baldios podem representar problemas ambientais, pois terrenos baldios são ecossistemas isolados, onde as espécies nativas não podem desempenhar o seu nicho ecológico (controle de pragas, reprodução das espécies, fluxo de materiais, entre outros), além de favorecerem a poluição do solo e da água pelo lixo depositado e o aparecimento de espécies sinantrópicas (tais como ratos, moscas, baratas e mosquitos) que podem promover a disseminação de doenças (Sanches, 2014; Vargas, 2004).

Do ponto de vista urbano, os terrenos baldios diminuem o valor das propriedades adjacentes, pois não traz nenhum benefício/serviço a população local, promove incômodo pela presença do lixo e dos animais sinantrópicos, além de poder facilitar atividades ilícitas (Sanches, 2014; Vargas, 2004).

Estas áreas poderiam ser utilizadas pelas populações que trabalham ao longo da av. maranhão, ou pelas populações que ocupam áreas alagadas ao longo da av. Boa Esperança, através do processo de desapropriação pela prefeitura.

O estatuto das cidades Lei N° 10.257, de 10 de julho de 2001, estabelece normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental (parágrafo Único), e tem como diretrizes a ordenação e controle do uso do solo, de forma a evitar (VI): e) a retenção especulativa de imóvel urbano, que resulte na sua subutilização ou não utilização; f) a deterioração das áreas urbanizadas; g) a poluição e a degradação ambiental (Brasil, 2001).

4.3.2.5. *Esgotos*

Foram encontrados 15 pontos de esgoto, 5 perenes e 10 intermitente. O despejo de esgotos, é muito preocupante, pois os esgotos poluem o rio com a emissão de vários tipos de efluentes sem tratamento. Nesses pontos de despejo de esgoto são encontrados espumas, óleos, insetos, resíduos sólidos e apresentam mau cheiro. Vale ressaltar que mesmo o esgoto tratado pela ETE Pirajá apresenta odor e cor esverdeada. Algumas galerias de drenagem de água pluvial, terminam por se transformarem em pontos de despejo de esgoto bruto jogados diretamente no Rio Parnaíba, pois a população despeja águas residuais nas sarjetas e estas direcionam as águas para as galerias e por fim para o rio. Foram observados que alguns pontos possuíam fluxo de emissão de esgoto perene (figura 34) (constantes, permanentes, que não cessavam suas emissões ao longo

do ano) e outros pontos intermitentes (sessavam suas emissões durante algumas horas ou dias alternados).

4.3.2.6. *Lavadores Carro nas Margens do Rio Parnaíba*

Sobre as atividades dos lavadores de carros, estes coletam água diretamente do rio Parnaíba que após ser utilizada vão para o sistema de drenagem de água da chuva (sarjeta) e acabam devolvidas na forma de esgoto ao rio.

O trabalho de Silva Júnior *et al* (2010) concluiu que as atividades executadas pelos lavadores contribuem para a poluição do rio através dos resíduos sólidos e líquidos resultantes da lavagem dos veículos e lixo comum produzidos pelos lavadores e pelos usuários dos serviços, entretanto, verifica-se uma preocupação, por parte dos lavadores e da Prefeitura para a solução do problema, evidenciada pelo tratamento da água residual, ainda de modo pouco eficiente.

Silva Filho *et al* (2012), realizaram um trabalho com os Lavadores de carro na Av. Maranhão onde foram realizadas 40 entrevistas (de um universo de 150 lavadores), e concluíram que há falta de políticas públicas para a melhoria da conscientização ambiental, evitando danos ao meio ambiente ao rio Parnaíba, bem como a qualificação profissional dos lavadores de carro para o mercado de trabalho.

A Atividade de lavagem de carro, quando executada formalmente, traz inclusive direitos para o trabalhador formal, pois o funcionário que trabalha diretamente com a lavagem entra em contato direto com água e produtos de limpeza durante toda sua jornada o que pode por em risco sua saúde, portanto, tem direito tanto a receber tanto “Adicional de Insalubridade” quanto “Aposentadoria Especial por Umidade Excessiva”, segundo o Tribunal Regional Federal da 4ª Região TRF-4 - Apelação Cível: 5021329-09.2020.4.04.9999 5021329-09.2020.4.04.9999, de 19/11/2021 (BRASIL, 2021). No caso dos Lavadores de Carro da Avenida maranhão por serem considerados “trabalhadores autônomos” não recebem estes benefícios apesar dos danos à saúde que esta atividade possa gerar, o que representa uma grande vulnerabilidade social desses trabalhadores.

Com base no exposto sobre os lavadores de carro nas margens do rio, vale destacar que embora represente uma renda para os lavadores de carro, há necessidade urgente de medidas de controle dos impactos ambientais

4.4. Considerações Finais

A importância do Rio Parnaíba para Teresina vem desde o surgimento das primeiras ocupações humanas e ao se tornar capital do estado do Piauí, a cidade se desenvolve devido a conexão com as demais cidades do estado através do rio. Contudo, mesmo com grande importância, o rio apresenta graves impactos ambientais que comprometem a qualidade de vida das pessoas que dependem dele diretamente.

Dentre os principais impactos observados, destacam-se a os esgotos brutos (sem tratamento) despejados ao longo do rio, as ocupações das matas ciliares com a retirada de vegetação, que pode provocar assoreamento e erosão da margem, além dos pontos de disposição irregular de resíduos sólidos.

Outro problema observado é a presença dos Terrenos Baldios, que exigem uma melhor fiscalização pelo poder público, para verificar a legalidade e a função social destes terrenos.

Toda a população de Teresina pode estar direta ou indiretamente afetada pela poluição do Rio Parnaíba, em especial os ribeirinhos que utilizam diretamente a água para atividade de pesca, lavagem de roupa e banho.

Vale ressaltar que o Rio Parnaíba é a principal fonte hídrica de abastecimento de água potável, bem como água para agricultura e indústria, para Teresina e muitas cidades do estado do Piauí e Maranhão. Além disso o rio representa fonte de renda, lazer e entretenimento.

A área de estudo apresenta também um aspecto cultural, possuindo ao longo do trecho diversas obras de arte (pinturas e grafite), manifestações culturais/tradicionais (“jericoroas” e atividades de lazer ao longo do rio) aspectos religiosos (com as oferendas aos orixás).

A área possui várias praças e parques, sendo 18 no total, o que pode se tornar futuramente locais propícios para promoção do ecoturismo e da educação ambiental. O ecoturismo seria também uma forma de incentivar políticas públicas de proteção ambiental e ao mesmo tempo gerar renda para a população local.

A área de estudo possui grande importância social, histórica, econômica, cultural, bem como uma grande importância ambiental, porém há necessidade urgente da adoção de medidas de monitoramento para diminuir os impactos das atividades antrópicas na qualidade e disponibilidades da água do rio Parnaíba um recurso natural crucial para a vida.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei dos Crimes Ambientais. Lei nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Disponível em <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9605.htm>. Acesso em: 20/06/2023.

BRASIL. Lei Federal Nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Estatuto da Cidades. Disponível em <https://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/LEIS/LEIS_2001/L10257.htm>. Acesso em: 20/06/2023.

BRASIL. TRF4ª Região (4ª Turma). Apelação civil. Nº5021329-09.2020.4.04.9999/PR. Disponível em <https://consulta.trf4.jus.br/trf4/controlador.php?acao=consulta_processual_resultado_pesquisa&selForma=NU&txtValor=5021329-09.2020.4.04.9999&chkMostrarBaixados=S&todasfases=&todosvalores=&todaspartes=&txtDataFase=01/01/1970&selOrigem=TRF&sistema=&txtChave=&seq=#>. Acessado em: 10/10/2023.

CAMPELO, R. M.; BRAUNA, C. H. C.; SILVA, C. E. Carga poluidora na microbacia urbana Lagoas do Norte, Teresina, Piauí. In: 30º Encontro Técnico AESabesp - Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente. 30 Feira Nacional de Saneamento e Meio Ambiente, 2019. 30 Feira Nacional de Saneamento e Meio Ambiente. Código 183. 2019.

CHAVES, S. V. V.; ANDRADE, C. S. A incidência dos desastres naturais em Teresina, Piauí e o perfil da população vulnerável às inundações/The incidence of natural disasters in Teresina, State of Piauí and the profile of the population vulnerable to floods. **Caderno de Geografia**, v. 27, n. 1, p. 159-188, 2017.

CODEVASF - Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. **Plano Nascente Parnaíba**: plano de preservação e recuperação de nascentes da bacia do rio Parnaíba. Editora IABS, Brasília-DF, Brasil – 2016.

COSTA, S. S. L. Estudos ambientais, caracterização sedimentológica e batimetria do trecho urbano do Rio Parnaíba, em Teresina, Piauí, Brasil. 2020. **Tese** (Doutorado em Geociências) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2020.

FALCÃ, A. R.; *et al.* Cartografia dos impactos ambientais em paisagens do cerrado no município de Piranhas/GO. **Planeta Amazônia: Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas**, n. 13, p. 55-68, 2021.

GANDARA, G. S. Rio Parnaíba ... Cidades-Beira. **Tese** (Doutorado em História). Universidade de Brasília. 2008.

G1. Jericoróa: quem disse que Teresina não tem praia? 11 de agosto de 2022. Disponível em: <<https://g1.globo.com/pi/piaui/piaui-de-riquezas/noticia/2022/08/13/jericoróa-quem-disse-que-teresina-nao-tem-praia.ghml>>. Acesso em: 10/01/2023.

LOPES, L. C. Impactos ambientais no rio Parnaíba e seus reflexos no desenvolvimento da cidade de Teresina. **Dissertação** (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo. 2016.

MORAIS, R. C. S. Estimativa de produção e transporte de sedimentos na bacia hidrográfica do Rio Parnaíba, nordeste do Brasil. **Revista Equador**, v. 4, n. 4, p. 81-97, 2015.

MORENO, B. Jericorôa: bar em banco de areia no Rio Parnaíba chama a atenção de teresinenses. **G1**, 11 de junho de 2022. Disponível em: < <https://cidadeverde.com/noticias/370154/jericorôa-bar-em-banco-de-areia-no-rio-parnaiba-chama-a-atencao-de-teresinenses> > Acesso em: 10/01/2023.

NUVOLARI, A. **Dicionário de Saneamento Ambiental**. São Paulo: Oficina de Texto, 2013.

OLIVEIRA, I. J.; ROMÃO, P. A. **Linguagem dos mapas: cartografia ao alcance de todos**. Goiânia: Editora UFG, 2 ed; 2021. 265p.

PEREIRA, L. C. A casa vazanteira: bichos, plantas, vazantes e projetos de desenvolvimento urbano nas margens do rio Parnaíba. **ILUMINURAS**, v. 22, n. 58, 2021.

PREFEITURA DE TERESINA. “Lagoas do Norte finaliza obra do Canal do Matadouro e prepara inauguração”. Site da Prefeitura de Teresina (online). Notícias Matadouro. Disponível em < <https://pmt.pi.gov.br/2022/04/22/lagoas-do-norte-finaliza-obra-do-canal-do-matadouro-e-prepara-inauguracao/> >. Acessado em 06/07/2022.

RAMOS, A. P. M. *et al.* Abordagem sistemática de projeto cartográfico para a análise da qualidade ambiental de bacia hidrográfica. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 3, p. 1079-1100, 2018.

ROCHA, J.; BARBOSA, P. Urbanização e Desastres: ocupação das áreas de riscos em Teresina, Piauí. **Revista Geonorte**, v.14, n.44, p.112-126, 2023. ISSN 2237 – 1419.

RIBEIRO, R. R. G.; FAÇANHA, A. C. Transformações recentes na área central de Teresina: uma interpretação geográfica. **Geografia: Publicações Avulsas**, v. 2, n. 1, p. 353-372, 2020.

SAMPAIO, T. V. M. **Cartografia temática**. Curitiba: Programa de Pós-Graduação em Geografia-UFPR, 2019. 265p.

SANCHES, P. M. **De Áreas Degradadas a Espaços Vegetados**. São Paulo: SENAC. 1ª Edição, 2014.

SANTOS, L. A.; LIMA, I. M. de M. F. Parque ambiental Lagoas do Norte: saneamento e conservação do ambiente entre os bairros Matadouro e São Joaquim, Teresina, Piauí, Brasil. **Caminhos de Geografia**, v. 16, n. 54, 2015. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/29066>. Acesso em: 18/08/2022.

SEMPPLAN - Secretaria municipal de planejamento de Teresina. Prefeitura Municipal de Teresina – PMT. Moradores comemoram ação de limpeza da Lagoa do Mazerine, na Zona Norte. Disponível em: < <https://semplan.pmt.pi.gov.br/2015/09/08/moradores-comemoram-acao-de-limpeza-da-lagoa-do-mazerine-na-zona-norte/> >. Acessado em 19/10/2022.

SEMPPLAN - Secretaria municipal de planejamento de Teresina. Prefeitura Municipal de Teresina – PMT. **Perfil dos Bairros. Olarias**. 2018. A. Disponível em < <http://semplan.teresina.pi.gov.br/wp-content/uploads/sites/39/2018/05/OLARIAS-2018.pdf> >. Acessado em 18/08/2022.

SEMPPLAN - Secretaria municipal de planejamento de Teresina. Prefeitura Municipal de Teresina – PMT. **Perfil dos Bairros. Poty Velho**. 2018. B. Disponível em < <http://semplan.teresina.pi.gov.br/wp-content/uploads/sites/39/2018/06/POTI-VELHO-2018.pdf> >. Acessado em 18/08/2022.

SILVA FILHO, A. A.; *et al.* Conscientização ambiental dos lavadores de veículos na Av. Maranhão, as margens do Rio Parnaíba, Teresina-PI. In: VII CONNEPI-Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação. **Anais ...** 2012.

SILVA JÚNIOR, J. H. Impactos ambientais da cadeia produtiva do pólo cerâmico do Poti Velho em Teresina, Piauí. **Dissertação** (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2016. 80f.

SILVA JÚNIOR, J. H. *et al.* Avaliação das atividades dos lavadores de carro nas margens do rio Parnaíba em Teresina-PI, como fator de poluição. In: V Jornada Científica da Faculdade Novafapi, 2010, Teresina. V Jornada Científica da Faculdade Novafapi, 2010.

SOUSA, F. W. A.; SANTOS, E. O.; REIS, E. B. Análise da dinâmica dos bancos de areia no Rio Parnaíba com a utilização do Google Earth. I Simpósio Regional de Geoprocessamento – SIGEO. 2018.

SOUZA, R. De Oxum para Iemanjá": trajetórias de filhos e filhas de santo em Teresina, no século XX. **Anais dos Simpósios da ABHR**, [S. l.], v. 13, 2012. Disponível em: < <https://revistaplura.emnuvens.com.br/anais/article/view/575> >. Acesso em: 25/06/2023.

TEIXEIRA, C. A.; OLIVEIRA, E. M.; PIMENTEL, J. S. Software QGIS na produção de mapas temáticos para análise da microrregião de Boquira-BA. **Geopauta**, v. 2, n. 3, p. 35-44, 2018.

VAGAS, H. C. Gestão de Áreas Urbanas Deterioradas. IN: PHILLIPI, JR, A.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C. **Curso de Gestão ambiental**. Barueri, SP: Manole, 2004.

VASCONCELOS FILHO, P. C. B. Evolução no centro urbano de Teresina. **Revista CAU/PI** (online). Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Estado do Piauí. 2020. Disponível em: < <https://www.caupi.gov.br/wp-content/uploads/2020/03/EVOLUCAO.pdf> >. Acessado em 18/04/2022.

CAPÍTULO III - IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS NO RIO PARNAÍBA

APRESENTAÇÃO DO CAPÍTULO

Este capítulo apresenta três metodologias de Avaliação de Impactos Ambientais (AIA), descritas e aplicadas na avaliação dos impactos ambientais no Rio Parnaíba e cujos resultados são apresentadas em dois artigos: “ARTIGO IV - Identificação e Avaliação dos Aspectos e Impactos Ambientais das atividades nas margens do Rio Parnaíba, em Teresina – PI: aplicação da matriz de Leopoldo”; ARTIGO V - Avaliação macroscópica dos impactos ambientais no rio Parnaíba, em diversos pontos na área urbana de Teresina-Piauí; e ARTIGO VI - Análise ambiental da qualidade da água na margem do rio Parnaíba, com base em parâmetros físico-químicos.

5 ARTIGO IV - IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS DAS ATIVIDADES NAS MARGENS DO RIO PARNAÍBA, EM TERESINA - PI: APLICAÇÃO DA MATRIZ DE LEOPOLDO

5 ARTICLE IV - IDENTIFICATION AND EVALUATION OF ENVIRONMENTAL ASPECTS AND IMPACTS OF ACTIVITIES ON THE BANKS OF THE PARNAÍBA RIVER, IN TERESINA - PI: APPLICATION OF THE LEOPOLDO MATRIX

Jorge Henrique e Silva Júnior*

Fabio de Oliveira Matos **

RESUMO

As atividades humanas podem provocar alterações no ciclo da água, principalmente nas áreas urbanas, onde o desmatamento e a impermeabilização do solo impedem ou alteram as etapas naturais ciclo da água, com forte impacto na qualidade e disponibilidade da água. O presente estudo teve como objetivo geral identificar os aspectos e impactos ambientais, bem como as principais atividades humanas (rurais e urbanas) nas margens do rio Parnaíba, especialmente aquelas com interferência na mata ciliar. Optou-se por utilizar as metodologias Espontânea ou *Ad Hoc*; listagem ou Check-list, e a Matriz de Leopold. O trecho selecionado para o estudo, que corresponde a trecho do Médio Parnaíba/Poti em área urbana de Teresina, possui diversas atividades (urbanas e rurais) bem como estruturas, desde galerias para drenagem da água da chuva, hortas comunitárias, estruturas residenciais e comerciais, podendo estas causarem impacto sobre o rio de forma difusa e/ou pontual. Foram selecionados 11 pontos para o estudo. A identificação dos aspectos socioambientais e impactos ambientais associados seguiu-se três etapas: a primeira contemplou a identificação das “Atividades Antrópicas” desenvolvidas na área de estudo; na segunda, foram identificados “Aspectos Ambientais” relacionados às atividades; e a terceira envolveu a identificação de “Impactos Ambientais”. Através da matriz de impacto ambiental foi possível correlacionar as principais atividades ou ações antrópicas, aos componentes ou elementos do sistema ambiental, possibilitando a identificação de possíveis interações entre eles. A matriz de Leopoldo adaptada permitiu no presente

* Aluno do programa de Doutorado em Geografia da UFC, Professor do IFPI.

** Professor do programa de Doutorado em Geografia da UFC, Professor do UFC.

trabalho uma avaliação global das atividades dos aspectos e impactos ambientais e serve como ponto de partida para futuras investigações mais específicas de cada impacto.

Palavras-chave: Aspectos Ambientais. Mata ciliar. Rio Parnaíba. Mapa Temático.

ABSTRACT

Human activities can cause changes in the water cycle, especially in urban areas, where deforestation and soil impermeability prevent or alter the natural stages of the water cycle, with a strong impact on water quality and availability. The general objective of this study was to identify environmental aspects and impacts, as well as the main human activities (rural and urban) on the banks of the Parnaíba River, especially those that interfere with the riparian forest. The methodologies chosen were Spontaneous or *Ad Hoc*; listing or Check-list; and the Leopold Matrix. The section selected for the study, which corresponds to a stretch of the Middle Parnaíba/Poti in an urban area of Teresina, has several activities (urban and rural) as well as structures, from galleries for draining rainwater, community gardens, residential and commercial structures, which can cause impacts on the river in a diffuse and/or punctual manner. Eleven points were selected for the study. The identification of socio-environmental aspects and associated environmental impacts followed three stages: the first included the identification of “Anthropogenic Activities” developed in the study area; the second, “Environmental Aspects” related to the activities were identified; and the third involved the identification of “Environmental Impacts”. Through the environmental impact matrix, it was possible to correlate the main anthropogenic activities or actions with the components or elements of the environmental system, enabling the identification of possible interactions between them. The adapted Leopoldo matrix allowed in this study a global assessment of the activities of the environmental aspects and impacts and serves as a starting point for future investigations that are more specific to each impact.

Keywords: Thematic Map. Environmental Aspects. Riparian forest. Parnaiba River.

5.1. Introdução

As atividades humanas podem provocar alterações no ciclo da água, principalmente nas áreas urbanas próximas à rios, onde o desmatamento vegetação nas

margens dos rios e a impermeabilização do solo, impedem ou alteram as etapas naturais ciclo da água, com forte impacto na qualidade e disponibilidade. O processo de desmatamento das matas ciliares pode levar a extinção de muitas espécies da fauna e flora, mudanças climáticas, erosão do solo e assoreamento de cursos d'água, sendo as matas ciliares consideradas os ecossistemas mais afetados pelas atividades humanas (Teles, Santos, Pinheiro, 2022; Nuvolari, 2013).

As matas ciliares ou florestas ripárias são habitats de diversas espécies nativas da fauna e da flora, além de servir como corredores ecológicos e abrigo para diversas outras espécies, cuja vegetação protege as margens contra a erosão e o transporte de solo para os corpos d'água, evitando o seu assoreamento, funcionam como filtros, retendo poluentes e sedimentos que seriam transportados para o curso de água (Teles, Santos, Pinheiro, 2022; Cruz; Cruz; Rossato, 2014, Nuvolari, 2013).

A destruição das matas ciliares pode resultar na perda da biodiversidade, reduzindo a quantidade de habitats para a fauna e flora nativas, a ausência de vegetação reduz a retenção de água, ocasionando no aumento da incidência de enchentes em períodos de chuva, e no agravamento da estiagem em períodos de seca e a ocupação zonas ciliares impedem a regeneração da vegetação nativa, impossibilitando o estabelecimento da vegetação ciliar e aumentando a erosão e o transporte de partículas pela água, prejudicando a disponibilidade e qualidade hídrica e levando ao assoreamento dos cursos de água (Teles, Santos, Pinheiro, 2022; Cruz; Cruz; Rossato, 2014).

Por esse motivo as mata ciliares encontram-se protegidas pela legislação dentro do Novo Código Florestal (Lei 12.651/2012) nas Áreas de Proteção Permanente – APP (Artº3, II), considerada “área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas” (Brasil, 2012).

Os impactos ambientais que afetam a qualidade e a disponibilidade da água podem ser resultantes das ocupações no entorno das fontes de água e as atividades realizadas próximas aos cursos hídricos (Bobato, *et al*, 2023; Pereira Júnior, *et al.*, 2021).

As atividades antrópicas podem ainda provocar no meio ambiente urbano, impactos acumulativos, que são aqueles que se acumulam no tempo ou no espaço, como resultado da adição, ou da combinação de impactos decorrentes de uma ou de diversas ações humanas, em outras palavras, pequenos impactos ou impactos insignificantes

podem se acumular e resultar em uma degradação ambiental significativa, se concentrados espacialmente ou se ocorrem simultaneamente (Sanches, 2020).

Segundo a Resolução nº 001/86 do CONAMA, considera-se impacto ambiental as alterações das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou 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 (Brasil, 1986).

Considerando que os impactos ambientais estão associados às atividades antrópicas e que esses impactos podem afetar a saúde humana, torna-se necessário estudos visando prever e avaliar os impactos ambientais decorrentes das atividades humanas no meio ambiente, e para isso utiliza-se a Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) que tem como finalidade considerar os impactos ambientais antes que estes acarretem na significativa degradação da qualidade do Meio Ambiente, visa a identificação e a previsão dos possíveis impactos e propor medidas de redução dos impactos (Sanches, 2020).

Na AIA são usados métodos e técnicas, que representam mecanismos estruturados para coletar, analisar, comparar organizar informações e dados sobre impactos ambientais. Dentre os métodos mais mencionados na literatura pertinente para a AIA, se destacam: metodologia espontânea ou *Ad Hoc*, metodologia de listagem ou *Check-list*, método de matrizes de impactos ambientais, Matriz de Leopold, matriz de redes de interação, matriz de superposição de cartas, Matriz do Sistema Battelle, entre outras (Sanches 2020; Rosa; Fraceto; Moschini-Carlos, 2012; Moura, 2011; Ribeiro, 2004; La Rovere, 2001; Pimentel; Pires, 1992). A escolha da metodologia aplicada caso a caso dependerá de vários fatores (disponibilidade de dados, os requisitos legais, tempo, recursos técnicos e financeiros, entre outros), podendo ser adaptados às condições específicas de cada estudo ambiental e de cada realidade local e nacional (Moraes, D'Aquino, 2016; Oliveira, Moura, 2009).

De modo geral as metodologias de AIA, são muito utilizadas para empreendimentos e atividades humanas (potencialmente poluidoras ou utilizadoras de recursos naturais) para EIA/RIMA, contudo, essas metodologias também podem ser empregadas na identificação de impactos ambientais causados pelas atividades humanas diversas sobre um ecossistema, ou determinado recurso natural, não estando necessariamente ligados a um empreendimento ou projeto empresarial, como por exemplo a lançamento de efluentes domésticos não tratados (esgoto), a disposição

irregular de lixo, captação da água em rios dentre outros (Garcia, Longo, 2020; Smith, Silva, Biagioni, 2019; Bizzo, Menezes, Andrade, 2019; Ribeiro, 2004).

Dentre as metodologias de AIA, se destaca a Matriz de Leopoldo, cujo objetivo é identificar as possíveis interações entre as atividades humanas e os elementos do meio, por isso são nomeadas como “Matriz de Interação” ou “Matriz de Impactos Ambientais”, utilizadas tanto na identificação quanto na avaliação de impactos (Sanches, 2020 Moura, 2011; Oliveira, Moura, 2009; Ribeiro, 2004; Pimentel, Pires, 1992).

O princípio básico da Matriz de Leopold consiste em, primeiramente, assinalar todas as possíveis interações entre as ações, aspectos e impactos, para em seguida estabelecer em uma escala que varia em função da magnitude, importância de cada impacto e identificando se é positivo ou negativo, onde em um dos eixos são relacionados atividades, ações, a fatores ambientais, características e condições do meio (social e natural), contabilizando possíveis interações permitindo integrar dados qualitativos e quantitativos; e no outro eixos são associados aos impactos julgamentos de valor (magnitude e importância), se são positivos (+) ou negativos (-) (Sánchez, 2020; Moura, 2011; Oliveira, Moura, 2009; Ribeiro, 2004; Pimentel, Pires, 1992).

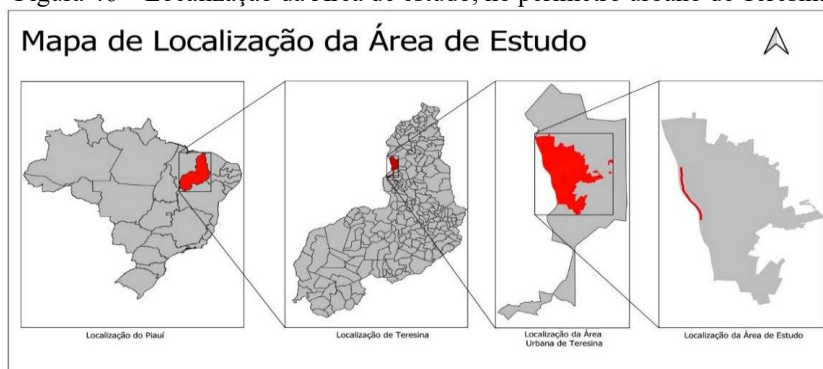
Nesse sentido o presente estudo teve como objetivo geral identificar os aspectos e impactos ambientais, bem como as principais atividades humanas (rurais e urbanas) nas margens do rio Parnaíba, com interferência na mata ciliar utilizando as metodologias Espontânea (*Ad Hoc*); listagem (*Check-list*), e a Matriz de Leopold.

5.2. Metodologia

5.2.1. Área de Estudo

A área de estudo está localizada em Teresina, no estado do Piauí, Brasil, às margens do Rio Parnaíba, no perímetro urbano, entre as avenidas Av. Maranhão e Av. Boa Esperança e Rua Firmino Filho (Figura 46).

Figura 46 – Localização da Área de estudo, no perímetro urbano de Teresina

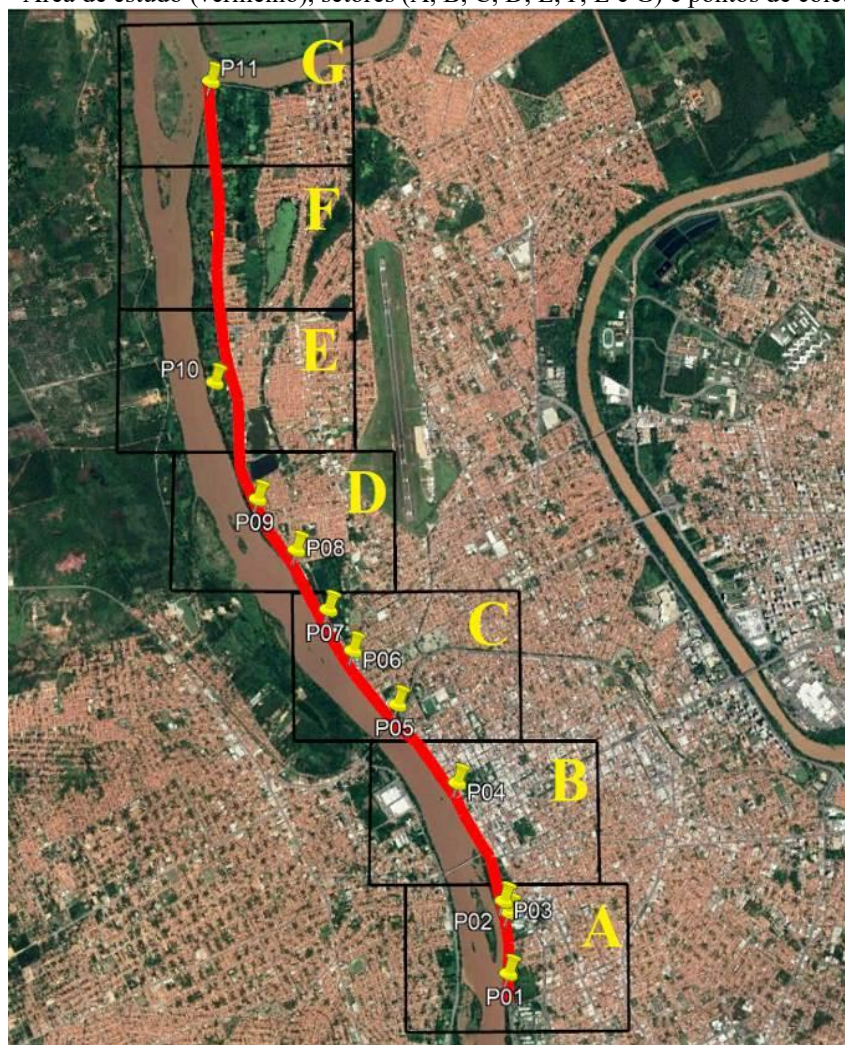


Fonte: Autoria Própria (2024).

A área foi dividida em setores (A, B, C, D, E, F, E, G) para melhor compreensão dos dados. Cada setor está relacionado com a presença de atividades urbanas e rurais (hortas comunitárias, atividades comerciais, entre outras) e aspectos ambientais (presença de mata ciliar, lagoas naturais e artificiais, áreas de brejo, pontes de despejo de esgoto e resíduos sólidos), sociais e econômicos que possam interferir com a margem estando dentro da área de estudo (considerando até 200 metros da margem do rio) na mata ciliar.

O trecho selecionado para o estudo, que corresponde a trecho do Médio Parnaíba/Poti em área urbana de Teresina, possui diversas atividades (urbanas e rurais) bem como estruturas, desde galerias para drenagem da água da chuva, hortas comunitárias, estruturas residenciais e comerciais, podendo estas causarem impacto sobre o rio de forma difusa e/ou pontual. Foram selecionados 11 pontos para o estudo distribuídos nos diversos setores identificados na área de estudo (Figura 47).

Figura 47 – Área de estudo (vermelho), setores (A, B, C, D, E, F, E e G) e pontos de coleta (amarelo)



Fonte: Autoria Própria (2024), adaptado de Google Earth.

Ao longo do trecho foi realizada a identificação, dos aspectos e as principais atividades humanas (rurais e urbanas) nas margens do rio Parnaíba, com interferência nas margens e mata ciliar, e os impactos ambientais associados.

5.2.2. Coleta e Análise de dados

A coleta de dados foi realizada durante um ano (de outubro de 2021 à outubro de 2022). Foram realizadas visitas aos locais de pesquisa utilizando-se, quando necessário, a utilização de veículos terrestres ou aquáticos. Durante as visitas foram identificadas as “Atividades Antrópicas”, os “Aspectos Ambientais” e “Impactos Ambientais” em toda a área, e a situação de conservação da mata ciliar. A identificação das atividades (urbanas e rurais), desenvolvidas nas margens do Rio Parnaíba, foi feita por meio de observação direta, registro fotográfico, tomada de coordenadas com GPS (Sistema de Posicionamento Global), análise de imagens via satélite.

No trecho estudado foi delimitado extensão da APP (Área de Preservação Permanente) do Rio Parnaíba, cuja largura do rio, nos pontos estudados, varia entre 200 e 600m, verificados em campo e pelo comprimento da ponte metálica (Ponte João Luís Ferreira 270m) (Silva Júnior, 2021; Brasil, 2012; Iphan, 2008), portanto, considerou-se para este estudo APP de 200m de largura, a partir da calha, para servir como área de influência direta das atividades antrópicas analisadas.

Para identificação das atividades antrópicas (urbanas e rurais), dos aspectos socioambientais e impactos ambientais existentes na área de estudo, foram utilizadas as Metodologia Espontânea (*Ad Hoc*); metodologias de Listagem de Controle (*Check-list*) e da Matriz de Impactos descritas por Sanches (2020); Rios (2014), Medeiros (2012), Moura (2011), Ribeiro (2004).

As atividades antrópicas na área de estudo foram identificadas por meio da metodologia espontânea (*Ad Hoc*), o que permitiu uma rápida coleta dos dados ao longo das visitas de campo, durante um ano. Também foi possível identificar aspectos e impactos visíveis relacionados a cada atividade por meio da metodologia *Ad Hoc*. As atividades antrópicas os aspectos e impactos ambientais coletados na metodologia *Ad Hoc*, foram organizados e apresentados em uma listagem através do método de *Check-list* (Tabela 2).

Nessa listagem (*Check-list*) os impactos foram classificados, quanto: Incidência (Direta e Indireta), Classe (negativos ou positivos), Temporalidade (Passado, Atual e Futuro), Severidade (Desprezível, Marginal ou Limítrofe, Crítico e Catastrófico),

Frequência (Rara, Baixa, Média e Alta) e Significância (Risco/Importante e Normal/Desprezível) (Conforme a Tabela 1).

A partir da listagem (*Check-list*) foi construída a Matriz de Leopoldo (adaptada), visando identificar as interações entre as atividades humanas, os aspectos ambientais da área de estudo, bem como permitiu avaliar os possíveis impactos ambientais que as atividades identificadas geram (modelo Quadro 6). Promovendo uma visão global dos impactos identificados no *Check-list*.

A identificação dos aspectos socioambientais e impactos ambientais associados seguiu-se três etapas: a primeira contemplou a identificação das “Atividades Antrópicas” desenvolvidas na área de estudo; na segunda, foram identificados “Aspectos Ambientais” relacionados às atividades; e a terceira envolveu a identificação de “Impactos Ambientais” (Sanches, 2020; Moura, 2011).

Através da matriz de impacto ambiental foi possível correlacionar as principais atividades ou ações antrópicas, aos componentes ou elementos do sistema ambiental, possibilitando a identificação de possíveis interações entre eles.

Tabela 1 – Parâmetros de classificação dos possíveis impactos ambientais

Identificação dos impactos	Classificação	Descrição
Incidência	Direta (D)	Está associada à relação de causa e efeito decorrente da atividade.
	Indireta (I)	Está associada a desdobramentos da relação de causa e efeitos e/ou efeitos secundários da atividade.
Classe	Positivo (+)	Quando a atividade resulta na melhoria da qualidade de um fator ou parâmetro ambiental.
	Negativo (–)	Quando a atividade resulta na redução da qualidade de um fator ou parâmetro ambiental.
Temporalidade	Passado (P)	Impacto identificado no presente, porém decorrente de atividade desenvolvida no passado.
	Atual (A)	Impacto decorrente da atividade atual (ex: geração de resíduos sólidos).
	Futuro (F)	Impacto previsto, decorrente de alterações nas atividades a serem implementadas no futuro (exemplo: doença ocupacional).
Severidade	Desprezível (1)	Impacto de magnitude desprezível / restrito ao local de ocorrência/ totalmente reversível com ações imediatas / impacto baixo ou muito baixo sobre o meio ambiente / evento dificilmente detectado.
	Marginal ou Limítrofe (2)	Impacto de magnitude considerável / restrito à área de influência direta/ reversível em curto prazo com ações mitigadoras / prejuízo moderado ao meio ambiente / contaminação mínima do solo, do ar e/ou água / consumo moderado de recursos naturais.
	Crítico (3)	Impacto de magnitude considerável/restrito às áreas de influência indireta/reversível em médio prazo com ações mitigadoras/ contaminação elevada do solo, do ar e/ou da água / consumo exagerado de recursos naturais.
	Catastrófica (4)	Impacto gerador de catástrofes ambientais/de grande magnitude/ se estende além da área de influência indireta, atingido áreas sensíveis ambientalmente/consequências irreversíveis ou reversíveis em prazo elevado, mesmo com ações mitigadoras/esgotamento de recurso natural /extinção de espécies/impactos elevadíssimos para o meio ambiente.
Frequência	Raro (1)	Impactos que não são esperados que ocorram durante a atividade.
	Baixo (2)	Impactos que são esperados ocorrer uma única vez durante a atividade.
	Média (3)	Impactos que de ocorrência esperada, esporadicamente
	Alta (4)	Impactos que são esperados ocorrer, continuamente.

Fonte: Adaptado Sanches, 2020; Rios (2014), Medeiros (2012), Moura (2011); Ribeiro (2004).

Quadro 8 – Modelo de *Check-list* com a classificação dos Impactos

Nº	ATIVIDADE	ASPECTOS	IMPACTOS	+ ou -	Direto ou Indireto	Temp	Severidade	Freq
1	Atividade 1	Aspecto 1	Impacto 1	-	D	A	2	3
2			Impacto 2	-	D	A	1	2
3		Aspecto 2	Impacto 3	-	D	A	2	3
4	Atividade 2	Aspecto 3	Impacto 4	+	D	A	---	---
5	Atividade 3	Aspecto 4	Impacto 5	+	D	A	---	---
6		Aspecto 5	Impacto 6	-	D	A	2	3

Fonte: Adaptado Sanches, 2020; Rios (2014), Medeiros (2012), Moura (2011); Ribeiro (2004).

Quadro 9 – Modelo de Matriz de Leopold (Adaptada) a ser utilizado

COMPONENTES AMBIENTAIS		MEIO FÍSICO				MEIO BIOTICO		MEIO ANTRÓ.
		Ar	Solo	Geomorfológico	Rec. Hid.	Fauna	Flora	-
Impacto ambiental Atividades e Aspectos		Impacto 1	Impacto 2	Impacto 3	Impacto 4			Impacto "n"
	Ativ. 1	Aspecto 1						
		Aspecto 2						
	Ativ. 2	Aspecto 3						
								
								
Ativ. "n"	Aspecto "n"							

LEGENDA
INCIDÊNCIA
 Direta - D
 Indireta - I
SEVERIDADE
 Desprezível - 1
 Marginal - 2
 Crítico - 3
 Catastrófico - 4
NATUREZA
 Positivo 
 Negativo 
TEMPORALIDADE
 Passado - P
 Atual - A
 Futuro - F
FREQUÊNCIA
 Raro - 1
 Baixo - 2
 Média - 3
 Alta - 4

Fonte: Adaptado Sanches, 2020; Rios (2014), Medeiros (2012), Moura (2011); Ribeiro (2004).

5.3. Resultados e Discussões

5.3.1. Identificação e Descrição das Atividades Antrópicas, Aspectos e Impactos Ambientais na área de estudo através do “Check-list”

Os resultados sobre as atividades antrópicas, aspectos e impactos ambientais encontrados na APP do rio, observados no período um ano no Rio Parnaíba, estão apresentados no *Check-list* (Tabela 2).

As atividades urbanas são ações ou conjuntos de ações realizadas pelos moradores dentro de uma cidade, adjacente a esta área ou sob sua influência direta. As atividades antrópicas provenientes do processo de urbanização têm provocado a contaminação dos mananciais, poluição dos rios por lançamento de esgoto sem tratamento, além de outras atividades poluidoras (Gomes, *et al*, 2018).

Tabela 2 – *Check-list* permite ver quantas vezes o impacto foi listado

Nº	ATIVIDADE	ASPECTOS (CAUSA)	IMPACTOS (EFEITO)	+ ou -	Direto ou Indireto	Sever.	Temp	Freq
1	Atividades Residenciais e Comerciais (Urbana)	Deposição irregular de resíduos sólidos “Comuns” (9x)	Poluição/Contaminação do Solo (9x)	-	D	2	A	3
2			Poluição/Contaminação da Água (9x)	-	D	1	A	2
3			Entupimento da rede de drenagem pluvial (saneamento básico) (9X)	-	I	1	F	1
4		Deposição irregular de resíduos sólidos “Perigosos” (2x)	Poluição/Contaminação do Solo (2x)	-	D	2	A	3
5			Poluição/Contaminação da Água (9x)	-	D	1	A	2
6			Entupimento da rede de drenagem pluvial (saneamento básico) (9X)	-	I	2	F	1
7		Resíduos que podem acumular água (pneus, plásticos, vasilhas, etc.) (9x).	Proliferação de vetores de doença (9x)	-	D	2	A	2
8		Emissão de efluentes não tratados (15x)	Poluição/Contaminação da Água (15x)	-	D	3	A	4
9	Atividades Socioculturais (lazer, religião e crença)	Aspecto social, cultural, crença e/ou entretenimento (possibilidade de ecoturismo).	Bem-estar social	+	D	---	A	---
10			Promover atividades ao ar livre (lazer/esportes/passeio)	+	I	---	A	---
11			Promoção de educação Ambiental	+	I	---	A	---
12	Lavagem de carros	Postos de trabalho/emprego	Produção de renda e oferta de serviço	+	D	---	A	---
13		Captação de água do rio	Consumo de água do rio	-	D	2	A	3
14		Produção de efluentes perigosos não tratados (efluente contaminado com graxa, óleo e/ou gasolina).	Poluição/Contaminação da Água	-	D	2	A	3
15	Atividades Socioculturais de ocupação das coroas (Jericoroa)	Postos de trabalho/emprego	Produção de renda e oferta de serviço	+	D	---	A	---
16		Aspecto social, cultural, crença e/ou entretenimento (possibilidade de ecoturismo).	Bem-estar social	+	D	---	---	---
17			Promover atividades ao ar livre (lazer/esportes/passeio)	+	I	---	A	---
18			Promoção de educação Ambiental	+	I	---	A	---
19		Emissão de efluentes não tratados	Poluição/Contaminação da Água	-	D	2	A	2
20	Ocupação das Margens do Rio Parnaíba (por atividades residenciais, comerciais e/ou urbanas)	Remoção da Mata ciliar, Impermeabilização do solo e construções diversas	Assoreamento do rio	-	D	3	A	4
21			Erosão das margens do rio	-	D	3	A	4
22			Risco de enchentes	-	D	2	A	2
23			Perda de Biodiversidade	-	D	2	A	3
24	Ocupação das áreas de várzea/alagáveis/lagoas (áreas de risco).	Remoção da vegetação	Assoreamento do rio	-	D	3	A	4
25			Erosão do solo	-	D	2	A	3
26			Perda de Biodiversidade	-	D	2	A	3
27		Construção irregular sobre área de risco	Risco de enchentes	-	D	2	A	1
28	Produção agrícola nas áreas de várzea ou na mata ciliar	Postos de trabalho/emprego	Produção de renda e oferta de serviço	+	D	---	A	---
29		Remoção da vegetação	Assoreamento do rio	-	D	1	A	2
30			Erosão das margens do rio	-	D	2	A	3
31			Perda de Biodiversidade	-	D	3	A	3
32	Estábulos e Criação de animais (cavalo, porco, galinha, etc.).	Produção de Efluentes	Contaminação do solo	-	D	2	A	2
33			Contaminação da água	-	D	2	A	2
34	Atividade de pesca artesanal no rio	Postos de trabalho/emprego	Produção de renda e oferta de serviço	+	D	---	---	---

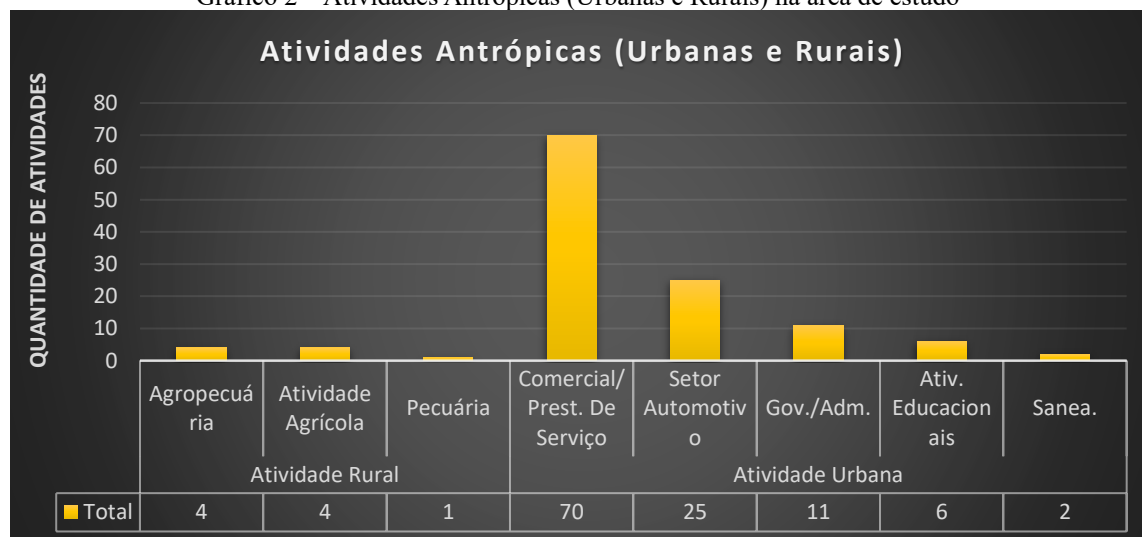
35	Atividade de Pesca em locais do rio próximos à esgotos	Possibilidade de consumo de alimentos contaminados	Riscos à saúde da população	-	D	2	A	2
36	Atividades Socioculturais (Parques Ambientais)	Postos de trabalho/emprego	Produção de renda e oferta de serviço	+	D	---	A	---
37		Aspecto social, cultural, crença e/ou entretenimento (possibilidade de ecoturismo)	Bem-estar social	+	D	---	A	---
38			Promoção de atividades ao ar livre (lazer/esportes/passeio)	+	I	---	A	---
39			Promoção de Educação Ambiental	+	I	---	A	---
40	Atividade de dragagem do rio (coleta de areia e sedimentos)	Postos de trabalho/emprego	Produção de renda e oferta de produtos (areia)	+	D	---	A	---
41		Melhoria da vazão do rio	Desobstrução do canal do rio e retirada de sedimentos	+	D	---	A	---
42		Alteração da correnteza e dinâmica do rio	Surgimento de bancos de areia	-	D	2	A	2

Fonte: Autoria Própria (2024).

Foram observados dentro da área de estudo, (APP do rio considerando até 200 metros da margem do rio), ao longo de um ano, atividades antrópicas, organizados em 12 tipos (Tabela 2), que podem estar causando impacto ambiental diretamente no Rio Parnaíba: 1 - Atividades urbanas Residenciais e Comerciais (Urbana); 2 - Atividades Socioculturais (lazer, religião e crença); 3 - Lavagem de carros; 4 - Atividades Socioculturais de ocupação das coroas (Jericoróa); 5 - Ocupação das Margens do Rio Parnaíba (por atividades residenciais, comerciais e/ou urbanas); 6 - Ocupação das áreas de várzea/alagáveis/lagoas (áreas de risco; 7 - Produção agrícola nas áreas de várzea ou na mata ciliar; 8 - Estábulo e Criação de animais (cavalo, porco, galinha, etc.); 9 - Atividade de pesca artesanal no rio; 10 - Atividade de Pesca em locais do rio próximos à esgotos; 11 - Atividades Socioculturais (Parques Ambientais; 12 - Atividade de dragagem do rio (coleta de areia e sedimentos).

Na área estudada foram identificadas 163 residências e 123 atividades antrópicas, sendo 114 “Atividades Urbanas - AU” e 9 “Atividades Rurais - AR” (Gráfico 2). Todas se encontram a menos de 200 m do rio Parnaíba em sua APP, e foram identificadas durante as visitas à área de estudo ao longo de 1 ano. A identificação e descrição das atividades são importantes para diagnosticar os aspectos ambientais relacionados e possíveis impactos.

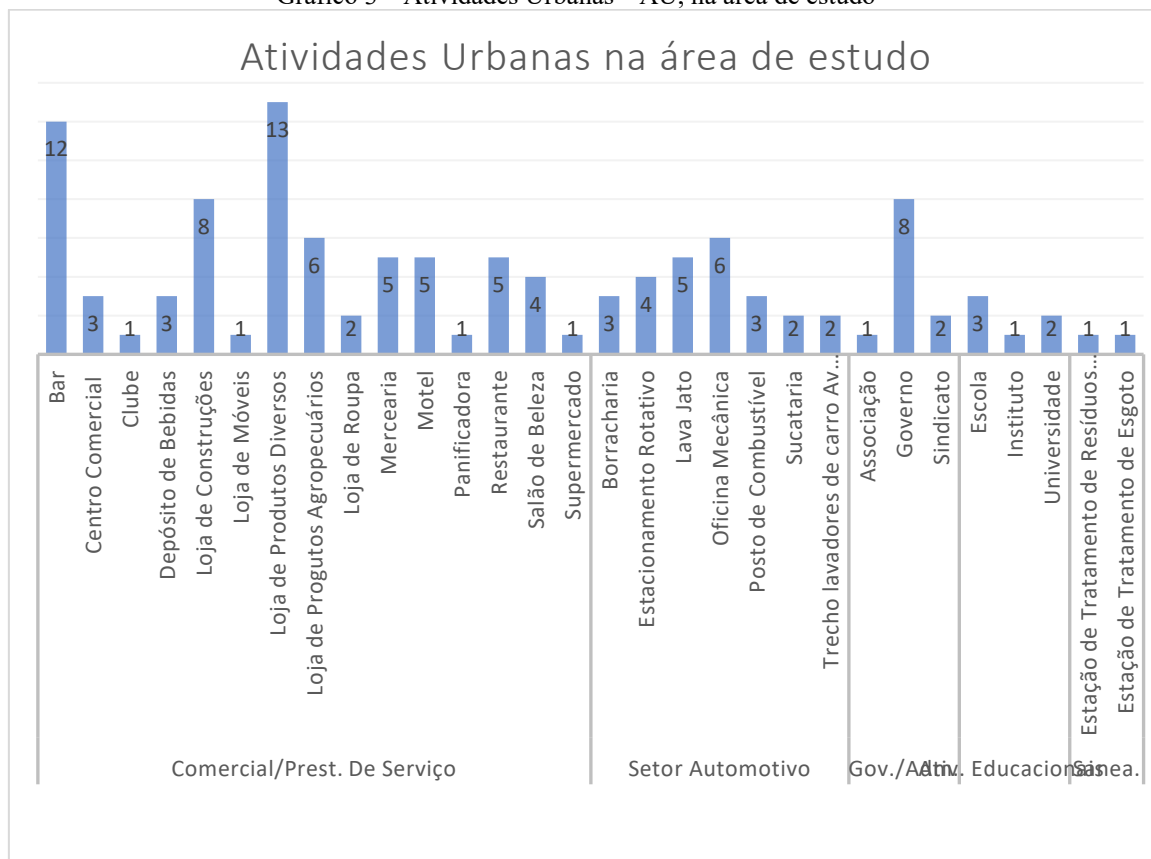
Gráfico 2 – Atividades Antrópicas (Urbanas e Rurais) na área de estudo



Fonte: Autoria Própria (2024).

Como demonstrado no Gráfico 2, dentre as Atividades Urbanas desenvolvidas na área, se destacam as atividades e os estabelecimentos comerciais (70); os ligados ao setor automotivo (25); Governamentais/Administrativos (11). O Gráfico 3 apresenta o detalhamento das atividades urbanas.

Gráfico 3 – Atividades Urbanas – AU, na área de estudo



Fonte: Autoria Própria (2024).

As atividades comerciais (detalhamento Gráfico 3) se destacam das demais pois a região é essencialmente comercial, possuindo três grandes centros comerciais (“troca-troca”, “mercado velho” e “shopping da cidade”), bem como lojas de produtos diversos (13), de produtos de construções (8) e produtos Agropecuários (6). A prestação de serviços também obteve destaque podendo ser observada pela quantidade de Bares (12); Restaurantes (5) e Hotéis/Motéis (5).

As atividades ligadas ao setor automotivo também foram destaque na região por estarem associadas: 1 - dois grandes trechos de lavadores de carros na Av. Maranhão; 2 - Oficinas mecânicas (6); 3 - lava Jatos (5); 4 - estacionamentos rotativos (4); 5 - “Posto de Gasolina”. Alguns dos estabelecimentos automotivos prestam mais de uma atividade como por exemplo oficinas mecânicas que oferecem serviços de lavagem e borracharia, bem como estacionamentos que continham bar e lava jatos. Vale destacar que tais atividades são atividades potencialmente poluidoras (devido ao risco de incêndio, produção de resíduos sólidos e efluentes líquidos perigos) e utilizadoras de recursos naturais (grande quantidade de água consumida), que podem causar graves danos ambientais, portanto, necessitam de Licenciamento Ambiental (Quadro 10).

Quadro 10 – Legislação Ambiental aplicada às atividades poluidoras do setor automotivo enumeradas, bem como outras atividades similares

Legislação/Resolução	Descrição	Ativ.
Lei Federal nº 6.938, de 31/08/1981.	Dispõe sobre Política Nacional do Meio Ambiente.	Todas
Lei Federal nº 9.605, de 12/02/1998	Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.	Todas
Lei Federal nº 12.305, de 02/08/2010	Dispõe sobre Política Nacional de Resíduos Sólidos	Todas
Resolução CONAMA nº 001, de 08/03/1990	Dispõe sobre critérios de padrões de emissão de ruídos decorrentes de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política.	1, 2, 3, 5
Resolução CONAMA nº 237, de 19/12/1997	Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental.	1, 2, 3, 4, 5
Resolução CONAMA nº 273, de 29/11/2000	Estabelece diretrizes para o licenciamento ambiental de postos de combustíveis e serviços e dispõe sobre a prevenção e controle da poluição.	2, 3, 4
RESOLUÇÃO CONAMA nº 430, de 13/05/2011	Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.	1, 2, 3, 4, 5
RESOLUÇÃO CONAMA nº 319, de 4/12/2002	Dispõe sobre a prevenção e controle da poluição em postos de combustíveis e serviços.	1, 2, 3, 4
ABNT - NBR 14605 de 2020	Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis - Sistema de drenagem de oleosa é uma norma da ABNT para Caixa Separadora de Água e Óleo,	1, 2, 3, 4, 5
ABNT/NBR 10.004 de 2004	classificação de resíduos sólidos	Todas
ABNT/NBR 12.235 de 1992	armazenamento de resíduos sólidos perigosos	Todas
ABNT/NBR 11.174 de 1990	armazenamento de resíduos classes II - não inertes e III - inertes	Todas
Legenda 1 - “Lavagem de carros” e “Lava-Jatos”; 2 - “Oficinas mecânicas/automotivas” (lavagem de peças, funilaria, usinagem, pintura, preparo da tinta, aplicação e lavagem de acessórios, mecânica, elétrica, solda, desmontagem/montagem de veículos e motores; 3 - “Posto de Gasolina”; 4 - “Troca de óleo”; 5 - “Borracharia” 6 - “Estacionamento”		

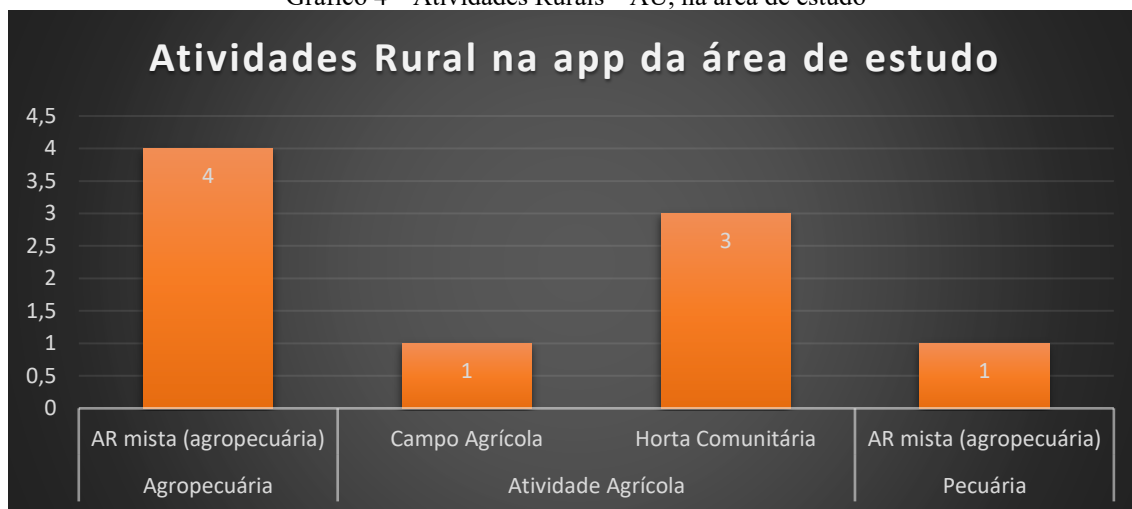
Fonte: Autoria Própria (2024).

Não foi possível verificar, e nem faz parte do objetivo deste estudo, quanto ao cumprimento das obrigações legais, com os órgãos ambientais e de segurança das atividades mencionadas, contudo, caso todos os cuidados e obrigações estejam obedecidos, tanto o “risco de acidentes” quanto os “impactos ambientais” podem ser reduzidos, compensados e/ou eliminados.

As Atividades Rurais (Gráfico 3), apesar de serem em menor quantidade em relação as atividades urbanas, ocupam áreas extensas, com destaque ao Campo Agrícola (Apolônia II) e as hortas comunitárias (Horta Comunitária Carlos Feitosa e Horta comunitária do Mafrense). Também foram identificadas Atividades Rurais Mistas, sendo caracterizados por áreas com múltiplas atividades agrícolas e pecuárias tais como hortas, jardim, quintal produtivo, galinheiro e estábulo (para vacas e/ou cavalos) realizadas junto

a residência do próprio produtor. Vale destacar que as atividades rurais identificadas podem afetar negativamente a qualidade da água do Rio Parnaíba com a liberação de poluentes seja por meio da poluição pontual (disposição irregular de resíduo e esgoto) ou por poluição difusa (dispersão de fertilizantes e/ou agrotóxicos).

Gráfico 4 – Atividades Rurais – AU, na área de estudo



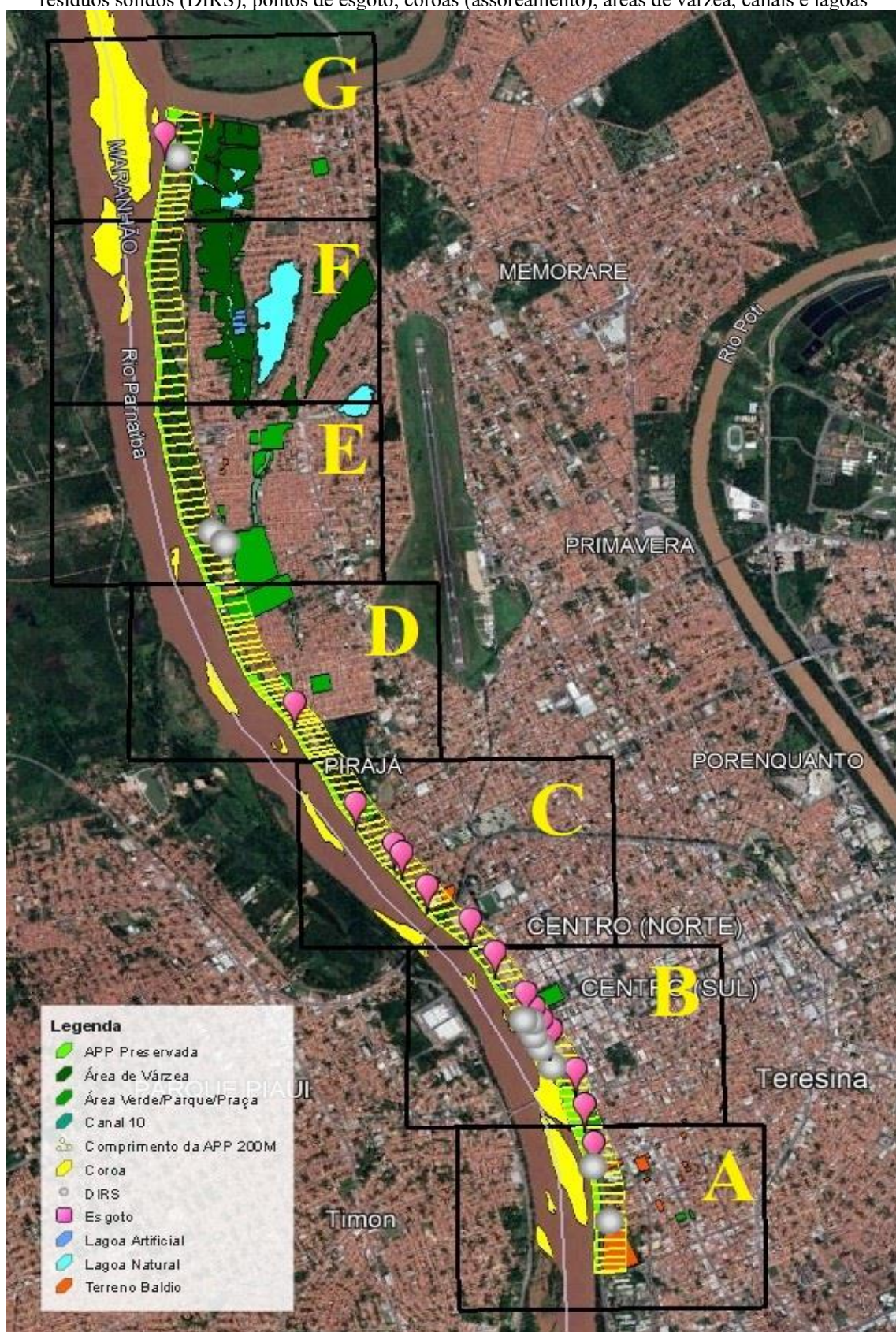
Fonte: Autoria Própria (2022).

Associadas às diversas atividades identificadas no Rio Parnaíba, ao longo do trecho, foram observadas várias ações/atividades antrópicas, tais como, Deposição Irregular Resíduos Sólidos (DIRS) e Emissão de Efluentes não tratados (Esgoto), os quais foram atribuídas ao conjunto de atividades residenciais e comerciais, pois não foi possível observar diretamente uma única fonte causadora, mas sim o conjunto de atividades que culminam nesses aspectos, que geram impactos ambientais (Figura 49).

A figura 49 indica que os setores “A”, “B” e “C” são os que mais apresentaram Atividades Urbanas - AU, enquanto os setores “D”, “E”, “F”, e “G” apresentam mais Atividades Rurais - AR devido a grande quantidade áreas de várzea que são mais férteis e alagáveis.

Vale destacar que nos setores “D”, “E”, “F”, e “G” encontram-se várias lagoas conectadas com canais, áreas de várzea e o Parque Ambiental Lagoas do Norte (grande área verde entre os setores “D” e “E”). As Lagoas naturais também estão protegidas pelo código floresta e possuem APP (60 m no seu entorno) (BRASIL, 2012). Apesar de poucos pontos de esgotos identificados no setor foi observado a conexão de um esgoto doméstico com as lagoas que se conectam ao rio, e eventualmente podem levar poluentes ao rio. A Avenida Boa esperança funciona como um dique de contenção para inundações dos rios Poti e Paraíba, contudo, a área ainda apresenta risco de inundação, o que é preocupante pois foram observadas construções recentes na área de APP do rio Parnaíba e das Lagoas.

Figura 48 – Distribuição espacial dos aspectos ambientais: APP do rio, pontos de deposição irregular resíduos sólidos (DIRS), pontos de esgoto, coroas (assoreamento), áreas de várzea, canais e lagoas



Fonte: Autoria Própria (2022).

5.3.2. Aspectos gerais sobre a mata ciliar e o rio Parnaíba

A cidade de Teresina possui uma grande ligação com rio Parnaíba e sua mata ciliar, devido à sua história e localização geográfica, pois foi fundada para ser a capital do estado do Piauí, e o rio Parnaíba, seria sua principal hidrovia conectando vários municípios, para realização de transporte de pessoas e mercadorias, e desde antes da sua formação, em 1852, são ocupadas diversas áreas próximas aos rios (Parnaíba e Poty), inclusive as matas ciliares, o que sempre gerou riscos e problemas relacionados à inundações e alagamentos (Rocha, Pereira, 2023; Santos, Marinho, 2021; Vasconcelos Filho, 2020; Gandara, 2008).

