



Universidade Federal da Paraíba

Centro de Tecnologia

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
– MESTRADO –

**IMPACTOS AMBIENTAIS NEGATIVOS PROVENIENTES DO
URBAN SPRAWL SOBRE A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
GRAMAME, NO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA, PB, BRASIL**

Por

Cynthia Alves Félix de Sousa

*Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal da Paraíba
para obtenção do grau de Mestre*

João Pessoa – Paraíba

Setembro de 2017



Universidade Federal da Paraíba

Centro de Tecnologia

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
– MESTRADO –

**IMPACTOS AMBIENTAIS NEGATIVOS PROVENIENTES DO
URBAN SPRAWL SOBRE A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
GRAMAME, NO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA, PB, BRASIL**

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

Cynthia Alves Félix de Sousa

Orientador: Prof. Dr. José Augusto Ribeiro da Silveira

João Pessoa – Paraíba

Setembro de 2017

S7251

Sousa, Cynthia Alves Félix de.

Impactos ambientais negativos provenientes do *Urban Sprawl*
sobre a bacia hidrográfica do rio Gramame, no município de João
Pessoa, PB, Brasil / Cynthia Alves Félix de Sousa. - João Pessoa, 2017.
131 f. : il.

Orientador: José Augusto Ribeiro da Silveira.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CT

1. Engenharia civil e ambiental. 2. Impactos ambientais.
3. Espaçamento urbano. I. Título.

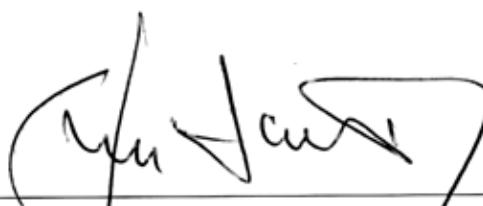
UFPB/BC

**“IMPACTOS AMBIENTAIS NEGATIVOS PROVENIENTES DO
URBAN SPRAWL SOBRE A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
GRAMAME, NO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA, PB, BRASIL”**

CYNTHIA ALVES FÉLIX DE SOUSA

Dissertação aprovada em 25 de setembro de 2017

Período Letivo: 2017.2



Prof. Dr. José Augusto Ribeiro da Silveira- UFPB
(Orientador)



Prof. Dr. Geovany Jessé Alexandre da Silva - UFPB
(Examinador Interpo)



Prof. Dr. Eduardo Rodrigues Viana de Lima - UFPB
(Examinador Externo)

**João Pessoa/PB
2017**

A minha família, amigos e aos
companheiros do Laboratório do Ambiente
Urbano e Edificado da UFPB,

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Sempre serei grata aos meus pais, irmãs e sobrinhos, que durante toda a minha carreira nos estudos proporcionaram a mim apoio e um lar equilibrado, feliz e seguro. Obrigada a todos pelo incentivo na minha dedicação às pesquisas que tive e ainda terei a oportunidade de construir e participar.

A todos os meus amigos e colegas de jornada acadêmica, sou grata pela compreensão em todos os muitos momentos em que a solitude foi necessária para que os meus estudos fossem eficazes. Agradeço-lhes também, pelos momentos de descontração e reflexão em todas as etapas dessa jornada.

Obrigada aos amigos Gustavo Vitorino, Adalberto Coutinho, Juliana Claudia, Joyce Priscilla e Roberta Cristina, que contribuíram com ensinamentos e orientações diretas advindas de suas respectivas competências e habilidades. Nossas parcerias foram eternizadas.

Minha gratidão estende-se igualmente a todos os integrantes do Laboratório do Ambiente Urbano e Edificado (LAURBE). Obrigada por contribuirem na construção do conhecimento produzido desde as primeiras pesquisas do laboratório até o presente momento, e aos que se encontram hoje assíduos nos projetos de pesquisas e de extensão.

Agradeço ao professor José Augusto e a professora Millena Dutra, que com dedicação e competência, acompanharam e contribuíram no desenvolvimento desta pesquisa. Muito obrigada por fortalecerem em mim o sentimento especial que adquiri pelos estudos urbanos.

Obrigada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental e aos docentes que se dedicaram e transmitiram seus conhecimentos nas aulas, orientações e conversas informais.

RESUMO

A urbanização das cidades e as intensas transformações no espaço intraurbano, tanto na esfera global quanto na esfera nacional, têm sido vinculadas a problemas ambientais. Conforme ocorreu a urbanização, houve um consequente e constante crescimento populacional e de demandas por moradia e infraestruturas, simultaneamente a um crescimento distendido da malha urbana e de diversos impactos ambientais. Nessa conjuntura, o fenômeno denominado *urban sprawl* foi considerado vinculado aos impactos ambientais urbanos diagnosticados em inúmeras cidades de médio e grande porte, frequentemente apresentando falta de planejamento urbano adequado. Nessa perspectiva, a urbanização de João Pessoa- PB ocorreu de maneira rápida e espalhada, direcionada principalmente para a periferia sul do município, caracterizada principalmente por grandes espaços naturais, como por exemplo, a Bacia Hidrográfica do Rio Gramame. Assim, partindo do pressuposto de que o espraiamento urbano pode ser nocivo no que tange à questão ambiental, esta pesquisa se propôs a investigar as associações entre os impactos ambientais urbanos diagnosticados na Bacia Hidrográfica do Rio Gramame e o modelo disperso de urbanização verificado no município. A metodologia é aplicada na forma de um estudo de caso, sendo de cunho descritivo, com análises quali-quantitativas, possibilitando a observação dos impactos ambientais urbanos negativos e suas relações com o fenômeno do espraiamento urbano. Os resultados indicaram impactos ambientais urbanos negativos como a poluição das águas por efluentes domésticos, devastação da vegetação remanescente, descarte inapropriado de resíduos sólidos urbanos, além de incidências de processos erosivos nos solos em toda área de estudo. Tem-se que os impactos diagnosticados advêm principalmente de conflitos de uso e ocupação do solo, da falta de infraestrutura de saneamento urbano e de carências nos sistemas de fiscalização e de monitoramento ambiental. A quantificação dos impactos aferiu que a área de estudo se encontra classificada em médio grau de impactos ambientais. Os fatores mais agravantes desses impactos ambientais são a incidência de ocupações urbanas gradativamente próximas a espaços naturais sensíveis e, as carências de planejamento e infraestrutura urbana.

PALAVRAS-CHAVE: Espraiamento Urbano, Impactos Ambientais, Bacia hidrográfica do rio Gramame.

ABSTRACT

The urbanization of cities and the intense transformations in intraurban space, both in the global sphere and in the national section, have been linked to environmental issues. As urbanization took place, there was a consequent and constant population and environmental impacts growth, and demands for habitation, infrastructures, distended growth of the urban network as well. At this conjuncture, the phenomenon called *urban sprawl* was considered to be linked to the urban environmental impacts diagnosed in numerous medium and large cities, often presenting a lack of adequate urban planning. In this perspective, the urbanization of João Pessoa, PB occurred in a fast and spread way, directed mainly to the borders of the southern region of the municipality, whose region is characterized chiefly by the great natural spaces, such as the Gramame River Basin. Thus, based on the assumption that urban sprawl may be harmful to the environment, this work aimed to investigate the associations between the urban environmental impacts diagnosed in the Gramame River Basin and the dispersed model of urbanization verified in the city. The methodology is a case study, being descriptive, with qualitative and quantitative analyzes, making it possible to observe the negative urban environmental impacts and their associations with the phenomenon of urban spreading. The results indicated negative urban environmental impacts such as water pollution by domestic effluents, devastation of the remaining vegetation, inappropriate disposal of solid urban waste, and erosion processes in soils throughout the area to be studied. The conclusion of this work is that the diagnosed impacts come mainly from conflicts of use and occupation of the soil, the lack of infrastructure of urban sanitation and deficiencies in the systems of inspection and environmental monitoring. The quantification of the impacts verified that the area to be studied is classified in a medium degree of environmental impacts. The most aggravating factors of these environmental impacts are the incidence of urban occupations gradually closer to sensitive natural spaces, and the lack of urban planning and infrastructure.

KEY WORDS: Urban Spraying, Environmental Impacts, Gramame River Basin.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Modelo de urbanização compacta, dispersa e fragmentada.	23
Figura 2- Padrão de cidades latino-americanas - Século XVI-XXI.....	25
Figura 3- Metabolismo Urbano Linear (das cidades atuais) e Circular (das cidades sustentáveis).	31
Figura 4- Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Gramame em João Pessoa.	40
Figura 5- Áreas de proteção ambiental de acordo com o Plano Diretor Municipal (a) e Código de Urbanismo (b).	41
Figura 6- Áreas verdes degradadas no município de João Pessoa-PB.....	42
Figura 7- Rede hidrográfica do município de João Pessoa.	43
Figura 8- Procedimentos Metodológicos.	47
Figura 9- Quadro da matriz para análise de impactos ambientais.	55
Figura 10- Ilustração dos tipos de crescimento da mancha urbana.	62
Figura 11- Tipo de distribuição da mancha urbana do município de João Pessoa.	63
Figura 12- Direção de crescimento da mancha urbana do município de João Pessoa.....	66
Figura 13- Tipo de crescimento da mancha urbana na bacia hidrográfica do rio Gramame de João Pessoa	67
Figura 14- Urbanização de assentamentos precários (Bairro Costa e Silva).	68
Figura 15- Ocupação urbana em área de preservação permanente (Bairro Funcionários). .	68
Figura 16- Ocupações urbanas recentes.	69
Figura 17- Terrenos vazios e Conjuntos Habitacionais (bairro Muçumagro).	71
Figura 18 – Conflitos de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Gramame...	71
Figura 19– Localidades de maiores e menores densidades de conflitos de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Gramame.....	73
Figura 20- Transformações espaciais no uso e ocupação do solo de João Pessoa, nos anos de 1991e 2016.....	77
Figura 21- Área peri-urbana no bairro de Gramame.	78
Figura 22- Classes de uso das terras. Supressão vegetacional.	82
Figura 23- Variação da temperatura de superfície e uso e ocupação do solo, nos anos de 1991 e 2016.	84
Figura 24- Localização dos pontos de análises das águas da bacia do rio Gramame.	86
Figura 25- Despejo de efluentes domésticos no Riacho Mussuré.	88
Figura 26- Despejos de resíduos no riacho Mussuré.	89

Figura 27- Despejo de efluentes industriais em Mumbaba.	90
Figura 28- Mortalidade da fauna aquática no rio Gramame.	92
Figura 29- Coloração azul nas águas do rio Gramame.	93
Figura 31- Ponto de despejo de resíduos domésticos e da construção civil na borda da ZEP. Bairro Mumbaba.	95
Figura 30- Localização dos pontos de lixo na bacia do rio Gramame.	96
Figura 32- Pontos de lixo em terrenos baldios.	98
Figura 33- Despejo de Entulhos e queima de resíduos na zona de proteção à paisagem.	99
Figura 34- Despejo de resíduos domésticos e da construção civil no setor de proteção a paisagem correspondente ao bairro Barra de Gramame	99
Figura 35- Solo retirado no processo de recolhimento dos resíduos despejados. Bairro Funcionários.	100
Figura 36- Poluição por resíduos sólidos no rio Riacho Mussuré. Bairro Funcionários. ..	101
Figura 37- Ponderação do impacto negativo da contaminação das águas por efluentes domésticos sobre o meio ambiente.	102
Figura 38- Ponderação do impacto negativo da contaminação das águas por efluentes industriais sobre o meio ambiente.	103
Figura 39- Ponderação do impacto negativo da alteração na coloração da água sobre o meio ambiente.....	103
Figura 40- Ponderação do impacto negativo do aumento da suscetibilidade à extinção de espécies sobre o meio ambiente.....	104
Figura 41- Ponderação do impacto negativo do aumento da temperatura de superfície sobre o meio ambiente.....	105
Figura 42- Ponderação do impacto negativo da contaminação por resíduos sólidos sobre o meio ambiente.....	106
Figura 43- Ponderação do impacto negativo dos processos erosivos sobre o meio ambiente.	107
Figura 44- Ponderação do impacto negativo da denudação do solo sobre o meio ambiente.	107
Figura 45- Representação da ponderação do impacto ambiental negativo sobre a bacia do rio Gramame.	108
Figura 46- Representação do contexto de degradação ambiental a partir da compreensão de sistema ambiental urbano.	111

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Descrição das bandas do TM/Landsat5 e OLI/TIRS/Landsat8, com os respectivos intervalos de comprimento de onda e resolução espacial	49
Tabela 2- Classes de uso e ocupação das terras.....	53
Tabela 3- Redução de áreas vegetadas nos anos de 1991, 2006 e 2016	76
Tabela 4-Principais condições e padrões das águas doces segundo a resolução nº357/2005 do CONAMA	79
Tabela 5- Média anual do monitoramento da qualidade das águas do Riacho Mussuré	88
Tabela 6- Média anual do monitoramento das qualidade da águas do Rio Mumbaba	90
Tabela 7- Média anual do monitoramento da qualidade das águas do Rio Gramame.....	93

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Principais eventos da esfera ambiental na esfera global.....	28
Quadro 2- Principais eventos da esfera ambiental na esfera nacional.....	29
Quadro 3- Funções e princípios projetuais dominantes para as áreas livres e verdes urbanas durante as várias fases do período industrial, no panorama internacional do mundo ocidental.....	34
Quadro 4- Classificação dos sistemas de áreas livres e verdes urbanas.....	36
Quadro 5- Matriz para análise dos impactos ambientais negativos.....	55
Quadro 6- Eventos associados à expansão urbana de João Pessoa na direção Sul.	64
Quadro 7- Quantificação dos pontos de resíduos por zonas.....	96
Quadro 8- Aplicação da matriz de interações.....	109

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- APP- Área de Preservação Permanente
- BHRG- Bacia Hidrográfica do Rio Gramame
- CONAMA- Conselho Nacional de Meio Ambiente
- CNUMAD- Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento
- COP- Conferência das Partes
- DBO- Demanda Bioquímica de Oxigênio
- INPE- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
- PMCRMA- Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica
- PND- Plano Nacional de Desenvolvimento
- SDO- Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio
- SUDEMA- Superintendência de Administração do Meio Ambiente
- OD- Oxigênio Dissolvido
- ZEP- Zona Especial de Preservação

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
1.1 OBJETIVO GERAL	19
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	20
2.1 CRESCIMENTO URBANO E <i>URBAN SPRAWL</i>	21
2.2 IMPACTOS AMBIENTAIS URBANOS	26
2.2.1 Eventos históricos ambientais nas dimensões global e nacional	27
2.2.2 Os impactos ambientais urbanos negativos e o papel das áreas verdes no contexto urbano.....	32
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	38
3.1 LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS GERAIS.....	39
3.2 AS ÁREAS VERDES E OS USOS DO SOLO	39
3.3 HIDROLOGIA	43
3.4 ASPECTOS CLIMÁTICOS.....	44
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	45
4.1 ETAPA DE LEVANTAMENTO	48
4.2 DIAGNÓSTICO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS: RELAÇÕES ENTRE USO E OCUPAÇÃO DAS TERRAS E MEIO AMBIENTE	48
4.2.1 Transformações no uso e ocupação das terras	48
4.2.2 Impactos ambientais negativos na Vegetação	50
4.2.3 Estimativa da temperatura de superfície	50
4.2.4 Impactos ambientais negativos nos rios	52
4.2.5 Impactos ambientais negativos no solo	54
4.3 RELAÇÕES ENTRE O <i>URBAN SPRAWL</i> E OS IMPACTOS AMBIENTAIS NEGATIVOS DIAGNOSTICADOS	54
4.4 CRITÉRIOS E BASES BIBLIOGRÁFICAS PARA ANÁLISE E QUANTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS.....	56

5. CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO HISTÓRICO DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DE JOÃO PESSOA, NA DIREÇÃO DO RIO GRAMAME	60
5.1 TIPOS E TENDÊNCIAS DE CRESCIMENTO DO TECIDO URBANO DO MUNICÍPIO	61
5.2 CRESCIMENTO ESPRAIADO E A PRESSÃO URBANA SOBRE O MEIO AMBIENTE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRAMAME	65
6. DIAGNÓSTICO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS URBANOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRAMAME EM JOÃO PESSOA.....	74
6.1 TRANSFORMAÇÕES NO USO E OCUPAÇÃO DAS TERRAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRAMAME EM JOÃO PESSOA	76
6.2 IMPACTOS AMBIENTAIS NA VEGETAÇÃO	79
6.3 VARIAÇÕES NA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE.....	83
6.4 OS IMPACTOS AMBIENTAIS NEGATIVOS NOS RIOS URBANOS.....	86
6.4.1 Os impactos negativos no Riacho Mussuré	87
6.4.2 Os impactos negativos no rio Mumbaba	90
6.4.3 Os impactos negativos no rio Gramame.....	91
6.5 IMPACTOS AMBIENTAIS NEGATIVOS NO SOLO.....	94
6.6 QUANTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NEGATIVOS DECORRENTES DO ESPRAIAMENTO URBANO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRAMAME.....	101
6.6.1 Qualidade das águas dos rios	102
6.6.2 Vegetação	104
6.6.3 Temperatura de superfície	105
6.6.4 Degradação do solo	105
7. CONCLUSÕES	112
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116
APÊNDICE	126

Introdução

No contexto global de urbanização crescente e de transformações no espaço intraurbano, emergem as discussões acerca de problemáticas de ordem social e ambiental. Nessa conjuntura, destacam-se os tecidos urbanos que tendem a avançar em sua extensão de uma maneira desorganizada e espraiada.

A expansão urbana, assim como o aumento populacional e de atividades econômicas, sobretudo a partir da Revolução Industrial – apresentando maior destaque após a Segunda Guerra Mundial – têm sido apontados como as principais causas do surgimento e agravamento dos problemas urbanos enfrentados nas últimas décadas.

Atualmente, 54% da população mundial se encontra em áreas urbanas, tendendo a avançar para 66%, em 2050 de acordo com estudos realizados (ONU, 2016). Essa propensão de crescimento populacional pode agravar as problemáticas urbanas enfrentadas em diversas cidades do mundo, tal como o crescimento espraiado de seu tecido urbano.

Um dos principais fenômenos urbanos contemporâneos é conhecido como *urban sprawl*, como forma de descrever o crescimento desordenado e contínuo da malha urbana, de maneira esparramada a partir de eixos principais de acesso e de práticas sociais, ocupando áreas mais distantes de seu centro consolidado (JACKSON, 1985; PASSOS et al., 2012).

Algumas das características que evidenciam o fenômeno são as transformações observadas nas periferias e parte delas deixa de ser espaços naturais e tornam-se áreas (artificiais) urbanas com ritmo de expansão superior ao crescimento demográfico da cidade. De acordo com Seto et al. (2011), de 1970 a 2000 as taxas de expansão das terras urbanas, em escala mundial, mostraram-se superiores ou iguais às taxas de crescimento populacional nas cidades, indicando que o crescimento do tecido urbano tem sido superior ao aumento populacional.

No Brasil, de acordo com Santos (2005), houve um discreto crescimento urbano entre as décadas de 1890-1920 (de 6,8% para 10,7%). Nas décadas posteriores, de 1940-1980 a taxa de urbanização cresceu de 26,35% para 68,86% (SANTOS, 2005). Hoje, a população urbana brasileira é mais de 80% da população total (IBGE, 2010). Essa progressiva e constante urbanização trouxe consigo problemas complexos que acompanharam essa urbanização até os dias atuais, emergindo inquietações referentes ao modelo de crescimento urbano predominante.

Essa conjuntura urbana mostrou-se nociva ao meio ambiente, visto que enquanto o espaço intraurbano apresenta sua mancha urbanizada crescente e esparramada, os espaços naturais tornam-se mais degradados no aspectos ambientais (físicos, químicos, biológicos e

paisagísticos), acarretando, por exemplo, alterações microclimáticas negativas, redução da qualidade das águas e do ar, e susceptibilidade dos solos aos processos erosivos (ANJOS, 2014 ; NUNES, 2012; POLIDORO; LOLO; BARROS, 2011; SOBREIRA et al., 2011).

Apesar da imprescindível preservação ambiental, que garante inúmeros serviços ambientais urbanos, diretos e indiretos, os espaços naturais vêm sendo degradadas nas últimas décadas. Desse modo, estudos que investigam os impactos ambientais ganham ressonância, haja vista os desafios enfrentados no contexto do desenvolvimento urbano e suas relações com a proteção ambiental.

O meio ambiente, em seus elementos físicos e biológicos, relaciona-se com os elementos socioeconômicos, podendo ser impactado de diferentes formas e por diversas razões, como por exemplo, deficiência nos sistemas de saneamento urbano e existência de usos e ocupações irregulares. Desse modo, a compreensão sistemática desses processos possibilita a análise das causas e das consequências socioambientais do processo de urbanização, sejam elas positivas ou negativas.

Neste contexto, emerge a seguinte pergunta: como os impactos ambientais negativos estão relacionados ao espraiamento urbano verificado na cidade de João Pessoa? Desse modo, esta pesquisa se propôs a investigar os impactos ambientais negativos decorrentes desse fenômeno, tendo como área de estudo a Bacia Hidrográfica do Rio Gramame, no trecho localizado no setor sul do município de João Pessoa.

Diante do exposto e, considerando o tema da pesquisa e a questão colocada, serão apresentados na sequência o objetivo geral e os objetivos específicos.

1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar os impactos ambientais negativos decorrentes do espraiamento urbano, no trecho da bacia do rio Gramame localizado ao sul do município de João Pessoa.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar as mudanças de uso e ocupação do solo entre o ano de 1991 e 2016, na Bacia hidrográfica do rio Gramame em João Pessoa;
- Quantificar a supressão da cobertura vegetal das áreas verdes entre o ano de 1991 e 2016, em comparação com as classes de uso relativas à ocupação urbana;
- Quantificar as mudanças na temperatura de superfície entre o ano de 1991 e 2016, comparando as classes de uso relativas à ocupação urbana e espaços naturais;
- Identificar as alterações na qualidade das águas dos rios;
- Investigar a ocorrência de degradação do solo;
- Investigar as relações entre o *urban sprawl* e os impactos ambientais urbanos negativos na área de estudo;
- Quantificar os impactos ambientais urbanos negativos.

O percurso teórico-metodológico, descrito no capítulo 4, foi seguido para alcançar os objetivos. No capítulo 5 é apresentado o levantamento do histórico de uso e ocupação das terras e os estudos que evidenciam o espraiamento urbano no município. Adiante (Capítulo 6), é apresentado o diagnóstico dos impactos ambientais negativos na Bacia Hidrográfica do rio Gramame e suas correlações com o espraiamento urbano. A correlação dos resultados obtidos e o levantamento realizado no capítulo supracitado foram necessários para a mensuração dos impactos negativos decorrentes do *urban sprawl*.

Desta feita, espera-se contribuir nas pesquisas sobre os estudos urbanos, principalmente aquelas que investigam os efeitos da urbanização espraiada sobre o meio ambiente.

Referencial Teórico- Debate

O espraiamento do tecido urbano nas cidades brasileiras se evidenciou mais intensamente a partir dos anos 1960, quando fatos indicavam a preferência de pessoas e de alguns equipamentos e serviços pela localização em periferias (SILVEIRA, 2014). Na década seguinte, o espraiamento urbano se deu com maior profusão, apresentando periferias cada vez mais extensas, em detrimento do centro principal, acompanhando as dinâmicas de deslocamento e de segregação de classes sociais no espaço da cidade (SILVEIRA, 2014).

Desde então, foi possível a verificação de que à medida que o ambiente construído foi se expandindo, os espaços vegetados apresentaram redução em sua extensão. Comumente essas áreas vegetadas configuram-se em zonas de proteção ambiental formadas por vegetação remanescente que participam como elementos ambientais, sensíveis à influência antrópica devida, sobretudo, à ocupação urbana.

Este capítulo se apresenta em duas partes. Na primeira serão abordados conceitos e definições relativas ao crescimento urbano e à expansão urbana. Na segunda são abordados conceitos referentes a meio ambiente, áreas verdes, impactos ambientais urbanos e as implicações ambientais no que tange a esta temática.

2.1 CRESCIMENTO URBANO E *URBAN SPRAWL*

O espraiamento urbano foi identificado como o fenômeno ou processo de urbanização por meio do qual o tecido urbano cresce se espalhando para todos os lados, guiado por influências principalmente socioeconômicas e políticas. De acordo com Jackson (1985), esse modelo de expansão foi assim denominado *urban sprawl*, no intuito de descrever o processo de crescimento urbano descontrolado das aglomerações urbanas norte-americanas, ocorrido com maior evidência no período Pós-Segunda Guerra Mundial.

O espraiamento está presente tanto nas realidades nas quais as elites sociais assentam-se nas periferias urbanas em busca de uma suposta melhor qualidade de vida, quanto nas classes sociais menos abastadas que ocupam esses locais devido à segregação (imposta) socioespacial.

Essa dispersão urbana é compreendida como uma “expansão descontrolada”, na qual se verifica uma relação não equilibrada do crescimento populacional com a expansão física do espaço urbanizado, gerando a diminuição da densidade populacional (OJIMA, 2007). Jakobs (2002), Ribeiro e Silveira (2009) e Passos et al. (2012), por sua vez, indicam esse

fenômeno enfatizando o irradiação do tecido urbano, esparramando-se, como sendo reflexo de um planejamento urbano inadequado das cidades.

Silva et al. (2015) reitera que quando o crescimento do tecido urbano se dá desta maneira, ocorre a adoção de um modelo de crescimento da mancha urbana que fortalece a sua distensão, promovendo um espraiamento avantajado e sem aparente contenção do avanço da urbanização sobre áreas e usos não-urbanos adjacentes.

Nessa realidade, frequentemente, é comum observar a formação de subúrbios, condomínios fechados de luxo e principalmente conjuntos habitacionais populares localizados progressivamente mais próximos aos espaços naturais, antes maiores em extensão do que na atualidade. A paisagem transformada e marcada pelas mudanças de uso rural para urbano é característica comum das regiões limítrofes das áreas urbanas. O contexto apresenta elementos das dinâmicas de urbanização, que de acordo com Lima et al. (2014), são constantemente marcados pela heterogeneidade de usos e de formas de ocupação.

Dada a complexidade dessa temática, bem como as particularidades de cada estudo, e a compreensão e os pontos de vista de cada autor, não há um consenso que conceitue definitivamente esse fenômeno. No entanto, é possível compreendê-lo, do ponto de vista físico e espacial, como o resultado de um processo de urbanização cujo crescimento do tecido urbano é esparramado, constituindo uma configuração cujas principais características são a baixa densidade populacional, fragmentação urbana e presença de vazios urbanos.

Em oposição ao perfil de urbanização dispersa, a forma urbana compacta apresenta um processo de crescimento urbano de maneira mais adensada, com um menor crescimento do tecido urbano, podendo vir a poupar espaços naturais por intermédio do uso mais eficiente do solo (Figura 1).

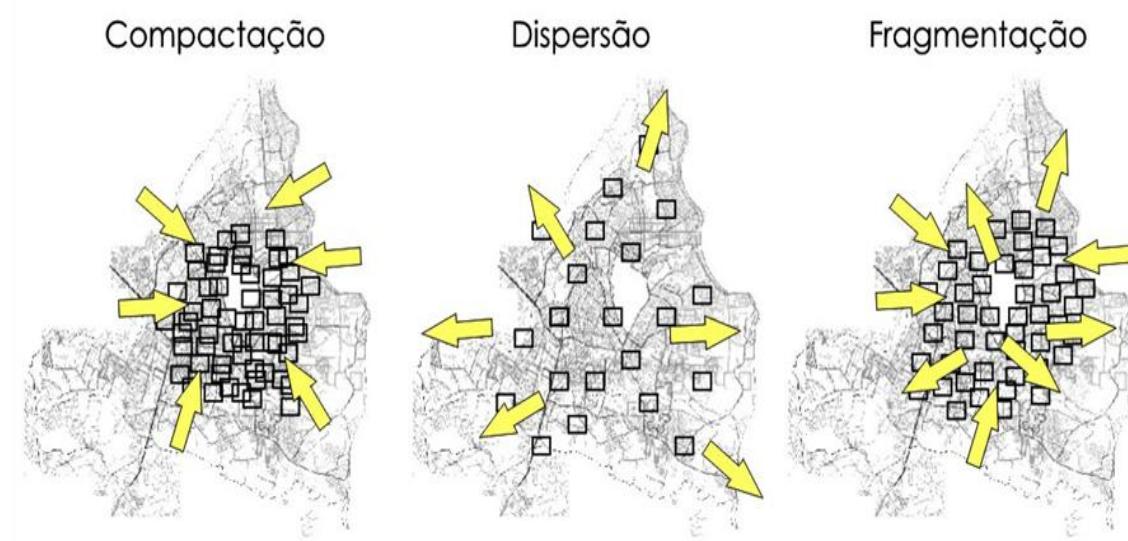
Os aspectos consensuais a favor da cidade compacta, segundo Ribeiro, Silva e Silveira (2016a), são referentes a melhoria geral da acessibilidade e mobilidade devido às menores distâncias, promovendo economia financeira aos sistemas de transporte urbano e redução da demanda por espaços e equipamentos. Os autores ainda reiteram que:

Face à existência de imóveis vazios ou subutilizados nas áreas centrais das cidades brasileiras, não seria necessária a expansão da ocupação em novas áreas, pois, o número de imóveis ou terrenos vazios é capaz de receber a demanda habitacional e de crescimento demográfico com qualidade ocupacional, desde que bem planejada e a partir de um desenho

mais coeso enquanto morfologia. (RIBEIRO; SILVA; SILVEIRA. 2016a, p. 99)

Tendo por base as diversas abordagens, Coelho (2016) entende que a urbanização fragmentada apresenta a geração de interstícios ou contrastes na malha urbana, que são resultantes da não ocupação urbana de determinados trechos por um dado período de tempo, guardando dependência em relação ao processo de urbanização que os originou.

Figura 1- Modelo de urbanização compacta, dispersa e fragmentada.



Fonte: Silveira (2011), modificado de Sobreira (2003).

Com o amadurecimento dos estudos e da construção de conceitos relativos à sustentabilidade urbana, novas discussões acerca do que seria o modelo de crescimento urbano ambientalmente menos agressivo, vêm ganhando mais ênfase.

As críticas levantadas a favor do modelo de crescimento urbano espalhado referem-se aos supostos “ganhos econômicos”. Nessa perspectiva, haveria a expansão das necessidades, por meio da criação de maiores demandas e, para a produção material de uma maneira geral. Os ganhos especulativos e oportunistas no mercado imobiliário estão em maior evidência, neste contexto (RIBEIRO e SILVEIRA, 2015). Em tese, a necessidade por serviços nesse setor contribuiria para o aquecimento da economia e para o aumento de oportunidades no contexto social. De acordo com Ribeiro e Silveira (2015), outro aspecto abordado em defesa do referido modelo de crescimento urbano é o de que haveria uma maior dissipação da poluição do ar, evitando a concentração de poluentes nas cidades.

