

JÚLIO CÉSAR DA COSTA SILVA

**A POLUIÇÃO NO RIO COCÓ, SUB-BACIA B-2, MARGEM DIREITA, E A
EXPANSÃO URBANA DE FORTALEZA-CE.**

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geografia.

RIO CLARO – SP

2013

628.161 Silva, Júlio Cesar da Costa.

S586p A poluição no Rio Cocó, sub-bacia B-2, margem direita, e a expansão urbana de Fortaleza-CE. / Júlio Cesar da Costa Silva. – Rio Claro: [s.n],

2013.

154 f. : il., figs., tabs., quadros.

Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas.

JÚLIO CÉSAR DA COSTA SILVA

**A POLUIÇÃO NO RIO COCÓ, SUB-BACIA B-2, MARGEM DIREITA, E A
EXPANSÃO URBANA DE FORTALEZA-CE.**

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geografia.

COMISSÃO EXAMINADORA

João Afonso Zavattini
Prof. Dr. IGCE/UNESP/Rio Claro (SP)
(Orientador)

Mabel Calina de França Paz
Prof. Dra. UFCG/CCBS/UACS/Campina Grande (PB)

Marisete Dantas de Aquino
Prof. Dra. UFC/DEHA/CT /Fortaleza (CE)

Natale Chierice Junior
Prof. Dr. AFA/Pirassununga (SP)

Sandra Elisa Contri Pitton
Prof. Dra. IGCE/UNESP/Rio Claro (SP)

Rio Claro, São Paulo, 31 de Outubro de 2013.

À Deus por iluminar sempre meus caminhos.
À minha esposa, Beth, companheira de todas as horas, pelo amor, respeito e amizade, à minha adorável mãe Eliete, pelos ensinamentos e dedicação, aos meus filhos amados, o inesquecível Julim (in memorian), Juliana e Gustavo, pelo estímulo e carinho, e às queridas netas Tayra e Sarah, doces amores de minha vida.

AGRADECIMENTO

Para a realização deste trabalho de pesquisa, contei com o apoio de pessoas que me ajudaram a vencer os desafios e ultrapassar obstáculos nesta caminhada.

Ao meu orientador, Prof. Dr. João Afonso Zavattini, pelos ensinamentos, paciência e amizade, durante a realização desse trabalho e, sobretudo, pela confiança em acreditar no meu potencial.

A coordenação e a todos os professores do IGCE/UNESP do Campus de Rio Claro que participaram como docentes no Programa de Pós-Graduação em Geografia (Área de Organização do Espaço)/IFCE.

Ao meu prezado amigo irmão Bemvindo, não só pela amizade e companheirismo nas horas desérticas, mas, também, pelas orientações constantes e pelo apoio do LIAMAR/IFCE, sob sua coordenação, durante a realização desse trabalho.

Aos bolsistas do LIAMAR/IFCE que participaram e me auxiliaram nas coletas e análises durante o período de amostragens.

Ao Instituto Federal do Ceará – IFCE, na figura da minha querida ex-ETFCE, por proporcionar este curso de pós-graduação em nível doutorado.

Aos meus amigos do IFCE, principalmente, os do campus Maracanaú, pelo incentivo e compreensão.

Ao Eng. Assis Bezerra, SEINF/PMF, que disponibilizou valiosas informações que nortearam minhas decisões no meu trabalho de pesquisa.

Ao amigo de priscas eras Odorico Eloy, IPCE/Governo do Estado do Ceará, pela presteza e informações.

Ao prof. Edson Marques do campus Maracanaú/IFCE pela presteza e disponibilidade das informações cartográficas.

Ao prof. Hugo Buarque do IFCE do campus Fortaleza pelas orientações e presteza no processamento estatístico multivariado dos dados.

“Mesmo quando tudo parece desabar, cabe a mim decidir entre rir ou chorar, ir ou ficar, desistir ou lutar; porque descobri, no caminho incerto da vida, que o mais importante é o decidir.”

Cora Coralina

RESUMO

A ocupação urbana sem planejamento adequado nas cidades tem causado impactos significativos sobre o meio ambiente e, este fato, afeta diretamente a população que sofre com a queda do nível das condições de qualidade da água nos recursos hídricos em áreas urbanas. Esses impactos no ambiente são facilmente identificados como impermeabilização do solo, aumento do escoamento das águas residuárias e disposição inadequada do lixo. Área selecionada para o estudo da presente pesquisa compreende a região sudeste da cidade de Fortaleza, uma zona adensável, compostas por bairros heterogêneos quanto aos aspectos socioeconômicos e ambientais, desprovida de sistema público de esgotamento sanitário e com um deficiente sistema de drenagem. Nesta região observa-se uma intensa e especulativa ocupação do espaço geográfico decorrente do crescimento da expansão urbana em Fortaleza, com as construções de diversos empreendimentos residenciais e comerciais. Esta pesquisa tem como objetivo geral, diante a problemática exposta, envolvendo a expansão urbana, a especulação imobiliária e a poluição hídrica, analisar e avaliar a qualidade das águas do rio Cocó, sub-bacia B-2, margem direita, e de seus aportes, levantando e discutindo os principais parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos de amostras de águas coletadas diretamente no leito do rio e em alguns de seus aportes, como também propor algumas recomendações tendo em vista a sustentabilidade e a qualidade ambiental da área de estudo, a sub-bacia-B2 do rio Cocó na cidade de Fortaleza.

Palavras-chave: Ocupação urbana. Águas residuárias. Poluição hídrica. Qualidade ambiental.

ABSTRACT

Urban occupation without adequate planning in the cities has caused significant impacts on the environment and this directly affects the population that suffers with the decreasing quality level of the water from water resources in urban areas. These environmental impacts are easily identifiable: soil sealing, increase of wastewater drainage and inadequate waste disposal. The selected area for this research is the southeast region of Fortaleza: a densely populated area; comprising – concerning socioeconomic and environmental aspects – heterogeneous neighborhoods; devoided of sanitary sewage system; and with a poor drainage system. In this region it can be observed an intense and speculative occupation of the geographical space due to the urban growth in Fortaleza, by the building of diverse residential and commercial enterprises. This research has as objective, concerning the above-mentioned problems, involving urban expansion, real estate speculation and water pollution, to analyze and evaluate the water quality of the Cocó river, sub-basin B-2, right margin, and of its tributaries, raising and discussing main physical, chemical and bacteriological parameters of water samples collected directly from the river and some of its tributaries, as well as to propose some recommendations aiming sustainability and the environmental quality of the studied area, the Cocó river, sub-basin B2 in Fortaleza.

Keywords: Urban occupation. Wastewater. Water pollution. Environmental quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Foto Shopping Iguatemi na segunda metade dos anos 80.....	26
Figura 2.2 – Municípios da Região Metropolitana de Fortaleza.....	27
Figura 2.3– A cidade de Fortaleza – CE.....	28
Figura 2.4 – Distribuição da população por bairros no município de Fortaleza/CE-2010.	30
Figura 2.5 – Percentual de domicílios ligados à rede geral de esgoto ou pluvial segundo bairros de Fortaleza - CE.....	32
Figura 2.6 – Precipitação Pluviométrica Acumulada Mensal e Anual (mm) de Fortaleza de 1961 a 1990, do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).....	34
Figura 2.7 – Insolação total em Fortaleza de 1961 a 1990 - Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).....	35
Figura 2.8 – Temperatura média compensada em Fortaleza de 1961 a 1990 - Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).....	36
Figura 2.9 – Precipitação Acumulada x Evaporação Total de Fortaleza de 1961 a 1990 - Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).....	37
Figura 2.10 – Bacias hidrográficas de Fortaleza.....	39
Figura 2.11: unidades geomorfológicas da bacia do Cocó.....	41
Figura 2.12 – Residências expostas a riscos (Av. Costa e Silva).....	45
Figura 2.13 – Antigas salinas Diogo junto ao Rio Cocó.....	46
Figura 2.14 – Cenário atual da antiga Salina Diogo.....	46
Figura 2.15 – Foto do Shopping Iguatemi na década de 2000.....	46
Figura 2.16 – Riacho da Levada sem construção de condomínios residenciais.....	47
Figura 2.17 – construção dos condomínios residenciais próximo ao Riacho da Levada.....	47
Figura 2.18 – condomínios residenciais implantados próximo ao Riacho da Levada.....	48
Figura 2.19 – Expansão imobiliária no bairro Guararapes e adjacências.....	49
Figura 3.1 – Mapa de localização dos pontos de coletas.....	69
Figura 3.2 – Ponto de coleta (PR1) na ponte BR 116 sobre rio Cocó.....	69
Figura 3.3 – Local da coleta no ponto PR1.....	70

Figura 3.4 – Aporte do PA1 referente ao Canal de drenagem do conjunto Tancredo Neves.....	70
Figura 3.5 – Local de coleta do ponto PA1.....	71
Figura 3.6 – lagoa de estabilização do conjunto Tancredo Neve.....	71
Figura 3.7 – Local do Ponto de coleta PA2.....	72
Figura 3.8 – Vista do Ponto de coleta PR2, ponte da Av. Murilo Borges sobre o rio Cocó.....	72
Figura 3.9 – Coleta no ponto PR2.....	73
Figura 3.10 – Aporte do PA3 da drenagem do açude Fernando Macedo.....	73
Figura 3.11 – Aporte PA4 da drenagem da rua Atilano de Moura.....	74
Figura 3.12 – Coleta do Aporte PA4.....	74
Figura 3.13 – Ponto de coleta (PR3) na ponte sobre o rio Cocó na Av. Eng. Santana Júnior.....	75
Figura 3.14 – Coleta do ponto (PR3).....	75
Figura 3.15 – Ponto de coleta do aporte PA5 da drenagem na ponte da Av. Eng. Santana.....	76
Figura 3.16 – Coleta do aporte (PA5).....	76
Figura 3.17 – Ponto de coleta PR4 na ponte na Av. Sebastião de Abreu sobre o rio Cocó.....	76
Figura 3.18 – Ponto de coleta PR4.....	77
Figura 3.19 – Fotos dos pontos de amostragem no trecho do rio Cocó entre as pontes da Rodovia BR-116 e Av. Sebastião de Abreu, Fortaleza-CE.....	78
Figura 3.20 – Unidade Móvel do LIAMAR/IFCE.....	79
Figura 4.1 – Ponte sobre a Avenida Costa e Silva (Perimetral).....	87
Figura 4.2 – Poluição no lago Cocó, bairro Jardins das Oliveiras.....	88
Figura 4.3 – Aporte na av. gov. Raul Barbosa e o riacho (canal) do Tauape.....	89
Figura 4.4 – Ponte sobre o rio Cocó na Avenida Engenheiro Santana Júnior.....	90
Figura 4.5 – Ciclo de precipitação pluviométrica da estação pluviométrica Maria Nilva.....	92

Figura 4.6 – Variação espaço-temporal dos valores médios de temperatura, pH, alcalinidade total e cor verdadeira no trecho do rio Cocó entre as pontes da BR-116 e da Av. Sebastião de Abreu – Fortaleza-CE e nos aportes da margem direita deste trecho, no período de julho de 2012 a janeiro de 2013.....	103
Figura 4.7 – Variação espaço-temporal dos valores médios de DBO ₅ , oxigênio dissolvido, sólidos totais voláteis e sólidos dissolvidos voláteis no trecho do rio Cocó entre as pontes da BR-116 e da Av. Sebastião de Abreu – Fortaleza-CE e nos aportes da margem direita deste trecho, no período de julho de 2012 a janeiro de 2013.....	106
Figura 4.8 – Variação espaço-temporal dos valores médios de nitrato e amônia total no trecho do rio Cocó entre as pontes da BR-116 e da Av. Sebastião de Abreu – Fortaleza-CE e nos aportes deste trecho, no período de julho de 2012 a janeiro de 2013.....	109
Figura 4.9 – Variação espaço-temporal dos valores médios de fósforo total e ortofosfato solúvel no trecho do rio Cocó entre as pontes da BR-116 e da Av. Sebastião de Abreu – Fortaleza-CE e nos aportes da margem direita deste trecho, no período de julho de 2012 a janeiro de 2013.....	110
Figura 4.10 – Variação espaço-temporal dos valores médios de sólidos suspensos fixos, sólidos suspensos voláteis e turbidez no trecho do rio Cocó entre as pontes da BR-116 e da Av. Sebastião de Abreu – Fortaleza-CE e nos aportes da margem direita deste trecho, no período de julho de 2012 a janeiro de 2013.....	112
Figura 4.11 – Variação espaço-temporal dos valores médios de sólidos dissolvidos totais, sólidos dissolvidos fixos e condutividade elétrica no trecho do rio Cocó entre as pontes da BR-116 e da Av. Sebastião de Abreu – Fortaleza-CE e nos aportes da margem direita deste trecho, no período de julho de 2012 a janeiro de 2013.....	114
Figura 4.12 – Variação espaço-temporal dos valores médios de sulfeto, sulfato, dureza total e condutividade elétrica no trecho do rio Cocó entre as pontes da BR-116 e da Av. Sebastião de Abreu – Fortaleza-CE e nos aportes da margem direita deste trecho, no período de julho de 2012 a janeiro de 2013.....	115
Figura 4.13 – Variação espaço-temporal dos valores médios de ferro total e manganês no trecho do rio Cocó entre as pontes da BR-116 e da Av. Sebastião de Abreu – Fortaleza-CE e nos aportes deste trecho, no período de julho de 2012 a janeiro de 2013.....	117
Figura 4.14 – Variação espaço-temporal dos valores médios de bactérias heterotróficas mesófilas, coliformes termotolerantes e Eschechia Coli no trecho do rio Cocó entre as pontes da BR-116 e da Av. Sebastião de Abreu – Fortaleza-CE e nos aportes da margem direita deste trecho, no período de julho de 2012 a janeiro de 2013.....	118
Figura 4.15 – Dedrograma dos pontos de amostragem (no rio e nos aportes) distribuídos ao longo do trecho do rio tomado como objeto de estudo, correspondente a todo o período monitorado.....	121

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 2.1 - Características da Bacia Hidrográfica do Rio Cocó Fortaleza – CE	42
Quadro 2.1 - Recursos Hídricos por Sub-bacia – Bacia Hidrográfica do Rio Cocó (B).....	42
Quadro 3.1 - Variáveis analisadas, Metodologias analíticas e Referências.....	67
Quadro 3.2 - Tipos de recipientes para coleta de amostras.....	78
Tabela 2.1 - Evolução da População do Ceará e de Fortaleza.....	29
Tabela 2.2 - Dados climatológicos da Estação de Fortaleza – CE entre o período de 1961-1990.....	33
Tabela 2.3 - Médias mensais e anual das temperaturas máximas e mínimas no período de 1961-1990	36
Tabela 3.1 - Renda mensal nos bairros da área de estudo.....	67
Tabela 4.1 - Renda mensal nos bairros da área de estudo.....	82
Tabela 4.2 - Indicadores demográficos segundo os bairros de Fortaleza.....	83
Tabela 4.3 - Indicadores de Infraestrutura domiciliar segundo os bairros de Fortaleza.....	84
Tabela 4.4 - Dados da serie histórica (1999-2001) e do período de estudo (2012-2013).....	92
Tabela 4.5 - Dados pluviométricos referentes aos anos de 2012 a 2013 no período de janeiro a junho.....	93
Tabela 4.6a - Variação dos parâmetros relacionados às propriedades limnológicas, material biodegradável, oxigênio dissolvido, material em suspensão e macronutrientes no trecho do rio Cocó entre as pontes sobre BR 116 e sobre a Av. Sebastião de Abreu e nos principais pontos de aportes, Fortaleza-CE no período de junho/2012 a janeiro/2013	94
Tabela 4.6b - Variação dos parâmetros relacionados às propriedades limnológicas, material biodegradável, oxigênio dissolvido, material em suspensão e macronutrientes no trecho estudado do rio Cocó	95

Tabela 4.6c - Variação dos parâmetros relacionados às propriedades limnológicas, material biodegradável, oxigênio dissolvido, material em suspensão e material em suspensão e macronutrientes no trecho do rio Cocó entre as pontes sobre BR 116 e sobre a Av. Sebastião de Abreu e nos principais pontos de aportes de sua margem direita, Fortaleza-CE no período de junho/2012 a janeiro/2013..... 96

Tabela 4.6d - Variação dos parâmetros relacionados à material inorgânico, metais, indicadores de qualidade sanitária no trecho do rio Cocó entre as pontes sobre BR 116 e sobre a Av. Sebastião de Abreu e nos principais pontos de aportes de sua margem direita, Fortaleza-CE no período de junho/2012 a janeiro/2013..... 97

Tabela 4.6e - Variação dos parâmetros relacionados à material inorgânico, metais, indicadores de qualidade sanitária no trecho do rio Cocó entre as pontes sobre BR 116 e sobre a Av. Sebastião de Abreu e nos principais pontos de aportes de sua margem direita, Fortaleza-CE no período de junho/2012 a janeiro/2013..... 98

Tabela 4.6f - Variação dos parâmetros relacionados à material inorgânico, metais, indicadores de qualidade sanitária no trecho do rio Cocó entre as pontes sobre BR 116 e sobre a Av. Sebastião de Abreu e nos principais pontos de aportes de sua margem direita, Fortaleza-CE no período de junho/2012 a janeiro/2013..... 99

Tabela 4.7 - Matriz de correlações entre variáveis físicas, químicas e bacteriológicas no trecho do rio Cocó entre as pontes sobre BR 116 e sobre a Av. Sebastião de Abreu e nos principais pontos de aportes de sua margem direita, Fortaleza-CE no período de junho/2012 a janeiro/2013..... 100

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AlcT	Alcalinidade total
APP	Área de Preservação Permanente
BHM	Bactéria Heterotróficas Mesófilas
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Ceará
CEL	Condutividade elétrica
CIPP	Complexo Industrial e Portuário do Pecém
CLa	Clorofila “a”
COGERH	Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CRECI	Conselho Regional de Corretores de Imóveis
CSP	Companhia Siderúrgica do Pecém
DBO ₅	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
Fe	Ferro
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFCE	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
LIAMAR	Laboratório Integrado de Águas de Mananciais e Residuárias
Mn	Manganês
μS	MicroSiemens
N-NH ₃	Nitrogênio amoniacal total
OD	Oxigênio Dissolvido
PDFor	Plano Diretor Participativo de Fortaleza
pH	Potencial hidrogeniônico
PT	Fósforo total
PtCo	Cloroplatinado de cobalto
RMF	Região Metropolitana de Fortaleza
SEINF	Secretaria de Infraestrutura e Desenvolvimento Urbano de Fortaleza