A área de estudo é parte de uma das mais antigas e densamente populosas de Teresina sendo composta pelos bairros: Vermelha, Centro (sul e Norte), Matinha, Pirajá, Acarape, Matadouro, São Joaquim, Olarias e Poti Velho, sendo o bairro Olarias e o bairro Poti Velho mais velhos de Teresina (SEMPPLAN, 2018, A; SEMPLAN, 2018 B).

De modo geral, pode-se constatar que a mata ciliar da área estudada, embora apresentando vários tipos de ocupações, ainda apresenta um bom nível de conservação em alguns trechos (Figura 47). A área também é importante por possuir função social e cultural para a população, permitindo contato das comunidades ribeirinhas com o rio.

Figura 49 – Aspectos de conservação da mata ciliar em Teresina, no trecho estudado



Fonte: Autoria Própria (2022).

Vale ressaltar que foram encontrados vários tipos de e locais de banho nas margens do rio, principalmente nos meses de estiagem (época com altas temperaturas e o rio possui menor correnteza). As áreas de banho produzem impactos ambientais mínimos. Estas atividades demonstram a ligação afetiva que estas pessoas têm com o rio e o interesse que a população possui em utilizar a área como banho e recreação.

Figura 50 – Locais de banho nas margens do rio



Fonte: Autoria Própria (2022).

5.3.3. *Deposição Irregular resíduos Sólidos - “DIRS” e a Presença de Esgotos /Emissão de Efluentes*

A Deposição Irregular de Resíduos Sólidos – “DIRS”, é uma ação antrópica cujos aspectos e impactos são difíceis de mensurar, pois os depósitos variam em quantidade, periculosidade e atividade de origem. Foram encontrados 9 depósitos irregulares onde os resíduos eram depositados constantemente. Os resíduos causam tanto impactos diretos quanto indiretos. Como impacto direto podemos destacar a “Proliferação de vetores de doença” (ratos, baratas, moscas e mosquitos), fato observado no momento da identificação dos depósitos de lixo; e considerou-se como impactos indiretos o “Entupimento da rede de drenagem pluvial (saneamento básico)”, como desdobramentos da relação de causa e efeitos que os “DIRS” podem causar, uma vez que o resíduo pode ser lixiviado e transportado para o sistema de drenagem, podendo cair diretamente no rio ou se acumular e causar entupimento da rede.

Nos depósitos irregulares de resíduos sólidos, foi possível verificar a presença/ocorrência de resíduos “comuns” (9x), da “construção civil” (1x) e “perigosos” (2x). Os resíduos comuns foram encontrados em maiores quantidades. Foram identificados resíduos “Perigosos” associados aos resíduos “comuns”, lâmpadas fluorescentes e à suprimentos automotivos (embalagens de óleo lubrificante, etc.), os quais não possível verificar a origem. Os resíduos da construção civil foram encontrados na forma de entulhos e restos de concreto e tijolo, de demolição em menores quantidades.

Vale ressaltar que mesmo em menores quantidades os resíduos perigosos podem causar graves impactos ambientais, como exemplo, as embalagens de óleo lubrificante de motor que podem contaminar tanto o solo quanto a água com metais

pesados. Também foi possível observar a presença de resíduos “comuns” que podem acumular água (pneus e garrafas plásticas) e tornarem-se criadores de vetores de doenças. Foi ainda observada a presença de animais sinantrópicos (ratos, baratas e mosquitos) nos Depósitos Irregulares de Resíduos Sólidos (DIRS), capazes de se tornarem vetores e promover a proliferação de doenças.

Figura 51 – Pontos de Deposição Irregular Resíduos Sólidos (DIRS)



Fonte: Autoria Própria (2022).

Para o correto gerenciamento dos resíduos sólidos, a população deve ser orientada por profissionais capacitados na área de Gestão Ambiental e os órgãos públicos através de atividades de Educação Ambiental. O correto gerenciamento dos resíduos sólidos, é atualmente, embasado por duas normas principais: A Lei n. 12.305 /2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; e a NBR ABNT 10.004/2010 que normatiza a segregação e acondicionamento dos resíduos sólidos com base na classificação dos resíduos sólidos em perigosos e não perigosos. No caso dos resíduos perigosos, o correto acondicionamento e armazenagem devem seguir as normas das resoluções da ABNT, NBR 11.174/1990 (armazenamento de resíduos classes II-não inertes e III-inertes) e NBR 12.235/1992 (armazenamento de resíduos sólidos perigosos).

Relacionado também à atividade urbanística, residenciais e comerciais, foram encontrados 15 pontos de emissão de efluentes (esgoto). Nesses pontos de despejo de esgotos os impactos são nítidos, pois apresentavam espumas, óleos, insetos, resíduos sólidos (provavelmente carregados pelo sistema de drenagem pluvial) e apresentam mau cheiro. Outro aspecto que chamou a atenção foi em relação ao tipo/volume de esgotos nos pontos estudados, sendo que 5 (cinco) pontos são perenes (com emissão contante) e 10 intermitente (Emissão temporária). O despejo de esgotos, é muito preocupante tanto pela quantidade de pontos existentes, como pelo volume constante de efluentes sem tratamento, que poluem o rio. Ainda pode ocorrer a emissão de efluentes contaminados por graxa, gasolina, óleo de motores, etc.; devido a proximidade da pista, bem como dos

resíduos que podem ser lixiviados com a água da chuva.

Figura 52 – Pontos de despejo de esgoto nas margens do rio Parnaíba



Fonte: Autoria Própria (2022).

5.3.4. Assoreamento do Rio Parnaíba e a formação de coroas (Jericoroas).

O processo de formação dos bancos de areia, localmente chamados de “coroas”, está diretamente relacionado aos fenômenos de erosão e assoreamento, que por sua vez dependem diretamente da dinâmica fluvial. Os depósitos fluviais, variam no período de cheia em relação ao período de estiagem. A causa principal do assoreamento do rio é o desmatamento das matas ciliares. Com o desmatamento das margens e de áreas próximas aos rios, principalmente em período de chuva, esse solo é carregado para o leito do rio, caracterizando os processos de erosão e assoreamento. Para combater a erosão e evitar o assoreamento, o Rio Parnaíba necessita da recuperação das matas ciliares em toda a área devasta (Costa, 2020; Gonçalves; Fernandes; Leão, 2013).

As coroas são o resultado de décadas de assoreamento, que causa impactos e a degradação do ambiente dos rios. A remoção da vegetação das margens (mata ciliar) provoca erosão e leva ao aumento da quantidade de sedimentos que chegam ao rio no processo de assoreamento, tornando o leito do rio mais largo e raso.

Diversos trabalhos, tais como Costa (2020), Sousa, Santos e Reis (2018), Chaves e Andrade (2017) e Morais (2015), descrevem o problema do assoreamento do Rio Parnaíba como sendo um problema sério, resultado dos impactos diretos/indiretos de inúmeras atividades humanas.

Algumas dessas “coroas” apresentam grandes áreas e são usadas para lazer e atividades de comércio. São as denominadas popularmente de “Jericoroas” (nome é uma referência a praia de Jericoacoara, localizada litoral do Ceará). Embora possam apresentar impactos positivos de produção de renda e lazer, elas são consequências de um problema

ambiental muito sério. Por outro lado, a utilização dessas coras para as atividades de lazer e comércio pode acarretar outros impactos ambientais, como a produção de resíduos sólidos e poluição das Rio Parnaíba. Há necessidade de orientar a população evitar os impactos ambientais dessas atividades.

As coras se alteram durante as inundações. Durante as cheias, a cora é coberta de água e deslocada. Durante a seca as coras são ocupadas por atividades humanas (banhos e “Jericoroas”). Com o passar do tempo, as coras podem formar vegetação, após as inundações com as sementes presentes na água e solo, promovendo a fixação da cora e formando “Ilhas Fluviais”. As “coras” são visíveis em maior número perto da avenida Maranhão, no centro de Teresina. Foram observadas 15 dessas coras na área de estudo, sendo 13 coras que apresentam alguma vegetação fixa.

O trabalho de Costa (2020), encontrou 14 bancos de areia no trecho urbano do Rio Parnaíba, sendo 12 predominantes/constantemente, além da identificação de estruturas emersas e submersas no canal do rio, isso indica pode indicar, que o número de coras/ilhas fluviais pode estar aumentando com o passar do tempo.

5.3.5. Matriz de Leopoldo - Avaliação dos Aspectos e Impactos Ambientais na área de estudo

Com os dados obtidos sobre as atividades antrópicas, aspectos e impactos ambientais já apresentados no *Check-list* (Tabela 1) e discutidos, foi construída a matriz de Leopold (Tabela 2). Através da matriz de impacto ambiental é possível listar as principais atividades ou ações antrópicas, ou ainda os componentes ou os elementos do sistema ambiental, possibilitando a identificação de possíveis interações entre eles e quantificar os impactos ambientais (Sánchez, 2020; Gomes, *et al*, 2018; Gomes, *et al*, 2013).

Na Matriz os impactos ambientais identificados foram relacionados aos Meios físico-químico (solo, água, geomorfológico do rio); Meio Biológicos (Flora e Fauna); Meio Antrópico (Social, Econômico e Saúde), conforme as atividades e os aspectos ambientais associados (Tabela 2). Conforme se observa na matriz, vários impactos ambientais foram identificados nos três meios.

No meio físico-químico tem-se os impactos ambientais: 1 - “Poluição/Contaminação do Solo”; 2 - “Erosão do solo”; 3 - “Erosão das margens do rio”; 4 - “Poluição/Contaminação da Água”; 5 - “Consumo de água do rio”; 6 - “Assoreamento

do Rio”; 7 - “Risco de Enchentes”, 8 - “Desobstrução do canal do rio e retirada de sedimentos”; 9 - “Surgimento de Bancos de Areia”.

No meio biológico tem-se os impactos ambientais: 1 - “Perda de Biodiversidade e 2 - “Proliferação de Vetores de Doença”.

No meio antrópico tem-se os impactos ambientais: 1 - “Bem-estar social”; 2 - “Promoção de atividades ao ar livre (lazer/esportes/passeio)”; 3 - “Promoção de Educação Ambiental”; 4 - “Produção de renda e oferta de serviço”; 5 - Produção de renda e oferta de produtos (areia); e 6 - “Entupimento da rede de drenagem pluvial”.

Os impactos identificados e apresentados na Matriz de Leopoldo adaptada, são de caráter positivo e de caráter negativo, sendo 16 positivos e 25 negativos (detalhados na Tabela 4).

Tabela 3 – Matriz de Impactos Ambientais

COMPONENTES AMBIENTAIS		MEIO FÍSICO-QUÍMICO									MEIO BIOLÓGICO		MEIO ANTRÓPICO					
		SOLO			ÁGUA		GEOMORFOLOGIA (RIO)				FLOR.	FAÚN.	SOCIAL			ECONÔMICO		SAÚDE
IMPACTO AMBIENTAL (EFEITO)		Poluição/Contaminação do Solo	Erosão do solo	Erosão das margens do rio	Poluição/Contaminação da Água	Consumo de água do rio	Assoreamento do rio	Risco de enchentes	Desobs. do canal do rio e retirada de sedimentos	Surgimento de bancos de areia	Perda de Biodiversidade	Proliferação de vetores de doença	Bem-estar social	Promoção de atividades ao ar	Promoção de Educação Ambiental	Produção de renda e oferta de	Produção de renda e oferta de produtos (areia)	Entupimento da rede de drenagem pluvial.
ATIVIDADE ASPECTO AMBIENTAL (CAUSA)																		
Atividades Urbanas Residenciais e Comerciais	Deposição irregular de resíduos sólidos “Comuns”	D2 A3			D1A2													I1 F2
	Deposição irregular de resíduos sólidos “Perigosos”	D2 A3			D2A3													I1 F1
	Resíduos que podem acumular água (pneus, plásticos, vasilhas, etc.).											D2A2						
	Emissão de efluentes não tratados				D3A3													
Atividades Socioculturais (lazer, religião e crença)	Aspecto social, cultural, crença e/ou entretenimento (possibilidade de ecoturismo).												DA	IA	IA			
Lavagem de carros	Postos de trabalho/emprego															DA		
	Captação de água do rio					D2A3												
	Produção de efluentes perigosos não tratados (efluente contaminado com graxa, óleo e/ou gasolina).				D2 A3													
Ocupação das coroas (Jericoróa)	Postos de trabalho/emprego															DA		
	Aspecto social, cultural, crença e/ou entretenimento (possibilidade de ecoturismo).												DA	IA	IA			
	Emissão de efluentes não tratados				D2A2													
Ocupação das Margens do Rio Parnaíba	Remoção da Mata ciliar, Impermeabilização do solo e construções diversas			D3 A4			D3 A4	D2A2			D2 A3							
Ocupação das áreas de várzea/alagáveis/lagoas (áreas de risco)	Remoção da vegetação		D2 A3				D3 A4				D2 A3							
	Construção irregular sobre área de risco							D2A1										
Produção agrícola nas áreas de várzea ou na mata ciliar	Postos de trabalho/emprego															DA		
	Remoção da vegetação			D2 A3			D1A 2				D2 A3							
Criação de animais	Produção de Efluentes				D2A2													
Atividade de pesca artesanal no rio	Postos de trabalho/emprego															DA		
Atividade de Pesca próximo à esgotos	Possibilidade de consumo de alimentos contaminados				D2A4													
Atividades Socioculturais (Parques Ambientais)	Postos de trabalho/emprego															DA		
	Aspecto social, cultural, crença e/ou entretenimento (possibilidade de ecoturismo)												DA	IA	IA			
Atividade de dragagem do rio (areia e sedimentos)	Postos de trabalho/emprego																DA	
	Melhoria da vazão do rio								DA									
	Alteração da correnteza e dinâmica do rio									D2A2								

Fonte Autoria própria (2024).

Vale ressaltar que os Impactos positivos devem ser potencializados com a melhoria das condições de trabalho e oportunidade de renda através da educação ambiental, pois estas atividades produzem emprego e renda através da oferta de serviço, ou seja, muitas pessoas dependem dessas atividades como meio de subsistência.

Na identificação das causas dos impactos é importante observar que os impactos ambientais decorrem de uma ação ou de um conjunto de ações ou atividades humanas realizadas em um certo local (Sanches, 2020). Alguns impactos identificados nesse estudo eram de caráter pontual (como os depósitos de resíduos sólidos e os bueiros que despejam esgoto) sendo mais fáceis para observação e registro; e outros impactos possuíam caráter difuso (erosão das margens e o assoreamento do rio); e outras permanentes (ocupação das margens do rio e para moradia ou comércio).

Outro aspecto observado foi a sazonalidade de alguns impactos que ocorriam em alguns meses do ano; tais como as ocupações das coroas as “Jericoroas” (que ocorriam nos meses de seca entre agosto e Novembro) e as atividades religiosas (nos meses chuvosos (Fevereiro à Março) como o posicionamento de oferendas. O impacto de maior ocorrência, foi a “Poluição /Contaminação da água”, seguido pelo grupo de impactos que alteram a geomorfologia do rio.

As Atividades urbanas Residenciais e Comerciais são as que mais geram impactos negativos, principalmente porque afetam as populações ribeirinhas, que são mais pobres. Não se trata da retirada dessas atividades, mas é necessário promover a melhoria do saneamento básico na região, pois os Depósitos Irregulares de Resíduos Sólidos - DIRS e os Pontos de Despejo de Esgoto, representam uma situação de descaso com esses problemas pondo em risco os moradores, as comunidades ribeirinhas que são as mais afetadas, além de pôr em risco a sustentabilidade do rio.

É importante avaliar e monitorar os impactos no Rio Parnaíba para que a população, em especial as comunidades ribeirinhas, possam continuar desenvolvendo suas atividades em um ambiente saudável. Vale ressaltar que é importante verificar o efeito global e acumulativo dos impactos ambientais, pois mesmo que existem várias atividades com pequenos impactos, estes podem se acumular, visto pela grande concentração de atividades humanas na área de estudo.

Os impactos ambientais no Rio Parnaíba têm sido apontados por vários autores, em diversos trabalhos, sendo alguns desses estudos destacados no Quadro 11. Os estudos destacam impactos semelhantes aos descritos com este atual estudo, o que leva a crer que esses possam estar ocorrendo a pelo menos 16 anos na área (Quadro 11).

Quadro 11 – Série histórica de trabalhos e artigos científicos encontrados que descrevem impactos ambientais no Rio Parnaíba e na área de estudo

Nº	Autores	Ano	Título	Local	Impacto Ambiental descritos nos trabalhos
1	Cardoso e Dutra	2007	A paisagem das águas: a percepção dos usuários como subsídios para a elaboração de diretrizes urbanísticas para as margens dos rios Poti e Parnaíba e seu entorno (Teresina-PI)	Zona urbana de Teresina-PI em especial áreas próximas aos rios Poti e Parnaíba	Os autores citam os seguintes problemas: (a) falta legibilidade da paisagem das águas; (b) o descaso com a paisagem natural resulta em degradação ambiental; (c) os efeitos dos desastres naturais, como as enchentes, que não são eficazmente controladas e prevenidas; (d) as regiões ribeirinhas carecem de espaços livres públicos adequados para o lazer e para a convivência; (e) a saturação do sistema viário, bem como a desorganização do comércio informal no centro; (f) a falta de condições de sustentabilidade ambiental, econômica e social nos cenários I e II; (g) o descaso com a preservação do patrimônio histórico e cultural.
2	Silva Júnior <i>et al</i>	2010	Avaliação das atividades dos lavadores de carro nas margens do rio Parnaíba em Teresina-PI, como fator de poluição	Lavadores às margens do Rio Parnaíba, em Teresina-PI	Destaque: As atividades executadas pelos lavadores contribuem para a poluição do rio através dos resíduos sólidos e líquidos resultantes da lavagem dos veículos e lixo comum produzidos pelos lavadores e pelos usuários dos serviços, entretanto, verifica-se uma preocupação, por parte dos lavadores e da Prefeitura para a solução do problema, evidenciada pelo tratamento da água residual, ainda de modo pouco eficiente.
3	Santos; Rocha; Silva.	2011	Avaliação socioambiental no parque ambiental encontro dos rios, em Teresina, Piauí	Encontro dos rios Poti e Parnaíba	Destaque: No tocante ao aspecto ambiental, o parque encontra-se conservado. Entretanto, é importante apontar alguns pontos como a erosão natural provocada pelo rio Parnaíba em sua margem esquerda e também destruição da mata ciliar em ambas as margens do referido curso d'água. Enfatiza-se que toda e qualquer medida ambiental ou econômica deve ser tomada através de um planejamento, abrangendo interesses referentes à conservação dos recursos ambientais, sócio-culturais e econômicos.
4	Silva Filho <i>et al</i>	2012	Conscientização ambiental dos lavadores de veículos na Av. Maranhão, as margens do Rio Parnaíba, Teresina-PI	Lavadores às margens do Rio Parnaíba, em Teresina-PI	Destaque: Há poluição do rio por resíduos sólidos e líquidos resultantes da lavagem dos veículos e lixo comum produzidos pelos lavadores e pelos usuários, agravado pela falta de lixeiras na área, falta de emprego formal e políticas públicas para a melhoria da conscientização ambiental, evitando danos ao meio ambiente ao rio Parnaíba, bem como a qualificação profissional dos lavadores de carro para o mercado de trabalho.
5	Chaves	2013	Impactos pluviais e vulnerabilidade sócioambiental em Teresina, Piauí, Brasil	Zona urbana de Teresina-PI em especial áreas próximas aos rios Poti e Parnaíba	Enfatiza: De todos os problemas ambientais presentes em Teresina, as enchentes e inundações são os que mais trazem prejuízos à população. A materialização das enchentes e inundações ocorrem praticamente em todas as zonas da cidade, mesmo em magnitudes diferentes. A zona Norte é a mais vulnerável às inundações por influência direta da cheia dos rios, apresenta péssimos indicadores sociais (renda e escolaridade), predominando a alta vulnerabilidade em ambos além de abranger o maior número de pessoas vulnerável às enchentes na cidade. A alta privação socioeconômica predominante na região limita a capacidade de reação dos moradores diante das enchentes. Em contrapartida, o Centro é a zona mais tranquila se comparado às outras em se tratando da vulnerabilidade às enchentes.
6	Sousa <i>et al</i>	2014	Impactos ambientais causados após a implantação do programa Lagoas do Norte, Teresina - PI.	Microbacia Lagoas do Norte, região próxima ao encontro dos rios Poty e Parnaíba, em Teresina, Piauí	Observações em destaques: o aumento da criminalidade, exposição do esgoto e lixo como impactos negativos. Os impactos ambientais positivos como a implantação do Parque Ambiental Lagoas do Norte, melhoria da iluminação do local, saneamento básico, instauração do lazer, boa infraestrutura, diminuição de inundações e o aumento da renda familiar.
7	Monteiro; Oliveira	2014	Propriedades rurais nas margens dos rios Parnaíba e Poti (zona norte de Teresina-PI) e seus reflexos na manutenção da mata ciliar	Zona urbana de Teresina-PI próximas aos rios Poti e Parnaíba	Evidências em destaques: As áreas marginais de ambos os rios Poti e Parnaíba vem sendo alvo de várias atividades antrópicas as quais favorecem a deterioração desses ambientes. A presença de propriedades consideradas rurais, mesmo tendo tamanho considerável e estando dentro de APP, onde a realização de atividades mesmo que voltadas para a subsistência é um fator determinante do processo de degradação da mata ciliar em estudo. Com isso, há uma descaracterização morfológica e fisionômica ao longo do curso dos rios.
8	Moraes	2015	Estimativa de produção e transporte de sedimentos na bacia hidrográfica do rio Parnaíba, nordeste do Brasil.	Bacia Hidrográfica do Rio Parnaíba	Destaques: o autor conclui que o setor superior da bacia do Parnaíba constitui-se a principal fonte de sedimentos, por se tratar de uma área de cerrado, que apresenta grande expansão da produção agrícola comercial. O excesso de sedimentos transportados e depositados no leito do rio Parnaíba, evidencia os impactos ambientais existentes na extensão de sua bacia.

9	Vieira; Viana	2016	Áreas de extração mineral para construção civil em Teresina-PI: aspectos físicos e seus impactos socioambientais	Pontos de extração de areia e massará em Teresina próximo aos rios	Informes: Na área de confluência dos rios Parnaíba e Poti em Teresina são encontrados terraços fluviais que são fontes de materiais para a construção civil. Os problemas socioeconômicos e ambientais da área de estudo estão condicionados à exploração desordenada e predatória dos recursos naturais locais presentes nos terraços fluviais e baixos planaltos, sendo resultantes, da ocupação urbana de forma desordenada, da impermeabilização dos solos, da extração mineral ilegal, do surgimento e aterramento de parte das lagoas, do estrangulamento de canais naturais que drenavam as águas de chuva e do lançamento de esgotos e lixo nos corpos d'água.
10	Rocha	2016	Avaliação da qualidade da água no Rio Parnaíba na zona urbana de Teresina-PI usando os métodos IQA Clássico e Lógica Fuzzy	Trecho do Rio Parnaíba, em Teresina	Evidências: A pressão antrópica provoca a alteração, principalmente, dos valores de três variáveis: Coliformes Termotolerantes, Fósforo Total e Turbidez.
11	Gonçalves; Fernandes; Leão	2017	Análise da evolução temporal dos bancos de areia do rio Parnaíba na zona urbana de Teresina-PI com o uso de imagens de satélite.	Rio Parnaíba na zona urbana de Teresina-PI	Observações Ambientais em Destaque: Foi observada uma grande variabilidade anual, das vazões médias e mínimas anuais na evolução dos bancos de areia, mas com uma clara tendência de crescimento. O aumento na área dos bancos de areia causa impactos negativos diretos quanto ao uso do rio, seja na navegação, dificultando o transporte interestadual entre Timon-MA e Teresina-PI, seja na pesca, já que as águas mais rasas dificultam a vida aquática, e seja, ainda, na captação das águas para abastecimento público, o que já obrigou a companhia local de saneamento a adotar dragas no canal de acesso à principal ETA que atende Teresina-PI.
12	Marçal e Silva	2017	Avaliação do impacto do efluente da estação de tratamento de esgoto ETE-Pirajá sobre o Rio Parnaíba, Teresina (PI).	ETE Av. Maranhão às margens do Rio Parnaíba	Constatações dos autores: O sistema de tratamento da ETE-Pirajá apresentou eficiência global adequada para remoção de matéria orgânica e limitada para <i>E. coli</i> . As variáveis de qualidade da água apresentaram conformidade frente aos parâmetros da Resolução CONAMA 357/05 para rios classe II, com exceção da turbidez e <i>E. coli</i> . O lançamento do esgoto tratado atendeu às condições estabelecidas pela CONAMA 430/01.
13	Silva; Ribeiro Filho; Scabell o	2017	Impactos ambientais ocasionados pelos resíduos líquidos industriais e domésticos no rio Parnaíba: sob a ótica da população do bairro areias em Teresina - PI.	Bairro Areias, margens do Rio Parnaíba, em Teresina-PI	Constatações dos autores: Os resultados encontrados indicaram que há inúmeros fatores que implicam na qualidade dos recursos hídricos da bacia do Rio Parnaíba, tais como as mais de 40 “bocas” de esgotos em todo o seu perímetro urbano que direcionam resíduos “in natura” para o Rio Parnaíba a exemplo do que foi observado no perímetro do bairro Areias, localizado em Teresina-PI.
14	Costa <i>et al</i>	2017	Análise da dinâmica do Rio Parnaíba no trecho urbano de Teresina-Piauí, no período de 2010 a 2016.	Rio Parnaíba no trecho urbano de Teresina	Evidências em destaques: as condições apresentadas pelo clima regional (sete anos de pluviosidade abaixo da média anual) se refletiram em suas vazões predominante reduzidas em relação à média, fazendo alterar assim a dinâmica do fluxo fluvial desse rio, no período estudado. O rio Parnaíba apresentou uma significativa variação na sua dinâmica, mesmo apresentando baixa sinuosidade, no trecho urbano de Teresina, no período de 2010 a 2016.
15	Silva <i>et al</i>	2018	Percepção ambiental do complexo de comércio, troca-troca e shopping da cidade, sobre a degradação do rio Parnaíba em Teresina-PI	Bairro Centro às margens do Rio Parnaíba, em Teresina-PI.	Constatação do autor: A percepção ambiental dos entrevistados, embora saibam os tipos de impactos que o rio está sofrendo e quais são os motivos, em nenhum momento foi perceptível alguns cuidados com o rio, como por exemplo, o descarte adequado dos resíduos que acabam por parar no corpo hídrico.
16	Sousa; Santos; Reis	2018	Análise da dinâmica dos bancos de areia no Rio Parnaíba com a utilização do Google Earth.	Rio Parnaíba no trecho urbano de Teresina	Destaques dos autores: 1 - A análise temporal das imagens disponíveis no Google Earth constatou-se que os sedimentos foram aumentando consideravelmente; 2 - O crescimento dos depósitos de sedimentos provoca outros impactos para o rio, principalmente com relação a diminuição da profundidade do mesmo. 3- Os bancos de areia já se encontram consolidados (ilhas fluviais), apresentando em sua superfície a presença de vegetação fixada, alterando a hidrodinâmica do Parnaíba; 4 - A formação dos bancos de areia é consequência de muitos fatores que impactam diretamente o rio, como, por exemplo, a retirada da cobertura vegetal de suas margens, o desmatamento, e a ocupação irregular das áreas que margeiam o rio e as galerias de esgotos.
17	Soares; Cruz; Silva	2019	A influência da precipitação na variabilidade da qualidade da água do rio Parnaíba	Trecho urbano do Rio Parnaíba, em Teresina	Evidências em destaques: A qualidade da água variou com diferença significativa, apresentando as melhores condições do IQA no período seco. As principais variáveis que contribuíram para a redução do IQA foram <i>E. coli</i> e turbidez, estando ‘associadas à precipitação pluviométrica e à poluição difusa.

18	Costa	2020	Estudos ambientais, caracterização sedimentológica e batimetria do trecho urbano do Rio Parnaíba, em Teresina, Piauí, Brasil.	Trecho urbano do Rio Parnaíba, em Teresina	Destaques da Autora: 1 - VULNERABILIDADE: foi verificado vulnerabilidade ambiental em cada setor do rio no trecho urbano de Teresina em decorrência das ações antrópicas sobre a Área de Preservação Permanente. O perigo estimado mais comuns para o rio em cada setor, está relacionado a inundações da APP, erosão das margens e assoreamento do canal; 2 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICO DA QUALIDADE DA ÁGUA: Os parâmetros encontram-se alterados (nos anos de 2015 e 2016), alguns acima dos valores estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05, como a Demanda Bioquímica de Oxigênio. O pH, a Alcalinidade, a Dureza, a Amônia, o Nitrito e o Nitrato. Todos os pontos de coletas de água para análise estão contaminados por Coliformes Termotolerantes e Coliformes Totais. 3 - SEDIMENTOLOGIA: os depósitos aluviais (cerca de 14 bancos de areia) movimentando-se à jusante, confirmando uma predominância de bancos no meio do canal, em torno de 12 depósitos. BATIMETRIA: Através de estudos batimétricos é identificado a presença de estruturas emersas e submersas no canal do rio.
19	Campello; Baúna; Silva	2020	Carga poluidora na microbacia urbana lagoas do norte, Teresina, Piauí.	Microbacia Lagoas do Norte, região próxima ao encontro dos rios Poty e Parnaíba, em Teresina, Piauí	Destaques dos Autores: 1 - Foi constatada a importância do monitoramento da qualidade das águas de rios e lagos urbanos por meio do estudo da carga poluidora; 2 - O estudo destacou a importância do monitoramento de cargas poluidoras como melhor caracterizador de problemas de qualidade das águas de rios e lagos urbanos. 3 – A importância de todos os setores do saneamento funcionarem de maneira integrada e sistêmica, 4 - As lagoas podem estar absorvendo e autodepurando as cargas poluidoras lançadas no sistema; 5 - As condições (elevadas áreas superficiais, baixas declividades e vegetação alagada) estariam contribuindo com a degradação dos poluentes presentes nas águas. 6 - Embora as lagoas possam estar colaborando para evitar a poluição do rio Parnaíba, através da autodepuração, isso impossibilitar outros usos (a exemplo da recreação) devido a poluição.
20	Rocha e Barbosa	2022	Urbanização e desastres: ocupação das áreas de riscos em Teresina, Piauí	Município de Teresina com foco nas áreas de risco de inundação próxima aos rios	Os resultados encontrados pelos autores: constata a fragilidade ambiental e a vulnerabilidade social presentes em várias zonas da cidade, principalmente nas planícies fluviais dos rios Parnaíba e Poti, onde se faz necessário um novo reordenamento e disciplinamento do espaço urbano.
21	Alencar e Rocha	2023	Os Riachos Urbanos nos Planos Diretores de Teresina – PI, Entre 2006 e 2021	Sub-bacias hidrográficas de Teresina, em regiões de fundo de vale, as quais contemplam os dois rios (Poti e Parnaíba)	Os autores ressaltam: 1 - A desconconsideração de uma perspectiva ecológica na esfera do planejamento urbano, com relação ao não reconhecimento do sistema de riachos urbanos e da sua relevância para o ecossistema urbano, possibilita a manutenção de modelos de uso e ocupação do solo pouco orientados à produção de espaços sustentáveis e resilientes; 2 - O baixo incentivo à educação ambiental e a contínua degradação dos ecossistemas verdes e azuis, os riachos urbanos e suas faixas marginais tendem a se configurar ainda mais sob o cenário de intensa vulnerabilidade a enchentes, deslizamentos de terra, poluição e consecutiva disseminação de doenças, trazendo impactos socioambientais significativos à população teresinense, principalmente nas épocas de pico do regime pluviométrico.
22	Nunes e Bastos	2023	Ocupação urbana e processos antropo geomorfológicos em Teresina, PI: considerações a partir da abordagem histórica	sub-bacias hidrográficas de Teresina, em regiões de fundo de vale, as quais contemplam os dois rios (Poti e Parnaíba)	Os autores destacam: 1-As alterações nas características geomorfológicas acompanham a história urbana de Teresina desde a sua fundação, considerando que a escolha do terreno se deu justamente pelo relevo plano, além da presença dos rios Parnaíba e Poti, contudo, o terreno não era tão plano como os planejadores pensavam; 2-A existência de riachos, lagoas, morrotes e baixas colinas tanto na área quanto no entorno, fato que contribuiu para a dificuldade da expansão urbana; 3-. Em Teresina as interferências nos aspectos geomorfológicos, tanto com processos deposicionais quanto agradacionais são reflexos da expansão da cidade na construção de infraestruturas urbanas e na ocupação “desordenada” em “vazios urbanos. Tal fato possibilita análises na ordem de caracterização natural e social que inclua indicadores de saneamento básico, planejamento e gestão urbanos, ordenamento territorial e ambiental, tal qual a atuação do poder público como a ausência de fiscalização.

5.4. Considerações Finais

Todas as atividades humanas causam algum tipo de impacto ambiental. A matriz de Leopoldo adaptada permitiu no presente trabalho uma avaliação global das atividades dos aspectos e impactos ambientais e serve como ponto de partida para futuras investigações mais específicas de cada impacto. É importante também ressaltar que nem todo impacto é negativo e muitos observados na matriz foram considerados positivos e devem ser potencializados.

A aplicação das metodologias de avaliação de impacto ambiental, aplicadas no presente estudo, foram capazes de identificar as áreas vulneráveis da bacia, permitindo conhecer o grau de degradação dos cursos hídricos. Os impactos ambientais podem se manifestar através de alterações visuais (macroscópicas) do meio ambiente especialmente na qualidade da água, sendo importante a avaliação específica dos aspectos Macroscópicos e alterações físico-químicas da qualidade da água.

Ficou evidente que as regiões mais impactadas e as que mais comprometem os recursos hídricos, no geral são as que apresentam grande grau de urbanização, em especial as atividades residenciais e comerciais. As atividades rurais, localizadas em áreas urbanas, contribuem também com impactos negativos no rio Parnaíba.

O Meio físico-químico foi o mais afetado pelas atividades na área de estudo sendo a qualidade da água e a geomorfologia do rio os aspectos mais afetados. Assim é urgente o monitoramento constante dos impactos ambientais no rio Parnaíba, envolvendo a população de um modo geral, as universidades e o poder público para que medidas sejam adotadas para garantir a sustentabilidade do rio Parnaíba, um recurso natural crucial para a vida.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, A. K. B.; ROCHA, A. P. Os Riachos Urbanos nos Planos Diretores de Teresina-PI, Entre 2006 e 2021. **Revista FSA**, v. 20, n. 6, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 10004:2004 Resíduos Sólidos: classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 12.235:1992. Armazenamento de resíduos sólidos perigosos. 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 11.174:1990. Armazenamento de resíduos classes II - não inertes e III – inertes. 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 14605:2020. Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis - Sistema de drenagem de oleosa é uma norma da ABNT para Caixa Separadora de Água e Óleo, 2020.

BIZZO, M. R. O.; MENEZES, J. ANDRADE, S.F. Protocolos de Avaliação Rápida de Rios (PAR). **Caderno de Estudos Geoambientais-CADEGEO**, v.04, n.01, p.05-13, 2014.

BRASIL. Lei Nº 6.938 de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.** Disponível em <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1980-1987/lei-6938-31-agosto-1981-366135-normaatualizada-pl.pdf>. Acesso em: 20/06/2023.

BRASIL. Lei dos Crimes Ambientais. Lei nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998. **Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.** Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9605.htm. Acesso em: 20/06/2023.

BRASIL. Lei Federal nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Altera a lei 9.605 de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências.** Brasília, DF. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm Acesso em: 28/06/2023.

BRASIL. Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 25 de maio de 2012. Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm Acesso em: 28/06/2023.

BOBATO, D. S. *et al.* Avaliação do índice de qualidade da água superficial na zona rural e urbana de município no noroeste do Rio Grande do Sul. **Observatório de la economía latinoamericana**, v. 21, n. 9, p. 11859-11879, 2023.

CAMPELO, R. M.; BRAUNA, C. H. C.; SILVA, C. E. . Carga poluidora na microbacia urbana Lagoas do Norte, Teresina, Piauí. In: 30º Encontro Técnico AESabesp - Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente. 30 Feira Nacional de Saneamento e Meio Ambiente, 2019. 30 Feira Nacional de Saneamento e Meio Ambiente. Código 183. 2019.

COSTA, S. S. L. *et al.* Análise da dinâmica do rio Parnaíba no trecho urbano de Teresina-Piauí, no período de 2010 a 2016. In: 27º Simpósio de Geologia do Nordeste. 2017.

COSTA, S. S. L. Estudos ambientais, caracterização sedimentológica e batimetria do trecho urbano do Rio Parnaíba, em Teresina, Piauí, Brasil. **Tese** (Doutorado em Geociências). Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. 2020.

CHAVES, S. V. V.. Impactos pluviais e vulnerabilidade sócioambiental em Teresina, Piauí, Brasil. In: 14º Encuentro de Geógrafos da América Latina, 2013, Lima. **Anales del XIV Encuentro de Geógrafos de América Latina 2013 Perú**, 2013.

CRUZ, F. C.; CRUZ, A. C.; ROSSATO, M. V. Identificação e Avaliação de Impactos Ambientais: um estudo de caso. **REGET – UFSM**. v. 18 n. 2. p.777-791, 2014.

GARCIA, J. M.; LONGO, R. M. Análise de impactos ambientais em Área de Preservação Permanente (APP) como instrumento de gestão em rios urbanos. **Cerrados**, v. 18, n. 1, p. 107-128, 2020.

GOMES, E. P. *et al.* Avaliação da Degradação Hídrica na Bacia Hidrográfica Tocantins Araguaia. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 41, n. 3, p. 503-513, 2018.

GONÇALVES, Italo Saraiva; FERNANDES, R. J. A. R.; LEÃO, J. de C. Análise da evolução temporal dos bancos de areia do rio Parnaíba na zona urbana de Teresina-PI com o uso de imagens de satélite. XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, p. 1, 2017.

Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN. Processo no 1.300-T-89 - proposta de tombamento da Ponte João Luís Ferreira, sobre o Rio Parnaíba, ligando Teresina, no Estado do Piauí, a Timon, no Maranhão. Ata da 58ª Reunião do Conselho Consultivo do Patrimônio Cultural – IPHAN, 11 de setembro de 2008. 2008. Disponível em < http://portal.iphan.gov.br/uploads/atas/2008__03__58a_reuniao_ordinaria__11_de_setembro.pdf >. Acessado em: 29/12/2023.

LA ROVERE, E. L. 2001 **Instrumentos de planejamento e gestão ambiental para a Amazônia, cerrado e pantanal**: demandas e propostas: metodologia de avaliação de impacto ambiental. Brasília: Ed. IBAMA, 2001.

MATOS, K. C.; VELOSO, M. D. A paisagem das águas: a percepção dos usuários como subsídios para a elaboração de diretrizes urbanísticas para as margens dos rios Poti e Parnaíba e seu entorno (Teresina-PI). **Paisagem e Ambiente**, n. 23, p. 222-230, 2007.

MARÇAL, D. A.; SILVA, C. E. Avaliação do impacto do efluente da estação de tratamento de esgoto ETE-Pirajá sobre o Rio Parnaíba, Teresina (PI). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, p. 761-772, 2017.

MEDEIROS, M. J. Avaliação dos aspectos e impactos ambientais do setor cerâmico na bacia do Rio Itaqui, município de Campo Largo e propostas de controle ambiental: Estudo de caso. **Dissertação Mestrado** (Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2012.

MONTEIRO, G. M.; OLIVEIRA, E. R. Propriedades rurais nas margens dos rios Parnaíba e Poti (zona norte de Teresina-PI) e seus reflexos na manutenção da mata ciliar. **Revista Geonorte**, v. 5, n. 20, p. 442-445, 2014.

MORAES, R. C. S. Estimativa de produção e transporte de sedimentos na bacia hidrográfica do rio Parnaíba, nordeste do Brasil. **Revista Equador**, v. 4, n. 4, p. 81-97, 2015.

MOURA, L.A.A. **Qualidade e gestão ambiental**. Belo Horizonte: Editora Del Rey, 2011.

NUNES, H. K. B.; BASTOS, F. B. Ocupação urbana e processos antropogeomorfológicos em Teresina, PI: considerações a partir da abordagem histórica. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 43, p. e198453-e198453, 2023.

NUVOLARI, A. **Dicionário de Saneamento Ambiental**. São Paulo: Oficina de Texto, 2013. OLIVEIRA, F. C.; MOURA, H. J. T. Uso das metodologias de avaliação de impacto ambiental em estudos realizados no Ceará. **Revista Pretexto**, v.10, n.4, p.79-98, 2009.

PAPINI, S. **Vigilância em saúde ambiental**: uma nova área da ecologia. São Paulo: Atheneu Editora, 2009.

PEREIRA JÚNIOR, A. *et al.* Ações antrópicas ocorridas no bairro Maracanã e a avaliação de impactos ambientais em Santarém-PA. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 15, p. e433101523172-e433101523172, 2021.

PIMENTEL, G; PIRES, S. H. Metodologias de Avaliação de Impacto Ambiental: Aplicações e Seus Limites. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, 26 (1): 56-68, jan./mar. 1992.

RIBEIRO, H. Estudo de Impacto Ambiental como Instrumento de Planejamento. p. 759. In: Philippi Jr., A.; ROMERO, M. A.; BRUNA, G. C. **Curso de gestão ambiental**. São Paulo: Manole, 2004. 1045 p.

RIOS, Mariana Barreira Campos. Estudo de Aspectos e Impactos Ambientais nas Obras de Construção do Bairro Ilha Pura-Vila dos Atletas 2016. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

ROCHA, A. I.. Avaliação da qualidade da água no rio Parnaíba na zona urbana de Teresina, PI, usando os métodos IQA clássico e lógica Fuzzy. **Dissertação** (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal do Piauí - UFPI 2016.

ROCHA, J.; BARBOSA, P.. Urbanização e desastres: ocupação das áreas de riscos em Teresina, Piauí. **Revista Geonorte**, v.14, n.44, p.112-126, 2023.

ROSA, A. H.; FRACETO, L. F.; MOSCHINI-CARLOS, V. M. **Meio Ambiente e Sustentabilidade**. Porto Alegre: Bookman, 2012. ISBN 978-85-407-0196-0.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 3 ed., p. 496, 2020.

SANTOS, D. F.; MARINHO, J. Z. S. Em busca da “terra da promessa”: o rio Parnaíba no contexto de fundação de uma nova capital para o Piauí (1852-1858). **Revista Humana Res**, v. 1, n. 4, 2021. ISSN: 2675-3901 p. 89 a 109, 2021.

SANTOS, F. A.; ROCHA, D. S.; SILVA, T. C. F. Avaliação socioambiental no parque ambiental encontro dos rios, em Teresina, Piauí. **Biodiversidade Pampeana**, v. 9, n. 1, 2011.

SEMPPLAN - Secretaria municipal de planejamento de Teresina. Prefeitura Municipal de Teresina – PMT. **Perfil dos Bairros. Olarias**. 2018. A. Disponível em < <http://semplan.teresina.pi.gov.br/wp-content/uploads/sites/39/2018/05/OLARIAS-2018.pdf> >. Acessado em 18/08/2022.

SEMPPLAN - Secretaria municipal de planejamento de Teresina. Prefeitura Municipal de Teresina – PMT. **Perfil dos Bairros. Poty Velho**. 2018. B. Disponível em < <http://semplan.teresina.pi.gov.br/wp-content/uploads/sites/39/2018/06/POTI-VELHO-2018.pdf> >. Acessado em 18/08/2022.

SILVA, F. C. P. *et al.* Percepção ambiental do complexo de comércios, troca-troca e shopping da cidade, sobre a degradação do rio Parnaíba em Teresina-PI. In: IX Congresso Brasileiro de

Gestão Ambiental. Anais ... São Bernardo do Campo – SP. IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. 2018. Disponível em < <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2018/XI-031.pdf> >. Acessado em 20/01/2023.

SILVA, T. F. S.; RIBEIRO FILHO, F. G.; SCABELLO, A. L. M. Impactos ambientais ocasionados pelos resíduos líquidos industriais e domésticos no rio Parnaíba: sob a ótica da população do bairro areias em Teresina-PI. **Geografia em Questão**, v. 10, n. 1. 2017.

SILVA FILHO, Antonio Amorim *et al.* Conscientização ambiental dos Lavadores de veículos na Av. Maranhão, as margens do rio Parnaíba, Teresina-Piauí. In: VII CONNEPI-Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação. 2012.

SILVA JÚNIOR, I. B. Ponte metálica João Luis Ferreira. Coordenação de Patrimônio Cultural do Estado do Piauí. Coordenação de Registro e Conservação – CRC/SECULT. 2021. Disponível em < <https://crcfundaciapiaui.wordpress.com/2021/02/10/ponte-metalica-joao-luis-ferreira/> >. Acessado em: 29/12/2023.

SILVA JÚNIOR, J. H. S.; *et al.* Avaliação das atividades dos lavadores de carro nas margens do rio Parnaíba em Teresina-PI, como fator de poluição. In: V Jornada Científica da Faculdade Novafapi, 2010, Teresina. V Jornada Científica da Faculdade Novafapi, 2010.

SMITH, W. S.; SILVA, F. L.; BIAGIONI, R. Desassoreamento de rios: quando o poder público ignora causas, a biodiversidade e a ciência. **Ambiente e Sociedade**. v.22, e.00571, São Paulo, 2019.

SOARES, R. D. B.; CRUZ, R. W. L.; SILVA, C. E. A influência da precipitação na variabilidade da qualidade da água do rio Parnaíba. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 9, p. 16645-16674, 2019.

SOUSA, F. W. A.; SANTOS, E. O.; REIS, E. B. Análise da dinâmica dos bancos de areia no Rio Parnaíba com a utilização do Google Earth. I Simpósio Regional de Geoprocessamento – SIGEO. 2018.

SOUSA, N. D. C. *et al.* Impactos ambientais causados após a implantação do programa Lagoas do Norte, Teresina - PI. In: V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Belo Horizonte – MG. 2014.

SOUZA, R. De Oxum para Iemanjá": trajetórias de filhos e filhas de santo em Teresina, no século XX. **Anais dos Simpósios da ABHR**, [S. l.], v. 13, 2012. Disponível em: <https://revistaplura.emnuvens.com.br/anais/article/view/575>. Acesso em: 14/10/2023.

TELES, R. R.; SANTOS, J. C.; PINHEIRO, E. C. N. M. A importância da preservação de matas ciliares: The importance of preserving riparian forests. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 11, p. 75348-75360, 2022.

VIEIRA, C. I. P.; VIANA, B. A. S. Áreas de extração mineral para construção civil em Teresina-PI: aspectos físicos e seus impactos socioambientais. **Revista Equador**, v. 5, n. 3, p. 99-119, 2016.

6 ARTIGO V - AVALIAÇÃO MACROSCÓPICA DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NO RIO PARNAÍBA, EM DIVERSOS PONTOS NA ÁREA URBANA DE TERESINA-PIAUÍ

6 ARTICLE V - MACROSCOPIC EVALUATION OF ENVIRONMENTAL IMPACTS ON THE PARNAÍBA RIVER, AT VARIOUS POINTS IN THE URBAN AREA OF TERESINA-PIAUÍ

Jorge Henrique e Silva Júnior*

Fabio de Oliveira Matos**

RESUMO

Na avaliação dos aspectos e impactos ambientais tem sido utilizado, além de várias metodologias mais específicas, a avaliação macroscópica, que é um Protocolo de Avaliação Rápida (PAR), realizada através de observações visuais *in loco*. O presente estudo tem como objetivo avaliar os Impactos Ambientais (AIA) no Rio Parnaíba, através da Análise Macroscópica (aspectos visuais). A área de estudo está localizada em Teresina, no estado do Piauí, Brasil, às margens do Rio Parnaíba, no perímetro urbano, entre o Centro Administrativo de Teresina, e o Parque Ambiental “Encontro dos Rios”. O trecho selecionado para o estudo, que corresponde ao Médio Parnaíba/Poti, possui diversas atividades (urbanas e rurais) bem como estruturas, desde galerias para drenagem da água da chuva, uma estação de tratamento de água para abastecimento, hortas comunitárias, estruturas residenciais e comerciais. Estas atividades podem estar causando impacto sobre o rio de forma difusa e/ou pontual. Foram selecionados 11 pontos para o estudo. Como resultado foi observado que os parâmetros macroscópicos variam ao longo do ano, e que os pontos apresentam diferentes impactos ambientais e “graus de conservação”, sendo que o ponto 4 apresenta-se mais fortemente impactado.

Palavras-chave: Macroscópica. Impactos Ambientais. Mata ciliar. Rio Parnaíba.

ABSTRACT

In the assessment of environmental aspects and impacts, in addition to several more specific methodologies, macroscopic assessment has been used, which is a Rapid Assessment Protocol (PAR), carried out through visual observations on site. The present study aims to evaluate the

* Aluno do programa de Doutorado em Geografia da UFC, Professor do IFPI.

** Professor do programa de Doutorado em Geografia da UFC, Professor do UFC.

Environmental Impact Assessment (EIA) on the Parnaíba River, through Macroscopic Analysis (visual aspects). The study area is located in Teresina, in the state of Piauí, Brazil, on the banks of the Parnaíba River, in the urban perimeter, between the Administrative Center of Teresina, and the Environmental Park “Encontro dos Rios”. The stretch selected for the study, which corresponds to the Middle Parnaíba/Poti, has several activities (urban and rural) as well as structures, from galleries for rainwater drainage, a water treatment plant for supply, community gardens, residential structures and commercial. These activities may be causing a diffuse and/or specific impact on the river. 11 points were selected for the study. As a result, it was observed that the macroscopic parameters vary throughout the year, and that the points present different environmental impacts and “degrees of conservation”, with point 4 being the most heavily impacted.

Keywords: Macroscopic. Environmental impacts. Riparian forest. Parnaíba River.

6.1. Introdução

Na avaliação dos aspectos e impactos ambientais tem sido utilizado, além de várias metodologias mais específicas, a avaliação macroscópica, que é um Protocolo de Avaliação Rápida (PAR), realizada através de observações visuais *in loco*.

Os Protocolos de Avaliação Rápida de Rios (PAR), são ferramentas de análise qualitativa, que podem ser usadas em rios e outros ecossistemas, utilizando *Check-list* (avaliam determinados parâmetros e permitem obter uma pontuação do estado de conservação em que os rios se encontram). Podem ser adaptados para estudar ecossistema fluvial com diferentes tipos de vegetação, clima, solo e relevo. Os protocolos de avaliação rápida (PARs), avaliam qualitativamente os cursos d’água realizando uma análise macroscópica integrada (Callisto *et al.*, 2002; Bizzo; Menezes; Andrade, 2014; Gomes, 2015; Machado, 2019).

Têm sido discutidos e avaliados em vários estudos, os problemas ambientais existentes nos recursos hídricos, através da avaliação macroscópica, que pode ser aplicada em rios e nascentes a qual traz uma visão importante da situação de degradação ambiental dos recursos hídricos (Gomes, Melo, Vale, 2005; Gomes, 2015; Rezende; Luca, 2017; Pedroso; Colesanti, 2018; Silva *et al.*, 2019). De acordo com esses estudos são vários os parâmetros utilizados na avaliação macroscópica.

Gomes, Melo, Vale (2005), utilizaram 13 parâmetros na avaliação macroscópica de impactos ambientais aplicada em 16 nascentes, atribuindo valores para quantificação de tais

parâmetros. Uma metodologia similar foi utilizada por Silva, *et al* (2019) e Gomes (2015), com algumas adaptações.

A utilização dos parâmetros na avaliação macroscópica dos aspectos e impactos ambientais em rios e nascentes, requer a pontuação dos parâmetros, sempre comparando os parâmetros do ambiente em estudo com os parâmetros do ambiente preservado: “Para cada parâmetro avaliado atribuiu-se uma nota representativa indicando a condição ambiental do trecho em análise de acordo com o seu grau de integridade em que, notas maiores deram-se aos ambientes preservados e menores aos ambientes com níveis significativos de degradação.” (Silva *et al*, 2019).

Os estudos sobre os impactos ambientais nos rios causados pelas atividades antrópicas, representam uma preocupação com a conservação destes recursos hídricos, principalmente nos casos dos rios urbanos, que podem apresentar degradação em suas APP (Área de Preservação Permanente).

A APP, estabelecida pela Lei Federal nº12.651/2012 (Novo Código Florestal), é definida (Art 3º, II), como área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, e tem como função ambiental, preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas; tem como função (Brasil, 2012).

O código florestal traz os limites das áreas de preservação permanente, em zonas rurais ou urbanas (Art4º, I) nas faixas marginais de qualquer curso d’água natural, perene e intermitente, variando em função da largura do rio, sendo 30 metros, para os cursos d’água de menos de 10 metros de largura; 50 metros, para os cursos d’água que tenham de 10 a 50 metros de largura; 100 metros, para os cursos d’água que tenham de 50 a 200 metros de largura; 200 metros, para os cursos d’água que tenham de 200 a 600 metros de largura; e 500 metros, para os cursos d’água que tenham largura superior a 600 metros (Brasil, 2012).

Neste contexto o presente estudo teve como objetivos realizar Avaliação dos Impactos Ambientais no Rio Parnaíba, através da Análise Macroscópica (aspectos visuais).

6.2. Metodologia

6.2.1. Área de Estudo

A área de estudo está localizada em Teresina, capital do estado do Piauí, Brasil, às margens do Rio Parnaíba, no perímetro urbano, entre o Centro Administrativo de Teresina Av.

Maranhão e o Parque Ambiental Encontro dos Rios, Av. Boa Esperança e Rua Firmino Filho.

O trecho selecionado para o estudo, possui diversas atividades (urbanas e rurais) bem como estruturas, desde galerias para drenagem da água da chuva, uma estação de tratamento de água para abastecimento, hortas comunitárias, estruturas residenciais e comerciais. Foram selecionados 11 pontos para o estudo (Quadro 12):

Quadro 12 – Descrição dos pontos no Rio Parnaíba selecionados para o estudo

PONTO	DESCRIÇÃO
P1	Após o Centro Administrativo de Teresina (CAT): a jusante (depois) do CAT está localizado na Av. Maranhão. O ponto encontra-se na margem do rio, a montante (antes) do primeiro trecho de lavadores de carro.
P2	Após Lavadores de carro, na Av. Maranhão: a jusante (depois) do primeiro trecho de lavadores de carro.
P3	Galeria: localizada logo após a interseção entre Av. Maranhão e a Av. Joaquim Ribeiro, onde possui uma galeria da água pluviais
P4	“Troca-troca”: Localizado próximo aos comércios “Troca-troca” e nas proximidades do “Shopping da Cidade”.
P5	Ponte Metálica: Localizado à montante (antes) da área dos lavadores de carro, próximo a “Ponte Metálica” que liga a cidade de Teresina a cidade de Timon no Estado do Maranhão.
P6	Iate Clube: Localizado nas proximidades de um clube – “o Iate Clube de Teresina”
P7	Bar dos Pescadores: Bar dos pescadores, à montante (antes) da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE - Pirajá), localizado em um bairro de Teresina – O bairro Pirajá.
P8	Após a Estação de Tratamento de Esgoto: a jusante (depois) da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE - Pirajá).
P9	Antes do Lagoas do Norte: Localizado na Av. Boa Esperança, à montante (antes) do parque ambiental “Lagoas do Norte”.
P10	Depois do Lagoas do Norte: Localizado na Av. Boa Esperança, a jusante (depois) do parque ambiental “Lagoas do Norte” próximo a um setor com atividades agrícolas (currais, hortas comunitárias etc.).
P11	“Encontro dos Rios”: Localizado na Av. Boa Esperança, dentro do parque ambiental “Encontro dos rios

Fonte: Autoria própria (2024).

6.2.2. Coleta de campo

A coleta de dados (parâmetros macroscópicos) foi realizada durante um ano (outubro de 2021 à outubro de 2022) mensalmente, em dois períodos: o período de chuvas (dezembro, janeiro, fevereiro, março) e o período de seca (agosto, setembro, outubro). Foram realizadas visitas aos locais de pesquisa utilizando, quando necessário, veículos terrestres ou aquáticos.

A metodologia da Avaliação Macroscópica consiste na avaliação de parâmetros (Quadro 13), com atribuição de pontos, sempre comparando os parâmetros do ambiente em estudo com os parâmetros do ambiente preservado (Quadro 14), utilizados para o cálculo da avaliação macroscópica, que serão somados e classificados, revelando o “Grau de Conservação” dos pontos (Quadro 15). Os dados de coleta do campo coletados, mês a mês, foram organizadas para discussão do valor médio anual para cada parâmetro e para o grau de conservação.

Quadro 13 – Descrição dos parâmetros ambientais à serem avaliados

ITEM	DESCRIÇÃO
Cor da água	Utilizando recipiente transparente para coleta e verificação da cor
Odor na água	Com o uso de recipiente para a coleta e verificação do odor
Lixo ao redor	Presença de lixo no local e caracterização mesmos
Matérias flutuantes	Presença de objetos na superfície
Espumas	Presença na superfície da água
Óleos	Presença na superfície da água
Esgotos	Presença de emissário e sua distância do rio.
Vegetação	Caracterização da vegetação próxima ao rio
Uso por animais	Evidência de uso por animais
Uso antrópico	Uso antrópico, evidência de utilização do rio por humanos (bombas de sucção, irrigação etc.).
Residências	Quantificação aproximada da distância do rio até as residências ou outros estabelecimentos.
Tipo de áreas de inserção	Se o ponto do rio está localizado em área que visa à preservação ambiental
Áreas de cultivo	Se a presença de áreas cultivo próximo

Fonte: Adaptado de Gomes, Melo, Vale (2005) e Gomes (2015).

Quadro 14 – Pontuação atribuídas aos parâmetros utilizados para o cálculo da avaliação macroscópica

ITEM	NOTA ATRIBUÍDA		
	1	2	3
Cor da água	Escura	Clara	Transparente
Odor na água	Forte	Fraco	Ausente
Lixo ao redor	Muito	Pouco	Ausente
Matérias flutuantes	Muito	Pouco	Ausente
Espumas	Muito	Pouco	Ausente
Óleos	Muito	Pouco	Ausente
Esgotos	Esg. Doméstico	Fluxo superficial	Ausente
Vegetação	Ausente	Pouco	Muito
Uso por animais	Presença	Apenas marcas	Ausente
Uso antrópico	Presença	Apenas marcas	Ausente
Residências	< 50m	Entre 50 e 100m	>100
Área de inserção	Ausente	Propriedades privadas	Áreas Protegidas ou Parque
Áreas de cultivo	Presença	Apenas marcas	Ausente

Fonte: Adaptado de Gomes, Melo, Vale (2005) e Gomes (2015).

Quadro 15 – Classificação quanto ao grau de preservação a partir do somatório dos parâmetros

CLASSE	Classificação “Grau de Conservação”	PONTUAÇÃO*	COR / LEGENDA
A	Ótimo	De 37 a 39 pts.	Azul
B	Bom	De 34 a 36 pts.	Verde
C	Razoável	De 31 a 33 pts.	Amarelo
D	Ruim	De 28 a 30 pts.	Laranja
E	Péssimo	Abaixo de 28 pts.	Vermelho

Fonte: Adaptado de Gomes, Melo, Vale (2005) e Gomes (2015).

6.2.3. Análise Anual dos Dados Macroscópicos

Os dados coletados mês a mês foram organizados e transferidos para elaboração dos quadros anuais de cada parâmetro, onde foram feitas as médias dos valores. Estes quadros permitiram observar e avaliar a evolução de cada parâmetro ao longo de um ano.

Para avaliar a média dos valores dos parâmetros ao longo do ano e classificar os parâmetros em cada ponto, foi elaborado o quadro “Comportamento do Parâmetro” (Quadro 16), adaptando a metodologia aplicada em nascentes, de Gomes, Melo, Vale (2005) e Gomes

(2015) para pontos nos rios, e aplicando a lógica da Regra de Sturges para determinação dos intervalos de classificação (FALCO, 2008).

Regra de Sturges

Amplitude total (AT) = 3-1 = 2

Nº de classes (K) = 5 (mantendo a metodologia original)

Amplitude de cada classe (h) $\Rightarrow h = AT/K \Rightarrow h = 2/5 = h = 0,4$

Quadro 16 – Classificação do “Comportamento do Parâmetro” com base na média anual dos valores

CLASSE	Classificação Parâmetro	PONTUAÇÃO*	COR / LEGENDA
A	Ótimo	De 2,60 a 3 pts.	Azul
B	Bom	De 2,20 a 2,59 pts.	Verde
C	Razoável	De 1,80 a 2,19 pts.	Amarelo
D	Ruim	De 1,40 a 1,79 pts.	Laranja
E	Péssimo	De 1,00 a 1,39	Vermelho

Fonte: Autoria própria (2024).

Foram utilizados gráficos de “área empilhada”, para mostrar o relacionamento de partes (ponto) com um todo (trecho do rio), ao longo do tempo (1 ano), além de realçar a magnitude das alterações e a tendência (de queda ou recuperação). Tanto o quadro anual, quanto os gráficos servem para identificar se as alterações foram devido às condições climáticas ou de atividades antrópicas.

Foi feito também um “Quadro Global de Cores”, a partir dos quadros anuais de cada parâmetro, para indicar quais parâmetros estão bons e quais precisam ser melhorados/recuperados nos respectivos pontos.

6.3. Resultados e Discussões

Os resultados estão apresentados e discutidos nos tópicos: “6.3.1 - Avaliação Macroscópica (AM)”;

“6.3.2 - Grau de Conservação”;

“6.3.3 - Quadro Global de Cores”;

6.3.1. Avaliação Macroscópica (AM)

Na Avaliação Macroscópica (AM)” cada parâmetro macroscópico e seus respectivos valores atribuídos (variando de 1 a 3) estão apresentados e discutidos individualmente, mês a mês, na forma de quadros anuais, fotos e gráficos. Em seguida foi feita a análise e classificação do “Comportamento do Parâmetro”, em cada ponto, utilizando a média dos valores (linhas horizontais) dos parâmetros, em cada ponto, ao longo do ano, atribuindo uma cor qualitativa para representar o estado de conservação daquele parâmetro ao longo do ano (variando de ótimo, bom, regular, ruim e péssimo).

6.3.1.1. Cor da água

A cor da água fornece informações sobre impactos ambientais causados por esgotos domésticos; resíduos industriais, excesso de matéria orgânica na água, além partículas de rocha argila e silte (Von Sperling, 2014).

Nos pontos estudados o valor 1 foi atribuído para a “água esverdeada” (excesso de matéria orgânica) e para “água muito escura” (excesso de sólidos totais dissolvidos); o valor 2 foi atribuído para “águas cinza” ou “turva” e o valor 3 para as águas transparentes (Figura 30).

Figura 53 – Cor da água do rio: valor 1 esverdeada (A), escura (B); valor 2 cinza (C); valor 3 e transparente (D)



Fonte: Autoria Própria (2024).

Os dados obtidos do parâmetro “Cor da água” (Quadro 17), mostram que a maioria dos pontos apresentou, ao longo do ano, classificação entre “Bom” e “Razoável” pela análise da coloração aparente da água, na maior parte do ano. Os locais que tiveram menor pontuação e apresentaram águas mais escuras/esverdeadas ao longo do ano, foram os pontos 3, 8 e 11, sendo a pior coloração no ponto 8, onde a água encontrava-se esverdeada, provavelmente devido à emissão dos efluentes da ETE, seguido dos pontos 3 (Galeria) e 11 (Encontro dos rios);

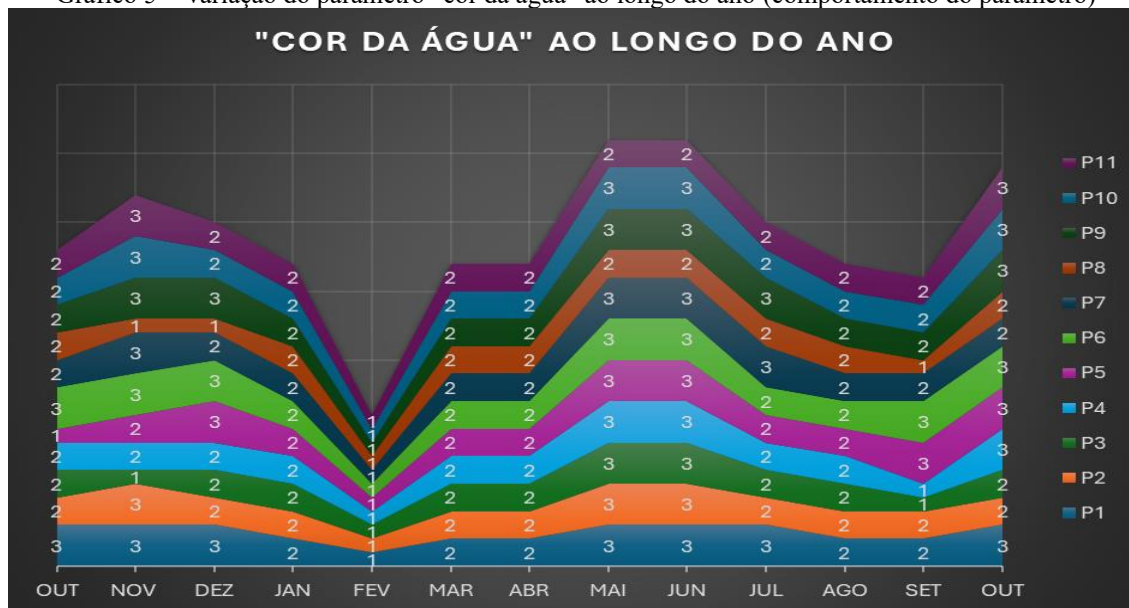
Quadro 17 – Valores relativos ao parâmetro “coloração da água” mês a mês nos pontos e média anual

Ponto de Coleta	OUT.	NOV.	DEZ.	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAL.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	MÉDIA ANUAL	Grau de Conservação
P1	3	3	3	2	1	2	2	3	3	3	2	2	3	2,46	Bom
P2	2	3	2	2	1	2	2	3	3	2	2	2	2	2,15	Razoável
P3	2	1	2	2	1	2	2	3	3	2	2	1	2	1,92	Razoável
P4	2	2	2	2	1	2	2	3	3	2	2	1	3	2,08	Razoável
P5	1	2	3	2	1	2	2	3	3	2	2	3	3	2,23	Bom
P6	3	3	3	2	1	2	2	3	3	2	2	3	3	2,46	Bom
P7	2	3	2	2	1	2	2	3	3	3	2	2	2	2,23	Bom
P8	2	1	1	2	1	2	2	2	2	2	2	1	2	1,69	Ruim
P9	2	3	3	2	1	2	2	3	3	3	2	2	3	2,38	Bom
P10	2	3	2	2	1	2	2	3	3	2	2	2	3	2,23	Bom
P11	2	3	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	3	2,08	Razoável
T	2,09	2,45	2,27	2,00	1,00	2,00	2,00	2,82	2,82	2,27	2,00	1,91	2,64	2,09	Razoável

Fonte: Autoria própria (2024).