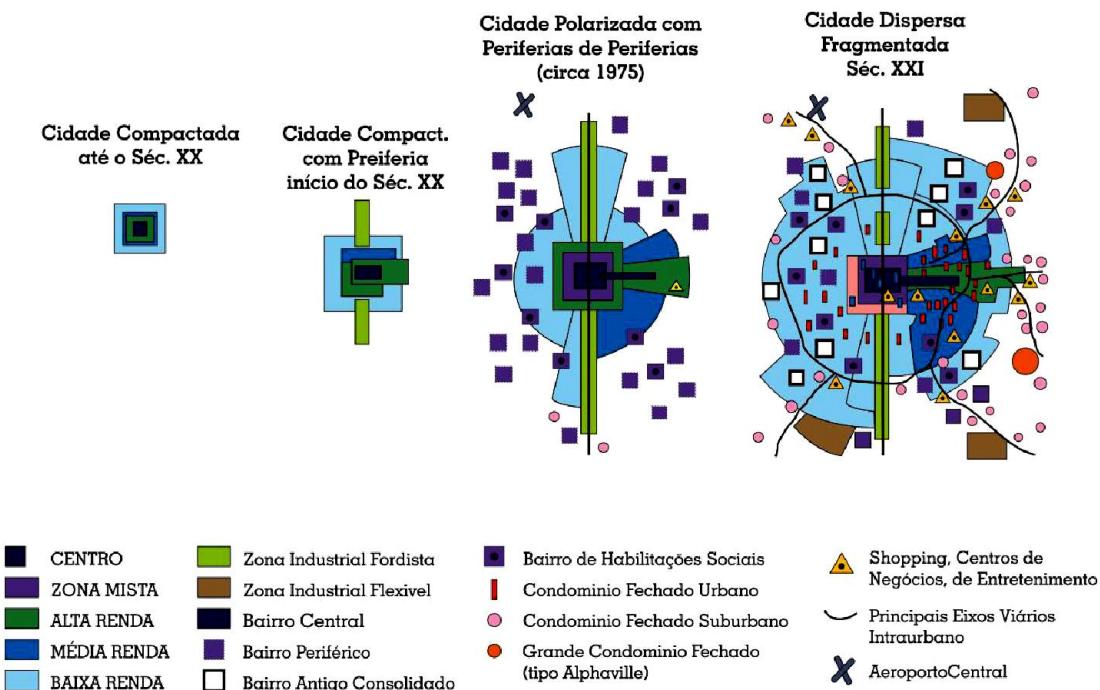
No entanto, o que tem sido verificado não corrobora com essas expectativas, pois além do aumento das demandas por recursos naturais, são verificados impactos ambientais, sociais e econômicos decorrentes do aumento das distâncias. Conforme indica Ribeiro e Silveira (2015), a maior fonte da poluição do ar urbano é o automóvel, cujo uso é estimulado pela dispersão urbana e desestimulado pela compactação e densidade urbana, enquanto a densidade maior favorece os modos coletivos de transporte.

Assim, pelo fato de a cidade dispersa exigir o constante uso de sistemas motorizados de transportes, o uso de automóveis eleva os índices de poluição do ar por meio de emissões atmosféricas de gases como dióxido de carbono e monóxido de carbono. A situação ainda se agrava devido à redução de espaços vegetados, que além de exercerem papel fundamental na estética e no microclima urbano, contribuiriam significativamente na filtração do ar.

Dentro dessas discussões acerca da configuração da urbanização dispersa, são inseridas as cidades dos países latino-americanos. Diferentemente das norte-americanas, a expansão das cidades da América Latina teve as ocupações urbanas mais distantes da mancha urbana consolidada predominantemente por assentamentos de baixa renda (GONÇALVES, 2011).

Do início do século XX até os dias atuais, ocorreram intensas modificações no modelo de urbanização das cidades latino-americanas. Conforme indica Borsdorf (2003), as mesmas assumiram inicialmente um modelo compacto, no qual as adjacências eram imediatamente próximas ao centro da *urbe*, e dotadas de um padrão de usos mistos e de melhores acessos às atividades mais importantes. Em seguida a esse modelo, as cidades passaram a apresentar novas formações periféricas a partir de eixos principais de acesso, estruturados com melhores condições urbanas. A partir dos anos 1970, essa configuração passa a evidenciar a posição de domínio das elites, a partir da observação de setores socioeconômicos, sobre as localizações urbanas, e as novas ocupações dispersas de conjuntos de habitações de baixa renda em localidades mais distantes e pouco acessíveis ao centro consolidado. Atualmente é possível observar a estrutura tentacular do tecido intraurbano, dispersando-se progressivamente, porém, conservando a dominância do setor de alta renda na configuração urbana, principalmente no que tange aos acessos às oportunidades urbanas (Figura 2).

Figura 2- Padrão de cidades latino-americanas - Século XVI-XXI.



Fonte: Borsdorf, (2003) adaptado por Anjos (2013).

De acordo com Borsdorf (2003), essa realidade não tem apenas uma causa, mas é um resultado de afiliações, relações e conexões diversas, tendo raízes na tradição cultural latino-americana, nas transformações econômicas, nas desregulações dos padrões de desenvolvimento e do planejamento urbano, no crescimento populacional, insegurança, entre outras razões.

Nesse sentido, Silveira (2012) reitera que o processo de dispersão das cidades latino-americanas é caracterizado, principalmente, por fatores como: interesses do mercado capitalista, crescimento exponencial dos assentamentos precários e pela distribuição desigual de bens e de serviços públicos, num quadro dicotômico de formalidade e informalidade/illegalidade urbana.

Conforme ressalta Silva e Romero (2011), a urbanização dispersa é responsável por diversos problemas ambientais no contexto urbano, face ao espalhamento da cidade sobre a paisagem natural, eliminando áreas verdes, reduzindo recursos naturais, provocando crescimento da demanda por consumo e energia, gerando, em ritmo acelerado, a produção de resíduos, como resultado do modelo de consumo predominante. Além disso, a dispersão demanda intenso uso de veículos para transporte de mercadorias e de pessoas (em âmbito local, urbano, regional, nacional e internacional), acarretando na poluição do ar,

impermeabilização do solo, exercendo sérios danos ao ciclo hidrológico e microclimático, e redução do conforto ambiental (SILVA; ROMERO, 2011).

Frente a essa realidade, o planejamento urbano pode vir a amenizar essas problemáticas, dentro do contexto de dispersão e de fragmentação urbana, ao passo que pode tornar possível a criação de fragmentos vegetacionais e potenciais corredores verdes, por exemplo (COELHO, 2016). De acordo com o mesmo autor, essas áreas verdes, quando bem estruturadas, promovem ganhos de qualidade para as áreas urbanizadas, desde que se estabeleça entre elas uma relação de equilíbrio dinâmico com as áreas não urbanizadas.

Tendo como base um estudo desenvolvido por Forman e Collinge (1997), Coelho (2016) ressalta que comparado com um padrão aleatório de retirada da vegetação, o emprego do planejamento urbano considerando as áreas ambientalmente frágeis, pode aumentar cinco vezes o nível de proteção ambiental. Forman e Collinge (1997) recomendam o diagnóstico das primeiras áreas verdes removidas, e dos últimos fragmentos remanescentes a serem conservados, a partir da classificação do que é mais ou menos ecologicamente urgente.

Nesse contexto de planejamento urbano, são identificados dois tipos de áreas verdes urbanas: os **nós** e as **conexões** (HARTMAN; STROM, 1995; PIPPI; TRINDADE, 2013). Segundo os autores, os nós são áreas constituídas de diferentes categorias de espaços livres, que servem de atração de pessoas, contemplação, ócio e usos recreativos, como os parques e áreas vegetadas livres, por exemplo. As conexões, por sua vez, são as áreas verdes que possibilitam as ligações entre os elementos da paisagem urbana e os demais fragmentos vegetacionais, por meio de corredores e cinturões verdes (STROM, 2007 apud PIPPI; TRINDADE, 2013).

A representação e análise do crescimento urbano são essenciais para o entendimento de sua dinâmica, demonstrando a relevância da compreensão dos tipos de comportamento do tecido urbano e seus impactos de ordem social, econômica e ambiental.

2.2 IMPACTOS AMBIENTAIS URBANOS

O debate ambiental no Brasil e no mundo tem gerado pontos de vista e novos conceitos que, na academia e na sociedade em geral, foram sendo incorporados às diretrizes políticas, econômicas e ambientais. Entre esses conceitos, destaca-se o entendimento do que vêm a ser os impactos ambientais, muitas vezes difundido e

associados a definições de qualidade ambiental, educação ambiental, bem-estar, recuperação/remediação ambiental, entre outros.

Para compreensão a respeito dos impactos ambientais, é primordial um levantamento teórico relativo ao meio ambiente e como a necessidade de conscientização ambiental foi introduzida nos principais debates acerca do desenvolvimento das cidades, culminando na temática dos impactos ambientais urbanos.

2.2.1 Eventos históricos ambientais nas dimensões global e nacional

Ocorreu por muitos anos, desde os primórdios da humanidade, a predominância de uma visão sobre o meio ambiente como fonte essencial de recursos necessários para a sobrevivência dos seres vivos, principalmente das comunidades humanas. Os recursos naturais eram abundantes em comparação com os dias atuais, isto é, em relação ao tamanho e a densidade populacional da atualidade.

No entanto, a ideia de abundância influenciou o comportamento do homem perante a natureza, consolidando a falta de consciência de finitude desses recursos. Essa realidade gerou extinções na biota animal e vegetal, além de diversas sociedades primitivas, como por exemplo, os moradores da Ilha de Páscoa, que chegaram a exaurir seus recursos naturais até que eles próprios se extinguiram (VEIGA; ZATZ, 2008).

O (re) conhecimento da finitude dos recursos naturais e a incidência de desequilíbrios ambientais que puseram em risco a vida humana impulsionaram movimentos ambientalistas responsáveis por uma gradual mudança de paradigma. A compreensão das problemáticas referidas culminou nessa mudança, que impulsionou a pressão social, política e econômica para que novos tratados e acordos fossem firmados de modo a mitigar os impactos ambientais.

No campo social e político, as primeiras ações ambientalistas internacionais foram a convenção para a preservação de animais, aves e peixes na África, para controlar a caça e o comércio de animais e, a criação da Comissão Consultora de 1913 para a Proteção Internacional da Natureza, com a finalidade primordial de proteger aves migratórias (KEELER; BURKE, 2010).

O movimento ambientalista ganhou impulso em 1962 com a publicação do livro de Rachel Carson, “A Primavera Silenciosa”, alertando sobre o uso agrícola de pesticidas químicos sintéticos e a necessidade de proteger a vida humana e a saúde do meio ambiente. Após esse período, com o apoio dos progressos ambientalistas incentivados pela

Organização das Nações Unidas, os movimentos em prol do meio ambiente tomaram mais força e notoriedade em todo o mundo (Quadro 1).

Quadro 1- Principais eventos ambientais na esfera global.

Ano	Evento	O que foi realizado
1913	Convenção para preservação de animais, aves e peixes na África.	Alerta para a urgência nas políticas de proteção das aves migratórias.
1962	Publicação do livro de Rachel Carson, “A Primavera Silenciosa”.	Alerta sobre o uso agrícola de pesticidas químicos sintéticos e a necessidade de respeitar o ecossistema em que vivemos para proteger a vida humana e a saúde do meio ambiente.
1972	Conferência de Estocolmo	Discussão sobre as consequências da degradação ao meio ambiente e, especialmente os limites da degradação ambiental, acentuada após a Revolução Industrial.
1985	Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento	Discussão a respeito da preocupação quanto aos possíveis impactos que poderiam ser causados com o fenômeno da redução da camada de ozônio.
1987	Comissão Brundtland	Determinação de obrigações específicas, em especial a progressiva redução da produção e consumo das Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio.
1992	Cúpula da Terra	Elaboração dos relatórios ambientais: Declaração do Rio, Agenda 21 e Declaração de princípios Florestais.
1997	Protocolo de Quioto	Definição das metas de redução de emissões de gases para os países desenvolvidos.
2002	Cúpula da Terra (Rio + 10)	Discussão dos avanços alcançados pela Agenda 21 e os demais acordos da Cúpula realizada em 1992, além da reafirmação do compromisso com o desenvolvimento sustentável.
2012	Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio +20)	Acordo sobre a maior parte dos financiamentos para a Agenda 21.
2015	Conferência do Clima em Paris	Acordo objetivando reduzir as emissões de carbono e conter os efeitos do aquecimento global.

Fonte: Adaptado de BRASIL (2017).

Em dimensão nacional, o movimento relativo à proteção ambiental no Brasil emergiu na década de 1970. De acordo com Gonçalves (1993), as fontes de maior destaque

quanto à preocupação ecológica no Brasil se originaram de fatores principalmente políticos e econômicos, tendo em vista que muitos dos investimentos financeiros só seriam realizados caso fossem adotadas medidas de preservação ambiental.

Em 1988, a promulgação da nova Constituição Federal trouxe o artigo 225 dedicado às questões relativas ao ambiente natural e aos impactos decorrentes das inevitáveis alterações antrópicas no meio ambiente, as relativas à construção de moradias, saneamento, uso de recursos como a água e supressão de vegetação. De acordo com o artigo 225:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. (BRASIL, 2016)

No contexto urbano, estas alterações antrópicas associam-se primariamente à crônica escassez de moradia, seguida das respostas do poder público frente a essas necessidades, gerando assim um cenário de agressão ambiental (CARVALHO; ROSSBACH, 2010). Nessa conjuntura, novas ocupações urbanas (moradias) frequentemente estão em desacordo com a legislação ambiental e urbanística, ao passo que se localizam em áreas verdes com restrições de uso (CARVALHO; ROSSBACH, 2010).

A legislação ambiental nos anos seguintes a 1988 trouxe um viés mais técnico em termos de ações e medidas de punição e controle das atividades geradoras de impactos ambientais (Quadro 2). Isto se deu, em parte, devido ao crescimento das cidades e à demanda gerada pelos diagnósticos ambientais, que apontavam para as atividades antrópicas, especialmente as atividades urbanas.

Quadro 2- Principais eventos ambientais na esfera nacional.

Ano	Evento	O que foi realizado
1965	Promulgação do Código Florestal ou Lei nº 4.771/65.	Estabeleceu alguns novos parâmetros, como a criação das APPs (Áreas de Proteção Permanente) e a responsabilização dos produtores rurais sobre a criação de reservas florestais em seus terrenos.
1967	Lei de Proteção à Fauna ou Lei nº 5.197/67. Código de Pesca ou Decreto-lei nº 221/67.	Dispôs sobre a proteção à fauna.
		Repercutiu, de certa maneira, nas relações do homem

1971	Plano Nacional de Desenvolvimento (PND), aprovado através da Lei Federal nº 5.727/1971.	com o território, além de apresentar um enfoque diferenciado para os aspectos ambientais. No segundo PND foi trazido o capítulo IX, intitulado “Desenvolvimento Urbano, Controle de Poluição e Preservação do Meio-Ambiente”.
1974	Segundo PND para o período de 1975 a 1979, por intermédio da Lei nº 6.15/1974.	
1980	Lei nº 6.803/1980.	Apresentou diretrizes básicas para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição.
1981	Lei nº 6.938/1981 (Política Nacional do Meio Ambiente).	Criação do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), um órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA).
1988	Artigo nº 225 da Constituição Federal.	Tratou especialmente de questões relativas ao ambiente natural e os impactos decorrentes das inevitáveis modificações antrópicas no meio ambiente.
	Artigos nº 182 e nº 183 da Constituição Federal.	Instituiu a política de desenvolvimento urbano, executada pelo poder público municipal. O objetivo principal foi ordenar o desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes. O estatuto da cidade surge aqui, como base jurídica para o tratamento da propriedade urbana.
1989	Lei nº 7.735/ 1989.	Criação do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, com o objetivo de promover a regulação das atividades que podem trazer impactos ambientais (IBAMA).
1997	Lei nº 9.433/1997.	Instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, além de criar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.
2010	Lei nº 12.305/10 Política Nacional de Resíduos Sólidos.	Proposta de uma política voltada para a execução de um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos.
2012	Lei nº 12.651/ 2012	Promulgação da lei de Proteção da Vegetação Nativa, atualizando o antigo Código florestal.

Fonte: Adaptado de Planalto (2017).

O conceito de ecologia urbana progrediu em cinco diferentes fases: a primeira, influenciada pela sociologia urbana, estudando o comportamento social nas cidades, baseado em teorias advindas da ecologia; a segunda trouxe uma abordagem que permeou

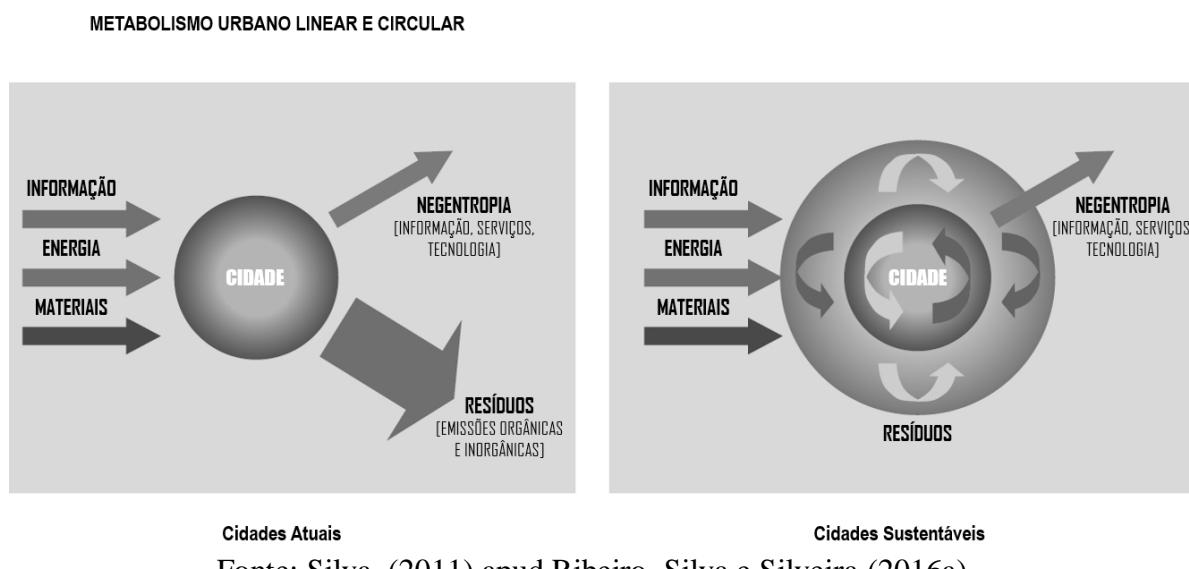
as ciências biológicas, focada na distribuição de plantas e animais nas cidades; a terceira teve influência na teoria de sistemas, aplicada ao contexto urbano (ecossistema urbano); a quarta traz uma abordagem associada à paisagem urbana, compreendendo as áreas urbanas a partir da concepção de dinâmica de sistemas; a quinta apresenta a concepção de sustentabilidade urbana para as cidades, entendidas como sistemas ecológico-sociais, que evidenciam a relação entre serviços ecossistêmicos e bem-estar humano (WU, 2014).

A ideia da ecologia urbana é atrelada à abordagem de metabolismo urbano, associando os aspectos ecológicos e sociais, assim como os sistemas ambientais e as questões relativas às aglomerações urbanas, ao contexto da evolução dos problemas ambientais (AB'SABER, 2003).

De acordo com Acselrad (2001), a abordagem de metabolismo urbano passou a ser considerada essencial para a compreensão da realidade ambiental, permitindo, através de uma visão mais ampla, diagnósticos e propostas de planejamento urbano da maneira mais sustentável.

Para Ribeiro, Silva e Silveira (2016a), a ideia de sustentabilidade ambiental nas cidades deve se basear em critérios definidos por meio da compreensão sobre o sistema urbano como metabolismo circular. De acordo com os autores, no metabolismo urbano sustentável, a informação, energia e materiais (entradas do sistema urbano) são reciclados e/ ou reutilizados, gerando maior índice de neguentropia (entropia negativa), com menos resíduo e poluição (saídas dos sistemas urbanos minimizados) (Figura 3).

Figura 3- Metabolismo Urbano Linear (das cidades atuais) e Circular (das cidades sustentáveis).



Fonte: Silva, (2011) apud Ribeiro, Silva e Silveira (2016a).

A partir do exposto se evidenciou o que hoje é considerado de grande relevância, a preocupação com as consequências do atual modelo de desenvolvimento no mundo. Visto que o aumento da população mundial associado às práticas não sustentáveis de exploração dos recursos naturais e usos das terras trouxe consequências ambientais negativas, gerou-se um novo olhar no que diz respeito ao desenvolvimento das cidades, tendo em vista as previsões de aumento do crescimento urbano em todo o planeta. Nesse contexto se inserem as principais reflexões acerca dos aspectos que permeiam temáticas como o meio ambiente, desenvolvimento urbano e os impactos ambientais negativos.

2.2.2 Os impactos ambientais urbanos negativos e o papel das áreas verdes no contexto urbano

O meio urbanizado, por vezes, tem sido objeto de estudos voltados aos processos, eventos e atores componentes das cidades. A compreensão da cidade como organismo mostra a interligação e dinâmica entre seus componentes de modo que se torna impossível desvincular as relações de causa e efeito pontuais dos diagnósticos do todo.

Para Reigota (1997), o meio ambiente é o lugar percebido, no qual os elementos naturais e sociais encontram-se em relações interativas e dinâmicas, sendo que essas relações, porém, implicam processos de criação cultural e tecnológicos, além de processos históricos e sociais de transformação do meio natural e construído. Reiterando, Leff (2001) considera que o ambiente é um conjunto de relações que se apresentam articuladas nos processos biológicos, físicos, termodinâmicos, sociais, culturais, políticos e econômicos, assim, os mesmos estão em constante interação.

O meio ambiente, aqui, é entendido como o sistema composto de elementos sociais e físicos, formado por espaços naturais e espaços modificados pelo homem. Essas modificações ou alterações podem ou não provocar danos à qualidade do meio ambiente, ou seja, à sua capacidade direta e indireta de proporcionar boas condições para a existência dos seres vivos.

Desse modo, é possível compreender os impactos ambientais, como todas as alterações físicas, químicas, biológicas e inclusive paisagísticas, provocadas por atividades antrópicas, que provoquem quaisquer efeitos negativos aos sistemas ambientais. Tais efeitos ocorrem frequentemente associados uns aos outros, havendo uma interligação, uma

relação sistêmica como as que ocorrem em um organismo (no contexto atual, podendo ser representado pela cidade).

Uma cidade, nessa perspectiva, é o resultado das relações socioeconômicas e ambientais estabelecidas ao longo do tempo para atender às necessidades humanas (ARIZA; NETO, 2010). Como um sistema ou organismo, a cidade está em constante transformação cujas carências são refletidas, por exemplo, pelo atual estado de segregação social e de intensos impactos ambientais.

As transformações urbanas, de uso e formas de apropriação, muitas vezes não consideram os fatores ambientais ligados à sustentabilidade, gerando os referidos impactos ambientais negativos ao devastar áreas de vegetação remanescente, por exemplo. Nesse sentido, Filho e Nucci (2006) ressaltam que:

“Equilíbrio ambiental”, “cidades sustentáveis”, “efeitos negativos sobre o meio ambiente”, “poluição e degradação ambiental”, “limites da sustentabilidade ambiental” e “proteção, preservação e recuperação do meio ambiente natural”, entre outros encontrados no Estatuto da Cidade, são temas que dizem respeito, necessariamente, ao “verde urbano” que, apesar de sua importância, não se apresenta como uma necessidade óbvia na cena urbana, sendo negligenciado no planejamento do desenvolvimento das cidades. (FILHO; NUCCI, 2006 p. 49)

Essas áreas verdes frequentemente são sensíveis às transformações decorrentes da urbanização. O uso e ocupação das terras no entorno desses espaços naturais, a depender da vulnerabilidade e resiliência ambientais, provocam impactos negativos mais ou menos intensos, reduzindo expressivamente o equilíbrio ambiental. Nessa conjuntura, os serviços ambientais prestados pelas áreas verdes no meio urbano são reduzidos.

De acordo com Ribeiro, Silva e Silveira (2016a), no sistema urbano as áreas verdes começam a contar como importantes elementos dentro da anatomia urbana e como um subsistema fundamental dentro do sistema urbano, a partir da revolução industrial. Os autores afirmam que ao longo da história, as funções desses espaços verdes tiveram épocas diferenciadas, segundo o contexto histórico vivenciado e a percepção e representação coletiva sobre as mesmas (Quadro 3).

Quadro 3- Funções e princípios projetuais dominantes para as áreas livres e verdes urbanas em diferentes fases do período industrial, no panorama internacional do mundo ocidental.

Período	Funções principais	Princípios projetuais dominantes
Século XVI até meados do Século XVIII	Função embelezadora.	Adoção de princípios estéticos clássicos na estruturação das áreas livres e verdes urbanas.
Final do século XVIII e Século XIX	Função sanitária, embelezadora e modernizadora.	Adoção da teoria antitética que buscava o equilíbrio entre o ambiente urbano (insalubre) e o natural (salubre), combinando áreas verdes. Embelezamento de
Século XX (até década de 1920)	Funções de sanear, embelezar e facilitar a circulação.	Adoção de projetos de áreas verdes que permitissem embelezar, facilitar o passeio e o contato com a natureza e facilitar a circulação – Uso mais contemplativo. Abertura de Jardins Botânicos e de Aclimatação (antes mais voltados à ciência e ao desenvolvimento comercial) para a visitação e deleite público.
Século XX (Década de 1930 a 1970 – Modernismo)	Funções de “recriar”, dentro do princípio: Habitar, trabalhar, recriar e circular.	Criação de grandes parques e transformação de grandes bosques privados em parques públicos, com a finalidade de permitir a utilização ativa (passeios, jogos, atividades lúdicas e criativas), para a recriação psico-física dos trabalhadores. Princípios estéticos que valorizam a flora local e sua morfologia intrínseca, mas intervém fortemente na morfologia e na composição do contexto natural, deixando clara a sua intenção estética. Preocupação quantitativa e de escala.
Século XX e XXI (Década de 1970 até o momento)	Funções de reequilíbrio do ecossistema urbano e readequação da estrutura urbana à natureza.	Preservação de áreas naturais sensíveis, de importância ambiental e paraclimática. Adoção de princípios conservacionistas globais e de aplicação diferenciada localmente. Tendência de respeito à forma e à estrutura de funcionamento do sistema natural, embora, em alguns momentos, com alguma intervenção, ainda marcadamente antrópica. Paradoxalmente, no mesmo período proliferam também os parques temáticos, geralmente não públicos e sem conexão com a realidade natural e cultural local e outras formas de “privatização” dos espaços simuladamente públicos(shopping center, <i>pocket-parks</i> , etc.).

Fonte: Ribeiro (2008).

As áreas verdes se inserem no contexto dos espaços livres públicos. De acordo com Buccheri-Filho e Nucci (2006), elas são um tipo de espaço livre cujo elemento fundamental de composição é a vegetação, que satisfaz aos objetivos ecológico-ambientais, estéticos e de lazer.

Dentre as funções ecológico-ambientais, estéticas e de lazer é possível citar, por exemplo, as relacionadas ao conforto térmico, à qualidade ambiental e à proteção do solo.

- Ecológico-ambientais: Redução da temperatura e ilhas de calor urbanas; Conforto térmico (EMMANUEL; LOCONSOLE, 2015; SOBREIRA et al., 2011; YU; HIEN, 2006); Qualidade Ambiental geral, como filtragem do ar (BOLUND; HUNHAMMAR, 1999; REN et al 2013); Proteção do solo (LEE et al., 2015).
- Estéticas, cultural e de Lazer: Lazer e contribuição à saúde pública, além de relações sociais e Turismo (COSTA, 2010; MELO et al., 2012).

As áreas verdes urbanas, de acordo com Ribeiro et al. (2008), podem ser classificadas de acordo com as suas composições e modalidades (Quadro 4). A importância do conhecimento das classificações de diferentes tipos de sistemas de áreas verdes se dá pelo reconhecimento das funções e limitações de uso de determinados espaços naturais. Segundo Silveira et al. (2016), a adoção de alguns desses princípios fundamentais tem evitado inclusive que, pelo uso inadequado dos espaços naturais, fossem originados e, inclusive potencializado, o quantitativo de áreas de riscos e de desastres ambientais.

No contexto do zoneamento urbano, a delimitação das áreas de importância ambiental, que considere a sensibilidade ambiental e a necessidade de preservação, representa o primeiro passo no que tange ao zoneamento urbano, sendo uma definição essencial para a estrutura e anatomia urbana (SILVEIRA et al., 2016).

Quadro 4- Classificação dos sistemas de áreas livres e verdes urbanas.

Classificação	Composição e modalidades
1. Sistema de áreas de Preservação e Conservação Natural	1. Ecossistemas conservados 2. <i>Habitats</i> típicos de espécies animais ou vegetais 3. Matas naturais 4. Áreas de proteção de mananciais 5. Áreas de proteção de recarga de aquíferos 6. Áreas de matas ciliares 7. Cobertura vegetal em pendentes acentuadas e de proteção à riscos naturais e ambientais 8. Manguezais e áreas de reprodução de espécies
2. Sistemas de áreas de Proteção de riscos e adequação paraclimática	1. Matas e áreas de várzeas de rios 2. Cobertura vegetal em pendentes acentuadas 3. Cobertura vegetal em vales de drenagem 4. Matas ciliares e de proteção de mananciais 5. Florestas, Bosques e Grandes coberturas arbóreas em áreas urbanas centrais 6. Áreas de proteção de riscos naturais e ambientais 7. <i>Buffer-zones</i> (zonas de amortecimento ou redução do impacto ambiental ou de riscos naturais ou operacionais)
3. Sistemas de áreas verdes de valor paisagístico e de proteção paisagística	1. Mirantes e <i>belvederes</i> 2. Áreas de grande valor cênico paisagístico 3. Bordas litorâneas, lacustres e fluviais 4. Bordas de caminhos e roteiros cênicos
4. Sistemas de parques e jardins especificamente urbanos modernos e contemporâneos	1. Parque de Vizinhança 2. Parque de Bairro 3. Parque Distrital ou Urbano /Parque Metropolitano; 4. Parque Especializado (zoológico, botânico, esportivo, cultural, etc.) 5. Parques temáticos 6. <i>Pocket-parks</i> (mini áreas de amenização ocupando lotes em áreas centrais urbanas)

Fonte: Silveira et al. (2016) apud Ribeiro (2008).

Os serviços ecossistêmicos gerados pelas áreas verdes impactam positivamente na qualidade de vida das pessoas, principalmente no ambiente urbanizado. Isso reforça ainda mais a importância de se considerar estes serviços ambientais gerados pela vegetação nos processos de gestão, ordenamento e monitoramento do território (BOLUND; HUNHAMMAR, 1999).

Alterações em fragmentos de vegetação, como as decorrentes do desmatamento, por exemplo, impactam fortemente e de maneira negativa as interações ecossistêmicas. Mudanças no tamanho e forma dos fragmentos podem ocasionar a redução populacional das espécies, interferir nos fluxos vitais desse sistema, chegando inclusive a comprometer a biodiversidade natural dos mesmos (SOUZA; SILVA; SILVA, 2016).

Dentro do contexto urbano, as áreas verdes são capazes de desempenhar um papel importante na mudança do padrão dos ventos, temperatura, umidade e precipitação (AVISSAR, 1996). O autor assevera que a vegetação exerce grande influência na mitigação de alguns efeitos antropogênicos gerados pelas edificações, como por exemplo, o aumento da temperatura local e a compactação e impermeabilização do solo. Quanto maior for a porção e difusão da vegetação, principalmente arbórea, maiores são os benefícios ambientais no meio urbanizado.

Caracterização da área de estudo

3.1 LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS GERAIS

O município de João Pessoa localiza-se no extremo oriental do estado da Paraíba, possuindo uma extensão de 210,45 Km² (0,3% do estado). Geograficamente limita-se ao norte com o município de Cabedelo, ao sul com o município do Conde, a leste com o Oceano Atlântico, e a oeste com os municípios de Santa Rita e Bayeux. (Figura 4).

A parte da Bacia hidrográfica do rio Gramame que está no território de João Pessoa, possui 53 Km² (equivalendo a 25% da extensão territorial da capital) e nela estão inseridos os bairros de: Mumbaba, Mussuré, Bairro das Indústrias, Distrito Industrial, Costa e Silva, Ernani Sátiro, Funcionários, Gramame, Muçumagro e Barra de Gramame.