SEMACE	Superintendência Estadual do Meio Ambiente
SEUMA	Secretaria de Urbanismo e Meio Ambiente de Fortaleza
ST	Sólidos totais
SST	Sólidos suspensos totais
SDT	Sólidos dissolvidos totais
Temp	Temperatura
Tur	Turbidez
UECE	Universidade Estadual do Ceará
UFC	Universidade Federal do Ceará
uH	Unidade Hazen
uT	Unidade de turbidez
UTM	Universal Transversa do Mercador
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical
ZOM	Zona de Ocupação Moderada

SUMARIO

1. INTRODUÇÃO	18
1.1 Objetivos	20
1.2. Plano de redação da tese	21
2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA	23
2.1 A expansão urbana em Fortaleza: Um breve histórico	23
2.1.1 Do século XVII ao século XIX	23
2.1.2 Expansão a partir do século XIX	24
2.2 O processo de metropolização em curso	26
2.3 Aspectos gerais de Fortaleza: localização	28
2.4 Aspectos demográficos de Fortaleza	29
2.5 Cenário atual da infraestrutura do saneamento da cidade de Fortaleza	31
2.6. Características climáticas fundamentais	32
2.7 As bacias hidrográficas que drenam a cidade de Fortaleza	37
2.7.1. Características gerais da bacia do rio Cocó	40
2.7.1.1 A evolução da ocupação urbana na bacia do rio Cocó	42
2.8 Parâmetros de qualidade da água: significados ambiental e sanitário	49
2.8.1 Parâmetros físicos e químicos	50
2.8.1.1 Cor	50
2.8.1.2 pH	51
2.8.1.3 Temperatura	51
2.8.1.4 Turbidez	51
2.8.1.5 Sólidos Dissolvidos Totais	52
2.8.1.6 Sólidos Suspensos	53
2.8.1.7 Condutividade elétrica	53
2.8.1.8 Oxigênio Dissolvido (OD)	54
2.8.1.9 Alcalinidade	54
2.8.1.10 Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO	55
2.8.1.11 Formas nitrogenadas	55
2.8.1.12. Formas fosfatadas	56
2.8.1.13. Compostos sulfurosos	57
2.8.1.14. Dureza Total	58

2.8.2. Metais (ferro e manganês)	59
2.8.3. Parâmetros bacteriológicos	59
3. MATERIAL E MÉTODOS	60
3.1. Procedimentos metodológicos	61
3.2. Metodologia adotada	62
3.2.1. Detalhamento da metodologia empregada	63
3.2.1.1. Revisão bibliográfica: forma indireta de obtenção de dados	63
3.2.1.2. Trabalhos de campo: formas diretas de obtenção de dados	64
3.2.1.3. Determinação dos pontos de amostragem no rio e nos aportes dos tributários	64
3.3. Definição e delimitação da área de estudo	65
3.4. Definição dos parâmetros de avaliação da qualidade das águas e dos tipos de amostragem	66
3.4.1. Escolha do período de coletas das amostras	68
3.4.2. Descrição dos pontos de coletas das amostras	68
3.4.3. Técnicas de coleta e de preservação das amostras	77
3.5. Análise Estatística	79
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	81
4.1. Características da área de estudo: delimitação e aspectos ambientais e socioeconômicos.....	81
4.1.1. Delimitação.....	81
4.1.2. Aspectos ambientais	81
4.1.2.1. Zoneamento urbano da área de estudo	81
4.1.2.2. Aspectos sócios econômicos	82
4.1.2.3. Aspectos demográficos	83
4.1.2.4. Aspectos da infraestrutura domiciliar	83
4.2. Avaliação da ocupação e impactos antrópicos na sub-bacia B-2.....	85
4.3. Pluviometria	91
4.4. Resultados do monitoramento sistemático da qualidade de água do trecho do rio Cocó e dos aportes advindos da margem direita deste trecho através das variáveis físicas, químicas e bacteriológicas	93

4.4.1 Propriedades limnológicas	103
4.4.2 Material biodegradável e teor de oxigênio dissolvido	106
4.4.3 Nutrientes	108
4.4.4 Material em suspensão	111
4.4.5 Componentes inorgânicos	114
4.4.6 Metais	116
4.4.7 Indicadores de qualidade sanitária	118
4.5. Análise de Agrupamento	120
4.6. Síntese dos resultados: correlações com a ocupação territorial e a pluviosidade	121
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	126
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	129
APÊNDICE A	147
APÊNDICE B	148
APÊNDICE C	149
APÊNDICE D	150
APÊNDICE E	151
APÊNDICE F	152
APÊNDICE G	153
APÊNDICE H	154

1. INTRODUÇÃO

Na cidade de Fortaleza, os recursos hídricos encontram-se fortemente comprometidos. Esse constante e crescente processo de degradação ambiental é ocasionado por uma série de fatores, principalmente pelo crescimento demográfico, fomentado, ainda, pela acelerada ocupação urbana, e pela deficiência de infraestrutura de saneamento (OBSERVATÓRIO, 2006).

A ocupação desses ambientes vincula-se a expansão da área urbana em Fortaleza impulsionada pelo rápido adensamento demográfico observado nos últimos quarenta anos que, associado à especulação imobiliária do solo urbano, favoreceu a ocupação desordenada do território. Esse tipo de ocupação provocou a impermeabilização do solo, reduzindo a infiltração, aumentando o escoamento superficial, e, conseqüentemente, provocando inundações (SANTOS, 2011).

Além de todas estas intempéries, nestas áreas ocupadas, a infraestrutura de saneamento, principalmente de esgotamento sanitário, é muito precária, induzindo o lançamento das águas residuárias doméstica - tratadas ou não - diretamente no solo ou nas galerias de águas pluviais. Nestas regiões desprovidas de esgotamento sanitário, as soluções adotadas para o tratamento dos esgotos sanitários nos empreendimentos comerciais e residenciais têm sido de forma individual. A concepção dos modelos de sistemas de tratamento usualmente adotados em sua maioria, ainda, é o anaeróbio, constituído de tanque séptico, seguido de filtro anaeróbio ou sistema aeróbico do tipo lodos ativados, ambos com cloração no efluente final. Nestes modelos de tratamento, a experiência mostra que a eficiência não está em conformidade com a Resolução CONAMA Nº 430/2011, que dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes.

Ainda Santos (2011) citando Fortaleza (2008a), relata que no crescimento da zona urbana da cidade de Fortaleza, as áreas de preservação ao redor de rios, lagos e lagoas têm sofrido fortes impactos ambientais. A poluição das águas desses ecossistemas aquáticos é causada, de forma antrópica, através de lançamentos clandestinos de águas residuárias oriundas de residências, estabelecimentos comerciais e industriais, e pela disposição inadequada de resíduos sólidos.

Constata-se que nas últimas décadas, a partir da década de 70, o crescimento de Fortaleza apontou para o preenchimento de vazios urbanos, especialmente nas regiões leste e

sudeste, onde se destacam os bairros Cocó, Edson Queiroz, Guararapes, Luciano Cavalcante, Salinas, Cambeba e Cidades dos Funcionários, entre outros, que embora com precariedades de infraestrutura de saneamento, concentram grandes ofertas e demandas especulativas de condomínios residenciais, de comércio e serviços especializados, atendendo a uma incipiente classe média que apresenta melhor poder aquisitivo.

Nestas regiões, o mercado imobiliário antecipou-se à implantação da infraestrutura de saneamento, especulando em grandes porções desses bairros, a espera de valorização. O adensamento populacional e a ocupação urbana acelerada que foram se estabelecendo nesses bairros, situados a margem direita do rio Cocó, passaram a pressionar pela expansão dos serviços de saneamento básico, principalmente pela implantação de sistema de esgotamento sanitário e de drenagem urbana, (BENTO, 2011).

Analisar o comportamento de cidades de alta densidade demográfica é imprescindível para o planejamento urbano e ambiental, pois, ocorre geralmente expansão urbana desordenada, sendo, portanto mais vulneráveis à ocupação em áreas frágeis ambientalmente por contingentes populacionais, além dos aspectos importantes já sinalizados, como necessidades de postos de trabalhos e oferta de serviços públicos através de uma infraestrutura urbana adequada.

Segundo Philippi & Bruna (2004), o processo de gestão urbana compreende o planejamento dos procedimentos a serem adotados, sua implementação e acompanhamento para reorientar os procedimentos em busca de alcançar os objetivos previamente definidos. Assim, todo o projeto de intervenção urbana de iniciativa do poder público deve ter como finalidade a promoção do desenvolvimento urbano em busca de uma melhor qualidade de vida. Neste sentido, tanto o planejamento urbano como a gestão, implicam em planejar, implementar e monitorar todas as ações propostas, e que estas estejam em sintonia com o plano diretor do município.

A área de estudo desta pesquisa corresponde a 18,34% da sub-bacia B-2 do rio Cocó, que abrange parte de sua margem direita, desde a ponte situada na Av. Sebastião de Abreu (bifurcação a partir da Av. Washington Soares) até a ponte localizada na rodovia BR-116, considerando a linha d'água máxima, incluindo a calha do rio, o lago artificial formado na região do conjunto habitacional Tancredo Neves e o manguezal como reserva ecológica. Situa-se na região leste e sudeste do município de Fortaleza, tendo uma superfície total de aproximadamente 1201,2 ha. Caracteriza-se pela baixa cobertura pública de coleta e tratamento de esgotos e pela precariedade do sistema de drenagem, sendo estes aspectos

considerados como um dos pontos relevantes na definição da área de estudo e, portanto, um dos aspectos mais críticos da cidade de Fortaleza, do ponto de vista da preservação ambiental e da sustentabilidade dos seus ecossistemas aquáticos.

Outro aspecto importante para a definição desta área está relacionado à importância da sua localização no contexto municipal; por estar inserida na região de intensa ocupação urbana e especulação imobiliária, já sendo bastante ocupada por residências, comércios e serviços, sendo que todas as águas residuárias domésticas ou comerciais geradas por esta população nesta área de estudo são drenadas para a margem direita do rio Cocó.

Assim sendo, esta tese pauta-se por duas hipóteses, que são:

- a) A expansão urbana desordenada na margem direita do rio Cocó causa a poluição de suas águas;
- b) Poluição das águas se intensificam à medida que se aproxima de sua foz, o que, certamente, causa impacto na 'Praia do Futuro', local de grande afluxo de turistas.

1.1 Objetivos

Geral

Este trabalho de pesquisa tem como objetivo geral, perante a problemática aqui levantada, envolvendo a expansão urbana, a especulação imobiliária e a poluição hídrica, analisar e avaliar a qualidade das águas do rio Cocó, sub-bacia B-2, margem direita, e de seus aportes, levantando e discutindo os principais parâmetros físicos, químicos e biológicos, de amostras de águas coletadas diretamente no leito do rio e em alguns de seus aportes.

Específicos

Neste contexto, tendo em vista os problemas mencionados e o objetivo geral acima exposto, foram propostos, então, os seguintes objetivos específicos para a pesquisa em foco:

- a) levantar e interpretar os aspectos históricos da evolução de ocupação humana do município de Fortaleza;

- b) contextualizar os aspectos históricos e socioeconômicos que justificaram a expansão urbana na direção sudeste de Fortaleza;
- c) discutir os conceitos e metodologias para definir e avaliar os principais parâmetros que definem a qualidade das águas superficiais de ambientes lóticos;
- d) analisar a influência antrópica sobre a poluição dos ambientes fluvial-urbano e suas respectivas bacias hidrográficas;
- e) identificar fontes poluidoras ao longo do trecho estudado;
- f) discutir os períodos de maior e menor intensidade de poluição das águas do baixo Cocó;
- g) contribuir para o planejamento ambiental da margem direita do baixo rio Cocó; inserido na zona urbana do município de Fortaleza;
- i) fornecer subsídios para futuros estudos de planejamento urbano e gestão de águas residuárias, com vistas à implantação de sistemas de esgotamento sanitário e de um plano diretor de drenagem para Fortaleza.

1.2. Plano de redação da Tese

O encaminhamento deste trabalho de Tese está estruturado num roteiro de redação em seis capítulos, conforme o que se segue.

O Primeiro Capítulo abordou-se a problemática socioambiental e especulativa da questão da expansão urbana associada à poluição hídrica, onde se definiu o tema de pesquisa e da área de estudo, e foram propostos os objetivos e lançadas às hipóteses de trabalho.

O Segundo Capítulo é resultado de uma ampla revisão bibliográfica e seguiram-se a sua revisão, para a avaliação dos principais referenciais teóricos desta tese, quais sejam: um breve histórico da evolução expansão urbana em Fortaleza, abordando as bacias hidrográficas que drenam a cidade, bem como sua Infraestrutura de saneamento básico e dos aspectos demográficos, apresenta-se as características gerais da bacia do rio Cocó e de sua sub-bacia B-2, descrevendo a evolução da ocupação e a pressão antrópica e a qualidade de suas águas, e, finalmente comenta-se os principais parâmetros físicos, químicos e biológicos de qualidade da água.

No terceiro capítulo descrevem-se os procedimentos metodológicos que estão organizados, a partir dos objetivos, metodologias e objetos planejados que nortearam este trabalho de pesquisa. Efetuaram-se também trabalhos de campo, no intuito de reconhecer a

verdade terrestre da área objeto de estudo de caso, definir os limites físicos da área estudada, realizar documentação fotográfica e checagem dos produtos cartográficos elaborados, além dos pontos de definição da coleta, no rio e nos aportes, e do período da pesquisa.

No quarto capítulo discorreu sobre os resultados e discussão, apresenta-se a caracterização da área de estudo propriamente dita, apresentando os resultados levantados dos aspectos demográficos, da infraestrutura domiciliar e das condições climáticas durante o trabalho de pesquisa, bem como se elaborou vários mapas temáticos. Apresentaram-se, também, dados levantados correspondendo aos resultados obtidos nas análises físicas, químicas e bacteriológicas no período de julho de 2012 a janeiro de 2013. Para uma melhor compreensão os resultados foram discutidos a seguir, conforme associações baseadas na similaridade e complementariedade das propriedades limnológicas, componentes oxidáveis, componentes inorgânicos, nutrientes, bactérias heterotróficas mesófilas e colimetria e, finalmente apresentou-se um estudo estatístico de correlações e agrupamentos das variáveis estudadas.

No quinto capítulo com base nos resultados obtidos e nas discussões teóricas e conceituais que permearam todo o estudo realizado, apresentaram-se as conclusões e recomendações tendo em vista a melhoria das condições ambientais da sub – bacia B-2 do rio Cocó.

No sexto e último capítulo apresentou-se todas as referências bibliográficas que deram todo o embasamento teórico no estudo com relação às definições e discussões levantadas e, também nos mais diversos estudos dos casos apresentados.

2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1 A expansão urbana em Fortaleza: Um breve histórico

2.1.1 Do século XVII ao século XIX

A ocupação dos primeiros colonizadores europeus, portugueses, em Fortaleza deu-se na zona oeste em 1603, no século XVII, na foz do rio Ceará, que ergueu o forte de São Tiago, ao lado do qual surgiu o povoado de Nova Lisboa.

Em 1649, os holandeses numa tentativa de colonização edificaram um forte denominado de Schoonenborch às margens do rio Marajaik, atual riacho Pajeú, que foi o embrião da atual cidade, começando nesse momento, a história de Fortaleza.

Com a expulsão em 1654 dos holandeses pelos portugueses o forte foi rebatizado de Fortaleza de Nossa Senhora de Assunção.

No XVIII, em 1712, o povoado que surgiu em torno do Forte passou vila de Nossa Senhora da Assunção originando a Vila de Fortaleza de Pequena Bragança ou simplesmente Fortaleza denominação instituída pela Carta Régia de 1725 (FORTALEZA, 2003).

Em 1712, o povoado do forte foi elevado à condição de vila. Em 1799, a Capitania do Ceará foi desmembrada da Capitania de Pernambuco e Fortaleza foi escolhida capital.

Em 1823, Fortaleza foi alçada a condição de cidade e a partir dessa mudança política é que ganha condições estruturais que possibilitam o crescimento do comércio, centralizando o recebimento e o escoamento dos produtos agrícolas e pastoris, tornando-se então o núcleo hegemônico da capitania (MENEZES, 2005).

Só no início do século XIX, devido o aparecimento das primeiras atividades de exportação do Ceará, Fortaleza começa a ter sua expressão urbana, se tornando de fato a capital e principal ponto de convergência da produção algodoeira, gerando a riqueza necessária para a consolidação da cidade durante o século XIX, (COSTA, 2007)

2.1.2 Expansão a partir do século XIX

A população da cidade de Fortaleza, ainda segundo Costa (2007), iniciou seu processo de ocupação se estabelecendo ao longo dos séculos XIX e até a metade do século XX, em sua grande maioria na porção oeste da cidade, por ser o destino das migrações, oriundas do interior e intensificada em anos de seca. A direção da expansão da Cidade de Fortaleza continuou para sul e sudoeste, haja vista o riacho Pajeú representar um obstáculo natural para leste.

Na primeira metade do século XX o processo de urbanização centralizador caracterizou a cidade de Fortaleza como monocêntrica, impulsionada, principalmente, pelas atividades comerciais e industriais. Porém, neste período, o centro gradualmente deixa de ser atraente como espaço de habitação para o estrato social de maior poder aquisitivo, devido a crescente proliferação de pobres (trabalhadores e mendigos) e de retirantes sertanejos que migraram das áreas rurais nos períodos de estiagens prolongados na busca de melhores condições de vida na capital cearense. Outras causas merecem destaque como: insegurança, poluição e a própria ação dos agentes urbanos interessados em expandir a estrutura econômica dominante, criando e recriando espaços (DANTAS, 2009).

Conforme Castro (1977), não obstante o abandono da elite do centro que fora refugiar-se inicialmente na zona oeste, principalmente no bairro Jacareacanga, constituindo-se como um bairro elegante com suas áreas verdes, chácaras e sobrados, a área central continuava a acumular atividades comerciais, administrativas, culturais, relacionadas ao lazer dentre outras, gerando um fluxo constante de transeuntes.

Até os anos trinta, segundo Pontes (1993), a cidade de Fortaleza concentrava sua população no centro em área prioritariamente comercial e prestadora de serviços. A sua organização espacial sofreu, nas décadas seguintes, uma mudança no uso e na ocupação de seu solo urbano, com a paulatina transferência das famílias de rendas alta e média para o setor leste da capital. Surge a partir daí um novo vetor de expansão da cidade a Zona Leste; e os pequenos sítios do Meireles e a praia de Iracema foram sendo gradativamente substituídos por residências de médio e grande porte (SOARES, 2005).

Com o advento da segunda guerra mundial, o tráfego marítimo diminuiu consideravelmente, sendo substituído pouco a pouco pelas rodovias, que viriam beneficiar muitas cidades do interior. Neste período, a cidade de Fortaleza emerge como um centro polarizador, onde êxodo rural é intenso fazendo-lhe aumentar consideravelmente a população,

que passa de 180 mil em 1940 para 280 mil em 1950, saltando para 514 mil em 1960, num acréscimo equivalente a 91 % em um decênio (CASTRO, 1977).