Com relação ao comportamento do parâmetro, “cor da água”, a partir da média anual (Gráfico 5) observou-se que nos meses de janeiro a abril, que são meses de chuvas intensas, houve uma queda nos valores da cor em todos os pontos, devido a água do rio ficar “barrenta” (com bastante sedimentos), principalmente em fevereiro. Isto indica que a condição climática influencia muito na análise desse parâmetro, e que devem ser observados a questão do período que foi feita a análise, além das alterações antrópicas.

Gráfico 5 – Variação do parâmetro “cor da água” ao longo do ano (comportamento do parâmetro)



Fonte: Autoria própria (2024).

6.3.1.2. Odor na água

O parâmetro “Odor na água” está ligado à diversos fatores ambientais/naturais, tais como a Geosmina (Substância produzida por bactérias que traz um cheiro de terra molhada), e excesso de matéria orgânica, lixo e esgoto sem tratamento, que podem liberar diversas substâncias na água, tais como a amônia, que geram cheiro forte (CETESBE, 2018; Grisi, 2007). Os odores desagradáveis em águas naturais são geralmente causados pela decomposição de matéria orgânica, eutrofização e presença de substâncias como fenóis (CETESBE, 2018).

Nos pontos estudados foram coletadas amostras de água, nas quais analisou-se o odor, sendo atribuído o valor 1 à “odores fortes”; valor 2 à “odores fracos”; valor 3 “sem odor”.

Os dados obtidos do parâmetro “Odor da água” (Quadro 18), apresentou-se entre “Ótimo” e “Razoável” na maioria os pontos. Trata-se de um dos parâmetros mais relevantes para detectar alterações adversas na água do rio causada por fontes poluidoras. Os locais que tiveram atribuição de menor pontuação, apresentaram águas de odor mais forte ao longo do ano (pontos 3, 4, e 8) novamente com pior pontuação os pontos 8 (após a ETE) seguido do ponto 3

(Galeria) e 4 (troca-troca), onde em algumas épocas do ano, o odor era perceptivo no ambiente e não apenas na amostra de água coletada.

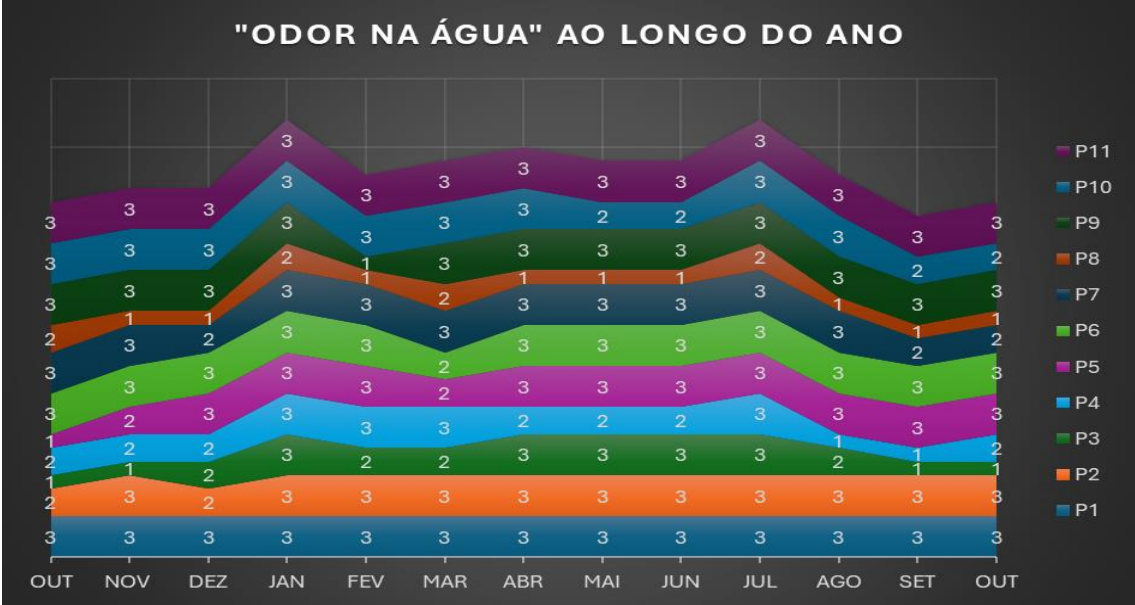
Quadro 18 – Valores relativos ao parâmetro “Odor da água” mês a mês nos pontos e média anual

Ponto de Coleta	OUT.	NOV.	DEZ.	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	MÉDIA ANUAL	Grau de Conservação
P1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3,00	Ótimo
P2	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2,85	Ótimo
P3	1	1	2	3	2	2	3	3	3	3	2	1	1	2,08	Razoável
P4	2	2	2	3	3	3	2	2	2	3	1	1	2	2,15	Razoável
P5	1	2	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2,69	Ótimo
P6	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2,92	Ótimo
P7	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2,77	Ótimo
P8	2	1	1	2	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1,31	Péssimo
P9	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	2,85	Ótimo
P10	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3	2	2	2,69	Ótimo
P11	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3,00	Ótimo
T	2,36	2,45	2,45	2,91	2,55	2,64	2,73	2,64	2,64	2,91	2,55	2,27	2,36	2,55	Bom

Fonte: Autoria própria (2024).

Com relação ao comportamento do parâmetro, “odor da água”, a partir da média anual (Gráfico 6), observou-se que na maioria dos pontos apresentou pontuação “Ótimo” com a ausência de odores nos pontos ao longo do ano, sendo que nos meses de agosto setembro e outubro apresentaram uma leve queda em virtude do período de “seca do rio”.

Gráfico 6 – Variação do parâmetro “odor da água” ao longo do ano (comportamento do parâmetro)



Fonte: Autoria própria (2024).

6.3.1.3. Lixo ao redor

O parâmetro “Lixo ao Redor” está ligado ao descarte/disposição irregular de Resíduos Sólidos produzidos pelas atividades humanas domésticas, comerciais e agrícolas realizadas às margens do rio Parnaíba.

Nos pontos estudados foram observados depósitos irregulares de lixo sendo identificado a quantidade e tipo de lixo, e atribuído o valor 1 “Muito” para depósitos com grandes volumes ou com resíduos perigosos; valor 2 “pouco” para pequenos depósitos sem resíduos perigosos; à; valor 3 “Ausente” para locais sem resíduos sólidos (Figura 54).

Figura 54 – Diferentes volumes e tipos de resíduos, valor 3 “ausente”; valor 2 “pouco” (A1 e A2); Valor 1 “muito” (B1 e B2); nos diversos pontos ao longo do Rio Parnaíba



Fonte: Autoria Própria (2024).

A presença de lixo no entorno do rio, nos pontos de coleta, resulta de atividades antrópicas realizadas nas suas margens e representa risco de poluição da água, sendo os pontos com menor pontuação, os que possuem maior risco de poluição (Quadro 19). Os pontos que tiveram piores resultados foram o ponto 4 (Troca-troca), local de intenso fluxo de pessoas e atividade comercial; e o ponto 3 (Galeria) próximos à galeria, no cruzamento das avenidas “Maranhão” e “Joaquim Ribeiro”, devido a vários depósitos irregulares nas proximidades que são lixiviados pelo sistema de drenagem pluvial, os demais possuíam valores.

Quadro 19 – Valores relativos ao parâmetro “Lixo ao redor” mês a mês nos pontos e média anual

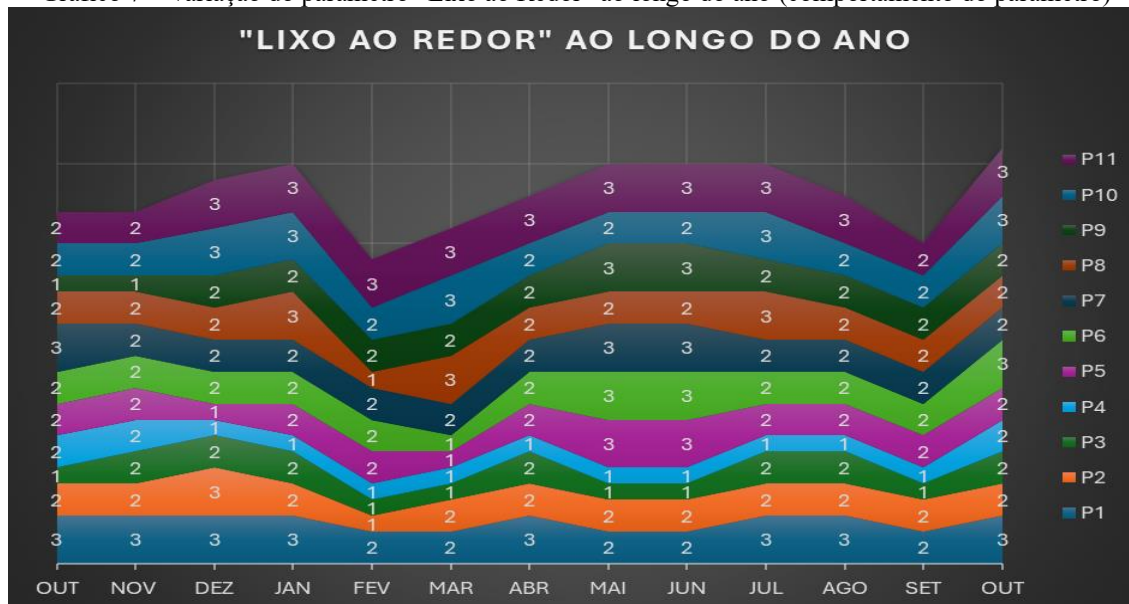
Ponto de Coleta	OUT.	NOV.	DEZ.	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAL.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	MÉDIA ANUAL	Grau de Conservação
P1	3	3	3	3	2	2	3	2	2	3	3	2	3	2,62	Ótimo
P2	2	2	3	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2,00	Razoável
P3	1	2	2	2	1	1	2	1	1	2	2	1	2	1,54	Ruim
P4	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1,23	Péssimo
P5	2	2	1	2	2	1	2	3	3	2	2	2	2	2,00	Razoável
P6	2	2	2	2	2	1	2	3	3	2	2	2	3	2,15	Razoável
P7	3	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2,23	Bom
P8	2	2	2	3	1	3	2	2	2	3	2	2	2	2,15	Razoável
P9	1	1	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2,00	Razoável
P10	2	2	3	3	2	3	2	2	2	3	2	2	3	2,38	Bom
P11	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2,77	Ótimo
T	2,00	2,00	2,18	2,27	1,73	1,91	2,09	2,27	2,27	2,27	2,09	1,82	2,36	2,10	Razoável

Fonte: Autoria própria (2024).

Com relação à classificação do comportamento do parâmetro, “lixo ao redor”, a partir da média anual (Gráfico 7), observou-se que a maioria dos pontos apresentou pontuação “Razoável” ao longo do ano, sendo que apresentaram uma queda (piora ou acúmulo de mais resíduos) nos meses de fevereiro, período de “cheia do rio”, em decorrência das chuvas que

carregam os resíduos sólidos urbanos para as margens; e setembro, período de “seca do rio”, período que aumenta atividades antrópicas (banho, passeio, comércio, etc.).

Gráfico 7 – Variação do parâmetro “Lixo ao Redor” ao longo do ano (comportamento do parâmetro)



Fonte: Autoria própria (2024).

O descarte inadequado de resíduos sólidos é um dos fatores que contribuem para impactar negativamente o rio Parnaíba representando um risco não só ao meio ambiente, mas também para a saúde pública. O descarte inadequado de resíduos sólidos é proibido desde 1981 pela Política Nacional de Meio Ambiente (Lei Federal 6.938/1981), em 1998 pela Lei de Crimes Ambientais (Lei Federal nº 9.605/1998), e recentemente, em 2010 pela Política Nacional dos Resíduos Sólidos (Lei Federal 12.305/2010) (Brasil, 1981; Brasil 1998, Brasil, 2010).

6.3.1.4. *Materiais Flutuantes*

O parâmetro “Materiais Flutuantes” está relacionado aos materiais visualizados sobre a superfície da água, nos pontos observados, ou seja, aos materiais que não afundam, podendo ser orgânicos ou inorgânicos, tais como galhos folhas, sacos plásticos, embalagens plásticas, isopores entre outros. São considerados também materiais flutuantes grupos/aglomerados de plantas aquáticas.

Para os materiais flutuantes foi atribuído o valor 1 “Muito”, para os locais com vários grupos ou grandes grupos de materiais flutuantes (plásticos, folhas, sacolas); valor 2 “Pouco” para os locais com pequenos grupos de materiais flutuantes; valor 3 “Ausente” para locais com ausência desses materiais (Figura 55).

Figura 55 – Materiais flutuantes sobre o rio, valor 3 “ausente”; valor 2 “pouco” (A); Valor 1 “muito” (B)
(A1) (A2) (B1) (B2)



Fonte: Autoria própria (2024).

Na legislação ambiental, a Resolução Conama nº357/2005 I, determina que os materiais flutuantes, inclusive blocos de espumas não naturais, devem estar virtualmente ausentes nas águas de Classe I, II, III e IV (Seção II, artigos 14 ao 17) (Brasil, 2005).

Os dados obtidos do parâmetro “materiais flutuantes” (Quadro 20), mostram que, ao longo do ano, a maioria dos pontos apresentou classificação “Razoável”, com vários pequenos grupos de materiais flutuantes, de composição tanto orgânica quanto inorgânica. O local que teve menor pontuação, P03 (Galeria) apresentou grandes grupos de materiais flutuantes, praticamente durante o ano todo, com a presença de materiais inorgânicos (plástico, isopor, etc.).

Quadro 20 – Valores relativos ao parâmetro “Materiais Flutuantes” mês a mês nos pontos e média anual

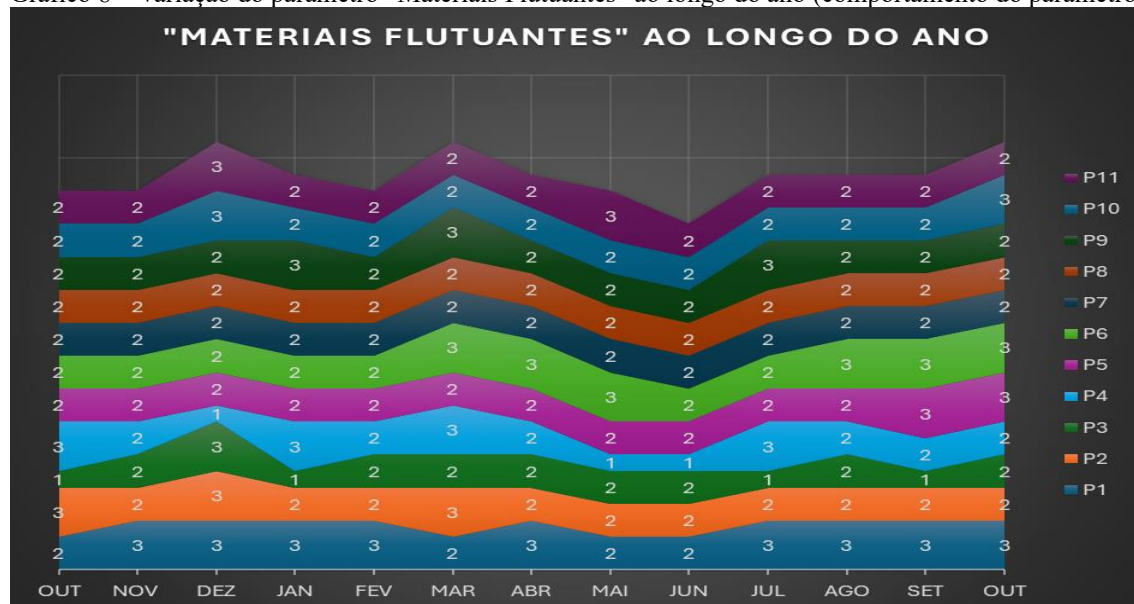
Ponto de Coleta	OUT.	NOV.	DEZ.	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAL.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	MÉDIA ANUAL	Grau de Conservação
P1	2	3	3	3	3	2	3	2	2	3	3	3	3	2,69	Ótimo
P2	3	2	3	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2,23	Bom
P3	1	2	3	1	2	2	2	2	2	1	2	1	2	1,77	Ruim
P4	3	2	1	3	2	3	2	1	1	3	2	2	2	2,08	Razoável
P5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2,15	Razoável
P6	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	3	3	3	2,46	Bom
P7	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2,00	Razoável
P8	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2,00	Razoável
P9	2	2	2	3	2	3	2	2	2	3	2	2	2	2,23	Bom
P10	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2,15	Razoável
P11	2	2	3	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2,15	Razoável
T	2,09	2,09	2,36	2,18	2,09	2,36	2,18	2,09	1,91	2,18	2,18	2,18	2,36	2,17	Razoável

Fonte: Autoria própria (2024).

Os materiais flutuantes (Galhos, isopores, plásticos, cordas, etc.) podem se tornar um problema ambiental de larga escala, pois podem se acumular podendo chegar a toneladas de materiais flutuantes, formar barreiras e prejudicando a vazão do rio, a navegabilidade, a turbidez da água e os sistemas de coleta e/ou tratamento de água. Em algumas regiões do país são utilizadas as clássicas “barreiras flutuantes”, para controle de materiais e sedimentos de atividades de mineração e mais recentemente as barreiras ecológicas, para a coleta de resíduos sólidos (IPT, 2008; Oliveira, *et al*, 2018; Levighni, 2020; Schafascherk, 2020).

Com relação à classificação do comportamento do parâmetro, “materiais flutuantes”, a partir da média anual (Gráfico 8), observou-se que há uma variação positiva (menos materiais flutuantes) com picos nos meses de dezembro, março e outubro, mas sem uma causa específica associada.

Gráfico 8 – Variação do parâmetro “Materiais Flutuantes” ao longo do ano (comportamento do parâmetro)



Fonte: Autoria própria (2024).

6.3.1.5. Espumas

O parâmetro “Espumas” está ligado às espumas não-naturais (artificiais) e persistentes (que demoram a se desfazer) produzidos pelas atividades humanas domésticas, comerciais e esgotos despejados às margens do rio Parnaíba.

Nos pontos estudados foram observados diversos tipos de espumas, sendo atribuído o valor 1 “Muito” para grandes volumes de espumas não naturais; valor 2 “pouco” para pequenos volumes de não naturais; valor 3 “Ausente” para locais com ausência de espuma ou pequenas espumas naturais (formadas naturalmente pela correnteza) (Figura 56).

Figura 56 – Espuma nos diversos pontos ao longo do Rio Parnaíba valor 3 “ausente”; valor 2 “pouco” (A1 e A2); valor 1 “muito” (B1 e B2)



Fonte: Autoria própria (2024).

Os dados obtidos do parâmetro “Espumas” (Quadro 21), mostram que a maioria dos pontos apresentou, ao longo do ano, classificação “Ótimo” e “Bom”. Isto indica que apesar do rio receber carga de esgotos com sabão, a espuma formada, ainda não representa um risco imediato para o ecossistema e a qualidade da água do rio. No entanto a presença de sabão ainda pode causar eutrofização no rio. O local que teve menor pontuação, P08 (após a ETE), apresentou grandes volumes de espumas não naturais ao longo do ano.

Quadro 21 – Valores relativos ao parâmetro “Espumas” mês a mês nos pontos e média anual

Ponto de Coleta	OUT.	NOV.	DEZ.	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAL.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	MÉDIA ANUAL	Grau de Conservação
P1	2	2	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2,77	Ótimo
P2	3	2	3	3	3	3	2	2	2	3	2	3	3	2,62	Ótimo
P3	2	2	2	2	3	2	2	1	1	2	2	1	2	1,85	Razoável
P4	3	2	3	2	3	2	2	1	1	2	2	2	2	2,08	Razoável
P5	3	3	2	2	1	2	3	3	3	2	3	2	2	2,38	Bom
P6	3	3	2	2	1	2	3	3	3	2	3	3	3	2,54	Bom
P7	3	3	2	2	2	2	3	3	3	2	3	2	2	2,46	Bom
P8	3	1	1	2	1	2	1	1	1	2	1	1	2	1,46	Ruim
P9	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	3	2	2	2,31	Bom
P10	2	2	2	3	2	3	3	1	1	3	3	2	3	2,31	Bom
P11	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2,85	Ótimo
T	2,64	2,27	2,27	2,36	2,18	2,27	2,55	2,18	2,18	2,36	2,55	2,09	2,36	2,33	Bom

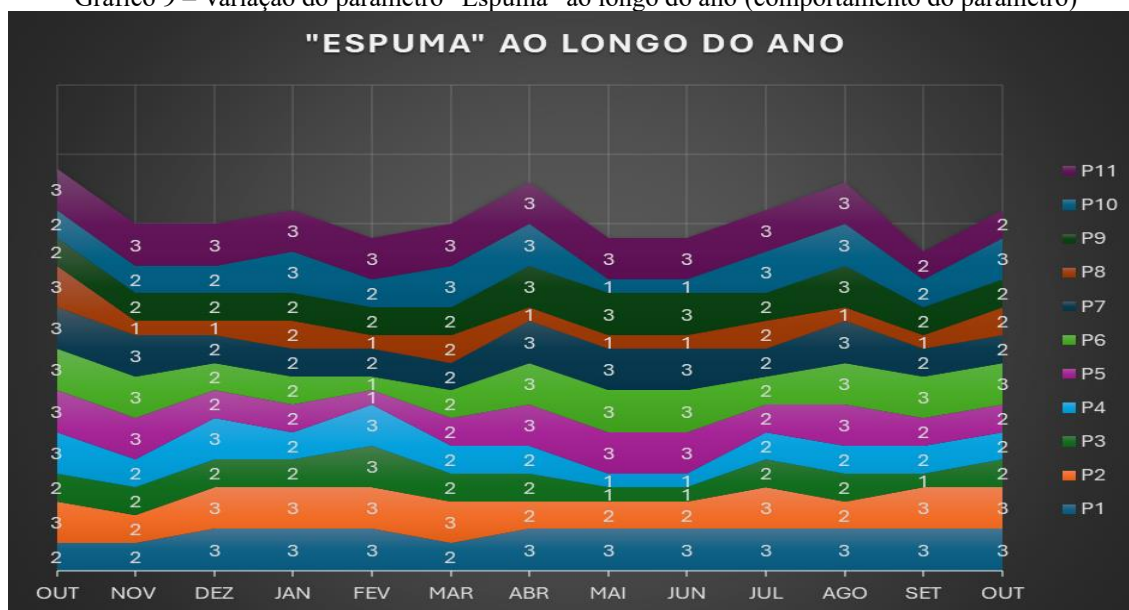
Fonte: Autoria própria (2024).

A presença de espumas não naturais, segundo CONAMA 357/2005 para a Classe I, II, III e IV (Seção II, artigos 14 ao 17), devem ser “visualmente ausente” (BRASIL, 2005). Portanto o local está em desacordo com a norma legal independentemente da quantidade de espuma.

A presença de espuma não natural no rio é um fator de poluição, seja como indicativo da poluição por sabão e detergente, bem como por sua ação direta no rio provocando vários impactos negativos. A espuma em excesso pode dificultar a penetração dos raios solares na água e a interação da atmosfera com a água, provocando a morte de plantas e peixes. Por outro lado, o sabão e detergentes juntamente com as sujeiras dissolvidas nas águas usadas nas atividades antrópicas, depositados no rio pelos esgotos, pode provocar a eutrofização das águas. Os detergentes podem exercer efeitos tóxicos sobre os ecossistemas aquáticos, pois a maioria dos detergentes comerciais, possuir fósforo em suas formulações, que em excesso exercem efeito tóxico sobre o zooplâncton, predador natural das algas (CETESBE, 2018; Zago-Neto, Del-Pino, 2008).

Com relação ao comportamento do parâmetro, “espuma”, a partir da média anual (Gráfico 9), observou-se que há uma variação positiva (menos espumas) nos meses Outubro, Abril e Agosto.

Gráfico 9 – Variação do parâmetro “Espuma” ao longo do ano (comportamento do parâmetro)



6.3.1.6. Óleos

Foram observadas manchas de resíduos de óleo de cozinha usado bem como vestígios de óleo queimado (provavelmente óleo lubrificante de motores) (figura 48). Tais resíduos exigem tratamento e destinação ambientalmente correta. Nos pontos estudados foram atribuídos o valor 1 “Muito” para locais que apresentam muitas manchas óleo na superfície da água ou recebiam efluentes oleosos; valor 2 “pouco” locais que apresentam pequenas manchas óleo na superfície da água ou possuam óleo sobre a amostra de água coletada; valor 3 “Ausente” para locais com ausência de óleos ou óleos visualmente ausentes nas amostras (Figura 57).

Figura 57 – Óleos nos diversos pontos ao longo do Rio Parnaíba valor 3 “ausente”; valor 2 “pouco” (A1 e A2) óleo queimado; Valor 1 “muito” (B1) Resíduo de óleo de cozinha



Fonte: Autoria própria (2024).

Na Lei de crimes Ambientais (Lei Federal nº 9.605/98, Seção III, Art. 54, V), é considerado crime ambiental, do tipo de Poluição e outros Crimes Ambientais, ações que provoquem o lançamento de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, ou detritos, óleos ou

substâncias oleosas, em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou regulamentos (BRASIL, 1998). O óleo lubrificante de motores é um produto derivado do petróleo considerado resíduo perigoso e possui resolução própria, resolução CONAMA nº 362/2005 alterada pela Resolução CONAMA nº 450/2012, para o seu descarte correto (Brasil, 2005). Já os resíduos de óleo de cozinha usado em frituras de alimentos, não possuem resolução própria como a dos óleos lubrificantes, mas mesmo assim os resíduos de óleo de cozinha usado são poluentes e quando descartados de maneira inadequada pode provocar impactos econômicos negativos, causando entupimentos além de prejudicar o sistema de tratamento, e impactos ambientais negativos, contaminando os lençóis freáticos, o solo, a água e o ar, sendo recomendado o seu reaproveitamento/reciclagem (Silva, Oliveira, Castilho, 2024; Jesus, 2024; Silva-Júnior, Araújo, 2018).

Segundo a Resolução nº 357 do CONAMA, os óleos e graxas devem ser “virtualmente ausentes” em águas doces nas classes I, II e III e “toleram-se iridescências⁶” a partir da classe IV (Brasil, 2005). Como o Rio Parnaíba ainda não possui classificação, considera-se Classe II e, portanto, não pode conter resíduos de óleo visíveis sobre a superfície da água.

Por ser menos denso que a água, os resíduos de óleo de cozinha e os resíduos de óleos lubrificantes, formam uma película sobre a água, dificultando a troca de gases entre a água e a atmosfera, causando a morte de peixes e outros seres vivos que necessitam de oxigênio e pode também provocar a retenção de sólidos, entupimentos e problemas de drenagem quando colocados nas redes de drenagem e/ou redes coletoras de esgoto (Jesus, 2024; Silva-Júnior, Araújo, 2018; Morgan-Martins, 2016).

Os dados obtidos do parâmetro “Óleo” (Quadro 22), mostram que a maioria dos pontos apresentou, ao longo do ano, classificação “Ótimo”. Isto indica que apesar do rio mostrar alguns resíduos de óleo observados visualmente, ainda não representa um risco imediato para o ecossistema e a qualidade da água do rio. Vale ressaltar que nas manchas visualizadas em campo não se observou a “iridescência”, apenas manchas escuras, amareladas turvas sobre a água. Outro fator que pode ter contribuído para encontrar poucas manchas de óleo na superfície da água do rio e de difícil visualização em campo, pode ser devido à correnteza da água, portanto na maioria dos casos, só foi possível identificar as manchas na superfície da amostra ou nos locais sem correnteza.

⁶ **Iridescência:** fenômeno óptico que faz certos tipos de superfícies refletirem as cores do arco-íris.

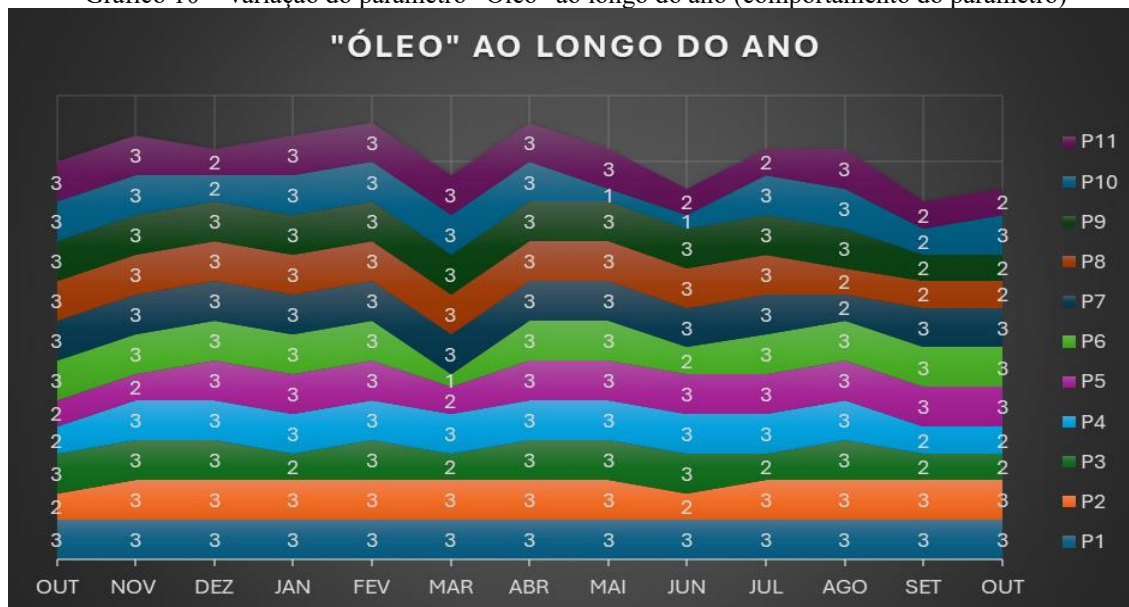
Quadro 22 – Valores relativos ao parâmetro “Óleo” mês a mês nos pontos e média anual

Ponto de Coleta	OUT.	NOV.	DEZ.	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	MÉDIA ANUAL	Grau de Conservação
P1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3,00	Ótimo
P2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2,85	Ótimo
P3	3	3	3	2	3	2	3	3	3	2	3	2	2	2,62	Ótimo
P4	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2,77	Ótimo
P5	2	2	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2,77	Ótimo
P6	3	3	3	3	3	1	3	3	2	3	3	3	3	2,77	Ótimo
P7	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2,92	Ótimo
P8	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2,77	Ótimo
P9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2,85	Ótimo
P10	3	3	2	3	3	3	3	1	1	3	3	2	3	2,54	Bom
P11	3	3	2	3	3	3	3	3	2	2	3	2	2	2,62	Ótimo
T	2,73	2,91	2,82	2,91	3,00	2,64	3,00	2,82	2,55	2,82	2,82	2,45	2,55	2,77	Ótimo

Fonte: Autoria própria (2024).

Com relação ao comportamento do parâmetro, “óleo”, a partir da média anual (Gráfico 10), observou-se pequenas variações, mas estas não estão associadas à questão climática, sazonalidade, mas sim a ações antrópicas pontuais que causam impactos ambientais específicos.

Gráfico 10 – Variação do parâmetro “Óleo” ao longo do ano (comportamento do parâmetro)



Fonte: Autoria própria (2024).

6.3.1.7. Esgotos

O parâmetro “Esgoto” está ligado às águas residuais lançadas no Rio Parnaíba, oriundas das atividades humanas domésticas e comerciais. Trata-se de uma grande fonte de poluição no rio, uma vez que foram encontrados na área de estudo, 15 pontos de esgoto, sendo

5 perenes (constantes, permanentes, que não cessavam suas emissões ao longo do ano) e 10 intermitente (sessavam suas emissões durante algumas horas ou dias alternados). O despejo de esgotos, é muito preocupante, pois poluem o rio com a emissão de vários tipos de efluentes sem tratamento. Mesmo o esgoto tratado pela ETE Pirajá apresenta odor e cor esverdeada. Algumas galerias de drenagem de água pluvial, terminam por se transformarem em pontos de despejo de esgoto bruto jogados diretamente no Rio Parnaíba, pois a população despeja águas residuais nas sarjetas e estas direcionam as águas para as galerias e por fim para o rio, pois nas galerias, onde deveria escoar apenas água da chuva, havia também algum fluxo de esgoto, mesmo nos “períodos de seca”, constituindo os esgotos intermitentes (Figura 58).

Figura 58 – Esgoto nos diversos pontos ao longo do Rio Parnaíba



Fonte: Autoria própria (2024).

Nos pontos estudados foram observados diversos tipos de emissões, sendo atribuído o valor 1 “Muito” para os pontos com grandes volumes de esgotos e emissão perene; valor 2 “Pouco” para os pontos com pequenos volumes de esgoto ou emissões intermitentes; valor 3 “Ausente” para locais com ausência de esgotos (Quadro 23).

No entanto a maioria dos pontos apresentou, ao longo do ano, classificação “Ótimo” e “Bom”, com ausência de efluentes ou pouco efluente na maior parte do ano. Os pontos que tiveram menor pontuação, 3 e 8, apresentaram grandes quantidade de esgotos e constantes de emissões de efluentes ao longo do ano, alterando visualmente as características da água formando espuma e alterando sua cor, o que representa um risco para a sustentabilidade ambiental do rio. Vale destacar também que os pontos 4 e 5, que receberam classificação “Razoável”, pois durante o “período chuvoso” apresentaram grande volume de efluentes, provavelmente por causa da água da chuva que se misturava com o esgoto doméstico e durante o “período de seca” as emissões eram menores e/ou intermitentes, provavelmente de ligações irregulares de esgoto doméstico as galerias de drenagem.

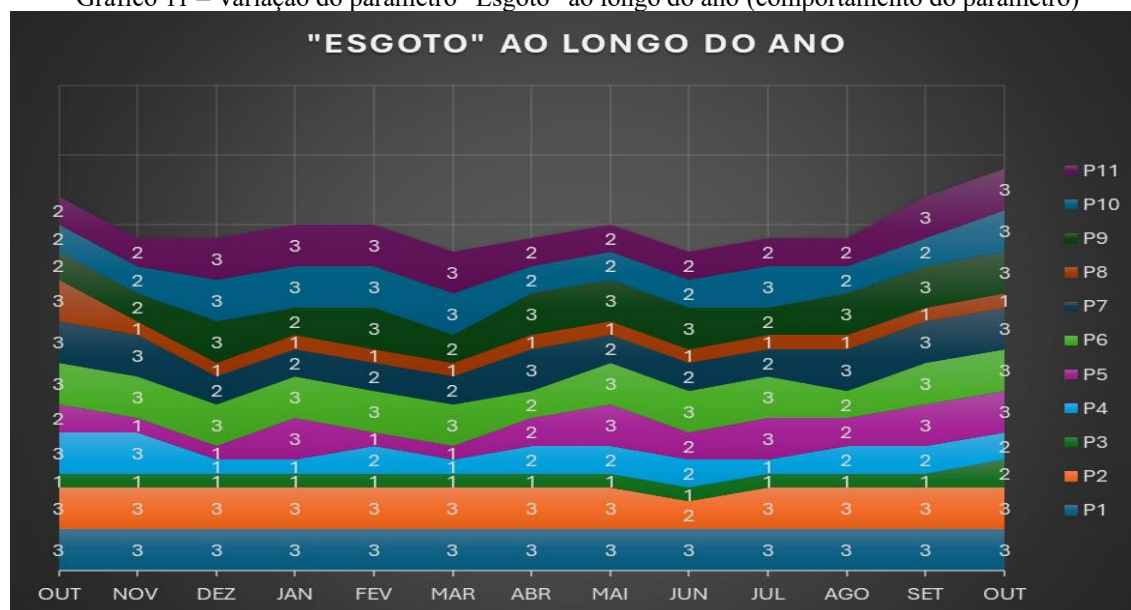
Quadro 23 – Valores relativos ao parâmetro “Esgoto” mês a mês nos pontos e média anual

Ponto de Coleta	OUT.	NOV.	DEZ.	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAL.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	MÉDIA ANUAL	Grau de Conservação
P1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3,00	Ótimo
P2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2,92	Ótimo
P3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1,08	Péssimo
P4	3	3	1	1	2	1	2	2	2	1	2	2	2	1,85	Razoável
P5	2	1	1	3	1	1	2	3	2	3	2	3	3	2,08	Razoável
P6	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	2,85	Ótimo
P7	3	3	2	2	2	2	3	2	2	2	3	3	3	2,46	Bom
P8	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,15	Péssimo
P9	2	2	3	2	3	2	3	3	3	2	3	3	3	2,62	Ótimo
P10	2	2	3	3	3	3	2	2	2	3	2	2	3	2,46	Bom
P11	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	2,46	Bom
T	2,45	2,18	2,18	2,27	2,27	2,09	2,18	2,27	2,09	2,18	2,18	2,45	2,64	2,18	Razoável

Fonte: Autoria própria (2024).

Com relação ao comportamento do parâmetro, “esgoto”, a partir da média anual (Gráfico 11), observou-se uma melhora no “período de seca” (agosto, setembro e outubro), por conta da diminuição do volume de chuvas e pequenas variações ao longo do ano.

Gráfico 11 – Variação do parâmetro “Esgoto” ao longo do ano (comportamento do parâmetro)



Fonte: Autoria própria (2024).

A existência dos esgotos que lançam poluentes diretos no Rio Parnaíba está associada a deficiência do Saneamento Básico na questão do Sistema de Coleta e Tratamento de esgotos em Teresina. Em 2020, foi promulgada a Lei Federal nº 14.026 de 15 de Julho de 2020, que atualiza e integra diversos aspectos do saneamento básico, dentre eles as questões relacionadas aos sistemas de coleta e tratamento de esgoto, estabelecendo metas e possibilitando que estes serviços possam ser fornecidos em parceria com o setor privado (Brasil, 2020). Neste sentido, em maio de 2023 ocorreu uma parceria entre o Governo do Estado do Piauí e a Empresa “Águas de Teresina” (concessionária responsável pelos serviços de

abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto de Teresina) para ampliação do sistema de esgotamento sanitário de Teresina (CCOM, 2023).

A resolução nº 430 de 2011 do CONAMA, trata sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº357 de 2005 do CONAMA, e em seu art. 3º determina que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis, portanto, qualquer efluente somente poderá ser lançado no rio após o devido tratamento (Brasil, 2011). Ainda sobre a resolução nº 430/2011, em seu art. 5º, determina que os efluentes não poderão conferir ao corpo receptor características de qualidade em desacordo com as metas obrigatórias do seu enquadramento, ou seja, os efluentes não poderão alterar a qualidade da água de forma que modifique o seu enquadramento (Brasil, 2011).

Vale destacar que há necessidade de medidas para evitar a existência de esgotos que possam despejar efluentes no rio, mesmo que não sejam, em grande número, uma vez causam poluição e prejudicam a qualidade da água do rio e prejudicam sua sustentabilidade.

6.3.1.8. *Vegetação*

O parâmetro “Vegetação” compreende as diversas espécies de plantas existentes na mata ciliar que fazem a proteção do solo evitando processos erosivos. Sua preservação é de fundamental importância para a conservação do ecossistema do rio e garantia da qualidade e disponibilidade de água.

As matas ciliares são conhecidas também como “florestas ripárias” e são compostas por plantas de diversos portes nas margens dos rios e riachos, e são importantes, pois essa vegetação forma uma proteção natural do solo, evitando erosão, e da água do rio, evitando que poluentes caiam diretamente no rio. São ecossistemas complexos e sensíveis às alterações humanas, sendo áreas protegidas pelo código florestal. Essas vegetações também funcionam como corredores ecológicos para o fluxo da fauna e dispersão vegetal ao longo da paisagem (Marroquim, *et al*, 2023; Saraiva, *et al* 2020; Nuvollari, 2013, p 149; Bononi, 2004, P 214; Brasil, 2012).

As matas ciliares encontram-se protegidas pela legislação dentro do Novo Código Florestal (Lei 12.651/2012) nas Áreas de Proteção Permanente – APP (Artº3, II), considerada “área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar

o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”.

O Novo Código Florestal (Lei 12.651/2012) não se aplica inteiramente à APP da região, pois se trata de uma área historicamente ocupada, por isso, este trabalho não faz juízo de valor sobre a legalidade da ocupação da área, contudo o parâmetro (área de APP) serve para poder entender como as atividades da área podem impactar direta ou indiretamente o rio e sua mata ciliar, e discutindo a importância da manutenção da mata ciliar remanescente.

Nos pontos estudados foram observados diversos tipos de vegetações, sendo atribuído o valor 1 “Ausente” para locais onde a vegetação foi quase totalmente suprimida e o solo ficou exposto ou impermeabilizado (concretado); valor 2 “Pouca” para locais onde houve alguma supressão da vegetação (por desmatamento, queimada ou capinagem); valor 3 “Muita” para locais onde há uma boa conservação da mata ciliar (Figura 59).

Figura 59 – Vegetação: valor 1 “Ausente” (A1 e A2); valor 2 “Pouca” (B1 e B2); valor 3 “Muita” (C1 e C2)



Fonte: Autoria própria (2024).

Foram observados também alterações sazonais da vegetação, que durante a “estação seca” costuma perder as folhas, podendo haver indicativos de queimadas na vegetação e durante a “estação chuvosa” fica exuberante, além de formar um piso vegetal natural durante alguns meses, indicando regeneração natural da flora (Figura 60). Essas características influenciam, aumentando ou diminuindo, o valor da pontuação para o parâmetro. Vale ressaltar que em alguns meses, parte da vegetação encontrava-se submersa com a cheia do rio.

Figura 60 – Alterações sazonais da vegetação na “estação chuvosa” (A1 e B1) e na “estação seca” (A2 e B2)



Fonte: Autoria própria (2024).

Os dados obtidos do parâmetro “Vegetação” (Quadro 24), mostram que a maioria dos pontos apresentou, ao longo do ano, classificação “Ótimo” com boa conservação da flora na maior parte do ano. Nos locais que tiveram menor pontuação (pontos 4 e 6), a vegetação da margem do rio estava quase completamente ausente e o solo impermeabilizado/concretado. Com base no Código Florestal (Lei Federal nº 12.651/2012) as vegetações até 200m da margem do Rio Parnaíba (APP do Rio Parnaíba no trecho estudado), são protegidas por lei, sendo proibido a sua supressão.

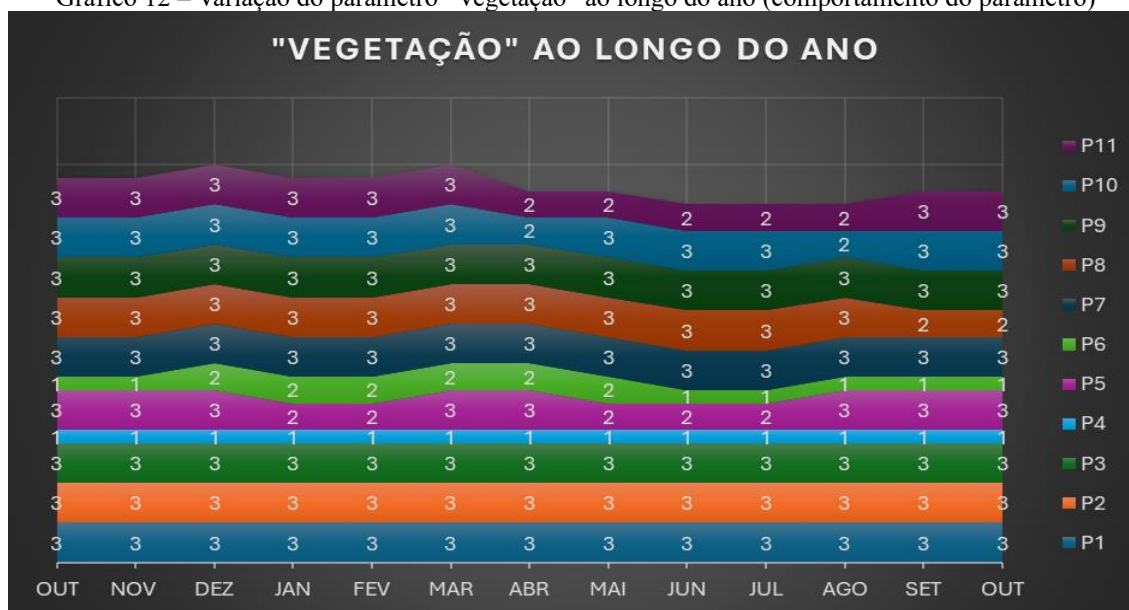
Quadro 24 – Valores relativos ao parâmetro “Vegetação” mês a mês nos pontos e média anual

Ponto de Coleta	OUT.	NOV.	DEZ.	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	MÉDIA ANUAL	Grau de Conservação
P1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3,00	Ótimo
P2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3,00	Ótimo
P3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3,00	Ótimo
P4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,00	Péssimo
P5	3	3	3	2	2	3	3	2	2	2	3	3	3	2,62	Ótimo
P6	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1,46	Ruim
P7	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3,00	Ótimo
P8	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2,85	Ótimo
P9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3,00	Ótimo
P10	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	2,85	Ótimo
P11	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	2,62	Ótimo
T	2,64	2,64	2,73	2,64	2,64	2,73	2,55	2,55	2,45	2,45	2,45	2,55	2,55	2,55	Bom

Fonte: Autoria própria (2024).

Com relação ao comportamento do parâmetro, “Vegetação”, a partir da média anual (Gráfico 12), observou-se uma pequena melhora no “período chuvoso”, de novembro até março, e pequena queda no “período de seca” de Junho à Outubro, ou seja durante o período chuvoso a vegetação se regenera e se expande e no período de seca costuma murchar ou sofrer queimadas, ainda assim são alterações pequenas ligadas às condições climáticas, o que mais afeta este parâmetro é a supressão vegetal antrópica que tem caráter permanente podendo levar anos para se recuperar totalmente. Uma vez que a vegetação é suprimida ela não irá se regenerar totalmente de um ano para o outro.

Gráfico 12 – Variação do parâmetro “Vegetação” ao longo do ano (comportamento do parâmetro)



Fonte: Autoria própria (2024).

Ainda sobre os aspectos macroscópicos observados na vegetação local, notou-se também uma grande diversidade de flores (Figura 61), contudo, não se observou a presença de abelhas que são bioindicadores⁷ da qualidade ambiental. Os insetos bioindicadores são aqueles que possuem alta sensibilidade a perturbações ambientais (sensibilidade à agrotóxicos, poluentes específicos, metais pesados, entre outros). As abelhas são consideradas excelentes bioindicadores, principalmente quando se trata de impactos na vegetação (relação de mutualismo com as plantas) e degradação de ambientes naturais (Urushima, *et al*, 2024). Elas podem detectar a deposição de elementos, tóxicos (metais pesados e agrotóxicos em geral) e não tóxicos, no meio ambiente, pois durante a busca por néctar, visitam quase todos os setores ambientais (solo, vegetação, água e ar) (Silva-Neto, *et al*, 2021).

Figura 61 – Diversidade de flores na vegetação das margens do Rio Parnaíba



Fonte: Autoria própria (2024).

Outros bioindicadores da qualidade ambiental da vegetação são os fungos

⁷ **Bioindicadores:** são seres vivos de natureza diversa utilizados como ferramentas no monitoramento ambiental e em áreas degradadas, pois oferecem indicativos das condições florestais e o seu progresso de degradação ou recuperação (biorremediação), informando sobre a estrutura, o funcionamento e a composição do sistema ecológico (Urushima, *et al*, 2024; Silva-Neto, *et al*, 2021; Barbieri, 2023).

macroscópicos (Figura 62) observados na área. Os fungos são considerados organismos que desempenham papel importantes para o meio ambiente através da ciclagem de nutrientes (Cavalcanti, Campos, Lima, 2024) podem ser utilizados no controle de pragas, para a biorremediação de poluentes além de bioindicadores (Barbieri, 2023). Na área de estudo foram encontrados fungos macroscópicos apenas nos pontos 09 e 10, durante os meses de maio e abril, o que pode indicar também algum impacto ambiental por alguma substância específica.

Figura 62 – Diversidade de macrofungos encontrados na vegetação das margens do Rio Parnaíba



Fonte: Autoria própria (2024).

6.3.1.9. *Uso por animais*

O parâmetro “Uso por animais” compreende o avistamento, rastros e indicadores da presença diversas espécies de animais (silvestres, domésticos e de criação), terrestres e aquáticos, existentes na mata ciliar do Rio Parnaíba (Figura 63). As matas ciliares funcionam como corredores ecológicos para as espécies de fauna, e por isso sua preservação é de fundamental importância para a conservação do ecossistema do rio e garantia da qualidade e disponibilidade de água (Cruz; Cruz; Rossato, 2014).

Figura 63 – Animais terrestres (A1 e A2) e aquáticos (B1 e B2) encontrados nas matas ciliares do rio Parnaíba



Fonte: Autoria própria (2021).

Nos pontos estudados foram observados diversos tipos de animais (silvestres, domésticos e de criação), sendo atribuído o valor 1 “Ausente” para locais com ausência de marcas e ausência animais silvestres, ou com muitos animais domésticos/criação; valor 2 “Apenas marcas” para locais onde foram encontradas algumas marcas animais silvestres, ou

alguns animais domésticos/criação; valor 3 “Presença” para locais onde há vários animais silvestres ou várias marcas destes com e ausência de animais domésticos/criação.

A observação da fauna local é um desafio, pois por instinto os animais tendem a se esconder e camuflar-se, por isso para esta avaliação, utilizou-se tanto do avistamento dos animais, quanto da presença de marcas (pegadas, presença de ninhos, rastros, tocas, etc.) que indiquem a presença/atividade da fauna local (Figura 64).

Figura 64 – Marcas da presença de fauna, ninhos (A1 e A2), rastros (B), troca de peles (C1 e C2), toca (D)



Fonte: Autoria própria (2024).

Vale ressaltar que foi feito um balanceamento entre a fauna silvestre e os animais domésticos e de criação encontrados (Figura 65). Este dado é interessante, pois no contexto da preservação da mata ciliar, os animais silvestres desempenham diversas funções ecológicas, tais como transporte de sementes, transporte de nutrientes, polinização, entre outros; já os animais domésticos e de criação, tendem à atender as necessidades humanas não necessariamente ecológicas, por isso durante a análise do parâmetro, quanto mais animais silvestres encontrados no local mais próximo o valor 3 e quanto mais animais domésticos mais próximo ao valor 1.

Figura 65 – Animais domésticos e de criação encontrados na área de estudo



Fonte: Autoria própria (2024).

Os dados obtidos do parâmetro “Uso por animais” (Quadro 25), mostram que a maioria dos pontos apresentou, ao longo do ano, classificação “Razoável” e “Bom” pela presença e uso da mata ciliar por animais silvestre na maior parte do ano. Nos locais que tiveram menor pontuação (pontos 4 e 7) os animais silvestres estavam praticamente ausentes ao longo do ano e no ponto 7 era encontrados também animais de criação.

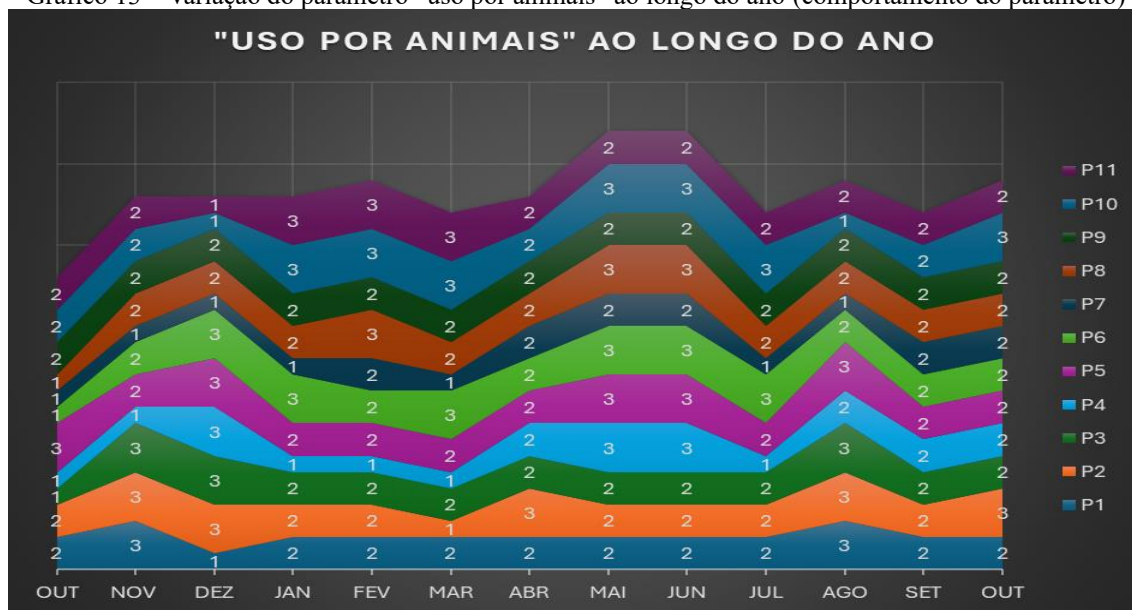
Quadro 25 – Valores relativos ao parâmetro “Uso por animais” mês a mês nos pontos

Ponto de Coleta	OUT.	NOV.	DEZ.	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	MÉDIA ANUAL	Grau de Conservação
P1	2	3	1	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2,00	Razoável
P2	2	3	3	2	2	1	3	2	2	2	3	2	3	2,20	Bom
P3	1	3	3	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2,10	Razoável
P4	1	1	3	1	1	1	2	3	3	1	2	2	2	1,70	Ruim
P5	3	2	3	2	2	2	2	3	3	2	3	2	2	2,40	Bom
P6	1	2	3	3	2	3	2	3	3	3	2	2	2	2,50	Bom
P7	1	1	1	1	2	1	2	2	2	1	1	2	2	1,40	Ruim
P8	1	2	2	2	3	2	2	3	3	2	2	2	2	2,20	Bom
P9	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2,00	Razoável
P10	2	2	1	3	3	3	2	3	3	3	1	2	3	2,50	Bom
P11	2	2	1	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2,20	Bom
T	1,64	2,09	2,09	2,09	2,18	2,00	2,09	2,45	2,45	2,00	2,18	2,00	2,18	2,09	Razoável

Fonte: Autoria própria (2024).

Com relação ao comportamento do parâmetro, “uso por animais”, a partir da média anual (Gráfico 13), observou-se que houve um menor avistamento nos meses de outubro e maior avistamento dos animais e de suas marcas entre os meses de abril e julho. O mês de outubro em geral é mês de maior estiagem no “período seco” onde os animais ou migram para outras regiões ou ficam menos ativos. Já entre abril e julho trata-se de um período intermediário entre a “estação chuvosa” e o “período seco” que pode ter influenciado no aumento de avistamento dos animais, por ser mais vantajoso para as espécies da fauna, com condições climáticas mais amenas, ou também por ser um período reprodutivo. Portanto as condições climáticas influenciam no avistamento da fauna silvestre.

Gráfico 13 – Variação do parâmetro “uso por animais” ao longo do ano (comportamento do parâmetro)



Fonte: Autoria própria (2024).

Ainda com relação ao parâmetro uso por animais observou-se na mata ciliar do rio Parnaíba, uma grande variedade de répteis (Figura 66), que podem ser utilizados como bioindicadores em estudos futuros. O Brasil abriga aproximadamente 10% das espécies de

répteis e anfíbios do planeta, sendo de extrema importância a conservação mundial destes bioindicadores, que desempenham papéis vitais nas redes tróficas (como predadores, presas, polinizadores e dispersores de sementes), além de contribuir para a ciclagem de nutrientes (Couton, *et al*, 2024; Hudson, 2020). Os répteis e anfíbios (herpetofauna) são sensíveis a perda e degradação de seus habitats, presença de contaminantes e o uso de pesticidas, sendo possível fazer estudos de biomonitoramento com diversas espécies (Stark, *et al*, 2022; Hudson, 2020).

Figura 66 – Répteis observados nas margens do rio Parnaíba



Fonte: Autoria própria (2024).

Outro grupo de animais presente tanto na mata ciliar quanto nas coroas do rio, foram as aves, em especial as aves aquáticas (Figura 67), que também podem ser utilizados como bioindicadores em estudos futuros. As aves, em especial as aquáticas, são consideradas excelente indicadores de qualidade ambiental do ar e da água, pois são sensíveis as variações das condições do ambiente e respondem rapidamente às mudanças que ocorrem, especialmente as aves que vivem em ambiente urbano, onde podem ser expostas a poluição e metais pesados que se acumulam em diversas partes (fígado, fezes, estômago, sangue, penas e ovos) através da cadeia alimentar (Nascimento 2024; Sousa, *et al*, 2024; Hurtado, *et al*, 2024).

Figura 67 – Aves observados nas margens do rio Parnaíba



Fonte: Autoria própria (2024).

6.3.1.10. *Uso Antrópico*

O parâmetro “Uso Antrópico” compreende as atividades humanas e ocupações humanas presentes na mata ciliar. A área apresenta uma grande diversidade de atividades

(comércio, lazer, prestação de serviços, turismo, pesca, etc.). Algumas dessas atividades são temporárias assim como a ocupação da mata ciliar.

Nos pontos estudados foram observados diversas atividades humanas e ocupações, sendo atribuído valor 1 “Presença” para locais onde há várias atividades humanas realizadas no local ou ocupação da área; valor 2 “Apenas marcas” para locais onde foram encontradas algumas marcas das atividades humanas ou ocupações temporárias; o valor 3 “Ausente” para locais com ausência de atividades humanas ou ocupações (Figura 68).

Figura 68 – Uso Antrópico ao longo do Rio Parnaíba, valor 3 “ausente”; valor 2 “Apenas marcas”, atribuído para marcas de usos temporários (A1) e ocupações temporárias (A2); valor 1 “Presença” para atividades pesca (B1) e draga de areia (B2) e ocupação definitiva, depósito de areia (B3), e ocupação residencial (B4)



Fonte: Autoria própria (2024).

Os dados obtidos do parâmetro “Uso Antrópico” (Quadro 26), mostram que a maioria dos pontos apresentou, ao longo do ano, classificação “Ruim” e “Péssimo” pela grande presença de diversas atividades humanas na maior parte do ano. Nos locais que tiveram menor pontuação (pontos 4, 7, 10 e 11) são locais com várias atividades humanas (pesca, banho, comércio, turismo, entre outras), com um intenso fluxo de pessoas com ocupação permanente da margem.

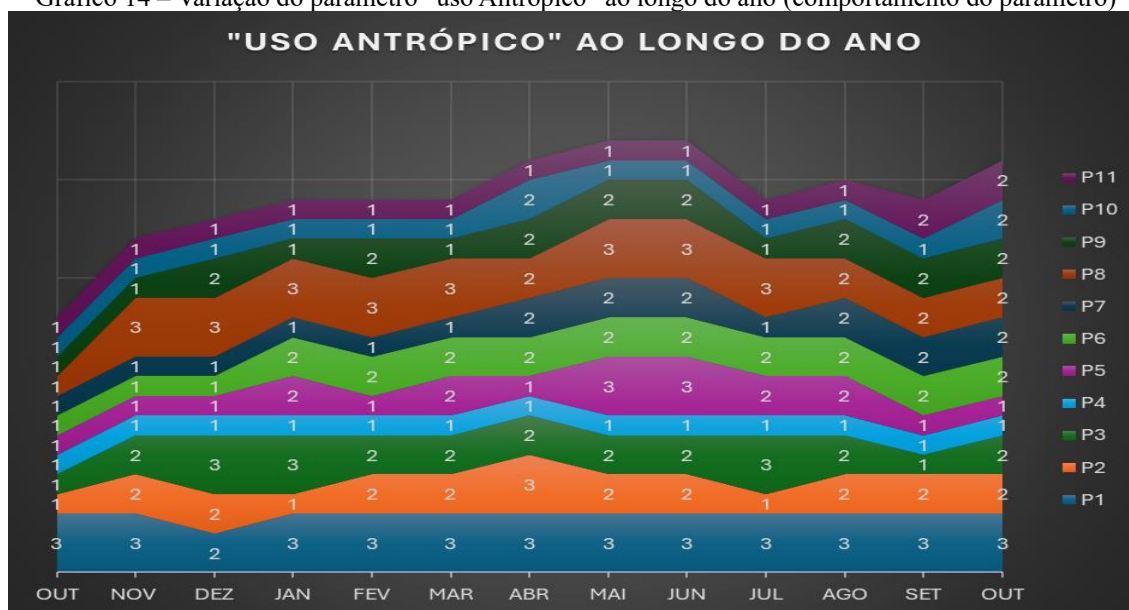
Quadro 26 – Valores relativos ao parâmetro “Uso antrópico” mês a mês nos pontos

Ponto de Coleta	OUT.	NOV.	DEZ.	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	MÉDIA ANUAL	Grau de Conservação
P1	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2,90	Ótimo
P2	1	2	2	1	2	2	3	2	2	1	2	2	2	1,80	Razoável
P3	1	2	3	3	2	2	2	2	2	3	2	1	2	2,20	Bom
P4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,00	Péssimo
P5	1	1	1	2	1	2	1	3	3	2	2	1	1	1,70	Ruim
P6	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1,70	Ruim
P7	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	2	2	2	1,30	Péssimo
P8	1	3	3	3	3	3	2	3	3	3	2	2	2	2,70	Ótimo
P9	1	1	2	1	2	1	2	2	2	1	2	2	2	1,50	Ruim
P10	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1,10	Péssimo
P11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1,00	Péssimo
T	1,18	1,55	1,64	1,73	1,73	1,73	1,91	2,00	2,00	1,73	1,82	1,73	1,91	1,73	Ruim

Fonte: Autoria própria (2024).

Com relação ao comportamento do parâmetro, “uso antrópico”, a partir da média anual (Gráfico 14), observou-se que, nos meses de setembro e outubro, período seco, o fluxo de atividades aumentou, pois, muitas pessoas buscaram a beira do rio como forma de banho e lazer em virtude das altas temperaturas, nesses casos além do banho existem também ocupações nas margens e nas coroas do rio as chamadas Jericoroas⁸.

Gráfico 14 – Variação do parâmetro “uso Antrópico” ao longo do ano (comportamento do parâmetro)



Fonte: Autoria própria (2024).

Sobre as ocupações nas margens do rio, com residências e prédios comerciais, a maioria é antiga, pois trata-se da área onde cidade de Teresina foi formada, sendo uma área historicamente ocupada, sujeita a inundações e alagamentos. Dessas ocupações muitas são residenciais, cujos moradores realizavam atividades de pesca, agricultura, criação de animais, oferta de alimentos (bar e restaurante), passeios. Existem também vários restaurantes e pontos turísticos na beira do rio.

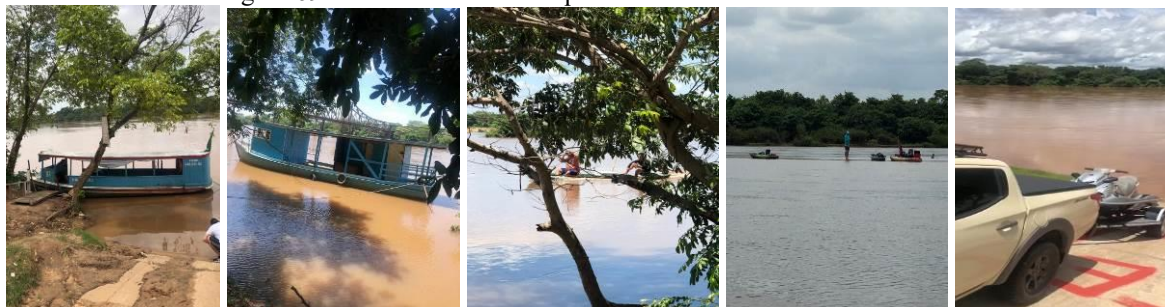
Por outro lado, o Rio Parnaíba é a principal hidrovia do Piauí e foi fundamental para a formação sociocultural e econômicas do Estado. O Rio Parnaíba e seus afluentes (Gurgueia, Uruçuí-Preto, Canindé, Poti, Longá e Balsas) foram rios fundamentais para a formação de núcleos habitacionais. O tráfego de embarcações no Parnaíba motivou o surgimento de núcleos populacionais ribeirinhos e estimulou o desenvolvimento dos já existentes, portando, houve a necessidade da transferência da primeira capital do Estado (Oeiras), para uma região mais central com acesso ao Rio Parnaíba, sendo assim fundada a

⁸ Nome “Jericoroa” se deve em referência às praias de Jericoacoara no Ceara, juntando o termo “coroa do rio”.

cidade de Teresina, considerada a primeira capital planejada do Brasil (Santos, Marinho, 2021; Vasconcelos Filho, 2020; Gandara, 2008).