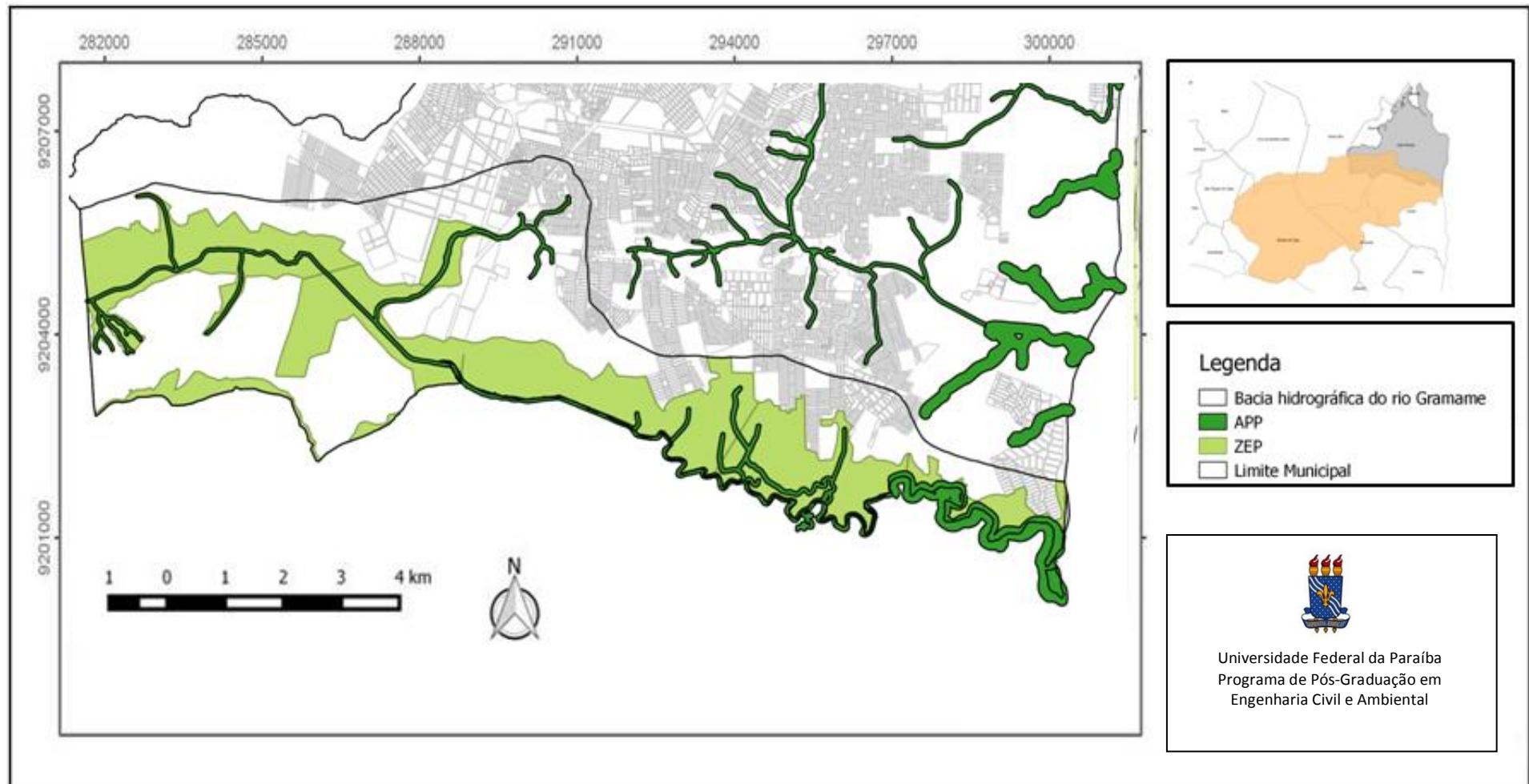
Quanto aos aspectos sociais, essa área apresenta problemas recorrentes, comuns às comunidades distantes dos centros urbanos, tais como: baixa escolaridade, deficiência de transportes, baixa qualidade no sistema viário, carências no saneamento ambiental, falta de equipamentos de saúde e de educação, falta de espaços livres públicos de lazer, além da crescente degradação dos espaços naturais (GARCIA et al., 2009; CAMPOS et al., 2013; SANTOS-JÚNIOR; SILVA; SILVEIRA, 2013; SILVA et al., 2015).

3.2 AS ÁREAS VERDES E OS USOS DO SOLO

O município de João Pessoa encontra-se inserido no domínio da Mata Atlântica, mais especificamente em um tipo florestal denominado Mata dos Tabuleiros. A característica principal desse tipo de formação se dá pelo contato entre a Vegetação de Restinga e a Floresta Estacional Semidecidual, sendo a última a mais predominante (BARBOSA, 2008).

As áreas verdes da cidade são definidas no Código Municipal de Meio Ambiente e no Plano Diretor, como Zonas Especiais de Preservação (ZEPs), por serem dotadas de relevância ecológica e beleza cênica. Entre as ZEPs constituintes no município, estão os espaços que circundam os mananciais de Mumbaba, Gramame e Mussuré, inseridos na área de estudo. Os três remanescentes correspondem, respectivamente, ao sétimo, oitavo e décimo remanescentes mais representativos da cidade, de acordo com Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica de João Pessoa (PMCRMA/PMJP, 2012).

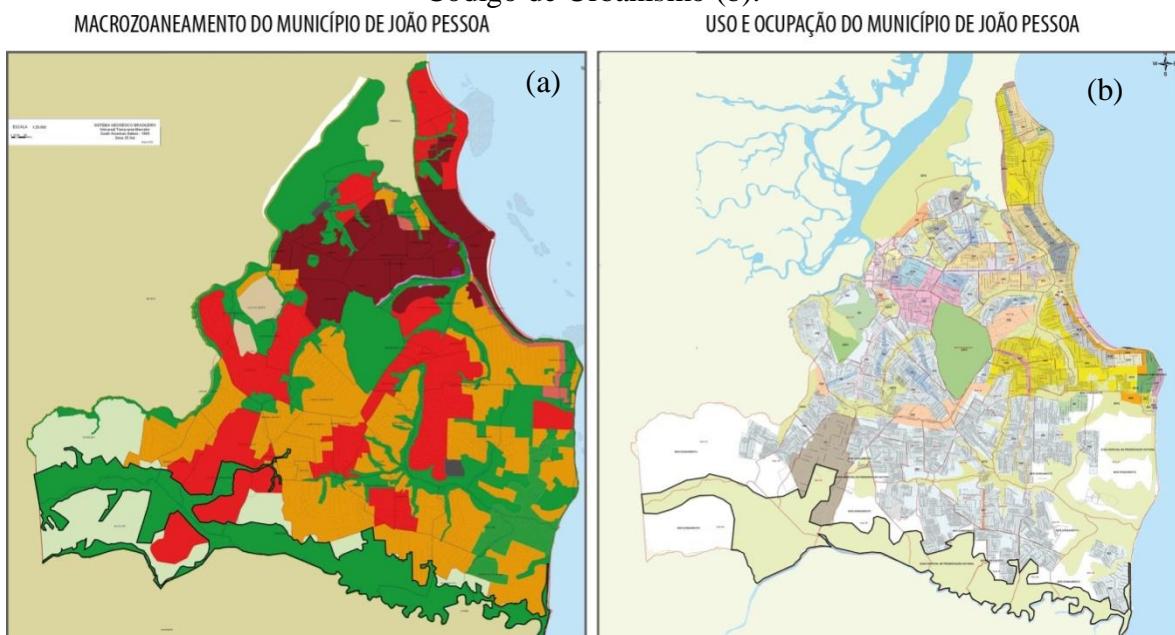
Figura 4- Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Gramame em João Pessoa.



Fonte: Elaborada pela autora (2017).

As áreas protegidas de João Pessoa são definidas de acordo com o Código Florestal, Lei N° 12.651 de 25 de maio de 2012, que delimita as Áreas de Preservação Permanente (APP), enquanto o Plano Diretor Municipal delimita as Zonas de Preservação Ambiental (ZPA) e o Código de Urbanismo delimita as Zonas Especiais de Preservação (ZEP) (Figura 5).

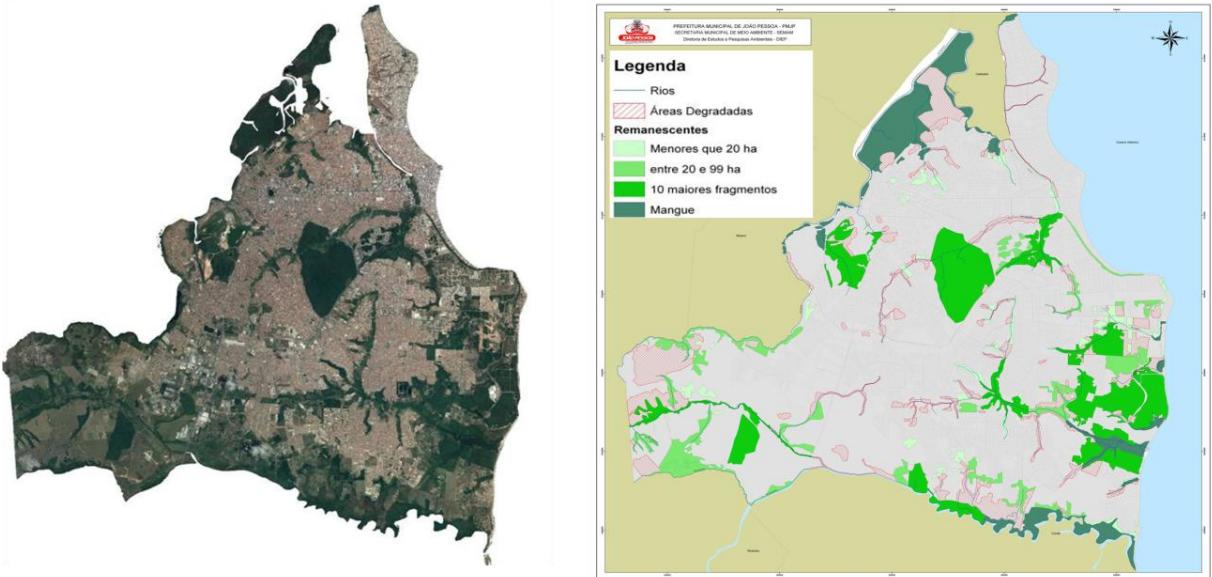
Figura 5- Áreas de proteção ambiental de acordo com o Plano Diretor Municipal (a) e Código de Urbanismo (b).



Fonte: Adaptado de PMCRMA/PMJP (2012).

Remanescentes florestais como esses, são responsáveis por diversos serviços ambientais para a cidade. No entanto, eles têm sido impactados por atividades como o desmatamento, o lançamento de efluentes, deposição de resíduos sólidos, extração de areia, atividades agropecuárias, aterramento dos mangues e nascentes para assentamento de ocupações irregulares (PMCRMA/PMJP, 2012). Essa conjuntura promoveu um quadro de pressão urbana sobre as áreas verdes (Figura 6). Na porção sul do município, a pressão urbana mais intensa sobre o meio ambiente encontra-se nos bairros Mumbaba, Mussuré, Distrito Industrial, Funcionários, Gramame e Muçumagro.

Figura 6- Áreas verdes degradadas no município de João Pessoa-PB.



Fonte: Adaptado de PMCRMA/PMJP (2012).

Na área de estudo, as áreas prioritárias para recuperação ambiental, são as localizadas no médio Gramame e Fazenda Mumbaba (a sudoeste) e no baixo Gramame (a sudeste).

No contexto do planejamento, a estrutura urbana deve ser adequada à natureza, objetivando alcançar condições de harmonia entre o ambiente construído e o natural (MCHARG, 1969). Nessa perspectiva, as áreas verdes têm a sua importância reconhecida, por contribuírem para a prevenção de condições de riscos ambientais urbanos provenientes de usos inadequados de espaços naturais que deveriam ser preservados (RIBEIRO; SILVEIRA; SILVA, 2016).

Nessa perspectiva, de acordo com os estudos de Nascimento, Lima e Santos (2009) sobre a aptidão das terras para usos urbanos, a bacia do rio Gramame em João Pessoa possui espaços considerados de baixa aptidão (declividades baixas e nível da água alto ou aflorante, sujeitas à inundações periódicas, com instabilidade nas fundações, escassa aptidão (apresentam alta suscetibilidade à erosão e possibilidade de inundaçao) e áreas inaptas a usos urbanos (possuem limitações legais e naturais, como por exemplo, as áreas de preservação permanente).

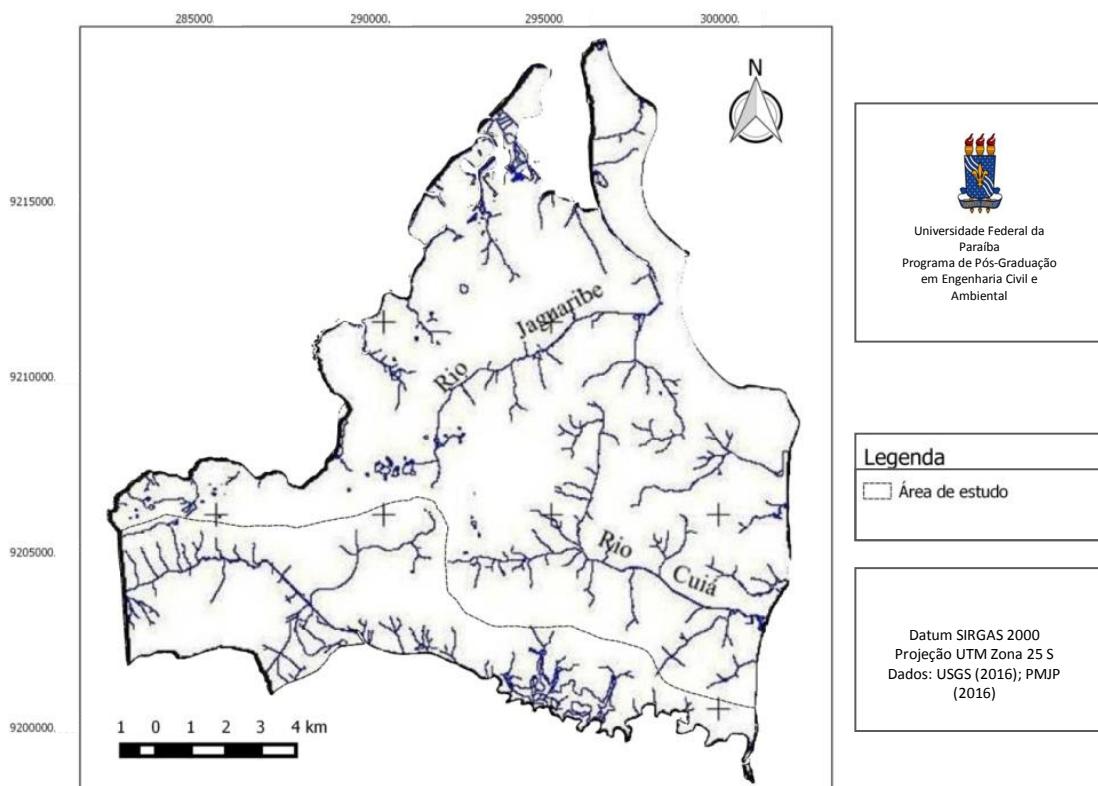
A área de estudo, apesar de ser dotada de espaços naturais, relevantes ao equilíbrio ecológico, apresenta um quadro precedente de degradação ambiental, provavelmente associado aos usos urbanos em localidades ambientalmente sensíveis.

3.3 HIDROLOGIA

O município de João Pessoa tem a sua rede hidrográfica bastante representativa, possuindo diversos cursos d'água perenes. O potencial pluviométrico da região e a capacidade de armazenamento de água por parte do substrato rochoso são os principais fatores naturais para o abastecimento constante desses cursos d'água, mesmo em tempos de estiagem. Destacam-se as bacias hidrográficas do rio Paraíba, Sanhauá, Jaguaribe, Cuiá, Gramame, Cabelo, Aratú, Jacarapé e Mumbaba (MENESES, 2007) (Figura 7).

A bacia hidrográfica do rio Gramame tem sua nascente em Pedras de Fogo e segue seu curso natural até a foz localizada no bairro de Barra de Gramame em João Pessoa. A sua rede hidrográfica é composta principalmente pelos rios Gramame, Mamuaba, Mumbaba e Água Boa, sendo o seu principal curso d'água o rio Gramame.

Figura 7- Rede hidrográfica do município de João Pessoa.



Fonte: Adaptado de Meneses (2007).

Na área de estudo tem-se a presença do riacho Mussuré e DO rio Mumbaba nos bairros de Mumbaba, Mussuré, Bairro das Indústrias, Distrito Industrial, Costa e Silva,

Ernani Sátiro e Funcionários e do Rio Gramame nos bairros de Barra de Gramame, Gramame e Muçumagro.

Os mananciais de água são Áreas de Preservação Permanente (APP), de acordo com o Código Florestal (Lei nº 12.651/12) e, conforme o Código de Urbanismo do Município de João Pessoa (Lei nº 2.102/75, atualizado em 2005), compõem as zonas especiais de preservação ambiental. Essas APPs têm a função de proteger e garantir a manutenção dos recursos hídricos, configurando áreas direcionadas à total preservação, sendo as severas limitações de uso, a sua principal característica quanto aos aspectos de uso e ocupação das terras.

Apesar das determinações legais quanto as limitações de uso dessas áreas e os parâmetros de qualidade das águas para o monitoramento da qualidade ambiental, as áreas urbana e industrial nas proximidades dos mananciais Mussuré, Mumbaba e Gramame, foram frequentemente relacionadas a poluição das águas, provocando impactos ambientais negativos (NUNES; GARCIA, 2012; PAZ, 1988; ABRAÃO, 2006).

3.4 ASPECTOS CLIMÁTICOS

Todo o município de João Pessoa apresenta clima tropical quente e úmido com chuvas de outono-inverno, segundo a classificação de Köppen.

Este tipo climático tem como características períodos de seca no verão, geralmente entre 1 e 3 meses, e chuvas concentradas no outono e inverno (meses de abril, maio e junho). As médias térmicas anuais ficam em torno de 25°C, variando entre 23°C e 28°C, mínima e máxima, respectivamente (MENESES, 2007). O índice pluviométrico anual é da ordem de 1.800 mm, podendo alterar-se de acordo com a variabilidade dos sistemas de circulação atmosférica (MENESES, 2007). A média mensal da umidade relativa do ar fica em torno de 68% a 85%, sendo que os valores máximos ocorrem em junho e agosto e os mínimos em novembro e dezembro (PARAÍBA, 1985).

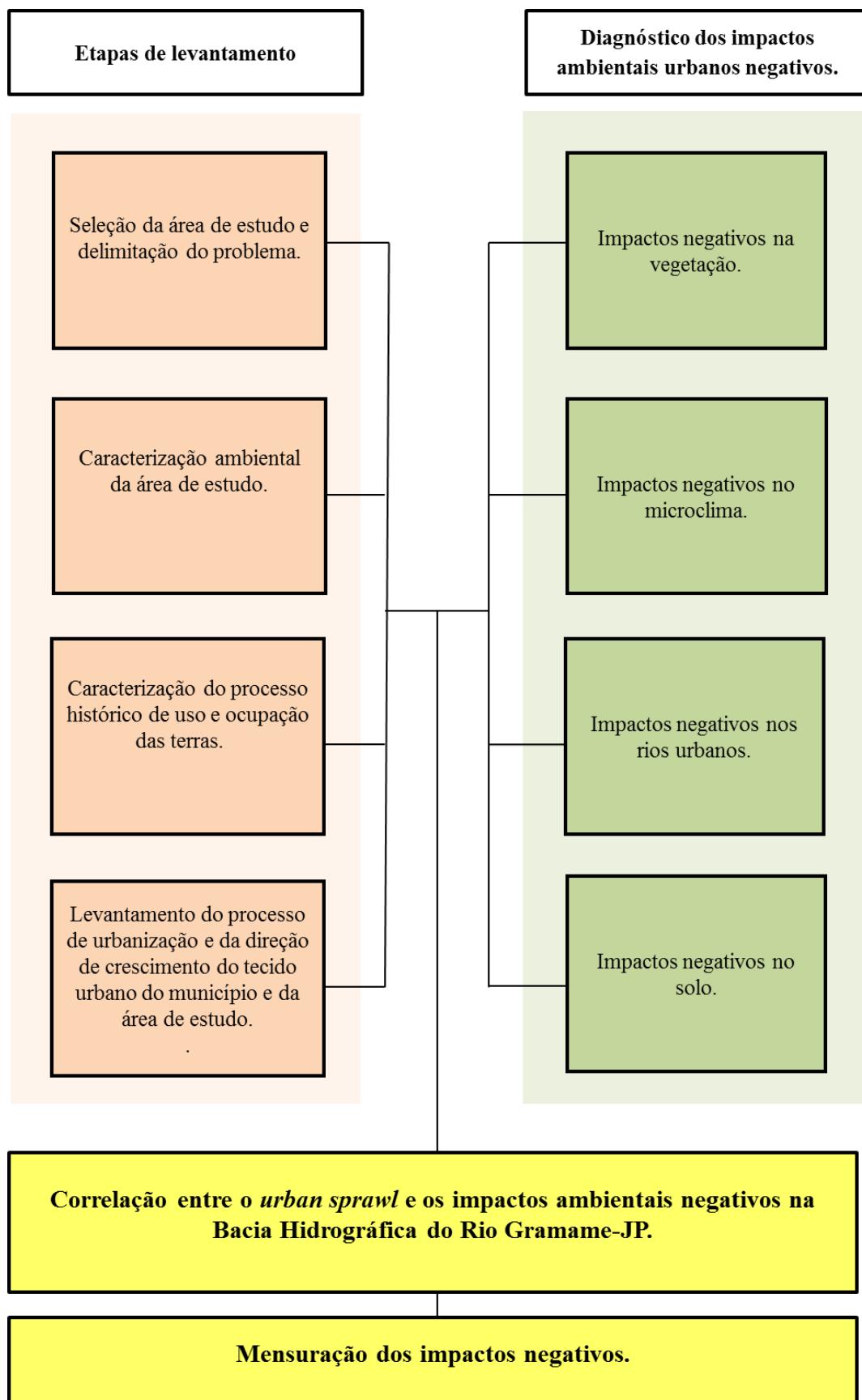
Procedimientos metodológicos

Esta pesquisa foca numa metodologia sistemática para observação dos impactos ambientais urbanos negativos e suas associações ao fenômeno do espraiamento urbano.

Trata-se de um estudo de caso classificado como uma pesquisa descritiva e qual-quantitativa. Esse tipo de pesquisa, de acordo com Martins (1994) e Marconi e Lakatos (2010), objetiva descrever características de um fenômeno e estabelecer relações entre variáveis e fatos observados.

As etapas iniciais desta pesquisa consistiram especialmente na caracterização do processo histórico de uso e ocupação das terras e no levantamento do processo de urbanização e na direção de crescimento do tecido urbano na área de estudo. Nas etapas seguintes foram realizados diagnósticos dos impactos ambientais negativos sobre a vegetação, temperatura de superfície, águas e solos da área de estudo. Posteriormente os dados relativos aos impactos negativos e ao espraiamento urbano foram correlacionados, postos em uma matriz de interação e mensurados (Figura 8).

Figura 8- Procedimentos Metodológicos.



Fonte: Elaborada pela autora (2017).

4.1 ETAPA DE LEVANTAMENTO

O trabalho se baseou no levantamento de dados primários e secundários (levantamento bibliográfico a partir de fontes como livros, artigos científicos, dissertações, teses e documentos oficiais de órgãos governamentais), bem como informações provenientes de notícias jornalísticas e conversas informais com moradores locais.

A caracterização do processo histórico de uso e ocupação das terras se deu essencialmente por meio de aquisição de dados secundários. A identificação do modelo e direção de crescimento urbano no município foi realizada com base em Silva et al. (2015), considerando os estudos de Araruna e Bentes (2013) e Inostroza et al. (2013). Para identificação e descrição da direção do crescimento da mancha urbana, foram confeccionados mapas temáticos a partir dos dados adquiridos.

4.2 DIAGNÓSTICO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS: RELAÇÕES ENTRE USO E OCUPAÇÃO DAS TERRAS E MEIO AMBIENTE.

Para a etapa de diagnóstico dos impactos ambientais, foram realizados procedimentos como a análise das transformações no uso e ocupação das terras, o levantamento dos impactos ambientais sobre a vegetação, a estimativa da temperatura de superfície, o levantamento dos impactos sobre os rios e sobre o solo da área de estudo.

4.2.1 Transformações no uso e ocupação das terras

Foram utilizados nesta etapa, dados capturados de imagens de satélite, datadas de 05/11/1991 (TM/Landsat7) e 24/11/2016 (OLI/TIRS/Landsat 8) (Tabela 1). As imagens de satélite foram obtidas por meio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE¹). Os dados vetoriais do município de João Pessoa² e da Bacia hidrográfica do rio Gramame³ foram obtidos por meio dos catálogos disponíveis online. Os produtos desse procedimento- mapas de uso e ocupação das terras- foram usados para análises de vegetação e estimativa da temperatura de superfície.

¹ <http://www.dgi.inpe.br/>

² <http://geo.joaopessoa.pb.gov.br/>

³ <http://geoserver.aesa.gov.br/>

Antes da classificação supervisionada, foi realizada uma correção atmosférica por meio do *software QGis*⁴. Esse procedimento é necessário devido às partículas presentes na atmosfera, como aerossóis, poeiras, moléculas de diversos gases, que interferem na qualidade das imagens.

Tabela 1 - Descrição das bandas do TM/Landsat7 e OLI/TIRS/Landsat 8, com os respectivos intervalos de comprimento de onda e resolução espacial.

Landsat-7 Bandas	Comprimento de onda (μm)	Resolução espacial (metros)
1- Azul	0,45 – 0,52	30
2- Verde	0,52 – 0,60	30
3- Vermelho	0,63 – 0,69	30
4- IV-Próximo	0,76 – 0,79	30
5- IV-Médio	1,55 – 1,75	30
6- IV-Termal	10,4 – 12,5	80
7- IV-Médio	2,08 – 2,35	30

Landsat-8 Bandas	Comprimento de onda (μm)	Resolução espacial (metros)
2- Azul	0.45-0.51	30
3- Verde	0.53-0.59	30
4-Vermelho	0.64-0.67	30
5- IV Próximo	0.85-0.88	30
6- IV Médio	1.57-1.65	30
7- IV Médio	2.11-2.29	30
10- IV Termal	10.60-11.19	100

Fonte: INPE (2016).

O método de classificação utilizado foi o supervisionado com o algoritmo de máxima verossimilhança. O usuário deve ter conhecimento prévio da área analisada para a distribuição das classes e dessa maneira otimizar a seleção de amostras de treinamento

⁴

http://www.qgis.org/pt_BR/site/

(CROSTA, 1993). As classes foram divididas em: vegetação densa, vegetação rala, área edificada, solo exposto, água, nuvem e sombra de nuvem.

4.2.2 Impactos ambientais negativos na Vegetação

Os produtos da classificação supervisionada (mapas temáticos) foram usados para aferir as mudanças na cobertura vegetal da área de estudo, por exemplo, a área de vegetação suprimida. As pesquisas que abordam os efeitos da urbanização nas condições da vegetação remanescente, como Dantas et al. (2017), igualmente contribuíram no diagnóstico dos impactos negativos sobre a vegetação.

A espacialização da cobertura vegetal e a presença de ocupações urbanas mostraram evidências de associações entre o *urban sprawl* e as variações quantitativas nas áreas verdes.

4.2.3 Estimativa da temperatura de superfície

A temperatura de superfície foi espacializada por meio da conversão dos números digitais em valores de temperatura (QIN; KARNIELI, 2001). A equação usada para realizar a conversão dos números digitais para radiação de energia espectral ($L\lambda$) e radiância foi a seguinte:

$$L\lambda = \left(\frac{L_{max\lambda} - L_{min\lambda}}{Q_{calmax} - Q_{calmin}} \right) \quad (1)$$

Fonte: (USGS, 2014)

Onde:

$L\lambda$ = radiância espectral;

L_{min} = 1.238 (radiância espectral mínima, valor do DN= 1);

L_{max} = 15.303 (radiância espectral máxima, valor do DN= 255);

$Q_{cal\ min}$ = Valor mínimo do pixel em níveis de cinza(DN=1)

Q_{calmax} = Valor máximo do pixel em níveis de cinza (DN= 255)

Posteriormente foi utilizada a seguinte equação para a conversão de radiação para o valor da temperatura de superfície:

$$T_b = \frac{K_2}{\left(\frac{K_1}{L\lambda}\right) + 1} \quad (2)$$

Fonte: Wukelicet al. (1989)

Onde:

T_b = Temperatura sem correção atmosférica (Kelvin)

K_1 = Constante de calibração 1 (607,76 W/ m²sr μm);

K_2 = Constante de calibração 2 (1260,56 K);

Após a aplicação desta fórmula foi feita a conversão simples da temperatura de Kelvin para Celsius, por meio da subtração da temperatura em Kelvin por 273,15.

Para o cálculo da temperatura das imagens do Landsat-8 foi utilizada a seguinte equação:

$$L_\lambda = M_L \cdot Q_{cal} + A_L \quad (3)$$

Fonte: USGS (2014)

Onde:

L_λ = radiação de energia espectral;

M_L = fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10=3.3420E-04

A_L = fator de redimensionamento aditivo específico da banda 10=0.10000

Q_{cal} = valor quantizado calibrado pelo pixel em DN= imagem da banda 10

Os dados da temperatura de superfície, junto aos dados de uso e ocupação das terras, foram considerados como indicadores da relação entre o *urban sprawl* e as interferências na temperatura de superfície.

4.2.4 Impactos ambientais negativos nos rios

Para o diagnóstico dos impactos ambientais nos rios urbanos foram utilizados dados secundários sobre as condições ambientais das águas dos rios da área de estudo, obtidos junto a Superintendência de Administração do Meio Ambiente (SUDEMA).

As análises dos dados consideraram as determinações do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), que estabelece a classificação da qualidade da água dos corpos hídricos e as diretrizes ambientais para o seu enquadramento e as suas condições ambientais para determinados usos (Tabela 2). Nessa resolução as águas doces são classificadas em:

- Classe especial: águas destinadas ao consumo humano, tratadas com desinfecção; à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
- Classe 1: águas destinadas ao consumo humano, após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de películas; e à proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas.
- Classe 2: águas destinadas ao consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e a aquicultura e à atividade de pesca.
- Classe 3: águas destinadas ao consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; à recreação de contato secundário; e à dessedentação de animais.
- Classe 4: águas destinadas à navegação e harmonia paisagística.

Tabela 2: Principais condições e padrões das águas doces segundo a resolução nº357/2005 do CONAMA.

RESOLUÇÃO CONAMA N°357/2005 - ÁGUAS DOCES				
PARÂMETRO	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3	CLASSE 4
Cor verdadeira	Cor natural da água	Até 75 mgpt/l ⁻¹	Até 75 mgpt/l ⁻¹	-
Turbidez	Até 40 UNT	Até 100 UNT	Até 100 UNT	-
pH	De 6,0 a 9,0			
Salinidade	Até 0,5	Até 0,5	Até 0,5	Até 0,5
OD	No mínimo 6 mg l ⁻¹ O ₂	No mínimo 5 mg l ⁻¹ O ₂	No mínimo 4 mg l ⁻¹ O ₂	No mínimo 2 mg l ⁻¹ O ₂
DBO	Até 3 mg l ⁻¹ O ₂	Até 5 mg l ⁻¹ O ₂	Até 10 mg l ⁻¹ O ₂	-
Coliformes	Até 200 NMP/100ml	Até 1000 NMP/100ml	Até 4000 NMP/100ml	-

Fonte: CONAMA (2005)

Os parâmetros físico-químicos abordados são indicadores da qualidade das águas, que por meio de interpretações e avaliações, subsidiam o monitoramento das condições deste recurso natural. O significado das alterações dos valores de cada parâmetro varia de acordo com a finalidade a que são destinadas as águas de determinados mananciais.