Nas décadas de 50 e 60, a cidade passa por um crescimento econômico expressivo, sendo fomentado pela implantação de diversas indústrias na Avenida Francisco Sá, no bairro Jacarecanga, resultando no conseqüente deslocamento de operários, além de migrantes rurais para esta região. Essas pressões provocando novamente o abandono da elite, que se mobiliza, agora, para a Zona Leste e concorrem para a consolidação do bairro da Aldeota como subcentro emergente que abrigava as camadas de alta renda desde a década de 1940 e que no final dos anos 1970 apresentava infraestruturas de comércio e serviços razoavelmente desenvolvidos, onde estes promoverão o bairro como foco de grandes investimentos dos setores imobiliários da construção civil no sentido da expansão vertical da cidade, e mais tarde, com a valorização do litoral, passa a ocupar também o Meireles (MENEZES, 2005).

Devido às políticas voltadas ao desenvolvimento urbano-industrial, a atividade industrial tornou-se o fator principal das transformações urbanas em Fortaleza, pelo menos até os anos de 1970, quando se tem uma descentralização destas atividades na cidade e uma maior concentração na Região Metropolitana de Fortaleza - RMF, que foi oficialmente implantada em 1973, com destaque para os municípios de Maracanaú e Caucaia.

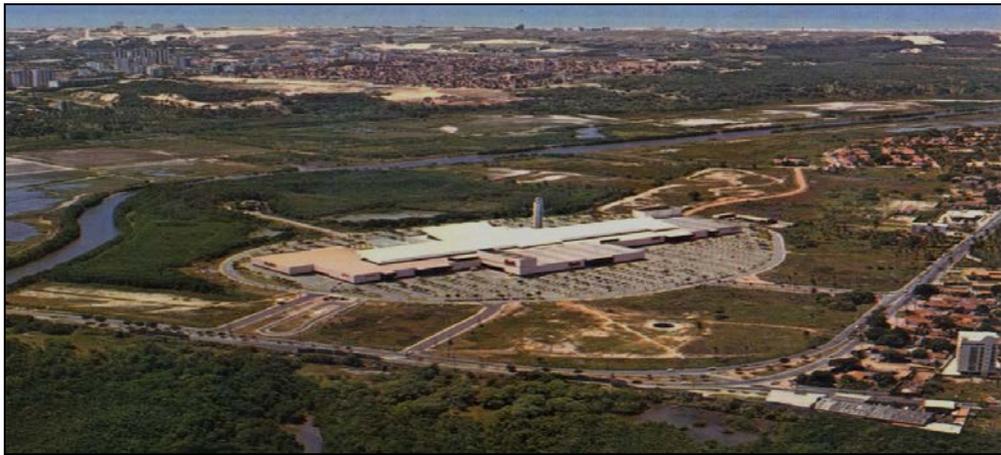
Matos e Neto (2003) descreve que “nos anos oitenta, o novo eixo de expansão urbana consolida-se nestas regiões da cidade, envolvendo interesses comerciais e imobiliários. São implantados, de forma contraditória, o Parque Ecológico do Cocó e o Shopping Center Iguatemi, nas margens do Rio Cocó, que exercerá forte influência sobre o mercado especulativo da terra, redefinindo zonas residenciais, expulsando antigos moradores, de baixa renda, e atraindo uma população de renda de maior poder aquisitivo pela existência de infraestrutura implantada pela administração pública”. A Figura 2.1 mostra a área destes empreendimentos na segunda metade dos anos 80.

Nas últimas décadas, a cidade de Fortaleza vem apresentando um acentuado crescimento populacional decorrente do intenso processo de urbanização, tornando-se, atualmente, a quinta cidade mais populosa do país, de acordo com o censo 2010 realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

2.2 O processo de metropolização em curso

A urbanização no Brasil teve como consequências o processo de metropolização das grandes capitais brasileiras. Em 1973, foram institucionalizadas as regiões metropolitanas, com o objetivo de diagnosticar “problemas de interesse comum entre os municípios ligados às metrópoles, principalmente os de infraestrutura econômica e social que dificultavam o desenvolvimento urbano” (MENEZES, 1996).

Figura 2.1 - Foto aérea do Shopping Iguatemi na segunda metade dos anos 80



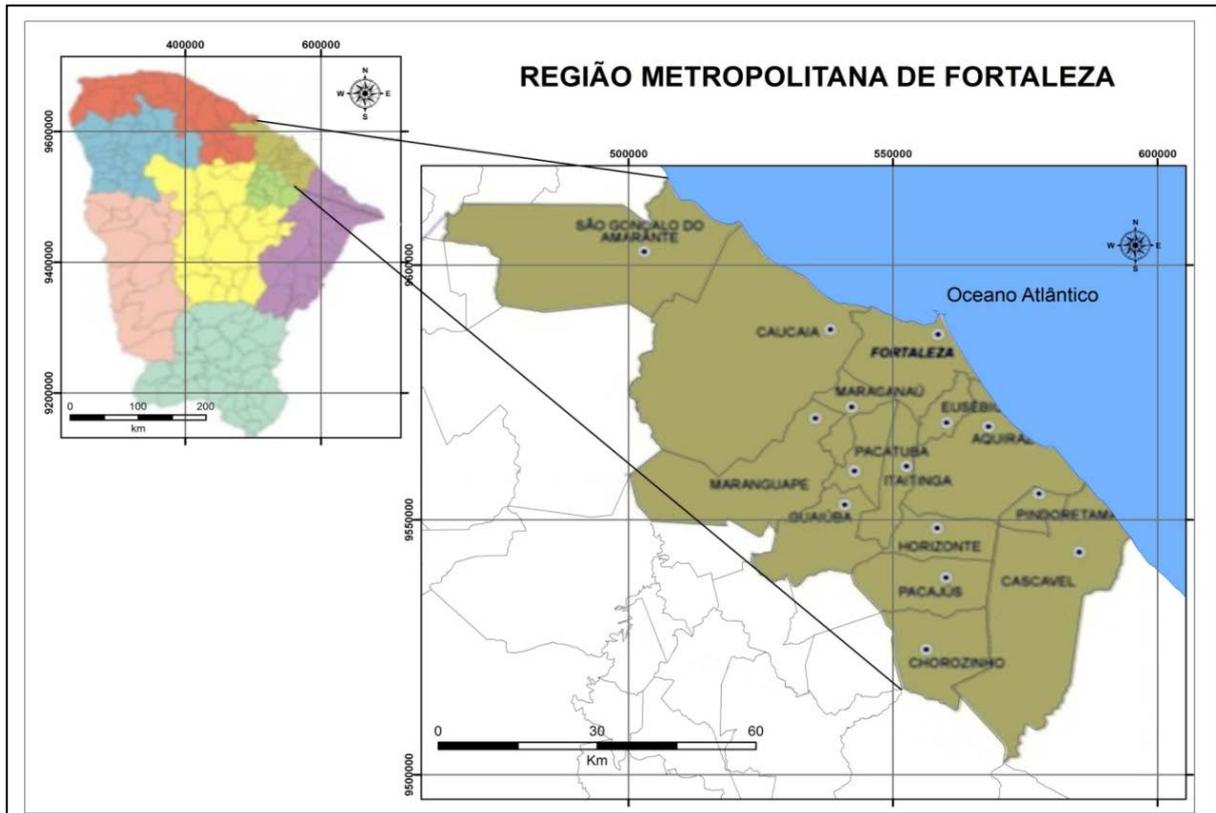
Fonte: [HTTP://blog.opovo.com.br/blogdoeliomar/categoria/fortaleza-antiga](http://blog.opovo.com.br/blogdoeliomar/categoria/fortaleza-antiga), 2013. †

Com a crescente metropolização de Fortaleza e o conseqüente crescimento demográfico e espacial, foi instituída a Região Metropolitana de Fortaleza – RMF que foi criada pela Lei Complementar Federal nº 14, de 8 de junho de 1973, que instituía, também, outras regiões metropolitanas no país. Atualmente, a RMF é constituída, atualmente, por 15 municípios, conforme ilustrado na Figura 2.2, a qual é possuidora de grande expressão política e econômica (DIÓGENES, 2012).

Conforme a mesma autora, baseando-se no censo do IBGE (2010), com 3 610 379 habitantes, correspondente a 42% da população do estado, a RMF apresenta grande concentração populacional em Fortaleza, que representa 67,8 % deste elevado contingente populacional, ratificando seu processo de crescimento, notadamente macrocefálico.

Neste contexto, Fortaleza é bastante expressiva no papel de polarizador e na condição de macrocefalia urbana no cenário metropolitano em todo o Estado. Pequeno (2009, p.225), afirma que: “É, sem dúvida, significativa a diferença de tamanho urbano, de qualidade de vida e possibilidades de emprego e renda quando se compara a capital com as demais cidades do interior”.

Figura 2.2 - Municípios da Região Metropolitana de Fortaleza.



Fonte: IPECE, 2011

Conforme Silva (2009), a RMF congrega todo o coração industrial do Estado do Ceará, além do principal pólo industrial, localizado no município de Maracanaú, implantado na década de 60, destacam-se, também, seguintes os polos industriais: horizonte, Itaitinga, Pacajus, Eusébio e Maranguape. Todos estes municípios pertencentes à RMF estão conurbados com o município de Fortaleza. Atualmente, o grande destaque como polo irradiador e fomentador do desenvolvimento na RMF é o Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP), na região oeste, seguindo a linha do litoral, entre os municípios de Caucaia e São Gonçalo do Amarante, que deverá promover grandes transformações no perfil socioeconômico desta região, mediante a atração de pólos industriais de maior porte, como o petroquímico, tendo como âncora uma Refinaria, que será capitaneada pela Petrobrás, e o metal mecânico, tendo a frente uma siderúrgica, a Companhia Siderúrgica do Pecém (CSP), oriunda de capital privado.

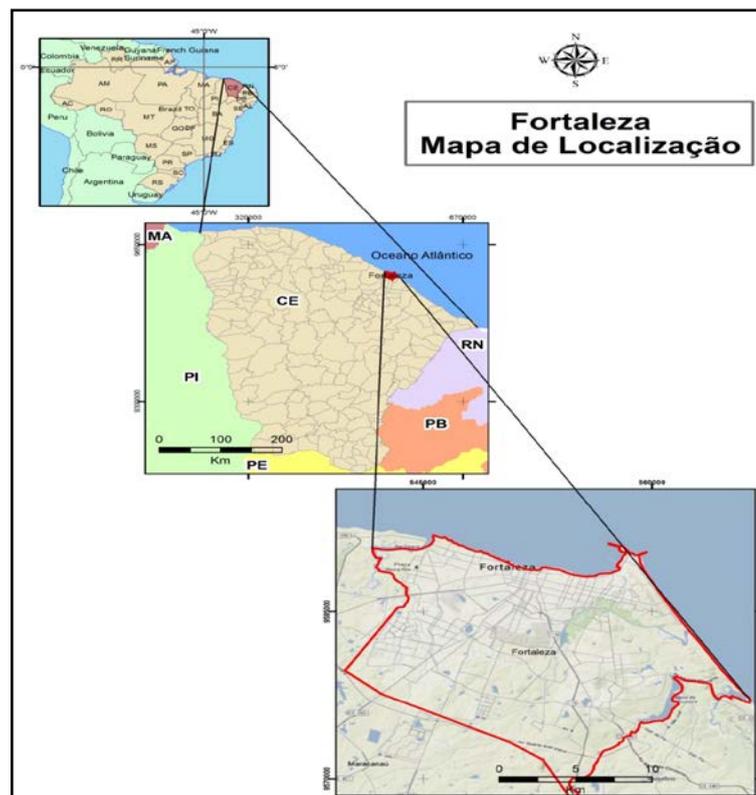
Nesta política de descentralização, concebida a partir dos anos 80, muitas indústrias poluidoras localizadas em Fortaleza transferiram-se e se instalaram nesses pólos industriais, principalmente em Maracanaú, então denominados na época de sua implantação de distrito Industrial de Fortaleza. A cidade de Fortaleza com esta desconcentração verificada

de algumas funções, principalmente a industrial, reforça sua capacidade de liderança e polarização como metrópole, comprovando o acelerado avanço de sua área de influência e uma seletividade sócio-espacial, decorrentes de uma redefinição de suas funções urbanas, principalmente nas atividades expansão do mercado imobiliário, comércio, serviços, lazer e turismo (MUNIZ; COSTA; SILVA, 2011).

2.3 Aspectos gerais de Fortaleza: localização

A cidade de Fortaleza, capital do Estado do Ceará, está localizada na zona litorânea, na porção setentrional da região do Nordeste do Brasil, nas seguintes coordenadas em UTM: 9592000 e 9572000 N e 537000 e 567000 E, figura 2.3

Figura 2.3 – A cidade de Fortaleza – CE



Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

2.4. Aspectos demográficos de Fortaleza

Segundo o censo demográfico realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, em 2010, a cidade de Fortaleza é o principal centro urbano cearense, concentrando o maior contingente populacional do Estado, com uma população estimada em 2.452.185 habitantes, distribuídos numa área de aproximadamente 313,4 Km², correspondendo a uma densidade demográfica de 7786,52 hab/ km², distribuídos em 119 bairros, representando 29,01% da população cearense.

Nas últimas décadas, Fortaleza vem apresentando um acentuado crescimento populacional decorrente do intenso processo de urbanização, tornando-se, atualmente, a quinta cidade mais populosa do país, de acordo com o censo 2010 realizado pelo IBGE, veja crescimento populacional a partir da década de 40 no estado do Ceará e em Fortaleza na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Evolução da População do Ceará e de Fortaleza.

Ano (Censo IBGE)	População (hab.)	
	Ceará	Fortaleza
1940	2.092.301	180.185
1950	2.706.611	270.169
1960	3.296.366	514.818
1970	4.366.970	872.702
1980	5.294.876	1.338.793
1991	6.366.647	1.768.637
2000	6.430.661	2.141.402
2010	8.452.381	2.452.185

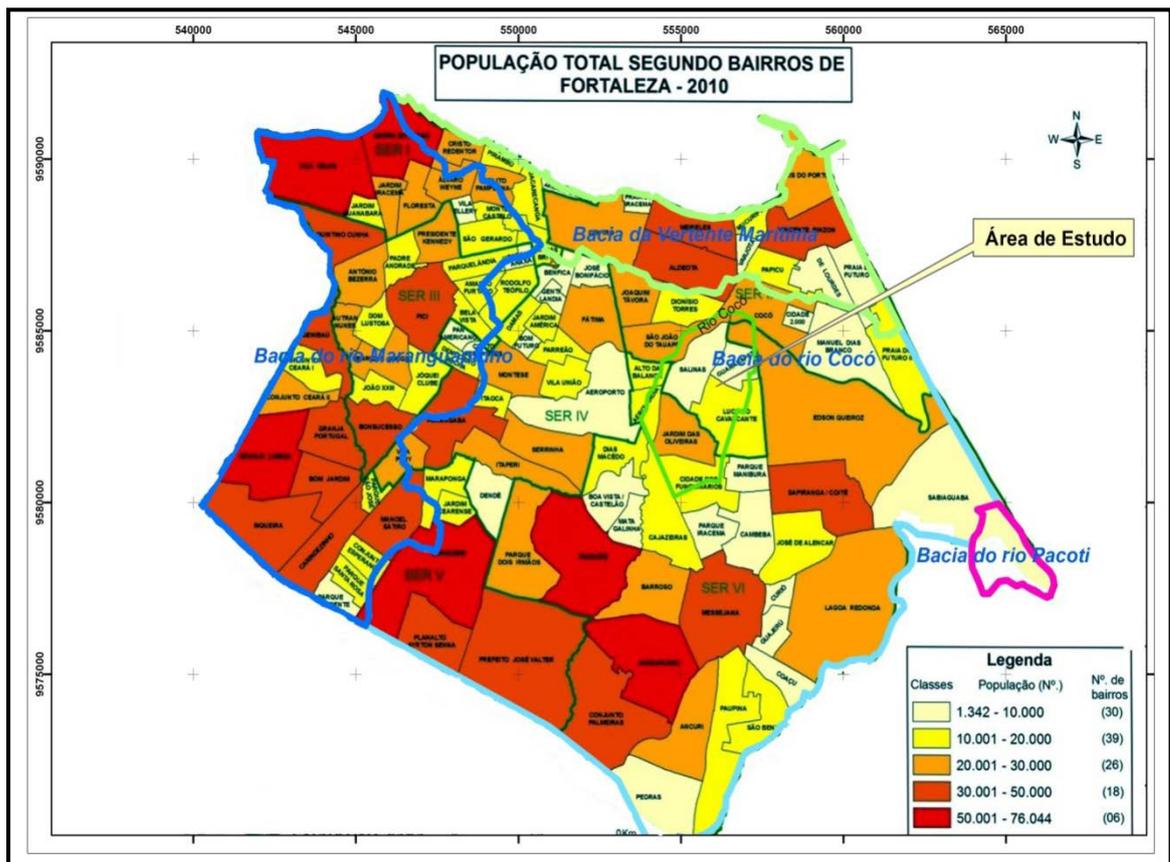
Fonte: IBGE, 2010.

Com uma taxa de urbanização de 100%, pode-se considerar que o município de Fortaleza é a própria cidade. Isto evidencia uma pressão exercida ao longo destes anos sobre o meio natural, onde existem atualmente poucos espaços vazios disponíveis para a expansão urbana, fazendo com que haja uma pressão imobiliária na direção de áreas que deveriam ser preservada (MOURA-FÉ, 2008).

A Figura 2.4 exhibe a distribuição populacional por bairros, verificando-se que 30 (trinta) bairros detêm menos de 10.000 habitantes, por sua vez, 6 (seis) bairros possuem mais de 50.000 habitantes. Observa-se que a população está distribuída de forma desigual na cidade, mas na zona oeste o adensamento demográfico é maior do que a leste, e dentre as bacias a vertente marítima é a mais adensada. Na área do estudo localizada na bacia do rio Cocó predomina os bairros não superiores a 50.000 habitantes.

De acordo com o perfil socioeconômico de Fortaleza, lançado pelo Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) em 2012, de uma forma geral, observa-se que a cidade de Fortaleza, baseado no censo do IBGE 2010, se constitui numa das cidades mais populosas do país, possuindo a maior densidade demográfica, sendo que o contingente populacional está concentrado na faixa etária de 15-64 anos, período em que as pessoas estão aptas ao mercado de trabalho. Este fato sinaliza que além das necessidades de postos de trabalho adicionais para absorver essa demanda de mão de obra, há também outras demandas importantes, entre as quais se destaca a habitação e as condições adequadas de infraestrutura urbana, como o saneamento básico, o manejo dos resíduos sólidos urbanos, o abastecimento d'água, o esgotamento sanitário, além de outros serviços públicos essenciais como a educação, transporte, saúde, segurança e habitação.