O rio possui intensa atividade de transporte aquático, seja na forma do transporte de balsa, jangadas, caiaques e motos d'água (Figura 69). Outras atividades intensas observadas foram a dragagem de areia para construção civil, serviços automotivos (em especial a lavagem de veículos) e o cultivo agrícola em grandes áreas.

Figura 69 – Diversos veículos aquáticos encontrados no Rio Parnaíba



Fonte: Autoria própria (2024).

Ainda sobre as atividades humanas realizadas nas margens do rio Parnaíba vale destacar a presença dos pescadores tradicionais por toda a região (Figura 70). Os pescados obtidos por esses pescadores servem para consumo próprio, sendo também fornecidos para os restaurantes e bares na beira do rio.

Figura 70 – Pescadores tradicionais do Rio Parnaíba



Fonte: Autoria própria (2024).

As atividades humanas, de modo geral, produzem impactos ambientais negativos comprometendo as condições do solo, das margens do rio e da água, sendo que o primeiro impacto advém da retirada da mata ciliar ao longo do leito fluvial, que é a primeira ação da ocupação humana, e vai se reforçando conforme o uso do solo (Rezende, Kaiser, Peixoto, 2018).

6.3.1.11. Residências

O parâmetro “Residências” compreende a existência de residências na APP do rio Parnaíba e suas respectivas distâncias da margem do rio. As residências observadas estão localizadas na APP em diferentes intervalos.

P10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,00	Péssimo
P11	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2,00	Razoável
T	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	Ruim

Fonte: Autoria própria (2024).

Com relação ao comportamento do parâmetro, “residências”, a partir da média anual (Gráfico 15), observou-se não houve alterações ao longo do ano, pois como se trata de um parâmetro constante a variação do clima não interferiu e não foram observadas novas construções/ocupações nos pontos estudados ao longo do ano de estudo.



Fonte: Autoria própria (2024).

No que tange a segurança das habitações (residências) e o risco de desastres, foi estabelecida no Brasil a Lei Federal nº 12.608, de 10 de abril de 2012, que instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC), do Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil – CONPDEC, além de autorizar a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres. A PNPDEC abrange as ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação voltadas à proteção e defesa civil (Art. 3º). A referida lei também prevê (parágrafo único) a integração com as políticas de ordenamento territorial, desenvolvimento urbano, saúde, meio ambiente, mudanças climáticas, gestão de recursos hídricos, geologia, infraestrutura, educação, ciência e tecnologia como forma de integrar ações preventivas e assertivas no combate aos desastres (Brasil, 2012).

Atendendo o que foi estabelecido na Lei 12.608/2012, o Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, através da Secretaria Nacional de Defesa Civil (SEDEC), elaborou 9 manuais técnicos, destacando entre eles, o “Manual de Desastres Naturais” e três

volumes do “Manual de Desastres Humanos” além do “Glossário de Defesa Civil - Estudos de Riscos e Medicina de Desastres” (SEDEC, 2020; Castro, 2020). As ocupações residenciais nas matas ciliares próximas aos rios podem gerar “Desastres Mistos” (desastres Naturais e Humanos) em virtude da combinação de fatores ambientais e da omissão de cuidados (Castro, 2020).

Vale destacar que os pontos 9 e 10 estão localizados na microbacia Lagoas do Norte, região centro/norte de Teresina, próximo ao encontro dos rios Poti e Parnaíba, onde se formam 10 lagoas naturais e dois canais (Padre Eduardo e São Joaquim). Esta região apresenta densa ocupação, residencial, sendo uma das áreas mais densamente ocupadas de Teresina, e ocupação irregular das margens de lagoas, o que favorece diversos outros problemas: poluição das águas, erosão, proliferação de doenças transmissíveis pela água, distúrbio nos ecossistemas aquáticos, dentre outros (Campelo, Baúna, Silva, 2019).

6.3.1.12. *Área de Inserção*

O parâmetro “Área de Inserção” compreende se o ponto selecionado para estudo no rio, está localizado/inserido em área com proteção ambiental. Este parâmetro busca conhecer os aspectos socioeconômico e ambientais associados a área de inserção do ponto no rio e se esses aspectos podem prejudicar a manutenção do equilíbrio ambiental continuidade dos serviços ecológicos, se existe algum risco desta área de ser invadida, ou se está em uma área privada que oferece o mínimo de manutenção, ou ainda se está inserida em um parque ambiental.

Foram observados as áreas de inserção dos pontos estudados sendo atribuído valor 1 “Ausente” para pontos inseridos em áreas onde não há nenhuma proteção ambiental ou possua um grande risco de ser invadida; valor 2 “Propriedades Privadas” para locais inseridos em áreas que fazem parte de alguma propriedade privada; o valor 3 “Áreas Protegidas ou Parque” para áreas protegidas, onde existe alguma proteção do ecossistema ou se a área está inserida em um parque ambiental ou se aparentemente não há indícios do risco de ocupação.

Os dados obtidos do parâmetro “Área de inserção” (Quadro 28), mostram que a maioria dos pontos apresentou, ao longo do ano, classificação “Ótimo” e “Razoável” considerando a proteção ambiental na maior parte do ano. O local que teve menor pontuação foi o ponto 4, e isso se deve, ao fato do local não apresentar apresenta, praticamente nenhuma, medida de proteção ambiental da APP, além de trata-se de uma área completamente ocupada por diversas atividades humanas, com produção de resíduos sólidos e esgotos no local.

Quadro 28 – Valores relativos ao parâmetro “Área de Inserção” mês a mês nos pontos

Ponto de Coleta	OUT.	NOV.	DEZ.	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	MÉDIA ANUAL	Grau de Conservação
P1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3,00	Ótimo
P2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3,00	Ótimo
P3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3,00	Ótimo
P4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,00	Péssimo
P5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2,00	Razoável
P6	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2,00	Razoável
P7	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2,00	Razoável
P8	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3,00	Ótimo
P9	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2,00	Razoável
P10	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2,00	Razoável
P11	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3,00	Ótimo
T	2,36	2,36	2,36	2,36	2,36	2,36	2,36	2,36	2,36	2,36	2,36	2,36	2,36	2,36	Bom

Fonte: Autoria própria (2024).

Com relação ao comportamento do parâmetro, “área de inserção”, a partir da média anual (Gráfico 16), assim como no item anterior, observou-se que não houve alterações ao longo do ano, pois como se trata de um parâmetro constante a variação do clima não interferiu e não foram observadas novas construções/ocupações nos pontos estudados ao longo do ano de estudo.

Gráfico 16 – Variação do parâmetro “Área de Inserção” ao longo do ano (comportamento do parâmetro)



Fonte: Autoria própria (2024).

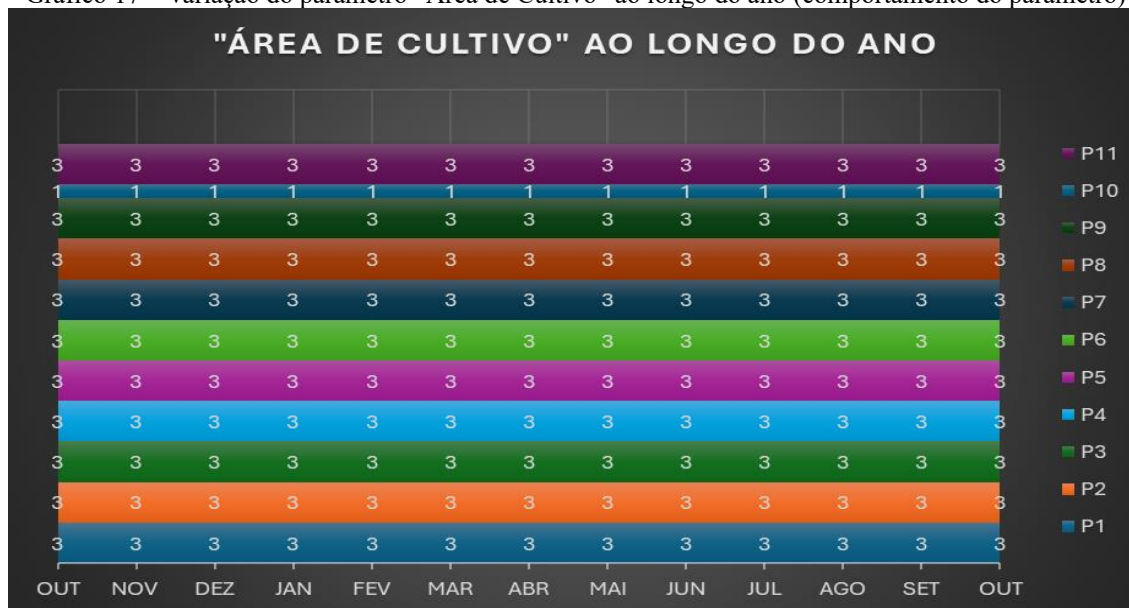
Vale ressaltar que todos os pontos no trecho estudado estão inseridos na APP do rio Parnaíba (com menos de 200m de distância do rio), sendo que as áreas dos pontos 1, 2, 3 e 8 são “públicas” sem restrição de acesso e com a vegetação preservada; já os pontos 4 e 5 também são “públicas”, mas possuem alterações para acesso de embarcações; os pontos 5, 7 e 10 fazem parte de “propriedades particulares”, sendo que nesse ponto (P10) forma-se inclusive uma

P10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,00	Péssimo
P11	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3,00	Ótimo
T	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	Ótimo

Fonte: Autoria própria (2024).

Com relação ao comportamento do parâmetro, “áreas de cultivo”, a partir da média anual (Gráfico 17), não houve alterações ao longo do ano, pois como se trata de um parâmetro constante, sendo apenas uma área utilizada para cultivo, onde ocorre o plantio de diversas culturas e a variação do clima interfere apenas no tipo de cultura.

Gráfico 17 – Variação do parâmetro “Área de Cultivo” ao longo do ano (comportamento do parâmetro)



Fonte: Autoria própria (2024).

Com relação aos impactos ambientais da agricultura, vale destacar o consumo da água e uso de agrotóxicos e fertilizantes, que podem ser carregados pela água, podendo ser devolvida para o rio Parnaíba, no processo de irrigação dos cultivos. A agricultura faz uso da água para irrigação e a devolve para o ambiente com agrotóxicos e fertilizantes. A pecuária interfere na estabilidade das margens pelo pisoteio dos animais. Essas, entre outras ações antrópicas reforçam os processos erosivos, de sedimentação e assoreamento tornando vulnerável todo o corpo d'água e suas margens (Rezende, Kaiser, Peixoto, 2018). Quando a prática agrícola não cumpre o que é estabelecido pela legislação ambiental ocorre uma alteração na dinâmica fluvial e impacta na qualidade ambiental (Silva, Loureiro, Andrade, 2024).

Silva, Loureiro, Andrade (2024) trabalhando com agricultura de vazante no semiárido destacam que no período chuvoso a atividade agrícola ocorre nas margens, já no período de seco o cultivo agrícola passa a ser desenvolvido no próprio leito ou em áreas de vazantes o que gera alguns impactos ambientais, que alteram a dinâmica fluvial além da supressão da mata ciliar na APP do rio, que deixa o solo suscetível a processos erosivos.

6.3.2. Grau de Conservação

O “Grau de Conservação” é um índice que faz uma avaliação global do estado de conservação do ponto estudado com base no somatório dos valores dos diversos parâmetros avaliados para cada ponto, em outras palavras, busca fazer uma análise ambiental global do ponto, que serve para identificar se a situação de conservação ambiental do ponto está crítica, se precisam corrigir alguns pontos específicos ou se o estado de conservação está aceitável.

Numericamente falando o grau de conservação faz a soma de 13 parâmetros, cada parâmetro variando de 1 a 3, podendo somar de 13 pontos até o máximo de 39, sendo classificados em “Ótimo” (39 à 37); Bom (36 à 34); “Regular” (33 à 31); “Ruim” (30 à 28) e “Péssimo” (abaixo de 28), portando, a cada dois parâmetros de valor 1 ou a cada 4 pontos perdido, o grau de conservação muda de classe para um grau inferior, em outras palavras cada ponto pode perder até 8 pontos antes de entrar na classificação mais preocupante (Ruim e Péssimo). Abaixo de 28 pontos tudo é classificado como péssimo, podendo indicar tanto que a área está poluída quanto degradada. Os pontos estudados e seus respectivos graus de conservação foram utilizados para avaliar o grau de conservação do trecho como um todo (trecho T) ao longo do ano (Quadro 30).

Os dados obtidos relativos ao “Grau de Conservação” (Quadro 30), mostram que a maioria dos pontos apresentou, ao longo do ano, classificação “Ruim” na maior parte do ano. Nos locais que tiveram menor pontuação (pontos 4 e 10), o “grau de conservação foi classificado como “Péssimo”. Outro detalhe observado é que a pontuação do ponto 4, quase não variou, e permaneceu abaixo dos 28 pontos, sendo o máximo valor alcançado de 25, o que indica que o ponto não foi capaz de recuperar sua qualidade ao longo do ano. Os demais pontos conseguiram recuperar parte da sua qualidade, ao longo do ano, apesar dos impactos ambientais identificados. A análise do Trecho “T”, que consiste na média dos valores dos pontos também apresentou classificação “Ruim” o que indica que o trecho estudado precisa de medidas de recuperação antes que a área entre em estado de degradação e perca a capacidade de resiliência.

Quadro 30 – Valores relativos ao “Grau de Conservação” mês a mês nos pontos com a análise anual

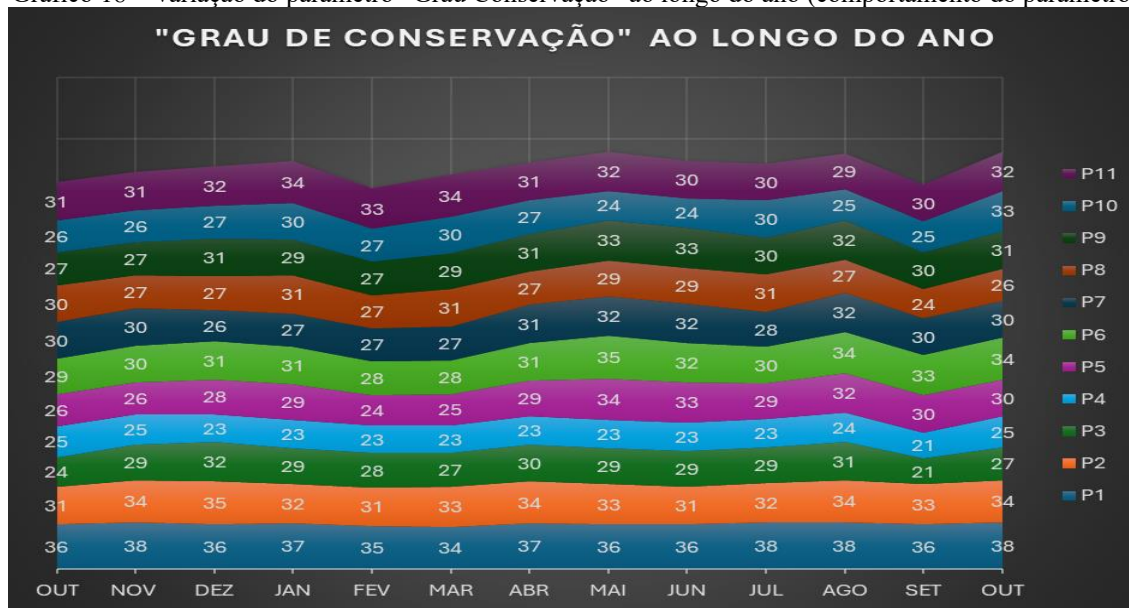
Ponto de Coleta	OUT.	NOV.	DEZ.	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAL.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	MÉDIA ANUAL	Grau de Conservação
P1	36	38	36	37	35	34	37	36	36	38	38	36	38	36,54	Bom
P2	31	34	35	32	31	33	34	33	31	32	34	33	34	32,85	Razoável
P3	24	29	32	29	28	27	30	29	29	29	31	21	27	28,08	Ruim
P4	25	25	23	23	23	23	23	23	23	23	24	21	25	23,38	Péssimo
P5	26	26	28	29	24	25	29	34	33	29	32	30	30	28,85	Ruim
P6	29	30	31	31	28	28	31	35	32	30	34	33	34	31,23	Razoável
P7	30	30	26	27	27	27	31	32	32	28	32	30	30	29,38	Ruim
P8	30	27	27	31	27	31	27	29	29	31	27	24	26	28,15	Ruim
P9	27	27	31	29	27	29	31	33	33	30	32	30	31	30,00	Ruim

P10	26	26	27	30	27	30	27	24	24	30	25	25	33	27,23	Péssimo
P11	31	31	32	34	33	34	31	32	30	30	29	30	32	31,46	Razoável
T	28,6	29,3	29,8	30,1	28,1	29,1	30,0	30,9	30,1	30,0	30,7	28,4	30,9	29,74	Ruim

Fonte: Autoria própria (2024).

Com relação ao comportamento do parâmetro, “Grau de Conservação”, a partir da média anual, (Gráfico 18), observou-se uma queda no mês de Fevereiro provavelmente em virtude das chuvas intensas que alteram a coloração da água deixando-a barrenta transportando mais resíduos das margens para o rio; já no mês de setembro “período de seca” a diminuição do grau de conservação pode estar relacionado as condições climáticas adversas que afetam a vegetação período onde a vegetação fica vulnerável por causa da falta de chuva, ao calor excessivo e possibilidade de queimadas além do aumento das atividades humanas em busca de serviços, banho e lazer próximo ao rio. Com base no exposto tanto as condições climáticas quanto as atividades humanas alteram o grau de conservação das áreas estudadas.

Gráfico 18 – Variação do parâmetro “Grau Conservação” ao longo do ano (comportamento do parâmetro)



Fonte: Autoria própria (2024).

6.3.3. Quadro Global de Cores

O “Quadro Global de Cores” (Quadro 28) foi elaborado para melhor visualizar e indicar quais parâmetros estão bons e quais precisam ser melhorados/recuperados nos respectivos pontos. As cores correspondem ao “comportamento dos parâmetros” analisados separadamente nos tópicos anteriores. Os quadrados “vermelhos” apontam os principais problemas de cada ponto indicando assim, os parâmetros que devem ser trabalhados/recuperados em cada ponto. Os quadros “laranja”, estão em segundo lugar de

prioridade, mas também devem ser trabalhados para recuperar a qualidade ambiental dos pontos no trecho estudado. O ponto 4 é ponto que mais precisa de intervenções.

Quadro 31 – Quadro Global de Cores dos pontos e dos trechos

Pont o de Colet a	Cor	Odor	Lixo	Mat. Flutu.	Espuma	Óleo	Esgoto	Vegetação	Uso anima.	Uso antróp.	Residên.	Á. Inser.	Á. Cultivo	Média Anual	Grau de Conserva.	CLAS.	LEG
P1															Bom	Ótimo	
P2															Razoável	Bom	
P3															Ruim	Razoável	
P4															Péssimo	Ruim	
P5															Ruim	Péssimo	
P6															Razoável	Ruim	
P7															Ruim	Razoável	
P8															Ruim	Ruim	
P9															Ruim	Ruim	
P10															Péssimo	Péssimo	
P11															Razoável	Razoável	
T															Ruim	Ruim	

Fonte: Autoria própria (2024).

Para recuperação global do trecho sugere-se iniciar com o imediato controle do “lixo” descartado, pois este parâmetro afetou praticamente todos os pontos e uma vez que o controle do descarte do “lixo” for efetivo, trará melhoria para a sustentabilidade ambiental e econômica do Rio Parnaíba e diminuirá também os “materiais flutuantes”. Outra medida eficaz para a recuperação da qualidade e grau de conservação da área está relacionado aos “esgotos”, pois uma vez que este parâmetro for melhorado ocorrerá alterações positivas nos parâmetros “cor”, “odor”, “espuma” e “óleo”. Vale ressaltar que o controle de “lixo” e “esgoto” são medidas relacionadas ao Saneamento Básico que é um direito da população e uma obrigação, constitucional, do poder público. Se bem executadas essas medidas trarão melhorias na qualidade em curto prazo.

Devem ser tomadas medidas urgentes relativas às diversas formas de ocupações nas margens do rio, pois trata-se de uma área de risco de inundação que não deveria ser ocupada, muito menos por residências. A redução das ocupações irá amenizar os impactos ambientais decorrentes das ações antrópicas na qualidade da água do rio Parnaíba. Trata-se de um tópico delicado, pois a ocupação da área é histórica e isso pode impactar a vida das populações que residem e trabalham na região, por isso a população deve ser orientada no sentido de evitar novas ocupações e as atividades e ocupações temporárias deve ter estudos de impactos ambientais além do licenciamento ambiental.

Estudar os impactos ambientais, o grau de conservação e as mudanças ambientais e sociais que ocorrem nestas áreas, é fundamental para garantir a sustentabilidade da sua qualidade e garantia das atividades humanas. Estas áreas estão constantemente sujeitas à

diversas alterações tanto climáticas, quanto antrópicas, portanto, torna-se um desafio verificar como estas alterações se manifestam na área à longo prazo e se os impactos ambientais podem prejudicar a qualidade ambiental do rio Parnaíba.

6.4. Considerações Finais

As áreas no entorno dos rios (matas ciliares, APPs, florestas ripárias, entre outras nomenclaturas) são fundamentais para a proteção dos ecossistemas aquáticos, o bem-estar das espécies, das populações ribeirinhas, bem como da sustentabilidade das atividades humanas. São nessas áreas onde a fauna cria abrigo, onde a flora estabelece uma barreira de proteção do rio e onde as comunidades coletam água para suas diversas atividades

Neste sentido a análise macroscópica fornece uma análise rápida, estruturada, com diversos parâmetros que permitem observar a situação do grau de conservação da área de forma global.

A aplicação dessa metodologia macroscópica, mês a mês, ao longo de um ano permitiu observar as mudanças ambientais e sociais que ocorrem durante o ano e de que forma estas mudanças impactam a mata ciliar e o rio. Além disso foi possível obter uma análise do grau de conservação tanto dos pontos quanto do trecho como um todo.

A metodologia possibilitou identificar de forma rápida a presença de diversos parâmetros ligados à qualidade ambiental (lixo, óleo, espuma, esgotos, degradação da vegetação) do rio Parnaíba que podem fornecer informações valiosas sobre a qualidade ambiental e grau de conservação local. O presente trabalho permitiu aplicar a análise macroscópica em um rio, ao longo de diversos pontos fornecendo uma avaliação global sobre o trecho estudado, como se comportam as alterações ao longo do tempo, através da análise do “comportamento do parâmetro” a partir da média anual, e, através do “Quadro Global de Cores”, a partir dos resultados obtidos, avaliar quais medidas podem ser tomadas para a melhoria da qualidade ambiental de cada ponto e do trecho como um todo.

O trecho estudado no Rio Parnaíba, com base nos dados apresentados, possui um grau de conservação “Ruim”, sendo a maioria dos parâmetros avaliados alterados negativamente pela ocupação desordenada das áreas próximas ao rio. A presença de “lixo” tanto descartado no local, bem como trazido pela chuva e sistemas de drenagem, além da presença de esgotos com fluxo de água perene e intermitente, causam impactos negativos no Rio Parnaíba causando degradação das suas margens, alteração do leito do rio além da poluição que prejudica a qualidade da água.

REFERÊNCIAS

- BARBIERI, L. E. Investigando o campo do saber “Micologia” na formação de professores de Ciências e Biologia de universidades da região sul do estado do Rio Grande do Sul. 2023. 93 f. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2023. Disponível em: <<https://pergamum.ufpel.edu.br/pergamumweb/vinculos/000103/00010311.pdf>>. Acessado 25/04/2024.
- BIZZO, M. R. O.; MENEZES, J. ANDRADE, S.F. Protocolos de Avaliação Rápida de Rios (PAR). **Caderno de Estudos Geoambientais-CADEGEO**, v.04, n.01, p.05-13, 2014.
- BONJORNO, J. R. Prisma matemática: Funções e progressões: Ensino Médio. São Paulo: Editora FTD, 2020.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005. Conselho Nacional de Meio Ambiente, Brasília, 2005. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_a_ltrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf>. Acessado em 19/02/2024.
- BRASIL. Lei dos Crimes Ambientais. Lei nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Disponível em <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9605.htm>. Acesso em: 20/06/2023.
- BRASIL. Lei n. 12.608, de 10 de abril de 2012, Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm>. Acessado em: 26/04/2024.
- CALLISTO, Marco *et al.* Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividade de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 14, n.1, p.91-98, 2002.
- CAMPELO, R. M.; BRAUNA, C. H. C.; SILVA, C. E. Carga poluidora na microbacia urbana Lagoas do Norte, Teresina, Piauí. In: 30º Encontro Técnico AESabesp - Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente. 30 Feira Nacional de Saneamento e Meio Ambiente, 2019. 30 Feira Nacional de Saneamento e Meio Ambiente. Código 183. 2019.
- CASTRO, Antônio Luiz Coimbra de. Glossário de Defesa Civil estudos de riscos e medicina de desastres. 5. ed. Brasília, DF: Secretaria Nacional de Defesa Civil (SEDEC), (2020). Disponível em: <<https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosDefesaCivil/ArquivosPDF/publicacoes/glossario.pdf>>. Acessado em 20/09/2023.
- CAVALCANTE, F. S.; CAMPOS, M. C. C.; LIMA, J. P. S. A importância dos macrofungos para o meio ambiente. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 13, n. 1, p. e7982-e7982, 2024.
- Coordenação de Comunicação Social do Governo do Piauí – CCOM. Ampliação do sistema de esgotamento sanitário de Teresina beneficiará mais de 480 mil pessoas. Governo do Estado

do Piauí. Disponível em < <https://antigo.pi.gov.br/noticias/ampliacao-do-sistema-de-esgotamento-sanitario-de-teresina-vai-beneficiar-mais-de-480-mil-pessoas/> >. Acessado em: 27/07/2024.

CHAVES, S. V. V.; ANDRADE, C. S. A incidência dos desastres naturais em Teresina, Piauí e o perfil da população vulnerável às inundações/The incidence of natural disasters in Teresina, State of Piauí and the profile of the population vulnerable to floods. **Caderno de Geografia**, v. 27, n. 1, p. 159-188, 2017.

COUTO, R. M. P.; MIGUEL, M. C.; BRANCO, A. C.; SANTOS, P. S. Répteis e anfíbios dos fragmentos de Mata Atlântica sazonal no norte do Paraná, Brasil. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, v. 16, n. 4, p. e3962, 2024. DOI: 10.55905/cuadv16n4-096. Disponível em: < <https://ojs.europublications.com/ojs/index.php/ced/article/view/3962> >. Acessado em: 19/05/2024.

CRUZ, F. C.; CRUZ, A. C.; ROSSATO, M. V. Identificação e Avaliação de Impactos Ambientais: um estudo de caso. **REGET – UFSM**. v. 18 n. 2. p.777-791, 2014.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Fundamentos do Controle de poluição das águas**. Módulo II – Prevenção da poluição ambiental e controle de fontes. Apostila Pós-graduação Lato Sensu. São Paulo: Escola Superior da CETESB. 2018.

FALCO, J. G. **Estatística aplicada**. Cuiabá: EdUFMT; Curitiba: UFPR, 2008.

GANDARA, G. S. **Rio Parnaíba**: Cidades-Beira. 2008.

GOMES, P. M.; MELO, C.; VALE, V. S. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia-MG: análise macroscópica. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v.17, n.32, p.103-120, 2005.

GOMES, E. R. Diagnóstico e avaliação ambiental das nascentes da serra dos matões, município de Pedro II, Piauí. 2015. 209 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Pós-Graduação em Geografia Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho” Campus Rio Claro, 2015. Disponível em < <https://repositorio.unesp.br/items/987e83e6-865e-4507-bbb3-8434f2e2ebb4> >. Acessado em: 27/07/2024.

GRISI, B. M. **Glossário de ecologia e ciências ambientais**. 2 ed. revisada e ampliada. João Pessoa: UFPB, 2000. 200 p.

HUDSON, A. A. Répteis e anfíbios da Floresta Nacional de Ritópolis. 2020. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) ICB – Instituto de Ciências Biológicas, Juiz de Fora, 2020.

HURTADO, T. C.; BRUM, B. R.; BATISTA, M. S.; D’ÁVILA, R. S.; IGNÁCIO, Á. R. A. Estudo quantitativo temporal sobre a contaminação de aves aquáticas por metais. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 8, p. e993986710, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i8.6710. Disponível em: < <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/6710> >. Acessado em: 19/05/2024.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). Apoio tecnológico ao desenvolvimento de programas e medidas ambientais da fase de instalação do trecho sul do Rodoanel (SP-021): atividades de novembro/2008. São Paulo: IPT, Relatório Técnico, 2008.

JESUS, F. R. Óleo de cozinha usado e o seu descarte—um estudo realizado na cidade de São Raimundo Nonato e região. **Revista Foco**, v. 17, n. 1, p. e4144-e4144, 2024.

REZENDE, L.; KAISER, I. M.; PEIXOTO, A. S. P. Vulnerabilidade ambiental das margens do Rio Tietê. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 136-166, 2018.

REZENDE, J. H.; LUCA, M. V. Avaliação rápida de rios e nascentes como instrumento de análise ambiental urbana e rural. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.8, n.4, p.85-100, 2017.

LEVIGHINI, A. C. P. Avaliação de barreiras flutuantes na retenção de sólidos suspensos. 2020. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas, 2020.

MACHADO, A. P. F. Adaptação de um protocolo de avaliação rápida de rios e sua utilização como recurso didático em educação ambiental no ensino médio. 2019. 68 f. Dissertação (Mestrado em Conservação de recursos Naturais do Cerrado) – Pós-Graduação em Recursos Naturais do Cerrado. Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, Urutaí, GO, 2019.

MARROQUIM, Paula Maria Guimarães *et al.* Análise da vegetação em área de mata ciliar no Baixo São Francisco, em Sergipe. **Advances in Forestry Science**, v. 10, n. 2, p. 2013-2029, 2023.

MORGAN-MARTINS, M. I. *et al.* Reciclo-óleo: do óleo de cozinha ao sabão ecológico, um projeto de educação ambiental. **Cinergis**, v. 17, n. 4, 2016.

NASCIMENTO, M. E. M., Araras-Canindé (*Ara ararauna*) em área urbana como bioindicadoras de qualidade ambiental, 2024. 54f. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Veterinárias). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campo Grande, 2024.

OLIVEIRA, E. P. *et al.* Avaliação e desenvolvimento experimental para testes de barreiras flutuantes visando à contenção de sólidos suspensos. **Revista DAE**, v. 213, n. 66, p. 36-47, 2018.

PEDROSO, L. B.; COLESANTI, M. T. M. Protocolo de Avaliação Rápida de Rios durante período de estiagem em trechos da bacia hidrográfica do Ribeirão da Areia, Goiás. **Revista de Geografia**. Recife, v. 35, n. 3, 2018.

REZENDE, L.; KAISER, I. M.; PEIXOTO, A. S. P. Vulnerabilidade ambiental das margens do Rio Tietê. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 136-166, 2018. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil – SEDEC. Publicações. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. 2020. Disponível em < <https://www.gov.br/mdr/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/protecao-e-defesa-civil-sedec> >. Acessado em: 20/04/2024.

SANTOS, D. F.; MARINHO, J. Z. S. Em busca da “terra da promessa”: o rio Parnaíba no contexto de fundação de uma nova capital para o Piauí (1852-1858). **Revista Humana Res**, v. 1, n. 4, 2021. ISSN: 2675-3901 p. 89 a 109, 2021.

SCHAFASCHEK, A. M. Desenvolvimento de uma ecobarreira na busca de uma gestão de resíduos sólidos eficiente: uma iniciativa para recuperação do rio da lança, MAFRA/SC. In: XIII Encontro nacional de águas urbanas e III Simpósio de revitalização de rios urbanos, 2020, Porto Alegre. XIII Encontro nacional de águas urbanas e III Simpósio de revitalização de rios urbanos, 2020.

SARAIVA, V. C. *et al.* Avaliação da fertilidade do solo e a supressão da mata ciliar de uma área do rio Parnaíba: impactos ambientais em uma perspectiva educacional. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 41061-41077, 2020.

SILVA, C. E. F. *et al.* Análise macroscópica da qualidade dos recursos hídricos das bacias hidrográficas dos córregos Lava-Pés e Pedrinhas em Silvânia/GO. **Revista Tecnia**, v. 4, n. 2, p. 46-64, 2019.

SILVA, J. V. M.; OLIVEIRA, M. F. A.; CASTILHO, Q. G. S. Ações de comunicação e incentivo a reutilização sustentável do óleo de cozinha na fabricação de sabão. **Revista Eletrônica Multidisciplinar de Investigação Científica**, v. 3, n. 14, 2024.

SILVA-JÚNIOR, W. F. S.; ARAÚJO, L. A. Óleo de cozinha como um agente poluente do meio ambiente: uma avaliação dos seus impactos por meio dos moradores de Paulista-PE. **Revista vivência em ensino de ciências**, v. 2, p. 220-228, 2018.

SILVA, M. A.; LOUREIRO, C. V.; ANDRADE, A. L. M. Agricultura de vazante no semiárido nordestino: uma análise dos impactos ambientais em setor do baixo curso do Rio Sitiá, Banabuiú-CE. **William Morris Davis - Revista de Geomorfologia**, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 12, 2024. DOI: 10.48025/ISSN2675-6900.v5n1.2024.615. Disponível em: <<https://williammorrisdavis.uvanet.br/index.php/revistageomorfologia/article/view/282/220>> Acessado em: 07/06/2024.

SILVA-NETO, I. F.; DUARTE, M. B. S.; CANUTO, M. A. D. F.; AGUIAR, A. M. Uma breve revisão sobre a utilização de abelhas como bioindicadores de contaminação ambiental: Ênfase na *Apis mellifera* L. **Revista Semiárido De Visu**, v. 9, n. 3, p. 204-210, 2021. Disponível em <<https://revistas.ifsertao-pe.edu.br/index.php/rsdv/article/view/12/319>>. Acessado em: 08/05/2024.

STARK, A. A. P.; BONFADA, C. O.; ZANI, G. S.; PAULA, L. S.; TELES, M. A.; VARELA JUNIOR, A. S.; CORCINI, C. D.; FRANÇA, R. T. Metais pesados e sua relação como estresse oxidativo em répteis. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 3, p. e27511326571, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i3.26571. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/26571>>. Acesso em: 19/05/2024.

URUSHIMA, F. Y.; CASTRO, S. M.; YOSHIKAWA, V. N.; MORINI, M. S. C. Monitoramento de espécies bioindicadoras: abelhas nativas na reserva particular do patrimônio natural (RPPN) Botujuru. *Revista Científica UMC*, [S. l.], v. 8, n. 2, p. e080200032, 2023. Disponível em: <https://revista.umc.br/index.php/revistaumc/article/view/1893> . Acessado em: 08/05/2024.

VASCONCELOS FILHO, P. C. Evolução no centro urbano de Teresina. **Revista do Conselho de Arquitetura e Urbanismo CAU/PI** (online), Teresina, 27 mar. 2020. Disponível em: <<https://www.caupi.gov.br/wp-content/uploads/2020/03/EVOLUCAO.pdf>>. Acessado em:12/03/2022.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4.ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014. 470 p.

ZAGO-NETO, O. G.; DEL-PINO, J. C. **Trabalhando a química dos sabões e detergentes**. Porto Alegre (RS): Fapergs, 72p, 2008.

7 ARTIGO VI - ANÁLISE AMBIENTAL DA QUALIDADE DA ÁGUA NA MARGEM DO RIO PARNAÍBA, COM BASE EM PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

7 ARTICLE VI - ENVIRONMENTAL ANALYSIS OF WATER QUALITY ON THE BANK OF THE PARNAÍBA RIVER, BASED ON PHYSICAL-CHEMICAL PARAMETERS

Jorge Henrique e Silva Júnior*

Fabio de Oliveira Matos**

RESUMO

A análise da qualidade da água com base em parâmetros físico-químicos, é muito importante para monitorar a qualidade da água e evitar problemas ambientais para os ecossistemas e para a saúde humana. A avaliação da qualidade da água nas margens do rio é indispensável, pois, é nessa região onde as comunidades ribeirinhas utilizam a água para suas atividades, também é nessa região onde a fauna da mata ciliar tem contato com o rio, além disso as alterações de profundidade, correnteza (gradientes, horizontais e verticais) serão menores o que possibilita um trabalho mais seguro. Nesta pesquisa buscou-se realizar uma análise físico-química da qualidade da água na margem do rio Parnaíba, no perímetro urbano de Teresina-PI, em um trecho de 8,7 km, com 11 pontos de coleta, durante 13 meses (1 ano completo).. A área de estudo possui estruturas, desde galerias para drenagem da água da chuva, uma estação de tratamento de água para abastecimento, hortas comunitárias, estruturas residenciais e comerciais. Como resultados foram observados parâmetros físico-químicos da análise de água evidenciando o estado de conservação do rio Parnaíba nos pontos selecionados para o estudo. Observou-se que alguns parâmetros estavam acima do permitido pela resolução CONAMA 357/2005. A análise estatística permitiu observar a uma correlação entre os parâmetros, em especial do Cromo, Manganês e LAS (Linear Alquil Benzeno).

Palavras-chave: Análise Ambiental; Qualidade da Água; Parâmetros Físico-químicos; Zona Ripária.

* Aluno do programa de Doutorado em Geografia da UFC, Professor do IFPI.

** Professor do programa de Doutorado em Geografia da UFC, Professor do UFC.

ABSTRACT

Water quality analysis based on physical and chemical parameters is very important for monitoring water quality and avoiding environmental problems for ecosystems and human health. Assessing water quality on the riverbanks is essential because this is the region where riverside communities use water for their activities. It is also the region where the fauna of the riparian forest has contact with the river. Furthermore, changes in depth and current (horizontal and vertical gradients) are smaller, which allows for safer work. This study sought to perform a physical and chemical analysis of water quality on the banks of the Parnaíba River, in the urban perimeter of Teresina-PI, in a stretch of 8.7 km, with 11 collection points, over a period of 13 months (1 full year). The study area has structures, including galleries for draining rainwater, a water treatment plant for supply, community gardens, and residential and commercial structures. As a result, physical-chemical parameters of the water analysis were observed, evidencing the conservation status of the Parnaíba River at the points selected for the study. It was observed that some parameters were above the permitted levels by CONAMA resolution 357/2005. The statistical analysis allowed us to observe a correlation between the parameters, especially Chromium, Manganese and LAS (Linear Alkyl Benzene).

Keywords: Environmental Analysis; Water Quality; Physicochemical Parameters; Riparian Zone

7.1. Introdução

As ações antrópicas e uso desenfreado dos recursos naturais, em especial sobre os recursos hídricos podem resultar na poluição e degradação dos mananciais, principalmente os urbanos (Milani, Lara, Costa, 2022; Soares, Silva, Batista, 2019).

A poluição das águas pode ser definida como a alteração de suas características físicas, químicas ou biológicas, que prejudica um ou mais de seus usos preestabelecidos, ou seja, a água disponível para ser utilizada deve estar associada à usos atuais ou futuros que deverão estar compatíveis com sua qualidade também atual ou futura, portanto o controle da poluição está diretamente relacionado com a proteção da saúde, garantia do meio ambiente ecologicamente equilibrado e a melhoria da qualidade de vida (Soares, Cruz, Silva, 2019; Brasil, 2005; Bassoi, Guazelli, 2004).

A análise da qualidade da água com base em parâmetros físico-químicos, exigida pelos órgãos ambientais e de saúde, é muito importante, sendo necessária para monitorar a

qualidade da água e evitar problemas ambientais para os ecossistemas e para a saúde humana. Existem diversos parâmetros físico-químicos que avaliam a qualidade da água tanto para o consumo humano, quanto para as diversas atividades humanas, além de padrões de qualidade para os ecossistemas aquáticos (Tigga, Pandey, 2024).

A Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei nº 9.433/1997 (BRASIL, 1997), conhecida como “Lei das Águas”, tem como diretriz garantir a gestão sistemática dos recursos hídricos, a adequação da gestão de recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do País, e a Gestão Ambiental integrada deste recurso, utilizando diversas estratégias, dentre elas o enquadramento dos corpos hídricos para assegurar às águas qualidade dos recursos hídricos considerando os usos múltiplos e os custos de combate à poluição mediante ações preventivas permanentes. Por sua vez a Resolução CONAMA nº 357/2005 (Brasil, 2005) traz o os critérios de enquadramento e classificação dos recursos hídricos com base em parâmetros físico-químicos e observação dos usos múltiplos.

A qualidade da água superficial está relacionada à condicionantes naturais (regime de chuvas, geologia, escoamento superficial, cobertura florestal, entre outro) e condicionantes antrópicos (lançamento de efluentes, tanto de fontes pontuais como difusas, manejo do solo, entre outros) (Girardi, 2019).

Portanto, para o controle da qualidade da água e a garantia de seus respectivos usos é fundamental o conhecimento dos parâmetros físico-químicos específicos de cada manancial, seu enquadramento e aspectos naturais e possíveis fontes de poluição.

Contudo, identificar e quantificar, por meio de análises físico-químicas os efeitos da poluição (sejam pontuais e/ou difusas) sobre os recursos hídricos é grande desafio principalmente nos rios, devido às múltiplas atividades poluidoras, diversos aspectos ambientais, porém é possível que sejam feitas análises considerando critérios básicos estabelecidos pela própria legislação que determina os limites aceitáveis de cada parâmetro físico-químico em cada classe (Girardi, 2019; Brasil, 2005).

Neste sentido o presente estudo buscou fazer uma análise ambiental da qualidade da água na margem do rio Parnaíba, com base em parâmetros físico-químicos.

7.2. Metodologia

Trata-se de uma pesquisa experimental, com levantamento e estudo de campo, e análise em laboratório dos parâmetros físico-químicos (Temperatura, pH, Oxigênio, Nitrogênio,

Fósforo, Manganês, Ferro, Alumínio, Cromo e Cobre), com o kit de análise de água doce da Alfakit, tendo fundamentação legal a Resolução Conama nº 357 de 2005.

7.2.1. Área de Estudo

A área de estudo está localizada em Teresina, no estado do Piauí, Brasil, às margens do Rio Parnaíba, no perímetro urbano, entre o Centro Administrativo de Teresina Av. Maranhão e o Parque Ambiental Encontro dos Rios, Av. Boa Esperança e Rua Firmino Filho.

O trecho selecionado para o estudo, que corresponde ao Médio Parnaíba/Poti, possui diversas atividades (urbanas e rurais) bem como estruturas, desde galerias para drenagem da água da chuva, uma estação de tratamento de água para abastecimento, hortas comunitárias, estruturas residenciais e comerciais. Estas atividades podem estar causando impacto sobre o rio de forma difusa e/ou pontual. Foram selecionados 11 pontos para o estudo (Quadro 32):

Quadro 32 – Descrição dos pontos no Rio Parnaíba selecionados para o estudo

PONTO	DESCRIÇÃO
P1	Após o Centro Administrativo de Teresina (CAT): a jusante (depois) do CAT está localizado na Av. Maranhão. O ponto encontra-se na margem do rio, a montante (antes) do primeiro trecho de lavadores de carro.
P2	Após Lavadores de carro, na Av. Maranhão: a jusante (depois) do primeiro trecho de lavadores de carro.
P3	Galeria: localizada logo após a interseção entre Av. Maranhão e a Av. Joaquim Ribeiro, onde possui uma galeria da água pluviais
P4	“Troca-troca”: Localizado próximo aos comércios “Troca-troca” e nas proximidades do “Shopping da Cidade”.
P5	Ponte Metálica: Localizado à montante (antes) da área dos lavadores de carro, próximo a “Ponte Metálica” que liga a cidade de Teresina a cidade de Timon no Estado do Maranhão.
P6	Iate Clube: Localizado nas proximidades de um clube – “o Iate Clube de Teresina”
P7	Bar dos Pescadores: Bar dos pescadores, à montante (antes) da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE - Pirajá), localizado em um bairro de Teresina – O bairro Pirajá.
P8	Após a Estação de Tratamento de Esgoto: a jusante (depois) da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE - Pirajá).
P9	Antes do Lagoas do Norte: Localizado na Av. Boa Esperança, à montante (antes) do parque ambiental “Lagoas do Norte”.
P10	Depois do Lagoas do Norte: Localizado na Av. Boa Esperança, a jusante (depois) do parque ambiental “Lagoas do Norte” próximo a um setor com atividades agrícolas (currais, hortas comunitárias etc.).
P11	“Encontro dos Rios”: Localizado na Av. Boa Esperança, dentro do parque ambiental “Encontro dos rios

Fonte: Autoria própria (2024).

7.2.2. Análise dos parâmetros físico-química da qualidade da água do rio Parnaíba

7.2.2.1. Coleta das amostras de água

Para a análise da qualidade da água (aspectos físicos e químicos) foram feitas coletas de amostras de água, nos pontos selecionados, utilizando-se frascos esterilizados que foram lavados três vezes com a água do rio, coletadas nas margens. Optou-se por coletar a água

das margens, pois é nessa região onde se concentram uma maior quantidade de poluentes/contaminantes. As margens são locais de acesso a água utilizada por animais e pelas comunidades ribeirinhas (na lavagem de roupas, pesca, recreação, entre outros usos). Utilizou-se um oxímetro da marca oxímetro DO 5519 Lutron, para medir a concentração de oxigênio e a temperatura no local (Figura 72).

Figura 72 – Oxímetro



Fonte: Autoria Própria (2024).

7.2.2.2. *Análise dos parâmetros físico-químicos das amostras de água*

As amostras coletadas foram transportadas para o laboratório do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Estado do Piauí – IFPI (Figura 73), e analisadas dentro de 24h, com auxílio um “EcoKit” de análise água doce (Figura 74) e “CardKits” (Figura 75) para análise de metais, todos da marca Alfakit, que são compostos de testes colorimétricos. Os parâmetros avaliados em laboratório foram: pH; Oxigênio Dissolvido, Nitrogênio (Amônia, Nitrito, Nitrato), Fósforo e Metais (Alumínio, Ferro, Cromo, Cobre e Manganês).

O EcoKit tem sido utilizado em diversos estudos de diagnostico para analise e monitoramento de qualidade das águas, tendo sido muito útil ao processo, especialmente por possibilitar participação de membros das comunidades rurais e urbana, orientando para importância da conservação dos recursos hídricos naturais. Vale ressaltar que o Kit é uma ferramenta com grande aplicabilidade prática, desenvolvido especialmente para a difusão de conhecimento referente a recursos hídricos de maneira simplificada, além de ser um método rápido, prático, simples e objetivo, desenvolvido para o controle da qualidade de água (Froes, Rocha-Lima, 2020; Almeida, Souza, 2019).

Figura 73 – Preparo das bancadas de trabalho e das amostras a serem analisadas



Fonte: Autoria Própria (2024).

Figura 74 – Ecokit água doce Alfakit



Fonte: Autoria Própria (2024).

Figura 75 – Cadkit



Fonte: Autoria Própria (2024).

7.2.3. Análise Estatística das amostras de água

Para análise estatística foram aplicados tres testes: 1 - “Correlação de Pearson (r)”;

2 - “Análise hierárquica e mapa de calor”;

3 - “Análise de componentes principais (PCA)”.

Foi aplicado análise de correlação de Pearson (r), dos parâmetros fisico-quimicos, para avaliar a presença ou ausência de correlações significativas, sendo aceitos coeficientes de valores de moderado a forte ($r > 0,4$) e com $p < 0,05$. Além disso, para avaliar o grau de similaridade entre as amostras estudadas e quais variáveis as afetaram significativamente, foram aplicadas a

técnica de reconhecimento de padrões não supervisionados, análise hierárquica de cluster (HCA) com o mapa de calor e análise de componentes principais (PCA). No HCA e no PCA as amostras foram organizadas em pontos representados identificados como ponto, mês e ano. Assim, por exemplo, o P010121 indica o ponto 01 do mês de janeiro do ano de 2021.

Utilizou-se o software RStudio de código aberto (versão 2022.12.0+353) baseado na linguagem R (versão 4.1.1), para realizar as análises “Correlação de pearson” “Mapa de Calor” “PCA – Análise dos componentes principais” .

7.3. Resultados e Discussões

Os resultados estão apresentados e discutidos nos tópicos a seguir: “7.3.1 - Análise dos parâmetros físico-químicos das amostras de água”, como base na resolução Conama Nº 357/2005 (Tabela 5); “7.3.2 – “Análise estatística das amostras de água”.

O rio Parnaíba embora não possua um enquadramento definitivo, neste estudo foi considerado como pertencente a classe II, conforme a Resolução Conama 357/2005, Art. 42, “Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, as salinas e salobras classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente” (Brasil, 2005).

Tabela 5 – Padrões de qualidade da água e classes de enquadramento, segundo a resolução CONAMA 357/2005, com destaque para a Classe II, do Rio Parnaíba

Resolução CONAMA nº 357/2005	Artigo 14	Artigo 15	Artigo 16	Artigo 17
CLASSE DO RIO	I	II	III	IV
Temperatura	-	-	-	-
pH	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Oxigênio dissolvido (mg/L O ₂)	O ₂ ≥ 6,0	O ₂ ≥ 5,0	O ₂ ≥ 4,0	O ₂ ≥ 2,0
Alumínio dissolvido (mg/L Al)	0,1	0,1	0,2	-
Cobre dissolvido (mg/L Cu)	0,009	0,009	0,013	-
Cromo total (mg/L Cr)	0,05	0,05	0,05	-
Ferro dissolvido (mg/L Fe)	0,3	0,3	5,0	-
Fósforo total (ambiente lótico /rios) (mg/L P)	0,1	0,1	0,15	-
Manganês total (mg/L Mn)	0,1	0,1	0,5	-
Nitro. Amoniacal total (mg/L N)	3,7 p/ pH ≤ 7,5	3,7 p/ pH ≤ 7,5	13,3 p/ pH ≤ 7,5	-
	2,0 p/ 7,5 <pH ≤ 8,0	2,0 p/ 7,5 <pH ≤ 8,0	5,6 p/ 7,5 <pH ≤ 8,0	-
	1,0 p/ 8,0 <pH ≤ 8,5	1,0 p/ 8,0 <pH ≤ 8,5	2,2 p/ 8,0 <pH ≤ 8,5	-
	0,5 p/ pH ≥ 8,5	0,5 p/ pH ≥ 8,5	1,0 p/ pH ≥ 8,5	-
Nitrito (mg/L N)	1,0	1,0	1,0	-
Nitrato (mg/L N)	10,0	10,0	10,0	-

Fonte: adaptado de Brasil (2005).

7.3.1. Análise dos parâmetros físico-químicos das amostras de água

7.3.1.1. Temperatura

A temperatura é um parâmetro importante para a vida aquática, tendo influência em vários parâmetros físico-químicos (solubilidade de gases e sais minerais, desnaturação de proteínas, crescimento microbológico, entre outros), bem como pode ser influenciada por diversos fatores (altitude e latitude; estação do ano; período do dia, absorção dos raios Ultravioleta (UV), profundidade e fluxo correnteza, etc.) (Almeida, Souza, 2019).

Os dados obtidos mostram que a maioria dos pontos apresentou, temperatura variando de 26 a 31 °C (Tabela 6), considerada por alguns estudos como normal e favorável a vida aquática para as condições climáticas locais (Rocha, 2016; Costa Ferreira, 2015; Esteves, 1998). A temperatura dos corpos d'água, caso não haja anormalidades e/ou impactos ambientais, tende a seguir a temperatura da atmosfera, contudo, o calor específico da água garante a estabilidade térmica dos ecossistemas aquáticos, quando comparado aos terrestres (Costa, Ferreira, 2015; Esteves, 1998).

Tabela 6 – Valores relativos ao parâmetro “Temperatura” mês a mês nos pontos

DADOS COLETADOS: TEMPERATURA (°C)												
P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	T
OUT.	26,20	26,30	26,50	27,00	26,80	27,00	26,40	27,10	26,40	26,20	26,80	26,59
NOV.	28,00	28,00	28,00	29,00	29,00	28,00	28,00	28,00	29,40	29,20	28,90	28,46
DEZ.	28,00	28,00	28,00	29,00	29,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,50	28,20
JAN.	28,00	28,00	28,00	29,00	29,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,20
FEV.	29,20	29,10	29,00	29,50	29,20	29,60	29,60	29,80	29,40	29,20	29,60	29,36
MAR.	29,40	29,10	29,90	29,30	29,30	29,50	29,40	29,50	29,40	29,30	29,40	29,41
ABR.	29,20	29,20	29,30	29,70	29,30	29,50	29,50	29,40	29,50	29,30	29,60	29,39
MAI.	29,50	29,20	29,20	29,50	29,30	29,50	29,40	29,40	29,30	29,60	29,50	29,39
JUN.	29,50	29,20	29,20	29,50	29,30	29,50	29,40	29,40	29,30	29,60	29,50	29,39
JUL.	29,50	29,20	29,20	29,50	29,30	29,50	29,40	29,40	29,30	29,60	29,50	29,39
AGO.	29,70	28,80	30,30	29,70	29,20	29,30	29,00	29,60	29,00	29,70	30,00	29,43
SET.	29,50	29,20	29,20	29,50	29,30	29,50	29,40	29,40	29,30	29,60	29,50	29,39
OUT.	30,50	30,20	29,50	30,00	30,20	30,50	30,40	30,40	30,40	30,50	30,50	30,26
MÉD.	28,94	28,73	28,87	29,25	29,09	29,03	28,92	29,03	28,98	29,06	29,18	28,989

Fonte: Autoria própria (2024).

As variações de temperatura são partes do regime climático dos corpos de água naturais e variam dependendo de fatores tais como, latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade, sendo que os organismos aquáticos possuem limites de temperatura superior, inferior e ótima para crescimento, migração, desova e incubação do ovo (CETESB, 2018).

A temperatura é um fator importante para o rio Parnaíba e no caso específico de Teresina, a cidade é conhecida popularmente como uma das capitais mais quentes do Brasil, com temperaturas elevadas, (média de 28°C e máximas que ultrapassam os 40°C), o que

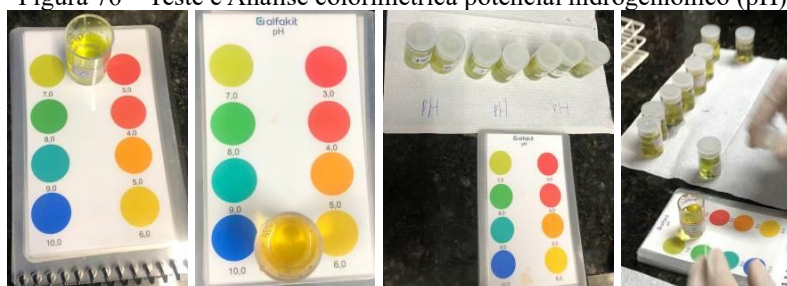
ameniza as temperaturas elevadas são a precipitação (média de 1.365,3 mm) e existência de várias lagoas naturais e riachos, que influenciam significativamente nas condições climáticas locais da cidade (Teixeira, 2022). Sobre as mudanças climáticas, a tendência é que essas temperaturas fiquem ainda mais elevadas com o passar dos anos, o que poderá gerar impactos desastrosos no território piauiense, principalmente, em relação à disponibilidade hídrica, produção agrícola e bem-estar da população (Silva, *et al* 2024; Rocha Alencar, 2024; Fernandes, *et al*, 2020). A resolução n° 357/2005 do Conama não possui valores máximos e mínimos ao longo de suas classes para o parâmetro temperatura, a resolução apenas determina alguns parâmetros de temperatura para os efluentes lançados no corpo hídrico (Brasil, 2005).

7.3.1.2. Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH, potencial hidrogeniônico, é uma medida que influi em diversos equilíbrios químicos que ocorrem naturalmente, sendo que, nos ecossistemas naturais produz inúmeros efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies, além de contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados; podem exercer efeitos sobre as solubilidades de nutrientes (CETESB, 2018).

A Resolução CONAMA n° 357/2005 também determinou limite mínimo de pH 6,0 e máximo de 9 para as águas doces de Classes I, II e III (Brasil, 2005). O método da Alfakit, “pH”, (Figura 76), faz a análise colorimétrica do “pH” das amostras de água coletadas, cujos valores estão apresentados no Tabela 7.

Figura 76 – Teste e Análise colorimétrica potencial hidrogeniônico (pH)



Fonte: Autoria própria (2024).

Os dados obtidos mostram que a maioria dos pontos apresentou valores do pH igual a 7,00 durante todo o ano de pesquisa (Tabela 7). No mês de Janeiro, período chuvoso houve uma pequena redução do pH, em alguns pontos, para o valor 6 e 5. Mesmo assim os valores do pH estão dentro do valor considerado normal para o meio aquático, pois “a maioria dos corpos d’água continentais tem o pH variando entre 6 e 8, no entanto pode-se encontrar ambientes mais ácidos ou mais alcalinos” (Esteves, 1998, p.190).

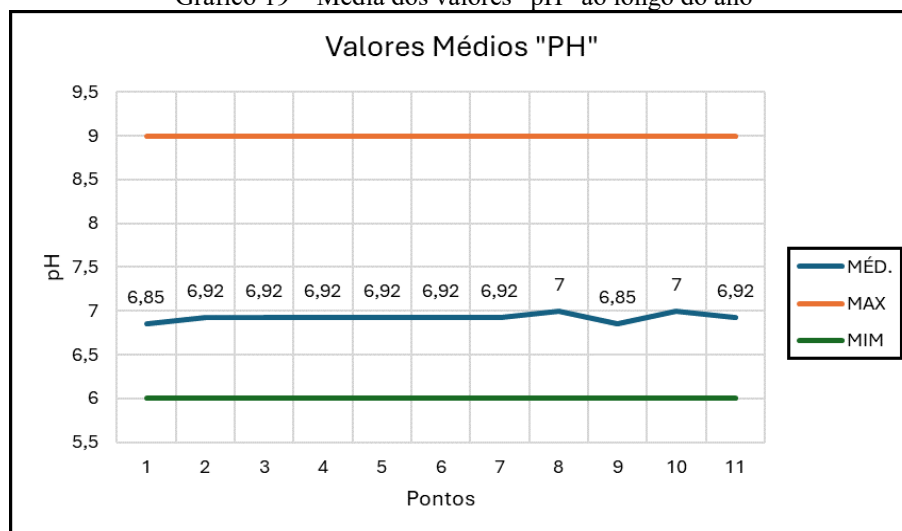
Tabela 7 – Valores relativos ao parâmetro “pH” mês a mês nos pontos

DADOS COLETADOS: PH												
P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	T
OUT.	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
NOV.	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	8,00	7,00	7,00	7,00	7,10
DEZ.	7,00	6,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	6,00	7,00	7,00	6,80
JAN.	5,00	7,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00	6,00	6,10
FEV.	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
MAR.	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
ABR.	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
MAL.	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
JUN.	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
JUL.	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
AGO.	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
SET.	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
OUT.	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
MÉD.	6,85	6,92	6,92	6,92	6,92	6,92	6,92	7,00	6,85	7,00	6,92	6,923

Fonte: Autoria própria (2024).

A média dos valores de pH (Gráfico 19) mostrou que ao longo do ano os valores de pH estiveram dentro da classe II, portanto, em condições normais para todos os pontos.

Gráfico 19 – Média dos valores “pH” ao longo do ano



Fonte: Autoria própria (2024).

Existe uma interrelação entre o pH do meio aquático e as comunidades aquáticas (vegetais e animais), pois as comunidades aquáticas interferem no pH do meio, e o pH do meio por sua vez interfere no metabolismo dessas comunidades, por exemplo, a assimilação de gás carbônico, através da fotossíntese pelas macrófitas (plantas aquáticas e outros organismos autotróficos) pode elevar o pH do meio, já os organismos heterotróficos (bactérias e animais aquáticos) interferem sobre o pH baixando-o, além disso, outros fatores podem interferir no pH dos ecossistemas aquáticos, como, a chuva que é normalmente ácida pH (5-6), sendo que o

efeito da água da chuva sobre o pH das águas continentais é mais acentuado, quando estes têm pouca capacidade de tamponamento⁹(Esteves, 1998, p.190).

7.3.1.3. *Oxigênio Dissolvido (O₂) local e na amostra*

O oxigênio é um dos gases mais importantes na dinâmica dos corpos hídricos e na caracterização de ecossistemas aquáticos, sendo que as principais fontes de oxigênio para a água são a atmosfera e a fotossíntese, enquanto as perdas ocorrem pela decomposição de matéria orgânica (oxidação), liberação para atmosfera, utilização na respiração dos seres vivos além da oxidação de íons metálicos como por exemplo o ferro e o manganês (Esteves, 1998).

Os dados obtidos em campo, mostram que a maioria dos pontos apresentou valores para o oxigênio um em torno de 5 (valor mínimo adequado a vida aquática) durante todo o ano de pesquisa (Tabela 8). O valor mínimo de oxigênio dissolvido para a preservação da vida aquática, estabelecida pela resolução Conama n° 357/2005, para água doce classe II, é de 5,0 mg/L (Brasil, 2005). Vale ressaltar que os dados apresentados (Tabela 8) foram coletados utilizando-se oxímetro no local.

Tabela 8 – Valores relativos ao parâmetro “Oxigênio Dissolvido - OD” (mg/L) mês a mês em campo

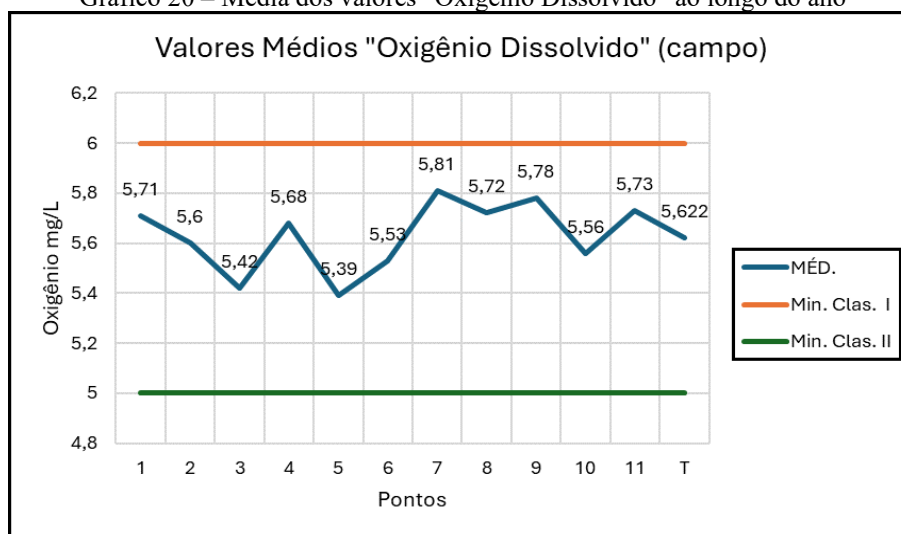
DADOS COLETADOS: OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD) NO LOCAL												
P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	T
OUT.	6,50	7,10	6,40	7,50	6,20	6,40	8,30	8,40	7,80	5,50	6,50	7,01
NOV.	5,50	5,20	4,70	5,20	5,20	4,60	5,30	6,10	6,00	5,50	6,00	5,33
DEZ.	5,50	5,20	4,70	5,20	5,20	4,60	5,30	6,10	6,00	5,50	6,00	5,33
JAN.	5,50	5,20	4,70	5,20	5,20	4,60	5,30	6,10	6,00	5,50	5,80	5,33
FEV.	5,50	5,20	4,70	5,20	5,20	4,60	5,30	6,10	6,00	5,50	6,00	5,33
MAR.	6,10	6,30	5,40	5,60	5,30	6,40	5,20	5,50	5,60	5,30	5,50	5,67
ABR.	6,30	5,60	5,00	5,40	5,30	5,70	5,50	4,80	5,30	5,00	5,40	5,39
MAL.	5,60	5,50	5,20	5,70	5,40	5,50	5,10	5,10	5,40	5,70	5,50	5,42
JUN.	5,60	5,50	5,20	5,70	5,40	5,50	5,10	5,10	5,40	5,70	5,50	5,42
JUL.	5,60	5,50	5,20	5,70	5,40	5,50	5,10	5,10	5,40	5,70	5,50	5,42
AGO.	5,30	5,50	8,90	6,10	5,50	7,50	9,80	5,80	5,50	6,00	5,80	6,59
SET.	5,60	5,50	5,20	5,70	5,40	5,50	5,10	5,10	5,40	5,70	5,50	5,42
OUT.	5,60	5,50	5,20	5,70	5,40	5,50	5,10	5,10	5,40	5,70	5,50	5,42
MÉD.	5,71	5,60	5,42	5,68	5,39	5,53	5,81	5,72	5,78	5,56	5,73	5,622

Fonte: Autoria própria (2024).