Após reunir os dados fornecidos pela SUDEMA, foram feitas observações das inconformidades nas condições de qualidade das águas em diferentes anos, do riacho Mussuré, rio Mumbaba e rio Gramame.

Os resultados apresentados foram confrontados com as determinações da resolução CONAMA 357/2005 e, quando considerados fora dos padrões estabelecidos, foram considerados como impactos ambientais negativos. Para efeito de análise algumas pesquisas que abordaram a qualidade das águas como indicadores de impactos ambientais foram abordadas. Os usos urbanos próximos aos rios e, os despejos de efluentes e resíduos domésticos corresponderam aos indícios de impactos negativos decorrentes da urbanização dispersa.

4.2.5 Impactos ambientais negativos no solo

Para o diagnóstico dos impactos ambientais nos solos, foi realizado um levantamento da poluição por resíduos sólidos e líquidos, de incidências de denudação do solo e de processos erosivos.

As visitas técnicas foram realizadas para observação *in loco*, nas ruas da área de estudo, cuja escolha foi feita de maneira aleatória e de acordo com o acesso a cada uma. Assim, realizou-se um mapeamento do despejo de resíduos sólidos provenientes de atividades urbanas, identificando e quantificando os pontos de lixo na área de estudo.

A partir das evidências de despejo de resíduos urbanos em zonas residenciais e seu entorno, foi possível identificar as relações entre o *urban sprawl* e os impactos ambientais negativos sobre o solo.

4.3 RELAÇÕES ENTRE O *URBAN SPRAWL* E OS IMPACTOS AMBIENTAIS NEGATIVOS DIAGNOSTICADOS

As relações entre o espraiamento urbano e os impactos ambientais diagnosticados foram identificadas por meio de observações e reflexões geradas a partir da caracterização do processo histórico de uso e ocupação das terras e dos diagnósticos de impactos ambientais negativos. A caracterização e os diagnósticos ambientais foram confrontados por meio da matriz de interações proposta por Leopold et al. (1971), exemplificada na figura 9.

As primeiras propostas para elaboração de matrizes propõem que elas sejam compostas de 100 colunas representando as ações de um dado fenômeno ou projeto, e de 88 linhas relativas aos fatores ambientais, totalizando 8.800 possíveis interações. Todavia, frequentemente, com base nas particularidades e necessidades de cada estudo, são feitas adaptações e modificações.

Figura 9- Quadro da matriz para análise de impactos ambientais.

Fonte: Leopold et al. (1971).

A matriz bidimensional simples objetiva relacionar as ações de um fenômeno ou projeto ao meio ambiente em seus elementos bióticos, abióticos e socioeconômicos (FOGLIATTI, 2004; MAVROULIDOU, 2007). Nesta pesquisa foi usada como ferramenta de análise e mensuração a matriz de Leopold et al. (1971), complementada por dados de outras pesquisas (COSTA, 2005; MOTA, 2002; SÁNCHEZ, 2013; SCHNEIDER, 2011) (Quadro 5).

Quadro 5- Matriz para análise dos impactos ambientais negativos.

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Onde:

- **Aspecto ambiental analisado:** As características do ambiente, que são observadas e aferidas em medidas, a exemplo da qualidade das águas dos rios, do desmatamento, do aumento da área edificada e da degradação do solo.
- **Impactos ambientais urbanos negativos:** As consequências negativas de atividades antrópicas decorrentes da urbanização.
- **Elementos do meio ambiente:** Os que compõem o sistema ambiental, dentro da dimensão biótica, abiótica e socioeconômica.
- **Fatos associados ao *urban sprawl*:** Os provenientes do fenômeno de espraiamento urbano verificados na pesquisa *in loco*.

4.4 CRITÉRIOS E BASES BIBLIOGRÁFICAS PARA ANÁLISE E QUANTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS

Na análise dos impactos ambientais, teve-se como referência o princípio básico da matriz de interações. O uso dessa ferramenta promove a identificação das relações entre as atividades impactantes ao meio ambiente e os fatores ambientais impactados pelas respectivas atividades, para posteriormente serem ponderadas a magnitude e a importância de cada impacto (SILVA; MORAES, 2012).

A valoração da magnitude é objetiva, pois se refere ao grau de alteração provocado pela ação de uma atividade antrópica no meio ambiente. A quantificação da importância dos impactos é relativamente subjetiva, uma vez que envolve atribuição de peso relativo baseado em evidências empíricas (COSTA, 2005 apud SILVA; MORAES, 2012).

Primeiramente a magnitude dos impactos ambientais foi aferida, resultando em valores de 0, 1, 2 ou 3, correspondendo respectivamente a magnitude de impacto nulo, magnitude de impacto baixo, magnitude de impacto médio e magnitude de impacto elevado.

Os critérios para a definição foram baseados na bibliografia sobre as consequências dos impactos negativos diretos, decorrentes de atividades antrópicas e seguem na sequência.

ÁGUAS: Os limites estabelecidos na resolução CONAMA nº 357/2005 foram as principais bases para determinar quanto a qualidade das águas foi afetada, correspondendo a impacto ambiental negativo. Para fundamentar os dados obtidos foram considerados os resultados de alguns autores (ABRAHÃO, 2006; PAZ, 1988; VON SPERLING, 1996).

VEGETAÇÃO: De acordo com Costa (2003), quanto mais reduzidos forem os fragmentos vegetacionais, maior será a susceptibilidade à extinção de espécies. A extinção de espécies é amplamente considerada na literatura como um grave impacto ambiental, tendo em vista as intensas interferências nas dinâmicas ecossistêmicas (PIRES et al., 2006; SILVA, 2011). Dantas et al. (2017) reiteram que as áreas mais fragmentadas e de menor dimensão em termos de tamanho tendem a possuir uma elevada susceptibilidade morfológica e estrutural a impactos ambientais. A redução de áreas verdes provoca aumento dos índices de impermeabilização do solo, impactando fortemente nos ciclos da água (POLIDORO; LOLO; BARROS, 2011).

TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE: De acordo com Gomes e Lamberts (2009), as propriedades térmicas dos materiais de construção e pavimentação favorecem o estoque de calor, contribuindo fortemente para o aquecimento térmico, que por sua vez impacta significativamente o microclima e conforto urbano. Dentre esses impactos, são citados na literatura: ilhas de calor urbanas e grande redução no conforto térmico (EMMANUELE; LOCONSOLE, 2015; LANDSBERG, 1981; OKE, 1981; SOBREIRA et al., 2011; YU; HIEN, 2006).

SOLO: O solo, quando impactado pela atividade do desmatamento indiscriminado e denudação completa, apresenta sérios e complexos prejuízos na sua capacidade de agregação, passando por graves processos erosivos, gerando impactos secundários (BLAIKIE apud OLIVEIRA; HARRMAM, 2012; GOUDIE, 1995 apud OLIVEIRA; HARRMAM, 2012; LEE et al., 2015). Os resíduos sólidos podem chegar a contaminar os rios, provocando a poluição do solo e dos recursos hídricos (PANTALENA; MAIA, 2014). Em médio e longo prazo, os efeitos da disposição de resíduos sólidos provocam intensos impactos negativos nas composições químicas e físicas, podendo ser reversíveis ou mesmo irreversíveis, a depender das ações de manejo e mitigação (ROSA; DALMOLIN; PEDRON, 2011).

Para definir a importância dos impactos ambientais, foram consideradas as magnitudes e a acumulação dos efeitos nos ambientes afetados. Assim, foi utilizada a formulação para a classificação do grau de importância de cada impacto ambiental negativo (Equação 4).

$$I = \frac{Mi}{ELi} \quad (4)$$

Fonte: Elaborada pela autora (2017)

Onde:

I: Medida da importância do impacto ambiental específico;

Mi: Magnitude do impacto sobre cada elemento do meio ambiente;

ELi: Elementos ambientais afetados pelo impacto ambiental.

Para aferir a situação ambiental da área de estudo, o passo posterior consistiu na ponderação de todos os impactos ambientais negativos sobre todos os elementos ambientais descritos (Equação 5).

$$Ig = \frac{It}{ELt} \quad (5)$$

Fonte: Elaborada pela autora (2017)

Onde:

Ig: Impacto ambiental negativo global

It: Todos os impactos ambientais negativos

ELt: Todos os elementos ambientais

Tendo em vista a quantidade de elementos ambientais e impactos ambientais negativos destacados neste estudo, os valores finais puderam variar entre 0 e 3. Desse modo, foram considerados impactos de **baixa significância** aqueles de 0 a 1; de **média significância** 1,1 a 2 e; de **elevada significância** os que apresentaram valores entre 2,1 e 3.

Assim, foram considerados três contextos de degradação ambiental nos níveis supracitados, sendo mais bem detalhados.

O contexto de degradação ambiental da área de estudo poderá ser classificado em **impactos negativos de baixa significância** quando apresentarem um conjunto de fatores cujas principais características serão: a ausência de desmatamento sem reposição dos espaços naturais; a ausência de riscos aparentes de extinção de espécies da biota; a ausência de inconformidades na qualidade das águas enquanto recurso natural, de acordo com os padrões de qualidade do CONAMA e, sem indicadores de provável queda nas condições vigentes; as taxas de impermeabilidade dos solos são baixas, e não há indicadores de ilhas de calor urbanas; ocorre a ausência de indicadores de contaminação nos solos, e as condições de salubridade relativas ao saneamento não interferem na qualidade dos recursos como água e solo.

O contexto de degradação ambiental da área de estudo poderá ser classificado em **impactos negativos de média significância** quando apresentar um conjunto de fatores cujas principais características serão: a supressão da vegetação sem controle adequado de sua devastação, embora haja uma relação positiva entre espaço natural e edificado; a ausência de extinção de espécies, embora haja a presença do risco; as condições de qualidade das águas não estão majoritariamente dentro dos parâmetros de qualidade, e há evidências de provável piora nas condições vigentes; e a presença difusa de indicadores de contaminação do solo.

O contexto de degradação ambiental da área de estudo poderá ser classificado em **impactos negativos de elevada significância** quando apresentarem um conjunto de fatores cujas principais características serão: a ocorrência de vegetação predominantemente suprimida, e sem aparente controle do desmatamento do restante da vegetação; a ocorrência ou a provável ocorrência de extinção de espécies; as condições das águas totalmente fora dos padrões de qualidade ambiental, sem evidência de controle da poluição ou de melhora dessas condições; possível queda na produtividade do solo, principalmente no que tange a vegetação; as condições de salubridade demonstram provocar situações de perigo químico e/ou biológico iminente, principalmente quando ocorrerem inundações.

**Caracterização do processo histórico de
uso e ocupação do solo de João Pessoa, na
direção do rio Gramame**

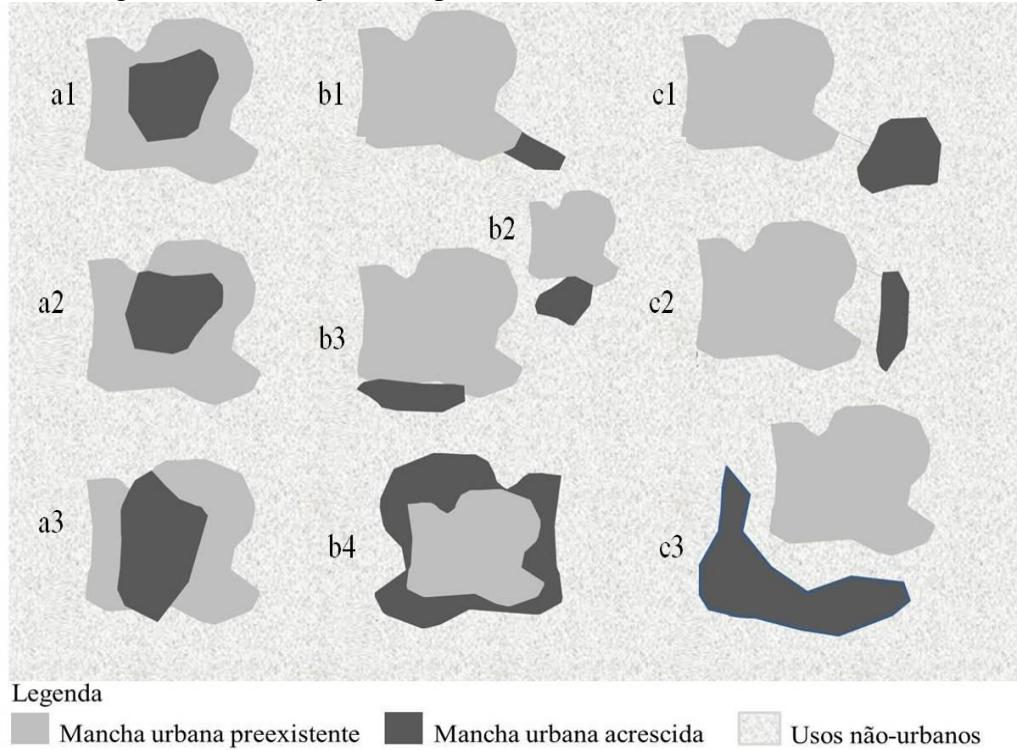
Neste capítulo encontra-se a caracterização do processo histórico de uso e ocupação do solo no município de João Pessoa, observando o tipo de crescimento do seu tecido urbano e os principais fatores históricos associados ao *urban sprawl*. Esses dados oferecem uma base teórica e empírica necessária à compreensão das transformações de uso das terras, dos conflitos de uso e ocupação e dos impactos ambientais negativos.

5.1 TIPOS E TENDÊNCIAS DE CRESCIMENTO DO TECIDO URBANO DO MUNICÍPIO

As investigações acerca do comportamento e crescimento do tecido urbano de uma cidade são relevantes no âmbito dos estudos urbanos, dada a sua aplicabilidade na temática ambiental. Neste sentido, Silva et al. (2015), ao analisar o processo de crescimento da mancha urbana de João Pessoa, identificaram 3 tipos de crescimento diferentes: crescimento de borda, crescimento isolado e crescimento por preenchimento. Os autores classificaram o comportamento da mancha urbana de acordo com as recomendações de Araruna e Bentes (2013) e Inostroza et. al. (2013), considerando:

- a) Preenchimento, quando os espaços acrescidos à mancha urbana foram estabelecidos em áreas cujo entorno, ao menos 75% do perímetro, já estava ocupado anteriormente (mancha urbana preexistente) (Figura 10a);
- b) Borda, quando os “novos” espaços da mancha urbana foram estabelecidos em áreas periféricas do tecido, geralmente em áreas limítrofes entre os usos urbanos e não-urbanos (área rural e/ou áreas de preservação) (Figura 10 b);
- c) Isolado, quando os espaços acrescidos à mancha urbana estão em descontinuidade máxima ao tecido preexistente, representando espaços urbanos isolados (e/ou de baixa conectividade, unindo-se, por exemplo, ao tecido preexistente por uma via) que, em geral, são circundados por usos não-urbanos (Figura 10c).

Figura 10- Ilustração dos tipos de crescimento da mancha urbana.



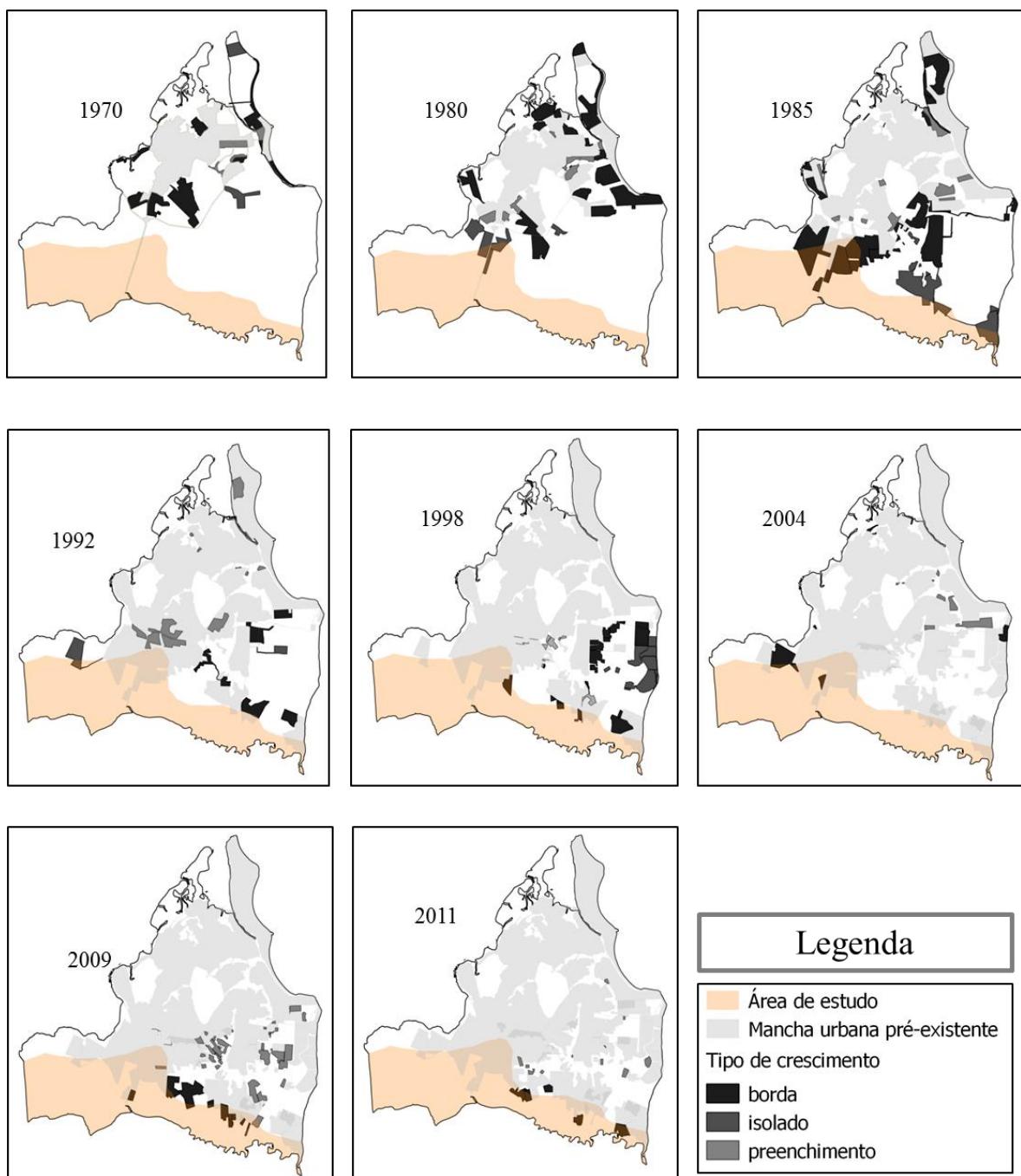
Fonte: Silva et al. (2015) adaptado de Araruna e Bentes (2013) e Inostroza et. al. (2013).

A aplicação deste estudo possibilitou que Silva et al. (2015) identificassem e classificassem os tipos de crescimento da mancha urbana do município de João Pessoa, tendo como recorte temporal os anos de 1963 a 2011. Os autores identificaram um padrão geral de crescimento de borda (sendo superior a 70%), especialmente entre os anos de 1963 e 1985 (Figura 11). Nos anos seguintes, e até 1998, o avanço da mancha urbana por crescimento de borda passa a ser acompanhado pelo tipo de crescimento isolado, indicando dispersão urbana (SILVA et al., 2015).

Em contraponto, o crescimento por preenchimento segue uma lógica diferente, tendendo a conservar as áreas verdes e demais espaços naturais, apresentando distâncias mais curtas e menores custos com manutenção e promoção de infraestrutura urbana e ambiental (ALLY; ATTWA, 2013).

Entre 2004 e 2009, o crescimento por preenchimento ocorreu principalmente na zona sul do município, continuando até o ano de 2011 que, por sua vez, apresentou o crescimento de borda (SILVA et al., 2015). Com base nesse estudo, foi possível identificar espacialmente o avanço da mancha urbana do município, em sua maior parte, direcionado ao sul do território municipal.

Figura 11- Tipo de distribuição da mancha urbana do município de João Pessoa.



Fonte: Adaptado de Silva et al. (2015).

Estendendo as reflexões para 2016, são verificadas as transformações socioespaciais decorrentes de políticas de habitação social, que influenciaram diretamente o avanço do tecido urbano na porção sul, onde se localiza a bacia do rio Gramame (Quadro 6).

Na década de 1960, a ampliação e construção de trechos de conexão com a BR-230 influenciou fortemente nas ocupações das proximidades, principalmente com a efetivação os conjuntos habitacionais nas periferias ao sul do município.

Quadro 6- Eventos associados à expansão urbana de João Pessoa na direção Sul.

Ano	Eventos associados à expansão do tecido urbano de João Pessoa na direção Sul
1962	Ampliação e construção de trechos de conexão com a BR-230, especialmente na direção sul, conectando a área central da mancha urbana de João Pessoa com a BR-101.
1964	Abertura do Banco Nacional da Habitação (BNH), com o intuito de articular a política nacional de habitação e estimular a construção de habitações de interesse social, bem como o financiamento da casa própria, principalmente para população de baixa renda.
1969	Surgimento do bairro Castelo Branco
1971	Construção do conjunto habitacional Costa e Silva (CAVALCANTI, 1999).
1975-1979	Implantação de três conjuntos habitacionais em bairros periféricos da cidade: Ernani Sátiro, Ernesto Geisel, e José Américo, com financiamento pela Companhia Estadual de Habitação Popular (CEHAP). Aceleração do processo de favelização da cidade.
1980	Implantação dos conjuntos habitacionais: Grotões, Valentina Figueiredo, Funcionários II e os conjuntos Mangabeira I e II.
1985	Loteamento, mas sem ocupação do bairro de Barra de Gramame.
A partir de 2000 até 2016	Ocorreram transformações no cenário das políticas públicas para habitação de interesse social, podendo ser vinculadas ao crescimento da mancha urbana no período de 2004 a 2009. Aumento da preferência por áreas periféricas (bairros de Gramame e Muçumagro), onde o preço da terra é mais baixo. Implantação de mais conjuntos habitacionais decorrentes de políticas de urbanização de assentamentos precários no bairro Costa e Silva. Verticalização mais acentuada.

Fonte: Adaptado de SILVA et al. (2015).

A partir do final da década de 1970, os conjuntos habitacionais que formaram os bairros de Ernani Sátiro, Ernesto Geisel, e José Américo davam sinais que corroboravam com as evidências de distensão da malha urbana. A criação dos conjuntos habitacionais no Grotão, Valentina Figueiredo, Funcionários e Mangabeira, nos anos 1980, evidenciou a tendência de continuação das ocupações urbanas em áreas mais distantes do centro consolidado. A partir de 2000 é observado na periferia do município, a existência de loteamentos em construção e a preferência pelos bairros de Gramame, Muçumagro e Barra de Gramame.

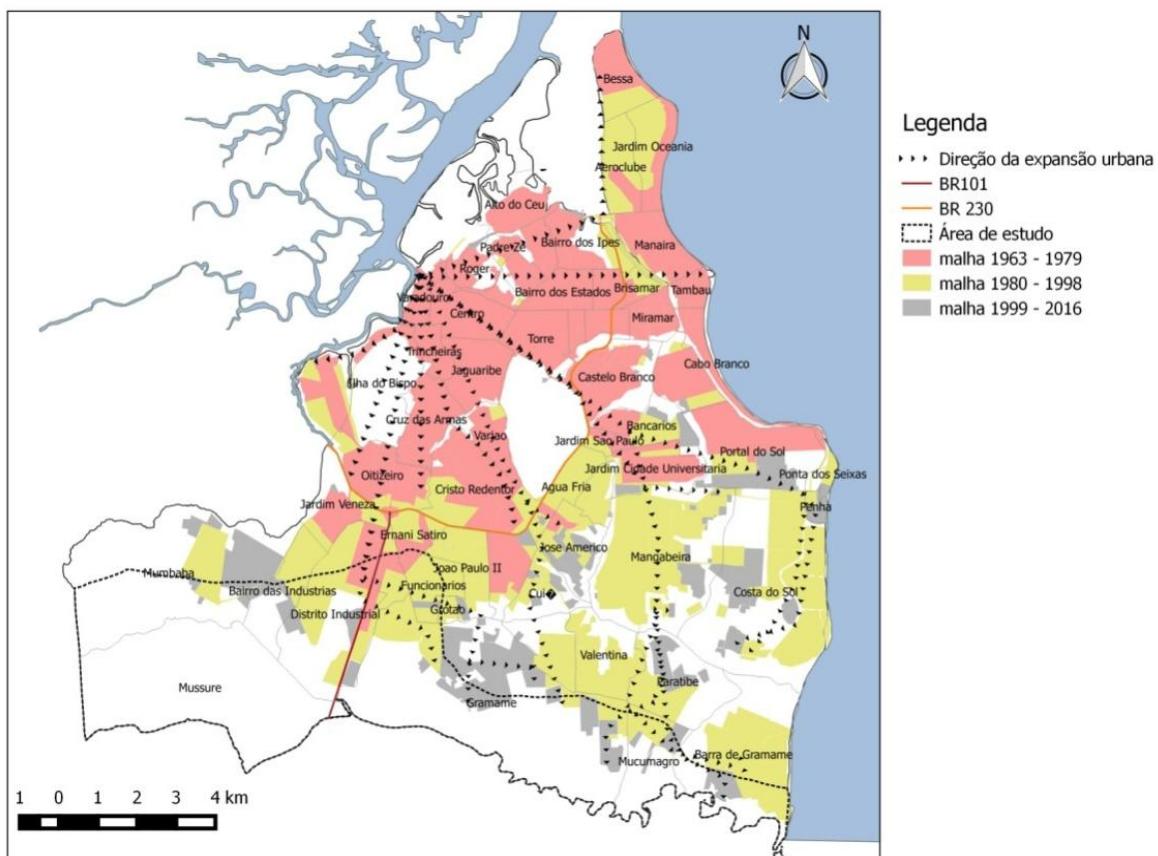
5.2 CRESCIMENTO ESPRAIADO E A PRESSÃO URBANA SOBRE O MEIO AMBIENTE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRAMAME

O crescimento do tecido urbano no município de João Pessoa foi direcionado predominantemente para a zona sul, onde se localiza a Bacia hidrográfica do rio Gramame, onde essa forma de extensão espacial foi mais expressiva na década de 1990. Esse fato compôs um cenário no qual as manchas urbanas estenderam-se para localidades mais distantes do centro consolidado, substituindo áreas verdes por espaços edificados (SILVA et al., 2015).

Essa configuração provavelmente se deu devido a diversos fatores políticos e socioeconômicos, dentre eles as políticas habitacionais e de infraestrutura para acessibilidade e mobilidade nas periferias urbanas. O fato pôde ser observado uma vez que as áreas de expressiva urbanização tiveram a sua produção associada ao estabelecimento de vias, como a BR 230, nos espaços contíguos ao centro da cidade; a Avenida Cruz das Armas, seguindo pela BR 101 (borda sul- sudoeste); e a Avenida Hilton Souto Maior, dando continuidade pela PB 008 (sul-sudeste) (Figura 12).

As vias e os conjuntos habitacionais são considerados fortes elementos geradores e reguladores do espaço intraurbano. Nesse aspecto, Santos (2007) ressalta que com relação a alguns conjuntos habitacionais, o poder público, através de políticas de habitação social, tende a instalar a população de baixa renda em localizações limítrofes do perímetro urbano municipal, contribuindo para a dispersão urbana.

Figura 12- Direção de crescimento da mancha urbana do município de João Pessoa

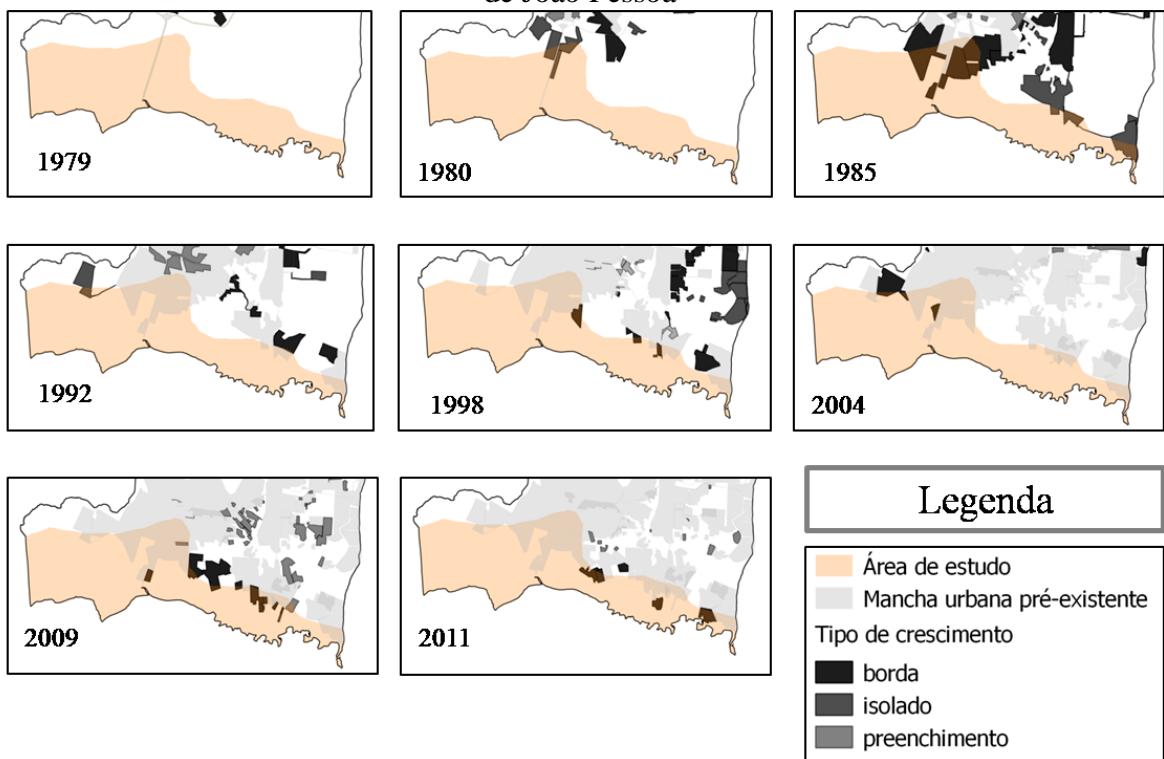


Fonte: Modificado de Silva et al. (2015).

Nas periferias ou nas localizações ainda não urbanizadas, frequentemente, os terrenos são mais baratos, tornando-se financeiramente atrativos às classes de baixa renda (LIMA et. al., 2014). Esse fator pode ser considerado como primordial para as transformações no espaço urbano, principalmente no âmbito imobiliário, alimentando o cenário de espraiamento, seja por meio de um crescimento de borda, isolado ou por preenchimento.

Na área de estudo, o tipo de crescimento da mancha urbana observado com maior preponderância foi o de borda (Figura 13). A partir do início da década de 1980 foi verificado o crescimento isolado e, posteriormente, nos anos de 1985, 1998, 2004, 2009 e 2011 o tipo de crescimento de borda foi o que melhor representou a estrutura de distribuição do tecido urbano da periferia sudoeste do município. O crescimento isolado observado em 1980 e 1992 foi acompanhado do crescimento de borda.

Figura 13- Tipo de crescimento da mancha urbana na bacia hidrográfica do rio Gramame de João Pessoa



Fonte: Adaptado de Silva et al. (2015).