Figura 2.4 - Distribuição da população por bairros no município de Fortaleza/CE-2010.



Fonte: Censo Demográfico do IBGE, 2010. Elaboração: IPECE, 2012.

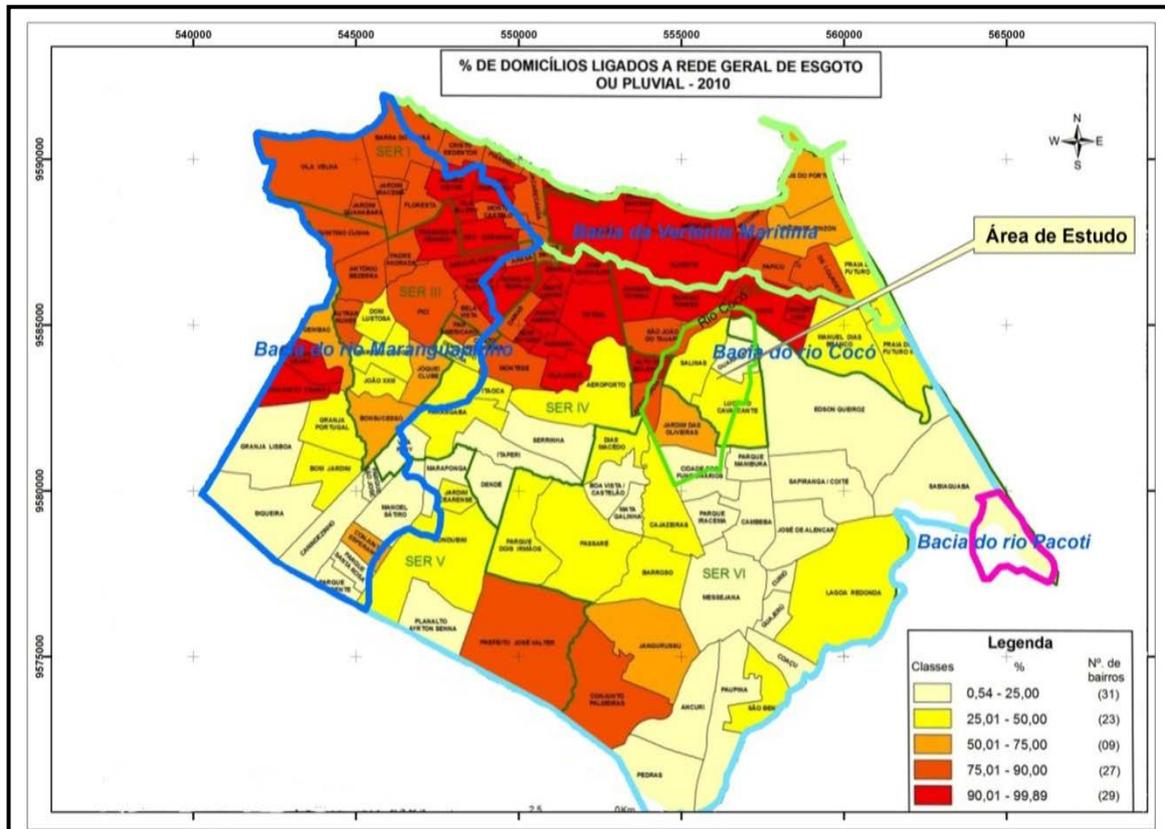
2.5 Cenário atual da infraestrutura do saneamento da cidade de Fortaleza

O Cenário atual da infraestrutura de saneamento com relação aos indicadores de abastecimento de água, de coleta de lixo e de esgotamento sanitário, tendo com base os estudos do perfil socioeconômico realizado pelo IPECE - 2010 mostra que a cidade de Fortaleza está ampliando os serviços de abastecimento de água e de limpeza urbana, possuindo, respectivamente, um valor médio de 93,31% em termos da proporção de residências ligadas à rede geral de água e 98,75% das residências atendidas pela coleta de lixo, evidenciando quase uma universalização para estes dois serviços de saneamento, com impactos positivos na minimização de problemas na área ambiental e de saúde pública, melhorando, conseqüentemente, a qualidade de vida da população.

Com relação à cobertura de esgotamento sanitário, o mesmo estudo ilustra na Figura 2.5 a distribuição territorial dos bairros segundo a proporção de residências ligadas à rede geral de esgoto ou pluvial, observa-se que a taxa de cobertura de esgotamento sanitário ainda é baixa e desigual na capital. Dados perfil básico do município de Fortaleza, lançado pelo IPECE (2012), estima uma taxa de cobertura de esgoto referente a 2010 da ordem de 53,60%, evidenciando uma necessidade de mais políticas de expansão da rede de coleta de esgotos na cidade no intuito de aumentar este percentual de cobertura, trazendo, desta forma, benefícios para a população em diversas áreas, como, por exemplo, na saúde, saneamento e meio ambiente.

Para Carleial e Araújo (2010) há um número considerável de bairros cobertos pela rede de coleta de esgoto, sobretudo os que estão na região norte da cidade de Fortaleza, na bacia da vertente marítima. Segundo estes autores esse serviço é disponibilizado em menor grau em outras áreas da cidade, tornando-se mais escasso nas regiões Centro-sul e Sudeste do município. Observa-se AINDA na Figura 2,5 que os bairros localizados na margem esquerda do rio coco, na bacia do Cocó na região mais central da cidade e os bairros mais próximos da zona do litoral, que compõem a bacia do rio Maranguapinho e da Vertente Marítima, são os mais bem assistidos pelo sistema público de esgotamento sanitário com um percentual variando de domicílios ligados à rede geral de esgoto entre 50 a 99,89 %.

Figura 2.5- Percentual de domicílios ligados à rede geral de esgoto ou pluvial.



Fonte: Censo Demográfico do IBGE, 2010. Elaboração: IPECE, 2012.

Conforme observado, conclui-se que entre os bairros menos assistidos pelo serviço de esgotamento sanitário, estão os situados na região sudeste de Fortaleza, compreendendo uma porção da bacia do Cocó, que em sua maioria correspondem aos bairros localizados na margem direita do rio Cocó, inclusive os que compõem a área de estudo, entre os quais se destacam Guararapes, Edson Queiroz, Cidade dos Funcionários entre outros, que em sua maioria tem um percentual de cobertura de domicílios ligados à rede geral de esgoto variando entre 0,54 a 25 %.

2.6. Características climáticas fundamentais

O clima é fator determinante das condições ambientais, na medida em que influencia a distribuição e disponibilidade dos recursos hídricos e controla a ação dos processos exógenos (SOUZA *et al.*, 2009).

De acordo com Santos *et al.*, (2006), o Ceará, e o Nordeste brasileiro como um todo, são marcados pela forte irregularidade climática.

A climatologia da região nordeste é uma das mais complexas do globo, devido a sua extensão territorial e posição geográfica em relação aos sistemas de circulação atmosférica. Essa complexidade não se traduz em grandes diferenciações técnicas, mas sim, em uma significativa variabilidade pluviométrica que é tão peculiar à região (NIMER, 1979).

Para este mesmo autor, se em relação à temperatura, o Nordeste apresenta certa homogeneidade espacial, o mesmo não acontece em relação à pluviosidade. De maneira geral, os índices pluviométricos se distribuem decrescendo do litoral para o interior. Esta tendência geral é uma consequência da menor influência dos ventos alísios sobre as regiões mais interiores.

A circulação atmosférica em Fortaleza é comandada, principalmente, pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), além de outros sistemas de menor escala que atuam na área, como o Sistema de Vorticidade Ciclônica, as linhas de instabilidade formadas ao longo da costa e as brisas marítimas (BRANDÃO *et al.*, 1995; SOUZA, 2000).

A ZCIT configura-se, como sendo, o principal sistema gerador de precipitação na área da Bacia hidrográfica, responsável pelo estabelecimento da quadra chuvosa, período compreendido entre fevereiro e maio, uma vez que sua maior atuação se inicia em meados do verão, atingindo sua posição mais ao sul no outono. Segundo Ferreira e Melo (2005), essa zona é definida como uma banda de nuvens que circunda a faixa equatorial do globo terrestre - áreas mais aquecidas, conceituada também como equador térmico terrestre.

A maior concentração de chuvas no Nordeste setentrional ocorre nos seis primeiros meses do ano, o que representa mais de 90% do total precipitado ao longo do ano, com picos de precipitação nos meses de março e abril (BRANDÃO *et al.* 1995).

De acordo com a publicação das “Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990” editada pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET em 2009 apresenta-se na Tabela 2.2 os dados climatológicos das médias mensais neste período de precipitação, insolação, temperatura e evaporação coletados na estação Fortaleza-CE.

Tabela 2.2 – Dados climatológicos da Estação de Fortaleza – CE entre o período de 1961-1990.

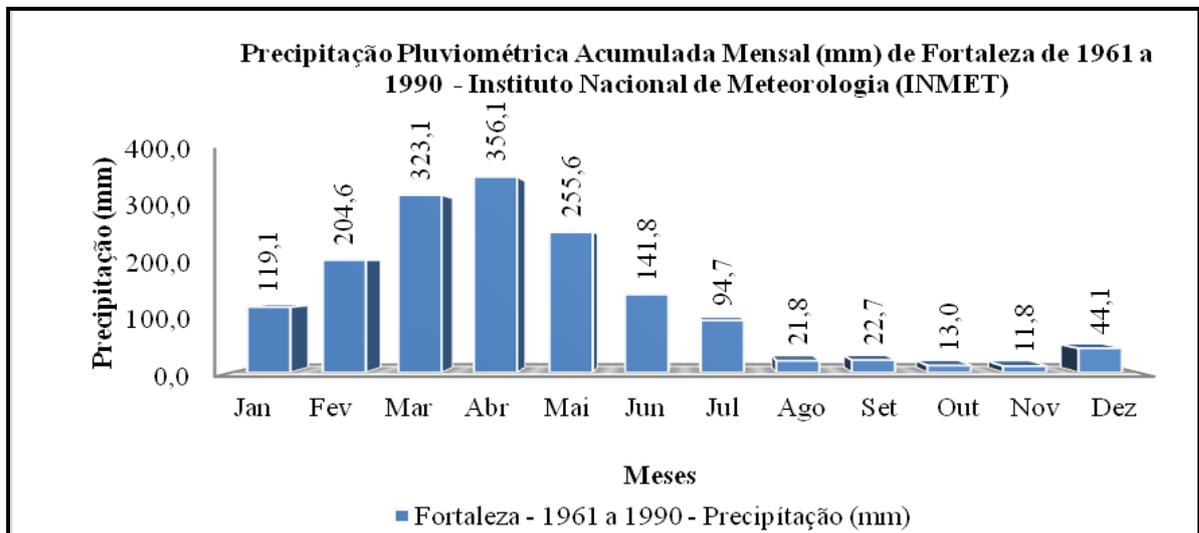
Parâmetro	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Ser	Out	Nov	Dez	Ano
Tmc (°C)	30,6	30,2	29,7	29,8	29,9	29,6	29,6	30,0	30,2	30,5	30,7	30,8	30,1
Pa (mm)	119,1	204,6	323,1	356,1	255,6	141,8	94,7	21,8	22,7	13,0	11,8	44,1	1608,4
I total (h)	225,2	182,3	150,0	157,1	208,4	238,7	268,3	295,9	281,6	291,4	282,2	262,3	2843,4
Etot (mm)	127,7	93,8	72,4	67,5	80,5	93,5	115,2	153,2	159,2	163,9	158,9	149,4	1435,2

Fonte: INMET, 2009.

Legenda: Tmc - Temperatura média compensada, Pa - Precipitação acumulada, I total - Insolação total (h), Etot - Evaporação total

Conforme observado na Figura 2.6 em relação à precipitação acumulada que os resultados comprovam a afirmação de Brandão *et al.* (1995), onde os picos de concentração das médias mensais pluviométricas acumuladas ocorrem nos meses de março e abril, respectivamente, 356,1 e 255,6 mm, ocorrendo um período de declínio da quadra chuvosa a partir do mês de maio que se prolonga até o mês de novembro, variando de 255,6 a 11,8 mm, tendo na média acumulada uma ligeira subida em dezembro para 44,1 mm. O período chuvoso, compreendido entre janeiro e junho, concentra em média 87% das precipitações anuais, com destaque para os meses de fevereiro a maio, que concentram aproximadamente em média 71% das precipitações totais anuais.

Figura 2.6 – Precipitação Pluviométrica Acumulada Mensal e Anual (mm) de Fortaleza de 1961 a 1990, do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).



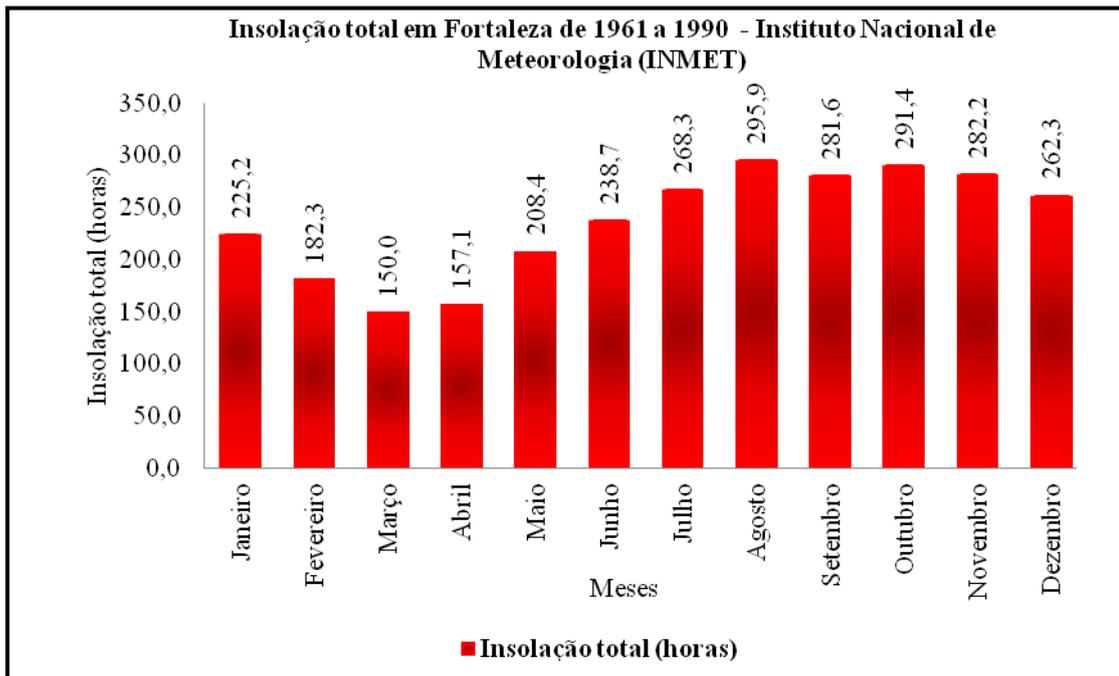
Fonte: INMET, 2009.

No que se refere à insolação, Figura 2.7, constata-se que os meses de março e abril são os que apresentam a menor quantidade de horas de sol, com 150,0 e 157,1 horas/mês, respectivamente. Por outro lado, outubro e novembro são os que recebem maior incidência de radiação solar, respectivamente, com 291,4 e 282,2 horas. Por meio da análise dos dados apresentados é possível verificar a irregularidade existente na radiação solar ao longo do ano, se comparada ao valor médio anual do período mencionado.

A cidade de Fortaleza por estar localizado na faixa central da zona litorânea do Estado do Ceará, no Norte do Nordeste do Brasil, há predomínio do clima tropical quente semiárido (ZANELLA, 2005). Fortaleza apresenta dois tipos de climas: o tropical quente semiárido brando, no setor Noroeste, e o clima tropical quente subsumido no restante do

município. Segundo o referido autor, as elevadas temperaturas se apresentam não somente na média anual, mas sim nas médias mensais, o que justifica os elevados coeficientes térmicos verificados. Assim como ocorre em todo o Território brasileiro situado no hemisfério austral, os meses de junho e julho são geralmente os que apresentam as menores temperaturas.

Figura 2.7 - Insolação total em Fortaleza de 1961 a 1990 - Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).



Fonte: INMET, 2009.

Nesta região a associação da insolação com à latitude proporciona temperaturas constantes no decorrer do ano, fazendo com que as temperaturas médias anuais nas regiões próximas ao equador se situem entre 26° e 28°C (NIMER, 1977). Baseados nos dados da série histórica apresentada na Tabela 2.1 o valor da média das mínimas, que é de 23,6°C, e da média das máximas, que é de 30,1°C, são próximos aos valores citados pelo autor acima. Os meses de junho, julho e agosto apresentam as menores médias de temperatura com 22,8, 22,4 e 22,7°C, respectivamente. Por outro lado, os meses de outubro (30,5°C), novembro (30,7°C), dezembro (30,7°C) e janeiro (30,5°C) são os que exibem as maiores médias. Em novembro e dezembro, situam-se as médias máximas mais elevadas, com 30,7°C cada uma.

Com relação aos dados apresentados às temperaturas médias compensadas, baseadas na série histórica na tabela 2.2 e, também, ilustrada na figura 2.8 em Fortaleza, o menor valor das médias é de 29,6 °C relativa aos meses de junho e julho, e os valores correspondem, respectivamente a novembro (30,7°C), dezembro (30,8°C) e janeiro (30,6°C)

são os que exibem as maiores médias. O valor médio anual coincidiu com a média anual das temperaturas máximas igual a 30,1 °C, conforme mostrado na Tabela 2.2.

Tabela 2.3 - Médias mensais e anual das temperaturas máximas e mínimas no período de 1961-1990.