A média dos valores de Oxigênio Dissolvido (local) (Gráfico 20) mostrou que ao longo do ano os valores de oxigênio estiveram dentro da classe II, portanto, em condições normais para todos os pontos.

⁹Capacidade Tamponante: é a quantidade de ácido ou base que pode ser adicionada antes que o tampão perca sua habilidade de resistir à mudança em pH (Esteves, 1998).

Gráfico 20 – Média dos valores “Oxigênio Dissolvido” ao longo do ano



Fonte: Autoria própria (2024).

Foram feitas também medições de Oxigênio Dissolvido (OD) nas amostras, com auxílio do “Ecokit” (Figura 77) e cujos valores estão apresentados no Tabela 9. Verificou-se maiores valores do oxigênio dissolvido nas amostras provavelmente pela alteração da temperatura ou absorção de oxigênio nos recipientes.

Figura 77 – Teste e Análise colorimétrica “Oxigênio Dissolvido” O₂ (OD)

Fonte: Autoria própria (2024).

Tabela 9 – Valores relativos ao parâmetro “Oxigênio Dissolvido - OD” O₂ (mg/L) mês a mês nas amostras

DADOS COLETADOS: OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD) O ₂ NAS AMOSTRAS												
P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	T
OUT.	7,00	8,00	7,00	8,00	7,00	7,00	9,00	9,00	8,00	8,00	8,00	7,8
NOV.	5,00	5,00	5,00	5,00	3,00	3,00	6,00	3,00	5,00	5,00	6,00	4,5
DEZ.	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	8,00	9,00	9,00	9,00	9,00	8,9
JAN.	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	8,00	9,00	9,00	9,00	9,00	8,9
FEV.	5,00	5,00	5,00	5,00	3,00	3,00	6,00	3,00	5,00	5,00	5,00	4,5
MAR.	8,00	8,00	8,00	8,00	7,00	7,00	8,00	6,00	7,00	8,00	8,00	7,5
ABR.	5,00	6,00	6,00	5,00	6,00	6,00	7,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,9
MAI.	7,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	5,8
JUN.	7,00	7,00	6,00	6,00	5,00	6,00	5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	5,9
JUL.	7,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	5,8
AGO.	8,00	7,00	6,00	7,00	6,00	7,00	7,00	6,00	6,00	7,00	7,00	6,7
SET.	7,00	7,00	6,00	7,00	6,00	7,00	7,00	6,00	6,00	7,00	7,00	6,6
OUT.	7,00	7,00	8,00	7,00	6,00	7,00	7,00	9,00	6,00	7,00	7,00	7,1
MÉD.	7,00	6,92	6,54	6,77	6,08	6,38	6,77	6,23	6,54	6,85	6,92	6,608

Fonte: Autoria própria (2024).

7.3.1.4. *Série de Nitrogênio presente nas amostras: Amônia (NH_3), Nitrito (NO_2), Nitrato (NO_3) e Nitrogênio Mineral*

O nitrogênio é um elemento muito importante no metabolismo de um ecossistema aquático, e as diferentes transformações do nitrogênio, onde uma forma é convertida em outra, compõem o Ciclo do Nitrogênio (Guimarães, *et al.*, 2020; Esteves, 1998).

Está presente nos ambientes aquáticos sobre várias formas: nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), amônia (NH_3), Ion amônio (NH_4^+), óxido nitroso (N_2O) nitrogênio molecular (N_2), nitrogênio orgânico dissolvido (Peptídeos, purinas, aminas, aminoácidos etc.), nitrogênio orgânico particulado (bactérias, fitoplâncton, zooplâncton e detritos), etc. (Esteves, 1998).

Dentre as diferentes formas, o nitrato, juntamente com Íon amônio (NH_4^+), assumem grande importância nos ecossistemas aquáticos uma vez que representam as principais formas de nitrogênio para produtores primários (Esteves, 1998, p. 204).

A correlação entre o ciclo do nitrogênio e as atividades humanas no meio aquático dulcícola (água doce) deve ser analisada e monitorada, porque o nitrogênio interage com o ecossistema de maneira direta e indireta e sua concentração pode ser alterada com despejo de esgotos domésticos e excesso de matéria orgânica (Guimarães *et al.*, 2020). Uma maior concentração de amônia, pode indicar uma poluição recente, enquanto, maiores concentrações de nitrito e nitrato pode indicar poluição intermediária ou remota (Costa, *et al.*, 2022; Gonçalves, *et al.*, 2020; Von Sperling, 2014).

7.3.1.4.1. Amônia (Nitrogênio Amoniacal ou Amônia não Ionizada)

O método da Alfakit, Amônia Indoteste, (Figura 78) faz a análise tanto do “Nitrogênio Amoniacal” (N-NH_3) quanto da Amônia não Ionizada (NH_3), cujo valor analisado na tabela do kit corresponde ao Nitrogênio Amoniacal ($\text{N-NH}_3 \text{ mg/L}^{-1}$). Já o valor da Amônia não ionizada (NH_3) é calculado a partir do valor da tabela (N-NH_3) multiplicado por 1,214.



Fonte: Autoria própria (2024).

A amônia total, ou nitrogênio amoniacal total, refere-se à soma das formas iônica (NH_4^+) e molecular (NH_3), sendo a amônia não-ionizada (NH_3) a forma mais tóxica (Gonçalves, Silvério, 2023). As fontes naturais de amônia nos ecossistemas aquáticos são diversas, dentre elas, a decomposição de compostos orgânicos e fixação do nitrogênio atmosférico por microrganismos, já dentre as fontes antrópicas de amônia nos ecossistemas aquáticos, se destacam os esgotos (domésticos e industriais) (CETESB, 2018; Reis, Mendonça, 2009).

A resolução Conama 357/2005 traz os valores máximos para nitrogênio amoniacal total, correlacionando-os em função do pH, sendo os valores máximos de 3,7mg/L N, para pH = 7,5; 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH = 8,0; 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH = 8,5; 0,5 mg/L N, para pH > 8,5 (Brasil, 2005).

Os dados obtidos do “Nitrogênio Amoniacal” das amostras estão apresentados nos Tabela 10. Como todas as amostras ao longo do ano obtiveram valor máximo de pH = 7,0, considerou-se o valor máximo de 3,7 para nitrogênio amoniacal total (conforme a resolução CONAMA 357/2005). Os valores em vermelho estão acima dos padrões estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2005 e os valores em laranja estão próximos do limite máximo. Sendo assim, o ponto 8 apresentou por várias vezes valores superiores ao permitido pela resolução 357/2008, seguidos pelos pontos 3 e 4 (Tabela 10).

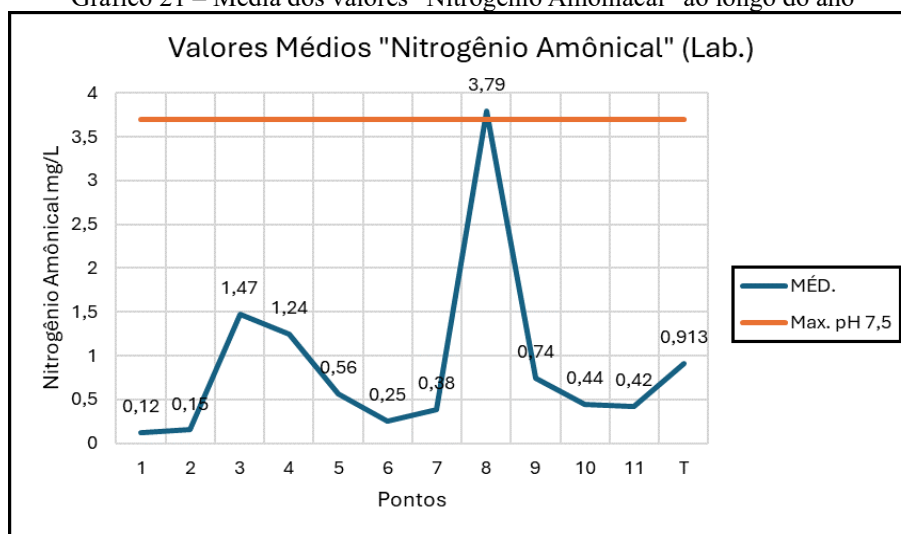
Tabela 10 – Valores relativos ao parâmetro “N-NH₃ - Nitrogênio Amoniacal” (mg/L) nas amostras

DADOS COLETADOS: NITROGÊNIO AMONICAL (N-NH ₃)												
P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	T
OUT.	0,10	0,10	3,00	0,00	6,00	1,00	0,00	1,00	0,10	0,10	0,10	1,14
NOV.	0,10	0,25	0,50	0,25	0,10	0,10	0,25	6,00	1,00	0,25	0,10	0,88
DEZ.	0,50	0,10	0,25	0,10	0,00	0,10	0,25	6,00	0,50	0,50	0,25	0,83
JAN.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,03
FEV.	0,00	0,00	0,25	0,10	0,10	0,10	0,25	6,00	0,50	0,25	0,50	0,76
MAR.	0,25	0,10	0,10	0,10	0,25	0,50	0,25	2,00	0,25	0,25	0,25	0,41
ABR.	0,10	0,10	0,25	0,10	0,10	0,00	0,25	2,00	0,25	0,10	0,10	0,33
MAI.	0,00	0,10	0,25	0,50	0,00	0,25	1,00	2,00	1,00	0,10	0,10	0,52
JUN.	0,00	0,10	0,25	0,50	0,00	0,25	1,00	3,00	1,00	0,10	1,00	0,62
JUL.	0,00	0,10	0,25	0,50	0,00	0,25	1,00	3,00	1,00	0,10	0,10	0,62
AGO.	0,10	0,25	4,00	5,00	0,10	0,10	0,10	6,00	1,00	1,00	1,00	1,77
SET.	0,10	0,25	4,00	5,00	0,10	0,10	0,10	6,00	1,00	1,00	1,00	1,77
OUT.	0,25	0,50	6,00	4,00	0,50	0,50	0,50	6,00	2,00	2,00	1,00	2,23
MÉD.	0,12	0,15	1,47	1,24	0,56	0,25	0,38	3,79	0,74	0,44	0,42	0,913

Fonte: Autoria própria (2024).

De forma geral a média dos valores de “Nitrogênio Amoniacal” (Gráfico 21) mostrou que ao longo do ano, os valores de amônia estiveram dentro da classe II, com exceção do ponto 8, cujos valores médios superaram os limites máximos estabelecidos pela resolução CONAMA, portanto, este ponto pode ser considerado poluído por amônia.

Gráfico 21 – Média dos valores “Nitrogênio Amoniacoal” ao longo do ano



Fonte: Autoria própria (2024).

A partir da conversão dos valores obtidos com o método da Alfakit, Amônia Indoteste, foram obtidos os valores da amônia não ionizada, dispostos no Tabela 11.

Tabela 11 – Valores relativos ao parâmetro “NH₃ Amônia não-ionizada” (mg/L) nas amostras

DADOS COLETADOS: AMÔNIA NÃO-IONIZADA (NH ₃)												
P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	T
OUT.	0,12	0,12	3,72	0,00	7,45	1,24	0,00	1,24	0,12	0,12	0,12	1,42
NOV.	0,12	0,31	0,62	0,31	0,12	0,12	0,31	7,45	1,24	0,31	0,12	1,09
DEZ.	0,62	0,12	0,31	0,12	0,00	0,12	0,31	7,45	0,62	0,62	0,31	1,03
JAN.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,03
FEV.	0,00	0,00	0,31	0,12	0,12	0,12	0,31	7,45	0,62	0,31	0,62	0,94
MAR.	0,31	0,12	0,12	0,12	0,31	0,62	0,31	2,48	0,31	0,31	0,31	0,50
ABR.	0,12	0,12	0,31	0,12	0,12	0,00	0,31	2,48	0,31	0,12	0,12	0,40
MAL.	0,00	0,12	0,31	0,62	0,00	0,31	1,24	2,48	1,24	0,12	0,12	0,65
JUN.	0,00	0,12	0,31	0,62	0,00	0,31	1,24	3,72	1,24	0,12	1,24	0,77
JUL.	0,00	0,12	0,31	0,62	0,00	0,31	1,24	3,72	1,24	0,12	0,12	0,77
AGO.	0,12	0,31	4,97	6,21	0,12	0,12	0,12	7,45	1,24	1,24	1,24	2,19
SET.	0,12	0,31	4,97	6,21	0,12	0,12	0,12	7,45	1,24	1,24	1,24	2,19
OUT.	0,31	0,62	7,45	4,97	0,62	0,62	0,62	7,45	2,48	2,48	1,24	2,76
MÉD.	0,14	0,19	1,82	1,54	0,69	0,31	0,47	4,70	0,92	0,55	0,53	1,134

Fonte: Autoria própria (2024).

Nas soluções aquosas, a amônia pode se apresentar sob as formas ionizada (NH₄⁺) ou não-ionizada (NH₃), sendo a forma não-ionizada (NH₃) a espécie mais tóxica de amônia (Gonçalves, Silvério, 2023; Reis, Mendonça, 2009).

Sobre os valores máximos da amônia não ionizada (NH₃) a resolução CONAMA n° 20/86 traz o limite de 0,02 mg/L NH₃, contudo, esta resolução foi revogada pela 357/2005 e o novo texto não menciona a quantidade limite de amônia não ionizada (NH₃). A toxicidade da de amônia não ionizada (NH₃) varia em função do pH e da temperatura.

7.3.1.4.2. “Toxicidade” (Amônia não-ionizada)

A “toxicidade” corresponde à relação entre os parâmetros pH, Temperatura e Amônia (NH₃) Livre na água (Quadro 33). Dependendo do valor de pH encontrado e da temperatura haverá uma concentração de amônia tóxica.

Quadro 33 – Quadro do Alfakit – Percentual de Amônia não ionizada (tóxica) em água doce em diferentes valores (pH e temperatura)

pH	Temperatura (°C)						
	20	22	24	26	28	30	32
7	0,004	0,0046	0,0052	0,006	0,007	0,0081	0,0095
7,2	0,0063	0,0072	0,0082	0,0095	0,0111	0,0127	0,015
7,4	0,0099	0,0114	0,013	0,015	0,0173	0,02	0,0236
7,6	0,0156	0,0179	0,0205	0,0235	0,0272	0,0313	0,0369
7,8	0,0245	0,028	0,0321	0,0368	0,0424	0,0488	0,0572
8	0,0383	0,0437	0,0499	0,0571	0,0655	0,0752	0,0877

Fonte: adaptado de Alfakit (2018); Sá (2012).

Para o Cálculo da concentração de amônia tóxica (segundo o fabricante Alfakit) utiliza-se a “Temperatura” e o “pH” encontrados em campo (Tabela 6 e 7) para obter o percentual de amônia não ionizada, conforme o quadro do Alfakit (Quadro 33). Este percentual será multiplicado pelo valor de amônia encontrado em campo (Tabela 10) para se obter a concentração de amônia tóxica (Tabela 12). De forma geral, se o valor obtido for maior que 0,5 mg/L já apresenta risco de letalidade aos animais cultivados (dependendo da espécie), e em concentrações com 0,05 mg/L já são capazes de causar estresse respiratório nesses animais (Alfakit, 2018).

Tabela 12 – Concentração de Amônia tóxica (Toxicidade)

DADOS COLETADOS: AMÔNIA NÃO IONIZADA (TOXICIDADE)												
P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	T
OUT.	0,001	0,001	0,022	0,000	0,045	0,009	0,000	0,009	0,001	0,001	0,001	0,008
NOV.	0,001	0,002	0,004	0,003	0,001	0,001	0,002	0,052	0,010	0,003	0,001	0,007
DEZ.	0,004	0,001	0,002	0,001	0,000	0,001	0,002	0,052	0,004	0,004	0,002	0,007
JAN.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000
FEV.	0,000	0,000	0,003	0,001	0,001	0,001	0,003	0,060	0,005	0,003	0,005	0,007
MAR.	0,003	0,001	0,001	0,001	0,003	0,005	0,003	0,020	0,003	0,003	0,003	0,004
ABR.	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,000	0,003	0,020	0,003	0,001	0,001	0,003
MAI.	0,000	0,001	0,003	0,005	0,000	0,003	0,010	0,020	0,010	0,001	0,001	0,005
JUN.	0,000	0,001	0,003	0,005	0,000	0,003	0,010	0,030	0,010	0,001	0,010	0,007
JUL.	0,000	0,001	0,003	0,005	0,000	0,003	0,010	0,030	0,010	0,001	0,001	0,006
AGO.	0,001	0,003	0,040	0,050	0,001	0,001	0,001	0,060	0,010	0,010	0,010	0,017
SET.	0,001	0,003	0,040	0,050	0,001	0,001	0,001	0,060	0,010	0,010	0,010	0,017
OUT.	0,003	0,005	0,060	0,040	0,005	0,005	0,005	0,060	0,020	0,020	0,010	0,021
MÉD.	0,001	0,001	0,014	0,012	0,004	0,002	0,004	0,037	0,007	0,004	0,004	0,008

Fonte: Autoria própria (2024).

Ao longo da pesquisa, observou-se no campo e no laboratório uma relação entre odor e a o Nitrogênio Amoniacal (Quadro 10). Ao coletar a amostra foi feito uma avaliação da presença de odores no local, variando entre “Ausente”, “Fraco” e “Forte”. Nas amostras que

nitrogênio amoniacal eram inferiores à 1,0 mg/L, os odores eram “Ausentes”; já nas amostras com valores, entre 1 e 2 mg/L os odores eram “Fracos” e as amostras com 2,0 mg/L e 4,0 mg/L o odor “Forte” na amostra, porém onde nos locais onde o era perceptível o odor no ambiente (sendo muito forte na amostra) a concentração de amônia era superior a 4,0 mg/L, em alguns casos atingindo o valor máximo do teste de 6,0mg/L.

O odor e sabor em águas naturais devem-se normalmente à decomposição biológica da matéria orgânica, à eutrofização e à presença de fenóis. Na fase líquida e no lodo de rios e represas, em ambiente anaeróbico, ocorre a produção e a possível liberação de gás sulfídrico, H_2S , com odor típico de ovo podre, de mercaptanas e de amônia. Em águas eutrofizadas, onde ocorre a formação excessiva de algas, como em represas e rios usados para abastecimento público que recebem esgotos, certos gêneros de algas cianofíceas (algas azuis ou cianobactérias) produzem odores (cheiro ao mofo), até mesmo tóxicos (CETESB, 2018).

7.3.1.4.3. Nitrito

O método da Alfakit, Nitrito (Figura 79), faz a análise tanto do “Nitrogênio nitrito” ($N-NO_2$) quanto do “Nitrito” (NO_2^-), cujo valor analisado na tabela do kit corresponde ao “Nitrogênio Nitrito” ($N-NO_2$). Já o valor do “Nitrito” (NO_2^-), é calculado a partir do valor da tabela ($N-NO_2$) multiplicado por 3,280.

Figura 79 – Teste e Análise colorimétrica Nitrogênio Nitrito ($N-NO_2$)



Fonte: Autoria própria (2024).

Os dados obtidos do nitrito nas amostras estão apresentados nos Tabela 13 e 14. A resolução CONAMA 357/2005 determina que o máximo de nitrito para as classes I, II e III é de 1,0 mg/L. Os valores de “Nitrito” (NO_2^-) (Tabela 13) encontrados nas águas do rio Parnaíba estão dentro do padrão estabelecido pelo CONAMA. A partir da conversão dos valores obtidos com o método da Alfakit, Nitrogênio Nitrito, foram obtidos os valores do nitrito, dispostos no Tabela 14.

Tabela 13 – Valores relativos ao parâmetro “Nitrogênio nítrito” N-NO₂ (mg/L) nas amostras

DADOS COLETADOS: NITROGÊNIO NÍTRITO (N-NO ₂)												
P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	T
OUT.	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0100
NOV.	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0100
DEZ.	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0120
JAN.	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0100
FEV.	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0100
MAR.	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0100
ABR.	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0100
MAL.	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0120
JUN.	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0120
JUL.	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0120
AGO.	0,01	0,01	0,20	0,05	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,0390
SET.	0,01	0,01	0,20	0,05	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,0390
OUT.	0,05	0,05	0,20	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,20	0,50	0,03	0,1250
MÉD.	0,01	0,01	0,06	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,05	0,01	0,02392

Fonte: Autoria própria (2024).

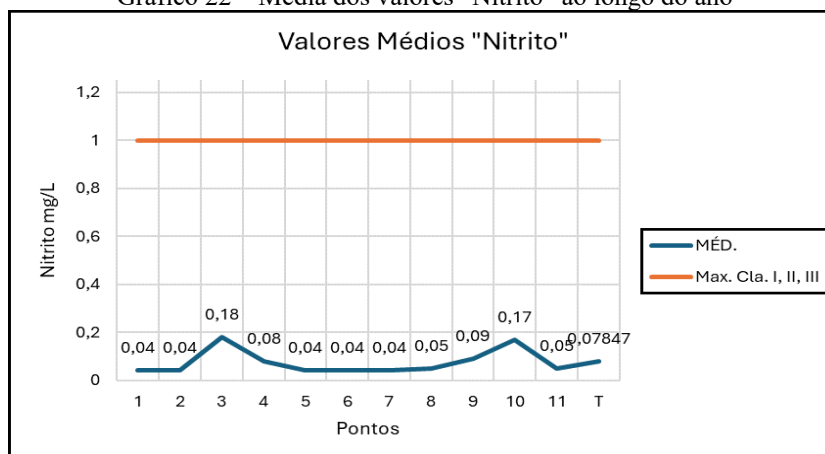
Tabela 14 – Valores relativos ao parâmetro “Nítrito” NO₂⁻ (mg/L) nas amostras

DADOS COLETADOS: NÍTRITO (NO ₂ ⁻)												
P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	T
OUT.	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,0328
NOV.	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,0328
DEZ.	0,03	0,03	0,10	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,0394
JAN.	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,0328
FEV.	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,0328
MAR.	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,0328
ABR.	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,0328
MAL.	0,03	0,03	0,03	0,10	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,0394
JUN.	0,03	0,03	0,03	0,10	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,0394
JUL.	0,03	0,03	0,03	0,10	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,0394
AGO.	0,03	0,03	0,66	0,16	0,03	0,03	0,03	0,10	0,10	0,10	0,10	0,1279
SET.	0,03	0,03	0,66	0,16	0,03	0,03	0,03	0,10	0,10	0,10	0,10	0,1279
OUT.	0,16	0,16	0,66	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,66	1,64	0,10	0,4100
MÉD.	0,04	0,04	0,18	0,08	0,04	0,04	0,04	0,05	0,09	0,17	0,05	0,07847

Fonte: Autoria própria (2024).

A média dos valores de “Nítrito” (Gráfico 22) mostrou que ao longo do ano, os valores de nítrito estiveram dentro da classe II, portanto, em condições normais para todos os pontos.

Gráfico 22 – Média dos valores “Nítrito” ao longo do ano

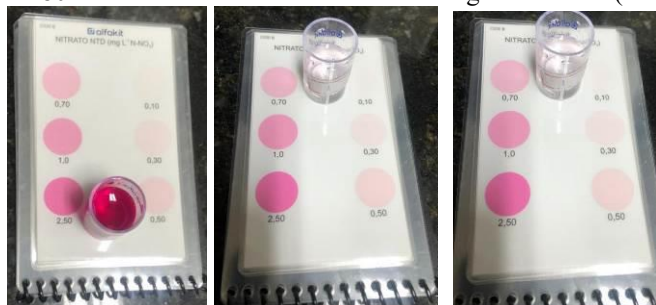


Fonte: Autoria própria (2024).

7.3.1.4.4. Nitrato

O método da Alfakit, Nitrato, (Figura 80) faz a análise tanto do “Nitrogênio nitrato” (N-NO_3) quanto do “Nitrato” (NO_3^-). O valor analisado na tabela do kit corresponde ao “Nitrogênio Nitrato” (N-NO_3), mas caso haja valores de “Nitrogênio Nitrito” (N-NO_2), este deve ser subtraído para obter o valor real de “Nitrogênio Nitrato” (N-NO_3), a fórmula ficaria assim ($\text{N-NO}_3 \text{ tab} - \text{N-NO}_2 \text{ tab} = \text{N-NO}_3 \text{ real}$). Com o valor real do “Nitrogênio nitrato” (N-NO_3) real multiplica-se o valor por 3,280 e obtém-se o valor de “Nitrato” (NO_3^-).

Figura 80 – Teste e Análise colorimétrica Nitrogênio Nitrato (N-NO_3)



Fonte: Autoria própria (2024).

Os dados obtidos de nitrato nas amostras de água coletadas estão apresentados nas Tabela 15 e 16. A resolução CONAMA 357/2005 determina que o máximo de nitrito para as classes I, II e III é de 10,0 mg/L. Os valores de “Nitrato” (NO_3^-) (Tabela 16) entrados nas águas do rio Parnaíba estão dentro do padrão estabelecido pelo CONAMA.

Tabela 15 – Valores relativos ao parâmetro “Nitrogênio Nitrato” N-NO_3 (mg/L) nas amostras

DADOS COLETADOS: NITROGÊNIO NITRATO (N-NO_3)												
P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	T
OUT.	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,1000
NOV.	0,30	0,30	0,30	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,1600
DEZ.	0,30	0,50	0,70	0,10	0,30	0,10	0,30	0,10	0,10	0,10	0,10	0,2600
JAN.	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,1000
FEV.	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,30	0,10	0,30	0,1200
MAR.	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,1000
ABR.	0,10	0,30	0,50	0,50	0,10	0,30	0,10	0,30	0,30	0,10	0,10	0,2600
MAL.	0,30	0,50	0,70	0,10	0,30	0,30	0,30	0,50	0,30	0,10	0,10	0,3400
JUN.	0,30	0,50	0,70	0,10	0,30	0,30	0,30	0,50	0,30	0,10	0,10	0,3400
JUL.	0,30	0,50	0,70	0,10	0,30	0,30	0,30	0,50	0,30	0,10	0,10	0,3400
AGO.	0,30	0,10	0,50	0,50	0,00	0,10	0,10	0,30	0,50	0,50	0,30	0,2900
SET.	0,30	0,30	0,50	0,50	0,00	0,10	0,10	0,30	0,50	0,50	0,30	0,3100
OUT.	0,10	0,30	0,50	0,50	0,30	0,10	0,10	0,30	0,50	0,50	0,30	0,3200
MÉD.	0,21	0,28	0,42	0,22	0,16	0,16	0,16	0,25	0,27	0,19	0,16	0,23385

Fonte: Autoria própria (2024).

A partir da conversão dos valores obtidos com o método da Alfakit, Nitrogênio Nitrato, foram obtidos os valores do Nitrato, dispostos no Tabela 16.

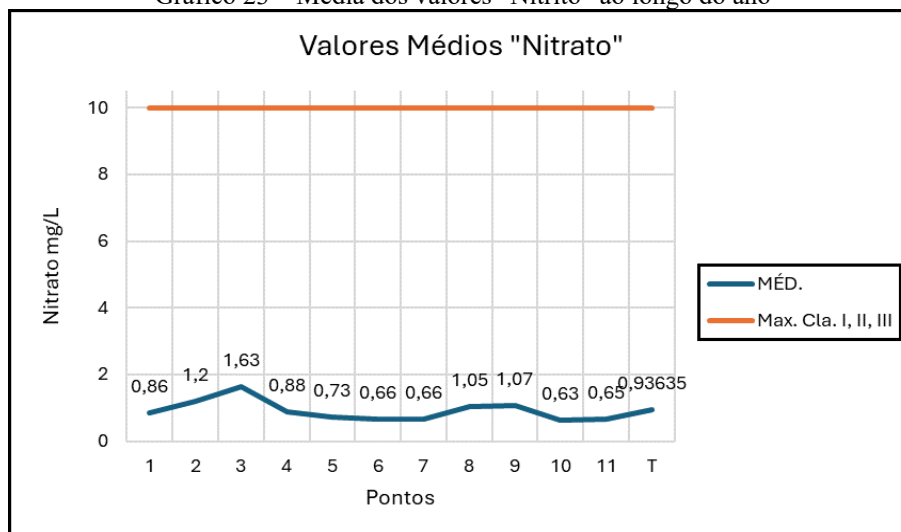
Tabela 16 – Valores relativos ao parâmetro “NITRATO (NO₃⁻)” (mg/L) nas amostras

DADOS COLETADOS: NITRATO (NO ₃ ⁻)												
P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	T
OUT.	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,3985
NOV.	1,28	1,28	1,28	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,6642
DEZ.	1,28	2,17	2,97	0,40	1,28	0,40	1,28	0,40	0,40	0,40	0,40	1,0981
JAN.	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,3985
FEV.	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	1,28	0,40	1,28	0,4871
MAR.	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,3985
ABR.	0,40	1,28	2,17	2,17	0,40	1,28	0,40	1,28	1,28	0,40	0,40	1,1070
MAI.	1,28	2,17	3,06	0,31	1,28	1,28	1,28	2,17	1,28	0,40	0,40	1,4524
JUN.	1,28	2,17	3,06	0,31	1,28	1,28	1,28	2,17	1,28	0,40	0,40	1,4524
JUL.	1,28	2,17	3,06	0,31	1,28	1,28	1,28	2,17	1,28	0,40	0,40	1,4524
AGO.	1,28	0,40	1,33	1,99	0,40	0,40	0,40	1,20	2,08	2,08	1,20	1,1557
SET.	1,28	1,28	1,33	1,99	0,40	0,40	0,40	1,20	2,08	2,08	1,20	1,2443
OUT.	0,22	1,11	1,33	1,99	1,11	0,22	0,22	1,11	1,33	0,00	1,20	0,8635
MÉD.	0,86	1,20	1,63	0,88	0,73	0,66	0,66	1,05	1,07	0,63	0,65	0,93635

Fonte: Autoria própria (2024).

A média dos valores de “Nitrato” (Gráfico 23) mostrou que ao longo do ano, os valores de nitrato estiveram dentro da classe II, portanto, em condições normais para todos os pontos.

Gráfico 23 – Média dos valores “Nitrito” ao longo do ano



Fonte: Autoria própria (2024).

7.3.1.4.5. Nitrogênio Mineral

O método da Alfakit, Nitrogênio Mineral, faz o somatório dos valores de “Nitrogênio nitrito” (N-NO₂), “Nitrogênio nitrato” (N-NO₃) e “Nitrogênio Amoniacal” (N-NH₃), que resulta no valor do “Nitrogênio Mineral” (N-NO₂ + N-NO₃ + N-NH₃ = Nitrogênio mineral). Os valores do Nitrogênio Mineral estão apresentados no Tabela 17.

Tabela 17 – Valores relativos ao parâmetro “Nitrogênio Mineral Total” (mg/L) nas amostras

DADOS: NITRÓGENIO MINERAL												
P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	T
OUT.	0,21	0,21	3,11	0,11	6,11	1,11	0,11	1,11	0,21	0,21	0,21	1,250
NOV.	0,41	0,56	0,81	0,36	0,21	0,21	0,36	6,11	1,11	0,36	0,21	1,050

DEZ.	0,81	0,61	0,98	0,21	0,31	0,21	0,56	6,11	0,61	0,61	0,36	1,102
JAN.	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,36	0,11	0,11	0,11	0,135
FEV.	0,11	0,11	0,36	0,21	0,21	0,21	0,36	6,11	0,81	0,36	0,81	0,885
MAR.	0,36	0,21	0,21	0,21	0,36	0,61	0,36	2,11	0,36	0,36	0,36	0,515
ABR.	0,21	0,41	0,76	0,61	0,21	0,31	0,36	2,31	0,56	0,21	0,21	0,595
MAL.	0,31	0,61	0,96	0,63	0,31	0,56	1,31	2,51	1,31	0,21	0,21	0,872
JUN.	0,31	0,61	0,96	0,63	0,31	0,56	1,31	3,51	1,31	0,21	1,11	0,972
JUL.	0,31	0,61	0,96	0,63	0,31	0,56	1,31	3,51	1,31	0,21	0,21	0,972
AGO.	0,41	0,36	4,70	5,55	0,11	0,21	0,21	6,33	1,53	1,53	1,33	2,094
SET.	0,41	0,56	4,70	5,55	0,11	0,21	0,21	6,33	1,53	1,53	1,33	2,114
OUT.	0,40	0,85	6,70	4,55	0,85	0,65	0,65	6,35	2,70	3,00	1,33	2,670
MÉD.	0,34	0,45	1,95	1,49	0,73	0,42	0,56	4,06	1,04	0,69	0,60	1,171

Fonte: Autoria própria (2024).

Os valores de nitrogênio mineral representam uma parcela do nitrogênio total (Nitrogênio Mineral + Nitrogênio Orgânico), cujos teores de nitrogênio total são normalmente maiores do que os valores de nitrogênio mineral devido à presença de todas as formas de nitrogênio que possam estar presentes na amostra, por exemplo proteínas e aminoácidos (CETESB, 2018).

7.3.1.5. Fósforo (ortofosfato)

O Fósforo constitui-se como um dos principais nutrientes para os processos biológicos, ou seja, é um dos chamados macronutrientes, por ser exigido também em grandes quantidades pelas células (CETESB, 2018). Na maioria das águas continentais o fósforo é principal fator limitante da sua produtividade, além disso tem sido apontado como principal responsável pela eutrofização artificial desses ecossistemas, quando presente em concentrações muito elevadas (Esteves, 1998). O fósforo se apresenta em diversas formas, solúveis e/ou insolúveis. As solúveis, também chamadas de formas inorgânicas, são caracterizadas pela presença de íons livres de Ortofosfato (PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} e H_2PO_4^-), que são substâncias fosfáticas acessíveis às plantas. Já o fósforo insolúvel abrange os tipos orgânico, adsorvido e mineral, que juntos constituem as formas predominantes desse recurso (Sasabuchia, *et al*, 2023).

O método da Alfakit, “Ortofosfato”, (Figura 81), faz a análise do “Ortofosfato” (PO_4^{3-}) (Quadro 43) nas amostras de água coletadas e a partir dos dados foi feita a conversão para obtenção dos valores de “Fosfato” (P_2O_5) e de “Fósforo” (P).

Figura 81 – Teste e Análise colorimétrica “Ortofosfato” (PO_4^{3-})

JUN.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000
JUL.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000
AGO.	0,00	1,12	2,24	1,49	0,00	0,00	0,00	1,12	1,12	0,00	0,00	0,7097
SET.	0,00	1,12	2,24	1,49	0,00	0,00	0,00	1,12	1,12	0,00	0,00	0,7097
OUT.	0,00	0,00	1,12	1,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,2615
MÉD.	0,09	0,34	0,43	0,43	0,09	0,09	0,09	0,34	0,34	0,00	0,00	0,2241

Fonte: Autoria própria (2024).

A partir da conversão dos valores obtidos com o método da Alfakit, Ortofosfato, foram obtidos os valores do “Fósforo Total”, dispostos no Tabela 20.

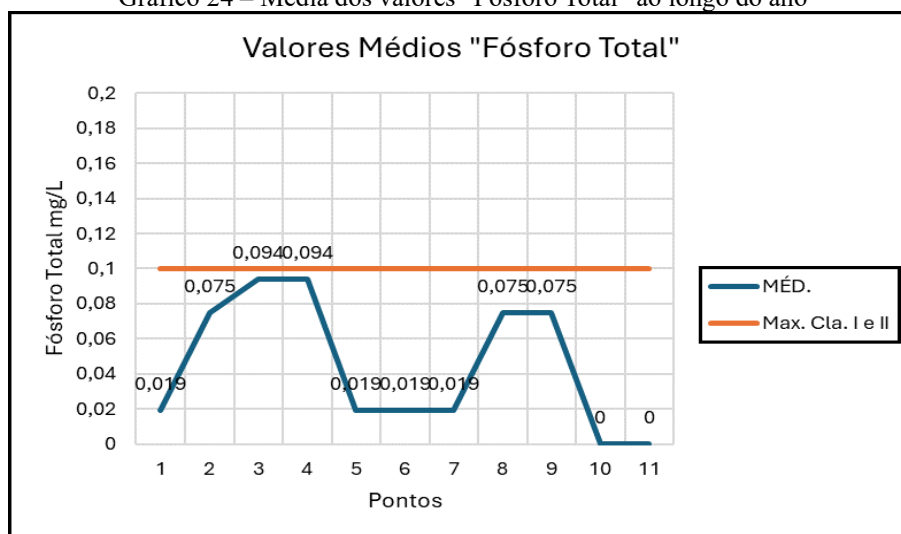
Tabela 20 – Valores relativos ao parâmetro “Fósforo Total” “P” (mg/L) nas amostras

DADOS: FOSFORO TOTAL “P”												
P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	T
OUT.	0,00	0,24	0,00	0,00	0,24	0,00	0,00	0,24	0,24	0,00	0,00	0,098
NOV.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
DEZ.	0,24	0,24	0,00	0,24	0,00	0,24	0,24	0,24	0,24	0,00	0,00	0,171
JAN.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
FEV.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
MAR.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
ABR.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
MAL.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
JUN.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
JUL.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
AGO.	0,00	0,24	0,49	0,33	0,00	0,00	0,00	0,24	0,24	0,00	0,00	0,155
SET.	0,00	0,24	0,49	0,33	0,00	0,00	0,00	0,24	0,24	0,00	0,00	0,155
OUT.	0,00	0,00	0,24	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,057
MÉD.	0,019	0,075	0,094	0,094	0,019	0,019	0,019	0,075	0,075	0,000	0,000	0,0489

Fonte: Autoria própria (2024).

Vale ressaltar, considerando a média dos valores de “Fósforo Total” (Gráfico 24), que ao longo do ano, os valores de fósforo estiveram dentro da Classe II, portanto, em condições normais para todos os pontos.

Gráfico 24 – Média dos valores “Fósforo Total” ao longo do ano



Fonte: Autoria própria (2021).

Nos meios ambientes aquáticos de rios e riachos a concentração de fósforo (P) está ligada diretamente aos sedimentos com a interação de diversos fatores (como química da

superfície do sedimento, a troca hiporreica, a biota, entre outros fatores) que podem influenciar a troca potencial de P entre sedimentos e a água dos rios e riachos, portanto a compreensão do tampão de P dos sedimentos pode ser efetivamente aplicado para melhorar o gerenciamento da poluição aquática de P e eutrofização (Tilahun, *et al*, 2024).

Outra variável que influencia a concentração de fósforo nos rios são as variáveis climáticas, particularmente a precipitação, que afetam a concentração de nutrientes em corpos d'água e podem levar à eutrofização, principalmente após eventos extremos de precipitação e chuvas intensas após períodos pós-secas que podem impactam significativamente a concentração total de fósforo nos rios (Tilahun, *et al*, 2024).

O Ortofosfato é altamente biodisponível, o que significa que pode ser facilmente usado por organismos, o que torna seu monitoramento crucial para os esforços de conservação ambiental, especialmente em ecossistemas aquáticos (Sano, *et al*, 2022).

Em pH alcalino, o fosfato pode ser retirado do sedimento do rio para a coluna de água, com a liberação de PO_4^{3-} na água de rios, o que pode elevar pH e com isso aumentar o crescimento de algas, que por sua vez, fazem fotossíntese removendo CO_2 , e elevando ainda mais o pH, facilitando a liberação adicional de PO_4^{3-} e exacerbando o potencial de proliferação de algas nocivas. Assim o monitoramento de fontes de PO_4 (sedimentos, poluentes de áreas agrícolas e urbanos) deve ser levado em consideração por gestores de recursos e programas que colaboram para reduzir as cargas de fósforo em ambientes aquáticos m todo mundo (Cravotta III, *et al*, 2024).

Portanto o excesso de fosforo, juntamente com o nitrogênio, na água causa eutrofização, sendo que uma concentração de apenas 0,02 mg/L de fosfato em águas resulta na multiplicação de algas, que podem produzir toxinas prejudiciais à saúde animal e humana; já ao ultrapassar a concentração de 0,1 mg/L, a proliferação das algas forma uma camada que além de bloquear a luz solar no corpo hídrico, aumenta a taxa de consumo do oxigênio dissolvido que comprometem a qualidade dos ecossistemas e da vida aquática (Sasabuchi, *et al*, 2023; Barcelo, *et al*, 2020).

7.3.1.6. *Série de Metais Pesados presente nas amostras: Manganês (Mn), Ferro (Fe), Alumínio (Al), Cromo (Cr) e Cobre (Cu)*

Os “Metais pesados” ou “elementos traços” ou “micronutrientes” são elementos químicos (metais e alguns semimetais) que possuem densidade superior a 5g/cm³, constituindo cerca de 1% nas rochas, cujas principais propriedades destes elementos são os elevados níveis de reatividade e bioacumulação, onde a contaminação por “metais pesados” em vários

ambientes é um problema ambiental sério que ganhou importância em razão dos riscos gerados aos seres vivos (Reginato, *et al*, 2023; Souza, Marassuti, De Deus, 2018; Guedes, 2011; Esteves, 1998).

Nos ecossistemas aquáticos, os metais pesados ou elementos traços (elemento traço é o nome mais apropriado), possuem grande importância, uma vez que participam de vários processos metabólicos destes ecossistemas, no entanto, devido a industrialização e a demanda crescente dos recursos minerais, vários elementos têm sido concentrados em determinada regiões do planeta, provocando sérios problemas ambientais, onde os elementos-traço, podem estar na forma iônica ou particulada como integrantes dos detritos e da biomassa sendo as principais fontes desses elementos para o meio aquático, o intemperismo de rochas, a erosão dos solos, e atividades industriais (Esteves, 1998).

Nos ambientes aquáticos naturais, as concentrações de metais são normalmente pequenas, sendo que vários metais são essenciais para o crescimento de organismos vivos (denominados de micronutrientes), tais como o zinco, magnésio, cobalto e ferro (CETESB, 2018).

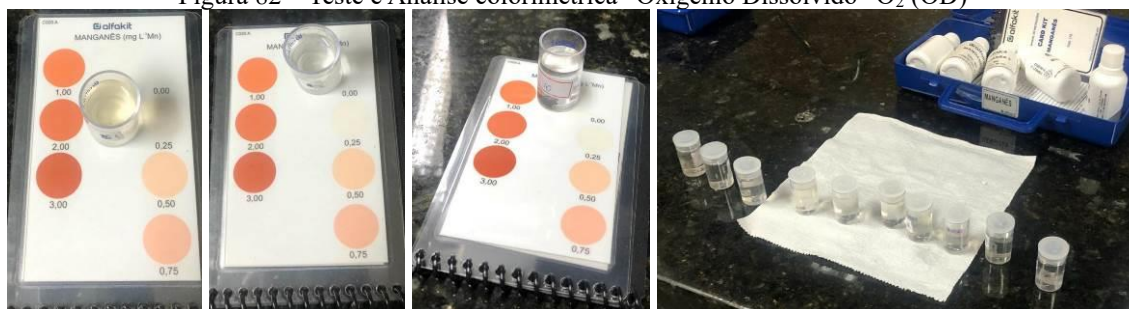
Para análise físico-química da qualidade da água do Rio Parnaíba foram estudados os metais pesados: Manganês (Mn), Ferro (Fe), Alumínio (Al), Cromo (Cr) e Cobre (Cu).

7.3.1.6.1. Manganês (Mn)

O Manganês é um metal pesado presente no solo e na água, ocorrendo naturalmente na água superficial e subterrânea, sendo que sua concentração na água raramente atinge concentrações de 1,0 mg/L e está presente em quantidades de 0,2 mg/L ou menos, no entanto, as atividades antropogênicas são responsáveis pelo aumento da concentração e contaminação da água por manganês (CETESB, 2022, A; CETESB, 2018).

Desenvolve coloração negra na água, podendo se apresentar nos estados de oxidação Mn^{2+} (mais solúvel) e Mn^{4+} (menos solúvel) (CETESB, 2018). A Resolução CONAMA n° 357/2005 também determinou limite máximo de 0,1 mg/L de Manganês total (Brasil, 2005).

O método da Alfakit, “Manganês”, (Figura 72), faz a análise “Manganês” (Mn) dissolvido nas amostras de água coletadas, cujos valores estão apresentados no Quadro 46.

Figura 82 – Teste e Análise colorimétrica “Oxigênio Dissolvido” O₂ (OD)

Fonte: Autoria própria (2021).

Os valores de “Manganês” (Mn) encontrados nas águas do rio Parnaíba (Tabela 21), onde está demonstrado que em alguns pontos, principalmente nos meses de novembro e dezembro, o manganês se encontra fora do padrão estabelecido pelo CONAMA (marcados em vermelho).

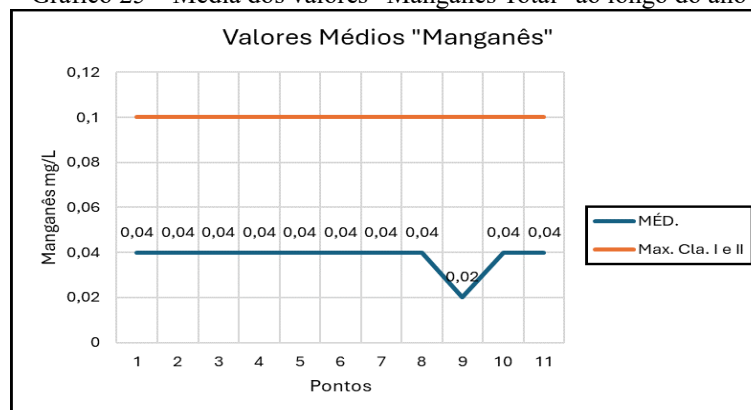
Tabela 21 – Valores relativos ao parâmetro “Manganês” Mn (mg/L) nas amostras

DADOS: MANGANÊS (Mn)												
P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	T
OUT.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0250
NOV.	0,25	0,25	0,50	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,275
DEZ.	0,00	0,25	0,00	0,25	0,00	0,25	0,25	0,25	0,00	0,25	0,25	0,150
JAN.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
FEV.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
MAR.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
ABR.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
MAI.	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,025
JUN.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
JUL.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
AGO.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SET.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
OUT.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
MÉD.	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,02	0,04	0,04	0,0365

Fonte: Autoria própria (2024).

Vale ressaltar, considerando a média dos valores de “Manganês Total” (Gráfico 25), que ao longo do ano, os valores de manganês estiveram dentro da Classe II, portanto, em condições normais para todos os pontos.

Gráfico 25 – Média dos valores “Manganês Total” ao longo do ano



Fonte: Autoria própria (2024).

O Manganês pode ser encontrado em sedimentos, sendo levados aos rios através da água das chuvas, eventos climáticos intensos (chuvas intensas e enxurradas), além disso os esgotos industriais e sedimentos de mineração, podem aumentar os níveis Mn dissolvidos na água (Monjardin, Power, Senoro, 2023; Ma, *et al*, 2023; Gutiérrez-Ruiz, *et al*, 2021). “Na água, o manganês ocorre nas formas dissolvida e suspensa, que variam conforme o pH e o potencial redox, em rios, o Mn é transportado adsorvido a partículas suspensas dos sedimentos” (CETESB, 2022, A, p. 2).

Os sedimentos de manganês podem se acumular no rio dependendo das condições morfológicas (declive do rio, curvas do rio, sinuosidade e largura e comprimento do canal) que poderão, principalmente em meios ácidos, liberar quantidades desse elemento para a águas superficiais (Monjardin, Power, Senoro, 2023). O manganês dissolvido na água pode se acumular afetando a biota aquática, particularmente os peixes (músculos e intestino) (Gutiérrez-Ruiz, *et al*, 2021). Também pode se combinar com outros elementos (tais como carbonato, óxidos de ferro, matéria orgânica ou sulfeto), mais especificamente, correlacionando-se positivamente com Fe, Ca, Mg e P, presentes nos sedimentos na água (Ma, *et al*, 2023). O Mn nas águas superficiais entra principalmente devido à lixiviação de minérios de ferromanganês e de minerais contendo Mn, além de ser transportado pelo escoamento terrígeno e pela decomposição de organismos aquáticos (Revutskaya, Khristoforava, Sukhoveeva, 2021).

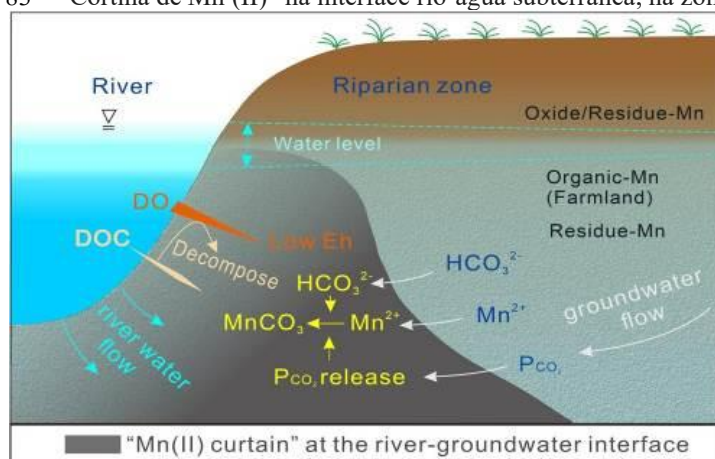
A distribuição de manganês Mn total (T-Mn) (Mn) em sedimentos ripários (beira de rios) pode ser representada em três diferentes formas (três perfis bidimensionais: 1 - Mn trocável (EX-Mn), ligado a carbonato (Carb-Mn); 2 - oxi-hidróxidos de manganês (Ox-Mn), matéria orgânica ou sulfeto (Om-Mn), e 3 - Mn combinado em estado residual (Res-Mn). O Mn residual (Res-Mn) domina os perfis sedimentares, enquanto o Carb-Mn e o Ex-Mn se acumulam e formam uma "cortina de Mn (II)" está associada à liberação de CO₂, alta concentração de HCO₃⁻ proveniente da água subterrânea regional ou decomposição aeróbica da matéria orgânica do rio (Ma, *et al*, 2023).

O manganês e suas formas podem variar em virtude de condições sazonais, sendo que, no inverno, com temperaturas mais frias, a forma mais comum é o “manganês não ingerido” (forma de manganês potencialmente mais prejudicial aos animais aquáticos), que é altamente móvel e muda de forma sob condições de redução de potência, isso é facilitado por uma baixa concentração de oxigênio distribuído e um pH neutro; já no verão durante as estações mais quentes, o manganês normalmente se associa a compostos orgânicos, estes compostos são menos tóxicos e têm uma disponibilidade diferente para peixes e outros organismos aquáticos (Kazanchev, *et al*, 2022). O Mn não é encontrado naturalmente em sua

forma pura; em vez disso, ele geralmente forma um composto com ferro (Shaharuddin, *et al*, 2022).

Em zonas ripárias (beira de rios) ocorre a formação da “cortina de Mn (II)” (Figura 83) que está associada à liberação de CO_2 , alta concentração de HCO_3^- proveniente da água subterrânea regional ou decomposição aeróbica da matéria orgânica do rio, além do baixo potencial de óxido-redução (Eh), devido à profundidade ou esgotamento do oxigênio dissolvido da água do rio, a compreensão dessas cortinas/camadas de sedimento é fundamental para compreender os processos hidrogeoquímicos, o destino ambiental do Mn, a deposição de poluentes relacionados na zona ripária, e transformação do Mn em ambientes fluviais e nas águas subterrâneas (Ma, *et al*, 2023).

Figura 83 – “Cortina de Mn (II)” na interface rio-água subterrânea, na zona ripária



Fonte: Ma, *et al*, 2023.

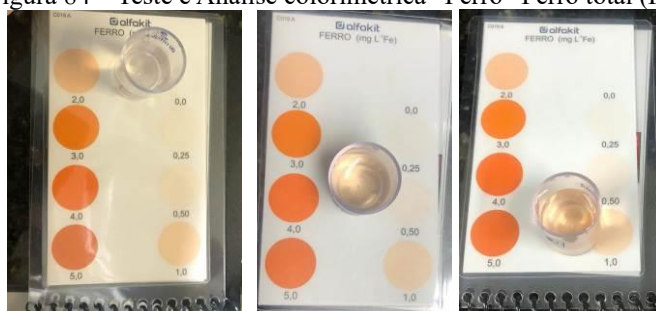
7.3.1.6.2. Ferro Total (Ferro II e III; Fe^{2+} e Fe^{3+})

No meio aquático o ferro é essencial para o crescimento e metabolismo de todos os organismos e pode se apresentar em dois estados de oxidação: férrico, com número de oxidação +3, também denominado como ferro (III) ou Fe^{3+} , e ferroso, com número de oxidação de +2, denominado Ferro (II) ou Fe^{2+} , vale ressaltar que a radiação solar influencia a redução de ferro (Fe (III)) para a forma ferrosa (Fe (II)), que é mais facilmente assimilada pelo fitoplâncton (Grzybowski, 2024).

A presença de ferro, dependendo das concentrações, pode influenciar na dureza, cor da água podendo apresentar coloração avermelhada, amarelada e/ou turva à água, podendo acarretar ainda um sabor amargo e adstringente (Pinto; Pinto; Oliveira, 2023, CETESB, 2018;). O ferro é um nutriente essencial em doses baixas, mas a exposição em longo prazo em doses concentradas pode ser prejudicial (Pinto; Pinto; Oliveira, 2023).

O método da Alfakit, “Ferro”, (Figura 84), faz a análise “Ferro” (Fe) dissolvido nas amostras de água coletadas, cujos valores estão apresentados na Tabela 22.

Figura 84 – Teste e Análise colorimétrica “Ferro” Ferro total (Fe)



Fonte: Autoria própria (2024).

A Resolução CONAMA 357/2005 também determinou limite máximo de Ferro Dissolvido em 0,3 mg/L para Classe I e II e 0,5 para Classe III. Os valores de “Ferro Total” (Fe) entrados nas águas do rio Parnaíba (Tabela 22), demonstram que em alguns pontos, principalmente nos meses de janeiro e fevereiro (início do período chuvoso), o ferro se encontra fora do padrão (valor acima do limite) estabelecido pelo CONAMA (marcados em vermelho) e os valores próximos do limite (marcados em laranja).

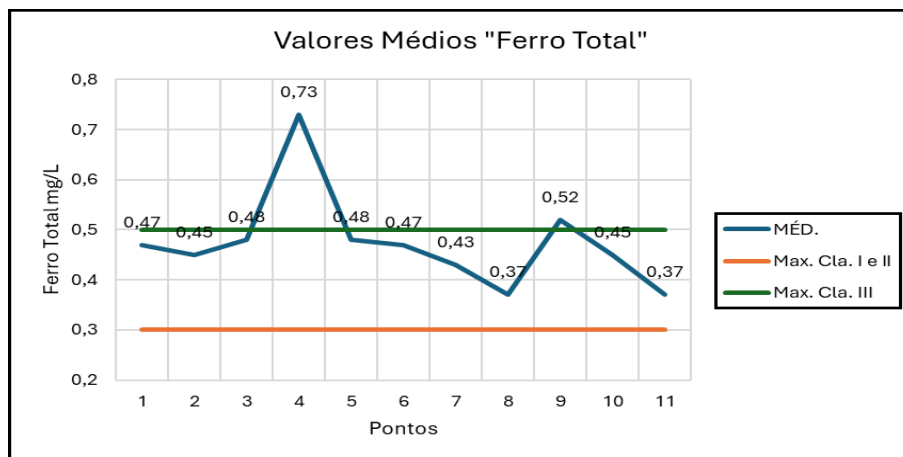
Tabela 22 – Valores relativos ao parâmetro “Ferro Total”, $\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+}$, (mg/L) nas amostras

DADOS: FERRO TOTAL ($\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+}$)												
P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	T
OUT.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000
NOV.	0,00	0,50	0,25	0,25	0,00	0,25	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,1500
DEZ.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000
JAN.	1,00	0,50	0,50	1,00	0,50	1,00	0,50	0,50	0,50	1,00	0,50	0,7000
FEV.	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,0000
MAR.	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,1000
ABR.	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,0000
MAL.	0,50	1,00	0,50	0,50	0,50	0,50	1,00	0,50	0,50	0,50	0,50	0,6000
JUN.	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,1000
JUL.	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,1000
AGO.	0,25	0,00	0,50	2,00	0,00	0,25	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,4000
SET.	0,50	0,25	1,00	2,00	1,00	0,50	0,50	0,25	1,00	0,50	0,25	0,7500
OUT.	0,50	0,25	0,25	0,50	1,00	0,25	0,25	0,25	0,25	0,50	0,25	0,4000
MÉD.	0,47	0,45	0,48	0,73	0,48	0,47	0,43	0,37	0,52	0,45	0,37	0,48462

Fonte: Autoria própria (2024).

A média dos valores de “Ferro Total” (Gráfico 26) mostrou que ao longo do ano, os valores de ferro estiveram acima dos limites estabelecidos para a classe II, chegando inclusive a superar os valores da classe III, portanto, os valores dos pontos indicam “poluição por ferro” e sendo os pontos 4 e 9 os mais críticos, que superam até o limite da classe III.

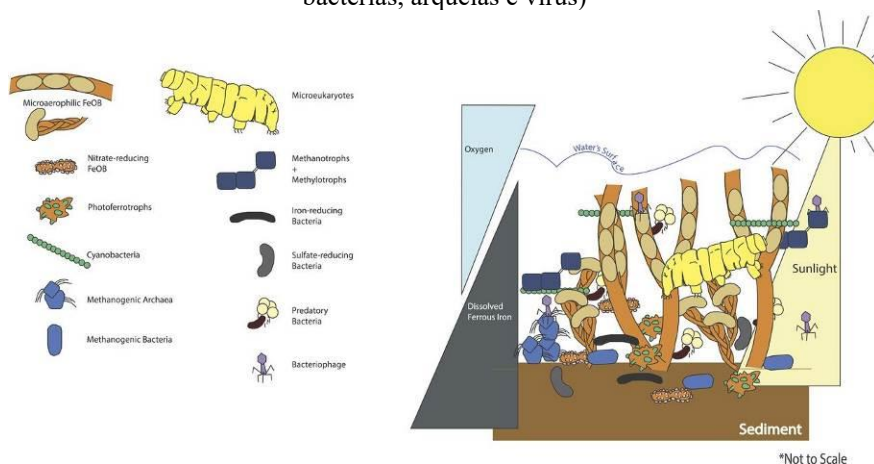
Gráfico 26 – Média dos valores “Ferro Total” ao longo do ano



Fonte: Autoria própria (2024).

Nas zonas ripárias (beira de rio) o ferro se acumula em camadas formando as “matas de ferro” (*iron mats*) (Figura 85) em ambientes de água doce, que são ambientes geoquímicos dinâmicos com ampla diversidade ecológica (eucariotos, bactérias, arqueias, vírus, entre outros), formados principalmente por bactérias oxidantes de ferro, que desempenham um papel crucial na ciclagem biogeoquímica de ferro, enxofre, carbono e nitrogênio (Brooks, Field, 2020).

Figura 85 – Representação da manta de ferro e dos grupos funcionais presentes na água doce (eucariotos, bactérias, arqueias e vírus)



Fonte: Brooks, Field, 2020.

7.3.1.6.3. Alumínio (Al)

O alumínio é o elemento metálico mais abundante na crosta terrestre seus compostos são frequentemente usados no tratamento de água, especialmente como coagulantes para reduzir matéria orgânica, turbidez e cor (Senze; Kowalska-Góralaska; Czyż, 2020; CETESB, 2017).

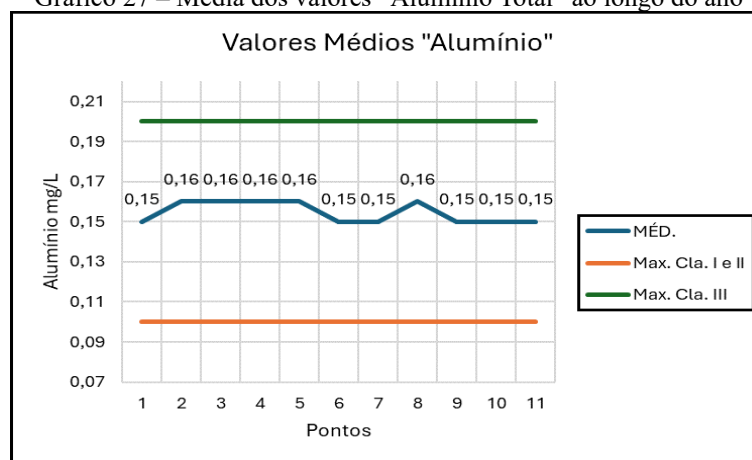
O alumínio é liberado ao ambiente principalmente por processos naturais, porém vários fatores influenciam sua mobilidade e subsequente transporte no ambiente. O aumento da introdução de alumínio em corpos d'água, particularmente pelas atividades humanas tais como efluentes industriais e atividades agrícolas, pode ter impactos ambientais significativos, sendo

JUN.	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,0000
JUL.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000
AGO.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000
SET.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000
OUT.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000
MÉD.	0,15	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15	0,15	0,16	0,15	0,15	0,15	0,15769

Fonte: Autoria própria (2024).

Vale ressaltar, considerando a média dos valores de “Alumínio Total” (Gráfico 27), que ao longo do ano, os valores de alumínio estiveram acima do limite máximo da Classe II, classe atual do Rio Parnaíba, mas inferior ao valor limite da classe III, no entanto, os valores dos pontos indicam “poluição por alumínio”.

Gráfico 27 – Média dos valores “Alumínio Total” ao longo do ano



Fonte: Autoria própria (2024).

O problema do efeito tóxico do alumínio no mundo dos organismos vivos ocorre quando as atividades antropogênicas associadas ao desenvolvimento principalmente da indústria e da agricultura se mostraram muito intensivas (Senza; Kowalska-Górska, Czyz, 2021).

O alumínio pode ser tóxico para a vida aquática, especialmente em sua forma solúvel. Quando presente em concentrações elevadas, pode causar estresse nos organismos aquáticos, afetando seu crescimento, reprodução e sobrevivência. A exposição prolongada a altas concentrações de alumínio também pode resultar em bioacumulação, onde o metal se acumula nos tecidos dos organismos, amplificando seus efeitos tóxicos ao longo da cadeia alimentar (Blessing, Kennedy, Ezekiel, 2020).

Devido as suas características nos ecossistemas aquáticos, o alumínio foi classificado no grupo de substâncias particularmente nocivas ao ambiente aquático (poluentes sintéticos e não sintéticos específicos) e sujeito a estudos específicos quanto ao seu nível e potencial de liberação (Senza; Kowalska-Górska, Czyz, 2021).

A solubilidade do alumínio em rios e riachos (rios pequenos e córregos) pode ser influenciada pelo pH, que pode variar de levemente ácido a levemente alcalino, sendo que no

pH neutro, a precipitação do alumínio é favorecida, o que pode explicar a diminuição de sua concentração ao longo do fluxo do corpo d'água (Blessing, Kennedy, Ezekiel, 2020). Isso pode explicar por que na maioria dos meses não foi encontrado alumínio no rio Parnaíba, uma vez que o pH do rio permaneceu neutro, em torno de 7, na maior parte do ano.

A presença elevada de alumínio nos meses de Março e Junho ao longo de todos os pontos podem indicar uma alteração ambiental externa à área de estudo, possivelmente causada: ou 1 - por fenômenos climáticos intensos, como as “Chuvas do Caju”, ou 2 - por atividades humanas, geralmente ligadas à mineração.

A “chuva do caju” é uma expressão para representar um período de chuvas rápidas, volumosas, com trovadas, relacionada ao período de floração da planta “cajueiro” (*Anacardium occidentale L.*) que ocorrem no Nordeste entre o período chuvoso e o período seco, variando em cada estado, no Ceará ocorrem em meados de outubro e em Pernambuco em torno de Outubro e Novembro (Eugênio, 2022; Medeiros, Cavalcanti, Duarte, 2020; Medeiros, 2019; Moura, *et al*, 2015). No Piauí as “chuvas do caju” antecedendo o período do “b-r-o-bró” (meses mais quentes do ano, setembro à dezembro) sendo que as chuvas começam, geralmente, nos meses de junho e julho (período de floração do Caju), e encerrando em agosto e setembro (Costa, 2022; Medeiros, Cavalcanti, Duarte, 2020; Medeiros, 2019; Portal O Dia, 2013). A chuva do caju pode ter contribuído para a remoção do alumínio dos sedimentos para o rio.

Vale ressaltar que mesmo nos casos em que o alumínio na água esteja em níveis que não representem um risco imediato é recomenda monitoramento contínuo para avaliar possíveis mudanças devido a atividades humanas ou alterações nas condições climáticas (Senza; Kowalska-Góralaska, Czyz, 2021).

7.3.1.6.4. Cromo (Cr)

O cromo está naturalmente presente nos solos e águas, podendo ser encontrado nas formas Cr^{3+} e Cr^{6+} , cuja toxidez depende do estado de oxidação em que o cromo é encontrado no ambiente, sendo a forma trivalente, considerada essencial para a vida, devido ao seu papel na regulação dos metabolismos de glicose, proteínas e gorduras, adquirida pela alimentação enquanto que na forma hexavalente, é considerado um agente tóxico podendo causar vários tipos de câncer e danos no DNA, as duas formas podem estar presente nas águas provenientes de fontes naturais (minerais de cromita) ou antropogênicas (atividades industriais, tais como curtumes, pilhas, lixões, entre outros) (Costa, Cabral, Carvalho, 2022; Mataveli, *et al*, 2018; Rosa, Fraceto, Moschini-Carlos, 2012).