As tendências de uso e ocupação do solo são aspectos relevantes a serem observados nesse contexto, dada a sua influência na configuração urbana e ambiental. De acordo com Santos (2007), no município de João Pessoa, o bairro Costa e Silva teve o seu surgimento a partir da implantação dos primeiros conjuntos habitacionais destinados à população de baixa renda desde 1971. Nos dias atuais, é possível ainda observar que nesta localidade ainda existem assentamentos humanos em implantação, destinados ao mesmo perfil socioeconômico.

Fatos como esse, como mostra a figura 14, apontam para a distribuição da mancha urbana na forma do tipo borda. Esse fato mostra um cenário de agravamento da supressão de áreas verdes.

Figura 14- Urbanização de assentamentos precários (Bairro Costa e Silva).



Fonte: Google (2016).

No bairro de Funcionários, as áreas com ocupações urbanas seguiram acompanhando o curso da rodovia BR-101, principalmente entre os anos de 1963 a 1979. A configuração social e ambiental desta localidade é caracterizada por assentamentos extremamente próximos ao leito do riacho Mussuré.

Os conflitos de uso e ocupação do solo em áreas de preservação permanente potencializam uma conjuntura de insalubridade, devido às carências nos sistemas de infraestrutura de saneamento (Figura 15).

Figura 15- Ocupação urbana em área de preservação permanente (Bairro Funcionários).



Fonte: Google (2016) à esquerda; Próprio Acervo (2016) à direita.

Nas localidades dos bairros de Gramame, Muçumagro e Barra de Gramame são verificadas ocupações urbanas datadas de 1980. O investimento imobiliário nessa

localidade, especialmente em Gramame e Muçumagro ocorre, sobretudo devido à disponibilidade de áreas destinadas a usos residenciais e ao baixo custo das terras.

Em Barra de Gramame, o interesse imobiliário ocorre devido a sua proximidade com o oceano, o que traz como principais características de ocupação as segundas residências, destinadas ao turismo e ao lazer. Estas características refletem as discrepâncias socioeconômicas, conforme são identificados grandes terrenos vazios e a implementação de projetos de residências destinados às pessoas de alta renda. Estes fatos indicam o aumento e avanço da malha urbana em direção às áreas verdes (Figura 16).

Nesse aspecto, Ribeiro et al. (2016a) ressaltam que na cidade dispersa existem muitos vazios urbanos, na maioria das vezes não tratados, ou terrenos privados subutilizados (sob especulação). Os autores ainda corroboram que o incentivo à dispersão diminui a pressão de ocupação sobre as áreas vazias, já que receberam incentivos para dispersão de novas áreas a serem valorizadas pelos investimentos de capital público.

Figura 16- Ocupações urbanas recentes.



*1) Verticalização; 2) Delimitação de terreno destinado a condomínio residencial; 3) Edificação em área de ocupação predominantemente de segundas residências. 4) e 5) Venda de lotes em área de ocupação predominantemente de segundas residências.

Fonte: Google (2016). Acervo pessoal (2017).

Sobre as tendências de expansão da malha urbana, Miranda (2008) comenta que quando ocorre o interesse do poder público para a realização de novos parcelamentos urbanos, esse perímetro é estendido na direção de zonas rurais. A autora reitera que esta não se configura a melhor medida, tendo em vista que frequentemente comprometem áreas de preservação de mananciais e de cobertura vegetal.

As ocupações mais recentes, no contexto do espraiamento urbano, tendem a se estender por localidades onde, comumente, existem espaços livres e com cobertura vegetal densa, sendo muitas vezes fragmentos dotados de importantes ecossistemas naturais (JAKOB, 2002; PASSOS et al., 2012).

Nessa perspectiva, a implantação de novos conjuntos habitacionais, assim como a presença de terrenos vazios, em bairros como Muçumagro e Gramame, são considerados como dois importantes fatos que indicam que as ocupações urbanas se encontram cada vez mais próximas às áreas de proteção ambiental (Figura 17).

Figura 17- Terrenos vazios e Conjuntos Habitacionais (bairro Muçumagro).

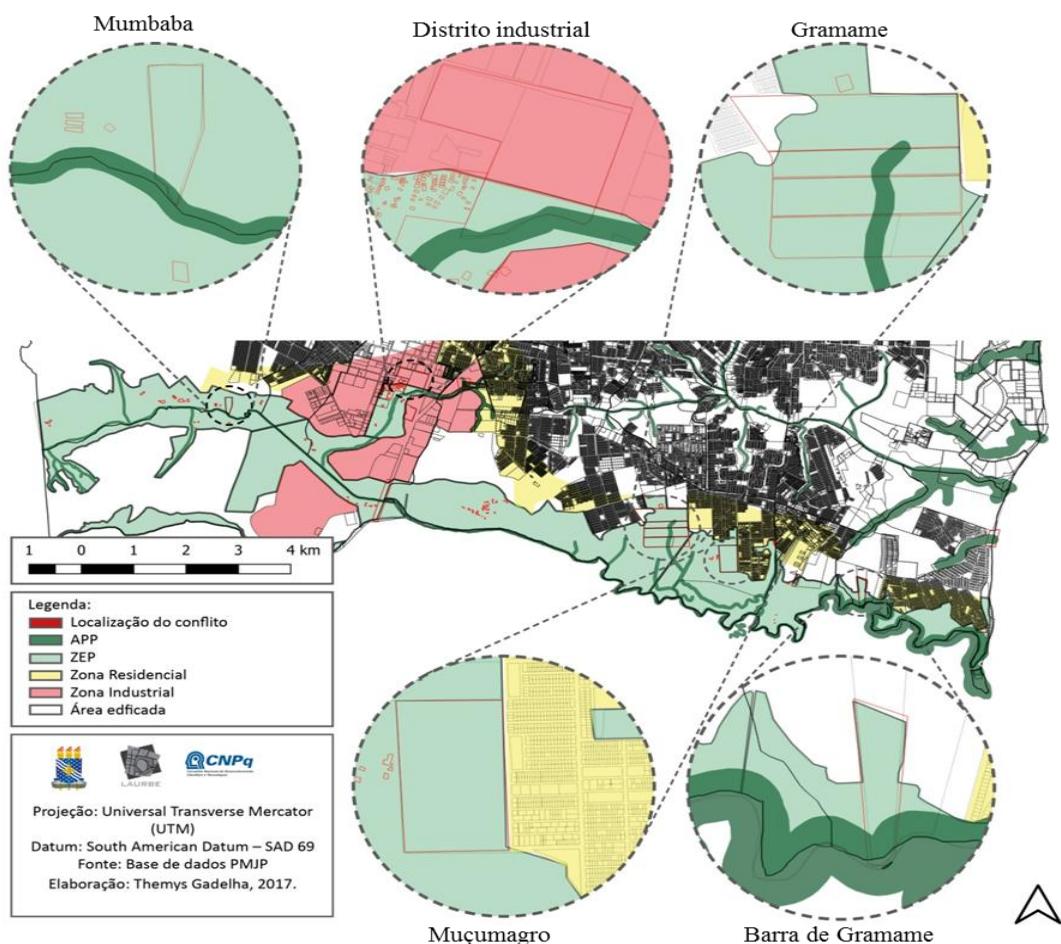


Fonte: Google (2017).

No que tange a proteção ambiental, essa gradativa proximidade da malha urbana aos espaços naturais, frequentemente tendem a gerar conflitos de uso e ocupação do solo.

Desse modo, na borda sul de João Pessoa, Silveira e Gadelha (2017) identificou 395 conflitos de uso e ocupação do solo nas áreas de preservação permanentes (Figura 18). Foram consideradas como conflitos, as ocupações que se encontram em desacordo com os usos permitidos pelo Código de Urbanismo (as ZEPs) e pelo Código Florestal (as APPs).

Figura 18 – Conflitos de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Gramame.



Fonte: Silveira e Gadelha (2017).

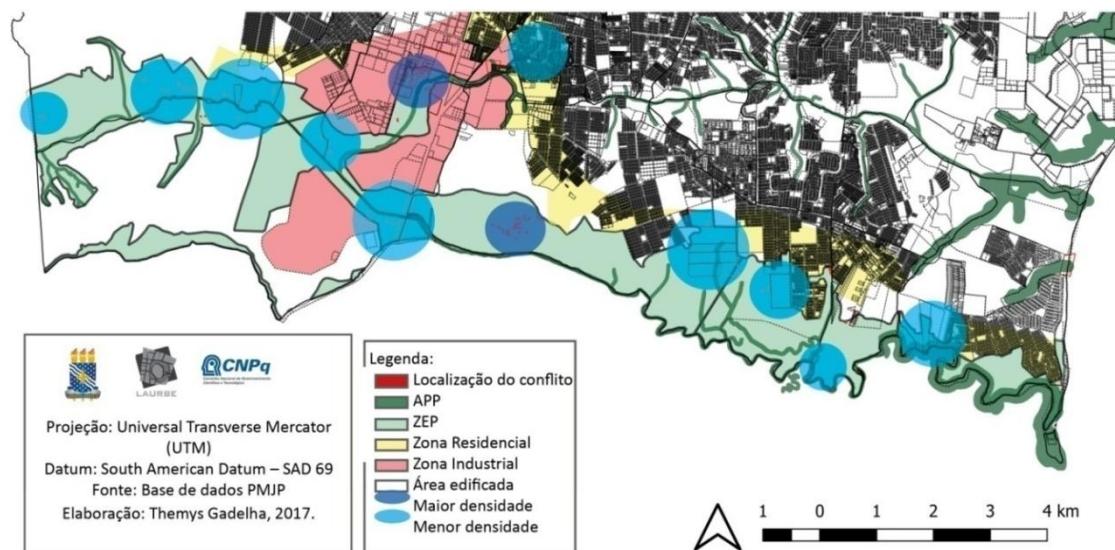
Frequentemente os lotes que se encontraram nessa situação, embora ainda não estejam consolidadas com massas edificadas, indicaram a tendência de futuras ocupações, podendo provocar intensas degradações ambientais.

Nessa pesquisa, também foi verificado que no bairro do Distrito industrial, o crescimento de borda foi verificado desde 1980, apontando para possíveis ocupações urbanas nas APPs.

No final da década seguinte até os anos 2011, são observadas as primeiras ocupações por crescimento de borda na localidade que atualmente é a ZEP, no bairro de Gramame. O mesmo tipo de crescimento associado à conjuntura de conflitos de uso e ocupação do solo em áreas verdes foi observado nos anos de 2004 a 2011, nos bairros de Mumbaba, Muçumagro e Barra de Gramame.

As localidades que apresentaram as maiores densidades de lotes em conflito de uso e ocupação encontram-se nos bairros de Distrito Industrial e Gramame (SILVEIRA; GADELHA 2017). Estas, inclusive, foram as que apresentaram predominantemente um crescimento do tipo borda nos anos 1985 e 2011, respectivamente.

Figura 19– Localidades de maiores e menores densidades de conflitos de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Gramame.



Fonte: Silveira e Gadelha (2017).

Os conflitos de uso e ocupação do solo em áreas sensíveis impactos ambientais, como as áreas de preservação permanente, constituem indicadores de impactos ambientais.

Visto a função de proteção ambiental dos espaços naturais contidos nas áreas verdes, acredita-se que os conflitos de uso e ocupação do solo nestas localidades figuram fatos urbanos preocupantes, no que tange ao equilíbrio ecológico. Esse problema tende a se agravar ao passo que as ocupações avançam e se sobreponem a áreas de preservação permanentes.

Diante do exposto e, considerando o contexto de urbanização crescente no município de João Pessoa, é observado que o espraiamento de tecido urbano tende a se estender para onde se localizam os espaços naturais. Dada essa conjuntura, que aponta para possíveis efeitos negativos sobre o meio ambiente, segue adiante os diagnósticos dos impactos ambientais sobre a na Bacia Hidrográfica do rio Gramame em João Pessoa.

**Diagnóstico dos impactos ambientais
urbanos na bacia hidrográfica do rio
Gramame em João Pessoa**

Os impactos ambientais urbanos são instigantes objetos de estudo, dada a sua complexidade e dinâmica no que diz respeito às suas causas e interrelações. No contexto urbano, as relações entre o sistema ambiental e as atividades antrópicas são constatadas a partir da observação sobre as transformações dos usos e ocupações das terras e suas implicações no meio ambiente.

Neste capítulo são apresentados os impactos ambientais negativos na Bacia hidrográfica do rio Gramame em João Pessoa, e as correlações com o crescimento urbano espraiado. Para isto, inicialmente será apresentado o levantamento das transformações de uso e ocupação das terras e, posteriormente, são descritos os impactos ambientais negativos sobre a vegetação, temperatura de superfície, rios urbanos e solo.

6.1 TRANSFORMAÇÕES NO USO E OCUPAÇÃO DAS TERRAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRAMAME EM JOÃO PESSOA

A identificação da apropriação dos elementos naturais e do uso das terras em uma área urbana é considerada um importante elemento nos estudos ligados ao quadro de impactos ambientais e expansão urbana (MENDONÇA, 1999). A compreensão das dinâmicas que envolvem essas mudanças no ambiente é efetivada por meio das análises sobre os usos e ocupações (SOUZA; SILVA, 2011).

Para identificar as referidas transformações, foi utilizado inicialmente o procedimento de classificação supervisionada com imagens de satélite captadas em duas datas diferentes (05/11/1991 e 24/11/2016), resultando na definição das classes: vegetação arbórea, vegetação arbustiva, área edificada, solo exposto e água (Tabela 3).

Analizando os resultados, foi observado que em 1991 as classes de área edificada, vegetação arbustiva e vegetação arbórea foram os principais usos existentes no município, inclusive na área de estudo (Figura 20). As classes de solo exposto e água ocupavam as menores porções nessa data.

Comparando os dados referentes às duas datas, nota-se a diminuição da área vegetada, especialmente de vegetação arbórea, cuja supressão foi de 16 Km². Uma maior redução foi ocorrida na classe de vegetação arbustiva (diminuiu 50 km²), além de apresentar uma tendência geral de sua substituição por área edificada, por constituírem

lotes não ocupados. Esta última, diferentemente das demais, teve um expressivo crescimento de aproximadamente 36 km².

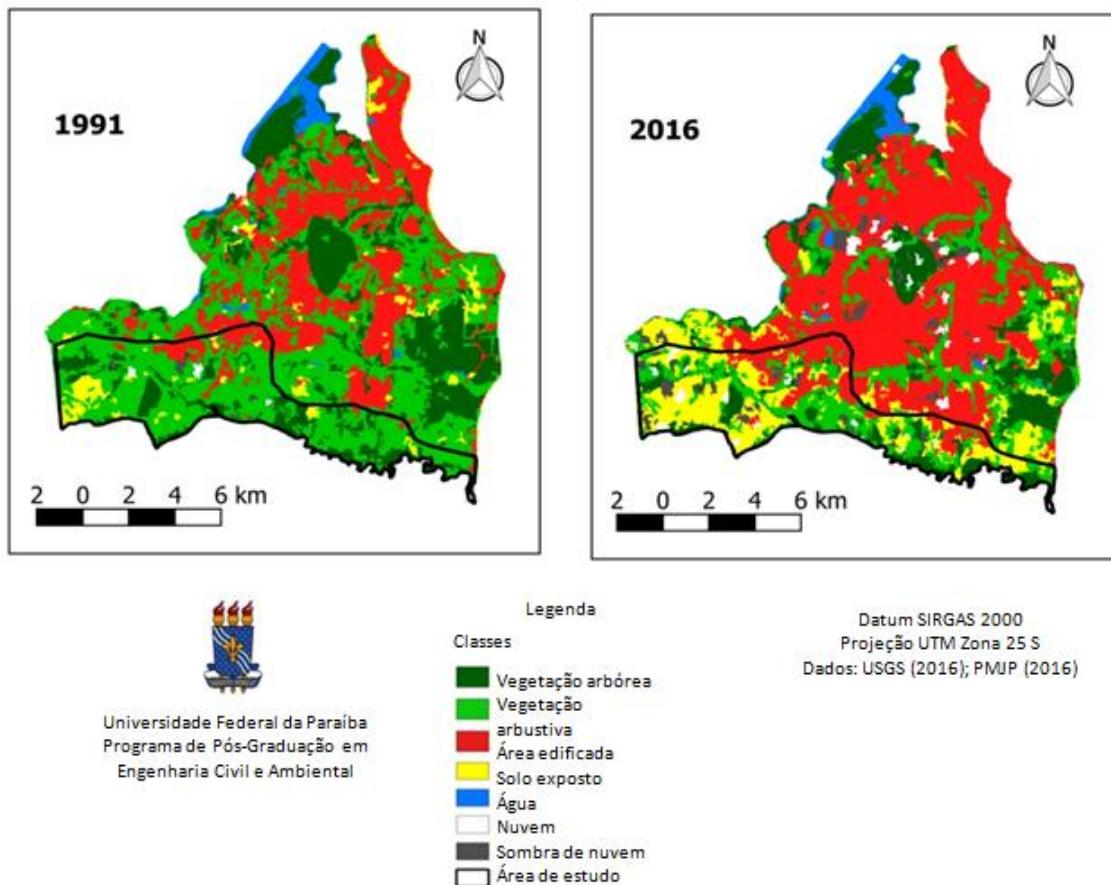
Tabela 3: Classes de uso e ocupação das terras.

CLASSE	1991	2016
Vegetação arbórea (Km ²)	46.4	30.1
Vegetação arbustiva (Km ²)	93.3	41.7
Área edificada (Km ²)	56	91.8
Solo exposto (Km ²)	9.4	30.4
Água (Km ²)	5.6	5.3

Fonte: Elaborada pela autora (2017).

A influência da BR-101 nas ocupações em suas proximidades foi observada especialmente nos bairros de Funcionários, Bairro das Indústrias e Distrito Industrial, corroborando com os resultados de Souza e Silva (2011) e Silva et al. (2015). Ao sudeste da área de estudo, os Bairros de Gramame e Muçumagro, principalmente, apresentaram expressivo aumento da área edificada, do solo exposto e crescimento de áreas peri-urbanas (Figuras 20 e 21). O aumento de área da classe solo exposto nesses bairros é destacado principalmente devido a demarcação de lotes nas zonas residenciais, destinados tanto para as classes mais abastadas quanto para as classes de baixa renda.

Figura 20- Transformações espaciais no uso e ocupação do solo de João Pessoa, nos anos de 1991 e 2016.



Fonte: Elaborado por Cynthia Alves, Joyce Priscilla e Roberta Cristina (2017).

Apesar de tratar-se de uma área considerada socioespacialmente mais segregada, de acordo com os estudos de Castro et al. (2015), distante do centro consolidado da *urbe*, e que apresenta condições de acessibilidade e mobilidade escassas, essa localidade possui forte atrativo devido a presença de ambientes naturais e praia (muitas vezes associado à uma suposta melhor qualidade de vida).

As análises feitas por Villaça (1998, p. 141-142) revelam a segregação como um “processo fundamental para a compreensão da estrutura espacial urbana; é um processo segundo no qual, diferentes classes sociais tendem a se concentrar cada vez mais em diferentes regiões ou conjuntos de bairros das cidades”. Nos bairros Distrito Industrial e Funcionários, esta estrutura espacial urbana tem como principal característica o assentamento de populações de baixa renda em locais de infraestrutura mais precária e comumente nas margens dos rios urbanos.

Figura 21- Área peri-urbana no bairro de Gramame.



Fonte: DIEP/PMJP (2012).

Na expansão urbana, as periferias são importantes objetos de estudo das dinâmicas socioespaciais das cidades, pois refletem as relações de uso e apropriação do espaço urbano ao longo da história. As referidas áreas, frequentemente, apresentam uma realidade problemática, de carências nos sistemas de serviços urbanos e de proteção ambiental (PASSOS et al., 2012; LIMA et al., 2013; SANTOS-JÚNIOR et al., 2014; ANJOS et al., 2014).

6.2 IMPACTOS AMBIENTAIS NA VEGETAÇÃO

Os espaços naturais, principalmente aqueles providos de vegetação remanescente, são elementos da paisagem urbana que exercem influência ambiental positiva, especialmente no conforto térmico urbano. Todavia, essa cobertura vegetal tem sido afetada no processo de transformação espacial ao longo do tempo, sendo reduzida a fragmentos progressivamente menores e mais sensíveis a pressões urbanas (ANJOS, 2014).

Na área de estudo, os fragmentos de vegetação remanescentes tiveram uma redução de 24 km² de vegetação arbórea, no intervalo entre 1991 e 2016, conforme está quantificado na Tabela 4. Assim, as áreas com cobertura vegetal que antes correspondiam a 62% da área de estudo, passou a equivaler a 45%. A redução da vegetação arbórea impacta negativamente nos aspectos microclimáticos, diminuindo a capacidade de de essas áreas verdes promoverem serviços ambientais como a redução da temperatura e a promoção do conforto ambiental térmico urbano (YU; HIEN, 2006; REN et al., 2013).

Dantas et al. (2017) observaram que esses fragmentos de vegetação possuem um maior grau de fragilidade ambiental e, em contraponto a isso, as maiores porções apresentam maior resistência as pressões urbanas. O cenário de supressão de remanescentes florestais desses espaços, muitas vezes é acompanhado de sérias implicações cumulativas à qualidade do ar e, para a fauna e flora, com o desaparecimento de espécies, caso não sejam tomadas medidas preventivas e corretivas.

Tabela 4: Redução de áreas vegetadas nos anos de 1991, 2006 e 2016.

CLASSE	1991	2016
Vegetação arbórea (Km ²)	32,7	8,30
Vegetação arbustiva (Km ²)	4,5	14,5
Área edificada (Km ²)	3,7	8,6
Solo exposto (Km ²)	0,3	17,5
Água (Km ²)	11,6	0,2

Elaborada pela autora (2017)

Houve aumento da classe de solo exposto nos bairros de Mumbaba e Mussuré. Isto se deve ao uso agrícola, principal característica desta localidade.

Nos bairros do Distrito Industrial e Funcionários, a vegetação rala foi gradualmente substituída pela classe de área edificada. Em Muçumagro e Barra de Gramame, a classe de vegetação arbustiva foi substituída por solo exposto (solo exposto aumentou 17,2 km², correspondendo a 32% da área de estudo), decorrente principalmente da delimitação de quadras e lotes para implantação de edificações (Figura 22).

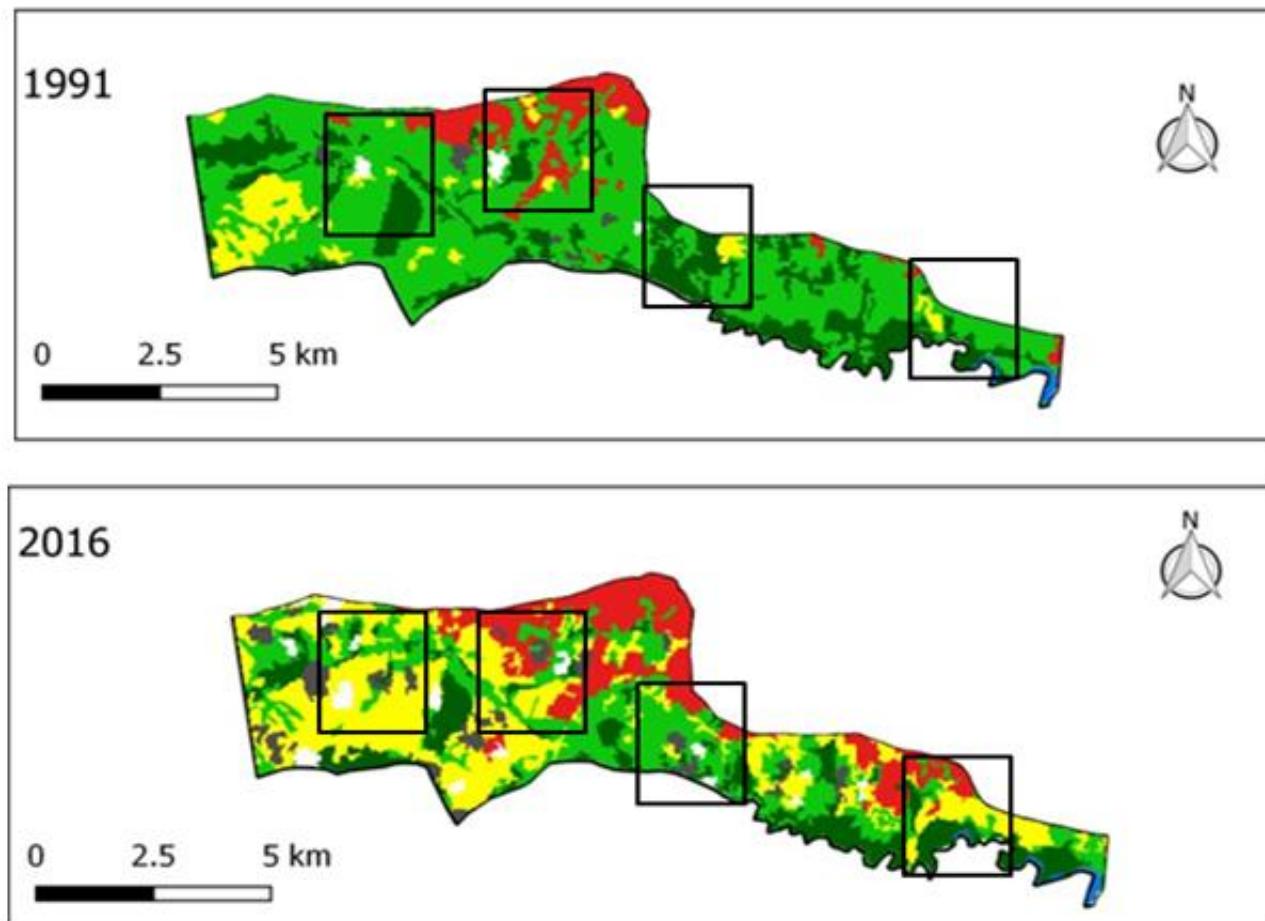
A fragmentação das áreas verdes foi observada com maior evidência em Mumbaba, Mussuré, e nas proximidades do Distrito Industrial. Os fragmentos que tiveram a área reduzida tendem a compor um quadro de espécies da biota com risco de extinção, pois, apresentam redução de recursos e de indivíduos acarretando numa baixa variabilidade genética em suas populações (COSTA, 2003 apud DANTAS et al. 2017).

Quanto à susceptibilidade a impactos ambientais, os fragmentos de vegetações em diversos bairros, e especialmente nos bairros de Funcionários, Mumbaba e Gramame, possuem elevada fragilidade ambiental. De acordo com os achados de Dantas et al. (2017), as áreas mais fragmentadas e de menor dimensão em termos de tamanho, possuem uma elevada susceptibilidade morfológica e estrutural a impactos ambientais negativos, que se intensificam na medida que a urbanização é direcionada para essas localidades.

As observações e reflexões sobre a problemática levantada neste tópico possibilitam analisar e aferir os impactos ambientais na área estudada, destacando que a supressão da vegetação arbórea ocorre devido ao espraiamento do tecido urbano.

A redução da área de vegetação densa foi uma importante evidência das principais consequências do *urban sprawl* sobre o meio ambiente. Entre os principais impactos prováveis estão a susceptibilidade a extinção de espécies da biota e, a redução da capacidade de amenização no climática. É necessário salientar que as tendências de avanço da malha urbana poderão tornar esse quadro de devastação ambiental ainda mais agravado e de difícil reversão, caso medidas preventivas não sejam tomadas.

Figura 22- Classes de uso das terras. Supressão vegetacional.



Fonte: Elaborado por Cynthia Alves, Joyce Priscilla e Roberta Cristina Cristina (2017)



Universidade Federal da Paraíba
Programa de Pós-Graduação
em Engenharia Civil e Ambiental

6.3 VARIAÇÕES NA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE

A análise da temperatura de superfície foi realizada objetivando verificar associações entre as possíveis alterações com a mancha urbana do município. Desse modo, foram utilizadas imagens de satélite para serem comparadas e associadas aos mapas de uso e ocupação das terras.

Na cena de 1991 a temperatura mínima observada foi de 23°C, enquanto na cena 2016 foi de 24° C. As máximas temperaturas identificadas variaram entre 31°C e 37°C, sendo esta última correspondente a data de 2016 (Figura 23).

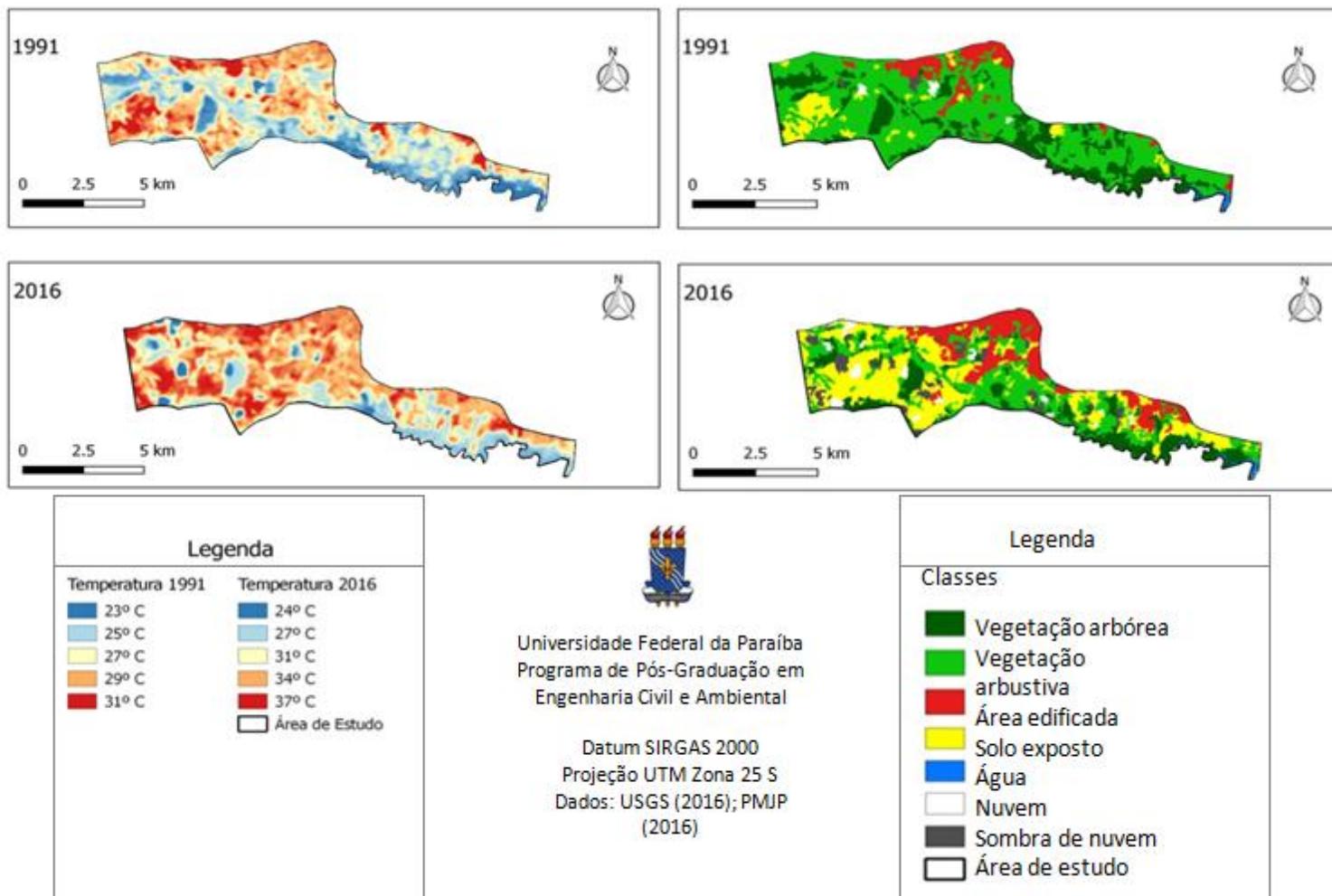
Observando a relação entre as classes de uso das terras e as diferentes temperaturas de superfície, verifica-se que nas áreas de mancha urbana e solo exposto encontram-se as temperaturas mais elevadas, enquanto nas áreas de vegetação densa as temperaturas são mais baixas. Esse fato ocorreu nas três datas, reafirmando os resultados encontrados por Sobreira et al. (2011) e Souza, Silva e Silva (2016), que observaram as relações entre a área edificada, a vegetação e a temperatura de superfície em diferentes intervalos temporais no município de João Pessoa.