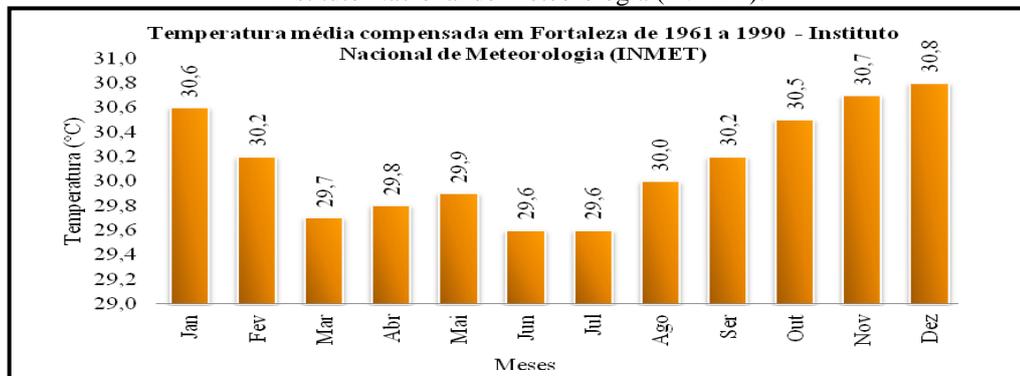
MÊS	Tmax (°C)	Tmin (°C)	MÊS	Tmax (°C)	Tmin (°C)
Janeiro	30,5	24,4	Julho	29,5	22,4
Fevereiro	30,1	24,0	Agosto	29,9	22,7
Março	29,7	23,6	Setembro	30,2	23,4
Abril	29,7	23,4	Outubro	30,5	24,1
Maior	29,9	23,3	Novembro	30,7	24,4
Junho	29,6	22,8	Dezembro	30,7	24,6
Média anual	30,1	23,6	-	-	-

Fonte: INMET, 2009.

Legenda: Tmax: Temperatura máxima; Tmin: Temperatura Mínima.

A forte radiação solar, que acarreta um aumento de temperatura, associada às baixas precipitações a partir do mês de junho, contribuem para intensificar as taxas de evaporação no segundo semestre do ano (SOUZA, *et al.* 2009) , que em média atingiram 1.608,4 mm/ano na cidade de Fortaleza, conforme apresentado na tabela 2.1,

Figura 2.8 - Temperatura média compensada em Fortaleza de 1961 a 1990 Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).



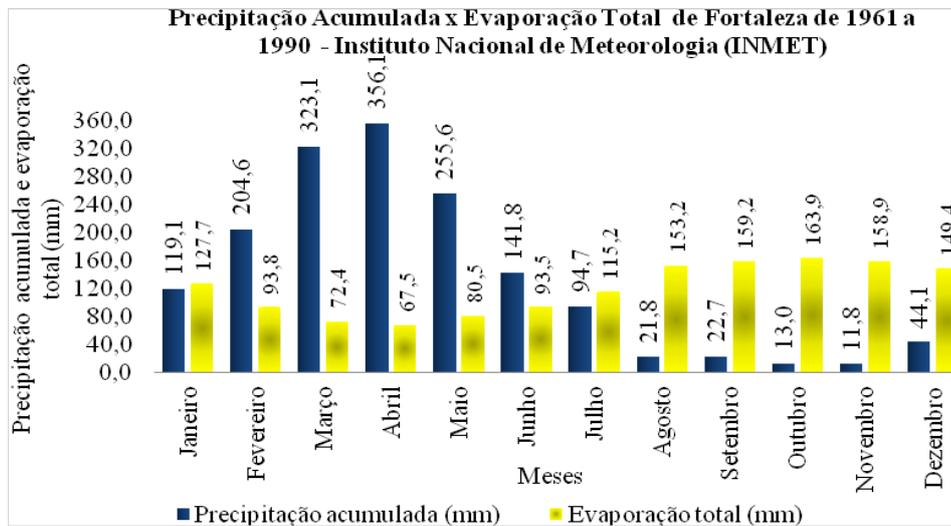
Fonte: INMET, 2009.

Observa-se ainda na figura 2.9 que as maiores taxas de evaporação se dão justamente nos meses com menores índices de precipitação, ocorrendo durante o período de estiagem, meses de setembro, outubro e novembro, que contribui para o saldo negativo no balanço hídrico anual.. Esse processo faz com que durante a máxima atuação da ZCIT (período mais chuvoso) sejam registrados os menores índices de evaporação.

2.7 As bacias hidrográficas que drenam a cidade de Fortaleza

Bacias hidrográficas são unidades obrigatórias na discussão envolvendo o planejamento urbano, na medida em que os resíduos gerados pelas aglomerações urbanas interferem na vida de todos os usuários da mesma bacia (MARICATO, 2001; VON SPERLING, 2005).

Figura 2.9 - Precipitação Acumulada x Evaporação Total de Fortaleza de 1961 a 1990 Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).



Fonte: INMET, 2009.

A gestão adequada da bacia hidrográfica urbana deve estar integrada com o processo de ordenação do uso e ocupação do solo, visto que é uma ferramenta fundamental no gerenciamento, dada a vulnerabilidade dos recursos hídricos urbanos (BRAGA, 2003; FORTALEZA, 2009).

Genz e Tucci (1995) consideram que os principais impactos que decorrem do desenvolvimento de uma área urbana sobre os processos hidrológicos estão ligados à forma de ocupação do solo, e também ao aumento das superfícies impermeáveis em grande parte das bacias hidrográficas que se localizam próximas a zonas de expansão urbana ou inseridas no perímetro urbano.

O disciplinamento do uso e ocupação do solo é um importante instrumento para tornar o desenvolvimento de uma cidade e conseguir a proteção de áreas de valor ambiental. Neste sentido, as legislações urbanísticas municipais precisam estabelecer parâmetros para uma gestão urbana integrada, que contemple não apenas aspectos de ordenamento territorial,

mas que dêem conta de questões ambientais que se expressam no território, possibilitando reverter à lógica de uso e ocupação desordenada das bacias hidrográficas, geradora de diversos problemas socioambientais, visando alcançar a sustentabilidade ambiental urbana (MOTA, 2008).

Em alguns setores das bacias hidrográficas que drenam a cidade de Fortaleza, os recursos naturais encontram-se fortemente comprometidos. Esse avançado estágio de comprometimento ambiental é ocasionado por uma série de fatores, principalmente pela pressão demográfica exercida pelo acelerado crescimento demográfico, fomentado pela expansão urbana e pelo avanço da especulação imobiliária em regiões desprovidas de saneamento básico (FORTALEZA, 2008a).

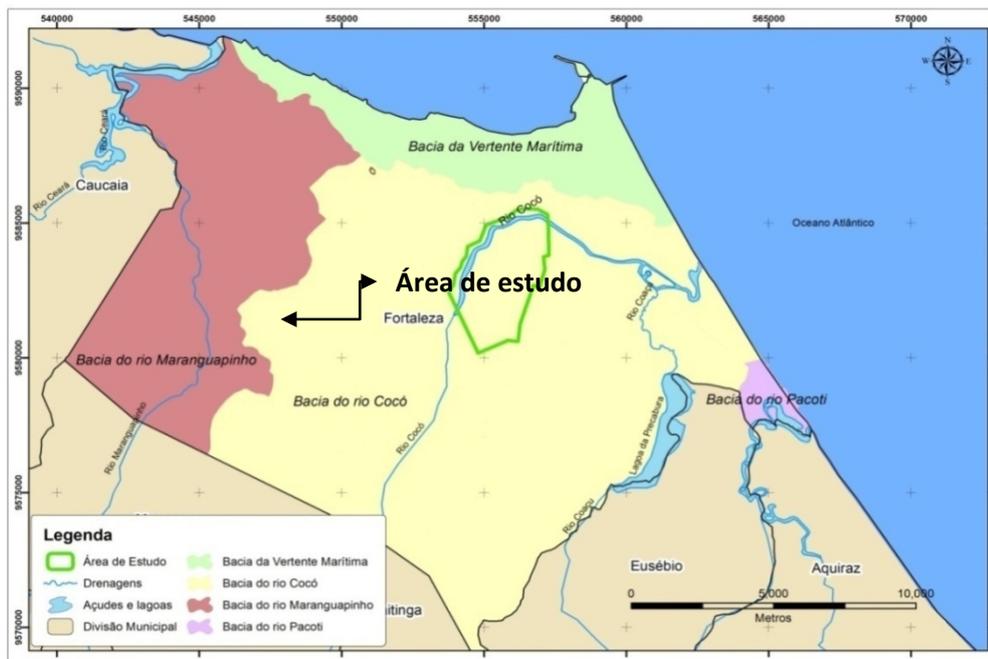
Conforme o Decreto Municipal Nº 12.450 de 14/11/2008 que define os limites das áreas de preservação dos recursos hídricos situados em Fortaleza, em seu Anexo 1 tendo por base o § 1º do art. 10 da Lei nº 7.987/96 e do levantamento aerofotogramétrico da cartografia voo 1995, a hidrografia do município, segundo o plano diretor de drenagem, compreende 4 (quatro) bacias hidrográficas: Bacia da Vertente Marítima – A (Bacia do Rio Cocó – B , Bacia do rio Maranguapinho e a Bacia do rio Pacoti – D, Figura 2.10.

A Bacia da Vertente Marítima (A) corresponde à faixa de dunas localizada entre as bacias do Maranguapinho e do Cocó, com topografia favorável ao escoamento das águas para o mar, seja diretamente ou através de riachos. Situada em área limítrofe do Oceano Atlântico, esta bacia está inserida totalmente na zona urbana de Fortaleza. Por se tratar de uma área de grande densidade populacional, os conflitos entre a urbanização e o meio natural são imensos. Ocorre uma ocupação generalizada na área, com invasões dos caminhos preferenciais das águas, sendo este fato e própria especulação imobiliária responsáveis pelo aterramento dos riachos e das lagoas de Fortaleza. A bacia da Vertente Marítima ocupa apenas 7 % da área do município de Fortaleza, portanto a menor área das bacias hidrográficas que drenam o município (BENTO, 2011).

A disposição inadequada do lixo nas margens dos rios desta bacia e o lançamento de esgotos na rede de drenagem são fatores que comprometem a hidrografia pela redução da capacidade de vazão e pelos problemas decorrentes da poluição. Apresentando em sua maioria drenagem direta para o oceano, os rios que compõem a bacia da Vertente Marítima cujos principais mananciais são: riacho Jacarecanga, riacho Pajeú, riacho Maceió e o riacho Papicu que forma a lagoa do mesmo nome (COGERH, 2010).

A bacia hidrográfica do rio Cocó (B), onde está inserida a área de estudo, Figura 2.10, nasce na vertente oriental da serra da Aratanha no município de Pacatuba tendo sua foz na praia do Caça e Pesca região leste da cidade de Fortaleza. A bacia hidrográfica do rio Cocó está situada integralmente na Região Metropolitana de Fortaleza. A área total de drenagem da bacia é de aproximadamente 513,84 Km² abrangendo parte dos municípios de Pacatuba, Maranguape, Itaitinga, Maracanaú, Eusébio, Aquiraz e Fortaleza (SANTOS 2006).

Figura 2.10 - Bacias hidrográficas de Fortaleza.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

A bacia hidrográfica do rio Maranguapinho (C) localiza-se a oeste do município de Fortaleza, nasce na serra de Maranguape. A bacia do rio Maranguapinho possui uma área de drenagem total de 217,15 km² com comprimento de aproximadamente 37,5 km que se desenvolve no sentido sudoeste-norte ao longo de com perímetro da bacia de 107,51 km. Deságua no rio Ceará, sendo seu principal efluente, a 5 Km de sua foz. Esta bacia localiza-se em uma zona predominantemente residencial, apresenta certa homogeneização quanto a população que habita às suas margens, famílias de classe de renda baixa, e uma elevada densidade demográfica. As margens destes mananciais hídricos foram ocupadas indevidamente e assoreadas pela deposição de lixo. Esta bacia corresponde a 28,7% do total do município de município (COGERH, 2010).

A Bacia do Rio Pacoti (D), o rio Pacoti nasce no maciço de Baturité, percorre uma trajetória de 150 quilômetros, drenando uma área de 1.257,5 Km², até desaguar no oceano Atlântico, litoral leste do Estado. Este rio é atualmente o recurso hídrico mais importante para o abastecimento da Região Metropolitana de Fortaleza, pois em seu curso foi construído o sistema Pacoti-Riachão-Gavião, reservatórios cujo objetivo é a captação de água para a região e, em especial, para a Capital cearense (COGERH, 2010).

2.7.1. Características gerais da bacia do rio Cocó

Segundo Soares (2005) e Fortaleza (2003), o rio Cocó constitui um dos principais recursos hídricos da Região Metropolitana de Fortaleza. Desde as suas nascentes em Pacatuba até seu estuário na costa leste de Fortaleza, adquire diversas denominações, iniciando com o nome de riacho Pacatuba, na serra da Aratanha, após os primeiros quilômetros e já recebendo contribuições troca o nome para riacho Gavião, quando então alimenta um dos reservatórios que abastece a região metropolitana de Fortaleza e após o encontro com o riacho Alegrete, próximo ao 4º Anel Rodoviário, passa a se chamar Cocó (PESSOA, 2002).

O Rio Cocó possui uma série de afluentes sendo 29 na sua margem direita, 16 na margem esquerda. Dentre os municípios drenados pela bacia hidrográfica do rio Cocó, a cidade de Fortaleza é o que apresenta maior área de drenagem, com aproximadamente 60% do seu território (COGERH, 2010).

Desenvolvendo-se no sentido sul/norte por longo trecho de seu percurso, formando, em direção à foz, uma acentuada curva de sudoeste para leste. Sua confluência com o rio Coaçu, seu principal afluente, se dá bem próximo ao litoral, fazendo que estes praticamente apresentem comportamento de bacias independentes.

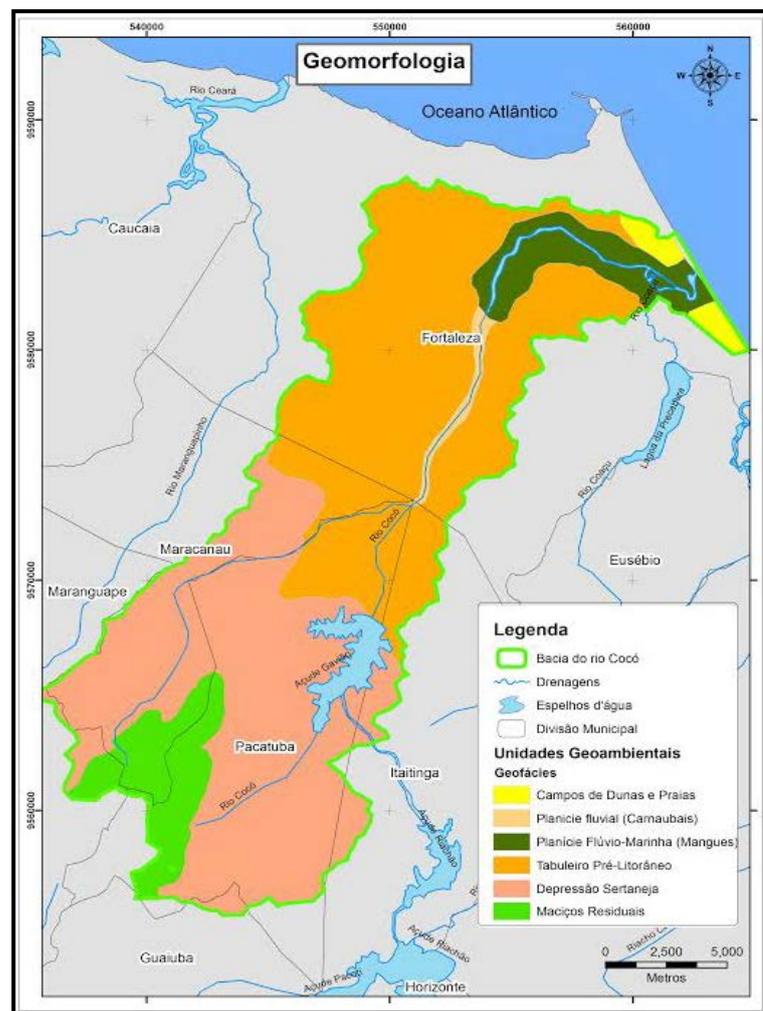
Com o comprimento do talvegue de 42,5 Km, apresenta uma configuração longilínea, que se traduz no elevado índice de compacidade (1,60) e fator de forma reduzido (0,17) (COGERH, 2010)

Todos os cursos d'água da bacia apresentam caráter intermitente, permanecendo secos durante a maior parte do ano, exceto próximo ao litoral, onde os rios Cocó e Coaçu se tornam semi-perenes. Ocorrem, ainda, em seu baixo e médio curso, a presença de lagoas perenes e intermitentes, com destaque, para as lagoas Sapiranga, Messejana, da Maraponga, da Itaoca, do Opaia, do Papicu, e outras de menor porte, todas situadas no núcleo urbano de

Fortaleza. O Rio Cocó sofre influencia das marés, que adentram no seu leito por aproximadamente 13 km, formando um estuário alongado e estreito, composto por 210 hectares de manguezais (COGERH, 2010; FORTALEZA, 2003).

As unidades geomorfológicas, figura 2.11, formadoras da bacia são: a Planície Litorânea, Planície Flúvio-Marinha, Tabuleiros Pré-Litorâneos e Maciços Residuais. Devido a sua extensão a bacia do Rio Cocó se caracteriza por uma grande variedade de ecossistemas. São encontradas praias, dunas de todas as configurações, mangues, estuários, carnaubais, e até mesmo caatinga; já bastante alterados, devido ação antrópica (FORTALEZA, 2003).

Figura 2.11: Unidades geomorfológicas da bacia do Cocó.



Fonte: IPCE, 2012

No Quadro 2.1 descrevem-se de forma sucinta as principais características da Bacia Hidrográfica do Rio Cocó, quanto aos aspectos climáticos, da cobertura vegetal, faunísticos e das feições morfológicas.

A divisão hidrográfica da Bacia do Rio Cocó representada por “Bacia B”, foi estabelecida no Plano de Drenagem de Águas Pluviais da Região Metropolitana de Fortaleza,

sendo formada por seis sub-bacias. Esta divisão também está registrada no Inventário Ambiental de Fortaleza, elaborado em 2003, o qual define as seis sub-bacias e suas respectivas micro bacias (Quadro 2.2).

Quadro 2.1 - Características da Bacia Hidrográfica do Rio Cocó, Fortaleza - CE.

ASPECTO	DESCRIÇÃO
Clima	Predomina o tipo tropical úmida
Pluviosidade	Cerca de 1400 mm/ano
Temperatura Média Anual	28 °C
Geologia	Possui quatro tipos diferentes de formações: Dunas: podem ser móveis, fixas e antigas; Aluvião; Barreiras; Cristalino.
Vegetação	Espécies vegetais características de mangue, tais como <i>Avicenia germinans</i> (mangue preto), <i>Laguncularia racemosa</i> (mangue branco), <i>Rhizophora mangle</i> (mangue vermelho) e espécies florísticas nativas (capim, coqueiro, mangueira, cajueiro, carnaúba, torém, carrapicho, salsa, pião roxo, etc.). Havendo também samambaias, bromélias, as orquídeas e os líquens.
Fauna	- Aves: Lavandeira (<i>Fluvicola nengeta</i>); Martim Pescador (<i>Chloroceryle amazona</i>); Socozinho (<i>Butorides striatus</i>); Garça Branca Grande (<i>Casmerodius albus</i>), etc. - Peixes: Carapeba (<i>Diapterus rhombeus</i>); Solha (Ordem: <i>Pleuronectiformes</i>); Bagre Branco Família: <i>Ariidae</i>); etc. - Possui também moluscos e crustáceos típicos de manguezal.