DEZ.	≤ 0,10	0,20	≤ 0,10	0,30	≤ 0,10	≤ 0,10	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,1700
JAN.	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	0,1000
FEV.	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	0,1000
MAR.	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	0,1000
ABR.	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	0,1000
MAL.	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	0,1000
JUN.	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	0,1000
JUL.	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	0,1000
AGO.	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	0,1000
SET.	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	0,1000
OUT.	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	0,1000
MÉD.	0,10	0,11	0,10	0,12	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10538

*valor mínimo da tabela é 0,10, portanto, pode ser menor ou igual à 0,10

Fonte: Autoria própria (2024).

A presença de Cr hexavalente em sedimentos, mesmo em níveis baixos, pode ter implicações a longo prazo para a qualidade da água, especialmente se houver mudanças nas condições ambientais que favoreçam a mobilidade do Cr para a coluna de água, por isso alguns pesquisadores verificam o cromo a partir dos sedimentos, para obter dados mais precisos (Mokgohloa, *et al*, 2022).

O cromo quando combinado com o manganês, mostraram efeitos aditivos, cuja presença de ambos os metais em ambientes aquáticos, pode aumentar a toxicidade geral, mesmo que cada um, individualmente, esteja abaixo dos níveis considerados perigosos, pois ambos atuam na redução na síntese de clorofila, onde o Mn prejudica a molécula de clorofila, enquanto o cromo causa inibição da enzima ALAD (Alho, *et al*, 2022).

Diversos estudos destacam a necessidade de monitoramento contínuo das concentrações de cromo e outros metais pesados, devido à variação sazonal e à forte influência das atividades humanas, especialmente, em áreas próximas a fontes de poluição conhecidas, durante e após a estação chuvosa, para melhor entender e mitigar os impactos ambientais (Mokgohloa, *et al*, 2022; Gao, *et al*, 2022; Rahim, *et al*, 2019).

7.3.1.6.5. Cobre (Cu)

O cobre (Cu) é um dos metais mais utilizados pelo ser humano, apresentando uma versatilidade redox relativamente alta (mais de três estados de oxidação possíveis) com estabilidade significativa: Cu (I); Cu (II); Cu (III); e Cu (IV), sendo encontrado principalmente nos estados de oxidação +1 (íon cuproso, Cu(I)) e +2 (íon cúprico, Cu (II)) (Moreira, Teixeira, Lyon, 2024).

O Cobre é considerado um micronutriente para as plantas, presentes em vários complexos orgânicos que participam da formação da clorofila, tem papel fundamental no transporte de energia, na produção enzimática de aminoácidos, entre outros processos orgânicos (Novolari, 2013). Embora o cobre seja um elemento essencial, em excesso pode causar sérios

JAN.	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	0,2500
FEV.	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	0,2500
MAR.	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	0,2500
ABR.	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	0,2500
MAL.	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	0,2500
JUN.	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	0,2500
JUL.	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	0,2500
AGO.	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	0,2500
SET.	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	0,2500
OUT.	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	0,2500
MÉD.	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,25	0,25000

*valor mínimo da tabela é 0,25, portanto, pode ser menor ou igual à 0,25

Fonte: Autoria própria (2024).

7.3.1.7. LAS (Linear Alquil Benzeno Sulfonato de Sódio)

Os LAS (Linear Alquil Benzeno Sulfonato de Sódio) são substâncias tensoativas ou surfactantes, principais componentes dos detergentes, são compostos orgânicos que apresentam comportamento anfifílico isto significa que apresentam em sua estrutura molecular uma região hidrofóbica (aversão a água) e outra hidrofílica (forte afinidade por água). O primeiro tensoativo sintético aniônico surgiu em 1940 e teve grande aceitação por parte dos consumidores, devido ao melhor desempenho comparado com os sabões, porém devido a formação de densas camadas de espumas houve problemas com o tratamento dos efluentes. Outro aspecto a ser observado com relação aos detergentes é biodegradação, sendo que a partir de 1995 a utilização de compostos não degradáveis nas formulações de detergentes foi proibido em todos os países industrializados (Rosa; Fraceto; Moschini-Carlos, 2012).

O método da Alfakit, “LAS”, (Figura 89), faz a análise do “LAS” (Tabela 26) nas amostras de água coletadas.

Figura 89 – Teste e Análise colorimétrica “LAS”



Fonte: Autoria própria (2024).

A Resolução CONAMA 357/2005, estabelece um limite de 0,5 mg/L de LAS “Substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno” (Brasil, 2005). A Portaria MS 518/2004, também fixa limites de potabilidade para surfactantes em 0,5 mg L⁻¹ (Gomes, Tafarel, 2009). Os valores de “LAS” entrados nas águas do rio Parnaíba (Tabela 26), demonstram que

em alguns pontos, principalmente nos meses de novembro e dezembro, o LAS se encontra fora do padrão estabelecido pelo CONAMA (marcados em vermelho).

Tabela 26 – Valores relativos ao parâmetro “LARS” nas amostras

DADOS: LARS												
P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	T
OUT.	4,00	4,00	5,00	5,00	5,00	4,00	4,00	4,00	4,00	3,00	3,00	4,200
NOV.	4,00	4,00	5,00	5,00	5,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,300
DEZ.	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,000
JAN.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,25	0,00	0,00	0,25	0,25	0,075
FEV.	0,50	0,50	0,25	0,50	1,00	0,25	0,25	1,00	0,50	0,25	1,00	0,500
MAR.	0,25	0,25	0,00	0,25	0,00	0,50	0,25	0,25	0,50	0,25	0,25	0,250
ABR.	0,25	0,00	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,50	0,25	0,25	0,25	0,250
MAL.	1,00	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,325
JUN.	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,250
JUL.	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,250
AGO.	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,250
SET.	0,50	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,275
OUT.	0,50	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,275
MÉD.	1,13	1,02	1,15	1,19	1,21	1,06	1,04	1,10	1,06	0,96	1,02	1,092

Fonte: Autoria própria (2024).

O agente tensoativo ou surfactante tem a propriedade de modificar as propriedades do meio líquido, diminuindo a tensão superficial e aumentando, portanto, o poder, umectante, dispersante, solubilizante e formador de espuma (Amigo, 1998).

Os surfactantes aniônicos são os principais constituintes dos detergentes sintéticos, tendo diversas utilizações industriais e domésticas. Devido a esta extensa aplicação, diariamente são liberadas no ambiente consideráveis quantidades de surfactante, causando sérios problemas de poluição. Estes surfactantes são os causadores da espuma nos rios, afetam as propriedades físico-químicas e biológicas dos solos, e podem permanecer no meio ambiente durante um longo período. A Portaria MS 518/2004, fixa limites de potabilidade para surfactantes em 0,5 mg L⁻¹ (Gomes, Tafarel, 2009).

Vários problemas ambientais têm sido apontados devido ao intenso uso dos detergentes pela sociedade que leva ao acúmulo de tensoativos nos recursos hídricos, tais como: 1 – eutrofização, devido à presença de fosfato na composição de vários detergentes; 2 – diminuição do oxigênio dissolvido e da permeabilidade de luz, devido a diminuição da tensão superficial na interface água / ar; 3 – bioacumulação (capacidade dos seres vivos concentrarem determinada espécie química em sua biomassa); 4 – interferência em processos biológicos (por ex. inibi o processo de nitrificante, devido à morte de bactérias envolvidas no processo); intoxicação da população e aumento dos custos para o tratamento dos efluentes (Rosa; Fraceto; Moschini-Carlos, 2012). Um dos contaminantes de difícil remoção (degradação) ou até mesmo de eliminação das águas residuais são os detergentes, sendo importante a busca por métodos de tratamento de efluentes que contribuam para reciclagem e reuso de água (João, *et al*, 2021).

7.3.2. *Análise Estatística*

A análise estatística foi feita através da observação dos valores “Mínimo, Médio e Máximo” das amostras, do método de “Correlação de Pearson”, do método “Mapa de Calor”; e do método “PCA – Análise dos componentes principais” com a finalidade de combinar as semelhanças estatísticas entre as amostras.

Para análise estatística das amostras foram retirados os valores de “Cobre”, Nitrogênio Mineral (total)” e “Amônia não ionizável”, pois no caso do Cobre, não foi encontrado resultado a não ser o valor mínimo da tabela, por tanto, não houve variação a variação foi nula, e o Nitrogênio Mineral (total) e Nitrogênio não ionizável, são dados altamente correlacionados ($r > 0,9$), isto se deve pois, para se obter estes valores são somados e multiplicados valores brutos encontrados em outros parâmetros o que causa grande correlação estatística. Também optou-se por utilizar apenas os valores do oxigênio dissolvido coletados no local, pois por se tratar de um gás, as condições ambientais permitem uma análise do parâmetro mais próxima da realidade.

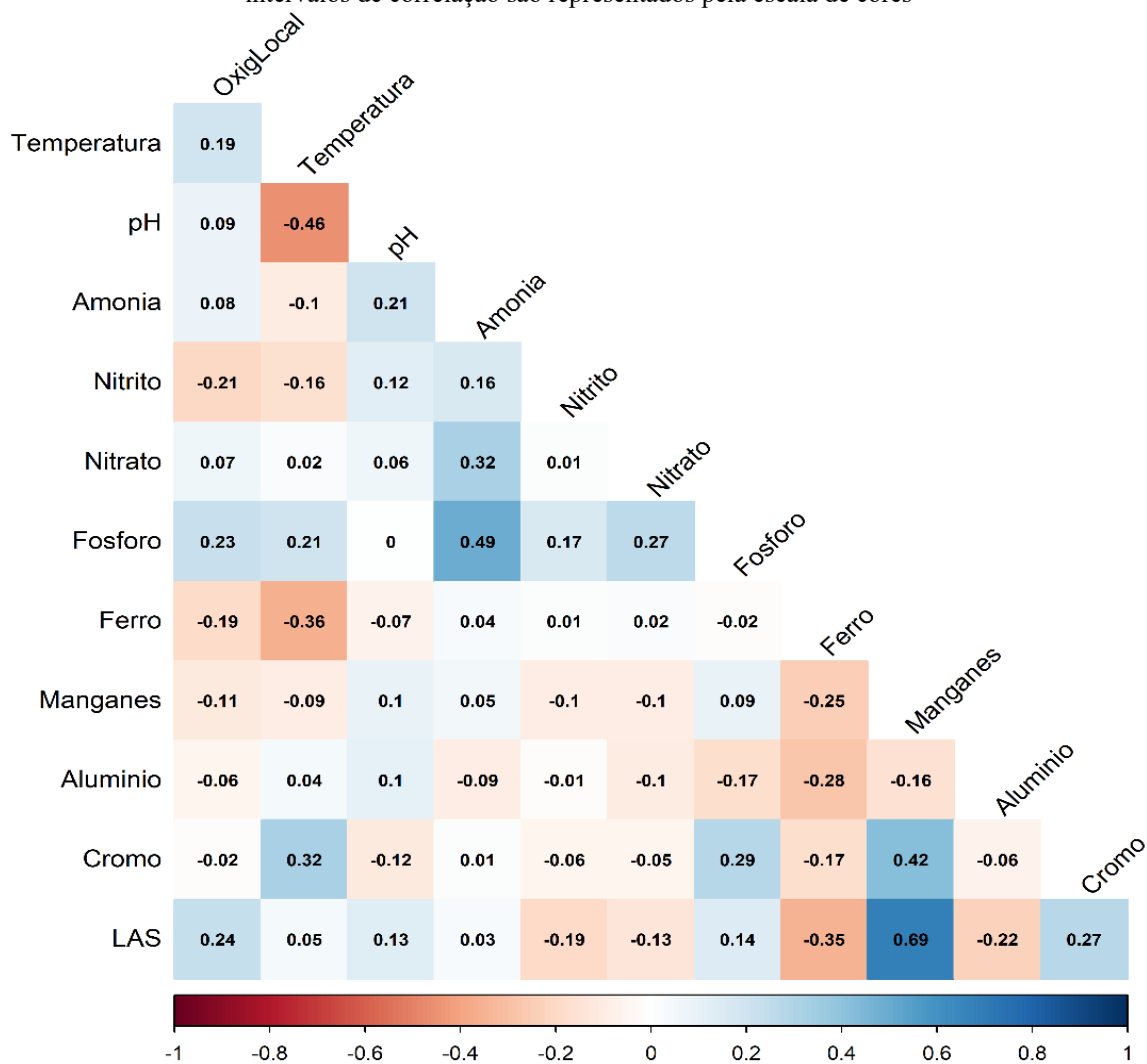
7.3.2.1. *Correlação de Pearson*

Para análise de correlação foi retirado a concentração de cobre por apresentar todos os valores inferiores ao mínimo da tabela da alfakit. Foi retirado também a concentração de oxigênio realizada em laboratório, pois valores do oxigênio dissolvido coletados no local, permitem uma análise do parâmetro mais próxima da realidade e ainda as concentrações de amônia não ionizada e nitrogênio mineral, já que esses são valores encontrados com base nas concentrações de amônia, nitrato e nitrito. Para Santos, *et al*, 2018, p. 31:

O coeficiente de Pearson é um indicador que descreve a interdependência linear entre duas variáveis, que são completamente correlacionadas quando os valores são -1 e 1, negativa e positivamente, respectivamente; são independentes quando o valor é 0; e são parcialmente correlacionados em diferentes graus para valores intermediários (Santos, *et al*, 2018, p. 31).

A Figura 90 mostra as correlações entre as demais variáveis estudadas. Não foi observado nenhuma correlação forte ($r > 0,7$). Todas as correlações moderadas foram significativas, sendo elas as correlações entre Temperatura e pH ($r = -0,46$), Amônia e Fósforo ($r = 0,49$), manganês e Cromo ($r = 0,42$) e entre manganês e LAS ($r = 0,69$).

Figura 90 – Correlação considerando 13 variáveis em 143 amostras de água do rio Parnaíba. Os diferentes intervalos de correlação são representados pela escala de cores



A correlação entre Temperatura e pH foi a única com valor negativo indicando que aumento na temperatura das águas do rio podem provocar diminuição do pH. No caso da correlação positiva entre fosforo e amônia, tem-se que a maior parte do nitrogênio encontrado nas amostras, estava na forma de amônia e isso pode indicar poluições recentes e o fosforo pode indicar poluição por detergente.

O Cromo se correlacionou positivamente com Manganês e LAS. O LAS é um indicador de poluição por produtos de limpeza, com o manganês presente nos sedimentos no fundo e/ou nas margens, mas não se sabe ao certo o motivo. Considerando que LAS é um tipo de contaminação comum nas águas analisadas e que o manganês é um dos minerais bastantes

presentes nas rochas, sugere-se que mais análises sejam realizadas, principalmente com os sedimentos, e que pesquisas mais detalhadas sejam realizadas nesta área porque o aumento dessas variáveis pode levar ao aumento do Cromo, mineral bastante tóxico.

7.3.2.2. *Análise hierárquica e mapa de Calor*

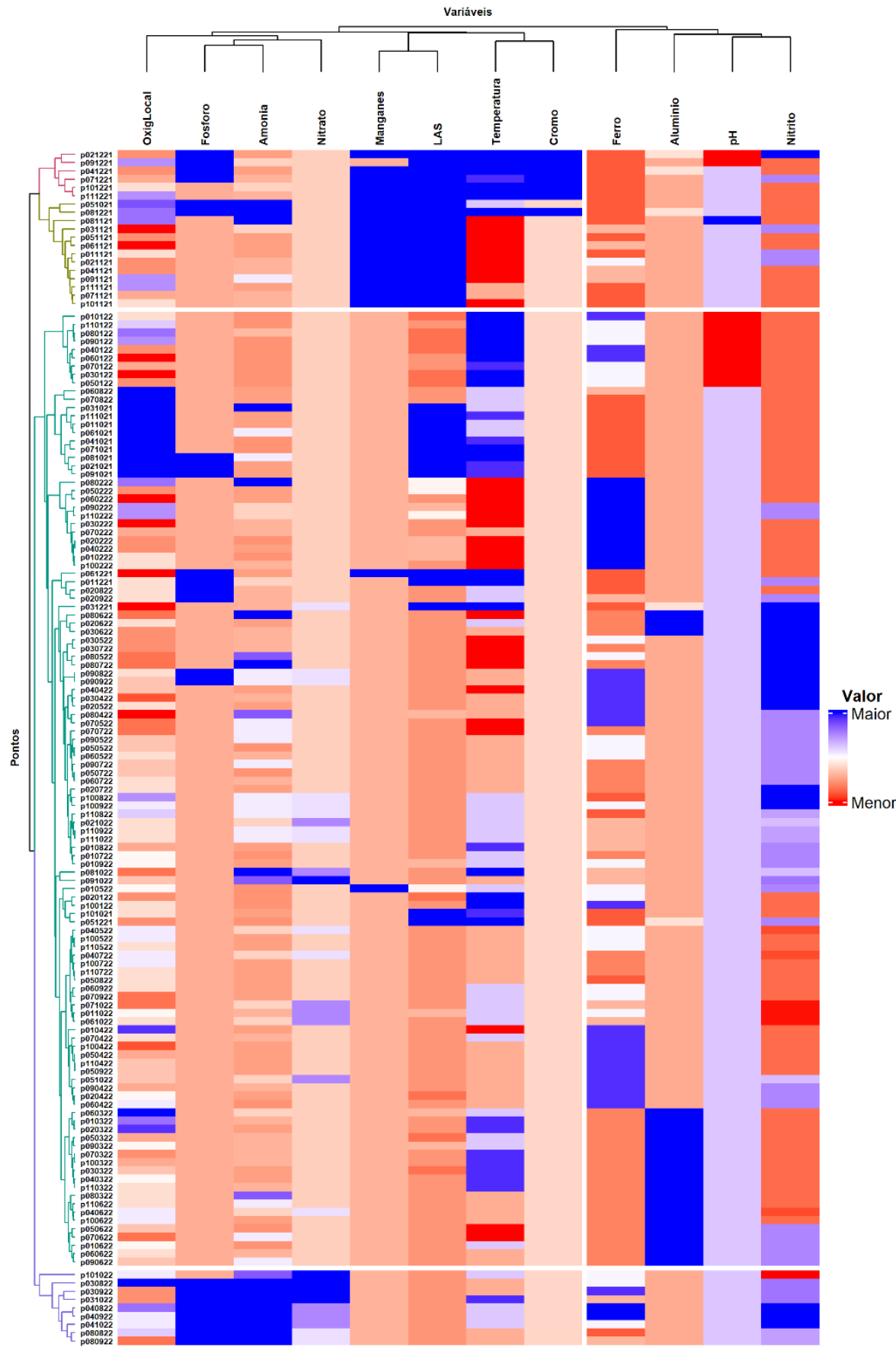
Com os dados autoescalados, também foi realizada uma análise de cluster utilizando o algoritmo UPGMA (*paired group*) e a distância euclidiana como medida de proximidade entre as amostras. O dendrograma e o mapa de calor gerados são apresentados na Figura 91 e apresentam o agrupamento com base na concentração das mesmas variáveis que foi realizada a análise de correlação de Pearson.

No mapa de calor apresentado na Figura 91 os retângulos estão organizados em uma escala de cores variando da coloração “azul” que apresentam maiores concentrações e vermelho com menores concentrações.

Na figura 91 é observado quatro clusters principais. O primeiro (cluster 1), de cor rosa, é formado pelas amostras 02, 04, 07, 09, 10 e 11 de dezembro de 2021. Já o cluster 2, de cor amarelo-escuro, contém todas as amostras coletas em novembro de 2021 e ainda as amostras 05 de outubro de 2021 e 08 de dezembro de 2021. O cluster azul-claro (cluster 3) apresenta a maioria das amostras e o cluster 4 (roxo) ficou com as amostras 03 e 04 de agosto, setembro e outubro de 2022 e ainda as amostras 08 de agosto e setembro de 2022 e a 10 de outubro de 2022.

Pelo mapa de calor observa-se que o cluster 1 contém as amostras com elevada concentração de cromo. Já o cluster 2 é formado, principalmente, pelas amostras com maiores concentração de manganês. Apesar do cluster 3 apresentar muitas amostras, é possível observar que ele contém as amostras com elevada concentração de alumínio, sendo essas, todas do ano de 2022 e ainda as amostras com menores valores de pH do ano de 2022. O cluster 4 apresenta as amostras com maiores concentrações de amônia, fosforo e nitrato.

Figura 91 – Mapa de Calor



Fonte: Autoria própria (2024).

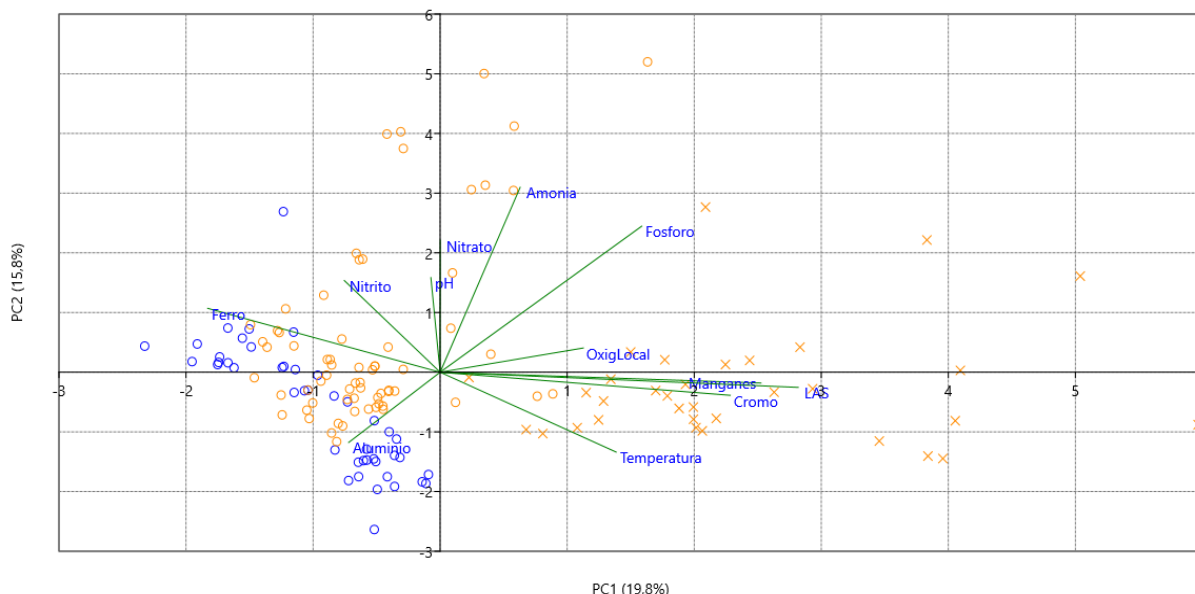
7.3.2.3. Análise de Componentes Principais - PCA

Organizamos os dados originais em uma matriz X (144×12) onde as linhas representam os pontos coletados e as colunas correspondem às 12 variáveis. Antes da PCA, os dados foram autoescalados com o objetivo de equalizar os intervalos de variabilidade (média 0 e variância 1). As cinco componentes podem explicar 71,0% da variância total, sendo 19,8, 15,8, 14,0, 11,3 e 10,1% para a PC1, PC2, PC3, PC4 e PC5, respectivamente. Na Figura 92 é apresentado o gráfico biplot para PC1 vs PC2, que juntos explicam 35,6% da variância total.

Teresina possui uma distribuição de chuvas bastante irregulares com altas temperaturas (Lima, Lopes, Façanha, 2021; Andrade 2016), mas pode-se considerar o período, de Dezembro à Março, chuvoso (maior pluviosidade, menores temperaturas) e o período, de Agosto até Novembro, seco (menor pluviosidade, maiores temperaturas) podendo variar um mês para mais ou para menos (Lima, Lopes, Façanha, 2021; Lima, Andrade Júnior, 2020; Medeiros, 2019; Andrade 2016). Assim, no gráfico foi representado por “X” e “O” as amostras do ano de 2021 e 2022, respectivamente. Com relação as cores, foi considerado azul as amostras do período chuvoso (janeiro a abril), laranja a do período seco (agosto à novembro) e a cor preta para amostras foras desses períodos (maio, junho, julho e dezembro).

Verifica-se na Figura 92 que a PC1 é influenciada, principalmente, pelas concentrações de LAS, cromo e manganês de forma positiva e de ferro de forma negativa. As concentrações destas variáveis fizeram com que todas as amostras do período de chuva ficassem do lado esquerdo da PC1 (lado negativo) influenciadas, principalmente, pelas altas concentrações de ferro das amostras do mês de fevereiro de 2022.

Figura 92 – Gráfico biplot PC1 x PC2

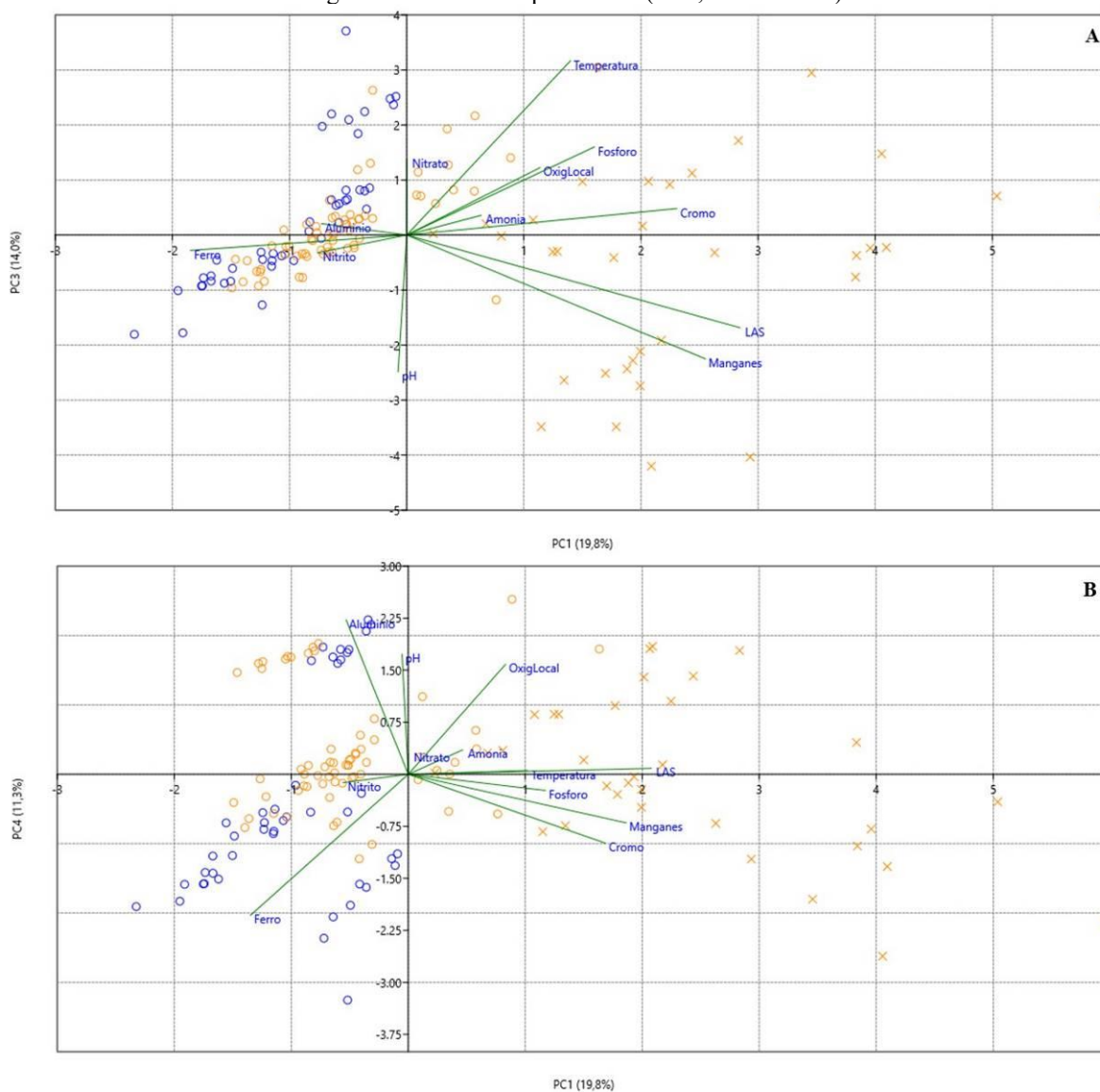


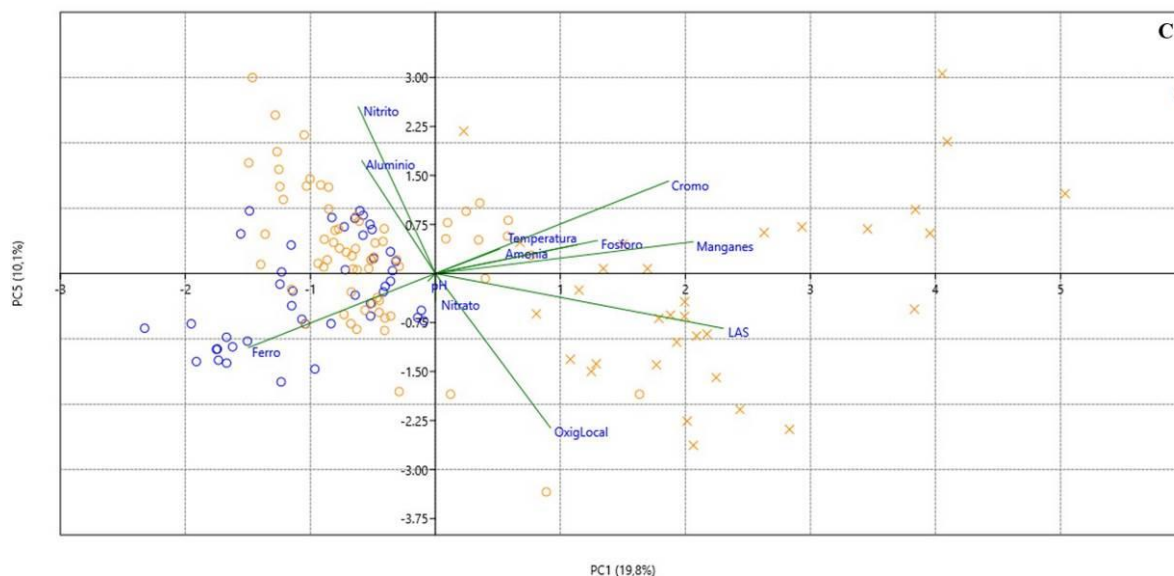
Fonte: Autoria própria (2024).

Observa-se ainda na Figura 92 que as amostras do período de seca não se agruparam, porém destaca-se que possuem as amostras 02, 04, 07, 08, 10 e 11 de dezembro de 2022, apresentam as maiores concentrações de cromo. Com relação ao ano de coleta as concentrações de cromo, manganês e LAS separaram as amostras coletadas em 2021 das amostras coletadas em 2022. Amônia e fosforo do lado positivo e temperatura do lado negativo foram as variáveis que mais influenciaram na PC2. Destas variáveis a alta concentração de amônia e a baixa temperatura destaca a amostra 08 de fevereiro de 2022 das demais amostras do período.

As demais PCs somaram 35,4% da variância total. Na Figura 93 é apresentado o gráfico biplot da PC1 com a PC3 (A), PC4 (B) e PC5 (C), respectivamente. A Figura 93A mostra que Temperatura, pH e a concentração de manganês agrupam mais as amostras de 2022.

Figura 93 – Gráfico biplot PC1 x (PC3, PC4 ou PC5)





Fonte: Autoria própria (2024).

Na figura 93B observa-se que as amostras do de 2022 se separam em 3 grupos, com destaque para as amostras de março e junho, que por apresentarem alto valor de pH e concentração de alumínio ficam todas agrupadas do lado positivo da PC2. Já na Figura 93C é observado que a concentração de cromo auxilia na distinção das amostras de dezembro das demais coletas em 2021.

7.4. Considerações Finais

Os resultados da análise da qualidade da água do rio Parnaíba, com base em parâmetros físico-químicos, demonstram que a maioria dos parâmetros analisados se encontram com valores compatíveis com os valores estabelecidos pela resolução CONAMA n°357/2005, na maior parte do ano.

Os parâmetros Temperatura, pH, nitrito e nitrato estiveram dentro dos limites estabelecidos pela resolução Conama 357/2005, já os parâmetros “Oxigênio”, “Toxicidade”, “Nitrogênio Amoniacal” e “Fosforo Total” estavam com valores acima do estabelecido pela resolução em alguns pontos, com destaque o ponto 8. A média anual dos valores do Ferro e Alumínio indicou poluição. No período seco (outubro à dezembro), alguns parâmetros apresentaram valores acima do estabelecido pela resolução: Dezembro (Manganês, Cromo e LAS elevados), Novembro (Manganês e LAS) e Outubro (LAS). Não foi possível avaliar o Cobre por limitação do KIT.

Com relação as condições climáticas sobre os valores dos parâmetros e os períodos do ano, de forma geral, observou-se que o rio possui menores valores no “período chuvoso” do que no “período seco”, isto pode indicar que, no período chuvoso o rio consegue dissolver melhor as substancias e autodepurar seus poluentes, por isso não foram observados valores

elevados, de modo geral, nos meses Janeiro, Fevereiro e Março, mas no período seco, Outubro, Novembro e Dezembro, as concentrações comumente eram superiores ao limite legal estabelecido pela resolução CONAMA, o que pode indicar que nesses meses a capacidade de dissolver as substâncias e autodepurar os poluentes é menor, tornando esse período mais crítico e frágil para o rio.

Observou-se uma relação do cromo, manganês e LAS, ressaltada pela análise estatística, que determinou uma correlação positiva entre esses parâmetros. Considerando a correlação positiva do cromo com Manganês e LAS sugere-se que mais pesquisas sejam realizadas nesta área porque o aumento de LAS pode levar ao aumento do Cromo, mineral bastante tóxico. As amostras coletadas em dezembro de 2021 apresentaram maior grau de dissimilaridade. As variáveis estudadas conseguem separar as amostras por ano de coleta com diferença principal para as amostras dos meses fora do período chuvoso e seco.

REFERÊNCIAS

ALFAKIT, Percentual de amônia não ionizada em amostras de água doce. Florianópolis Disponível em: < <https://drive.google.com/file/d/19TS9f3DFngV2k8ygDljBhelJ3hGa--ID/edit> > Acessado em 30/07/2024.

AMIGO, N. A. Propriedade das normas de lançamento de esgoto. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Saúde Pública) – Escola Nacional de Saúde Pública/Fundação Instituto Oswaldo Cruz, 1998.

ANDRADE, C. S. Teresina e clima: indissociabilidades no estudo da cidade. **Revista Equador**, v. 5, n. 3, p. 398-420, 2016.

ALHO, L. O. G. *et al.* Individual and combined effects of manganese and chromium on a freshwater Chlorophyceae. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 41, n. 4, p. 1004-1015, 2022.

ALMEIDA, W. R. F.; SOUZA, F.M. Análise Físico-Química da Qualidade da Água do Rio Pardo no Município de Cândido Sales – BA. **Id online Rev. Mult. Psic.** V.13, N. 43, p. 353-378, 2019.

BACELO, H. *et al.* Performance and prospects of different adsorbents for phosphorus uptake and recovery from water. **Chemical Engineering Journal**, v. 381, p. 122566, 2020.

BASSOI, L. J.; GUAZELLI, M. R. Controle Ambiental da Água. In: PHILIPPI JR, A.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C. **Curso de Gestão Ambiental**. Barueri, SP: Manole, 2004, p. 1045.

BLESSING, E.; KENNEDY, C.; EZEKIEL, E. N. Predicting the Migration of Aluminium Inhibited by Industrial Effluents in Trans Amadi Streams, Port Harcourt, Rivers State. **Predicting the Migration of Aluminium Inhibited by Industrial Effluents in Trans Amadi Streams, Port Harcourt, Rivers State.**, v. 47, n. 1, p. 8-8, 2020.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005. Conselho Nacional de Meio Ambiente, Brasília, 2005. Disponível em: < https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf >. Acessado em 19/10/2024.

BRASIL. Lei 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a política nacional de recursos hídricos, cria o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição federal, e altera o art. 1º da Lei 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: < https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm >. Acessado em 19/10/2024.

BROOKS, C. N.; FIELD, E. K. Iron flocs and the three domains: microbial interactions in freshwater Iron Mats. **MBio**, v. 11, n. 6, p. 10.1128/mbio. 02720-20, 2020.

CETESB. Alumínio. FIT – Ficha de Informação Toxicológica. Divisão de Toxicologia Humana e Saúde Ambiental. 2017. Disponível em: < <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2013/11/Aluminio.pdf> >. Acessado em 29/05/2024.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Fundamentos do Controle de poluição das águas**. Módulo II – Prevenção da poluição ambiental e controle de fontes. Apostila Pós-graduação Lato Sensu. São Paulo: Escola Superior da CETESB. 2018.

CETESB. Manganês. FIT – Ficha de Informação Toxicológica. Divisão de Toxicologia Humana e Saúde Ambiental. 2022. A. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2021/05/Mangane%CC%82s.pdf>>. Acessado em 29/05/2024.

CETESB. Cromo. FIT – Ficha de Informação Toxicológica. Divisão de Toxicologia Humana e Saúde Ambiental. 2022. B. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2021/05/Mangane%CC%82s.pdf>>. Acessado em 29/05/2024.

CHUEH, Yi-Yin; FAN, Chihhao; HUANG, Ya-Zhen. Copper concentration simulation in a river by SWAT-WASP integration and its application to assessing the impacts of climate change and various remediation strategies. **Journal of environmental management**, v. 279, p. 111613, 2021.

COSTA, A. “Chuva do caju” prejudica a fruta? Entenda o impacto nas plantações do Ceará. Diário do Nordeste. 2022. Disponível em: < <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/ceara/chuva-do-caju-prejudica-a-fruta-entenda-o-impacto-nas-plantacoes-do-ceara-1.3281449> >. Acessado em 29/08/2024.

COSTA, F. B.; FERREIRA, V. O. Análise de parâmetros que compõem o índice de qualidade das águas (IQA) na porção mineira da bacia do rio Paranaíba. **Revista Eletrônica de Geografia**, v. 7, n. 18, p. 22-47, 2015.

COSTA, G. M. M., *et al.* Caracterização da qualidade da água superficial nos distritos administrativos do município de Belém-PA. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 1, n. 44, p. 120-137, 2022.

COSTA, K. D. I.; CABRAL, E. S.; CARVALHO, B. S. O mecanismo de ação do cromo e magnésio como nutrientes fundamentais no tratamento da hiperglicemia. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 5, p. e27111528256-e27111528256, 2022.

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). **Fundamentos do Controle de poluição das águas**. Módulo II – Prevenção da poluição ambiental e controle de fontes. Apostila Pós-graduação Lato Sensu. São Paulo: Escola Superior da CETESB. 2018.

CRAVOTTA III, C. A. *et al.* Legacy sediment as a potential source of orthophosphate: Preliminary conceptual and geochemical models for the Susquehanna River, Chesapeake Bay watershed, USA. **Science of the Total Environment**, v. 912, p. 169361, 2024.

ESTEVEES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência., 2 ed, 602 p, 1998.

EUGÊNIO, G. O Sertão e a chuva do caju. Agronegócio. “Jornal do Sertão”. Disponível em: < <https://jornaldosertaope.com.br/2022/11/03/o-sertao-e-a-chuva-do-caju/> > Acessado em 29/08/2024.

FERNANDES, G. S. T. *et al.* Variação interdecadal de elementos climáticos no Estado do Piauí (Brasil). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 8, n. 2, 2020.

FROES, B. H. C.; ROCHA-LIMA, A. B. C. Avaliação preliminar dos parâmetros físico-químicos, microbiológicos e organolépticos do Rio Jundiá e comparação com os padrões estabelecidos para o seu enquadramento. **Unisanta BioScience**, v. 9, n. 1, p. 46-53, 2020.

GAO, L. *et al.* Dual diffusive gradients in the thin films (DGT) probes provide insights into speciation and mobility of sediment chromium (Cr) from the Xizhi River basin, South China. **Journal of Hazardous Materials**, v. 436, p. 129229, 2022.

GIRARDI, R. Parâmetros de qualidade de água de rios e efluentes presentes em monitoramentos não sistemáticos. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 16, n. 2019, 2019.

GOMES, C. S.; TAFFAREL, S. R. Utilização de zeólitas naturais modificadas na adsorção de surfactantes. **Salão de Iniciação Científica (21.: 2009 out. 19-23: Porto Alegre, RS)**. Livro de resumos. Porto Alegre: UFRGS, 2009., 2009.

GONÇALVES, C.; SILVÉRIO, P. F. Comparação entre níveis de nitrogênio amoniacal e amônia não-ionizável em amostras de água subterrânea. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 6, n. 3, 2023.

GONÇALVES, L. L. *et al.* Qualidade da água de córregos urbanos de São Gabriel/RS. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 14, n. 2, p. 267-273, 2020.

GRZYBOWSKI, W. Comparison of river and coastal water as potential sources of bioavailable iron. **Marine Pollution Bulletin**, v. 205, p. 116634, 2024.

GUEDES, J. A. Poluição de rios em áreas urbanas. **Ateliê Geográfico**, v. 5, n. 2, p. 212-226, 2011.

GUIMARÃES, Y. N. *et al.* Ciclo do nitrogênio em ambientes dulcícolas e as interferências antrópicas. **Multidisciplinary Reviews**, v. 3, p. e2020015-e2020015, 2020.

GUTIÉRREZ-RUIZ, M. *et al.* Tridimensional spatial distribution of manganese in a river impacted by metallurgical activity and mining. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, p. 3494-3505, 2021.

JOÃO, J. J. *et al.* Tratamento de efluentes: remoção de detergente utilizando processo Fenton com ultrassom e prego reutilizado. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 26, n. 6, p. 1051-1058, 2021.

KAZANCHEV, S. Ch *et al.* Dynamics of various forms of manganese in the pond waters. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, 2022. p. 012011.

LIMA, M. G.; ANDRADE JUNIOR, A. S. **Climas do estado do Piauí e suas relações com a conservação do solo**. Teresina: Edufpi, 2020. 144 p.

LIMA, S. M. S. A.; LOPES, W. G. R.; FAÇANHA, A. C. Alterações na cobertura do solo em Teresina, Piauí, Brasil. **Sociedade & Natureza**, v. 33, p. e58922, 2021.

MA, A. *et al.* “Mn (II) Curtain” in the riparian sediment at the lower reaches of the Hanjiang River, China. **Journal of Hydrology**, v. 625, p. 130047, 2023.

MATAVELI, L. R. V. *et al.* Avaliação dos níveis de cromo total em águas para consumo humano. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 77, p. 1-11, 2018.

MEDEIROS, R. M. Aptidão climática da cultura do caju nos estados da Paraíba e Piauí–Brasil. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, v. 16, n. 1, p. 103-118, 2019.

MEDEIROS, R. M.; CAVALCANTI, E. P.; DUARTE, J. F. M. Classificação climática de köppen para o estado do Piauí–Brasil. **Revista Equador**, v. 9, n. 3, p. 82-99, 2020.

MILANI, J.; LARA, D.; COSTA, E. Análise de qualidade da água e do solo utilizando Alfakit®: abordagem teórico-prática para ensino de ciências na Escola Paulo VI, Canoas-RS. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, v. 8, n. 1, p. 94-105, 2022.

MOKGOHLOA, C. P. *et al.* Speciation of chromium in river sediments by graphite furnace-atomic absorption spectrometry after microwave-assisted extraction. **International Journal of Environmental Analytical Chemistry**, v. 102, n. 18, p. 6454-6468, 2022.

MONJARDIN, C. E. F.; POWER, C.; SENORO, D. B. Spatio-Temporal Assessment of Manganese Contamination in Relation to River Morphology: A Study of the Boac and Mogpog Rivers in Marinduque, Philippines. **Sustainability**, v. 15, n. 10, p. 8276, 2023.

MOREIRA, L. M.; TEIXEIRA, A. O.; LYON, J. P. Cobre (Cu): Reatividade, compostos de coordenação e atuação biológica. **Research, Society and Development**, v. 13, n. 3, p. e5313345291-e5313345291, 2024.

MOSCOSO, B. K. L.; INGA, M. E. R.; INGA, R. P. G. R. Remoción de cobre de aguas contaminadas mediante consorcios bacterianos en biorreactores Airlift. **Yotantsipanko**, v. 2, n. 1, 2022.

MOURA, Í. J. M. *et al.* Caracterização dos períodos seco e chuvoso da cidade de Fortaleza (CE). **Ciência e Natura**, v. 37, n. 1, p. 3-7, 2015.

NUVOLARI, A. **Dicionário de Saneamento Ambiental**. São Paulo: Oficina de Texto, 2013. PINTO, A.; PINTO, A.; OLIVEIRA, V. Qualidade das águas superficiais em pequenas bacias hidrográficas da Costa Leste do Estado do Mato Grosso do Sul. **Revista Pantaneira**, v. 22, p. 11-27, 2023.

PORTAL O DIA. Chuva do Caju anuncia chegada do b-r-o-bró. Piauí. Disponível em: <<https://portalodia.com/noticias/piaui/chuva-do-caju-anuncia-chegada-do-b-r-o-bro>>

180356.html#:~:text=%22O%20cajueiro%20come%C3%A7a%20a%20florescer,acontece%20nesse%20per%C3%ADodo%22%2C%20descreve.>. Acessado em 29/08/2024.

RAHIM, M. A. C. A.; APROI, A.A.; SHI, X.; LIU, S.; ALI, M. M.; YAACOB, W. Z. W.; MOHAMED, C. A. R. P. S. Distribution of chromium and gallium in the total suspended solid and surface sediments of sungai kelantan, kelantan, Malaysia. **Sains Malaysiana**, v. 48, n. 11, p. 2343-2353, 2019.

REGINATO, B. C. *et al.* Análise de Metais Pesados pelo Método de Biomonitoramento no Rio Cachoeira, Região Nordeste de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 1, p. 310-324, 2023.

REIS, J. A. T.; MENDONÇA, A. S. F. Análise técnica dos novos padrões brasileiros para amônia em efluentes e corpos d'água. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 14, p. 353-362, 2009.

REVUTSKAYA, I. L.; KHRISTOFOROVA, N. K.; SUKHOVEEVA, A. B. Features of the content of manganese in natural waters in the south of the Far East (on the example of the Jewish Autonomous Region). In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, 2021. p. 012055.

ROCHA, A. I. Avaliação da qualidade da água no rio Parnaíba na zona urbana de Teresina, PI, usando os métodos IQA clássico e lógica Fuzzy. **Dissertação** (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal do Piauí - UFPI 2016.

ROCHA, A. P.; ALENCAR, A. K. B. Riachos Urbanos: Como esses sistemas têm sido compreendidos no planejamento urbano de Teresina?. **Boletim do Gerenciamento**, v. 42, n. 42, 2024.

ROSA, A. H.; FRACETO, L. F.; MOSCHINI-CARLOS, V. M. **Meio Ambiente e Sustentabilidade**. Porto Alegre: Bookman, 2012. ISBN 978-85-407-0196-0.

SÁ, M. V. C. **Limnocultura**: Limnologia para Aquicultura. Edições UFC. Fortaleza. 2012. SANO, K.; OKUDA, Y.; HABUKA, A.; KIMIMURA, K. Amostragem passiva de fósforo em baixa concentração em rios e lagos. **Anais da Sociedade Japonesa de Engenheiros Civis G (Meio Ambiente)**, v. 78, n. 7, p. III359 - III368. ISSN: 2185-6648. https://doi.org/10.2208/jscejer.78.7_III_359.

SANTOS, S. A. *et al.* Qualidade da água na bacia hidrográfica urbana Canela Tamandaí, Santa Maria/RS. **Sociedade & Natureza**, v. 30, n. 2, p. 23-44, 2018.

SASABUCHI, I. T. M. *et al.* Sustentabilidade no uso de fósforo: Uma revisão bibliográfica com foco na situação atual do estado de São Paulo, Brasil. **Química Nova**, v. 46, n. 02, p. 185-198, 2023.

SENZE, M.; KOWALSKA-GÓRALSKA, M.; CZYŻ, K. Availability of aluminum in river water supplying dam reservoirs in Lower Silesia considering the hydrochemical conditions. **Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management**, v. 16, p. 100535, 2021.

SHAHARUDDIN, M. S. *et al.* Manganese (Mn) in Drinking Water From Gravity Feed System: A Literature Review. **Asian Journal of Medicine and Biomedicine**, v. 6, n. S1, p. 28-30, 2022.

SOARES, R. D. B.; SILVA, C. E.; BATISTA, M. G. S. Avaliação qualitativa da segurança hídrica do rio Poti no município de Teresina-PI. **Educação Ambiental em Ação**, v. 18, n. 69, 2019. Disponível em: <<https://revistaea.org/artigo.php?idartigo=3845>> Acessado em 25/06/2024.

SOARES, R. D. B.; CRUZ, R. W. L.; SILVA, C. E. A influência da precipitação na variabilidade da qualidade da água do rio Parnaíba. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 9, p. 16645-16674, 2019.

SOUZA, A. K. R.; MORASSUTI, C. Y.; DE DEUS, W. B. Poluição do ambiente por metais pesados e utilização de vegetais como bioindicadores. **Acta Biomedica Brasiliensia**, v. 9, n. 3, p. 95-106, 2018.

SILVA, E. C. *et al.* Panorama brasileiro de mudanças climáticas. **BIUS-Boletim Informativo Unimotrisaúde em Sociogerontologia**, v. 45, n. 39, p. 1-12, 2024.

TEIXEIRA, L. F. L. S. Planning environmental education to raise awareness of climate perception and thermal comfort among pedestrians on Avenida Frei Serafim, downtown Teresina. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 12, p. e179111234268, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i12.34268. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/34268>. Acesso em: 27 jun. 2024.

TIGGA, T. M.; PANDEY, V. K. A Review on Physico-chemical Parameters of the Quality of Water. *International Journal For Multidisciplinary Research*, Vol 5, nº1, p.1-8, 2023, doi: 10.36948/ijfmr.2023.v05i01.1717. Disponível: <<https://www.ijfmr.com/papers/2023/1/1717.pdf>>. Acessado em 25/06/2023.

TILAHUN, A. B. *et al.* Perspectives on total phosphorus response in rivers: Examining the influence of rainfall extremes and post-dry rainfall. **Science of The Total Environment**, v. 940, p. 173677, 2024.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4.ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014. 470 p.

CAPÍTULO IV - CRIAÇÃO DE UMA METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

APRESENTAÇÃO DO CAPÍTULO

Na avaliação dos aspectos e impactos ambientais tem sido utilizada a avaliação macroscópica, como um protocolo de Avaliação Rápida (PAR), que consiste numa avaliação de aspectos e impactos ambientais, através de uma observação macroscópica *in loco*. Inicialmente aplicada na avaliação dos impactos ambientais e no estado de conservação das nascentes, tem sido utilizada também em vários estudos de impactos ambientais em rios, onde muitos dos parâmetros de avaliação macroscópicas utilizada para as nascentes, são aplicados na avaliação de impactos ambientais em rios, incluindo outros parâmetros mais específicos. Nesse sentido este capítulo apresenta um artigo intitulado: CRIAÇÃO DE UMA METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS, como uma nova proposta de metodologia avaliação de impactos ambientais em rios, além do desenvolvimento de um aplicativo para plataformas mobile (celular), o “Dr. Rio”.

8 ARTIGO VII - CRIAÇÃO DE UMA METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO MACROSCÓPICA DE IMPACTOS AMBIENTAIS PARA RIOS, ADAPTADA PARA CELULARES, O “DR. RIOS”

8 ARTICLE VII- CREATION OF A MACROSCOPIC ASSESSMENT METHODOLOGY OF ENVIRONMENTAL IMPACTS FOR RIVERS, ADAPTED FOR CELLPHONES, THE “DR. RIVERS”.

Jorge Henrique e Silva Júnior*

Fabio de Oliveira Matos**

RESUMO

Na avaliação dos aspectos e impactos ambientais tem sido utilizado, além de várias metodologias mais específicas, avaliação macroscópica, um protocolo de Avaliação Rápida (PAR), que consiste numa avaliação de aspectos e impactos ambientais, através de uma observação macroscópica *in loco*. Nesse estudo é apresentado uma metodologia de avaliação macroscópica de impactos ambientais adaptada para rios. O protocolo tem como objetivo avaliar os aspectos e impactos ambientais decorrentes das ações antrópicas em rios, de maneira fácil e rápida, utilizando diversos parâmetros visuais já utilizados em outros estudos, com a inclusão de novos parâmetros (contendo 25 parâmetros de avaliação macroscópica), possibilitando a identificação das principais atividades antrópicas associadas aos impactos ambientais em rios. O trecho selecionado para o estudo, que corresponde ao Médio Parnaíba/Poti, possui diversas atividades (urbanas e rurais) bem como estruturas, desde galerias para drenagem da água da chuva, uma estação de tratamento de água para abastecimento, hortas comunitárias, estruturas residenciais e comerciais. Estas atividades podem estar causando impacto sobre o rio de forma difusa e/ou pontual. Foram selecionados 7 pontos para o estudo. A Metodologia de Avaliação Macroscópica de Impactos Ambientais para Rios, desenvolvida no presente estudo foi adaptada para uso em aplicativo para celulares, aqui denominado MAMIAR/“Dr.Rio”, Considera-se que a metodologia desenvolvida estimula a participação da comunidade de um modo geral, na identificação das atividades antrópicas causadoras de impactos ambientais no rio, na forma de um Diagnostico Ambiental Inicial.

Palavras-chave: Metodologia Macroscópica; avaliação de impactos; aplicativo mobile; rios.

* Aluno do programa de Doutorado em Geografia da UFC, Professor do IFPI.

** Professor do programa de Doutorado em Geografia da UFC, Professor do UFC.

ABSTRACT

In the assessment of environmental aspects and impacts, in addition to several more specific methodologies, macroscopic assessment has been used, a Rapid Assessment protocol (PAR), which consists of an assessment of environmental aspects and impacts, through on-site macroscopic observation. This study presents a macroscopic assessment methodology for environmental impacts adapted for rivers. The protocol aims to evaluate the environmental aspects and impacts arising from human actions in rivers, in an easy and quick way, using several visual parameters already used in other studies, with the inclusion of new parameters (containing 25 macroscopic evaluation parameters), enabling the identification of the main anthropogenic activities associated with environmental impacts on rivers. The stretch selected for the study, which corresponds to the Middle Parnaíba/Poti, has several activities (urban and rural) as well as structures, from galleries for rainwater drainage, a water treatment plant for supply, community gardens, residential structures and commercial. These activities may be causing a diffuse and/or specific impact on the river. 11 points were selected for the study. The Macroscopic Environmental Impact Assessment Methodology for Rivers, developed in the present study, was adapted for use in an application for cell phones, here called MAMIAR/“Dr.Rio”, It is considered that the methodology developed stimulates community participation in general, in identifying human activities causing environmental impacts on the river, in the form of an Initial Environmental Diagnosis.

Keywords: Thematic Map. Environmental Aspects. Riparian forest. Parnaiba River.

8.1. Introdução

Na avaliação dos aspectos e impactos ambientais tem sido utilizado, além de várias metodologias mais específicas, a avaliação macroscópica, que é um Protocolo de Avaliação Rápida (PAR), realizada através de observações visuais macroscópicas *in loco*.

Os Protocolos de Avaliação Rápida de Rios (PAR), são ferramentas de análise qualitativa e quantitativa, que podem ser usadas em rios e outros ecossistemas, utilizando *Check-list* (avaliam determinados parâmetros e permitem obter uma pontuação do estado de conservação em que os rios se encontram). Podem ser adaptados para estudar ecossistema fluvial com diferentes tipos de vegetação, clima, solo e relevo. Os protocolos de avaliação rápida (PARs), avaliam qualitativamente os cursos d’água realizando uma análise macroscópica integrada (Callisto *et al.*, 2002; Bizzo; Menezes; Andrade, 2014; Gomes, 2015; Machado, 2019).

Os PARs podem ser utilizadas como ferramenta complementar no monitoramento dos recursos hídricos, avaliando, de forma integrada, parâmetros que determinam a qualidade dos componentes físicos dos cursos d'água, podendo os PARs serem utilizados como metodologia que substitui ou que agrega indicadores aos resultados das tradicionais análises físico-químicas e bacteriológicas de qualidade da água. (Machado, 2019).

“São ferramentas de baixo custo, que podem ser aplicadas por pessoas (estudantes ou produtores rurais por exemplo) previamente treinadas, realizando o monitoramento de forma contínua, facilitando ações para atenuar os problemas detectados e permitir participação efetiva da sociedade na gestão e monitoramento dos recursos hídricos” (Machado, 2019, p. 3).

Neste sentido o presente estudo buscou desenvolver uma Metodologia de Avaliação Macroscópica de Impactos Ambientais para Rios – adaptada para aplicativo MAMIAR/“Dr.Rio”, para ser aplicada nas margens do rio, incluindo a mata ciliar (zonas ripárias), através da Análise Macroscópica (aspectos visuais), do tipo PAR (parâmetro de avaliação rápida), na forma de um Diagnóstico Ambiental Inicial).

8.2. Metodologia

8.2.1. Área de Estudo

A área de estudo está localizada em Teresina, capital do estado do Piauí, Brasil, às margens do Rio Parnaíba, no perímetro urbano, entre o Centro Administrativo de Teresina Av. Maranhão e o Parque Ambiental Encontro dos Rios, Av. Boa Esperança e Rua Firmino Filho.

O trecho selecionado para o estudo, que corresponde ao Médio Parnaíba/Poti, possui diversas atividades (urbanas e rurais) bem como estruturas, desde galerias para drenagem da água da chuva, uma estação de tratamento de água para abastecimento, hortas comunitárias, estruturas residenciais e comerciais. Estas atividades podem estar causando impacto sobre o rio de forma difusa e/ou pontual. Foram selecionados 7 (sete) pontos para o estudo (Quadro 34):

Quadro 34 – Descrição dos pontos no Rio Parnaíba selecionados para o estudo

PONTO	DESCRIÇÃO
P1	Após o Centro Administrativo de Teresina (CAT): a jusante (depois) do CAT está localizado na Av. Maranhão. O ponto encontra-se na margem do rio, a montante (antes) do primeiro trecho de lavadores de carro.
P2	Após Lavadores de carro, na Av. Maranhão: a jusante (depois) do primeiro trecho de lavadores de carro.
P3	Galeria: localizada logo após a interseção entre Av. Maranhão e a Av. Joaquim Ribeiro, onde possui uma galeria da água pluviais
P4	“Troca-troca”: Localizado próximo aos comércios “Troca-troca” e nas proximidades do “Shopping da Cidade”.

P5	Ponte Metálica: Localizado à montante (antes) da área dos lavadores de carro, próximo a “Ponte Metálica” que liga a cidade de Teresina a cidade de Timon no Estado do Maranhão.
P6	Iate Clube: Localizado nas proximidades de um clube – “o Iate Clube de Teresina”
P7	Bar dos Pescadores: Bar dos pescadores, à montante (antes) da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE - Pirajá), localizado em um bairro de Teresina – O bairro Pirajá.

Fonte: Autoria própria (2024).

8.2.2. Metodologia de Avaliação Macroscópica de Impactos Ambientais para Rios – adaptada para aplicativo MAMIAR/“Dr.Rio”

A Metodologia de Avaliação Macroscópica de Impactos Ambientais para Rios – adaptada para aplicativo MAMIAR/“Dr.Rio”, consiste na avaliação de parâmetros (Quadro 35), com atribuição de pontos (Quadro 36) utilizados para o cálculo da avaliação macroscópica, que serão somados e classificados, revelando o “Grau de Conservação” dos pontos (Quadro 37). Trata-se de uma metodologia elaborada para rios, em especial o rio Parnaíba. Após aplicação da metodologia e observação do “Grau de Conservação” poderão ser feitas recomendações de estudos complementares (Quadro 38 e 39) a depender de quais parâmetros foram observados na aplicação da metodologia.

Quadro 35 – Descrição dos parâmetros ambientais à serem avaliados

Nº	ITEM	DESCRIÇÃO
PARÂMETROS DA ÁGUA NA MARGEM DO RIO (APP/ZONA RIPÁRIA)		
01	Coloração da água*	Utilizando recipiente transparente para coleta e verificação da cor
02	Odor da água*	Com o uso de recipiente para a coleta e verificação do odor
03	Lixo ao redor *	Presença de lixo no local e caracterização mesmos
04	Matérias flutuantes*	Presença de objetos na superfície da água do rio
05	Espumas*	Presença na superfície da água do rio
06	Óleos*	Presença na superfície da água do rio
07	Esgotos*	Presença de emissário e sua distância do rio.
PARÂMETROS ECOLÓGICOS DA MARGEM DO RIO (APP/ZONA RIPÁRIA)		
08	Vegetação*	Caracterização da vegetação próxima ao rio.
09	Erosão nas margens **	Verificar a presença de indicadores de erosão do solo na margem do rio na forma laminar (riscos e traços superficiais onde a água percorreu) ou na forma de sulcos (alteração do terreno formando montes parecidos com lombadas) ou formação de voçorocas (formação de buracos e crateras pela erosão, podendo retirar grandes quantidades de solo e expor a rocha matriz).
10	Tamanho da APP ** (área legal protegida)	Verificar se faixa de APP está de acordo com o a largura do rio, segundo estabelecido pela lei 12.651/2012: a) 30m de APP, para rios com até 10 m de largura; b) 50 m de APP, para rios com largura entre 10 e 50 m; c) 100 m de APP, com largura entre 50 e 200 m; d) 200 m de APP, para rios com largura entre 200 e 600 m; e) 500 m de APP, para rios com largura superior a 600m. Verificar se a APP está invadida, se existem construções na faixa de APP, e se correspondente à largura de rio.
11	Assoreamento do rio **	Verificar se ocorre a formação de depósitos de areia ou Ilhas fluviais no leito do rio (meio do rio), na altura do ponto estudado ou nas proximidades.
12	Presença de plantas aquáticas/algas	Verificar se existem agrupamentos ou colônias de plantas/algas aquáticas sobre a superfície da água
13	Presença de Fungos ou Líquens **	Verificar a presença de bioindicadores, “fungos” ou “líquens”, macroscópicos (aspecto visuais), na vegetação ou solo da margem do rio, e a diversidade de espécies encontradas (“n” número de espécies).
14	Presença de agentes polinizadores (insetos) **	Verificar a presença de agentes polinizadores “insetos polinizadores” (abelhas, borboletas, besouros, entre outros) na vegetação ou solo da margem do rio e a diversidade de espécies encontradas (“n” número de espécies).
15	Presença de avifauna**	Verificar a presença de bioindicadores do tipo “aves” (avistamento de indivíduos ou de ninhos) na vegetação ou solo da margem do rio e a diversidade de espécies encontradas (“n” número de espécies).
PARÂMETROS DA UTILIZAÇÃO DA MARGEM DO RIO (APP/ZONA RIPÁRIA)		
16	Uso/presença de animais nativos **	Evidência de uso por animais nativos/silvestres, com avistamento dos animais ou identificação de marcas (rastros, ninhos, tocas, etc).
17	Uso/presença de animais doméstico/ criação **	Evidência de uso por animais domésticos ou de criação (cachorros, gatos, bois, cavalos, galinhas, cabras, etc.), com avistamento dos animais ou identificação de marcas (rastros, ninhos, tocas, etc).
18	Uso/presença antrópico *	Uso antrópico, evidência de utilização do rio por humanos (bombas de sucção, irrigação etc.).
19	Residências *	Quantificação aproximada da distância do rio até as residências ou outros estabelecimentos.

20	Área de inserção *	Se o ponto do rio está localizado em área que visa à preservação ambiental, podendo estar inserida em uma área protegida ou parque, que vise a proteção e manutenção do ecossistema natural; uma área privada/pública que limite o acesso ou disponha de elementos para conservação da mesma.
21	Estruturas de barragens/reservatórios de água do rio **	Se ocorre a presença de estruturas que causem o represamento da água do rio, no ponto ou nas proximidades, que interfiram na vazão do rio. Se existem instrumentos, equipamentos e/ou estruturas para represar/acumular a água do rio (barragens, represas, moinhos, etc).
22	Áreas de cultivo (uso agrícola) *	Se a presença de áreas de cultivo ou marcas da atividade de cultivo no ponto estudado ou nas proximidades.
23	Captação da água do rio **	Se ocorre a captação de água do rio no ponto ou nas proximidades, se existem instrumentos, equipamentos e/ou estruturas para captar água do rio, e se a captação é perene (contínua) ou intermitente (ocasional), para diversos usos Doméstico, Comercial, Industrial, Agricultura.
24	Atividade de pesca/criação de peixes no rio **	Se ocorre atividade de pesca (artesanal, esportiva e ou industrial) utilizando técnicas não-intensivas (anzol, molinete e/ou armadilhas simples), ou técnicas intensivas (rede de pesca ou engancho grandes) ou super-intensivas (rede de arrasto) ou com redes de criação superintensiva diretamente no rio.
25	Retirada de argila ou areia no rio **	Se ocorre a atividade de draga de areia/argila no ponto ou nas proximidades (até 60m), se existem depósitos ou instrumentos, equipamentos e/ou estruturas.

Fonte: Adaptado de Gomes, Melo, Vale (2005) e Gomes (2015); * parâmetro original (adaptado); **parâmetro novo, específico para rio (autoria própria).