Em parte isso se deve ao fato de as propriedades térmicas dos materiais de construção e pavimentação favorecerem o estoque de calor, contribuindo fortemente para o seu aquecimento, que por sua vez impacta significativamente o microclima urbano, por contribuir no aumento da temperatura do ar (GOMES; LAMBERTS, 2009).

Nessa perspectiva, Souza, Silva e Silva (2016) ressaltam que no período de 1991 a 2010, no município de João Pessoa, houve aumento da temperatura de superfície, sobretudo nas porções oeste, leste e sul, em função da substituição da área vegetada pela área edificada, com materiais como asfalto e concreto. Yu et al. (2006) e Emmanuel e Loconsole (2015) ressaltam a influência de espaços vegetados como esses na redução das temperaturas elevadas e ilhas de calor, principalmente em áreas urbanizadas.

A temperatura de superfície apresentou índices mais elevados sobre a mancha edificada e áreas com solo exposto, em comparação com as aquelas dotadas de vegetação densa e rala, nas três datas.

Figura 23- Variação da temperatura de superfície e uso e ocupação do solo, nos anos de 1991 e 2016.



Fonte: Elaborada por Cynthia Alves, Joyce Priscilla e Roberta Cristina (2017)

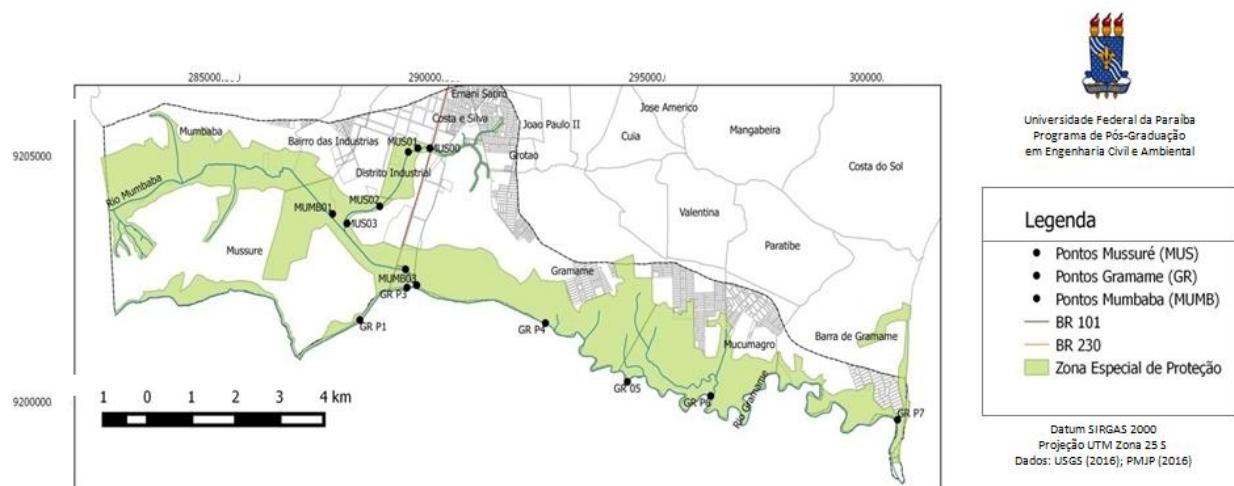
As análises realizadas referentes à temperatura de superfície relacionada ao uso e ocupação das terras permitiram identificar fatos que apontam para a importância das áreas verdes no conforto ambiental. Foi mostrado, através do mapeamento das temperaturas em áreas edificadas, de solo exposto e de cobertura vegetal, que as áreas edificadas e de solo exposto apresentaram as temperaturas mais elevadas. Essas duas últimas classes de uso foram gradativamente substituindo as áreas de vegetação rala e densa que, por sua vez, apresentaram os valores mais baixos de temperatura.

Com base no exposto e considerando o avanço das áreas edificadas e a redução da área de vegetação densa, é possível identificar que a expansão urbana presente no município e, sobretudo na área de estudo, está relacionada às altas temperaturas de superfície observadas. Essa conjuntura pode provocar consequências negativas no que tange ao conforto térmico urbano.

6.4 OS IMPACTOS AMBIENTAIS NEGATIVOS NOS RIOS URBANOS

Os rios da área de estudo possuem duas principais categorias ou classes de uso, a classe 2 e a classe 3. A importância do monitoramento das águas ocorre devido à necessidade de se manter a qualidade para seus devidos usos, por meio do controle das atividades que possam vir a gerar impactos ambientais. Na área de estudo o monitoramento da qualidade das águas é realizado periodicamente pela SUDEMA. Os pontos de coleta das amostras de água dos rios estão espacializados na Figura 24.

Figura 24- Localização dos pontos de análises das águas da bacia do rio Gramame.



Fonte: Elaborada pela autora (2017).

A presença de indústrias e de conjuntos habitacionais nos bairros de Mumbaba, Mussuré, Bairro das Indústrias, Distrito Industrial, Costa e Silva, Ernani Sátiro e Funcionários têm sido frequentemente associada a poluição das águas desde a década de 1980 (PAZ, 1988; ABRAÃO, 2006; NUNES, 2012; NUNES; GARCIA, 2012). Os bairros de Barra de Gramame, Gramame e Muçumagro, por sua vez, possuem como principal característica de agravante da situação ambiental, a forte tendência de avanço da urbanização em direção às áreas verdes.

Considerando o levantamento teórico das normas regulamentadoras da qualidade das águas doces e, no levantamento dos impactos ambientais verificados na área de estudo, foi feita uma análise do histórico de indícios de poluição associados à urbanização.

6.4.1 Os impactos negativos no Riacho Mussuré

Os impactos ambientais no riacho Mussuré são reconhecidos na literatura, como recorrentes e frequentemente associados às atividades antrópicas como, por exemplo, o despejo de efluentes industriais e domésticos.

Ao investigar as condições físico-químicas da bacia do rio Gramame, Paz (1988) afirmou que a causa das alterações químicas negativas da água foram os despejos das indústrias de papel e têxtil, localizadas nas proximidades do riacho Mussuré. Nessa pesquisa foi verificado que a poluição contribuiu de maneira significativa para o aumento da demanda bioquímica de oxigênio, diminuição nas concentrações de oxigênio dissolvido e alterações anormais nos valores de pH.

Abraão (2006) verificou a existência de 59 indústrias responsáveis pelo lançamento direto ou indireto de efluentes líquidos no riacho, e chamou a atenção para a carência de fiscalização nos processos antes do despejo de substâncias nos rios.

Tendo em vista o histórico de poluição das águas desse rio, foram observados inicialmente os dados do monitoramento da SUDEMA referentes ao ano de 2006. Os resultados mostraram que os principais parâmetros de qualidade que se encontravam fora dos limites estabelecidos foram cor, turbidez, pH, OD, DBO e coliformes fecais (Apêndice). Em todos os pontos foram verificados valores extremamente baixos de oxigênio dissolvido, indicando impacto negativo direto sobre a biota aquática, que necessita de oxigênio para respiração.

O ponto MS01A, localizado no Bairro das Indústrias, apresentou coloração azul na água, além de aumento na demanda bioquímica de oxigênio e níveis elevados de coliformes fecais. Ainda no ano de 2006 as alterações de cor, OD, e DBO neste local coincidiram em 3 dos 4 meses monitorados, mostrando a relação dessas alterações com o despejo de efluentes das fábricas em funcionamento nos arredores (Apêndice).

Os elevados valores de coliformes fecais foram verificados no mês de março em praticamente todos os pontos analisados, indicando um despejo sazonal de efluentes.

Os efluentes domésticos dispostos no riacho Mussuré apontam para a precariedade no saneamento urbano e para a falta de controle e prevenção de ocupações irregulares, principalmente em APPs, que são extremamente sensíveis a pressões urbanas (Figura 25).

Figura 25- Despejo de efluentes domésticos no Riacho Mussuré.



Fonte: Acervo pessoal (2017).

No ano de 2015 foram identificados valores baixos de oxigênio dissolvido em praticamente todos os meses. As análises de coliformes totais mostraram que o aumento do despejo de efluentes foi persistente nos pontos MS00, MS01, MS01A e MS02 (Apêndice).

Próximo ao Distrito Industrial, já no bairro de Funcionários, o riacho é impactado pelos despejos de resíduos de origem doméstica, como embalagens e restos de alimentos, e da construção civil, como cimento, cal e pedras (Figura 26).

A poluição tende a afetar as águas dos demais rios que se comunicam com o riacho Mussuré, como o trecho do rio Mumbaba e do rio Gramame, estendendo os impactos ambientais, devido à direção natural das águas.

Figura 26- Despejos de resíduos no riacho Mussuré.



Fonte: Acervo pessoal (2017).

A espacialização da qualidade da água realizada por Guedes (2012) evidenciou que no riacho Mussuré, quando comparada a qualidade da água com as demais áreas do baixo Gramame, concentra a maior parte do potencial poluidor da bacia. A presença de indústrias, além das demais edificações urbanas, mostrou-se relevante nessa conjuntura, pois como já discutido anteriormente, é recorrente o despejo de efluentes de maneira indiscriminada.

Com os dados de monitoramento da SUDEMA, estabelecendo uma média anual dos anos de 2006 e 2015, constata-se uma relativa melhora nas condições de oxigênio dissolvido, porém houve aumento das taxas de coliformes e da demanda bioquímica de oxigênio, em geral decorrentes do despejo de efluentes não tratados (Tabela 5).

Tabela 5: Média anual do monitoramento da qualidade das águas do Riacho Mussuré.

Ano	Cor	Turbidez	pH	OD	DBO	CF
2006	54,1	46,0	6,9	1,0	5,6	2.856,5
2015	47,5	13,7	7,0	5,0	7,1	3.429,7

Fonte: Adaptado de SUDEMA (2006/2015).

Apesar dos resultados não indicarem inconformidades, do ponto de vista da classe de uso do rio, vale ressaltar que os indicadores se aproximam dos limites considerados impróprios para as águas enquanto recurso natural e como elemento necessário para o equilíbrio ecológico.

6.4.2 Os impactos negativos no rio Mumbaba

Segundo Nunes e Garcia (2012), a situação de poluição no rio Mumbaba é observada desde a instalação do Distrito Industrial de João Pessoa, no final da década de 1960 (Figura 27). Nas proximidades do rio, principalmente às margens da BR-101, as atividades desenvolvidas na localidade são as principais fontes poluidoras das águas, podendo ser a causa de uma perda da capacidade de autodepuração, inclusive dos rios Gramame e Mamuaba (ABRAHÃO, 2006).

Figura 27- Despejo de efluentes industriais em Mumbaba.



Fonte: Nunes e Garcia (2012).

O rio Mumbaba enquadra-se na classe 3, estabelecida pelo CONAMA. De acordo com o monitoramento no ano de 2006, principalmente nos pontos MUMB02 e MUMB03, houve inconformidades nas suas características de cor, turbidez, e oxigênio dissolvido (Apêndice). No ponto MB03 foram verificadas alterações na cor e presença de coliformes fecais em valores elevados (Apêndice). Vale ressaltar que no ponto MUMB01 ocorre uma menor influência urbana, pois os bairros de Mumbaba e Mussuré têm uso predominantemente rural.

Os efluentes provocam a redução nas concentrações de oxigênio dissolvido, pois o mesmo é consumido no processo de decomposição da matéria orgânica (ANA, 2016). As águas limpas, por sua vez, apresentam concentrações de oxigênio dissolvido mais elevadas, geralmente superiores a 5mg/L.

Os valores que se encontraram fora dos limites permitidos, foram verificados entre os meses de março e julho (Apêndice). Em 2006, nessa mesma época do ano, ocorreram os

maiores índices de chuvas do ano, indicando uma provável relação entre a precariedade nas condições de drenagem de águas pluviais e de efluentes domésticos.

Foram igualmente observados os dados referentes a 2015. Nesse ano, em todos os pontos, os valores de coliformes estiveram elevados, no entanto apenas no ponto MUMB01, em outubro, os limites previstos foram extrapolados.

Estabelecendo uma média para comparação entre os dois anos monitorados, verifica-se que os valores de cor, DBO e CF estiveram dentro limites estabelecidos, apesar de estarem elevados (Tabela 6). Mesmo a média dos resultados não mostrando inconformidades, é necessário frisar que os valores encontrados se aproximam dos limites considerados próprios para essa classe de rio.

Tabela 6: Média anual do monitoramento da qualidade das águas do Rio Mumbaba.

Ano	Cor	Turbidez	pH	OD	DBO	CF
2006	69,5	52,7	7,0	5,3	2,0	1.504
2015	74,1	23,2	6,5	5,7	2,4	1.883

Fonte: Adaptado de SUDEMA (2006/2015).

A situação do rio Mumbaba, quando comparada com a do Riacho Mussuré mostra a discrepância entre a qualidade das águas sob influência de diferentes atividades. O principal fator associado à poluição dos rios, seja ela sazonal ou constante, foi a carência no sistema de saneamento básico.

6.4.3 Os impactos negativos no rio Gramame

O curso do rio Gramame percorre os bairros de Mussuré, Gramame, Muçumagro e Barra de Gramame, sendo estes três últimos evidenciados pelo avanço da malha urbana que ocorreu a partir do final dos anos 1990. De acordo com Silva et al. (2015), esses são os bairros que possuem as maiores extensões de barreiras físicas ao crescimento da mancha urbana, notadamente a vegetação remanescente.

A partir dos dados de monitoramento da SUDEMA, foi identificado que a qualidade das águas do rio Gramame, tendo como referência dados de 2006, apontou para índices de oxigênio dissolvido abaixo do considerado ideal (Apêndice). No mesmo ano os níveis de coliformes fecais se mostraram igualmente elevados. Em 2015 comunidades

próximas ao rio denunciaram o descaso com a qualidade das águas, visto a mortalidade de peixes verificada principalmente no trecho nos bairros de Gramame e Mussuré (Figura 28).

Figura 28- Mortalidade da fauna aquática no rio Gramame.



Fonte: Jornal Correio da Paraíba (2016).

Paz (1988), ao investigar as condições físico-químicas das águas do mesmo rio, ressaltou que a diminuição na concentração de oxigênio dissolvido decorreu dos despejos de efluentes tanto industriais quanto domésticos.

Os dados referentes ao ano de 2015 apontaram para níveis elevados de contaminação por efluentes domésticos, principalmente nos pontos P1, P3 e P4, nas proximidades do bairro Gramame. Todavia, nos pontos P1 e P2, a contaminação provavelmente adveio de atividades urbanas no município do Conde, vizinho de João Pessoa. O ponto P4, que recebe diretamente as águas do riacho Mussuré e do rio Mumbaba, apresentou índices altos de coliformes, fato associado à contaminação proveniente dos bairros banhados principalmente pelo riacho Mussuré.

Sousa, Brito e Oliveira . (2017), ao investigarem a qualidade das águas do rio Gramame, alertaram que a poluição local foi decorrente dos efluentes domésticos localizados nas proximidades. Além disso, os autores ressaltam a necessidade da utilização de bioindicadores de poluição urbana como subsídio ao monitoramento ambiental.

No ano de 2015, pescadores que utilizavam o rio Gramame denunciaram a coloração azulada no rio, de acordo com eles, decorrente do despejo de empresas instaladas no Distrito Industrial (Figura 29).

Esses dados mostram a influência das atividades registradas nas proximidades dos rios, a qualidade das águas da bacia hidrográfica. Na área da foz do rio Gramame nenhuma inconformidade foi verificada, isto provavelmente ocorreu devido a distância dessa localidade para as áreas de maior incidência de poluição, como o Riacho Mussuré, por exemplo (Apêndice).

Figura 29- Coloração azul nas águas do rio Gramame.



Fonte: Globo (2015).

Por meio do cálculo da média anual, a comparação entre os parâmetros analisados indicou que o ano de 2015 teve maior índice de poluição que em 2006 (Tabela 7).

Tabela 7: Média anual do monitoramento da qualidade das águas do rio Gramame.

Ano	Cor	Turbidez	pH	OD	DBO	CF
2006	52,3	17,9	7,0	4,1	1,1	615,8
2015	78,8	20	6,9	5,5	2,0	2.135,2

Fonte: Adaptado de SUDEMA (2006/2015).

A situação ambiental na qual se encontra o rio Gramame, teve influência direta das atividades urbanas sobre os rios Mumbaba e Mussuré. É importante salientar que as melhores condições de qualidade das águas, próximo a sua foz, é decorrente da menor ocupação urbana em seu entorno (provocando menor incidência de despejo de efluentes domésticos no rio), da vegetação densa na área, e de uma provável maior capacidade de autodepuração.

A necessidade de um monitoramento contínuo dos recursos hídricos de toda a bacia do Gramame, principalmente o trecho localizado em João Pessoa, é necessária e urgente, sob a consequência de haver perda progressiva da qualidade das águas e, consequente da diminuição da biodiversidade, principalmente aquática (TEÓDULO, 2014). O autor ainda ressalta o provável agravamento da situação decorrente da ocupação em áreas destinadas a preservação do ambiente natural.

6.5 IMPACTOS AMBIENTAIS NEGATIVOS NO SOLO

Os impactos ambientais nos solos constituem atualmente um problema complexo no âmbito das questões relativas à situação ambiental das cidades. Ao passo que a malha urbana avançou, foi acompanhada de usos prejudiciais do solo, compondo um quadro preocupante de impactos ambientais negativos provenientes de atividades como desmatamento e má disposição de resíduos sólidos.

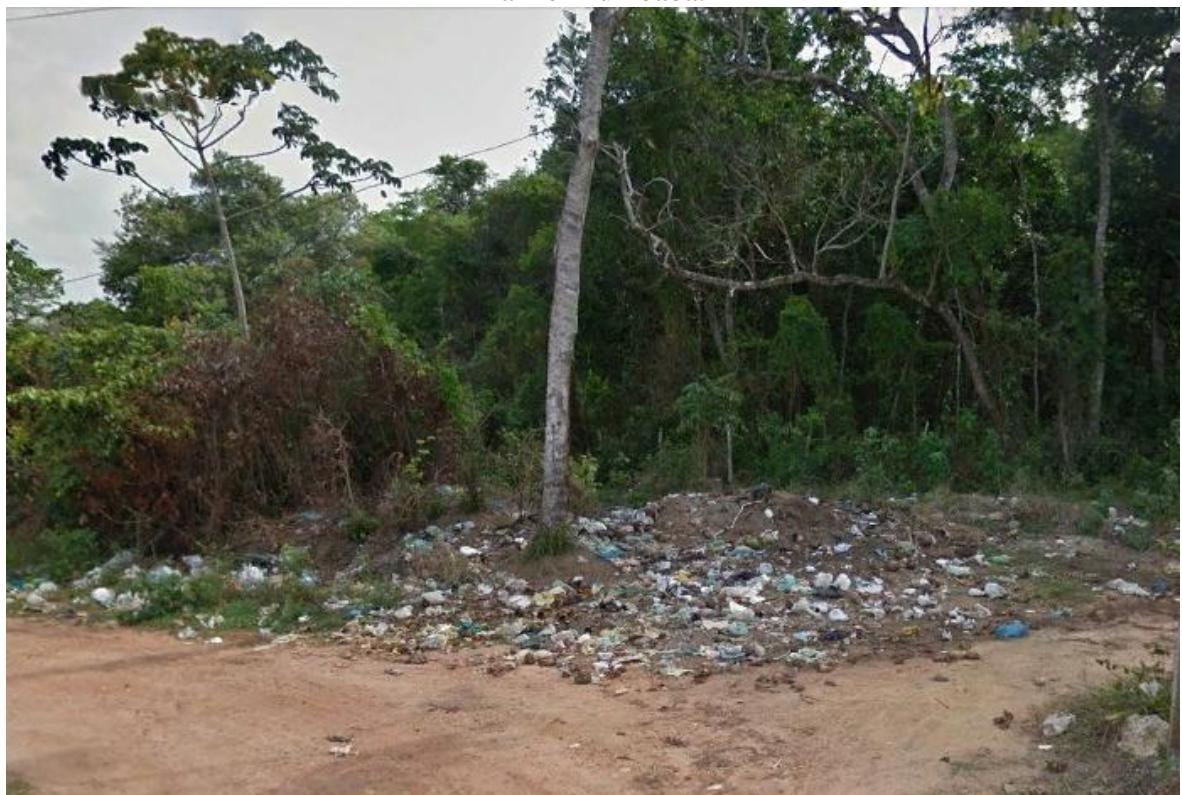
Na área de estudo foi realizado um diagnóstico seguido do mapeamento dos focos de poluição nos solos, decorrentes do despejo de resíduos sólidos provenientes de atividades urbanas. Assim, foi possível mapear um total de 68 pontos de despejo de resíduos urbanos (Figura 30). Os referidos pontos foram organizados de acordo com a localização de cada um, em diferentes zonas do município de João Pessoa (Quadro 7). Os quantitativos de

vegetação suprimida e de crescimento das áreas com solo exposto foram observados e considerados nessa análise.

As áreas verdes são destinadas a preservação das condições naturais, objetivando prevenir impactos aos ecossistemas mais sensíveis. Nesse sentido, dada a relevância da vegetação para a proteção dos solos, considera-se que o aumento das áreas com solo exposto e redução da área vegetada estão associados à susceptibilidade a processos erosivos e consequente perda de propriedades físicas e químicas dos solos.

O despejo de resíduos sólidos, predominantemente de origem domiciliar e da construção civil, ocorre nas bordas das Zonas Especiais de Preservação e nas Zonas residenciais (Figura 31).

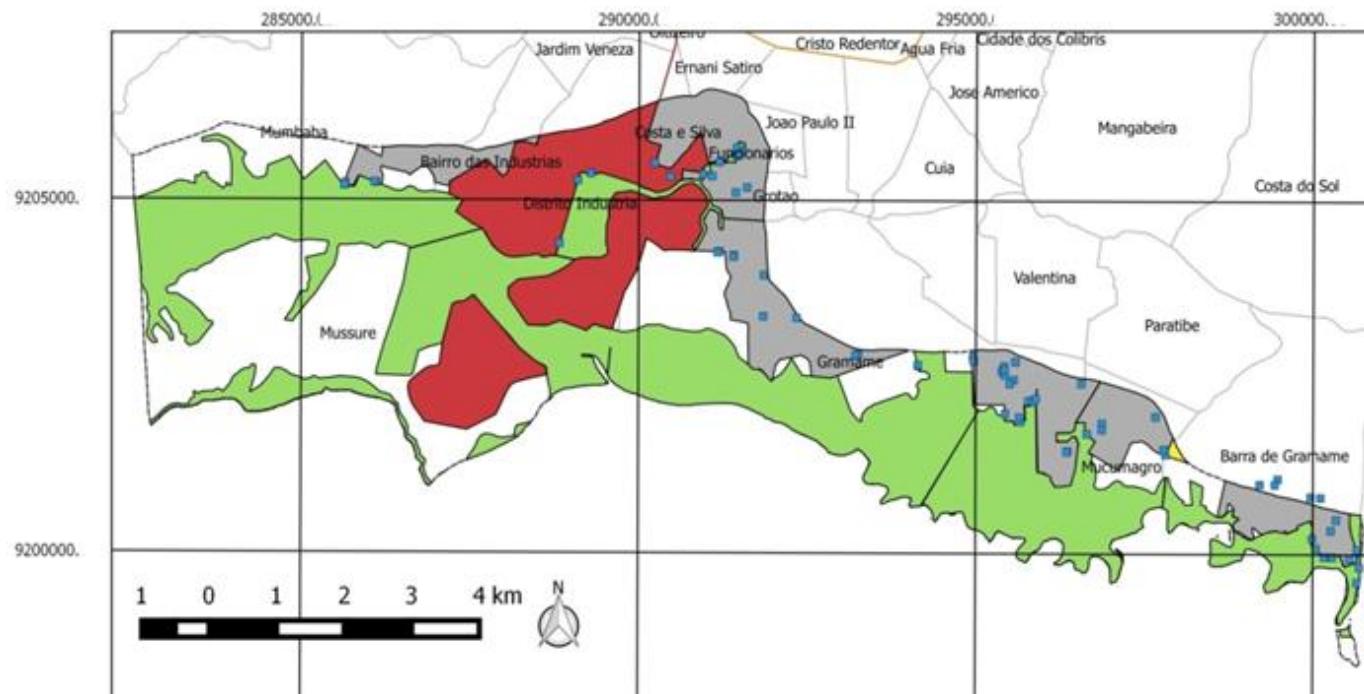
Figura 30- Ponto de despejo de resíduos domésticos e da construção civil na borda da ZEP. Bairro Mumbaba.



Fonte: Google (2017).

Esta prática constitui ameaça para o equilíbrio ambiental, tendo em vista que compostos líquidos e semissólidos são facilmente lixiviados, chegando a contaminar difusamente o solo, podendo alcançar os rios, impactando negativamente o ambiente (MARQUES, 2011).

Figura 31- Localização dos pontos de lixo na bacia do rio Gramame.



Universidade Federal da Paraíba
Programa de Pós-Graduação
em Engenharia Civil e Ambiental



Datum SIRGAS 2000
Projeção UTM Zona 25 S
Dados: USGS (2016); PMJP (2016)

Fonte: Elaborada pela autora (2017)

Quadro 7- Quantificação dos pontos de resíduos alocados por zonas.

Quantificação dos pontos.	Zona	Descrição da zona
24, sendo 3 no trecho próximo a Z11.	Zonas Especiais de Proteção 2	Áreas protegidas por instrumentos legais diversos devido à existência de remanescentes de mata atlântica e de ambientes associados tais como: matas de restingas, matas de encosta e manguezais, assim como à suscetibilidade do meio a riscos elevados. (Código de Urbanismo de João Pessoa, 2001)
02	Zona Industrial 1 (corresponde a Zona Adensável Não Prioritária no macrozoneamento, 2012)	Área do território do município na qual é permitível a implantação de estabelecimentos industriais, de modo a assegurar à oferta de terrenos destinados a implantação de empreendimentos industriais ou correlatos. O intuito é evitar os efeitos danosos a população e ao meio ambiente. (Código de Urbanismo de João Pessoa, 2001)
41	Zona Residencial 2 (corresponde a Zona não Adensável no macrozoneamento, 2012)	Corresponde às áreas destinadas a usos predominantemente residenciais.
01	Setor de Proteção a Paisagem (corresponde a Zona de Preservação ambiental no macrozoneamento, 2012)	Área destinada à função de desacelerar a expansão urbana garantindo a preservação de paisagem singular e/ou de resquícios de Mata Atlântica permitindo uma ocupação sustentável priorizando usos característicos da zona rural. (Lei complementar N° 054, João Pessoa, 2008)

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

A decomposição dos resíduos sólidos gera de gases como metano (CH^4), óxido de nitrogênio (NO_x), óxido de enxofre (SO_x), e dióxido de carbono (CO^2). A presença desses gases na atmosfera contribui para fenômenos como a chuva ácida e o efeito estufa, além de serem tóxicos para diversos organismos, inclusive para os seres humanos. Parte desses gases é liberada constantemente na atmosfera sempre que não passam por tratamento, acondicionamento e disposição adequados (MARQUES, 2011).

Nesse aspecto, ações como o acondicionamento dos resíduos em contêineres e recipientes, ajudam a impedir o contato dos resíduos com o solo, contribuindo na prevenção da poluição proveniente da decomposição e derramamento de diversos compostos. Apesar disso, é comum, em grande parte da área analisada, o acondicionamento direto no solo, configurando focos de poluição urbana, que impactam o meio ambiente e a paisagem. Nessas localidades os resíduos costumam ser queimados e abandonados no local, como ocorre no Bairro de Gramame (Figura 32).

A degradação dos solos, que de acordo com Oliveira (2005) ocorre em suas propriedades físicas, químicas e biológicas, é um aspecto pouco considerado, mas de imensa relevância, pois é sobre os solos que a maioria das atividades humanas são realizadas (como a promoção de ações de paisagismo e a construção de edificações).

Figura 32- Pontos de lixo em terrenos baldios.



Fonte: Google (2017).

Em Barra de Gramame a prática da queima dos materiais descartados ocorre em áreas habitadas e nas proximidades de residências em fase de construção ou reforma (Figura 33). O bairro, apesar de caracterizado pelo uso residencial temporário para fins de lazer, apresenta 10 pontos de lixo, mesmo sendo contemplado com a coleta regular.

Figura 33- Despejo de Entulhos e queima de resíduos na zona de proteção à paisagem.



Fonte: Acervo pessoal (2017).

Ainda em Barra de Gramame, na área correspondente ao setor de proteção à paisagem é possível verificar a mesma problemática, conflitando com a finalidade de uso sustentável desta tipologia de zona (Figura 34).

Figura 34- Despejo de resíduos domésticos e da construção civil no setor de proteção à paisagem correspondente ao bairro Barra de Gramame



Fonte: Acervo pessoal (2017).

Tendo como base a composição dos resíduos urbanos, que tende a variar de acordo com diferentes fatores, Santos (2008) afirma que é possível diagnosticar que a incidência

de resíduos domésticos e da construção civil, está associada à implantação de novas edificações. No que tange a esse fato, parte dos impactos está relacionada ao aumento do contingente de pessoas, aliado a carência no sistema sanitário e infraestrutural, ao mau planejamento urbano, e degradação ambiental e paisagística (TEMÓTEO; LIMA; NISHIDA, 2012).

Tratando-se de medidas de conservação do solo urbano, é sabido que a falta de ações preventivas é responsável pelo aparecimento e intensificação dos impactos ambientais. Nesse sentido, a degradação do solo é compreendida como o processo e resultado de atividades antrópicas impróprias, que chegam a provocar a redução de sua qualidade, impactando ecossistemas e produzindo áreas inutilizáveis.

Em todos os pontos de lixo da área de estudo há coleta periódica dos resíduos, no entanto, elimina-se a parte superficial do solo nesse processo, acarretando na perda da capacidade de uso do mesmo (Figura 35).

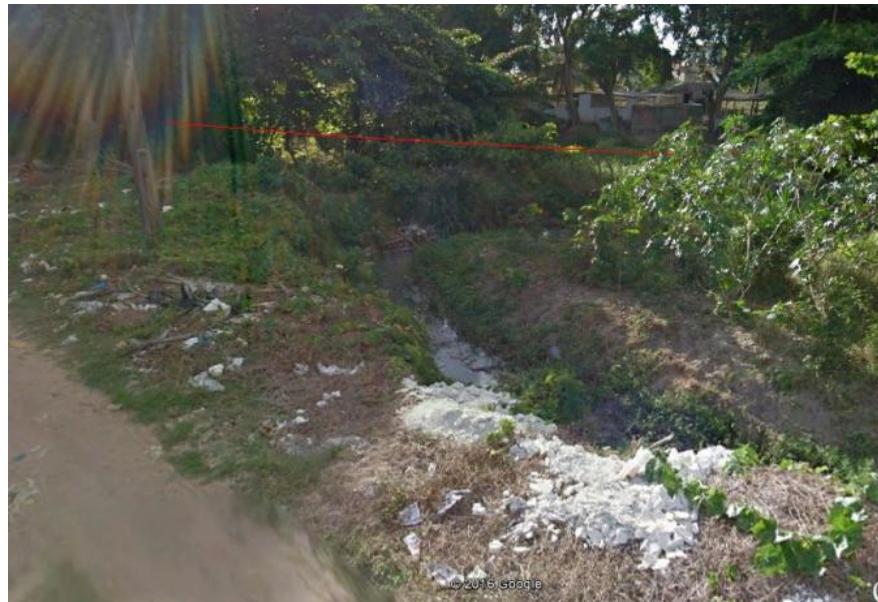
Figura 35- Solo retirado no processo de recolhimento dos resíduos despejados. Bairro Funcionários.