Fonte: Araújo, 2012.

Quadro 2.2 - Recursos Hídricos por Sub-bacia – Bacia Hidrográfica do Rio Cocó (B).

BACIAS	RECURSOS HÍDRICOS (MICRO-BACIAS)
B-1	Lagoa do Porangabuçu; Riacho Tauape; Lagoa do Opaia; canal da av. Aguanambi; Riacho Cocó/Lagamar
B-2	Rio Cocó; canal do Jardim América; riacho da Lagoa Palmirim; riacho do Açude; Guarani; riacho do Açude Antonio da Costa; riacho do Açude Jangurussu; Açude; Fernando Macedo; Lagoa do Gengibre/Grande; rio Coaçu; riacho da Lagoa do Gengibre/Grande; Lagoa do Palmirim/Azul; Lagoa da Maria Vieira; Lagoa do amor; Açude Jangurussu.
B-3	Açude Osmani Machado; riacho da Lagoa do Acaracuzinho; Lagoa do Germano; riacho da Lagoa da Libânia; Lagoa do Catão/Pequeno Mondubim; Lagoa da Maraponga; riacho da Lagoa da Maraponga; Lagoa Seca/Taperaoba; Açude José Pires; Lagoa Itaoca; Açude do Soldado/Subsistência; riacho da Lagoa Itaoca; Açude São Jorge; Lagoa da Aldeia Velha; Açude Alencar; Açude Monte Negro; Lagoa do Passaré; Lagoa da Boa Vista; Açude Uirapuru
B-4	Lagoa Colosso (34); Lagoa Água Fria/Seca
B-5	Açude Danilo; Lagoa da Messejana; Riacho da Lagoa de Messejana; Lagoa do Coité; Riacho da Lagoa Redonda; Lagoa da Sapiranga; Lagoa do Soldado; Lagoa Redonda I; Lagoa Redonda II; Lagoa Jacarey;
B-6	Lagoa do Ancuri; Riacho da lagoa do Ancuri; Açude Bolivar; Lagoa Pariri; Lagoa São João; Lagoa da Paupina; Lagoa do Meio I; Lagoa do Meio II; Açude Guarani; Riacho do Açude Guarani; Lagoa Taíde; Lagoa Precabura; Açude Coaçu.

Fonte: Araújo, 2012

2.7.1.1 A evolução da ocupação urbana na bacia do rio Cocó

O rio Cocó até a metade do século XX representava uma barreira física ao desenvolvimento da malha urbana para aquela que constituía a porção leste de Fortaleza. Essa expansão só veio a acontecer no final da década de 1940, sendo que apenas em 1954 a

Prefeitura Municipal autorizou o parcelamento de sítios presentes naquele lado da cidade, como foi o caso do Sítio Cocó (SOARES, 2005).

Outro relevante fato, conforme o mesmo autor, foi à construção da Avenida Perimetral – Anel Viário, proposto pelo O “Plano Diretor da Cidade de Fortaleza” de Hélio Modesto 1963, finalizada em 1965, que contorna a cidade de Fortaleza, ligando os bairros da zona leste com os da oeste, atravessando o rio Cocó e assim rompendo a barreira física que existia entre essas duas zonas da cidade. A expansão do sistema viário para o leste da cidade de Fortaleza promoveu um acelerado processo de transformação no uso e ocupação do solo na bacia do Cocó, contribuindo para fomentar uma grande concentração de adensamento demográfico.

Esta expansão do sistema viário, segundo o mesmo autor, assume proporções preocupantes à medida que se observam as condições socioeconômicas existentes no espaço ocupado na bacia hidrográfica do rio Cocó que por estar localizada totalmente na RMF é a área mais densamente povoada do Estado do Ceará.

Em 1950 com a construção do Porto do Mucuripe o crescimento urbano foi mais acelerado, o que dinamizou ainda mais o processo de ocupação da capital e proporcionou na década de 1970, a criação da Região Metropolitana de Fortaleza. Ao mesmo tempo em que ligavam Fortaleza ao interior do estado facilitando o escoamento da produção, os caminhos e trilhos traziam levas de imigrantes vindos principalmente do semiárido cearense.

Essa forte imigração ocasionada principalmente pela falta de dinamismo dos núcleos urbanos do interior, declínio da atividade pecuária, e ocorrência de secas, induziu o crescimento populacional e ocupação da bacia do Cocó, acarretando aumento na pressão sobre os recursos naturais, degradação ambiental, busca por espaços destinados à moradia e, conseqüentemente, o consumo de água para o abastecimento humano. Dentre as principais formas de uso e ocupação na bacia hidrográfica do rio Cocó estão os usos: dos recursos hídricos, urbano, industrial, turismo, mineração e agroecossistemas.

Segundo Silva (1997), a ocupação da porção leste de Fortaleza da bacia do rio Cocó, torna-se uma realidade no início da década de 1970. Esta ocupação deu-se, principalmente, com a implantação de conjuntos habitacionais de pequeno porte e de alguns loteamentos, inicialmente ocupados por estabelecimentos de grande porte, como a Universidade de Fortaleza/UNIFOR, o Centro de Convenções e a Academia da Polícia Militar.

Ao longo das últimas décadas a cidade da Fortaleza, como já foi visto, alcançou níveis de crescimento demográfico verdadeiramente preocupante, do ponto de vista da organização espacial, da estruturação social da população e da conservação dos recursos e paisagens naturais de seu entorno. Esse cenário levou o governo do Ceará a tomar uma série de ações para garantir a conservação do entorno da bacia do rio Cocó. O decreto nº20.253 de 5 de setembro de 1989 estabeleceu que as áreas da bacia do Cocó na cidade de Fortaleza eram de interesse social, facilitando a desapropriação do espaço compreendido pelo Projeto do Parque Ecológico do Cocó. Este espaço foi aumentado e consolidado pelo Decreto nº. 22.587, de 8 de junho de 1993. Esta legislação tentou garantir a preservação do trecho que vai da intersecção com a BR-116 até a foz, situado no território da capital cearense, compreendendo um total de 1.155,2 hectares. O objetivo desta intervenção estatal foi de proteger e conservar os recursos naturais existentes no local, de formar a manter o equilíbrio daquele ecossistema e, ao mesmo tempo, promover atividades de educação ambiental, pesquisa científica e turismo ecológico.

No atual cenário o que se observa é que os principais problemas existentes na época se avolumaram e continuam presentes, entre os quais, se destacam a ocupação irregular em áreas de preservação, Figura 2.12, a disposição de resíduos sólidos, o lançamento de esgotos tratados e clandestinos diretamente no rio ou em galerias de águas pluviais.

A região sudeste de Fortaleza que está inserida na bacia do Cocó até os primeiros decênios do século XX constituía uma zona quase completamente desabitada, tendo como obstáculos físicos o rio Coco, que impedia a integração com o resto da cidade. A construção de uma ponte nas proximidades da Av, Antonio Sales e a abertura da av. Perimetral, na década de 1970-1980, permitiram pouco a pouco o início da ocupação (DIÓGENES, 2012).

Segundo a mesma autora, no início dos anos oitenta há uma consolidação do expansionismo urbano nesta região, envolvendo grandes interesses comerciais, principalmente imobiliários.

Neste período ocorre à desativação de um conjunto de salinas (Salinas Diogo), figura 2.13, para dar lugar contraditoriamente o parque do Cocó, figura 2.14, e a construção do shopping Center Iguatemi, figura 2.15, ao mesmo tempo em que são redefinidas em um mesmo espaço físico, zonas residenciais em áreas de manguezais, em torno de mananciais hídricos; expulsando antigos moradores, de baixa renda, e atraindo populações de renda bem mais elevada, pela infraestrutura implantada pela administração pública (CARLEIAL, 2010).

Figura 2.12 - Residências expostas a riscos (Av. Costa e Silva).
 Ponto de referência: 03° 49' 45.97"S 38 031'44.70" W



Fonte: Do autor, 2013.

Segundo Matos e Neto (2003), a implantação de equipamentos de ensino, comércio e de lazer, como a Universidade de Fortaleza (UNIFOR), Centro de Convenções nos anos 70 e o Shopping Iguatemi, em 82, impulsionaram o tecido urbano para o sudeste da capital. Observa-se nas figuras 2.1, 2.13, 2.14, e 2.15 as transformações da paisagem na região ocupada pelas salinas, e posteriormente pelo “Shopping Iguatemi” e pelo “Parque Ecológico do Cocó” em três épocas diferentes, nos anos 70, nos anos 80, onde se observa o mangue em franca regeneração, e na década de 2000, onde é evidenciado o intenso processo de ocupação na área.

Outro fator importante de ocupação da bacia do Cocó na região sudeste, conforme Araújo (2010) foi à mudança e a implantação da sede e do centro administrativo do governo estadual do bairro Aldeota, região leste, para o bairro Cambéa, região sudeste, que contribuíram muito para a valorização dos bairros próximos, que, inicialmente, possuíam pouca infraestrutura de serviços urbanos.

Com esses empreendimentos desencadeia-se o avançado processo da expansão urbana de Fortaleza, que como a maioria das cidades brasileiras, realizou-se de forma negligente com os recursos naturais, caracterizando-se por aterramentos, ocupação do solo irregular, desmatamento da mata ciliar e poluição de corpos hídricos, em desrespeito às Leis de Uso e Ocupação do Solo, atrelado, ainda, as infraestruturas insuficientes para suprir as necessidades do contingente populacional (LOUREIRO *et al.*, 2009).

Figura 2.13 - Antigas salinas Diogo junto ao Rio Cocó.
 Ponto de referência: 03° 45'01.67" S 38 029'16.52" W.



Fonte: <http://blogdoguillon.blogspot.com.br>, 2013.

Figura 2.14 - Cenário atual da antiga Salina Diogo.
 Ponto de referência: 03° 45'01.67" S 38 029'16.52" W.



Fonte: autor, 2013

Figura 2.15 - Foto do Shopping Iguatemi na década de 2000.
 Ponto de referência: 03°45'20.93"S 38°29'19.75" W.



Fonte: autor, 2013

Neste contexto de ocupação irregular nas áreas de preservação permanente (APP), observa-se nas figuras 2.16, 2.17 e 2.18, em três períodos distintos, o processo de construção

e implantação de condomínios residenciais no bairro Cambéba, numa área próxima ao riacho da Levada, Bacia do Cocó/Coaçu.

Figura 2.16 - Riacho da Levada sem construção de condomínios residenciais.

Ponto de referencia: 03° 48'14.22"S 38028'55.04" W.



Fonte: Do autor, 2008.

Figura 2.17 - construção dos condomínios residenciais próximo ao Riacho da Levada.

Ponto de referencia: 03° 48'14.22"S 38°28'55.04" W.



Fonte: Do autor, 2011.

Bernal (2004) relaciona a intensa urbanização e a enérgica ação dos promotores imobiliários com a excessiva manifestação da paisagem verticalizada. A implantação de equipamentos públicos e privados foi acompanhada na expansão de algumas infraestruturas urbanas, como redes de energia, água, coleta de lixo e sistemas viários, como o prolongamento e abertura de avenidas, ocasionando o surgimento de loteamento em novas

áreas, fomentados pelo mercado imobiliário, embora não houvesse nenhum planejamento urbano com relação à implantação de um plano diretor de drenagem nem tampouco de um sistema público de esgotamento sanitário.

Figura 2.18 - condomínios residenciais implantado próximo ao Riacho da Levada.
Ponto de referência: 03^o 48' 14.22" S 38^o 28' 55.04" W.



Fonte: Do autor, 2013 Fonte: Do autor, 2011.

Em um relativamente curto espaço de tempo, o cenário da cidade de Fortaleza foi redesenhado e assistiu a uma "explosão" de empreendimentos residenciais e comerciais na região leste e sudeste da cidade. A tendência do mercado imobiliário é que a ocupação continue nos próximos anos, com isto presume-se que o adensamento da Bacia do Cocó não irá cessar tão cedo, pois existem ainda vazios urbanos e a oferta de empreendimentos residenciais e comerciais ainda são consideráveis, segundo aponta o CRECI-CE (Conselho Regional de Corretores de Imóveis).

A Figura 2.19 ilustra o panorama da construção de condomínios residenciais no bairro Guararapes, localizados na região sudeste, a margem direita do rio Cocó.

Seguindo seu percurso, após passar pela ponte da av. Gal Murilo Borges, na confluência da Avenida Governador Raul Barbosa, o rio Cocó recebe, na sua margem esquerda, um aporte de um tributário o “riacho Tauape”, figura 2.26, macrodrenante da sub-bacia B-1 do Cocó, com elevada descarga de efluentes poluentes. De acordo com o IBGE censo 2000, a área da sub-bacia B1 apresenta um elevado índice de urbanização, com uma

população de 188.110 hab, correspondendo na época quase 9% da população de Fortaleza, (LIMA, 2001).

Continuando o seu curso na sub-bacia B-2, o rio Cocó tem o adensamento populacional substituído por um denso manguezal. O entorno dessa área verde está em um acelerado processo de expansão urbana e valorização imobiliária e os bairros situados nesse trecho estão dentre os de maior rendimento poder aquisitivo, como o Luciano Cavalcante, Guararapes, Salinas, Cocó e Edson Queiroz, (IPECE, 2012).

Figura 2.19 - Expansão imobiliária no bairro Guararapes e adjacências.
Ponto de referência: 03° 45'46.93"S 38° 28'58.54" W.



Fonte: autor, 2013.

Continuando o seu curso na sub-bacia B-2, o rio Cocó tem o adensamento populacional substituído por um denso manguezal. O entorno dessa área verde está em um acelerado processo de expansão urbana e valorização imobiliária e os bairros situados nesse trecho estão dentre os de maior rendimento poder aquisitivo, como o Luciano Cavalcante, Guararapes, Salinas, Cocó e Edson Queiroz, (IPECE, 2012).

2.8 Parâmetros de qualidade da água: significados ambiental e sanitário

Segundo Meybeck (2004) as fontes de poluição, pontuais ou difusas, determinam certo grau de poluição no corpo hídrico atingido. Os resíduos domésticos e industriais constituem o grupo das fontes pontuais por se restringirem a um simples ponto de lançamento, o que facilita o sistema de coleta através de rede ou canais. As fontes difusas caracterizam-se por apresentarem múltiplos pontos de descarga resultantes do escoamento em

áreas urbanas e ou agrícolas e ocorrem durante os períodos de chuva, atingindo concentrações bastante elevadas dos poluentes.

As impurezas existentes são identificadas e mensuradas mediante parâmetros de qualidade das águas (físicos químicos e biológicos). De uma maneira geral, as características físicas são analisadas sob o ponto de vista de sólidos (suspensos, coloidais e dissolvidos na água), gases e temperatura. As características químicas, nos aspectos de substâncias orgânicas e inorgânicas e as biológicas sob o ponto de vista da vida de macro e microrganismos aquáticos. Dentre os principais parâmetros físicos, químicos e biológicos relacionados à caracterização da qualidade das águas residuárias, predominantemente domésticas, que definem o potencial poluidor, merecem destaques: os sólidos; os indicadores de matéria orgânica (Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO₅ e Demanda Química de Oxigênio – DQO), os nutrientes (nitrogênio e fósforo) e os indicadores de contaminação fecal, (JORDÃO, 2009).

Com o intuito de evidenciar os aspectos gerais da qualidade hídrica do rio Cocó, sub-bacia B-2, e discutir os significados sanitário e ambiental dos parâmetros analisados, foram feitas algumas considerações acerca dos principais parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos no presente estudo.

2.8.1 Parâmetros físicos e químicos

2.8.1.1 Cor

A coloração da água se origina através dos sólidos dissolvidos, da decomposição da matéria orgânica, que libera compostos orgânicos complexos como ácidos húmicos e fúlvicos (75 a 85% dos casos), ferro e manganês. A cor não representa risco à saúde, mas a população pode questionar a qualidade da água, (PEREIRA, 2004).

Conforme o mesmo autor, as águas superficiais podem adquirir cor por intermédio dos lançamentos de esgotos provenientes de algumas indústrias, principalmente as têxteis, de papel, tinturarias, etc. O método para medida da cor é o turbidimétrico, utilizando como padrão de referência o cloroplatinato de cobalto (PtCo/L) gerador da unidade de cor, hoje conhecida como unidade Hazen (uH).

A cor verdadeira (amostra isenta de material em suspensão) constitui-se em importante indicador da concentração de matéria orgânica presente nas águas naturais, que em

geral apresentam valores variando de 0 a 200 uH, sendo os valores inferiores 10 uH dificilmente perceptíveis, (LIBÂNIO, 2008). O padrão legal, expresso como cor verdadeira é de até 75 uH .

2.8.1.2 pH

O pH indica a condição de acidez, alcalinidade ou neutralidade da água. O pH pode ser resultado de fatores naturais e antrópicos Nas águas naturais às variações destes parâmetros são ocasionados geralmente pelo consumo e/ou produção de dióxido de carbono (CO₂), realizados pelos organismos fotossintetizadores e pelos fenômenos de respiração, (VON SPERLING, 1995).

Segundo Von Sperling (2005) o pH pode ser resultado de fatores naturais (dissolução de rochas, absorção de gases atmosféricos ou fotossíntese) e antrópicos (esgoto doméstico ou industrial). Valores altos de pH (alcalino) de sistemas hídricos pode estar associado a proliferação de vegetais em geral, pois com o aumento da fotossíntese há consumo de gás carbônico e portanto, diminuição do ácido carbônico da água e conseqüente aumento do pH As águas superficiais, geralmente, possuem um pH entre 4 e 9, sendo que para classe 2, a Resolução n^o 357/2005 do CONAMA estabelece a faixa de 6 a 9.

2.8.1.3 Temperatura

No tocante à temperatura, segundo Branco (1986), os mananciais hídricos sofrem amplas variações devido a vários fatores, tais como, a latitude, altitude, período do ano, insolação e profundidade. Estas variações que se estabelecem no ar ou na água afetam as transformações químicas, físicas e biológicas que ocorrem no meio aquático. A temperatura da água exerce influência direta sobre vários organismos aquáticos e sobre o teor de gases nela dissolvidos, principalmente o oxigênio dissolvido (OD) e o gás carbônico (CO₂).