Quadro 36 – Pontuação atribuídas aos indicadores/parâmetros macroscópicos

Nº	ITEM	PARÂMETROS MACROSCÓPICOS DA ÁGUA NA MARGEM DO RIO (APP/ZONA RIPÁRIA)			
		NOTA ATRIBUÍDA			
		0	1	2	3
01	Coloração da água	Escura/avermelhada	Cinza/esverdeada	Clara	Transparente
02	Odor da água	Muito Forte (No ambiente e muito forte na amostra)	Forte (Na amostra)	Frac (Na amostra)	Ausente
03	Lixo ao redor	Muitos variados (lixo comum)	Muitos orgânicos (galhos, folhas, etc) depósitos de resíduos orgânicos sem resíduos perigosos.	Pouco pequenos depósitos de resíduos orgânicos sem resíduos perigosos	Ausente
04	Matérias flutuantes	Muitos variados (lixo comum).	Muitos orgânicos (galhos, folhas, etc).	Pouco (pequenos grupos de materiais flutuantes).	Ausente (ausência desses materiais).
05	Espumas	Ocupação Grandes volumes espumas não naturais, contantes/fixas cobrindo grande parte da superfície da água.	Muito Grandes volumes espumas não naturais, soltas, não fixadas	Pouco Pequenos volumes de não naturais	Ausente Ausência de espuma ou pequenas espumas naturais (formadas naturalmente pela correnteza)
06	Óleos	Muito muitas manchas óleo na superfície da água ou recebiam efluentes oleosos (com iridescência)	Muito muitas manchas óleo na superfície da água ou recebiam efluentes oleosos (sem iridescência)	Pouco pequenas manchas óleo (sem iridescência)	Ausente óleos visualmente ausentes
07	Esgotos	Esgoto Industrial	Esgoto Agrícola ou Doméstico com grandes volumes de esgotos e emissão perene	Esgoto Agrícola ou Doméstico com pequenos volumes de esgoto ou emissão intermitente	Ausente
Nº	ITEM	PARÂMETROS MACROSCÓPICOS ECOLÓGICOS DA MARGEM DO RIO (APP/ZONA RIPÁRIA)			
		NOTA ATRIBUÍDA			
		0	1	2	3
08	Vegetação	Ausente A vegetação foi quase totalmente suprimida e o solo ficou exposto ou impermeabilizado (concretado)	Pouco locais onde houve supressão da vegetação nativas podendo ter sido introduzidas espécies não nativas (plantação ou pasto)	Pouco para locais onde houve alguma supressão da vegetação (desmatamento, queimada ou capinagem) mas ainda é possível observar vegetação nativas	Muito
09	Erosão nas margens	Solo desprotegido formando voçorocas, grandes blocos de solo e rocha se desprendendo da margem	Erosão forte Formação se Sulcos	Erosão Fraca Formação laminar	Ausente
10	Tamanho da APP (área legal protegida)	Completamente invadida ou maior parte invadida (Construções na APP ou redução da maior parte da APP).	Reduzida (algumas construções próximas ou reduzindo a faixa de APP).	Conservada De acordo com a legislação	Conservada Maior do que a exigida pela legislação

11	Assoreamento do rio	Muito (formação de banco de sedimentos ou ilhas fluviais no leito do rio)	Intermediário (banco de sedimentos submerso no leito do rio)	Pouco (Acúmulo de sedimentos próximo as margens)	Ausente
12	Presença de plantas aquáticas/algas	Muito (agrupamentos de plantas aquáticas que cobrindo mais da metade da superfície da água)	Intermediário (agrupamentos de plantas aquáticas que cobrindo menos da metade da superfície da água)	Pouco (Alguns pequenos agrupamentos de plantas/algas espalhados)	Ausente
13	Presença de Fungos ou Líquen	Ausentes Não avistados	Poucos Pequenas colônias agrupadas nas vegetações	Poucos, Visíveis macroscopicamente, porém em pequenas quantidades ou pouca diversidade (n<3)	Muitos Visíveis macroscopicamente, com boa diversidade (n>3)
14	Presença de agentes polinizadores (insetos)	Ausentes Não avistados	Poucos Alguns indivíduos espalhados sem pequenas colônias ou agrupamentos (colmeias)	Poucos Alguns indivíduos, porém agrupados em pequenas colônias ou agrupamentos ou pouca diversidade (n<3)	Muitos Vários indivíduos, diversas colônias ou agrupamentos com boa diversidade (n>3)
15	Presença de avifauna	Ausentes Não avistados	Poucos Sem indivíduos avistados, porém com rastros (penas, sementes, fezes, etc.) e a presença de ninhos	Poucos Alguns indivíduos avistados, porém agrupados em pequenas grupos, com ninhos ou pouca diversidade (n<3)	Muitos Vários indivíduos, diversas colônias ou agrupamentos com boa diversidade (n>3)
Nº	ITEM	PARÂMETROS DA UTILIZAÇÃO DA MARGEM DO RIO (APP/ZONA RIPÁRIA)			
		NOTA ATRIBUÍDA			
		0	1	2	3
16	Uso/ presença de animais nativos	---	Ausentes ausência de marcas e ausência animais silvestres,	Apenas marcas algumas marcas de animais silvestres	Presença Avistamento de vários animais silvestres ou várias marcas (rastros, ninhos, tocas, etc.).
17	Uso/ presença de animais domésticos/criação	---	Presença com muitos animais domésticos/criação ou muitas marcas (rastros, fezes, etc.).	Apenas marcas algumas marcas (rastros, fezes, etc.) de animais domésticos/criação.	Ausente Sem animais de domésticos/criação e ausência de marcas.
18	Uso/ presença antrópica	---	Presença várias atividades humanas ou ocupação da área	Apenas marcas algumas marcas das atividades humanas ou ocupações temporárias	Ausente Sem atividades humanas ou ocupações
19	Residências	---	< 50 m	Entre 50 e 100m	>100
20	Área de Inserção	Ausente	Propriedade pública/privada possuindo pelo menos restrição de acesso ou manutenção	Propriedades pública/privada com restrição de acesso e com manutenção	Áreas Protegidas na forma de Parque Ambiental ou similar
21	Estruturas de barragens/reservatório de água do rio	Bloqueio Completo bloqueio da água e da vazão do rio	Presente (muito) Com alteração na vazão e/ou no represamento da água do rio	Persente (pouco) Sem alteração ou com pouca alteração na vazão e/ou no represamento da água do rio	Ausente
22	Áreas de cultivo (uso agrícola)	---	Presença loais onde há várias atividades de cultivo	Apenas marcas loais onde foram encontradas algumas marcas das atividades de cultivo	Ausente loais com ausência de atividades de cultivo
23	Captação da água do rio	Abastecimento (contínuo) Perene/constante Na agricultura/construção civil	Abastecimento (ocasional) Intermitente para Industrial/comercial	Consumo Doméstico Humano/animal	Ausente
24	Atividade de pesca/criação de peixes no rio	Ocupação Pesca em escala industrial utilizando técnicas superintensivas (rede de arrasto) ou com redes de criação de peixe superintensiva diretamente no rio.	Presente Pesca em grande escala (artesanal/esportivo) utilizando técnicas intensivas (rede de pesca ou enganho grandes).	Presente Pesca artesanal ou esportiva utilizando técnicas não intensivas (anzol, molinete, armadilhas simples).	Ausentes

25	Retirada de argila ou areia no rio	<u>Ocupação</u> Com draga estacionária e depósito de sedimento no ponto ou nas proximidades	<u>Presente</u> Com draga estacionária ou com depósito de sedimentos no ponto ou nas proximidades	<u>Presente</u> Com draga móvel sem depósito de sedimentos no ponto ou nas proximidades	<u>Ausentes</u>

Fonte: Adaptado de Gomes, Melo, Vale (2005) e Gomes (2015);

Quadro 37 – Classificação do rio quanto ao “Grau de Conservação – GC”

CLASSE	GRAU DE CONSERVAÇÃO	PONTUAÇÃO*
A	ÓTIMO	De 65 a 75 pts.
B	BOM	De 57 a 64 pts.
C	RAZOÁVEL	De 49 a 56 pts.
D	RUIM	De 41 a 48 pts.
E	PÉSSIMO	Abaixo de 40 pts.

Fonte: Adaptado de Gomes, Melo, Vale (2005) e Gomes (2015);

Quadro 38 – Tipos de recomendações após aplicação da metodologia

TIPO DE RECOMENDAÇÃO	DESCRIÇÃO	COR
Fiscalização Ambiental (Alta) FAA	Indica que o local precisa, de forma urgente, que uma equipe do órgão ambiental competente faça uma visita para verificar a situação	
Fiscalização Ambiental (média) FAM	Indica que o local precisa, que uma equipe do órgão ambiental competente faça uma visita para verificar a situação	
Análise de água (Alta) AAA	Indica que o local precisa, de forma urgente, de análise da qualidade da água para verificar a situação	
Análise de água (média) AAM	Indica que o local precisa de análise da qualidade da água para verificar a situação	
Estudo Ecológico (Seres vivos e solo) (Alto) EEA	Indica que o local precisa, de forma urgente, um estudo ecológico e/ou geológico para verificar a situação	
Estudo Ecológico (Seres vivos e solo) (Médio) EEM	Indica que o local precisa, um estudo ecológico e/ou geológico para verificar a situação	

Fonte: Autoria própria (2024).

Quadro 39 – Parâmetros e tipos de recomendações após aplicação da metodologia

Nº	ITEM	NOTA ATRIBUÍDA			
		0	1	2	3
01	Coloração	<u>Escura/avermelhada</u>	<u>Cinza/ esverdeada</u>	<u>Clara</u>	<u>Transparente</u>
02	Odor	<u>Muito Forte</u>	<u>Forte</u>	<u>Fraco</u>	<u>Ausente</u>
03	Lixo	<u>Muitos variados</u>	<u>Muitos orgânicos</u>	<u>Pouco</u>	<u>Ausente</u>
04	Mat. Flut.	<u>Muitos variados</u>	<u>Muitos orgânicos</u>	<u>Pouco</u>	<u>Ausente</u>
05	Espumas	<u>Ocupação</u>	<u>Muito</u>	<u>Pouco</u>	<u>Ausente</u>
06	Óleos	<u>Muito</u>	<u>Muito</u>	<u>Pouco</u>	<u>Ausente</u>
07	Esgotos	<u>Esgoto Industrial</u>	<u>Esgoto Agrícola ou Doméstico</u>	<u>Esgoto Agrícola ou Doméstico</u>	<u>Ausente</u>
08	Vegetação	<u>Ausente</u>	<u>Pouco</u>	<u>Pouco</u>	<u>Muito</u>
09	Erosão	<u>Solo desprotegido</u>	<u>Erosão forte</u>	<u>Erosão Fraca</u>	<u>Ausente</u>
10	Tamanho da APP	<u>Completamente invadida</u>	<u>Reduzida</u>	<u>Conservada</u>	<u>Conservada</u>
11	Assoreamento	<u>Muito</u>	<u>Intermediário</u>	<u>Pouco</u>	<u>Ausente</u>
12	Presença de plantas aquáticas	<u>Muito</u>	<u>Intermediário</u>		
13	Presença de Fungos	<u>Ausentes</u>	<u>Poucos</u>	<u>Poucos</u>	<u>Muitos</u>
14	Presença de polinizadores	<u>Ausentes</u>	<u>Poucos</u>	<u>Poucos</u>	<u>Muitos</u>
15	Presença de avifauna	<u>Ausentes</u>	<u>Poucos</u>	<u>Poucos</u>	<u>Muitos</u>
16	Uso animais nativos	---	<u>Ausentes</u>	<u>Apenas marcas</u>	<u>Presença</u>
17	Uso animais domésticos/cri	---	<u>Presença</u>	<u>Apenas marcas</u>	<u>Ausente</u>

	ação				
18	Uso antrópica	---	<u>Presença</u>	<u>Apenas marcas</u>	<u>Ausente</u>
19	Residências	---	<u>< 50 m</u>	<u>Entre 50 e 100m</u>	<u>>100</u>
20	Área de Inserção	<u>Ausente</u>	<u>Propriedade pública/privada</u>	<u>Propriedades pública/privada</u>	<u>Áreas Protegidas</u>
21	Estruturas de barragens	<u>Bloqueio</u>	<u>Presente (muito)</u>	<u>Persente (pouco)</u>	<u>Ausente</u>
22	Áreas de cultivo	---	<u>Presença</u>	<u>Apenas marcas</u>	<u>Ausente</u>
23	Captação da água	<u>Abastecimento</u>	<u>Abastecimento</u>	<u>Consumo</u>	<u>Ausente</u>
24	Atividade de pesca	<u>Ocupação</u>	<u>Presente</u>	<u>Presente</u>	<u>Ausentes</u>
25	Retirada de argila ou areia	<u>Ocupação</u>	<u>Presente</u>	<u>Presente</u>	<u>Ausentes</u>

Fonte: Autoria própria (2024).

8.2.3. Desenvolvimento de software (*Levantamento de requisitos*)

O levantamento de requisitos (LR), é um processo fundamental para o desenvolvimento de projetos de tecnologia da informação, bem como a coleta e análise de dados, com o objetivo de compreender as necessidades e expectativas de um público-alvo, cliente, comunidades e/ou usuários, sendo considerada uma das etapas mais complexas do desenvolvimento de software (Silva, Costa, 2024, Chagas *et al*, 2024). O LR foi feito a partir de pesquisa de metodologias macroscópicas, da aplicação e análise de dados desenvolvida ao longo do trabalho de doutorado em geografia, na UFC, desenvolvido no rio Parnaíba, que descrevem a aplicação de diversas metodologias e observações de e impactos ambientais ambiental de rios, que foram fundamentais para a criação do protocolo MAMIAR/“Dr. Rio, bem como adaptar a linguagem da metodologia para aplicação em plataformas mobile (aplicativos para celular) visando que este aplicativo possa ser utilizado tanto pelos profissionais da área ambiental, quanto pela público geral, especialmente as comunidades ribeirinhas.

8.2.3.1. Requisitos Funcionais

Os Requisitos Funcionais (RF), dentro de uma abordagem LR, descrevem como determinado sistema, produto, software e/ou aplicativo deve(m) funcionar, ou seja, descreve as funcionalidades/aplicações do mesmo (Silva, Costa, 2024, Chagas *et al*, 2024). Neste sentido, foram listadas os RFs do aplicativo “Dr.Rio”:

- 1 – Login de usuário: O sistema permite que usuários não cadastrados consigam criar uma conta e fazer login;
- 2 – Cadastro, Edição e Exclusão de Registros: O sistema deve permitir que os usuários sejam capazes de criar um registro, ou seja, cadastrar análise de algum ponto em rios,

edite as informações de um registro; e excluir um registro.

3 – Visualização de registros pessoais, do sistema e detalhamento dos registros e perfil do usuário: O sistema permite que os usuários sejam capazes de visualizar seus registros pessoais, visualizar os registros cadastrados no sistema e os detalhes dos registros; e visualizar o perfil (profissional ou público geral) relacionado ao cadastro de um registro;

4 – Sincronia de registros Offline com banco de dados: O sistema permitir que os usuários sejam capazes de armazenar os seus registros (off-line) no celular, para depois sincronizar seus registros locais com os do banco de dados remoto;

5 – Emissão de relatórios: O sistema permite que os usuários sejam capazes de emitir relatórios de dados sobre os registros de análises realizados no(s) ponto(s) do(s) rio(s).

8.2.3.2. *Requisitos Não Funcionais*

Os Requisitos não funcionais (RNF), dentro de uma abordagem LR, estão relacionados à operacionalidade (funcionamento) de determinado sistema, produto, software e/ou aplicativo, envolvendo diversos aspectos, como segurança, desempenho, edição/implementação de funções sistema, acessos, restrições, limitações, entre outros aspectos técnicos (Silva, Costa, 2024, Chagas *et al*, 2024). Os requisitos não funcionais operam para cumprir suas funções e objetivos propostos, sendo em vários casos, modificado à medida que os o utilizam, a exemplo disso, várias técnicas são utilizadas tais como “Desenvolvimento Orientado a Comportamento” BDD (Behavior-Driven Development), utilizado para avaliação e melhoria dos RNF (Santos, *et al*, 2024; Kumar, Kumar, Singh, 2022). Neste sentido, foram listadas os RNFs do aplicativo “Dr.Rio”:

1 - Escalabilidade e alta disponibilidade: O sistema é facilmente escalável para atender o aumento repentino de demanda ao mesmo tempo que deve manter-se disponível sempre, mesmo em locais sem conexão com a internet;

2 - Usabilidade: O sistema possui uma interface limpa e simples de usar;

3 - Multiplataforma: O sistema está disponível para plataformas móveis (Android e iOS);

8.2.4. *Desenvolvimento de software (Tecnologias Utilizadas)*

8.2.4.1. *Flutter*

Flutter é um Kit de desenvolvimento de software SDK (*Software Development Kit*) que foi desenvolvido pelo Google para desenvolver aplicativos móvel, de natureza código aberto, usando a linguagem de programação dart para construir aplicativos multiplataforma e compilados nativamente a partir de uma base única de código, que tem desempenho que é alto

e pode ser usado para desenvolver aplicativos Android e IOS a partir de base de código único, além de possuir uma grande disponibilidade de ferramentas de desenvolvimento (Flutter, 2024; Kumar, Kumar, Sing, 2022).

8.2.4.2. *Firebase*

Firebase é uma plataforma digital da Google utilizada para facilitar o desenvolvimento de aplicativos web ou mobile de uma forma efetiva, rápida e simples, sendo capaz de acelerar e escalonar o desenvolvimento de aplicativos sem ter que gerenciar a um grande e/ou complexa infraestrutura de dados, possibilitando que os desenvolvedores foquem totalmente no desenvolvimento do aplicativo e resolvam facilmente problemas comuns gerados nesse processo (Firebase, 2023; Chougale, *et al*, 2021; Rock Content, 2019).

8.2.4.3. *Google API Maps*

O Google API (*Application Program Interface*) é uma plataforma para integração com as ferramentas do Google, sendo o “Maps” uma das ferramentas disponíveis, e por ela é possível utilizar as principais ferramentas do google para acesso a informações geoespaciais, mapas e controle de dados (Soares, 2024).

A Google API foi escolhida no sistema de integração, centralizado, “Dr. Rio” por ser uma plataforma completa, possuindo várias ferramentas de geração de mapas (Google Maps), bem como integração com o Firebase, permitindo projetar os dados do Firebase em mapas, com a plataforma do aplicativo “Dr. Rio”.

8.2.4.4. *Objectbox*

Objectbox é um banco de dados local, NoSQL (bancos de dados não relacionais, ou seja, que não utilizam a linguagem SQL), de alto desempenho, capaz de fazer mais operações do que outros bancos de dados offline (SQFLITE e HIVE), exclusivo para dispositivos móveis, fornecendo APIs de fácil uso e sincronização de dados, permitindo um desenvolvimento mais rápido e focado, além de ser multiplataforma, pois fornece suporte e desempenho para as plataformas móveis (Android e iOS) (Objectbox, 2024).

8.2.5. *Desenvolvimento de software (Interface)*

Toda a interface do aplicativo foi construída utilizando o Flutter e as tendências do Material Design, que é uma Linguagem de design livre, desenvolvida pela Google, para padronizar as interfaces gráficas do Android, Flutter e outras tecnologias (Material Design, 2022). As imagens de capturas de tela do aplicativo, corresponde ao funcionamento em um

smartphone Android. Na Figura 94 estão disponíveis as telas de login e de cadastro do sistema.

Figura 94 – Tela de Login e Cadastro

Figura 94 – Tela de Login e Cadastro

Left Screen (Login):

- Logo: A green cross with a blue water drop in the center.
- Greeting: Bem-vindo(a) ao Dr. rio!
- Fields: E-mail, Senha (password).
- Buttons: Entrar (Login), Esqueceu a senha? (Forgot password), Entrar com o Google (Login with Google).
- Link: Não possui uma conta? [Cadastrar-se](#) (Don't have an account? Sign up).

Right Screen (Cadastro - Registration):

- Title: Cadastro
- Instruction: Preencha com seus dados para cadastrar-se (Fill in with your data to register).
- Section: Faça upload de sua foto (Upload your photo).
- Section: Credenciais de Acesso (Access Credentials)
 - Fields: E-mail, Senha, Confirma Senha (Confirm Password).
- Section: Informações Pessoais (Personal Information)
 - Fields: Username, Nome (Name), Sua Descrição (Your Description).

Fonte: Autoria própria (2024).

Após a conclusão do cadastro ou login, o usuário é redirecionado para a tela “Página Inicial” (Figura 95), que exibe os registros disponíveis (na ausência de registros apresenta uma mensagem de aviso), a função de cadastrar um novo registro (botão no canto inferior direito), sair do sistema (canto superior direito) e menu lateral (canto superior esquerdo).

Figura 95 – Tela Página Inicial e menu lateral

Figura 95 – Tela Página Inicial e menu lateral

Left Screen (Main Page):

- Header: Registros
- Tabs: Remotos, Locais
- Records:
 - Registro #kt0y2: 70 pontos (13/09/2024, -5.07, -42.74)
 - Registro #8ph5h: 69 pontos (12/09/2024, -5.06, -42.76)
- Bottom Button: + (Add new record)

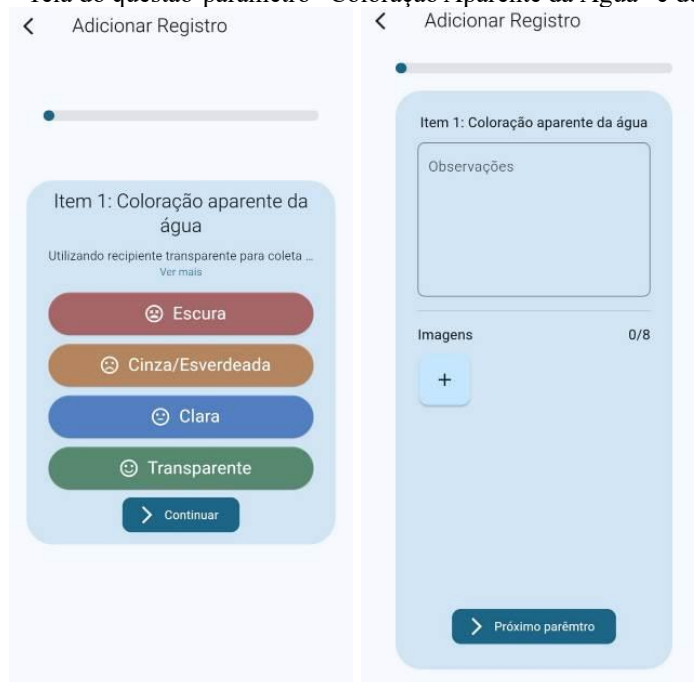
Right Screen (Side Menu):

- Header: Dr. rio
- Options: Tutorial, Sobre Nós, Termos de Uso, Política de Privacidade
- Bottom Button: + (Add new record)

Fonte: Autoria própria (2024).

Quando o usuário seleciona a opção de cadastrar um novo registro, é redirecionado para o questionário da metodologia AIIN, onde terá que responder questões-parâmetros relacionadas aos indicadores ambientais apresentados no item 2.2 da metodologia, sendo possível também anexar fotos e comentários a um determinado indicador, na tela de detalhamento, após cada questão-parâmetro (Figura 96).

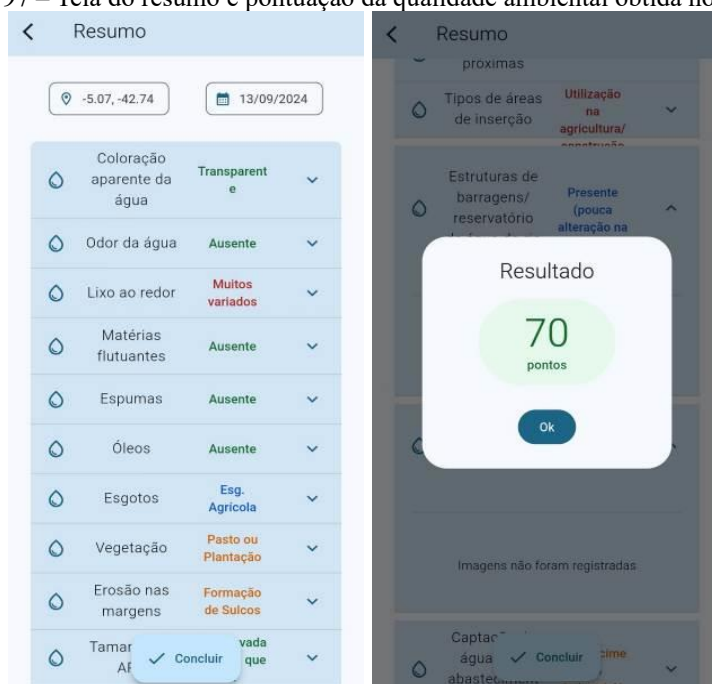
Figura 96 – Tela do questão-parâmetro “Coloração Aparente da Água” e detalhamento



Fonte: Autoria própria (2024).

Após responder a todas as perguntas do questionário (questões-problema), é apresentado ao usuário o resumo do questionário respondido, onde é possível corrigir as informações ou confirmar e finalizar o cadastro do registro, o sistema mostrará a pontuação da qualidade ambiental obtida no registro (Figura 97). O sistema preenche automaticamente os dados de coordenada geográfica, data e hora para cada registro, bem como salva as fotos e informações. As informações e fotos ficam temporária armazenadas na memória do dispositivo (celular) até que o usuário possa se conectar com a internet e o servidor, onde as informações também serão salvas. Após a finalização do registro o usuário retorna a página inicial onde é possível visualizar o(s) registro(s) feito(s), editá-lo(s), e/ou apagá-lo(s), além de incluir novos registros.

Figura 97 – Tela do resumo e pontuação da qualidade ambiental obtida no registro



Fonte: Autoria própria (2024).

8.3. Resultados e Discussões

8.3.1. Desenvolvimento da metodologia MAMIAR, “Dr. Rio”

A Metodologia de Avaliação Macroscópica de Impactos Ambientais para Rios – MAMIAR, denominada aqui de “Dr. Rio”, foi criada para fazer de forma fácil e rápida, a avaliação dos “sintomas” (aspectos macroscópicos) da qualidade ambiental de um determinado ponto no rio, na zona ripária, e caso necessário, a metodologia também sugere estudos mais específicos. A denominação da metodologia, “Dr. Rio”, se deve ao fato tanto pela metodologia ser desenvolvida em um trabalho de doutorado, quanto pela semelhança entre a avaliação macroscópica de sintomas ambientais e a avaliação macroscópica de sintomas de pacientes, nas áreas da saúde/medicina, onde os profissionais são chamados tradicionalmente de doutores, nessas áreas a avaliação macroscópica também é utilizada em para avaliar aspectos visuais da saúde dos pacientes (manchas na pele, cor das mucosas, etc.), para obter um diagnóstico rápido, e posterior encaminhamento à análises mais específicas (Eugenio, 2023; Carvalho, Porto, Oliveira, 2020).

A avaliação macroscópica é uma metodologia bastante utilizada em diversos estudos ambientais, tais como Carvalho, Porto, Oliveira (2020), Silva, Marvila e Santos (2021) e Santos *et al* (2021), pois estas metodologias permitem verificar de forma fácil e rápida diversos aspectos do meio ambiente e podem ser combinadas com diversas metodologias

específicas, tais como matrizes de impacto, geoprocessamento de imagens via satélite e análise da qualidade da água.

A metodologia MAMIAR/“Dr. Rio”, foi desenvolvida ao longo no curso de Doutorado em Geografia da Universidade Federal do Ceará - UFC, após aplicação de da avaliação de impactos ambientais, utilizando a matriz de Leopoldo, a metodologia macroscópica de Gomes, Melo, Vale (2005), e análise físico-química da água na margem do rio Parnaíba. A metodologia MAMIAR/“Dr. Rio” é uma metodologia adaptada de Gomes, Melo, Vale (2005) e Gomes (2015), ambas as metodologias servem para diagnosticar as condições de nascentes (qualidade, impactos grau de conservação) e fornecer uma pontuação na forma de índice para avaliar o quadro geral.

A metodologia de Gomes, Melo, Vale (2005) possui 13 parâmetros macroscópicos, com pontuação atribuída de 1 a 3, com 5 classificações (ótimo, bom, regular, ruim e péssimo). A distribuição dos pontos entre as classes “ótimo” e “regular” vai do 39 ao 31, representando um aproveitamento de 80%, em outras palavras as nascentes têm que atingir 80% da pontuação para poder ter uma classificação positiva/neutra, isto porque as nascentes são áreas sensíveis as alterações antrópicas sendo necessária uma avaliação mais rigorosa. Diversos trabalhos aplicam a metodologia de Gomes, Melo, Vale (2005), tais como os trabalhos de Carvalho, Porto, Oliveira (2020) e Santos *et al* (2021) para nascentes, e o trabalho de Silva, Marvila e Santos (2020) para rio, sem grandes adaptações.

Já a metodologia de Gomes (2015), também baseada em Gomes, Melo, Vale (2005), foi desenvolvida para nascentes, e faz uma expansão/adaptação da análise macroscópica de nascentes, possuindo 20 parâmetros, com pontuação atribuída de 1 à 3 (sendo valores 1, “sem impacto ou não observável, valor 2, que está presente em alguns poucos atributos, representando uma valoração intermediária, e valor 3 com impacto observável); com 3 classificações (preservada, moderadamente preservada e degradada), com aproveitamento de 60%, combinada com aspectos geológicos e legais, permitindo uma melhor compreensão das nascentes.

Como os rios, de maneira geral, possuem maior escala, mais aspectos visuais e são mais impactados pelas atividades humanas, é necessário que sejam avaliados um número maior de parâmetros para uma melhor visão geral dos aspectos e impactos ambientais nos rios. Neste sentido foi criado a metodologia MAMIAR/“Dr. Rio”, que possui 25 parâmetros, organizados em três categorias: parâmetros macroscópicos da “Água na Margem do Rio - AMR”; parâmetros macroscópicos “Ecológicos da Margem do Rio - EMR”; e parâmetros macroscópicos da “Utilização da Margem do Rio - UMR”, com pontuação atribuída de 0 à 3

(sendo valores 0, extremo(a) impacto/poluição/degradação, valores 1, impacto/poluição/degradação observável, valores 2, representando uma valoração intermediária com alguns atributos, e valores 3 bom estado, sem impacto ou alteração não observável), com 5 classificações (ótimo, bom, regular, ruim e péssimo), mas com o aproveitamento de 60%. Esta metodologia permite fazer um diagnóstico/avaliação inicial, sistemática, dos aspectos ambientais mais perceptivos, bem como sugere medidas como análise mais específicas, tais como análise da qualidade da água, estudos ecológicos ou a presença de uma equipe de fiscalização ambiental. Para facilitar a aplicação da metodologia foi feito um aplicativo “Dr.Rio” que serve para agilizar e organizar os dados coletados em campo.

A metodologia MAMIAR/“Dr. Rio” pode ser utilizada como diagnostico inicial para estudos de enquadramento e/ou monitoramento de rios, com base na resolução nº 357/2005, também aborda e normatiza diversos aspectos/parâmetros macroscópicos (Quadro 40).

Quadro 40 – Parâmetros macroscópicos abordados e normatizados na resolução nº 357/2005 do CONAMA

Resolução CONAMA nº 357/2005	Artigo 14	Artigo 15	Artigo 16	Artigo 17
CLASSE DO RIO	I	II	III	IV
Materiais flutuantes	Virtualmente ausentes	Virtualmente ausentes	Virtualmente ausentes	Virtualmente ausentes
Óleos e graxas	Virtualmente ausentes	Virtualmente ausentes	Virtualmente ausentes	toleram-se iridescências
Substâncias que comuniquem gosto ou odor	Virtualmente ausentes	Virtualmente ausentes	Virtualmente ausentes	não objetáveis
Corantes provenientes de fontes antrópicas	Virtualmente ausentes	Virtualmente ausentes	Removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais	---
Resíduos sólidos objetáveis	Virtualmente ausentes	Virtualmente ausentes	Virtualmente ausentes	---
Substâncias facilmente sedimentáveis que contribuam para o assoreamento de canais de navegação	---	---	---	Virtualmente ausentes

Fonte: Autoria própria (2024).

Por isso qualquer alteração macroscópica da água verificada pela metodologia MAMIAR/“Dr.Rio”, descritas Quadro 62, relacionados a identificação visual de materiais flutuantes, óleos, graxas, entre outros, mesmo que identificado pela população geral, já podem fomentar a investigação dos órgãos ambientais, agilizando o processo de identificação, reduzindo o número de visitas do técnico ambiental em campo, produzindo registros para identificação das fontes de poluição e/ou condutas lesivas ao meio ambiente.

Após avaliação dos parâmetros macroscópicos, da metodologia MAMIAR/“Dr. Rio”, será determinado o “Grau de Conservação” (ótimo, bom, regular, ruim e péssimo), que é o somatório dos valores dos parâmetros, que oferece uma análise global das condições do

ponto estudo no rio. A metodologia também inclui recomendações de estudos complementares.

A metodologia MAMIAR/“Dr. Rio” também pode ser utilizada em estudos de enquadramentos, seja eles futuros ou já estabelecidos, do corpos de água. Sobre os estudos de enquadramento, a resolução nº 357/2005 (Brasil, 2005) orienta que os órgãos competentes (estaduais e federais) façam estudos para determinar as classes dos corpos de água (Classe especial I, II, III, IV e V), e abrangência da classe incluindo os trechos (nascentes, rios e lagoas). De forma geral, as nascentes são classificadas, entre Classe Especial e I; e os trechos próximos às nascentes entre I e II, como exemplo podem ser citados os Rio São Francisco e Rio Paracatú (Quadro 41), com diferentes classes variando da classe espacial, I e II, sendo considerados rios mais conservados (IBAMA, 1989). Já os mais poluídos/degradados, os trechos podem variar entre a classes I a IV, como é o caso do rio Tietê (Quadro 41) (São Paulo, 1977). Quando o rio não possui estudos sobre seu enquadramento ele é classificado temporariamente como Classe II, como é o caso do Rio Parnaíba. Os enquadramentos e as classes dos rios são fundamentais para determinar quais usos podem ser realizados em cada trecho (Brasil, 2005).

Quadro 41 – Exemplo de rios e seus respectivos enquadramentos segundo a 357/2005 do CONAMA

Bacia Hidrográfica	Classe Especial	Classe I	Classe II	Classe III	Classe IV
Rio São Francisco, Portaria nº 715/MINTER/IBAMA, de 20 de setembro de 1989. (IBAMA 1989)	Trecho das nascentes até a confluência com o rio Capivaras	Trecho da confluência com o rio Capivaras até a confluência com o rio Mombaça	Trecho da confluência com o rio Mombaça até a sua foz no Oceano Atlântico	---	---
Rio Paracatú, Portaria nº 715/MINTER/IBAMA, de 20 de setembro de 1989. (MINTER 1989)	Trecho das nascentes até a confluência com o rio Manabuiú	Trecho da confluência com o rio Manabuiú, até a confluência com rio Escuro	Trecho da confluência com o rio Escuro até a sua foz no rio São Francisco	---	---
Rio Tietê, Decreto nº 10.755, de 22 de outubro de 1977, Assembléia Legislativa do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 1977).	---	1.10. Trecho Da bacia do Rio Tietê, Alto Cabeceiras; ... e) Rio tietê e todos os seus afluentes até a barragem da Ponte Nova, na divisa dos municípios de Salesópolis e Biritiba	2. todos os corpos d'água, exceto os alhures classificados	3.16. Da bacia do Rio Tietê, Alto Cabeceiras; ... a) Ribeirão do Botujuru e todos os seus afluentes até a confluência com rio Tietê no município de Mogi das Cruzes	4.16 Da bacia do Rio Tietê, Alto Cabeceiras; a) Ribeirão Itaim e todos os seus afluentes até a confluência com rio Tietê no município de São Paulo

Fonte: Autoria própria (2024); adaptado de Ibama (1989) e São Paulo (1977).

8.3.2. Aplicação da metodologia MAMIAR através do aplicativo “Dr. Rio”

A metodologia foi aplicada no dia 22/09/2024, início do “período seco”, nas margens do rio Parnaíba em 7 pontos por três usuários do aplicativo/metodologia: 1 – o autor da Metodologia (A); 2 – um profissional/professor de biologia (P); e 3 – uma estudante de ciências da natureza (E). As três avaliações serão comparadas para observar a percepção de cada indivíduo sobre os aspectos/parâmetros do rio.

Sobre o tempo de cada avaliação os usuários levaram em torno de 25 min para os dois primeiros pontos, para se adaptarem à metodologia, já os demais pontos ficaram entre 5 e 10 min, o que é um tempo bom para avaliar aspectos/parâmetros e tirar fotos dos mesmos.

Os dados e parâmetros estão apresentados e discutidos nos tópicos: Parâmetros macroscópicos da “Água na Margem do Rio – AMR”; Parâmetros macroscópicos “Ecológico da Margem do Rio – EMR”; Parâmetros macroscópicos da “Utilização da Margem do Rio – UMR”; e por último: “Grau de conservação - GC” e Recomendação de Estudos Complementares - REC”.

8.3.2.1. Parâmetros macroscópicos da “Água na Margem do Rio” (AMR)

Neste tópico estão apresentados e discutidos 7 parâmetros macroscópicos da “Água na Margem do Rio” (AMR), de nº 1 a 7, “Coloração da água”, “Odor na Água”, “Lixo ao Redor”, “Materiais Flutuantes”, “Espumas”, “Óleos” e “Esgotos”. Os dados coletados, sobre os aspectos AMR’s em campo estão disponíveis na Tabela 27.

Tabela 27 – Parâmetros macroscópicos da “Água na Margem do Rio” (AMR)

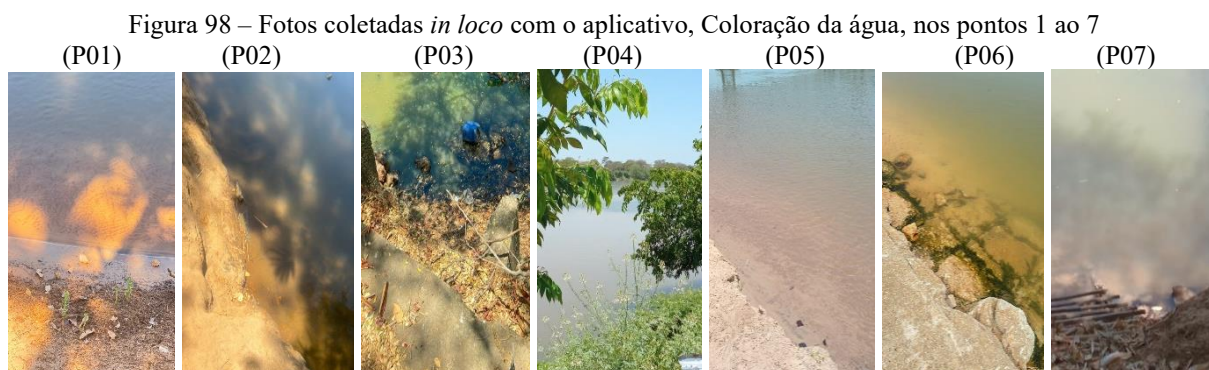
Nº	Parâmetro	Pontos																				
		P01			P02			P03			P04			P05			P06			P07		
		A	P	E	A	P	E	A	P	E	A	P	E	A	P	E	A	P	E	A	P	E
1	Coloração da água	3	2	2	3	2	2	0	0	0	1	1	1	3	2	2	2	1	2	2	1	1
2	Odor da água	3	3	3	3	2	2	0	0	0	2	1	1	3	2	3	2	2	2	2	2	2
3	Lixo ao redor	3	2	2	2	1	1	0	0	0	1	0	0	2	1	1	2	2	2	1	2	2
4	Matérias flutuantes	3	2	2	2	2	2	0	0	0	2	2	2	3	2	2	2	3	3	2	2	2
5	Espumas	3	3	3	3	3	3	0	0	0	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2
6	Óleos	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
7	Esgotos	3	3	3	3	3	3	0	0	0	1	2	2	1	2	2	3	3	3	3	3	3

Fonte: Autoria própria (2024).

Com base nos dados coletados através do aplicativo pelos usuários, observou-se que houve diferentes avaliações dos usuários a respeito dos parâmetros macroscópicos, o que já é esperado, pois as pessoas possuem diferentes percepções sobre o meio ambiente, porém a

identificação de um aspecto macroscópico poluído ou degradado, foi unânime, sendo os pontos 3 e 4, o que apresentaram piores parâmetros AMR, pelos valores atribuídos (Tabela 27).

Vale ressaltar que o primeiro parâmetro e a primeira foto, coloração da água (figura 98), serve para gerar o registro do ponto (com coordenada geográfica, data e hora) fornecidos pela foto, além de direcionar a análise dos aspectos iniciais dos parâmetros macroscópicos da água. Mesmo sendo de pontos do mesmo rio, as fotos mostram como a cor da água pode variar em cada ponto por fatores naturais ou antrópicos.



Fonte: Autoria própria (2024).

Os demais parâmetros, “Odor na Água”, “Lixo ao Redor”, “Materiais Flutuantes”, “Espumas”, “Óleos” e “Esgotos”, servem para identificar possíveis problemas ou alterações que podem comprometer a qualidade da água nos respectivos pontos, em especial, os problemas encontrados estavam relacionados à presença de lixo (L) e esgoto (E) (Figura 99).



Fonte: Autoria própria (2024).

8.3.2.2. Parâmetros macroscópicos “Ecológicos da Margem do Rio” (EMR)

Neste tópico serão discutidos os parâmetros macroscópicos “Ecológicos da Margem do Rio” (EMR), de nº 8 a 15, “Vegetação”, “Erosão nas margens”, “Tamanho da APP”, “Assoreamento do rio”, “Presença de plantas Aquáticas/Algas”, “Presença de Fungos ou Líquens”, “Presença de Agentes polinizadores” e “Presença de Avifauna”. Os dados coletados, sobre os parâmetros EMR’s em campo estão disponíveis na Tabela 28.

Tabela 28 – Parâmetros macroscópicos “Ecológicos da Margem do Rio” (EMR)

Nº	Parâmetro	Pontos																				
		P01			P02			P03			P04			P05			P06			P07		
		A	P	E	A	P	E	A	P	E	A	P	E	A	P	E	A	P	E	A	P	E
8	Vegetação	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3	0	0	1	3	3	3
9	Erosão nas margens	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1
10	Tamanho da APP (área legal protegida)	1	1	2	2	1	1	2	1	2	2	1	1	1	1	1	2	1	0	2	1	1
11	Assoreamento do rio	3	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	1	2	2	1	2	2	2	2
12	Presença de plantas aquáticas/algas	3	3	3	2	3	3	2	3	2	3	3	3	2	3	3	2	3	2	3	3	3
13	Presença de Fungos ou Líquens	2	2	2	1	1	1	1	2	3	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2
14	Presença de agentes polinizadores (insetos)	2	2	2	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	0	2	2	2	2	2	2
15	Presença de avifauna	1	1	1	1	1	1	3	3	3	1	1	1	1	3	2	2	1	2	2	2	2

Fonte: Autoria própria (2024).

Com base nos dados coletados, observou-se que nos parâmetros EMR's, 9, 10, 11 e 12 apresentaram em diversos pontos valor 1, indica que impacto/poluição/degradação eram observáveis (significantes para os avaliadores), mas não em um nível extremo para receber o valor 0 (Tabela 28).

Nos pontos 1 ao 7 (P01 à P07), Tabela 28, identificou-se uma redução no tamanho da App (Parâmetro 10), recebendo valor 1, para APPs com áreas reduzidas e valor 2, para APPs com áreas de acordo com a legislação, o que pode influenciar nos parâmetros 9 (erosão nas margens) e 11 (Assoreamento do rio), que também receberam valores 1 em alguns pontos.

8.3.2.3. Parâmetros macroscópicos da “Utilização da Margem do Rio” (UMR)

Neste tópico estão apresentados e discutidos 9 parâmetros macroscópicos da “Utilização da Margem do Rio - UMR”, de nº 16 a 25, “Uso/ presença de animais nativos”, “Uso/ presença de animais domésticos/criação”, “Uso/ presença antrópica”, “Residências”, “Área de Inserção”, “Estruturas de barragens/ reservatório de água do rio”, “Áreas de cultivo (uso agrícola)” “Captação da água do rio” “Atividade de pesca/criação de peixes no rio” “Retirada de argila ou areia no rio”. Os dados coletados, sobre os parâmetros UMR's em campo estão disponíveis na Tabela 29.

Tabela 29 – Parâmetros macroscópicos da Utilização da Margem do Rio (UMR)

N. º	Parâmetro	Pontos																				
		P01			P02			P03			P04			P05			P06			P07		
		A	P	E	A	P	E	A	P	E	A	P	E	A	P	E	A	P	E	A	P	E
16	Uso/ presença de animais nativos	2	3	2	2	3	2	3	3	3	2	2	2	2	2	3	2	3	3	2	2	3
17	Uso/ presença de animais domésticos/criação	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	1	2	3	3	1	1	1
18	Uso/ presença antrópica	3	3	3	2	1	1	3	1	0	0	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	3
19	Residências	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	2	3	1	1	3	1	1	1	2	2
20	Área de Inserção	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	2	3	2	1	0	1	1	2	2
21	Estruturas de barragens/ reservatório de água do rio	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
22	Áreas de cultivo (uso agrícola)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
23	Captação da água do rio	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
24	Atividade de pesca/criação de peixes no rio	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	3	2	2	2
25	Retirada de argila ou areia no rio	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	0	2	2	2	3

Fonte: Autoria própria (2024).

Com base nos dados coletados, observou-se que nos parâmetros UMR's, 18, 19 e 20 apresentaram em diversos pontos valor 1 e 0, indicando que tanto a intensa utilização humana (valor 1), quanto a ocupação dessas áreas e/ou ausência de proteção (valor 0), além da proximidade das residências (Tabela 28).

8.3.2.4. Grau de Conservação (GC) e Recomendações de Estudos Complementares (REC)

O “Grau de Conservação - GC” é o resultado da avaliação global dos parâmetros macroscópicos, através do somatório dos valores atribuídos, que serve para identificar se situação de conservação ambiental do ponto está crítica, se precisam corrigir alguns pontos específicos ou se o estado de conservação está aceitável, podendo classificar o “GC” do ponto estudado em: A – Ótimo (entre 65 e 75 pontos); B – Bom (entre 57 e 64 pontos); C – Regular (entre 49 e 56 pontos); D – Ruim (entre 41 e 48 pontos); E – Péssimo (40 pontos ou menor). O somatório dos parâmetros e respectivos graus de conservação estão disponíveis no Quadro 42.

Quadro 42 – Grau de conservação dos pontos estudados

Nº	Pontos																				
	P01			P02			P03			P04			P05			P06			P07		
	A	P	E	A	P	E	A	P	E	A	P	E	A	P	E	A	P	E	A	P	E
T	67	64	64	60	57	56	48	47	47	47	49	50	57	53	53	54	48	53	51	53	56
GC	A	B	B	B	B	C	D	D	D	D	C	C	B	C	C	C	C	C	C	C	C

Fonte: Autoria própria (2024).

Quanto ao grau de conservação, os pontos analisados, obtiveram avaliação entre A ótimo, B- Bom, C – regular e D - ruim, sendo que apenas o ponto 3 e o ponto 4 receberam classificação D – ruim, sendo importante que estudos complementares sejam realizados.

As “Recomendações de Estudos Complementares - REC”, se refere a necessidade , ou não, de estudos complementares, sendo indicado pela quantidade de vezes, que o usuário encontrou algum parâmetro que necessita de estudo complementar, através da atribuição de pontos (0 e 1), podendo as recomendações serem: 1 - Fiscalização Ambiental (Alta) FAA; 2 - Fiscalização Ambiental (Média) FAM; 3 - Análise de Água (Alta) AAA; 4 - Análise de água (Média) AAM; 5 - Estudo Ecológico (Seres vivos e solo) (Alto) EEA; 6 - Estudo Ecológico (Seres vivos e solo) (Médio) EEM. A diferença entre as recomendações altas e médias, é que as altas exigem estudos mais complexos, necessitando de especialistas, ou algum monitoramento específico, ou maior tempo de monitoramento, que pode variar a depender dos recursos (financeiros, humanos e tecnológicos) disponíveis pelo órgão/entidade de fiscalização, e as recomendações médias as vezes uma simples visita de campo pelo técnico responsável, já pode verificar a situação no ponto do rio. Vale ressaltar que tais recomendações de estudos complementares, são indicativos da necessidade de possíveis estudos futuros, em outras palavras, MAMIAR/“Dr. Rio” faz um diagnóstico inicial e recomenda estudos complementares. Estes estudos complementares também podem ser utilizados em trabalhos futuros de despoluição, descontaminação e/ou recuperação de áreas degradadas, caso seja necessário, a depender dos resultados desses estudos específicos.

No caso das Fiscalizações Ambientais Médias (FAM), por exemplo, a visita de um técnico ao local pode constatar se a APP realmente está reduzida, se as residências estão muito próximas ao rio, se existem barragens, entre outras; já no caso das Fiscalizações Ambientais Altas (FAA), é necessário que o técnico compareça com algum material específico, tais como, GPS e Drones para medição, registros atualizados das atividades licenciadas no local, entre outros.

Nos Estudos Ecológicos Médios (EEM) as visitas de um técnico têm como foco avaliar as condições do solo e dos seres vivos no local, como por exemplo, avaliar se a erosão detectada foi feita por processos naturais, se compromete alguma área/estrutura; se a ausência de algum determinado tipo de ser vivo (animais nativos, aves, insetos polinizadores, e/ou fungos) é temporária, sazonal (pelo período do ano) ou tem alguma interferência humana. No caso dos Estudos Ecológicos Altos (EEA) necessitam que o monitoramento, seja feito por um maior período de tempo, podendo necessitar também de estudos específicos, tais como, análise de granulometria do solo, vazão do rio, estudos sedimentológicos, batimetria, para verificar a

erosão e o assoreamento do rio; além de verificar se há intoxicação de animais, por alguma substância presente nas carcaças, ovos, penas, casulos, parasitas, entre outras.

As recomendações Análise de água (médias) exigem análises laboratoriais, dos parâmetros físico-químicos e/ou biológico, tais como verificação da Temperatura, pH, OD, DBO, E. coli / Coliformes Termotolerantes, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Sólidos Totais e Turbidez, entre outros e se estes tão dentro do limite estabelecido pela legislação e classe de enquadramento. Já recomendações Análise de água (Alta) exigem análises laboratoriais mais complexas, através da análise combinada dos parâmetros físico-químicos e/ou biológicos, podendo utilizar diversos índices, tais como, IQA - Índice de Qualidade das Águas (NSF) e o IAP - Índice de qualidade de água bruta para fins de abastecimento público, utilizado pela Cetesb; o IVA – Índice de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática; e ou IB – Índice de Balneabilidade.

Durante a aplicação da metodologia MAMIAR/“Dr. Rio”, em campo, as recomendações dos usuários estão descritas no Quadro 43.

Quadro 43 – Recomendações de estudos complementares dos pontos estudados

Nº	Pontos																				
	P01			P02			P03			P04			P05			P06			P07		
	A	P	E	A	P	E	A	P	E	A	P	E	A	P	E	A	P	E	A	P	E
FAA							1	1	2	2	1	1	1	1	1		2	2			
FAM	1	1			2	1	1	2		3	2	2	3	3	1	3	3	4	2	2	
AAA							5	5	5		1	1									
AAM					1	1				3			1	1	1		1		1	1	1
EEA																1	1	1			
EEM	1	1	1	4	4	4	3	2	2	3	2	2	3	2	1	1	3	2			

Fonte: Autoria própria (2024).

De forma geral, os usuários recomendaram, principalmente, Estudo Ecológico (médio) nos pontos 2, 3, 4, 5 e 6; Fiscalização Ambiental (média), para os pontos 3, 4, 5 e 6; e Análise de água alta para o ponto 3.

De forma específica, os usuários recomendaram para o ponto 1, a Fiscalização Ambiental (média), para verificar especificamente o tamanho da APP que pode estar sendo invadida, e um Estudo Ecológico (médio) para verificar a presença da avifauna, que está reduzida no local; para o Ponto 2 os usuários recomendaram, a Fiscalização Ambiental (média), para verificar o uso antrópico e o tamanho da APP; Análise de água (média) para verificar o lixo ao redor nos pontos; Para o Ponto, 3 de forma unanime, foi recomendado Análise de Água (alto) devido a cor da água escura, o cheiro muito forte, entre outras características macroscópicas, e Fiscalização Ambiental (Alta) pela alta quantidade de espumas e uso antrópico; O ponto 4 teve recomendações de Fiscalização Ambiental (Alta) e (média) devido à ocupação da área, uso antrópico e tipo de área de inserção; o ponto 5 teve recomendação de

Estudo Ecológico (médio) e Fiscalização Ambiental (média) para verificar o tamanho da APP, a erosão nas margens e o Uso/presença antrópica; O ponto 6 possui recomendações de Estudo Ecológico (médio) e Fiscalização Ambiental (média) para verificar o tamanho da APP, a degradação da vegetação, a erosão nas margens, o uso antrópico, proximidade das residências às margens do rio, e a área de inserção; o ponto 7 teve recomendações de Fiscalização Ambiental (média) e Análise de água (média) para verificar a coloração da água, a presença de lixo, e a presença de animais domésticos/criação.

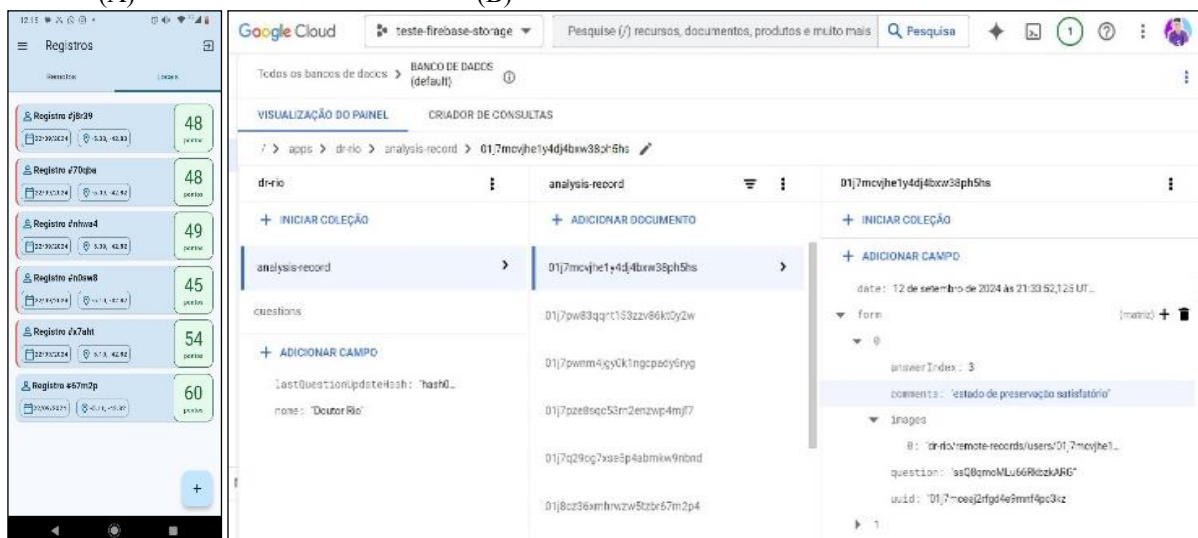
Tanto o GC quanto REC indicam que o ponto 3 e 4 devem ser estudados com mais cuidado, pois possuem problemas ambientais, e precisam de estudos para compreender seus aspectos e impactos ambientais específicos, bem como, formas de recuperar a qualidade ambiental destes pontos.

8.3.2.5. *O Aplicativo “Dr. Rio” , como ferramenta de coleta e integração dos dados entre usuários*

O aplicativo “Dr. Rio” baseado na metodologia MAMIAR serve como uma ferramenta prática de coleta de dados, pois permite que o usuário (quem faz a coleta) tenha, reunidos em um único lugar, as suas avaliações, bem como registros fotográficos e coordenadas na tela do aplicativo, “*Front End*” (Figura 100, A). Os dados coletados pelo usuário são migrados para o banco de dados, “*Fire base*” (Figura Y), onde apenas os administradores (quem integra os dados coletados por todos os usuários), tem acesso. Todo o “*Back End*” (processo interno do aplicativo) encontra-se reunido no “*Fire Base*” (Figura 100, B), desde o sistema de autenticação do usuário (*fire base authentication*), até o armazenamento de dados (*firebase storage*), o que facilita o processo de integração dos dados dos usuários, bem com futuras melhorias no aplicativo.

Sobre a integração dos dados, no “*Back End*”, é possível visualizar e analisar todos os relatórios feitos pelos todos os usuários bem como verificar os pontos (coordenadas), notas atribuídas e imagens). O aplicativo também permite ver e comparar os dados que foram utilizados no sistema de recomendação (tópico anterior), além dos pontos marcados.

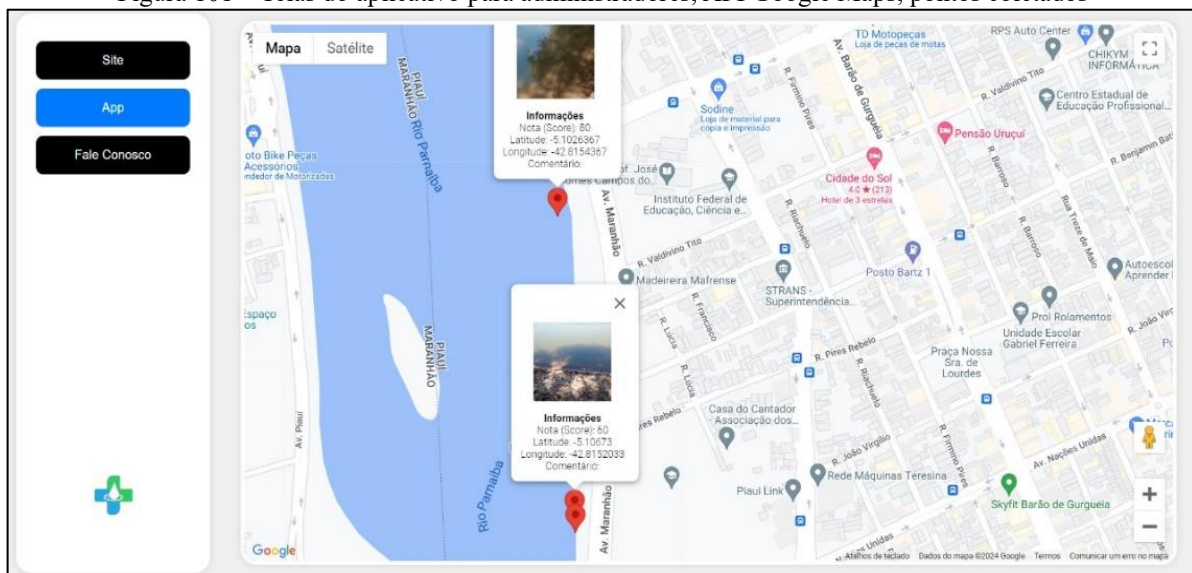
Figura 100 – Telas do aplicativo, Font End para o usuário(A), Banco de dados “Fire base”(B)



Fonte: Autoria própria (2024).

A ferramenta de visualização dos dados no mapa, está disponível apenas para administradores, por meio do Google API (*Application Program Interface*), que traz inúmeras ferramentas, dentre elas o “Maps”, que fornece a visualização dos dados coletados no banco de Dados. (Figura 101). Nesta tela é possível identificar os locais coletados, data, hora latitude, grau de conservação do ponto (score) feito por cada usuário, em um mapa virtual.

Figura 101 – Telas do aplicativo para administradores, API Google Maps, pontos coletados



Fonte: Autoria própria (2024).

Existem várias funcionalidades que podem ser exploradas, com futuras atualizações, principalmente com a parte do Back End, onde pode ser desenvolvida uma plataforma global, parecida com um SIG (Sistema de Informações Geográficas), com o desenvolvimento de um design melhorado, para facilitar a visualização dos dados dos usuários, além de permitir análises

estatísticas, para verificar quais pontos possuem melhor Grau de Conservação (GC) e estes estão melhorando ou não com o passar do tempo, ou seja, permite um monitoramento do estado de conservação, bem como a visualização e análise das “Recomendações de Estudos Complementares – REC” que podem direcionar estudos complementares na bacia hidrográfica.

8.4. Considerações Finais

Os protocolos de avaliação rápida para em rios, são metodologias de fácil aplicação para a identificação dos aspectos e impactos ambientais, utilizando parâmetros visuais, sendo muito importante para uma avaliação das atividades antrópicas causadoras de impactos ambientais. Originalmente aplicada em nascentes, pode ser aplicada em rios, adaptando os parâmetros utilizados para avaliação em nascentes e criando parâmetros novos, específicos para avaliação em rios.

Por outro lado, a utilização dos protocolos de avaliação rápida, como a avaliação macroscópica em aplicativos celulares traz a tecnologia para facilitar e estimular a participação das comunidades ribeirinhas na identificação dos problemas a que estão sujeitos os recursos hídricos, sendo muito importante a participação destas comunidades no monitoramento da qualidade da água e sustentabilidade dos rios.

Desta forma considera-se a metodologia da avaliação metodológica muito importante para avaliação dos impactos ambientais em rios e a inclusão da tecnologia representa uma forte aliada no processo.

REFERÊNCIAS

- BIZZO, M. R. O.; MENEZES, J. ANDRADE, S. F. Protocolos de Avaliação Rápida de Rios (PAR). **Caderno de Estudos Geoambientais - CADEGEO**, v.04, n.01, p.05-13, 2014.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005. Conselho Nacional de Meio Ambiente, Brasília, 2005. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_a_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf>. Acessado em 19/10/2024.
- BRASIL. Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. Novo Código Florestal. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, Brasília, DF, Ano CXLIX, n. 102, 28 maio 2012. Seção 1, p.1. 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm>. Acessado em: 22/04/2021.
- CALLISTO, Marco *et al.* Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividade de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 14, n.1, p.91-98, 2002.
- CARVALHO, C. G. S.; PORTO, R. A.; OLIVEIRA, U. R. Avaliação macroscópica de impactos ambientais em nascentes do rio de ondas no oeste da Bahia: Macroscopic assessment of environmental impacts in springs of the Ondas River in West Bahia. **Geosciences= Geociências**, v. 39, n. 3, p. 831-845, 2020.
- CHAGAS, M. C. R. *et al.* Métodos de elicitação de requisitos a partir da modelagem de processos de negócio: revisão sistemática da literatura. **Observatório de la Economía Latinoamericana**, v. 22, n. 9, p. e6543-e6543, 2024.
- CHOUGALE, P. *et al.* Firebase-overview and usage. **International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science**, v. 3, n. 12, p. 1178-1183, 2021.
- EUGENIO, S. P. O. Artrite séptica de joelho: avaliação da associação entre apresentação clínica e análise macroscópica do líquido sinovial coletado por punção para indicação de artrotomia e drenagem de artrite séptica de joelho. 2023. Dissertação (Mestrado em Cirurgia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2023.
- FLUTTER. *Flutter - Build apps for any screen*. 2024. Disponível em: <<https://flutter.dev/>>. Acesso em: 01 ago. 2024.
- FIREBASE. *Firestore Products*. 2023. Disponível em: <<https://firebase.google.com/products-build?hl=pt>>. Acesso em: 24/08/2024.
- GOMES, P. M.; MELO, C.; VALE, V. S. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia-MG: análise macroscópica. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v.17, n.32, p.103-120, 2005.
- GOMES, E. R. Diagnóstico e avaliação ambiental das nascentes da serra dos matões, município de Pedro II, Piauí. Tese doutorado em Geografia. Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho” Campus Rio Claro, 2015.

IBAMA. Portaria nº 715/MINTER/IBAMA, de 20 de setembro de 1989. De enquadramento e nível de qualidade de água (classe) do rio São Francisco e tributários. 1989.

KUMAR, D.; KUMAR, A.; SINGH, L. Non-functional requirements elicitation in agile base models. **Webology**, v. 19, n. 1, p. 1992-2018, 2022.

MACHADO, A. P. F. Adaptação de um protocolo de avaliação rápida de rios e sua utilização como recurso didático em educação ambiental no ensino médio. 2019. 68 f. Dissertação (Mestrado em Conservação de recursos Naturais do Cerrado) – Pós-Graduação em Recursos Naturais do Cerrado. Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, Urutaí, GO, 2019.

MATERIAL DESIGN. *Get Started*. 2022. Disponível em: <<https://m3.material.io/get-started>>. Acessado em: 01/09/2024.

OBJECTBOX. *Objectbox - Edge Database + Sync for Mobile, IoT & Embedded Devices*. 2024. Disponível em: <<https://objectbox.io/>>. Acesso em: 31 mar. 2024.

ROCK CONTENT. *Conheça Firebase: a ferramenta de desenvolvimento e análise de aplicativos mobile*. 2019. Disponível em: <<https://rockcontent.com/br/blog/firebase/>>. Acesso em: 24/08/2024.

SANTOS, R. B. *et al.* Avaliação macroscópica da nascente do brejo da prata, afluente do rio Paraino cerrado piauiense. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 10, n. 4, p. 298-319, 2021.

SANTOS, S. *et al.* Using Behavior-Driven Development (BDD) for Non-functional Requirements. **Software**, v. 3, n. 3, p. 271-283, 2024.

SÃO PAULO, decreto nº 10.755, de 22 de novembro de 1977, Dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista no decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976 e dá providência correlatas. Governo do estado de São Paulo, Poder Executivo, São Paulo, SP, 23 de novembro de 1977.