Fonte: Google (2017).

Outro tipo de atividade antrópica urbana que degrada o solo é o despejo constante de resíduos nas margens dos rios. Esta é uma prática frequente em vários trechos do Riacho Mussuré, por exemplo, que já passa por um processo recorrente de poluição de vários tipos (Figura 36).

Figura 36- Poluição por resíduos sólidos no rio Riacho Mussuré. Bairro Funcionários.



Fonte: Google (2017).

A degradação dos solos na área de estudo pode estar relacionada ao *urban sprawl*, visto que as atividades geradoras dos impactos ambientais são de origem urbana. Fatos relativos ao saneamento urbano, ocupações irregulares, áreas com solo exposto e vazios urbanos, estão ligadas a essa problemática. Assim, são necessárias políticas públicas com vistas à redução da degradação nos solos.

6.6 QUANTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NEGATIVOS

DECORRENTES DO ESPRAIAMENTO URBANO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRAMAME.

Para a quantificação dos impactos ambientais negativos decorrentes do espriamento urbano, foi inicialmente estabelecida a magnitude da interferência negativa sobre os elementos ambientais afetados. Posteriormente, foi obtido o grau de importância dos impactos negativos sobre os elementos ambientais, por meio de uma equação para a medição específica (cada impacto) e global (todos os impactos sobre a área de estudo). Na sequência, seguem as ponderações realizadas por aspecto ambiental analisado, ou seja, qualidade das águas dos rios, desmatamento, temperatura de superfície e, degradação dos solos.

6.6.1 Qualidade das águas dos rios

A qualidade das águas dos rios foi afetada por atividades que geraram a contaminação por efluentes (domésticos e industriais) e a alteração na coloração das águas. Os fatos urbanos que estiveram associados aos impactos negativos nesses rios foram a falta de monitoramento dos despejos de efluentes industriais, a ocupação de residências em áreas de preservação permanente, e a deficiência no saneamento básico.

A contaminação das águas por efluentes domésticos foi classificada como impacto ambiental de peso 2, considerado de média significância (Figura 37). A contaminação das águas por efluentes industriais recebeu peso 2,1 em grau de significância (Figura 38). A alteração da coloração das águas foi classificada como impacto de média significância, quantificado em 1,4 (Figura 39).

Contaminação das águas por efluentes domésticos

$$Ied = \frac{Mi}{ELi} = \frac{(1+3+2+2+3+2+3)}{8} = 2$$

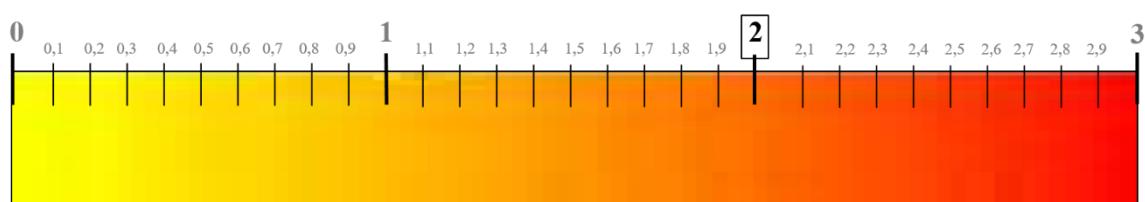
Onde:

Ied : Contaminação das águas por efluentes domésticos

Mi : Magnitude do impacto ambiental negativo

ELi : Elementos ambientais afetados

Figura 37- Ponderação do impacto negativo da contaminação das águas por efluentes domésticos sobre o meio ambiente.



Fonte: Elaborada pela autora (2017).

Contaminação das águas por efluentes industriais

$$Iei = \frac{Mi}{ELi} = \frac{(1+3+2+3+3+2+3)}{8} = 2,1$$

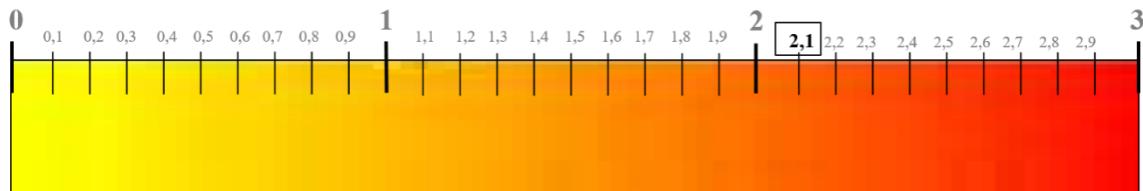
Onde:

Iei : Contaminação das águas por efluentes industriais

Mi: Magnitude do impacto ambiental negativo

ELi: Elementos ambientais afetados

Figura 38- Ponderação do impacto negativo da contaminação das águas por efluentes industriais sobre o meio ambiente.



Fonte: Elaborada pela autora (2017).

Alteração na coloração da água

$$Ica = \frac{Mi}{ELi} = \frac{(2+2+1+2+1+3)}{8} = 1,4$$

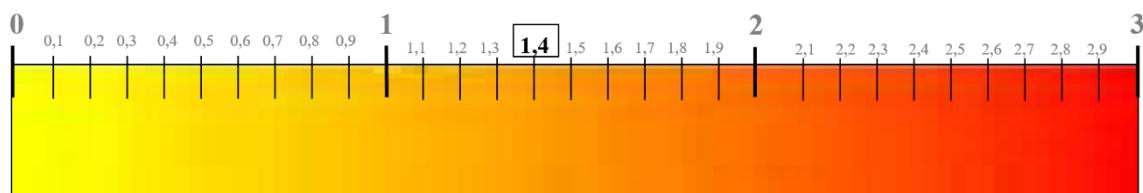
Onde:

Ica: Alteração na coloração das águas

Mi: Magnitude do impacto ambiental negativo

ELi: Elementos ambientais afetados

Figura 39- Ponderação do impacto negativo da alteração na coloração da água sobre o meio ambiente.



Fonte: Elaborada pela autora (2017).

As pressões urbanas sobre os rios, no que tange ao despejo de efluentes domésticos e industriais, afetaram diretamente a qualidade das águas. Os parâmetros de qualidade estabelecidos pelos órgãos ambientais foram úteis no sentido de confrontá-los com a situação corrente, a fim de identificar através de indicadores, os tipos de poluição e as suas prováveis fontes. A contaminação das águas, mesmo que pontual, se difundem para

diversas localidades dos mananciais, estendendo os impactos ambientais, de maneira mais ou menos agressiva, a depender da capacidade de resiliência dos rios.

6.6.2 Vegetação

O desmatamento da vegetação remanescente provocou aumento da susceptibilidade à extinção de espécies, visto a possível alteração negativa dos habitats naturais. Os fatos urbanos que estiveram associados a esse impacto negativo foram a existência de residências em áreas de preservação permanente, o desmatamento de áreas verdes e o aumento da extensão da área edificada. Quantificado em 1,1, classificado como impacto ambiental de média significância (Figura 40).

Aumento da suscetibilidade à extinção de espécies

$$Ies = \frac{Mi}{ELi} = \frac{(3+3+3)}{8} = 1,1$$

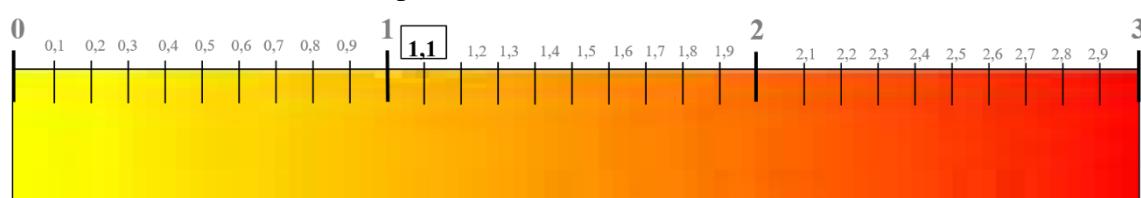
Onde:

Ies: Aumento da suscetibilidade à extinção de espécies

Mi: Magnitude do impacto ambiental negativo

ELi: Elementos ambientais afetados

Figura 40- Ponderação do impacto negativo do aumento da suscetibilidade à extinção de espécies sobre o meio ambiente.



Fonte: Elaborada pela autora (2017).

A fauna e a flora são de extrema relevância para o equilíbrio ecológico na cidade. A fragmentação e redução das áreas verdes, quando atrelada à perda da conexão entre os remanescentes florestais, interfere nos fluxos e ciclos ecossistêmicos contidos nesses espaços naturais. Quando ocorrem, as extinções das espécies promovem impactos ambientais secundários, como por exemplo, o aumento da intensidade da redução vegetacional e, a piora das condições ambientais dos solos, do ar e das águas.

6.6.3 Temperatura de superfície

As alterações na temperatura de superfície ocorreram devido às atividades que geraram o aumento da temperatura. Os fatos urbanos que apresentaram relação com os impactos negativos foram o desmatamento de áreas verdes, a impermeabilização do solo, o aumento da extensão da área edificada e os vazios urbanos.

O impacto ambiental foi calculado em 1,4, sendo classificado em grau de média relevância (Figura 41).

Aumento da temperatura de superfície

$$Its = \frac{Mi}{ELi} = \frac{(1+1+2+3+1+3)}{8} = 1,4$$

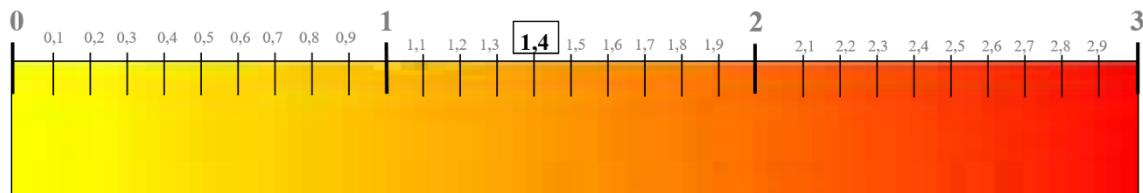
Onde:

Its : Aumento da temperatura de superfície

Mi : Magnitude do impacto ambiental negativo

ELi : Elementos ambientais afetados

Figura 41- Ponderação do impacto negativo do aumento da temperatura de superfície sobre o meio ambiente.



Fonte: Elaborada pela autora (2017).

O aumento da temperatura de superfície impacta de maneira mais direta e intensa, no conforto térmico urbano. A substituição progressiva das áreas verdes da cidade por superfícies impermeáveis esteve diretamente relacionada à incidência das altas temperaturas.

6.6.4 Degradação do solo

A degradação do solo decorreu de atividades que desencadearam contaminação por resíduos sólidos e por processos erosivos e denudação do solo. Os fatos urbanos vinculados aos impactos negativos foram o desmatamento de áreas verdes, a impermeabilização do

solo, as deficiências no saneamento básico, o aumento da extensão da área edificada, os vazios urbanos e as ocupações em áreas de preservação permanente.

A contaminação do solo por resíduos sólidos e os processos erosivos foram classificados em impactos negativos com quantificação avaliada em 1,7 e 1,5, correspondendo a impactos de média significância (Figuras 42 e 43). A denudação do solo foi calculada em 1,4, sendo classificada como impacto de média significância (Figura 44).

Contaminação por resíduos sólidos

$$Irs = \frac{Mi}{ELi} = \frac{(1+1+2+3+3+1+3)}{8} = 1,7$$

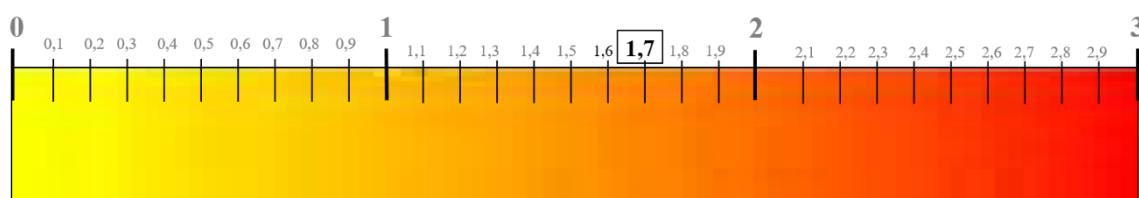
Onde:

Irs: Contaminação por resíduos sólidos

Mi: Magnitude do impacto ambiental negativo

ELi: Elementos ambientais afetados

Figura 42- Ponderação do impacto negativo da contaminação por resíduos sólidos sobre o meio ambiente.



Fonte: Elaborada pela autora (2017).

Processos erosivos

$$Ips = \frac{Mi}{ELi} = \frac{(3+1+1+3+3+1)}{8} = 1,5$$

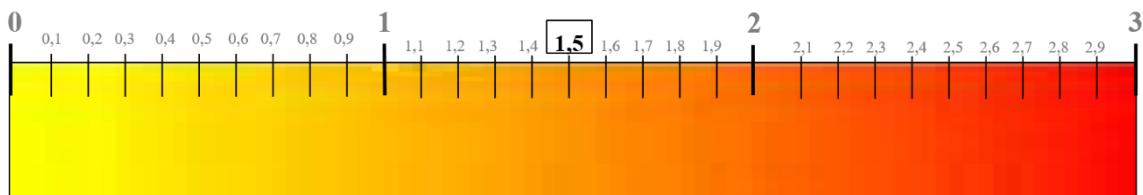
Onde:

Ips: Processos erosivos

Mi: Magnitude do impacto ambiental negativo

ELi: Elementos ambientais afetados

Figura 43- Ponderação do impacto negativo dos processos erosivos sobre o meio ambiente.



Fonte: Elaborada pela autora (2017).

Denudação do solo

$$Ids = \frac{Mi}{ELi} = \frac{(3+1+3+3+1)}{8} = 1,4$$

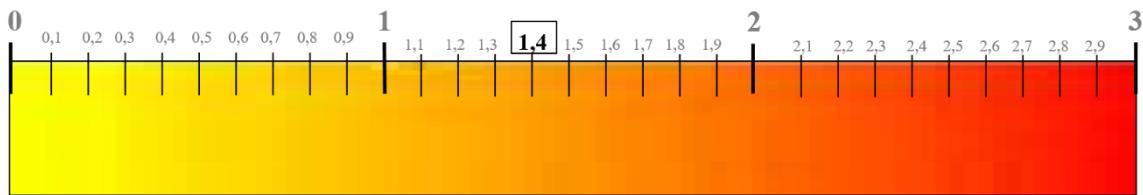
Onde:

Ids : Denudação do solo

Mi : Magnitude do impacto ambiental negativo

ELi : Elementos ambientais afetados

Figura 44- Ponderação do impacto negativo da denudação do solo sobre o meio ambiente.



Fonte: Elaborada pela autora (2017).

A degradação do solo é um impacto negativo que, de maneira direta e indireta, também favorece a incidência de outros impactos como aqueles que afetam, por exemplo, as águas, a fauna, a vegetação e conforto térmico.

Considerando a relação dos impactos entre si e, como afetam os elementos do meio ambiente de maneira cumulativa, os valores obtidos em cada impacto negativo foram considerados na equação que objetivou aferi-los na área de estudo por completo. Desse modo, o resultado final pôde variar de 0 a 3. Na sequência, segue a descrição dos cálculos para essa etapa.

$$Ig = \frac{It}{ELt} = \frac{(a+b+c+d+e+f+g+h)}{(veg.+fauna+água+microc.+solo+paisag.+conf.+salubridade)} = \frac{12,6}{8} 1,6$$

Onde:

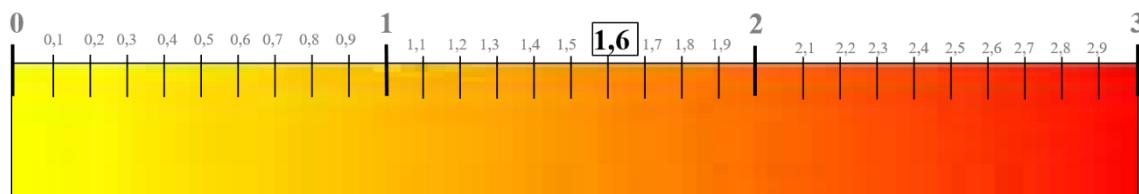
Ig : Impacto ambiental negativo global

It : Todos os impactos ambientais negativos

El_t : Todos os elementos ambientais

Os valores de 0 a 1 correspondem aos impactos de **baixa significância**, 1,1 a 2 de **média significância** e 2,1 a 3 aos impactos considerados de **elevada significância**. Logo, os impactos ambientais provenientes da expansão urbana na bacia do rio Gramame em João Pessoa, são quantificados em 1,6, que corresponde à **média significância** (Figura 45).

Figura 45- Representação da ponderação do impacto ambiental negativo sobre a bacia do rio Gramame.



Fonte: Elaborada pela autora (2017).

Os dados diagnosticados e mensurados foram descritos em uma matriz de interações, mostrando a relação entre os fatos associados ao espraiamento urbano e os impactos ambientais urbanos negativos identificados na área de estudo. Além dos itens supracitados, o quadro 8 evidencia a mensuração de cada impacto negativo e o valor desses impactos na perspectiva global da área de estudo.

Assim, conforme foi apontado neste estudo e na matriz de interações, a urbanização do município de João Pessoa apresentou como principal característica espacial, a distribuição do tecido urbano de forma fragmentada e dispersa com predominância de crescimento do tipo borda. O fenômeno foi acompanhado de problemáticas urbanas que resultaram nas consequências negativas quanto ao contexto ambiental, corroborando com o que mostra a literatura acerca dessa temática.

A matriz revela que os impactos ambientais negativos de média significância foram os referentes à vegetação, à temperatura de superfície e à degradação do solo. Os referentes à qualidade das águas dos rios foram considerados de elevada significância. Isso significa

dizer que, em ordem de urgência de medidas de correção e de prevenção, esses últimos possuem um grau de prioridade maior que os demais.

O diagnóstico realizado permite que sejam feitas algumas considerações acerca das relações entre a urbanização espalhada e os impactos ambientais presentes na bacia hidrográfica do rio Gramame em João Pessoa. Diante do exposto, foi identificada a presença de uma configuração que aponta para uma preocupante e complexa realidade urbana sobre a situação ambiental.

O contexto urbano e o contexto ambiental se relacionam de modo a compor um sistema. Assim, estabelecendo a ideia de sistema ambiental urbano, observa-se que a área de estudo teve a sua dinâmica afetada principalmente pela demanda humana de áreas para expansão urbana de forma espalhada, considerando as necessidades de moradia e de deslocamento, de bens de consumo e de recursos naturais.

Quadro 8- Aplicação da matriz de interações.

ASPECTO ANALISADO	FATOS ASSOCIADOS AO ESPRAIAMENTO URBANO							IMPACTOS AMBIENTAIS URBANOS NEGATIVOS	ELEMENTOS DO MEIO AMBIENTE IMPACTADOS						Mensuração dos impactos negativos.			
	BIÓTICOS		ABIÓTICOS		SOCIOECONÔMICOS													
	VEGETAÇÃO	FAUNA	ÁGUA	TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE	SOLO	PAISAGEM	CONFORTO		VEGETAÇÃO	FAUNA	ÁGUA	TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE	SOLO	PAISAGEM	CONFORTO	SALUBRIDADE		
Qualidade das águas dos rios	X			X	X			Contaminação das águas por efluentes domésticos	Mi 1	Mi 3	Mi 2	Mi 0	Mi 2	Mi 3	Mi 2	Mi 3	2	1,6
		X		X					Mi 1	Mi 3	Mi 2	Mi 0	Mi 3	Mi 3	Mi 2	Mi 3	2,1	
		X		X					Mi 0	Mi 2	Mi 2	Mi 0	Mi 1	Mi 2	Mi 1	Mi 3	1,4	
Vegetação	X		X		X	X		Aumento da suscetibilidade à extinção de espécies	Mi 3	Mi 3	Mi 0	Mi 0	Mi 3	Mi 0	Mi 0	Mi 0	1,1	
Temperatura de superfície			X	X		X	X		Mi 1	Mi 1	Mi 2	Mi 3	Mi 1	Mi 0	Mi 3	Mi 0	1,4	
Degradação do solo	X			X	X	X		Contaminação por resíduos sólidos	Mi 1	Mi 1	Mi 2	Mi 0	Mi 3	Mi 3	Mi 1	Mi 3	1,7	
	X		X	X		X			Mi 3	Mi 1	Mi 1	Mi 0	Mi 3	Mi 3	Mi 1	Mi 0	1,5	
	X		X	X		X	X	Processos erosivos	Mi 3	Mi 1	Mi 0	Mi 3	Mi 3	Mi 1	Mi 0	Mi 0	1,4	
								Denudação do solo	Mi 3	Mi 1	Mi 0	Mi 3	Mi 3	Mi 1	Mi 0	Mi 0		



Mi 0 (Magnitude de impacto nulo)



Mi 2 (Magnitude de impacto médio)



Mi 1 (Magnitude de impacto baixo)

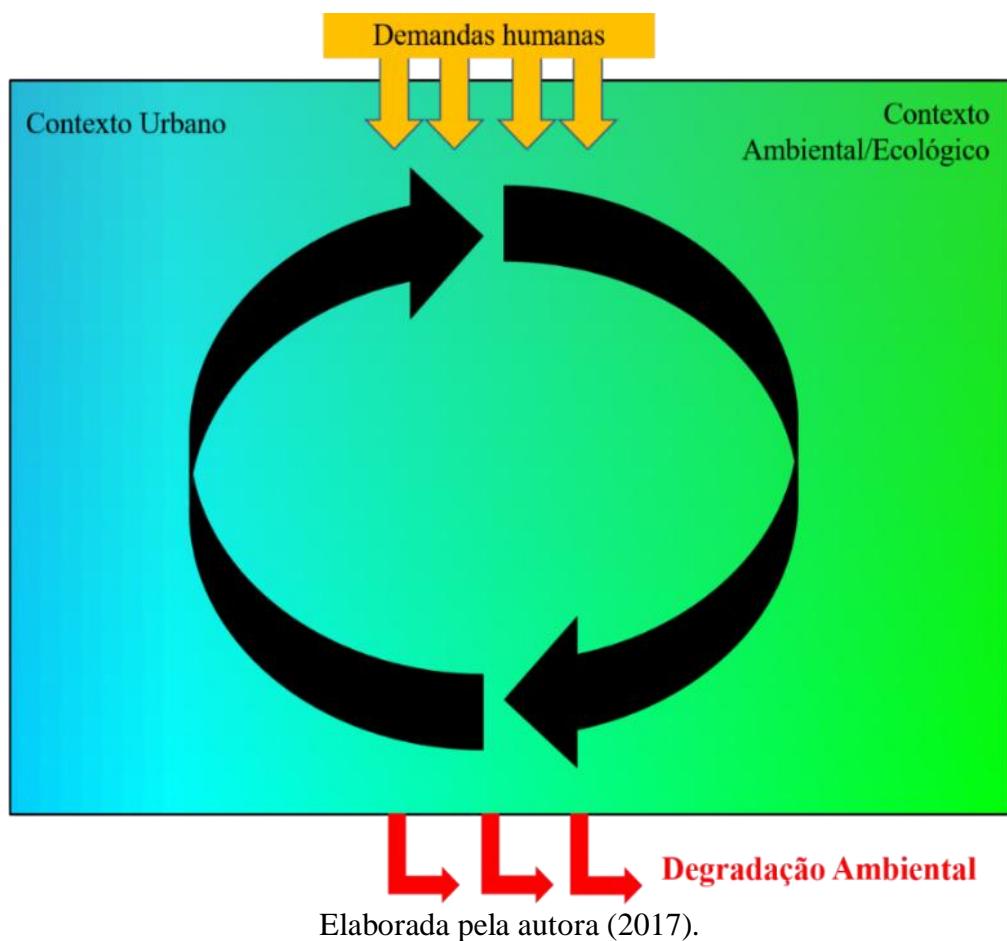


Mi 3 (Magnitude de impacto elevado)

Essas demandas movimentam o sistema e, conforme atendidas ocorre a construção de moradias em áreas de preservação, a implantação de conjuntos habitacionais, o aumento da área edificável em detrimento de áreas verdes. A maneira pela qual ocorreu o atendimento dessas demandas desconsiderou as questões de equilíbrio ambiental envolvidas.

Por meio da urbanização não planejada, se ocorreram falhas no sistema de saneamento e de fiscalização ambiental. Essa conjuntura gerou poluição dos rios, contaminação e degradação do solo, desmatamento, aumento da área edificada, e aumento da temperatura de superfície. A figura 46 apresenta uma representação do contexto de degradação ambiental atual na área de estudo.

Figura 46- Representação do contexto de degradação ambiental a partir da compreensão de sistema ambiental urbano.



O resultado dessa dinâmica gerou um quadro de degradação ambiental que, por sua vez, tende a persistir, pois as demandas são atendidas de maneira ambientalmente nociva, tanto por meio de ações (ou falta delas) do poder público, quanto por iniciativa das populações.

Conclusões

O padrão de crescimento das cidades latino-americanas entre o Século XVI-XXI, foi inicialmente o modelo compacto, no qual as periferias eram próximas ao centro da urbe. A partir dos anos 1970, esse padrão passou a se tornar, progressivamente, um modelo fragmentado e disperso, com ocupações de conjuntos de habitacionais de baixa renda em localidades mais distantes e pouco acessíveis ao centro consolidado.

No município de João Pessoa esse padrão de crescimento urbano foi observado, apresentando um espraiamento do tecido urbano, acompanhado de uma problemática ambiental comum às cidades com o mesmo perfil de crescimento urbano, ou seja, a tendência de avanço do tecido urbano para os espaços naturais, atrelada à falta de um planejamento urbano e ambiental adequado. O cenário é reconhecido tanto na esfera nacional quanto na esfera global, reverberando nas principais discussões acerca da temática.

Esta pesquisa se propôs a estudar os impactos ambientais negativos decorrentes do crescimento urbano espraiado de João Pessoa na direção do rio Gramame. A identificação da relação entre o *urban sprawl* e os impactos ambientais urbanos negativos permitiu a compreensão das principais relações entre os impactos e os fatos urbanos observados, gerando as conclusões que seguem.

A supressão da vegetação ocorrida na área de estudo está fortemente vinculada ao crescimento da mancha urbana observado no município, visto que as áreas vegetadas gradualmente foram substituídas majoritariamente por espaços edificados. Esse ocorrido impactou negativamente na temperatura de superfície, acarretando em uma provável alteração nas condições de conforto térmico, tendo em vista que as áreas edificadas e asfaltadas apresentam valores de temperatura de superfície elevados nas três datas analisadas.

No que se refere aos impactos negativos na qualidade das águas, no intervalo temporal entre 2006 e 2015, foram identificadas alterações nos níveis de demanda bioquímica de oxigênio e presença de coliformes fecais, decorrentes de atividades antrópicas, sugerindo sérias consequências negativas, principalmente para a biota aquática. Os impactos ambientais negativos nos rios urbanos da área de estudo foram, sobretudo, decorrentes das práticas de despejo de resíduos e efluentes, e das condições de saneamento das áreas nas quais existem conflitos de uso e ocupação em APPs. Esses impactos estão vinculados ao espraiamento urbano, uma vez que a infraestrutura de saneamento e monitoramento ambiental podem estar deficientes devido ao modelo de distribuição

espacial da mancha urbana do município. No entanto sugere-se que este aspecto seja estudado em pesquisas adiante, com maior profundidade, no sentido de saber se o mesmo ocorreria em um modelo de distribuição espacial da mancha urbana compacta.

Os impactos ocorridos no solo foram decorrentes da retirada da vegetação, ocasionando a exposição do solo, assim como devido à disposição de resíduos sólidos. Provavelmente o despejo de resíduos sólidos deva-se à infraestrutura de saneamento e monitoramento ambiental deficientes, problemática frequentemente observada em cidades com tecido urbano distendido. Porém, se faz necessário que este aspecto seja analisado no sentido de saber se o mesmo ocorreria em um modelo de distribuição de mancha urbana compacta.

Ainda não é possível afirmar precisamente que a disposição de resíduos sólidos é decorrente do espraiamento urbano, no entanto, a distribuição dos resíduos apresenta uma relação direta com o fenômeno, visto a proximidade dos pontos de lixo com as residências.

A espacialização dos dados contribuiu para uma melhor compreensão das relações entre impactos ambientais e a ocupação urbana, através do mapeamento da mancha edificada, da vegetação e demais classes de uso das terras.

Por meio deste estudo, pôde-se ainda concluir que a distribuição do tecido urbano de maneira espraiada é ambientalmente nociva e, provavelmente, afeta a qualidade de vida das pessoas. Vale ressaltar a tendência de crescimento direcionado para periferias, especialmente para a porção sul do município, como um agravante da situação ambiental vigente.

Dessa maneira, no quadro latino-americano de crescimento urbano, onde João Pessoa se insere, destacam-se os modelos fragmentado e disperso de ocupação urbana. Esses modelos de distribuição espacial do perímetro urbano apresentaram ainda, a predominância de crescimento do tipo borda avançando sobre os espaços naturais, o que agravou o cenário de impactos ambientais quantificado em 1,6, sendo assim classificado como de média significância.

Com base na compreensão do contexto urbano e ambiental da área de estudo, foi identificada um condição de degradação persistente, uma vez que o atendimento das demandas humanas, como moradia e utilização de recursos naturais, permite que ocorra o quadro ambiental vigente.

No processo de análise e avaliação dos impactos ambientais, a utilização da matriz de interações contribuiu para uma análise mais objetiva das relações entre os impactos

ambientais e a expansão urbana. A utilização da matriz foi valiosa, visto a correlação dos dados para posteriores mensurações.

A mensuração dos impactos ambientais, a partir do cálculo proposto, atingiu as expectativas, embora tenha apresentado como principal proposta de melhoria, a consideração do grau de resiliência ambiental de cada elemento do meio ambiente. Isto se justifica, pois a partir da aplicação dessa variável é possível aferir com maior precisão os impactos ambientais em uma dada área de estudo e estabelecer previsões do grau dos impactos ambientais futuros, se houver persistência dos mesmos fatos urbanos.

Acredita-se que o aprimoramento desse tipo de quantificação de impactos ambientais negativos, contribuirá em pesquisas desse gênero, tornando os processos de análise mais eficientes. A composição de dados variados, como por exemplo, a inserção da avaliação da qualidade no ar e da qualidade de vida, poderá contribuir para avaliações mais precisas, principalmente se confrontados os impactos ambientais urbanos com a influência das atividades rurais sobre o ambiente impactado.

No âmbito político-institucional recomenda-se que sejam realizadas ações que promovam a contensão da malha urbana; melhorias nos serviços de saneamento, como esgotamento sanitário e coleta de resíduos; o monitoramento de áreas protegidas; e ações voltadas à educação ambiental e instrução à população acerca dos problemas ambientais e sociais gerados pelo despejo inadequado de resíduos e efluentes domésticos. Recomenda-se ainda, que no planejamento urbano e no monitoramento ambiental de zonas especiais de preservação seja considerado tanto o cenário presente quanto o cenário futuro de demandas por moradia, qualidade ambiental, mobilidade, acessibilidade e saneamento urbano.

Referências Bibliográficas

ABRAHÃO, R. **Impactos do lançamento de efluentes na qualidade da água do riacho Mussuré.** 2006. 140 p. Dissertação (Mestrado) - Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2006.