2.8.1.4 Turbidez

A turbidez definida como a medida da capacidade da água em dispersar os raios luminosos (ESTEVES, 2011), é causada pela presença de partículas em suspensão (argila, silte, areia, matéria orgânica particulada, microrganismos) que variam em tamanho (desde partículas coloidais até material grosseiro disperso) em natureza (orgânicas ou inorgânicas) e, em menor proporção, material dissolvido (BRANCO, 1986; SAWYER *et al.*, 2003).

De acordo com SAWYER *et al.*, (2003) o grau de turbulência do corpo aquático tem influência nas características das partículas que conferem turbidez. Assim, nos lagos e outros tipos de águas em que predominam as condições de repouso, a turbidez será devida a dispersões coloidais extremamente finas. Nos rios, porém, a maior parte será devida a dispersões relativamente grosseiras.

Em épocas de chuvas, conforme o mesmo autor, grandes quantidades da camada superficial do solo são arrastadas para os corpos receptores e muitos desses materiais são de natureza inorgânica, embora, consideráveis quantidades de matéria orgânica estão, também, incluídas. Os materiais orgânicos, que alcançam os corpos aquáticos, ao serem metabolizados pelas bactérias promovem o crescimento bacteriano e os nutrientes inorgânicos tais como nitrogênio e fósforo presentes nas descargas de águas residuárias domésticas e nos despejos provenientes das atividades agrícolas estimulam o crescimento do fitoplâncton. Toda essa biomassa integra a componente biogênica da turbidez, que pode ser bastante significativa.

Os valores de turbidez são expressos em unidade nefelométrica, hoje simplificada apenas para uT (unidades de turbidez) e o limite estabelecido pela legislação vigente, para corpos hídricos de classe 2 (como é o caso do rio Cocó) é de até 100 uT.

2.8.1.5 Sólidos Dissolvidos Totais

Nos estudos de controle de poluição das águas naturais e principalmente nos estudos de caracterização de esgotos sanitários e de efluentes industriais, as determinações dos níveis de concentração das diversas frações de sólidos resultam em um quadro geral da distribuição das partículas com relação ao tamanho (sólidos em suspensão e dissolvidos) e com relação à natureza (fixos ou minerais e voláteis ou orgânicos). Os Sólidos Dissolvidos Totais nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após as operações de evaporação e secagem da amostra a uma temperatura entre 103 e 105°C durante um tempo fixado. Em linhas gerais, as operações de secagem, calcinação e filtração são as que definem as diversas frações de sólidos presentes na água (sólidos totais, em suspensão, dissolvidos, fixos e voláteis), (SILVA et al, 2001).

A água com alto teor de sólidos dissolvidos totais não são convenientes para alguns usos. Quando contém menos de 500 mg.L⁻¹ de sólidos dissolvidos é, em geral, satisfatória para uso doméstico e para muitos fins industriais. Com mais de 1000 mg.L⁻¹,

porém, a água contém minerais que lhe conferem um sabor desagradável e a torna inadequada para diversas finalidades (CARVALHO & OLIVEIRA, 2003).

2.8.1.6 Sólidos Suspensos

Entre os resíduos mais importantes está o material em suspensão, que é constituído de pequenas partículas que se encontram suspensas na água, as quais têm uma fração mineral ou inorgânica e outra orgânica. A presença de material em suspensão nos corpos de água, a exemplo da turbidez, tem como origem os processos naturais (decomposição de vegetação e presença de micro-organismos) ou por meio de atividades antrópicas que, no meio urbano, se manifesta pelo lançamento de esgotos domésticos, industriais e pela disposição inadequada de lixo (PEREIRA, 2004).

As altas concentrações de material em suspensão limitam a qualidade da água bruta, por estarem relacionadas com a turbidez, a salinidade e a dureza da água. Causa a diminuição à penetração de luz na água prejudicando a produtividade primária, (SILVA, 1990).

2.8.1.7 Condutividade elétrica

A capacidade da água de conduzir corrente elétrica é denominada condutividade elétrica e depende da concentração dos íons presentes (ESTEVES, 1998). Devido à facilidade e rapidez de determinação da condutividade elétrica, este se tornou um parâmetro padrão para expressar a concentração total de sais para classificação de solos e das águas destinadas à irrigação, (BERNARDO, 1995).

Ainda o mesmo autor, quanto maior for à quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica da água. É mensurada através da unidade básica $\mu\text{S}/\text{cm}$ (microSiemens/cm) e a sua determinação em ecossistemas aquáticos pode indicar mudanças significativas de que processos de poluição estão ocorrendo com a descarga de material na água .

Elevados valores de condutividade podem ter origem em fontes pontuais como esgotos domésticos, em função de sólidos dissolvidos, de modo que quanto mais poluídas estiverem as águas, maior será a condutividade, (BRIGANTE & ESPÍNDOLA, 2003).

Segundo Libânio (2008) as águas naturais apresentam comumente uma condutividade elétrica inferior a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, podendo atingir valores superiores a 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em corpos de água receptores de elevadas cargas de esgotos domésticos e industriais.

2.8.1.8. Oxigênio Dissolvido (OD)

O oxigênio dissolvido (OD) é uma das variáveis mais significativas para expressar a qualidade de um ambiente aquático indicando a capacidade natural de um corpo hídrico em manter a vida em suas águas. Valores muito baixos podem revelar o desequilíbrio destes ambientes, acarretando sérios danos à macro e microbiota, além de tornar a água imprópria aos diversos usos. A dissolução dos gases na água sofre influência de fatores ambientais como temperatura, pressão e salinidade (CASSINI, 2006).

O OD é um dos principais parâmetros para controle dos níveis de poluição das águas, pois que indica as condições aeróbias num curso d'água que recebe material poluidor. Altas concentrações de OD são indicadores da presença autótrofos e baixos valores indicam a presença de matéria orgânica em excesso (provavelmente originada de esgotos). Assim, quanto maior a carga de matéria orgânica, maior o número de microorganismos decompositores e, conseqüentemente, maior o consumo de oxigênio. A morte de peixes em rios poluídos se deve, muitas vezes, à ausência de oxigênio e não à presença de substâncias tóxicas (VON SPERLING, 1996). O padrão legal para corpos hídricos de classe 2, é que a concentração mínima de OD seja de 5 mg/L.

2.8.1.9. Alcalinidade

A alcalinidade das águas naturais constitui-se na capacidade destas de neutralizar ácidos, expressando, portanto, a sua capacidade de tamponamento. A presença de alcalinidade em águas naturais é causada principalmente por hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos (APHA et al., 1995).

A alcalinidade das águas não representa risco potencial à saúde pública. Provoca alteração no paladar e a rejeição da água em concentrações inferiores àquelas que eventualmente pudessem trazer prejuízos mais sérios. A alcalinidade não se constitui em padrão de potabilidade, ficando este efeito limitado pelo valor do pH, (KATO, 1983).

Na maior parte dos ambientes aquáticos naturais a alcalinidade é devida exclusivamente à presença de bicarbonatos, com valores de alcalinidade na faixa de 30 a 500 mg de CaCO_3/L , sendo que valores mais elevados nos corpo de água estão associados aos processos de mineralização da matéria orgânica, com conseqüente aumento da autotrofia que, consumindo espécies carbônicas, muda as formas de alcalinidade aumentando seus valores. Outro fator relevante é o lançamento de esgotos industriais (LIBÂNIO, 2008).

2.8.1.10 Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é a quantidade de oxigênio molecular necessário á estabilização da matéria orgânica decomposta aerobicamente por via biológica (MOTA, 1995).

A Demanda Bioquímica de Oxigênio de cinco dias (DBO_5), utilizada para expressar o valor da poluição produzida por matéria orgânica oxidável biologicamente, corresponde à quantidade de oxigênio necessária para que microrganismos aeróbios mineralizem a matéria orgânica carbonácea, em um período de 5 dias, em incubação a 20°C . Os componentes desta fração orgânica podem ter origem no material fecal, nos detritos originários de animais mortos ou de suas excreções, em restos de vegetais e em efluentes de esgotos sanitários (CETESB, 2006).

A DBO_5 , representa de uma forma indireta, o teor de matéria orgânica nos esgotos ou no corpo d'água, sendo considerado um parâmetro de fundamental importância na caracterização do grau de poluição de um corpo d'água (SPERLING, 1996).

Segundo Brigante & Espíndola (2003), em águas naturais, com baixos níveis de nutrientes, a DBO geralmente não ultrapassa os 5 mg/L, mas ao contrário, a presença de altos níveis de nutrientes, advindos, por exemplo, de esgotos domésticos, pode variar de 100 a 300 mg/L. O valor de referência legal para esta variável é de no máximo 5 mg/L.

2.8.1.11 Formas nitrogenadas

Os compostos de nitrogênio são de grande importância nos processos vitais de todas as plantas e animais, sendo indispensáveis para o crescimento de algas e, quando em elevadas concentrações em lagos e represas, pode conduzir a um crescimento exagerado desses organismos (processo denominado eutrofização). Os processos bioquímicos de

conversão da amônia a nitrito e deste a nitrato, implicam no consumo de oxigênio dissolvido do meio, o que pode afetar a vida aquática (SPERLING, 1996).

A presença de nitrogênio amoniacal na água significa matéria orgânica em decomposição evidenciando que ambiente está deficiente em oxigênio dissolvido. São diversas as fontes de nitrogênio nas águas naturais, porém os esgotos sanitários e industriais, excrementos de animais e fertilizantes constituem as principais fontes antropogênicas. Em áreas urbanas, as drenagens de águas pluviais associadas às deficiências do sistema de limpeza pública, constituem fonte difusa de difícil caracterização. Destaque-se que os processos de tratamento de esgotos empregados atualmente no Brasil não são otimizados para a remoção de nutrientes, e os efluentes finais tratados liberam grandes quantidades dessas substâncias, que também podem dar margem à ocorrência do processo de eutrofização, (VON SPERLING, 2005).

No meio aquático, o nitrogênio pode ser encontrado nas seguintes formas nitrogênio molecular (N_2), escapando para a atmosfera; nitrogênio orgânico (dissolvido e em suspensão); nitrogênio amoniacal, como amônia (NH_3) e o íon amônio (NH_4^+), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-), (APHA et. al., 1995).

Von Sperling (2005) salienta que a presença de compostos nitrogenados e a identificação da forma predominante do nitrogênio podem também fornecer informações sobre o estágio de poluição nos corpos hídricos, revelando sua qualidade sanitária. Assim quando a poluição for recente, o perigo para a saúde será maior, pois nesse caso o nitrogênio se apresenta na forma orgânica e amoniacal, visto que se apresenta pouco oxidado. Na forma amoniacal livre é muito tóxico, sendo menos danoso na forma mais oxidada (nitrito e nitrato).

A quantidade natural de nitrato e amônia em águas superficiais é baixa (< 1 mg/L), de modo que as concentrações acima de 5 mg/L de nitrato (NO_3^-), normalmente indicam poluição por fertilizantes usados na agricultura ou dejetos humanos e de animais .

2.8.1.12. Formas fosfatadas

O fosfato pode ter origem natural, sendo proveniente da dissolução de compostos do solo e da decomposição da matéria orgânica, e origem antropogênica quando for proveniente de despejos domésticos, despejo industrial, detergentes, excrementos de animais, inseticidas e pesticidas. O fósforo e o nitrogênio são essenciais ao crescimento de todos os

seres vivos. Em corpos d'água são elementos fundamentais para o controle das taxas de crescimento de algas e cianobactérias (SAWYER et al., 1994).

O fósforo na água apresenta-se principalmente nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. Os ortofosfatos, principalmente na forma mais usual HPO_4^{2-} , são diretamente disponíveis e assimiláveis para o metabolismo sem necessidade de conversão, (VON SPERLING, 2005).

Este mesmo autor destaca que por atividade antrópica, o aporte de fósforo aos corpos de água pode ocorrer, semelhantemente, ao nitrogênio, por lançamento de despejos domésticos e industriais, fertilizantes e lixiviação de criatórios de animais. Sendo assim, concentrações elevadas de fosfatos estão diretamente relacionadas à eutrofização dos corpos hídricos.

Esteves (1988), em estudos realizados, firma que na maioria das águas continentais o fósforo é o principal fator limitante de sua produtividade. Além disso, tem sido apontado como o principal responsável pela eutrofização artificial destes ecossistemas. Podem originar-se de numerosas descargas industriais.

A Resolução nº 357/2005 do CONAMA estabelece, para corpos hídricos lóticos e tributários de ambientes intermediários de classe 2, a concentração máxima de 0,05 mg/L de fósforo total.

2.8.1.13. Compostos sulfurosos

Os compostos sulfurosos apresentam-se tanto na forma de sulfetos como sulfatos. Os sulfetos constituem a forma oxidada do enxofre. Encontra-se com frequência em águas subterrâneas, onde há carência de oxigênio, (PEREIRA, 2004).

Nos despejos de efluentes, é comum a detecção de sulfetos provenientes de processos industriais (fábricas têxteis e de papel), da decomposição anaeróbia da matéria orgânica e, principalmente, da redução bacteriana do sulfato em meios pobres de oxigênio, podendo estar presentes em águas geotérmicas. O sulfeto de hidrogênio ou gás sulfídrico (H_2S) proveniente de despejos origina odores desagradáveis no meio ambiente. É um gás muito tóxico, irritante dos olhos, pele, mucosas e do aparelho respiratório, (PEREIRA, 2004).

Segundo Esteves (1998), os sulfatos normalmente se originam da oxidação do gás sulfídrico no meio aquático oxigenado. Esta oxidação pode ser química ou biológica, neste caso realizado por bactérias. A distribuição do sulfato é também fortemente influenciada pela

formação geológica da bacia de drenagem do sistema hídrico. Em ambientes próximos ao mar, as concentrações de sulfato são maiores, já que nos oceanos o sulfato é mais abundante. Os padrões para os compostos sulfurosos é de 250 mg/L para sulfato e 0,002 mg/L de sulfeto livre (como H₂S).

2.8.1.14. Dureza Total

A dureza da água consiste no conteúdo da água corrente e de fontes naturais em íons de metais especialmente cálcio e magnésio. Define-se como dureza total à capacidade que a água tem de precipitar sabões. A principal fonte de dureza na água é proveniente de solos contendo rochas calcárias. Os íons cálcio (Ca⁺²) e magnésio (Mg⁺²) são predominantes nas formas de bicarbonato, sulfatos, cloretos e nitratos. Os íons ferro (Fe⁺²), alumínio (Al⁺³), e estrôncio (Sr⁺²) podem em menor grau causar a dureza, (LIBÂNIO, 2008).

De acordo com Custódio & Llamas (1983), a dureza de uma água pode ter origem natural (p.ex. dissolução de rochas calcárias, contendo cálcio e magnésio) ou antropogênica (lançamento de efluentes industriais).

Von Sperling (1995) apresenta a classificação da dureza total da água, expressa em mg/l de CaCO₃, como : mole ou branda: < 50 mg/l CaCO₃, moderada de 50 a 100 mg/L CaCO₃, dura entre 100 a 200 mg/L CaCO₃ e muito dura acima de 200 mg/L CaCO₃.

Conforme o mesmo autor, a dureza não apresenta significado sanitário e seu inconveniente é de natureza econômica por reduzir a formação de espuma, elevando o consumo de sabões e xampu, podendo provocar, também, em processos industriais, incrustações nas tubulações de água quente, caldeiras e aquecedores, devido à precipitação a altas temperaturas.

No Brasil, salvo algumas exceções, as águas superficiais são brandas ou modernamente duras (valores comumente inferiores a 100 mg/L CaCO₃). Em corpos d'água de reduzida dureza, como é o caso da maioria dos mananciais do Brasil, a biota do meio aquático é mais sensível à presença de substâncias tóxicas, já que a toxicidade é inversamente proporcional ao grau de dureza da água, (LIBÂNIO, 2008).

2.8.2. Metais (ferro e manganês)

Diversos metais têm sido encontrados em corpos hídricos e, mais que as fontes naturais, as fontes antrópicas têm sido responsáveis pelos elevados níveis destes elementos, colocando em risco o equilíbrio ecológico dos sistemas hídricos (ESTEVEVES, 2011).

O ferro solúvel é frequentemente encontrado em águas de poços e nas águas superficiais cuja presença aumenta razoavelmente durante as estações chuvosas, devido ao carreamento de solos e a ocorrência de processos de erosão nas margens. Os corpos d'água em função das características geoquímicas da bacia de drenagem podem apresentar naturalmente teores elevados de ferro e de manganês, que podem superar os padrões legais (SPERLING, 2005).

Ainda o mesmo autor, o comportamento do manganês nas águas é semelhante ao do ferro, sendo que sua ocorrência é mais rara. Sua presença em quantidades excessivas é indesejável em mananciais de abastecimento público, em razão de seu efeito no sabor, aparecimento de manchas nas instalações sanitárias e nas roupas lavadas e no acúmulo de depósitos (incrustações) em sistemas de distribuição de vapor .

Segundo Brigante e Espínola (2003), o manganês raramente é encontrado na água em concentrações superiores a 1,0 mg/L. Os valores limites estabelecidos na legislação vigente correspondem, respectivamente, 0,3 mg/L e 0,1 mg/L, para ferro e manganês.

2.8.3. Parâmetros bacteriológicos

As variáveis biológicas representadas aqui pelos indicadores de contaminação fecal que apontam para o nível de qualidade sanitária do ecossistema, expressando a vulnerabilidade ou eficiência do saneamento básico e das técnicas de manejo desenvolvidos na bacia hidrográfica na qual o corpo aquático se insere.

A contaminação dos ecossistemas aquáticos por microrganismos exógenos vem provocando um sério comprometimento dos recursos hídricos, aumentando consideravelmente o risco de doenças de veiculação hídrica (RIVERA & MARTINS, 1996).

As descargas fecais de humanos e animais infectados diretas (através dos esgotos e da drenagem urbana) ou indiretas (pelo escoamento superficial) são as principais causas da contaminação dos mananciais e da consequente disseminação das doenças de veiculação hídrica.

A confirmação da presença de contaminação fecal é possível através da determinação dos indicadores de contaminação fecal, que consiste em determinados grupos ou espécies de microrganismos que reúnem características peculiares e estão associados aos microrganismos patogênicos excretados com as fezes. Os dois grupos mais utilizados são os coliformes, amplamente disseminadas no trato intestinal humano e de outros animais de sangue quente e os estreptococos fecais, presentes em maior quantidade nas fezes de animais homeotermos. O grupo dos coliformes é representado pelos coliformes totais (grupo constituído por vários gêneros da família Enterobacteriaceae – Enterobacter, Klebsiella, Citrobacter e Escherichia) e pelos coliformes termotolerantes (considerados indicadores universais de contaminação fecal, distinguindo-se dos coliformes totais pela termotolerância e características bioquímicas peculiares. Dos coliformes termotolerantes, a *Escherichia coli* é o marcador por excelência da poluição fecal, provém exclusivamente de fezes de animais de sangue quente (APHA *et al.*, 2005).