SILVA, E. S. G.; MARVILA, P S; SANTOS, A. E. Avaliação da qualidade ambiental do rio Salinas-MG por meio da análise macroscópica. **Pensar Acadêmico**, v. 19, n. 1, p. 78-86, 2021.

SILVA, L. G P.; COSTA, R. M. Análise das técnicas para levantamento de requisitos e suas aplicações em projetos de tecnologia. **Revista GeTeC**, v. 18, 2024.

SOARES, A. L. A. Avaliação de APIs de geocodificação em grandes cidades brasileiras. 2024. 45 f. Monografia (Graduação em Ciência da Computação) - Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2024.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS DA TESE

A Avaliação de Impactos Ambientais é um tema complexo, transdisciplinar e multidisciplinar, que envolve diversas áreas do conhecimento e com o passar do tempo vem se mostrando um tema de extrema importância para conhecer e solucionar os problemas ambientais da atualidade, em especial os problemas ambientais causados aos rios urbanos, que sofrem vários impactos à medida que as cidades se desenvolvem. Esta pesquisa sobre os impactos ambientais das atividades antrópicas no rio Parnaíba, trouxe um novo olhar sobre a situação de degradação do rio Parnaíba, um rio de importância fundamental para o Piauí, em especial Teresina, contribuindo com dados sobre os principais fatores, que direta ou indiretamente, prejudicam a sua sustentabilidade.

No primeiro momento deste estudo buscou-se um alinhamento conceitual e metodológico sobre quais conceitos, metodologias, ferramentas, entre outros estudos disponíveis na literatura, que seriam úteis para compreender a dinâmica dos Aspectos e Impactos ambientais causados pelas atividades antrópicas no rio Parnaíba. Como resultado inicial trabalhou-se os conceitos ambientais (Meio ambiente, Impacto, Poluição, Contaminação e Degradação Ambiental) para aplicá-los nos estudos do rio Parnaíba. Também se selecionou metodologias para Identificação e avaliação de impactos ambientais, além de parâmetros de avaliação da qualidade da água, que pudessem ser aplicados para avaliação do rio Parnaíba.

No segundo momento da tese, foi feita a caracterização da área de estudo, através de mapas temáticos, que foram fundamentais para a visualização das atividades humanas, dos aspectos e impactos ambientais, que influenciam sobre a qualidade ambiental do rio Parnaíba. Com base nos mapas temáticos, pode-se observar que a mata ciliar do rio Parnaíba (no trecho estudado) está reduzida, aproximadamente 16% da área total da APP, e é fundamental para garantir o acesso das comunidades ribeirinhas e populações que utilizam o rio, além da manutenção de todo ecossistema do rio evitando uma maior erosão e o assoreamento do rio.

O terceiro momento da tese, consistiu em realizar avaliação de impactos ambientais no rio Parnaíba, através de três (matriz de impacto, metodologia macroscópica e avaliação físico-química da água) que permitiram entender como as atividades humanas interferem na qualidade da água e sustentabilidade do rio, abordando aspectos sociais, econômicos, legais e técnicos. De forma objetiva o rio Parnaíba, sofre com inúmeros impactos ambientais, resultando na poluição em alguns pontos estudados. As atividades que mais prejudicam o rio Parnaíba são: 1 – as ocupações das margens e destruição da mata ciliar, que causa erosão das margens e assoreamento do leito do rio; 2 – o lançamento de efluentes (esgotos) sem tratamento

diretamente no rio Parnaíba, que polui, contamina e prejudica a qualidade da água do rio Parnaíba, ameaçando a vida em todo o ecossistema aquático, e a qualidade de vida das populações humanas; 3 – A disposição irregular de resíduos sólidos em áreas próximas ao rio, que também contribui para a perda de qualidade da água e contaminação do solo, bem como favorece a permanência de animais sinantrópicos que podem transmitir doenças prejudicando a saúde da população, especialmente a população ribeirinha. Foi também, a partir de dados coletados durante um ano de observações, como as estações (período seco e período de cheia) influenciam na dinâmica social e na qualidade ambiental do rio Parnaíba. A matriz de Leopoldo forneceu uma visão geral relacionando as atividades humanas com aspectos e impactos ambientais, de forma sistematizada, indicando quais destes elementos podem afetar o rio.

A metodologia macroscópica, mostrou-se importante, pois demonstrou como atividades humanas, aspectos e impactos ambientais associados, afetam diretamente qualidade da água do rio Parnaíba, através de alterações macroscópicas (aspectos visuais), de forma rápida e precisa. A análise dos parâmetros macroscópicos serviu também para direcionar estudos de análise da qualidade da água. Como destaque, este trabalho mostrou como a metodologia macroscópica pode ser utilizada no monitoramento da qualidade ambiental de rios, utilizando a análise do “comportamento do parâmetro” a partir da média anual, e do “Quadro Global de Cores”.

No estudo de qualidade da água foi possível observar quais parâmetros físico-químicos são mais prejudicados, ou não, pelas atividades humanas. Vale ressaltar que, sobre metais pesados (elementos traços), detectou-se a presença de níveis elevados (acima dos valores estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2005) de Ferro, alumínio, manganês, cromo, em algumas amostras de água coletadas na margem do rio (onde fauna e da comunidade tem acesso ao rio) ao longo de um ano, o que deve representar um alerta para a necessidade de monitoramento da qualidade da água do rio Parnaíba.

O quarto e final momento desta tese, buscou aplicar os conhecimentos e aprendizados obtidos ao longo da Tese, no desenvolvimento de uma ferramenta, a “Metodologia de Avaliação Macroscópica de Impactos Ambientais para Rios – MAMIAR”, que avalia os aspectos e impactos ambientais, através da análise de 25 parâmetros macroscópicos (aspectos visuais), como “sintomas” das alterações causadas pelas atividades humanas ao rio Parnaíba, fornecendo de forma rápida e fácil uma análise inicial, que, quando necessário, direciona estudos mais específicos. A adaptação desta técnica para celulares, no desenvolvimento do aplicativo “Dr. Rio”, serviu para tornar ainda mais rápida a análise dos dados além de permitir a integração demais avaliadores, imagens, coordenadas geográficas e avaliações macroscópicas.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, A. K. B.; ROCHA, A. P. Os Riachos Urbanos nos Planos Diretores de Teresina-PI, Entre 2006 e 2021. **Revista FSA**, v. 20, n. 6, 2023.
- ALFAKIT. Percentual de amônia não ionizada em amostras de água doce. Florianópolis. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/19TS9f3DFngV2k8ygDljBhelJ3hGa--ID/edit>. Acessado em: 30 jul. 2024.
- ALHO, L. O. G. *et al.* Individual and combined effects of manganese and chromium on a freshwater Chlorophyceae. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 41, n. 4, p. 1004-1015, 2022.
- ALMEIDA, D. S. Conceitos básicos. In: (org.). **Recuperação ambiental da Mata Atlântica** [online]. 3 ed. Ilhéus, BA: Editus, 2016, pp. 24-30. ISBN 978-85-7455-440-2. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/8xvf4/pdf/almeida-9788574554402-03.pdf>. Acessado em: 12 jan. 2024.
- ALMEIDA, W. R. F.; SOUZA, F. M. Análise Físico-Química da Qualidade da Água do Rio Pardo no Município de Cândido Sales – BA. **Id online Rev. Mult. Psic.**, v. 13, n. 43, p. 353-378, 2019.
- AMARAL, E. A.; NASCIMENTO, A. R. T.; SILVA, C. R.; OLIVEIRA, A. P.; SILVA, G. R. Avaliação de impactos ambientais na APP do Rio Paranaíba e inferências para mitigação. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 7, p. 572-584, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.007.0049>.
- AMBIENTE BRASIL. Glossário Ambiental – P. 2022. Disponível em: https://ambientes.ambientebrasil.com.br/educacao/glossario_ambiental/glossario_ambiental_-_p.html. Acessado em: 4 mai. 2022.
- AMIGO, N. A. Propriedade das normas de lançamento de esgoto. **Dissertação de Mestrado** (Mestrado em Saúde Pública) – Escola Nacional de Saúde Pública/Fundação Instituto Oswaldo Cruz, 1998.
- ANDRADE, C. S. Teresina e clima: indissociabilidades no estudo da cidade. **Revista Equador**, v. 5, n. 3, p. 398-420, 2016.
- ASSAD, Leonor. Cidades nascem abraçadas a seus rios, mas lhes viram as costas no crescimento. **Ciência e Cultura**, v. 65, n. 2, p. 6-9, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 10004:2004 Resíduos Sólidos: classificação. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 11.174:1990. Armazenamento de resíduos classes II – não inertes e III – inertes. 1990.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 12.235:1992. Armazenamento de resíduos sólidos perigosos. 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 14605:2020.

Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis - Sistema de drenagem de oleosa é uma norma da ABNT para Caixa Separadora de Água e Óleo. 2020.

BACELO, H. *et al.* Performance and prospects of different adsorbents for phosphorus uptake and recovery from water. **Chemical Engineering Journal**, v. 381, p. 122566, 2020.

BARBIERI, J. C. **Gestão Ambiental Empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. São Paulo: Saraiva, 2011.

BARBIERI, L. E. Investigando o campo do saber "Micologia" na formação de professores de Ciências e Biologia de universidades da região sul do estado do Rio Grande do Sul. 2023. 93 f. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2023. Disponível em: <https://pergamum.ufpel.edu.br/pergamumweb/vinculos/000103/00010311.pdf>. Acessado em: 25 abr. 2024.

BASSOI, L. J.; GUAZELLI, M. R. Controle Ambiental da Água. In: PHILIPPI JR, A.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C. **Curso de Gestão Ambiental**. Barueri, SP: Manole, 2004, p. 1045.

BIZZO, M. R. O.; MENEZES, J.; ANDRADE, S. F. Protocolos de Avaliação Rápida de Rios (PAR). **Caderno de Estudos Geoambientais - CADEGEO**, v. 4, n. 1, p. 5-13, 2014.

BLESSING, E.; KENNEDY, C.; EZEKIEL, E. N. Predicting the Migration of Aluminium Inhibited by Industrial Effluents in Trans Amadi Streams, Port Harcourt, Rivers State. **Predicting the Migration of Aluminium Inhibited by Industrial Effluents in Trans Amadi Streams, Port Harcourt, Rivers State.**, v. 47, n. 1, p. 8-8, 2020.

BOBATO, D. S. *et al.* Avaliação do índice de qualidade da água superficial na zona rural e urbana de município no noroeste do Rio Grande do Sul. **Observatório de la economía latinoamericana**, v. 21, n. 9, p. 11859-11879, 2023.

BONJORNIO, J. R. **Prisma matemática: Funções e progressões: Ensino Médio**. São Paulo: Editora FTD, 2020.

BRASIL. Lei Federal nº 6.938 de 31 de agosto de 1981. **Política Nacional de Meio Ambiente**. 1981.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 01 de 23 de janeiro de 1986. 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. Brasília: DOU de 17/02/1986. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=745. Acessado em: 22 abr. 2024.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 357 de 23 de janeiro de 1986. **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**. Brasília: DOU de 17/02/1986. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=23>. Acessado em: 22 abr. 2021.

BRASIL. **Constituição (1988)**. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. Portaria nº 164, de 28 de dezembro de 2022. **Estabelecer o escopo temático e conceitual de atuação do Ibama na remediação de áreas contaminadas**, na forma do Anexo desta Portaria. 2022. Disponível em: https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/notas/2022/ibama-publica-portaria-no164-2022-que-trata-da-atuacao-do-instituto-na-remediacao-de-areas-contaminadas/2022-12-30_portaria_164.pdf. Acessado em: 22 abr. 2021.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. **Instrução Normativa Nº 4, de 13 de abril de 2011**. Estabelecer procedimentos para elaboração de Projeto de Recuperação de Área Degradada – PRAD ou Área Alterada, para fins de cumprimento da legislação ambiental, bem como dos Termos de Referência constantes dos Anexos I e II desta Instrução Normativa. 2011. Disponível em: https://www.mprs.mp.br/media/areas/gapp/arquivos/atualizacao_intra/dou/in4_2011_prad.pdf. Acessado em: 22 abr. 2024.

BRASIL. Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a política nacional de recursos hídricos, cria o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos**, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição federal, e altera o art. 1º da Lei 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm. Acessado em: 19 out. 2024.

BRASIL. Lei dos Crimes Ambientais. Lei nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998. **Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9605.htm. Acesso em: 20 jun. 2023.

BRASIL. Lei Federal Nº 10.257, de 10 de julho de 2001. **Estatuto da Cidade**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/LEIS/LEIS_2001/L10257.htm. Acesso em: 20 jun. 2023.

BRASIL. Lei Federal nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Altera a lei 9.605 de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências**. Brasília, DF. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm. Acesso em: 28 jun. 2023.

BRASIL. Lei n. 12.608, de 10 de abril de 2012. **Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm. Acessado em: 26 abr. 2024.

BRASIL. Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 25 de maio de 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm. Acesso em: 28 jun. 2023.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005. Conselho Nacional de Meio Ambiente, Brasília, 2005. Disponível

em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_a_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf. Acessado em: 19 fev. 2024.

BRASIL. TRF4ª Região (4ª Turma). **Apelação civil. Nº5021329-**

09.2020.4.04.9999/PR. Disponível

em: [https://consulta.trf4.jus.br/trf4/controlador.php?acao=consulta_processual_resultado_pesquisa&selForma=NU&txtValor=5021329-](https://consulta.trf4.jus.br/trf4/controlador.php?acao=consulta_processual_resultado_pesquisa&selForma=NU&txtValor=5021329-09.2020.4.04.9999&chkMostrarBaixados=S&todasfases=&todosvalores=&todaspartes=&txtDataFase=01/01/1970&selOrigem=TRF&sistema=&txtChave=&seq=#)

[09.2020.4.04.9999&chkMostrarBaixados=S&todasfases=&todosvalores=&todaspartes=&txtDataFase=01/01/1970&selOrigem=TRF&sistema=&txtChave=&seq=#](https://consulta.trf4.jus.br/trf4/controlador.php?acao=consulta_processual_resultado_pesquisa&selForma=NU&txtValor=5021329-09.2020.4.04.9999&chkMostrarBaixados=S&todasfases=&todosvalores=&todaspartes=&txtDataFase=01/01/1970&selOrigem=TRF&sistema=&txtChave=&seq=#). Acessado em: 10 out. 2023.

BRILHANTE, O. M. Gestão e avaliação da poluição, impacto e risco na saúde ambiental. **Gestão e Avaliação de Risco em Saúde Ambiental**, v. 2, 1999. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/ffk9n/pdf/brilhante-9788575412411-03.pdf>. Acessado em: 22 abr. 2021.

BROOKS, C. N.; FIELD, E. K. Iron flocs and the three domains: microbial interactions in freshwater Iron Mats. **MBio**, v. 11, n. 6, p. 10.1128/mbio.02720-20, 2020.

CALLISTO, Marco *et al.* Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividade de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 14, n. 1, p. 91-98, 2002.

CAMPELO, R. M.; BRAUNA, C. H. C.; SILVA, C. E. Carga poluidora na microbacia urbana Lagoas do Norte, Teresina, Piauí. In: 30º Encontro Técnico AESabesp - Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente. 30 Feira Nacional de Saneamento e Meio Ambiente, 2019. Código 183. 2019.

CAMPOS, J. C.; NUCCI, J. C. Protocolo de avaliação rápida: uma proposta para rios urbanos. **Revista Geografar**, v. 14, n. 2, p. 267-286, 2019.

CARVALHO, A. T. F.; CABRAL, J. J. S. P. Metodologia para avaliação de sustentabilidade hidroambiental para projetos de intervenções em rios perenes (MASRIOS): conceito e estruturação do instrumento. **Revista Brasileira de Geomorfologia (Online)**, São Paulo, v. 21, nº 3, p. 461-478, 2020.

CARVALHO, C. G. S.; PORTO, R. A.; OLIVEIRA, U. R. Avaliação macroscópica de impactos ambientais em nascentes do rio de ondas no oeste da Bahia: Macroscopic assessment of environmental impacts in springs of the Ondas River in West Bahia. **Geosciences= Geociências**, v. 39, n. 3, p. 831-845, 2020.

CARVALHO, G. R.; *et al.* Contaminação ambiental por pesticidas em Mato Grosso do Sul: a contribuição da agroecologia e saúde única neste contexto. **Concilium**, [S. l.], v. 22, n. 4, p. 567-577, 2022.

CASTRO, Antônio Luiz Coimbra de. Glossário de Defesa Civil estudos de riscos e medicina de desastres. 5. ed. Brasília, DF: Secretaria Nacional de Defesa Civil (SEDEC), 2020.

Disponível

em: <https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosDefesaCivil/ArquivosPDF/publicacoes/glossario.pdf>. Acessado em: 20 set. 2023.

CAVALCANTE, F. S.; CAMPOS, M. C. C.; LIMA, J. P. S. A importância dos macrofungos para o meio ambiente. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 13, n. 1, p. e7982-e7982, 2024.

CERRI NETO, M.; FERREIRA, G. C. Poluição: incompatibilidades entre conceitos legal e técnico. **Geociências**, v. 28, n. 2, p. 165-180, 2009.

CESAR, R. G. et al. **(Eco)toxicologia de metais em solos: conceitos, métodos e interface com a geoquímica ambiental**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2014. 100p.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Fundamentos do Controle de poluição das águas. Módulo II – Prevenção da poluição ambiental e controle de fontes**. Apostila Pós-graduação Lato Sensu. São Paulo: Escola Superior da CETESB. 2018.

CETESB. **Alumínio. FIT – Ficha de Informação Toxicológica**. Divisão de Toxicologia Humana e Saúde Ambiental. 2017. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2013/11/Aluminio.pdf>. Acesso em: 29 mai. 2024.

CETESB. **Cromo. FIT – Ficha de Informação Toxicológica**. Divisão de Toxicologia Humana e Saúde Ambiental. 2022. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2021/05/Mangane%CC%82s.pdf>. Acesso em: 29 mai. 2024.

CETESB. **Manganês. FIT – Ficha de Informação Toxicológica**. Divisão de Toxicologia Humana e Saúde Ambiental. 2022. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2021/05/Mangane%CC%82s.pdf>. Acesso em: 29 mai. 2024.

CHAGAS, M. C. R. et al. Métodos de elicitação de requisitos a partir da modelagem de processos de negócio: revisão sistemática da literatura. **Observatório de la Economía Latinoamericana**, v. 22, n. 9, p. e6543-e6543, 2024.

CHAPMAN, Peter M. Determining when contamination is pollution—weight of evidence determinations for sediments and effluents. **Environment International**, v. 33, n. 4, p. 492-501, 2007.

CHAVES, S. V. V.. Impactos pluviais e vulnerabilidade sócioambiental em Teresina, Piauí, Brasil. In: **14º Encuentro de Geógrafos da América Latina**, 2013, Lima. **Anales del XIV Encuentro de Geógrafos de América Latina 2013 Perú**, 2013.

CHAVES, S. V. V.; ANDRADE, C. S. A incidência dos desastres naturais em Teresina, Piauí e o perfil da população vulnerável às inundações/The incidence of natural disasters in Teresina, State of Piauí and the profile of the population vulnerable to floods. **Caderno de Geografia**, v. 27, n. 1, p. 159-188, 2017.

CHOUGALE, P. et al. Firebase-overview and usage. **International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science**, v. 3, n. 12, p. 1178-1183, 2021.

CHUEH, Yi-Yin; FAN, Chihhao; HUANG, Ya-Zhen. Copper concentration simulation in a river by SWAT-WASP integration and its application to assessing the impacts of climate change and various remediation strategies. **Journal of environmental management**, v. 279, p. 111613, 2021.

CODEVASF - Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do

Parnaíba. **Plano Nascente Parnaíba: plano de preservação e recuperação de nascentes da bacia do rio Parnaíba**. Editora IABS, Brasília-DF, Brasil – 2016.

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). **Fundamentos do Controle de poluição das águas. Módulo II – Prevenção da poluição ambiental e controle de fontes**. Apostila Pós-graduação Lato Sensu. São Paulo: Escola Superior da CETESB. 2018.

Coordenação de Comunicação Social do Governo do Piauí – CCOM. Ampliação do sistema de esgotamento sanitário de Teresina beneficiará mais de 480 mil pessoas. **Governo do Estado do Piauí**. Disponível em: <https://antigo.pi.gov.br/noticias/ampliacao-do-sistema-de-egotamento-sanitario-de-teresina-vai-beneficiar-mais-de-480-mil-pessoas/>. Acesso em: 27 jul. 2024.

COSTA, A. “Chuva do caju” prejudica a fruta? Entenda o impacto nas plantações do Ceará. **Diário do Nordeste**. 2022. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/ceara/chuva-do-caju-prejudica-a-fruta-entenda-o-impacto-nas-plantacoes-do-ceara-1.3281449>. Acesso em: 29 ago. 2024.

COSTA, F. B.; FERREIRA, V. O. Análise de parâmetros que compõem o índice de qualidade das águas (IQA) na porção mineira da bacia do rio Paranaíba. **Revista Eletrônica de Geografia**, v. 7, n. 18, p. 22-47, 2015.

COSTA, G. M. M., et al. Caracterização da qualidade da água superficial nos distritos administrativos do município de Belém-PA. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 1, n. 44, p. 120-137, 2022.

COSTA, K. D. I.; CABRAL, E. S.; CARVALHO, B. S. O mecanismo de ação do cromo e magnésio como nutrientes fundamentais no tratamento da hiperglicemia. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 5, p. e27111528256-e27111528256, 2022.

COSTA, S. S. L. **Estudos ambientais, caracterização sedimentológica e batimetria do trecho urbano do Rio Parnaíba, em Teresina, Piauí, Brasil**. Tese (Doutorado em Geociências). Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. 2020.

COSTA, S. S. L. et al. Análise da dinâmica do rio Parnaíba no trecho urbano de Teresina-Piauí, no período de 2010 a 2016. In: **27º Simpósio de Geologia do Nordeste**. 2017.

COUTO, R. M. P.; MIGUEL, M. C.; BRANCO, A. C.; SANTOS, P. S. Répteis e anfíbios dos fragmentos de Mata Atlântica sazonal no norte do Paraná, Brasil. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, v. 16, n. 4, p. e3962, 2024. DOI: 10.55905/cuadv16n4-096. Disponível em: <https://ojs.europublications.com/ojs/index.php/ced/article/view/3962>. Acesso em: 19 mai. 2024.

CPRM, Serviço Geológico do Brasil. Ministério de Minas e Energia. **Relatório situacional dos recursos hídricos superficiais da bacia hidrográfica do Rio Parnaíba**. 2017. Disponível em: https://www.cprm.gov.br/sace/boletins/Parnaiba/20171116_10-20171116%20-%20103332.pdf. Acesso em: 15 fev. 2021.

CRAVOTTA III, C. A. et al. Legacy sediment as a potential source of orthophosphate: Preliminary conceptual and geochemical models for the Susquehanna River, Chesapeake Bay watershed, USA. **Science of the Total Environment**, v. 912, p. 169361, 2024.

CRUZ, F. C.; CRUZ, A. C.; ROSSATO, M. V. Identificação e Avaliação de Impactos Ambientais: um estudo de caso. **REGET – UFSM**, v. 18 n. 2. p.777-791, 2014.

DAR, F. A.; SINGH, M. A geographical perspective on poverty-environmental degradation. **International Journal of Social Sciences and Management**, v. 9, n. 1, p. 1-7, 2022.

DAVID, F. L.; HIROSUE, F. H. Despoluição de rios urbanos para fins de transporte: os Rios Tietê e Pinheiros como alternativa ao transporte rodoviário de cargas. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 12, n. 1, p. 23297, 2023.

DNIT, Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. **Glossário de termos técnicos ambientais rodoviários**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2006. 116p.

DUARTE, I.; EMANUELE, V.; LIMA, M. O. B. Avaliação dos impactos ambientais e dos aspectos de quantidade e qualidade de água da bacia do rio remédios. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-ALAGOAS**, v. 6, n. 3, p. 33-33, 2021.

ESTADO DE SÃO PAULO. **Lei nº 13.577, de 8 de julho de 2009**. Dispõe sobre diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas, e dá outras providências correlatas. Diário Oficial do Estado de 9 de julho de 2009, São Paulo. 2009. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/wp-content/uploads/sites/17/2013/11/2009_lei_13577.pdf. Acesso em: 22 mai. 2022.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência. 2 ed, 602 p, 1998.

EUGÊNIO, G. O Sertão e a chuva do caju. **Agronegócio**. “Jornal do Sertão”. Disponível em: <https://jornaldosertaope.com.br/2022/11/03/o-sertao-e-a-chuva-do-caju/>. Acesso em: 29 ago. 2024.

EUGENIO, S. P. O. **Artrite séptica de joelho: avaliação da associação entre apresentação clínica e análise macroscópica do líquido sinovial coletado por punção para indicação de artrotomia e drenagem de artrite séptica de joelho**. 2023. Dissertação (Mestrado em Cirurgia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2023.

FALCÃ, A. R.; et al. Cartografia dos impactos ambientais em paisagens do cerrado no município de Piranhas/GO. **Planeta Amazônia: Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas**, n. 13, p. 55-68, 2021.

FALCO, J. G. **Estatística aplicada**. Cuiabá: EdUFMT; Curitiba: UFPR, 2008.

FASHAGBA, T. S. et al. Evaluating the Water Quality of the Keddara Dam (Algeria) Using Water Quality Indices. **Water**, v. 16, n. 9, p. 1291, 2024.

FERNANDES, G. S. T. et al. Variação interdecadal de elementos climáticos no Estado do Piauí (Brasil). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 8, n. 2, 2020.

FIM, L. D. S., et al. Avaliação dos impactos ambientais nas margens do rio machado no perímetro urbano. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 7, n. 2, p. 269-279, 2020.

FIREBASE. **Firestore Products**. 2023. Disponível em: <https://firebase.google.com/products-build?hl=pt>. Acesso em: 24 ago. 2024.

FLUTTER. **Flutter - Build apps for any screen**. 2024. Disponível em: <https://flutter.dev/>. Acesso em: 01 ago. 2024.

FROES, B. H. C.; ROCHA-LIMA, A. B. C. Avaliação preliminar dos parâmetros físico-químicos, microbiológicos e organolépticos do Rio Jundiá e comparação com os padrões estabelecidos para o seu enquadramento. **Unisanta BioScience**, v. 9, n. 1, p. 46-53, 2020.

G1. Jericorôa: quem disse que Teresina não tem praia? 11 de agosto de 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/pi/piaui/piaui-de-riquezas/noticia/2022/08/13/jericorôa-quem-disse-que-teresina-nao-tem-praia.ghtml>. Acesso em: 10 jan. 2023.

GANDARA, G. S. **Rio Parnaíba ... Cidades-Beira**. Tese (Doutorado em História). Universidade de Brasília. 2008.

GANDARA, G. S. **Rio Parnaíba: Cidades-Beira**. 2008.

GAO, L. et al. Dual diffusive gradients in the thin films (DGT) probes provide insights into speciation and mobility of sediment chromium (Cr) from the Xizhi River basin, South China. **Journal of Hazardous Materials**, v. 436, p. 129229, 2022.

GARCIA, J. M.; LONGO, R. M. Análise de impactos ambientais em Área de Preservação Permanente (APP) como instrumento de gestão em rios urbanos. **Cerrados**, v. 18, n. 1, p. 107-128, 2020.

GIRARDI, R. Parâmetros de qualidade de água de rios e efluentes presentes em monitoramentos não sistemáticos. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 16, n. 2019, 2019.

GOMES, C. S.; TAFFAREL, S. R. Utilização de zeólitas naturais modificadas na adsorção de surfactantes. **Salão de Iniciação Científica (21.: 2009 out. 19-23: Porto Alegre, RS). Livro de resumos**. Porto Alegre: UFRGS, 2009., 2009.

GOMES, E. P. et al. Avaliação da Degradação Hídrica na Bacia Hidrográfica Tocantins Araguaia. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 41, n. 3, p. 503-513, 2018.

GOMES, E. R. **Diagnóstico e avaliação ambiental das nascentes da serra dos matões, município de Pedro II, Piauí**. 2015. 209 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Pós-Graduação em Geografia Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho” Campus Rio Claro, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/987e83e6-865e-4507-bbb3-8434f2e2ebb4>. Acesso em: 27 jul. 2024.

GOMES, P. M.; MELO, C.; VALE, V. S. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia-MG: análise macroscópica. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v.17, n.32, p.103-120, 2005.

GONÇALVES, C.; SILVÉRIO, P. F. Comparação entre níveis de nitrogênio amoniacal e amônia não-ionizável em amostras de água subterrânea. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 6, n. 3, 2023.

GONÇALVES, Italo Saraiva; FERNANDES, R. J. A. R.; LEÃO, J. de C. Análise da evolução temporal dos bancos de areia do rio Parnaíba na zona urbana de Teresina-PI com o uso de imagens de satélite. **XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, p. 1, 2017.

GONÇALVES, L. L. et al. Qualidade da água de córregos urbanos de São Gabriel/RS. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 14, n. 2, p. 267-273, 2020.

Google Earth - Maps. **Aplicativo. Teresina**. website. <http://maps.google.com/>. Consultado em: 06 ago. 2022.

Google Earth - Pro. **Aplicativo. Teresina**. website. <http://earth.google.com/>. Consultado em: 06 ago. 2022.

GRISI, B. M. **Glossário de ecologia e ciências ambientais**. 2 ed. revisada e ampliada. João Pessoa: UFPB, 2000. 200 p.

GRZYBOWSKI, W. Comparison of river and coastal water as potential sources of bioavailable iron. **Marine Pollution Bulletin**, v. 205, p. 116634, 2024.

GUEDES, J. A. Poluição de rios em áreas urbanas. **Ateliê Geográfico**, v. 5, n. 2, p. 212-226, 2011.

GUIMARÃES, Y. N. et al. Ciclo do nitrogênio em ambientes dulcícolas e as interferências antrópicas. **Multidisciplinary Reviews**, v. 3, p. e2020015-e2020015, 2020.

GUTIÉRREZ-RUIZ, M. et al. Tridimensional spatial distribution of manganese in a river impacted by metallurgical activity and mining. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, p. 3494-3505, 2021.

HIRATA, F.; FERNANDES, A. J. Vulnerabilidade à poluição de aquíferos. In: FEITOSA, F. A. C. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. 3. ed. Rio de Janeiro: CPRM, 2008. 812p.

HUDSON, A. A. **Répteis e anfíbios da Floresta Nacional de Ritópolis**. 2020. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) ICB – Instituto de Ciências Biológicas, Juiz de Fora, 2020.

HURTADO, T. C.; BRUM, B. R.; BATISTA, M. S.; D'ÁVILA, R. S.; IGNÁCIO, Á. R. A. Estudo quantitativo temporal sobre a contaminação de aves aquáticas por metais. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 8, p. e993986710, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i8.6710. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/6710>. Acesso em: 19 mai. 2024.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. **Manual de Recuperação de áreas Degradadas pela Mineração: Técnicas de Revegetação**. Brasília, DF: Ibama, 1990.

IBAMA. **Portaria nº 715/MINTER/IBAMA, de 20 de setembro de 1989**. De enquadramento e nível de qualidade de água (classe) do rio São Francisco e tributários. 1989.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). **Apoio tecnológico ao desenvolvimento de programas e medidas ambientais da fase de instalação do trecho sul do Rodoanel (SP-021): atividades de novembro/2008**. São Paulo: IPT, Relatório Técnico, 2008.

Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN. **Processo no 1.300-T-89 - proposta de tombamento da Ponte João Luís Ferreira, sobre o Rio Parnaíba, ligando Teresina, no Estado do Piauí, a Timon, no Maranhão.** Ata da 58ª Reunião do Conselho Consultivo do Patrimônio Cultural – IPHAN, 11 de setembro de 2008. 2008. Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/uploads/atas/2008__03__58a_reuniao_ordinaria__11_de_setembro.pdf. Acesso em: 29 dez. 2023.

JESUS, F. R. Óleo de cozinha usado e o seu descarte—um estudo realizado na cidade de São Raimundo Nonato e região. **Revista Foco**, v. 17, n. 1, p. e4144-e4144, 2024.

JOÃO, J. J. et al. Tratamento de efluentes: remoção de detergente utilizando processo Fenton com ultrassom e prego reutilizado. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 26, n. 6, p. 1051-1058, 2021.

KAZANCHEV, S. Ch et al. Dynamics of various forms of manganese in the pond waters. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, 2022. p. 012011.

KOKKE, M. Responsabilidade civil e risco ambiental em áreas contaminadas e em áreas degradadas órfãs. **Revista Jurídica da Presidência**, v. 25, n. 135, p. 132-162, 2023.

KOLEVA, R. et al. Computational Methods For Water Quality Index Calculation Using Real-Time Measurement System. In: **2024 13th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO)**. IEEE, 2024. p. 1-4.

KUMAR, D.; KUMAR, A.; SINGH, L. Non-functional requirements elicitation in agile base models. **Webology**, v. 19, n. 1, p. 1992-2018, 2022.

LA ROVERE, E. L. **2001 Instrumentos de planejamento e gestão ambiental para a Amazônia, cerrado e pantanal: demandas e propostas: metodologia de avaliação de impacto ambiental**. Brasília: Ed. IBAMA, 2001.

LEVIGHINI, A. C. P. **Avaliação de barreiras flutuantes na retenção de sólidos suspensos**. 2020. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas, 2020.

LIMA, E. F.; SILVA-FILHO, J. P.; ARAÚJO, A. F. S. **Dicionário de termos usados em Ecologia**. Parnaíba: UFPI. 2016. 180p.

LIMA, L. A. R., et al. Fitorremediação de tebutiuron por espécies de plantas tolerantes a herbicidas. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 17, n. 2, p. e11451-e11451, 2024.

LIMA, M. G.; ANDRADE JUNIOR, A. S. **Climas do estado do Piauí e suas relações com a conservação do solo**. Teresina: Edufpi, 2020. 144 p.

LIMA, Rodrigo de Oliveira. **Avaliação Ex Post dos impactos ambientais na agricultura irrigada, da cultura do melão no estado do Ceará**. 2023. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023.

LIMA, S. M. S. A.; LOPES, W. G. R.; FAÇANHA, A. C. Alterações na cobertura do solo em Teresina, Piauí, Brasil. **Sociedade & Natureza**, v. 33, p. e58922, 2021.

LOPES, L. C. **Impactos ambientais no rio Parnaíba e seus reflexos no desenvolvimento da cidade de Teresina**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo. 2016.

MA, A. et al. “Mn (II) Curtain” in the riparian sediment at the lower reaches of the Hanjiang River, China. **Journal of Hydrology**, v. 625, p. 130047, 2023.

MACHADO, A. P. F. **Adaptação de um protocolo de avaliação rápida de rios e sua utilização como recurso didático em educação ambiental no ensino médio**. 2019. 68 f. Dissertação (Mestrado em Conservação de recursos Naturais do Cerrado) – Pós-Graduação em Recursos Naturais do Cerrado. Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, Urutaí, GO, 2019.

MANAHAN, S. E. **Química ambiental**. 9 ed. Porto Alegre: Bookman, 2016. 912 p.

MARÇAL, D. A.; SILVA, C. E. Avaliação do impacto do efluente da estação de tratamento de esgoto ETE-Pirajá sobre o Rio Parnaíba, Teresina (PI). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, p. 761-772, 2017.

MARROQUIM, Paula Maria Guimarães et al. Análise da vegetação em área de mata ciliar no Baixo São Francisco, em Sergipe. **Advances in Forestry Science**, v. 10, n. 2, p. 2013-2029, 2023.

MATAVELI, L. R. V. et al. Avaliação dos níveis de cromo total em águas para consumo humano. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 77, p. 1-11, 2018.

MATERIAL DESIGN. **Get Started**. 2022. Disponível em: <https://m3.material.io/get-started>. Acesso em: 01 set. 2024.

MATOS, K. C.; VELOSO, M. D. A paisagem das águas: a percepção dos usuários como subsídios para a elaboração de diretrizes urbanísticas para as margens dos rios Poti e Parnaíba e seu entorno (Teresina-PI). **Paisagem e Ambiente**, n. 23, p. 222-230, 2007.

MAURYA, P. K. et al. An introduction to environmental degradation: Causes, consequence and mitigation. **Environmental degradation: causes and remediation strategies**, v. 1, p. 1-20, 2020.

MEDEIROS, M. J. **Avaliação dos aspectos e impactos ambientais do setor cerâmico na bacia do Rio Itaqui, município de Campo Largo e propostas de controle ambiental: Estudo de caso**. Dissertação Mestrado (Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2012.

MEDEIROS, R. M. Aptidão climática da cultura do caju nos estados da Paraíba e Piauí–Brasil. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, v. 16, n. 1, p. 103-118, 2019.

MEDEIROS, R. M.; CAVALCANTI, E. P.; DUARTE, J. F. M. Classificação climática de köppen para o estado do Piauí–Brasil. **Revista Equador**, v. 9, n. 3, p. 82-99, 2020.

MELO, E. F. R. Q.; MELO, R. H. R. Q. BUENO, P.T. Avaliação de impactos ambientais na microbacia do rio Inhandava. **Fórum Ambiental**, v.15, n. 04, 2019.

MENDES, M. E. R.; PINA, S. A. M. G. Soluções baseadas na natureza para gestão de águas urbanas: aplicação de jardins filtrantes, jardins de chuva e biovaletas. **Revista Foco (Interdisciplinary Studies Journal)**, v. 16, n. 3, 2023.

MENEZES, J. M.; et al. Índices de qualidade de água: métodos e aplicabilidade. In: Rachel Bardy Prado, Ana Paula Dias Turetta e Aluísio de Andrade Granato. (Org.). **Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais**. 1ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2010, v. 1, p. 325-352.

MILANI, J.; LARA, D.; COSTA, E. Análise de qualidade da água e do solo utilizando Alfakit®: abordagem teórico-prática para ensino de ciências na Escola Paulo VI, Canoas-RS. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, v. 8, n. 1, p. 94-105, 2022.

MOKGOHLOA, C. P. et al. Speciation of chromium in river sediments by graphite furnace-atomic absorption spectrometry after microwave-assisted extraction. **International Journal of Environmental Analytical Chemistry**, v. 102, n. 18, p. 6454-6468, 2022.

MONJARDIN, C. E. F.; POWER, C.; SENORO, D. B. Spatio-Temporal Assessment of Manganese Contamination in Relation to River Morphology: A Study of the Boac and Mogpog Rivers in Marinduque, Philippines. **Sustainability**, v. 15, n. 10, p. 8276, 2023.

MONTEIRO, G. M.; OLIVEIRA, E. R. Propriedades rurais nas margens dos rios Parnaíba e Poti (zona norte de Teresina-PI) e seus reflexos na manutenção da mata ciliar. **Revista Geonorte**, v. 5, n. 20, p. 442-445, 2014.

MONTEIRO, M. A. B. M.; PEREIRA, S. J.; DAVID, A. F. Fitorremediação: despoluição do meio ambiente através de plantas. **Anais Congrega MIC-ISBN 978-65-86471-05-2**, v. 14, p. 24, 2020.

MORAES, C. D.; D'AQUINO, C. A. Avaliação de impacto ambiental: uma revisão da literatura sobre as principais metodologias. **5º Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense - SICTSUL**. 2016.

MORAES, R. C. S. Estimativa de produção e transporte de sedimentos na bacia hidrográfica do rio Parnaíba, nordeste do Brasil. **Revista Equador**, v. 4, n. 4, p. 81-97, 2015.

MOREIRA, L. M.; TEIXEIRA, A. O.; LYON, J. P. Cobre (Cu): Reatividade, compostos de coordenação e atuação biológica. **Research, Society and Development**, v. 13, n. 3, p. e5313345291-e5313345291, 2024.

MORENO, B. Jericoró: bar em banco de areia no Rio Parnaíba chama a atenção de teresinenses. *GI*, 11 de junho de 2022. Disponível em: <https://cidadeverde.com/noticias/370154/jericoró-bar-em-banco-de-areia-no-rio-parnaíba-chama-a-atenção-de-teresinenses>. Acesso em: 10 jan. 2023.

MORGAN-MARTINS, M. I. et al. Reciclo-óleo: do óleo de cozinha ao sabão ecológico, um projeto de educação ambiental. **Cinergis**, v. 17, n. 4, 2016.

MOSCOSO, B. K. L.; INGA, M. E. R.; INGA, R. P. G. R. Remoción de cobre de aguas contaminadas mediante consorcios bacterianos en biorreactores Airlift. **Yotantsipanko**, v. 2, n. 1, 2022.

MOURA, Í. J. M. et al. Caracterização dos períodos seco e chuvoso da cidade de Fortaleza (CE). **Ciência e Natura**, v. 37, n. 1, p. 3-7, 2015.

MOURA, L. A. A. **Qualidade e gestão ambiental: sustentabilidade e ISO 14.001**. Belo Horizonte: Del Rey, 2011, p. 432.

NASCIMENTO, M. E. M., **Araras-Canindé (Ara ararauna) em área urbana como bioindicadoras de qualidade ambiental**, 2024. 54f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campo Grande, 2024.

NEAMTU, R. et al. Environmental monitoring and impact assessment of Prut River cross-border pollution. **Environ Monit Assess**. v. 15; n.193, 2021.

NOGUEIRA, R. F. P.; JARDIM, W. F. A fotocatalise heterogênea e sua aplicação ambiental. **Química nova**, v. 21, p. 69-72, 1997.

NUNES, H. K. B.; BASTOS, F. B. Ocupação urbana e processos antropogeomorfológicos em Teresina, PI: considerações a partir da abordagem histórica. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 43, p. e198453-e198453, 2023.

NUVOLARI, A. **Dicionário de Saneamento Ambiental**. São Paulo: Oficina de Texto, 2013, p.339.

OBJECTBOX. **Objectbox - Edge Database + Sync for Mobile, IoT & Embedded Devices**. 2024. Disponível em: <https://objectbox.io/>. Acesso em: 31 mar. 2024.

OLIVEIRA, E. P. *et al.* Avaliação e desenvolvimento experimental para testes de barreiras flutuantes visando à contenção de sólidos suspensos. **Revista DAE**, v. 213, n. 66, p. 36-47, 2018.

OLIVEIRA, F. C.; MOURA, H. J. T. Uso das metodologias de avaliação de impacto ambiental em estudos realizados no Ceará. **Revista Pretexto**, v.10, n.4, p.79-98, 2009.

OLIVEIRA, I. J.; ROMÃO, P. A. **Linguagem dos mapas: cartografia ao alcance de todos**. Goiânia: Editora UFG, 2 ed; 2021. 265p.

PAPINI, S. **Vigilância em saúde ambiental: uma nova área da ecologia**. São Paulo: Atheneu Editora, 2009.

PEDROSO, L. B.; COLESANTI, M. T. M. Protocolo de Avaliação Rápida de Rios durante período de estiagem em trechos da bacia hidrográfica do Ribeirão da Areia, Goiás. **Revista de Geografia**. Recife, v. 35, n. 3, 2018.

PEREIRA JÚNIOR, A. *et al.* Ações antrópicas ocorridas no bairro Maracanã e a avaliação de impactos ambientais em Santarém-PA. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 15, p. e433101523172-e433101523172, 2021.

PEREIRA, L. C. A casa vazanteira: bichos, plantas, vazantes e projetos de desenvolvimento urbano nas margens do rio Parnaíba. **ILUMINURAS**, v. 22, n. 58, 2021.

PHILIPPI JR, A.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C. Uma Introdução à Questão Ambiental. In: (Org.) **Curso de Gestão Ambiental**. Barueri, SP: Manole, 2004, p. 1045.

PIMENTEL, G; PIRES, S. H. Metodologias de Avaliação de Impacto Ambiental: Aplicações e Seus Limites. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 1, p. 56-68, 1992.

PINTO, A.; PINTO, A.; OLIVEIRA, V. Qualidade das águas superficiais em pequenas bacias hidrográficas da Costa Leste do Estado do Mato Grosso do Sul. **Revista Pantaneira**, v. 22, p. 11-27, 2023.

PORTAL O DIA. Chuva do Caju anuncia chegada do b-r-o-bró. Piauí. Disponível em: <https://portalodia.com/noticias/piaui/chuva-do-caju-anuncia-chegada-do-b-r-o-bro-180356.html#:~:text=%22O%20cajueiro%20come%C3%A7a%20a%20florescer,acontece%20nesse%20per%C3%ADodo%22%2C%20descreve>. Acessado em 29 ago. 2024.

PREFEITURA DE TERESINA. “Lagoas do Norte finaliza obra do Canal do Matadouro e prepara inauguração”. Site da Prefeitura de Teresina (online). Notícias Matadouro. Disponível em <https://pmt.pi.gov.br/2022/04/22/lagoas-do-norte-finaliza-obra-do-canal-do-matadouro-e-prepara-inauguracao/>. Acessado em 06 jul. 2022.

RAHIM, M. A. C. A.; APROI, A.A.; SHI, X.; LIU, S.; ALI, M. M.; YAACOB, W. Z. W.; MOHAMED, C. A. R. P. S. Distribution of chromium and gallium in the total suspended solid and surface sediments of sungai kelantan, kelantan, Malaysia. **Sains Malaysiana**, v. 48, n. 11, p. 2343-2353, 2019.

RAMOS, A. P. M. *et al.* Abordagem sistemática de projeto cartográfico para a análise da qualidade ambiental de bacia hidrográfica. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 3, p. 1079-1100, 2018.

REGINATO, B. C. *et al.* Análise de Metais Pesados pelo Método de Biomonitoramento no Rio Cachoeira, Região Nordeste de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 1, p. 310-324, 2023.

REIS, J. A. T.; MENDONÇA, A. S. F. Análise técnica dos novos padrões brasileiros para amônia em efluentes e corpos d'água. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 14, p. 353-362, 2009.

REIS, M. *et al.* Parâmetros Macroscópicos Para Avaliação Do Estado De Conservação De Nascentes Em Área De Proteção Ambiental. Humboldt - Revista de Geografia Física e Meio Ambiente, Rio de Janeiro, v. 1, n. 3, e55667, 2021.

REVUTSKAYA, I. L.; KHRISTOFOROVA, N. K.; SUKHOVEEVA, A. B. Features of the content of manganese in natural waters in the south of the Far East (on the example of the Jewish Autonomous Region). In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, 2021. p. 012055.

REZENDE, J. H.; LUCA, M. V. Avaliação rápida de rios e nascentes como instrumento de análise ambiental urbana e rural. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.8, n.4, p.85-100, 2017.

REZENDE, L.; KAISER, I. M.; PEIXOTO, A. S. P. Vulnerabilidade ambiental das margens do Rio Tietê. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 136-166, 2018.

RIBEIRO, H. Estudo de Impacto Ambiental como Instrumento de Planejamento. p. 759. In: Philippi Jr., A.; ROMERO, M. A.; BRUNA, G. C. **Curso de gestão ambiental**. São Paulo: Manole, 2004. 1045 p.

RIBEIRO, R. G. C.; SANCHES, S. A.; MARTINS, J. B. Bioacumulação por microplásticos e seu impacto na saúde pública. **TCC (Bacharelado em Ciências Biológicas)**. Universidade Anhembí Morumbi. São Paulo, SP. 2022.

RIBEIRO, R. R. G.; FAÇANHA, A. C. Transformações recentes na área central de Teresina: uma interpretação geográfica. **Geografia: Publicações Avulsas**, v. 2, n. 1, p. 353-372, 2020.

RIOS, Mariana Barreira Campos. Estudo de Aspectos e Impactos Ambientais nas Obras de Construção do Bairro Ilha Pura–Vila dos Atletas 2016. **Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)** - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

ROCHA, A. I. Avaliação da qualidade da água no rio Parnaíba na zona urbana de Teresina, PI, usando os métodos IQA clássico e lógica Fuzzy. **Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente)**. Universidade Federal do Piauí - UFPI 2016.

ROCHA, A. P.; ALENCAR, A. K. B. Riachos Urbanos: Como esses sistemas têm sido compreendidos no planejamento urbano de Teresina?. **Boletim do Gerenciamento**, v. 42, n. 42, 2024.

ROCHA, B. F.; FONSECA, A. R.; SOUSA, F. F. Análise Macroscópica e Parâmetros Microbiológicos de nascentes da área urbana de Cláudio, Minas Gerais, Brasil. **CONEXÃO CI**. v. 12, n. 3, p.17-33. 2017.

ROCHA, J.; BARBOSA, P. Urbanização e Desastres: ocupação das áreas de riscos em Teresina, Piauí. **Revista Geonorte**, v.14, n.44, p.112-126, 2023. ISSN 2237 – 1419.

ROCK CONTENT. *Conheça Firebase: a ferramenta de desenvolvimento e análise de aplicativos mobile*. 2019. Disponível em: <https://rockcontent.com/br/blog/firebase/>. Acesso em: 24 ago. 2024.

RODRIGUES, A. S. L.; MALAFAIA, G.; CASTRO, P. T. A. Protocolos de avaliação rápida de rios e a inserção da sociedade no monitoramento dos recursos hídricos. **Ambi-Água**, Taubaté, v. 3, n. 3, p. 143-155, 2008.

RODRIGUES, P. T. A.; ORLANDELLI, R. C. Plantas como Ferramentas para a Remediação Ambiental: uma Revisão da Literatura. **UNICIÊNCIAS**, [S. l.], v. 22, n. 1, p. 38–44, 2018.

ROSA, A. H.; FRACETO, L. F.; CARLOS, V. M. **Meio Ambiente e Sustentabilidade**. Porto Alegre: Bookman, 2012. ISBN 978-85-407-0196-0.

SÁ, M. V. C. **Limnocultura**: Limnologia para Aquicultura. Edições UFC. Fortaleza. 2012.

SAMPAIO, T. V. M. **Cartografia temática**. Curitiba: Programa de Pós-Graduação em Geografia-UFPR, 2019. 265p.

SANCHES, P. M. **De Áreas Degradadas a Espaços Vegetados**. São Paulo: SENAC. 1ª Edição, 2014.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental**: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 3 ed., 2020, p. 496.

SANO, K.; OKUDA, Y.; HABUKA, A.; KIMIMURA, K. Amostragem passiva de fósforo em baixa concentração em rios e lagos. **Anais da Sociedade Japonesa de Engenheiros Civis G (Meio Ambiente)**, v. 78, n. 7, p. III359 - III368. ISSN: 2185-6648. https://doi.org/10.2208/jscejer.78.7_III_359.

SANTOS, D. F.; MARINHO, J. Z. S. Em busca da “terra da promessa”: o rio Parnaíba no contexto de fundação de uma nova capital para o Piauí (1852-1858). **Revista Humana Res**, v. 1, n. 4, 2021. ISSN: 2675-3901 p. 89 a 109, 2021.

SANTOS, F. A.; ROCHA, D. S.; SILVA, T. C. F. Avaliação socioambiental no parque ambiental encontro dos rios, em Teresina, Piauí. **Biodiversidade Pampeana**, v. 9, n. 1, 2011.

SANTOS, L. A.; LIMA, I. M. de M. F. Parque ambiental Lagoas do Norte: saneamento e conservação do ambiente entre os bairros Matadouro e São Joaquim, Teresina, Piauí, Brasil. **Caminhos de Geografia**, v. 16, n. 54, 2015. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/29066>. Acesso em: 18 ago. 2022.

SANTOS, R. B. *et al.* Avaliação macroscópica da nascente do brejo da prata, aflúente do rio Paraino cerrado piauiense. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 10, n. 4, p. 298-319, 2021.

SANTOS, S. A. *et al.* Qualidade da água na bacia hidrográfica urbana Cancela Tamandaí, Santa Maria/RS. **Sociedade & Natureza**, v. 30, n. 2, p. 23-44, 2018.

SANTOS, S. *et al.* Using Behavior-Driven Development (BDD) for Non-functional Requirements. **Software**, v. 3, n. 3, p. 271-283, 2024.

SÃO PAULO, decreto nº 10.755, de 22 de novembro de 1977, Dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista no decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976 e dá providência correlatas. Governo do estado de São Paulo, Poder Executivo, São Paulo, SP, 23 de novembro de 1977.

SARAIVA, V. C. *et al.* Avaliação da fertilidade do solo e a supressão da mata ciliar de uma área do rio Parnaíba: impactos ambientais em uma perspectiva educacional. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 41061-41077, 2020.

SASABUCHI, I. T. M. *et al.* Sustentabilidade no uso de fósforo: Uma revisão bibliográfica com foco na situação atual do estado de São Paulo, Brasil. **Química Nova**, v. 46, n. 02, p. 185-198, 2023.

SCHAFASCHEK, A. M. Desenvolvimento de uma ecobarreira na busca de uma gestão de resíduos sólidos eficiente: uma iniciativa para recuperação do rio da lança, MAFRA/SC. In: XIII Encontro nacional de águas urbanas e III Simpósio de revitalização de rios urbanos, 2020, Porto Alegre. XIII Encontro nacional de águas urbanas e III Simpósio de revitalização de rios urbanos, 2020.

Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil – SEDEC. Publicações. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. 2020. Disponível em <https://www.gov.br/mdr/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/protecao-e-defesa-civil-sedec>. Acessado em: 20 abr. 2024.

SEMPLAN - Secretaria municipal de planejamento de Teresina. Prefeitura Municipal de Teresina – PMT. Moradores comemoram ação de limpeza da Lagoa do Mazerine, na Zona Norte. Disponível em: <https://sempplan.pmt.pi.gov.br/2015/09/08/moradores-comemoram-acao-de-limpeza-da-lagoa-do-mazerine-na-zona-norte/>. Acessado em 19 out. 2022.

SEMPLAN - Secretaria municipal de planejamento de Teresina. Prefeitura Municipal de Teresina – PMT. **Perfil dos Bairros. Olarias**. 2018. A. Disponível em <http://sempplan.teresina.pi.gov.br/wp-content/uploads/sites/39/2018/05/OLARIAS-2018.pdf>. Acessado em 18 ago. 2022.

SEMPLAN - Secretaria municipal de planejamento de Teresina. Prefeitura Municipal de Teresina – PMT. **Perfil dos Bairros. Poty Velho**. 2018. B. Disponível em <http://sempplan.teresina.pi.gov.br/wp-content/uploads/sites/39/2018/06/POTI-VELHO-2018.pdf>. Acessado em 18 ago. 2022.

SENZE, M.; KOWALSKA-GÓRALSKA, M.; CZYŻ, K. Availability of aluminum in river water supplying dam reservoirs in Lower Silesia considering the hydrochemical conditions. **Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management**, v. 16, p. 100535, 2021.

SHAHARUDDIN, M. S. *et al.* Manganese (Mn) in Drinking Water From Gravity Feed System: A Literature Review. **Asian Journal of Medicine and Biomedicine**, v. 6, n. S1, p. 28-30, 2022.

SILVA FILHO, A. A.; *et al.* Conscientização ambiental dos lavadores de veículos na Av. Maranhão, as margens do Rio Parnaíba, Teresina-PI. In: VII CONNEPI-Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação. **Anais ...** 2012.

SILVA JÚNIOR, I. B. Ponte metálica João Luis Ferreira. Coordenação de Patrimônio Cultural do Estado do Piauí. Coordenação de Registro e Conservação – CRC/SECULT. 2021. Disponível em <https://crcfundacpiaui.wordpress.com/2021/02/10/ponte-metalica-joao-luis-ferreira/>. Acessado em: 29 dez. 2023.

SILVA JÚNIOR, J. H. *et al.* Avaliação das atividades dos lavadores de carro nas margens do rio Parnaíba em Teresina-PI, como fator de poluição. In: V Jornada Científica da Faculdade Novafapi, 2010, Teresina. V Jornada Científica da Faculdade Novafapi, 2010.

SILVA JÚNIOR, J. H. Impactos ambientais da cadeia produtiva do pólo cerâmico do Poti

Velho em Teresina, Piauí. **Dissertação** (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2016. 80f.

SILVA, C. E. F. *et al.* Análise macroscópica da qualidade dos recursos hídricos das bacias hidrográficas dos córregos Lava-Pés e Pedrinhas em Silvânia/GO. **Revista Tecnia**, v. 4, n. 2, p. 46-64, 2019.

SILVA, E. C. *et al.* Panorama brasileiro de mudanças climáticas. **BIUS-Boletim Informativo Unimotrisaúde em Sociogerontologia**, v. 45, n. 39, p. 1-12, 2024.

SILVA, E. S. G.; MARVILA, P S; SANTOS, A. E. Avaliação da qualidade ambiental do rio Salinas-MG por meio da análise macroscópica. **Pensar Acadêmico**, v. 19, n. 1, p. 78-86, 2021.

SILVA, F. C. P. *et al.* Percepção ambiental do complexo de comércios, troca-troca e shopping da cidade, sobre a degradação do rio Parnaíba em Teresina-PI. In: IX Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. **Anais ... São Bernardo do Campo – SP. IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais**. 2018. Disponível em <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2018/XI-031.pdf>. Acessado em 20 jan. 2023.

SILVA, J. V. M.; OLIVEIRA, M. F. A.; CASTILHO, Q. G. S. Ações de comunicação e incentivo a reutilização sustentável do óleo de cozinha na fabricação de sabão. **Revista Eletrônica Multidisciplinar de Investigação Científica**, v. 3, n. 14, 2024.

SILVA, L. G P.; COSTA, R. M. Análise das técnicas para levantamento de requisitos e suas aplicações em projetos de tecnologia. **Revista GeTeC**, v. 18, 2024.

SILVA, M. A.; LOUREIRO, C. V.; ANDRADE, A. L. M. Agricultura de vazante no semiárido nordestino: uma análise dos impactos ambientais em setor do baixo curso do Rio Sitiá, Banabuiú-CE. **William Morris Davis - Revista de Geomorfologia, [S. l.]**, v. 5, n. 1, p. 12, 2024. DOI: 10.48025/ISSN2675-6900.v5n1.2024.615. Disponível em: <https://williammorrisdavis.uvanet.br/index.php/revistageomorfologia/article/view/282/220>. Acessado em: 07/06/2024.

SILVA, T. F. S.; RIBEIRO FILHO, F. G.; SCABELLO, A. L. M. Impactos ambientais ocasionados pelos resíduos líquidos industriais e domésticos no rio Parnaíba: sob a ótica da população do bairro areias em Teresina-PI. **Geografia em Questão**, v. 10, n. 1. 2017.

SILVA-JÚNIOR, W. F. S.; ARAÚJO, L. A. Óleo de cozinha como um agente poluente do meio ambiente: uma avaliação dos seus impactos por meio dos moradores de Paulista-PE. **Revista vivência em ensino de ciências**, v. 2, p. 220-228, 2018.

SILVA-NETO, I. F.; DUARTE, M. B. S.; CANUTO, M. A. D. F.; AGUIAR, A. M. Uma breve revisão sobre a utilização de abelhas como bioindicadores de contaminação ambiental: Ênfase na *Apis mellifera* L. **Revista Semiárido De Visu**, v. 9, n. 3, p. 204-210, 2021. Disponível em <https://revistas.ifsertao-pe.edu.br/index.php/rsdv/article/view/12/319>. Acessado em: 08 mai. 2024.

SMITH, W. S.; SILVA, F. L.; BIAGIONI, R. Desassoreamento de rios: quando o poder público ignora causas, a biodiversidade e a ciência. **Ambiente e Sociedade**. v.22, e.00571,

São Paulo, 2019.

SMITH, W. S.; SILVA, F. L.; BIAGIONI, R. Desassoreamento de rios: quando o poder público ignora causas, a biodiversidade e a ciência. **Ambiente e Sociedade**. v.22, e.00571, São Paulo, 2019.

SOARES, A. L. A. Avaliação de APIs de geocodificação em grandes cidades brasileiras. 2024. 45 f. Monografia (Graduação em Ciência da Computação) - Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2024.

SOARES, R. D. B.; CRUZ, R. W. L.; SILVA, C. E. A influência da precipitação na variabilidade da qualidade da água do rio Parnaíba. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 9, p. 16645-16674, 2019.

SOARES, R. D. B.; SILVA, C. E.; BATISTA, M. G. S. Avaliação qualitativa da segurança hídrica do rio Poti no município de Teresina-PI. **Educação Ambiental em Ação**, v. 18, n. 69, 2019. Disponível em: <https://revistaea.org/artigo.php?idartigo=3845>. Acessado em 25 jun. 2024.

SOUSA, F. W. A.; SANTOS, E. O.; REIS, E. B. Análise da dinâmica dos bancos de areia no Rio Parnaíba com a utilização do Google Earth. I Simpósio Regional de Geoprocessamento – SIGEO. 2018.

SOUSA, F. W. A.; SANTOS, E. O.; REIS, E. B. Análise da dinâmica dos bancos de areia no Rio Parnaíba com a utilização do Google Earth. I Simpósio Regional de Geoprocessamento – SIGEO. 2018.

SOUSA, N. D. C. *et al.* Impactos ambientais causados após a implantação do programa Lagoas do Norte, Teresina - PI. In: V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Belo Horizonte – MG. 2014.

SOUZA, A. K. R.; MORASSUTI, C. Y.; DE DEUS, W. B. Poluição do ambiente por metais pesados e utilização de vegetais como bioindicadores. **Acta Biomedica Brasiliensia**, v. 9, n. 3, p. 95-106, 2018.

SOUZA, D. C. **O meio ambiente das cidades**. Editora Atlas, 2010, p.219.

SOUZA, R. De Oxum para Iemanjá": trajetórias de filhos e filhas de santo em Teresina, no século XX. **Anais dos Simpósios da ABHR**, [S. l.], v. 13, 2012. Disponível em: <https://revistaplura.emnuvens.com.br/anais/article/view/575>. Acesso em: 25 jun. 2023.

STARK, A. A. P.; BONFADA, C. O.; ZANI, G. S.; PAULA, L. S.; TELES, M. A.; VARELA JUNIOR, A. S.; CORCINI, C. D.; FRANÇA, R. T. Metais pesados e sua relação como estresse oxidativo em répteis. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 3, p. e27511326571, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i3.26571. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/26571>. Acesso em: 19 mai. 2024.

TEIXEIRA, C. A; OLIVEIRA, E. M.; PIMENTEL, J. S. Software QGIS na produção de mapas temáticos para análise da microrregião de Boquira-BA. **Geopauta**, v. 2, n. 3, p. 35-44, 2018.

TEIXEIRA, L. F. L. S. Planning environmental education to raise awareness of climate perception and thermal comfort among pedestrians on Avenida Frei Serafim, downtown Teresina. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 12, p. e179111234268, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i12.34268. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/34268>. Acesso em: 27 jun. 2024.

TEIXEIRA, M. B.; CAMARGO, P. L. T.; MARTINS JÚNIOR, P. P. Análise quanti-qualitativa do estado da degradação de bacia hidrográfica. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 9 n. 2, p.351-364, 2018.

TELES, R. R.; SANTOS, J. C.; PINHEIRO, E. C. N. M. A importância da preservação de matas ciliares: The importance of preserving riparian forests. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 11, p. 75348-75360, 2022.

TENÓRIO, J. A. S.; ESPINOSA, D. C. R. Controle Ambiental de Resíduos. In: PHILIPPI JR, A.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C. **Curso de Gestão Ambiental**. Barueri, SP: Manole, 2004, p. 1045.

TIGGA, T. M.; PANDEY, V. K. A Review on Physico-chemical Parameters of the Quality of Water. *International Journal For Multidisciplinary Research*, Vol 5, nº1, p.1-8, 2023, doi: 10.36948/ijfmr.2023.v05i01.1717. Disponível: <https://www.ijfmr.com/papers/2023/1/1717.pdf> . Acessado em 25 jun. 2023.

TILAHUN, A. B. *et al.* Perspectives on total phosphorus response in rivers: Examining the influence of rainfall extremes and post-dry rainfall. **Science of The Total Environment**, v. 940, p. 173677, 2024.

URUSHIMA, F. Y.; CASTRO, S. M.; YOSHIKAWA, V. N.; MORINI, M. S C. Monitoramento de espécies bioindicadoras: abelhas nativas na reserva particular do patrimônio natural (RPPN) Botujuru. *Revista Científica UMC*, [S. l.], v. 8, n. 2, p. e080200032, 2023. Disponível em: <https://revista.umc.br/index.php/revistaumc/article/view/1893> . Acessado em: 08 mai. 2024.

VARGAS, H. C. Gestão de áreas urbanas deterioradas. In: PHILIPPI JR, A.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C. **Curso de Gestão Ambiental**. Barueri, SP: Manole, 2004, p. 1045.

VASCONCELOS FILHO, P. C. B. Evolução no centro urbano de Teresina. **Revista CAU/PI** (online). Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Estado do Piauí. 2020. Disponível em: <https://www.caupi.gov.br/wp-content/uploads/2020/03/EVOLUCAO.pdf> . Acessado em 18 abr. 2022.

VASCONCELOS, F. D. M.; MOTA, F. S. B.; FIGUEIRÊDO, M. C. B. Quality index of permanent preservation areas of urban water resources: PPAWater. **Revista Ambiente & Água**. v. 16, n. 1, e2589, Taubaté, 2021.

VIEIRA, C. I. P.; VIANA, B. A. S. Áreas de extração mineral para construção civil em Teresina-PI: aspectos físicos e seus impactos socioambientais. **Revista Equador**, v. 5, n. 3, p. 99-119, 2016.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4.ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014. 470 p.

WANG, Z. *et al.* Research on water environmental indicators prediction method based on EEMD decomposition with CNN-BiLSTM. **Scientific Reports**, v. 14, n. 1, p. 1676, 2024.

ZAGO-NETO, O. G.; DEL-PINO, J. C. **Trabalhando a química dos sabões e detergentes**. Porto Alegre (RS): Fapergs, 72p, 2008.