ALMEIDA, A. J. P. de; GUIMARÃES-JUNIOR, S. A. M.; ANDRADE, E. L.; NETO, José Vicente Ferreira. **Relação entre o índice de vegetação e a temperatura de superfície na estimativa e identificação das ilhas de calor na cidade de Maceió-AL.** In: Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE.

ALVES, T. L. B.; LIMA, V. L. A. de; FARIA, A. A. de. Impactos ambientais no rio Paraíba na área do Município de Caraúbas – PB: Região contemplada pela integração com a Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. **Caminhos de Geografia.** Uberlândia, v. 13, n. 43, p. 160-173, out. 2012.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil.** Brasília: ANA, SPR, 2005. 170 p.

ANJOS, W. F. dos; SILVA, M. D. da; CASTRO, A. A. B.C. C.; SILVEIRA, J.A.R. **Urbansprawl, padrões de dispersão e fragmentação: notas sobre a periferização e dinâmica das bordas intra-urbana, em cidades de porte médio brasileiras.** In: SILVEIRA, J.A.R. da. SILVA, M. D. da; CASTRO, A. A. B.C. C. , (Organizadores). Dinâmica da cidade e bordas urbanas. João Pessoa, PB: F&A. 142-167. 2015.

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10703. **Degradação do solo: terminologia.** Rio de Janeiro: ANA, 1989.

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004. **Resíduos sólidos.** Rio de Janeiro: ANA, 2004.

AVISSAR, R. Potential effects of vegetation on the urban thermal environment. **Atmospheric Environment.** v. 30, n. 13, p. 437–448, 1996.

BOLUND, P.; HUNHAMMAR, S. Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics.* v.29, n.2, p.293-301, 1999.

BRASIL. **Estatuto da Cidade: Lei 10.257 de julho de 2001.** Estabelece diretrizes gerais da política urbana. Brasília, Câmara dos Deputados. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm>. Acesso em 10 de ago. 2015.

BRASIL. **Lei nº 12.305**, de 2 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. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>>. Acesso em: 21 de out. 2015.

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: <

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 22 de jan. 2017.

CARDOSO, M. A.; MOTA, P. D. M.; SILVA, L. C. da; MONTEIRO, S. Cavalcante; FERREIRA, J. F. C. O despejo de resíduos sólidos nas ocupações irregulares no canal do Jandiá, Macapá-AP. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 03, n. 19, p. 149-161, jun. 2015.

CARVALHO, C. S.; ROSSBACH, A. C. **O Estatuto da Cidade: comentado**. São Paulo: Aliança das Cidades, 2010. 120 p.

COELHO, L. L. Os conceitos de dispersão e fragmentação urbana sob a abordagem da paisagem. Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Porto Alegre, 25 a 29 de Jul. 2016.

COSTA, R. B (org). **Fragmentação florestal e alternativas de desenvolvimento rural na região centro-oeste**. Campo Grande: UCDB, 2003.246 p.

CUNHA, C. de L. da.; FERREIRA, A. P. Avaliação das condições sanitárias em águas ambientais. **Caderno Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 8, n.22, p. 1715-1725, ago. 2006.

CROSTA, A.P. Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto. Editora da Unicamp. Campinas, São Paulo: IG/Unicamp. 1993. 170p.

Dantas, M. S.; Almeida, N. V.; Medeiros, I dos S.; Silva, M. D. Vegetation diagnosis remaining Atlantic Forest associated ecosystems in urban spaces. **Journal of Environmental Analysis and Progress**. v. 02 n.01, p. 87-97. 2017.

DUPRAS, J.; MARULL, J.; PARCERISAS, L.; COLL, F.; GONZALEZ, A.; GIRARD, M.; TELLO, E. The impacts of urban sprawl on ecological connectivity in the Montreal Metropolitan Region. **Environmental Science & Policy**. v. 58 p. 61–73, ago. 2016.

EMMANUEL, R.; LOCONSOLE, A. Green infrastructure as an adaptation approach to tackling urban overheating in the Glasgow Clyde Valley Region, UK. **Landscape and Urban Planning**. v. 138 p.71–86, mar. 2015.

FILHO, A.T. B.; NUCCI, J.C. **Espaços livres, áreas verdes e cobertura vegetal no bairro Alto da XV, Curitiba/PR**. Revista do Departamento de Geografia. v.18 p.48-59, 2006.

FOGLIATTI, M. C.; FILIPPO, S.; GOUDARD, B. **Avaliação de impactos ambientais**: aplicação aos sistemas de transporte. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. 249 p.

FRANCISCO, P. R. M. **Classificação e mapeamento das terras para mecanização agrícola do estado da Paraíba utilizando sistema de informações geográficas**.

2010.107 f. Dissertação (Mestrado) - Mestrado em Manejo de Solos e Água, Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2014.

FORMAN, R. T. T.; COLLINGE, S. K. Nature conserved in changing landscapes with and without spatial planning. **Landscape and Urban Planning**, Philadelphia, v. 3, n. 37, p. 129-135, 1997.

GODOY, L. B.; BAPTISTA, G. M. M.; ALMEIDA, T. **Relação entre vegetação e temperatura de superfície nos parques urbanos do Distrito Federal, por meio de dados RASTER**. In: Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Natal, Brasil, 25 a 30 de abril de 2009, INPE.

GOOGLE. Google Street View. Fotografia. Disponível em: Google Earth. Acesso em: 10 de Janeiro de 2017.

GOOGLE. Google Earth. Imagens de satélites. Disponível em: Google Earth. Acesso em: 15 de julho de 2016.

GOMES, P. S.; LAMBERTS, Roberto. O estudo do clima urbano e a legislação urbanística: considerações a partir do caso Montes Claros, MG. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 9, n. 1, p. 73-91, jan. 2009.

GONÇALVES, A. R. **Indicadores de dispersão urbana**. 2011. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

GONÇALVES, C. W. P. **Os (des) caminhos do meio ambiente**. 4^a ed. São Paulo: Contexto. 1993. 148 p.

HARTMAN, J. M.; STROM, S. Newark urban forestry demonstration project: findings and recommendations. Center for Land Planning and Design. New Brunswick: New Jersey Agricultural Experiment Station, 1995.

PISSI, L. G. A.; TRINDADE, L. C. O papel da vegetação arbórea e das florestas nas áreas urbanas. **Paisagem e Ambiente: ensaios**. São Paulo, n. 31, p. 81-96. 2013.

IBGE. Censo Demográfico 2010. 2010.

INMET- Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 05 de dez. 2016.

JAKOB, A. A. E. Urban sprawl: custos, benefícios e o futuro de um modelo de desenvolvimento do uso da terra. Ouro Preto: XIII Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais, 2002.

JACKSON, K. C. F. The suburbanization of the United States. Oxford: Press, 1985. 432 p.

JOÃO PESSOA. **Lei complementar nº 054, de 23 de dezembro de 2008**. Dispõe sobre a adequação do plano diretor do município de João Pessoa, aprovado pela lei complementar nº 03, de 30 de dezembro de 1992, às diretrizes e instrumentos para gestão urbana

instituídos pela lei federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001, estatuto da cidade e cria o conselho da cidade. Disponível em <<http://www.joaopessoa.pb.gov.br/portal/wp-content/uploads/2012/04/LC-054-DE-2008-Adequacao-do-Plano-Diretor-ao-Estatuto-da-Cidade.pdf>>. Acesso em: 01 de jun de 2016.

LEFF, E. **Saber ambiental. Sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder.** Petrópolis: Vozes/PNUMA, 2001. 343p.

LAKATOS, E. M. MARCONI, M. de A. **Fundamentos de metodologia científica.** 7. ed. - São Paulo: Atlas. 2010.

LANDSBERG, H. E. **The Urban Climate.** New York: Academic Press, 1981. 275 p.

LEOPOLD, L. B.; CLARKE, F. E.; HANSHAW, B. B.; BALSLEY, J. R. A procedure for evaluating environmental impact. Washington: U. S. Geological Survey, Circular n. 645, p. 1- 13, 1971.

LIMA, D. F. de; SILVA, M. D. da; BRAGA, C. F. C.; SILVEIRA, J. A. R. da; LIMA, E. V. Bordas urbanas: análise da produção e apropriação dos espaços periurbanos da cidade do Recife, Pernambuco. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté, v. 10, n. 4, p. 26-45, set. 2014.

LIMA, J. S. **Avaliação da contaminação do lençol freático do lixão do Município de São Pedro da Aldeia – RJ.** 2003. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Mestrado em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

LYON, J. G; YUAN D, L. R. S. ELVIDGE, C. D. A change detection experiment using vegetation indices. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.** v. 2, n. 3, p. 143-150. mar. 1998.

MAGALHÃES, A. F. **Avaliação do desempenho de técnicas de bioengenharia na proteção e conservação da cobertura final de taludes em aterros de disposição de resíduos sólidos urbanos: estudo de caso para o Aterro Sanitário de Belo Horizonte, MG.** 2005. 169 f. Dissertação (Mestrado) - Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

MAIA, D. S. Notas sobre a urbanização da cidade de João Pessoa - do processo e do seu revesso. **Revista Paraibana de Geografia**, João Pessoa, v. 3, n.1, p. 59-77, 2001.

MARQUES, R. F. P. V. **Impactos ambientais da disposição de resíduos sólidos urbanos no solo e na água superficial em três municípios de Minas Gerais.** 2011. 96f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

MAVROULIDOU, M.; HUGHES, S.J.; HELLAWELL, E. Developing the interaction matrix technique as a tool assessing the impact of traffic on air quality. **Journal of Environmental Management**, vol.84, p. 513– 522, 2007.

MENDONÇA, F. Diagnóstico e análise ambiental de microbacia hidrográfica: proposição metodológica na perspectiva do zoneamento, planejamento e gestão ambiental. **Revista RA'EGA**, v.1, n. 3, p. 67-89, fev. 1999.

MUCELIN, C. A. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 20 n.1, p.111-124, jun. 2008.

NASCIMENTO, V. M. L. C.; LIMA, E. R. V. de; SANTOS, C. A. G. **Utilização de sistema de informações geográficas na avaliação de áreas para ocupação urbana em João Pessoa/PB.** In: XIV simpósio brasileiro de sensoriamento remoto. v. 1, p. 4093-4100. Natal. 2009.

NUNES, E. M. **Poluição industrial da Bacia do Rio Gramame e conflito socioambiental: análise da complexidade a partir dos atores, impactos e perspectivas.** 2012. 171 f. Dissertação (Mestrado) - Mestrado em Gerenciamento Ambiental. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.

NUNES, M; E; GARCIA, L; G, Sociedade e natureza: Conflito territorial de poluição industrial da bacia do Rio Gramame-Mumbaba – PB. **Sociedade & Natureza**, v. 24, n. 2, p. 255-265, 2012.

OLIVEIRA, M. A. T. de; HERRMANN, M. L.P. Ocupação do solo e riscos ambientais na área conurbada de Florianópolis. p. 147 -188. In: Impactos Ambientais Urbanos no Brasil. Org. GUERRA, A. J. T.; BAPTISTA, S. Bertrand Brasil. 2012.418 p.

PANTALENA, A. F.; MAIA, L. P. Marcas da ação antrópica na história ambiental do Rio Jaguaribe, Ceará, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v.14, n.3, p. 459-469, 2014.

PARRON, L. M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água.** Colombo: Embrapa Florestas, 2011.69 p.

PASSOS, L. A. dos; SILVEIRA, F. de A.; PITA, A. L. L. R.; BRAGA, C. F. C.; SILVEIRA, J. A. R. da. Processo de expansão versus sustentabilidade urbana: reflexão sobre as alternativas de deslocamento na cidade de João Pessoa - PB. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 4, n. 1, p. 47-59. 2012.

PIRES, A S. FERNANDEZ, F.A.S.; BARROS, C.S. Vivendo em um mundo em pedaços: efeitos da fragmentação florestal sobre comunidades e populações animais. In: ROCHA, C. F. D., BERGALLO, H.G., SLUYS, M. V.; ALVES, M.A.S. (Ed). Biologia da conservação essências. São Carlos: RIMA. 582 p. 2006.

PIVELI, R. P.; KATO, M. T. **Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos.** São Paulo; ABES; 2006. 285 p.

PLANALTO. Portal da legislação. Disponível em: <<http://www4.planalto.gov.br/legislacao>>. Acesso em: 21 de jan. 2017.

POLIDORO, M.; LOLLO, J. A. de; BARROS, M. V. F. Impactos decorrentes do *sprawl* urbano em Londrina– PR. **Revista Eletrônica: Tempo – Técnica- Território**. Brasília, v.2, n.1. 2011.

PMJP. PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos**. Volume I- Diagnóstico. 2015.

PMCRMA/JP. **Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica de João Pessoa**. João Pessoa: F&A Gráfica e Editora, 2012.

OKE, T. R. Canyon Geometry and the Nocturnal Heat Island: comparisons of scale model and field observations. **Journal of Climatology**, v. 1, n. 3, p. 237-254. 1981.

QIN, Z; KARNIELI; A.; BERLINER, P. Progress in the remote sensing of land surface temperature and ground emissivity using NOAA - AVHRR data. **International Journal of Remote Sensing**, v.20, n.12, p. 2367-2393, 1999.

REIGOTA, M. **Meio Ambiente e Representação Social**. São Paulo: Cortez, 1997.

REINERT, D. J. Recuperação de solos em sistemas agropastoris. In: recuperação de áreas degradadas. Viçosa, MG: UFV, 1998. p. 163-176.

REN, Z.; HE, X.; ZHENG, H.; ZHANG, D.; YU, X.; SHEN, G.; GUO, R. Estimation of the Relationship between Urban Park Characteristics and Park Cool Island Intensity by Remote Sensing Data and Field Measurement. **Forests**. v.4, p.868-886, out. 2013.

RIBEIRO, E.L. **Sistemas de áreas livres e verdes urbanas em João Pessoa – PB** DIGEOC/SEPLAN/PMJP, 2008.

RIBEIRO, E. L.; SILVEIRA, J. A. R. da. O fenômeno do *sprawling* urbano. **Revista arquitetura e urbanismo**. Disponível em <http://www.au.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/185/artigo149628-2.aspx>. 2007. Edição 185 - Agosto/2009.

RIBEIRO, E. L.; SILVEIRA, J. A. R. da. **O processo de dispersão do espaço urbano: impactos ambientais e influências negativas sobre a mobilidade, a acessibilidade urbana e o direito de ir e vir**. p. 511- 532. In: Direitos fundamentais e o direito ambiental / Alexandre Rossi, Silvio Crestana, Elisabete Gabriela Castellano, editores técnicos. – Brasília, DF : Embrapa, 2015.

RIBEIRO, E. L.; SILVA, G. J. A. da; SILVEIRA, J. A. R. da. Cidades compactas e verdes: discussões acerca da qualidade de vida e sustentabilidade urbana. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, v.23, n.33, p. 2016.

RIBEIRO, E. L; SILVEIRA, J. A. R.; SILVA, M. D. da. BRITO, A. L. F. R. Sistemas de áreas verdes e de lazer urbano- aspectos históricos, espaciais e sociais: o caso da cidade de João Pessoa-PB. In: BENINI, S. M.; ROSIN, J.A. R. G. (Orgs.) **Estudos urbanos: uma abordagem interdisciplinar da cidade contemporânea**. 2. Ed. Tupã:ANAP, 2016. p. 325-348.

ROSA, A. S.; DALMOLIN, R. S. D.; PEDRON, F.A. Characterization of soil covers in closed landfill sites with (geo) statistical tools . **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.16, n.2, p. 121-126, 2011.

SÁNCHEZ, L. E. **A desativação de empreendimentos industriais: um estudo sobre o passivo ambiental**. 1998. 178p. (Tese) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

SANTORO, J. F.; KRIPKA, M. A Determinação das emissões de dióxido de carbono das matérias primas do concreto produzido na região norte do Rio Grande do Sul. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 16, n. 2, p. 35-49, 2016.

SANTO, S. M.; FERNANDES, R. B. ; SOUSA, N.G. U. ; FALCÃO, P. M.. Estado, política habitacional e expansão urbana no Brasil: utopias democráticas e realidades. XIV Coloquio Internacional de Geocrítica Lasutopías y la construcción de lasociedad del futuro Barcelona, 2-7 de maio de 2016.

SANTOS, J. A. dos. **Análise dos riscos ambientais relacionados às enchentes e deslizamentos na favela São José, João Pessoa – PB**. 2007. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Geografia, UFPB, João Pessoa, 2007.

SANTOS-JÚNIOR, A. D.; SILVA, M. D. da; SILVEIRA, J. A. R. da. **Caracterização socioeconômica da borda urbana na cidade de João Pessoa, Paraíba**. II Simpósio de Estudos Urbanos: A dinâmica das cidades e a produção do espaço. 2013.

SETO, K. C., FRAGKIAS, M., GÜNERALP, B.; REILLY, M. K. A meta-analysis of global urban land expansion. **Plos ONE**, v. 6, n.8, p.23-77, out. 2011.

SILVA, M.D. da. Crescimento da mancha urbana na cidade de João Pessoa, PB. Relatório de Cumprimento do Objeto (Pós-doutoramento em Arquitetura e Urbanismo). UFPB. 2015

SILVA, M. D. da; CASTRO, A. A. B. da C.; SILVA, B. de A. S.; SILVA, G. J.A. S.; SILVEIRA, J.A. R. da. **Crescimento da mancha urbana da cidade de João Pessoa, PB**. In: SILVA, T.M. da; CAMELLO, T.C. F.; ALMEIDA, J. R. de. SILVA, B. de A. SILVA, M. D. da; SILVEIRA, J. A. R. da; **Distensão Intraurbana: Os espaços periféricos limítrofes da cidade de João Pessoa**. In: SILVEIRA, J. A. R. da. SILVA, M. D. da.; CASTRO, A. A. B. C. (Organizadores). Dinâmica da cidade e bordas urbanas. João Pessoa, PB: F&A. 74-103. 2015.

SILVA, G. J. A. da; ROMERO, M.A. B.O urbanismo sustentável no Brasil. A revisão de conceitos urbanos para o século XXI (Parte 02). Arquitextos, São Paulo, ano 11, n. 129.08, Vitruvius, fev. 2011 <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/11.129/3499>>.

SILVEIRA, J. A. R.da. Desordem na cidade? Controvérsias sobre o “caos urbano” e das possibilidades de administrá-lo. *Minha Cidade*, São Paulo, ano 12, n. 134.06, Vitruvius, set. 2011.

SILVEIRA, J. A. R. da. Urban sprawl, periferização e bordas urbanas. *Minha Cidade*, São Paulo, ano 14, n. 164.07, Vitruvius, mar. 2014.

SILVEIRA, J. A. R. da. SILVA, M. D.S.; CASTRO, A. A.B.C., (Organizadores). **Dinâmica da cidade e bordas urbanas**. João Pessoa, PB: F&A. p. 54-72. 2015

SILVEIRA, J. A. R.; Gadelha, T.M. C. Conflitos de Uso e Ocupação do Solo em Áreas de Proteção Ambiental, nos Espaços Periféricos de João Pessoa. Projeto de Pesquisa, PIBIC/CNPQ/UFPB 2017.

SILVA, I. A. A.; PEREIRA, A.F.N.; BARROS, I.C.L. Edge effects on biological dynamics of ferns. **Braz. J. Biol.** vol.71, n. 2, p. 421-430, 2011.

SOBREIRA, F.J.A. **A lógica da diversidade: complexidade e dinâmica em assentamentos espontâneos**. 2003. Tese (doutorado). Universidade Federal de Pernambuco. Recife, MDU UFPE, 2003.

SOBREIRA, L. C.; LEDER, S. M.; SILVA ,F.A. G. da; ROSA , P.R.O. Expansão urbana e variações mesoclimáticas em João Pessoa, PB. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 2, p. 125-138, abr. 2011.

SOUZA, C. A.F. de; BRITO, H. C. de; OLIVEIRA, B.M. de. Expansão Urbana e seus efeitos na qualidade da água e marisco: estudo de caso em área de manguezal em Barra de Gramame, João Pessoa, PB. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 13, n. 1, p.158-167, jan. 2017.

SOUZA, J. F.de; SILVA, R. M. da. Transformações recentes no uso e ocupação do solo nos bairros de Água Fria e José Américo, João Pessoa- PB. **Cadernos do Logepa**, João Pessoa, v. 6, n. 1, p. 25-40, jul. 2011.

SOUZA, J. F. de; SILVA, R. M.; SILVA, A. M. Influência do uso e ocupação do solo na temperatura da superfície: o estudo de caso de João Pessoa – PB. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 21-37, jan. 2016.

TEÓDULO, J. M. R. **Geocologia das paisagens na Bacia Hidrográfica do Rio Gramame-PB com auxílio de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas**. 2012. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

TEMOTEO, J. A. G.; LIMA, E. R. V. de; NISHIDA, A. K. Empreendimentos turísticos e impactos ambientais no distrito de Jacumã, Município de Conde-PB. In: LIMA, E.R. V. de (Org.). **Dilemas Ambientais do uso e ocupação da costa Paraibana**. 2. ed. João Pessoa: Editora Universitária Ufpb, 2012. p. 13-41.

USGS (United States Geological Survey). Using Landsat 7 Data. Disponível em: http://landsat.usgs.gov/using_Landsat_7_data.php. Acesso em: 29. out.2014.

VEIGA, J. E. da; ZATZ, L. **Desenvolvimento sustentável: que bicho é esse?** Campinas: Autores Associados. 84 p.

VILLAÇA, F. **O espaço intraurbano no Brasil**. São Paulo: Studio Nobel. 1998. 373 p.

WUKELIC GE, GIBBONS DE, MARTUCCI LM & FOOTE HP. Radiometric calibration of Landsat Thematic Mapper Thermal Band. **Remote Sensing of Environment**, v. 28, p. 339-347. 1989.

YU ,C.; HIEN, W. N. Thermal benefits of city parks. **Energy and Buildings**. v. 38, p.105–120, abr. 2006.

APÊNDICE

DADOS DO MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DOS RIOS

Monitoramento da qualidade das águas do Riacho Mussuré 2006

Pontos	Mês	Temperatura (°C)	Cor (mgPt/L)	Turbidez (UNT)	pH	Salinidade (Ppt)	O.D. (Mg/ L O ₂)	D.B.O. (Mg/ L O ₂)	C.F. (UFC/ 100 mL)
MS00 Classe 3	Mar	28	68	30	6,87	-	1,2	5,6	10000
	Jul	28	74	34	6,75	-	1	1,6	0
	Out	28	73	24	6,33	-	1	5,2	10720
	Dez	28	33	9	6,21	-	1	5,1	0
MS01 Classe 3	Mar	28	81	81	7,1	-	2	10,4	10000
	Jul	28	72	32	6,67	-	2	0,8	0
	Out	28	70	20	6,32	-	0,8	4	0
	Dez	28	33	8	6,25	-	0,8	5,5	0
MS01A Classe 3	Mar	40	azul	235	7,43	-	0	23,2	10000
	Jul	33	69	28	6,92	-	3,1	3,7	0
	Out	29	Azul escuro	300	7,55	-	0	14	0
	Dez	30	92	44	7,2	-	0	13,3	0
MS02 Classe 3	Mar	28	46	11	7,25	-	0	5,6	10000
	Jul	28	42	9	6,94	-	2,7	0,8	960
	Out	29	26	6	6,68	-	0,8	1,7	700
	Dez	29	38	10	6,85	-	0	1,8	0
MS03 Classe 3	Mar	29	50	11	7,4	-	1,2	3,6	3500
	Jul	28	41	10	6,9	-	1,6	0,8	730
	Out	28	27	6	6,7	-	1	1,1	520
	Dez	29	38	11	6,8	-	0	3,3	0

Fonte: (Adaptado de SUDEMA 2006/2015)

Monitoramento da qualidade das águas do Riacho Mussuré 2015

Pontos	Mês	Temperatura (°C)	Cor (mgPt/L)	Turbidez (UNT)	pH	Salinidade (Ppt)	O.D. (Mg/L O ₂)	D.B.O. (Mg/L O ₂)	C.F. (UFC/ 100 mL)
MS00 Classe 3	Jun	26	66,60	30,10	6,60	-	5,40	-	6630
	Set	26	15,80	2,78	6,41	-	3,68	4,40	7800
	Dez	27	27,50	2,77	6,51	-	3,65	2,60	630
MS01 Classe 3	Jun	26	62,5	27,5	6,4	-	6,3	-	5170
	Set	26	24,1	3,59	6,3	-	3,39	1,6	8570
	Dez	27	25,8	3,35	6,9	-	3,06	3	270
MS01A Classe 3	Jun	28	69	31,2	6,73	-	4,6	-	3106
	Set	26	34,8	5,1	9,43	-	1,49	14,5	5300
	Dez	27	27,6	2,96	6,82	-	1,45	4	4200
MS02 Classe 3	Jun	25	75	27,40	6,91	-	4,9	-	3280
	Set	26	42	5,96	6,82	-	2,59	4,4	1800
	Dez	28	73	16,30	7,64	-	1,98	13,2	1080
MS03 Classe 3	Jun	26	24,4	2,54	6,61	-	2,84	4,4	1200
	Set	29,3	34,8	5,59	6,70	-	4,86	6,3	1710
	Dez	28	73,4	19,7	7,46	-	0,67	19,1	700

Fonte: (Adaptado de SUDEMA 2006/2015)

Monitoramento da qualidade das águas do Riacho Mumbaba 2006

Pontos	Mês	Temperatura (°C)	Cor (mgPt/L)	Turbidez (UNT)	pH	Salinidade (Ppt)	O.D. (Mg/ L O2)	D.B.O. (Mg/ L O2)	C.F. (UFC/ 100 mL)
MB01 Classe 3	Mar	26	62	19	7,17	-	6	1	850
	Jul	26	109	33	6,8	-	5,7	1,2	2270
	Out	25	33	10	6,4	-	6,8	1	300
	Dez	25	41	13	6,66	-	6,3	0,6	2280
MB02 Classe 3	Mar	28	113	287	8,41	-	4	3,4	190
	Jul	27	102	28	6,74	-	4,9	1,2	220
	Out	28	41	12	6,72	-	4,9	1,2	640
	Dez	29	35	10	6,62	-	2,9	1,2	450
MB03 Classe 3	Mar	29	103	84	7,8	-	6,8	5,4	10000
	Jul	28	101	98	6,74	-	4,6	4,8	700
	Out	28	43	16	7,05	-	5,8	0,8	150
	Dez	29	51	23	6,76	-	4,5	2,4	0

Fonte: (Adaptado de SUDEMA 2006/2015)

Monitoramento da qualidade das águas do Riacho Mumbaba 2015

Pontos	Mês	Temperatura (°C)	Cor (mgPt/ L)	Turbidez (UNT)	pH	Salinidade (Ppt)	O.D. (Mg/ L O2)	D.B.O. (Mg/ L O2)	C.F. (UFC/ 100 mL)
MB01 Classe 3	Set	25	68,9	13,9	6,04	-	6,81	1,2	1430
	Out	28	66,4	14,5	6,36	-	8,23	3,8	5100
	Dez	26	64,8	7,84	7,34	-	6,74	1,2	440
MB02 Classe 3	Jun	29	189	123	6,46	-	5,6	2,2	1390
	Set	26	58,4	11,5	6,65	-	5,77	1,8	980
	Out	26,3	47,7	8,98	6,41	-	5,1	3,2	2300
	Dez	28	73,3	21,7	6,94	-	3,3	3,2	3300
MB03 Classe 3	Set	27	58	11,4	7,02	-	5,8	1,9	2400
	Out	28,2	55,3	10,4	5,16	-	6,6	2,9	730
	Dez	29	58,8	8,76	6,88	-	3,44	2,1	760

Fonte: (Adaptado de SUDEMA 2006/2015)

Monitoramento da qualidade das águas do Rio Gramame 2006

Pontos	Mês	Temperatura (°C)	Cor (mgPt/ L)	Turbidez (UNT)	pH	Salinidade (Ppt)	O.D. (Mg/ L O₂)	D.B.O. (Mg/ L O₂)	C.F. (UFC/ 100 mL)
P1 Classe 2	Mar	27	44	11	7,14	-	4,6	1	580
	Jul	26	80	30	6,76	-	6,3	0,6	150
	Out	26	38	12	6,61	-	5,8	1,2	850
	Dez	26	31	14	6,43	-	5,7	1	0
P3 Classe 2	Mar	28	40	12	7,17	-	4,2	1,2	1590
	Jul	27	83	24	6,72	-	6,3	1,2	110
	Out	28	44	18	6,5	-	4,9	1,5	1030
	Dez	28	32	14	6,39	-	4,1	2,5	90
P4 Classe 3	Mar	28	56	16	7,18	-	3	1,4	660
	Jul	28	105	33	6,67	-	4,7	0,2	10
	Out	28	41	9	6,66	-	3,9	1,5	250
	Dez	28	31	12	6,68	-	3,5	3	3270
P5 Classe 3	Mar	28	72	15	6,84	-	1,6	1	1740
	Jul	28	147	64	6,68	-	3,9	0,8	180
	Out	28	51	13	6,63	-	2,7	0,7	0
	Dez	28	36	19	6,82	-	2,4	0,8	1280
P6 Classe 3	Mar	28	60	14	6,85	-	1,8	1,2	420
	Jul	28	60	17	6,73	-	2,7	0,4	780
	Out	28	35	8	6,78	-	3,1	1,2	40
	Dez	28	34	8	6,77	-	1	1	70
P7 Classe 3	Mar	28	101	36	7,93	-	4,6	0,8	20
	Jul	28	17	8	7,85	-	5,7	0,6	1610
	Out	28	9	12	8,1	-	6,2	0,4	20
	Dez	28	9	10	8,18	-	6,9	0,6	30

Fonte: (Adaptado de SUDEMA 2006/2015)

Monitoramento da qualidade das águas do Rio Gramame 2015

Pontos	Mês	Temperatura (°C)	Cor (mgPt/ L)	Turbidez (UNT)	pH	Salinidade (Ppt)	O.D. (Mg/ L O2)	D.B.O. (Mg/ L O2)	C.F. (UFC/ 100 mL)
P1 Classe 2	Jun	25	195	48,7	6,77	-	5,7	0,8	6180
	Set	28	44,3	8,13	6,85	-	6,54	0,9	2800
	Out	27	33,4	6,92	5,86	-	6,45	4,6	250
	Dez	28	27,3	4,26	7,07	-	6,85	0,8	170
P3 Classe 2	Jun	26	192	61,1	6,3	-	5,4	2,4	5010
	Set	27	51,7	11	6,16	-	5,6	2,9	3400
	Out	28,2	50,6	8,04	6,62	-	7,04	4,4	6420
	Dez	30	73,2	13,3	6,58	-	6,59	1,8	2600
P4 Classe 3	Jun	26	171	50,2	6,43	-	3,17	1,18	1230
	Set	27	59,7	13,1	6,89	-	5,09	2,1	1500
	Out	28,3	41,9	8,04	6,65	-	7,51	3,8	8400
	Dez	29	63	8,29	7,47	-	2,67	2,2	1030
P5 Classe 3	Jun	25	186	62,8	6,46	-	2,34	2,12	980
	Set	27	60,3	10,9	6,3	-	3,73	2	360
	Dez	29	66,5	11	7,05	-	4,35	1,9	2930
	Jun	25	148	44,2	6,44	-	3,2	0,2	970
P6 Classe 3	Set	27	54,8	7,44	7,02	-	3,28	1,3	180
	Dez	29	42,2	2,91	7,17	-	3,62	1,5	190
	Jun	25	39,8	15,7	8,04	-	7,78	1,3	240
	Set	32	35,2	17,7	8,3	-	9,77	2	0
P7 Classe 3	Dez	29	19,3	6,28	8,22	-	9,25	1,2	0

Fonte: (Adaptado de SUDEMA 2006/2015)