Os padrões bacteriológicos exigidos pelos órgãos de controle ambiental em nível nacional baseiam na detecção e enumeração destes indicadores, em especial, os coliformes termotolerantes e a espécie *Escherichia coli*.

A contagem de bactérias heterotróficas aeróbias é utilizada para indicar a qualidade sanitária da água e dos alimentos. Mesmo que os patógenos estejam ausentes, um número elevado destes micro-organismos indica condições sanitárias insatisfatórias. As bactérias heterotróficas, genericamente definidas como microrganismos que exigem carbono orgânico como fonte de nutrientes, fornece informações sobre a qualidade bacteriológica da água de forma ampla. O teste, de detecção inespecífica, abrange as bactérias e esporos bacterianos tanto de origem fecal quanto de componentes da microbiota natural e de outros aportados ao meio aquático. Servindo, portanto, como indicador auxiliar da qualidade da água (DOMINGUES *et al.*, 2007)

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Procedimentos metodológicos

Metodologia científica, para Silva e Menezes (2001), é entendida como um conjunto de etapas ordenadamente dispostas que se deve vencer na investigação de um fenômeno, fornecendo conhecimentos válidos e verdadeiros. Desta maneira, estrutura de uma

tese de pesquisa quantitativa deve obedecer a uma organização lógica de conteúdo, com uma descrição que vai desde o porquê (justificativa) da realização do trabalho, seu problema e objetivos, passando pelos procedimentos metodológicos, resultados e discussão, além das conclusões e recomendações,

Neste contexto, a presente pesquisa quantitativa é delineada por um procedimento metodológico, que define o roteiro da investigação, bem como justifica por meio dos objetivos definidos a qualidade científica dos dados obtidos.

Neste presente capítulo, descrevem-se os procedimentos metodológicos que estão organizados, a partir dos objetivos, metodologias e objetos planejados que nortearam este trabalho de pesquisa.

Para melhor compreensão dos procedimentos metodológicos, retoma-se a finalidade principal deste estudo de tese que tem como foco principal, o estudo da qualidade das águas das margens direita do rio Cocó, impactado pelo especulativo processo de urbanização desordenada na região leste e sudeste de Fortaleza. Para isso, procurou-se determinar, delimitar e caracterizar a área para o estudo desta pesquisa, bem como identificar os locais de coletas no rio e nos aportes dos tributários existentes nesta região.

Para a consecução das ações do desenvolvimento da pesquisa proposta, optou-se pelas seguintes fontes de evidências:

a) Documentação: para estudos de caso, o uso mais importante de documentos é corroborar e valorizar as evidências oriundas de outras fontes. Yin (2001) sugere que, durante as visitas de campo, algum tempo deve ser dedicado para visitas a bibliotecas, centros de documentação e outros centros de referências. Alguns documentos devem ser considerados: relatórios técnicos, memorando, avisos, minutas de reuniões, agendas, outros relatórios, documentos administrativos e outros documentos internos, recortes de jornais e outros artigos publicados na mídia, dentre outros;

b) Registros em arquivos: geralmente em forma computadorizada/ eletrônica, como registros de serviços, registros organizacionais (tabelas, mapas, orçamentos, organogramas e outros), dentre outros;

c) Observação direta: visitas de campo geram ricas oportunidades para observações diretas sobre comportamentos ou condições ambientais relevantes. Incluem-se aqui observações dos locais determinados para a pesquisa, fotografias, coletas de dados e amostragens, e outras atividades semelhantes. De acordo com Yin (2001), as provas observacionais são úteis para fornecer informações adicionais sobre o objeto de estudo;

d) Revisão bibliográfica: realizou-se uma criteriosa revisão bibliográfica durante todo o desenvolvimento da pesquisa, desde a formulação do projeto até a apresentação dos resultados. Para tanto, investigou-se fontes bibliográficas que alcançassem e estivessem alinhadas com o objeto deste estudo, de modo a propiciar um maior embasamento teórico – metodológico.

3.2. Metodologia adotada

A obtenção das informações técnicas e dados experimentais para a elaboração deste trabalho deu-se em três etapas.

A primeira, de forma indireta, constou de uma abrangente pesquisa bibliográfica sobre a urbanização e a expansão urbana na cidade de Fortaleza, incluindo os aspectos históricos de sua evolução, a poluição ambiental, a expansão urbana nas regiões leste, oeste, sudoeste e sudeste, a problemática socioambiental, as características da bacia hidrográfica do rio Cocó, bem como de sua bacia B-2, os sistemas de saneamento básico e a avaliação dos impactos gerados pelo aporte pontual e difuso de poluentes ao rio.

Nesta etapa, foi realizada uma busca por documentos, legislações, relatórios, depoimentos e cartografia sobre a área de estudo, na internet e nos órgãos e secretarias da organização administrativa municipal. Nesta perspectiva, foram catalogados e estudados vários trabalhos de cunho científico, monografias, dissertações, teses, além de relatórios e publicações de modo geral.

A segunda etapa foi realizada mediante visitas de campo para a delimitação (definição) da área de estudo, documentação fotográfica e que a partir da base cartográfica e das imagens aerofotogramétricas obtidas, foram elaborados os mapas georeferenciados de localização e da delimitação da área de estudo. Também nesta etapa foram Determinados os pontos de amostragem no rio e nas galerias pluviais de maior importância na poluição do ecossistema.

Na terceira etapa, foi definido período de coletas e foram realizadas as coletas sistemáticas nos pontos de amostragem, com frequência predominantemente mensal e, também, foi feito o tratamento dos dados analíticos e estatísticos, associando-os em grupos que expressassem as características limnológicas, macronutrientes, material oxidável, indicadores de qualidade sanitária, componentes inorgânicos.

3.2.1. Detalhamento da metodologia empregada

Para a realização da presente pesquisa foram utilizados métodos convencionais, ou seja, revisão bibliográfica, visita de campo, aquisição e coletas de dados, análise dos resultados e redação final do trabalho.

3.2.1.1. Revisão bibliográfica: forma indireta de obtenção de dados

No tocante à revisão bibliográfica, foi procedida a criteriosa revisão durante todo o desenvolvimento do trabalho, desde a formulação do projeto de pesquisa, passando pela análise dos dados e apresentação dos resultados parciais. Para tanto, foram buscadas fontes bibliográficas que atingissem o objeto de estudo, de modo a proporcionar maior embasamento conceitual, teórico e metodológico.

Foram realizadas pesquisas bibliográficas sobre levantamentos planialtimétricos, caminho da drenagem, descrição litológica de perfis geológicos, fotografias aéreas, mapas, documentação fotográfica entre outras informações consideradas relevantes.

A partir da base cartográfica e das imagens aerofotogramétricas pesquisadas foram elaborados mapas georeferenciados de localização e delimitação da área de estudo, Foram pesquisadas teses, dissertações, relatórios governamentais e estudos ambientais, sobre a urbanização na bacia hidrográfica rio Cocó na cidade de Fortaleza, principalmente, onde está contemplada a área do estudo da pesquisa.

Para pesquisa e obtenção do material bibliográfico foram procedidas visitas a diferentes instituições e órgãos governamentais, dentre as quais se podem citar: as bibliotecas do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará (UFC), da Geografia Física e Estudos Ambientais Universidade Estadual do Ceará (UECE), do Instituto Federal do Ceará (IFCE) – Campus Maracanaú e Campus Fortaleza, e órgãos da administração pública estadual emunicipal, como a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), Superintendência Estadual de Meio Ambiente do Ceará (SEMACE), Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), Secretaria de Urbanismo e Meio Ambiente de Fortaleza (SEUMA) e a Secretaria de Infraestrutura e Desenvolvimento Urbano de Fortaleza (SEINF).

3.2.1.2. Trabalhos de campo: formas diretas de obtenção de dados

Durante as visitas de campo foi realizada uma extensa documentação fotográfica no intuito de acompanhar todo o desenvolvimento da urbanização na região e, em especial, na área de estudo, mediante construções e implantações de novos empreendimentos, comparando-os com períodos anteriores, e também, procurou-se identificar e fotografar os poucos vazios urbanos ainda existentes nos bairros atingidos pela pesquisa de estudo.

Os locais de pontos de coleta tanto no rio como nos aportes foram também fotografados durante as visitas de campo.

Como observação direta ações foram desenvolvidas nas várias visitas de campo realizadas na região de estudo no intuito de definir e delimitar a área da pesquisa, assim como a determinação dos pontos de coleta no rio e nos aportes..

3.2.1.3. Determinação dos pontos de amostragem no rio e nos aportes dos tributários

Para a determinação e definição dos pontos de amostragem no rio e nos aportes de maior importância na poluição do rio Cocó, realizaram-se várias incursões ao longo da área delimitada para a definição dos pontos de coletas. Neste aspecto, foram importantes para a definição destes pontos de coleta, as informações dos mapas de drenagem obtidos na SEINF.

Considerando a identificação das principais entradas pontuais e características da drenagem da área como um todo, foi selecionado 04 (quatro) pontos de coleta no rio (PR), compreendendo, os seguintes locais: nas pontes da BR116 (PR01), das avenidas Murilo Borges, (PR02), Engenheiro Santana Júnior, (PR03) e Sebastião de Abreu, (PR04), bem como 05 (cinco) locais de pontos de coletas dos aportes dos tributários correspondentes a 03 (três) drenagens, existentes, respectivamente, um canal aberto para escoamento de águas pluviais do conjunto Tancredo Neves, (PA01), um lançamento de uma lagoa de estabilização (facultativa primária) de tratamento de esgotos domésticos sob a administração da CAGECE do conjunto Tancredo Neves, (PA2), ambos no bairro Jardins das Oliveiras e três galerias de águas pluviais, situadas na Avenida Rogaciano Leite (PA3), no bairro Luciano Cavalcanti, na rua Atilano Moura (PA4), no bairro Guararapes, e na ponte da avenida engenheiro Santana Junior (PA5), no bairro Cocó, conforme mostrado no mapa de localização dos pontos de coleta representados no Apêndice A.

3.3. Definição e delimitação da área de estudo

Com o objetivo definido, tendo como foco principal investigar o impacto da qualidade das águas do rio Cocó, devido à intensa urbanização na região leste e sudeste de Fortaleza, aliada a ausência de saneamento básico, notadamente, de esgotamento sanitário, e baseando-se nas análises de dados, informações e documentação realizadas na revisão bibliográfica, em mapas cartográficos do município de Fortaleza, do zoneamento urbano do Plano Diretor Participativo de Fortaleza, de mapas de drenagem das águas superficiais e da bacia e sub-bacias hidrográficas do Rio Cocó, conforme documentação da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos e da Companhia Água e de Esgoto do Ceará definiu-se e delimitou-se a área do estudo da pesquisa.

A área selecionada para o estudo, Apêndice B, está inserida na região sudeste da cidade de Fortaleza, possuindo uma superfície total de aproximadamente 1.201,2 ha, que corresponde a 18,34% da sub-bacia B-2. Localiza-se na Bacia B-2 do rio Cocó, estando compreendida na poligonal de 6,0 por 3,6 quilômetros de extensão, com coordenadas 9580000 e 9586000 na direção Norte e 554000 e 57600 a direção Este em projeção UTM, Datum SAD 69, 24ª zona - Folha M.Figura.

Esta área é caracterizada pela deficiência de infraestrutura urbana, no tocante a ausência de esgotamento sanitário e precariedade de sistemas de drenagem, sendo, estes aspectos mais críticos nesta região do município de Fortaleza que acarretam diversos impactos ambientais, portanto, são aspectos considerados relevantes na definição desta área de estudo.

Outro aspecto importante para a definição está relacionado à importância da área no que concerne a sua localização no contexto estadual e municipal; por estar inserida na região de intensa expansão e especulação imobiliária, sendo bastante ocupada por residências, comércios e serviços.

Os limites abrangem a margem direita do rio Cocó, conforme mostrado no Apêndice A, desde a ponte sobre o rio na Av. Sebastião de Abreu (bifurcação a partir da Av. Washington Soares), denominado de ponto PR04, até a outra ponte sobre o rio a rodovia BR-116, denominado de ponto PR01, considerando a linha d'água máxima, incluindo a calha do rio, o lago artificial formado na região do conjunto habitacional Tancredo Neves e o manguezal como reserva ecológica.

3.4. Definição dos parâmetros de avaliação da qualidade das águas e dos tipos de amostragem

Para as amostragens das coletas nos pontos planejados, no período de julho de 2012 a janeiro de 2013, foram definidos os principais parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos para avaliação da qualidade da água. Neste contexto foram relevantes os estudos de monografias, dissertações, teses, além de consultas em livros técnicos especializados, trabalhos e relatórios técnicos investigados na revisão bibliográfica sobre os principais indicadores usados nas avaliações da qualidade das águas nos diversos ambientes aquáticos lênticos e lóticos.

Dentre a revisão bibliográfica sobre os principais parâmetros utilizados na avaliação da qualidade das águas, pesquisaram-se os seguintes livros técnicos: Esteves (1988), Brigante & Espindola (2003), Von Sperling (2005), Mota (2008), Libânio (2008) e nos trabalhos de dissertação e tese, pesquisou-se os de Oliveira (1997), Pessoa (2002), Pereira (2004), Vieira (2008), Lima (2012) e Araújo (2012).

Os parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos selecionados, Quadro 3.1, para avaliação das águas do rio Cocó e de seus aportes estudados foram associados em grupos que expressassem as propriedades limnológicas, macronutrientes, material oxidável, componentes inorgânicos e indicadores de qualidade sanitária.

As metodologias analíticas e técnicas de preservação das amostras seguiram de um modo geral, as diretrizes estabelecidas no Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 21^a Edição, 2005, conforme apresentadas no Quadro 3.1.

As amostras de água do rio e das galerias pluviais e outras entradas pontuais importantes foram realizadas entre 8:00 h e 12:00 h, de modo que nos pontos de aportes as coletas eram sempre realizadas próximo ao meio dia, considerando os momentos de maior vazão.

Quadro 3.1 - Variáveis analisadas, metodologias analíticas e referências.

Variáveis/Grupos	Metodologias	Referência	
Propriedades limnológicas			
Temperatura (°C)	Termômetro com filamento de mercúrio 0° - 60°C	APHA <i>et al.</i> , 2005	
pH ^(*)	Potenciométrico		
Alcalinidade Total (mgCaCO ₃ /L)	Titulométrico – Potenciométrico		
Cor Verdadeira (uH)	Colorimétrico		
Material biodegradável e Oxigênio Dissolvido			
DBO ₅ (mg/L)	Frascos Padrões – Iodometria	APHA <i>et al.</i> , 2005	
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Método de Winkler – Modificação Azida – Iodometria		
Sólidos Totais Voláteis (mg/L)	Gravimétrico - Ignição a 500-550° C		
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	Gravimétrico - Filtração a vácuo com membrana de fibra de vidro 0,45µm de porosidade – Secagem a 103°C – 105°C		
Material em suspensão			
Turbidez (uT)	Turbidimétrico	APHA <i>et al.</i> , 1989 RODIER, 1975	
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	Gravimétrico - Filtração a vácuo com membrana de fibra de vidro 0,45µm de porosidade seguido de secagem a 103°C – 105°C		
Sólidos Suspensos Fixos (mg/L)	Gravimétrico - Filtração a vácuo com membrana de fibra de vidro 0,45µm de porosidade – Ignição 500–550°C		
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/L)			
Macronutrientes			
Nitrogênio Amoniacal Total (mg/L)	Espectrofotométrico - Destilação em Macro-Kjeldahl seguida de Nesslerização Direta	APHA <i>et al.</i> , 1989 RODIER, 1975	
Nitrato (mg/L)	Espectrofotométrico – Salicilato de Sódio		
Fósforo Total (mg/L)	Espectrofotométrico – Ácido Ascórbico	APHA <i>et al.</i> , 2005	
Ortofosfato Solúvel (mg/L)			
Material inorgânico			
Condutividade Elétrica (µS/cm)	Condutivimétrico		APHA <i>et al.</i> , 2005
Sólidos Totais (mg/L)	Gravimétrico - Ignição a 500-550° C		
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	Gravimétrico - Filtração a vácuo com membrana de fibra de vidro 0,45µm de porosidade seguido de evaporação e secagem a 103°C – 105°C		
Sólidos Totais Fixos (mg/L)	Gravimétrico - Filtração a vácuo com membrana de fibra de vidro 0,45µm de porosidade – Ignição 500–550°C		
Sólidos Dissolvidos Fixos (mg/L)			
Dureza Total (mgCaCO ₃ /L)	Titulométrico com EDTA		
Sulfatos (mg/L)	Turbidimétrico		
Sulfeto Total (mg/L)	Iodométrico		
Metais			
Ferro Solúvel (mg/L)	Espectrofotométrico – Absorção Atômica	APHA <i>et al.</i> , 2005	
Manganês (mg/L)			
Indicadores de qualidade sanitária			
Bactérias Heterotróficas Mesófilas (UFC/mL)	Plaqueamento pela técnica pour-plate em meio PCA e incubação por 48 h a 35 °C.		APHA <i>et al.</i> , 2005
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	Tubos Múltiplos com Meio A1		
Escherichia coli (NMP/100mL)	Substrato cromogênico ONPG-MUG		

Fonte: Elaborado pelo autor, 2013.

3.4.1. Escolha do período de coletas das amostras

A definição do período de coletas de amostragens teve como orientação as diretrizes climáticas da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme) que, com base nas séries históricas, define o período de janeiro a junho como chuvoso e de julho a dezembro como período seco. Desta forma, pesquisou-se junto a FUNCEME, tomando como referência, o posto pluviométrico mais próximo da área de estudo localizado na Fundação Maria Nilva, no bairro água fria. Foi definido em tão o período de julho de 2012 a janeiro de 2013, como o período de monitoramento e de coletas, enquadrando-se como período seco.

3.4.2. Descrição dos pontos de coletas das amostras

A amostragem para conhecimento das condições da qualidade de água do rio foi realizada em quatro pontos distribuídos ao longo do corpo aquático, abrangendo toda uma área da sub-bacia B-2, que se estende desde a ponte sobre a Av. Sebastião de Abreu (bifurcação da Av. Washington Soares) até a ponte sobre a rodovia BR-116 e cinco pontos na área de drenagem, estabelecidos nas entradas pontuais da margem direita, mais representativas da expansão urbana.

A descrição dos pontos de coletas, no rio Cocó e nos aportes, estão apresentados a seguir.

a) Ponte localizado ponte na BR 116 (PR1) sobe o rio Cocó:

- neste ponto, figuras 3.1 e 3.2, localizado no bairro Jardim das oliveiras, na região do conjunto Tancredo Neves, foram avaliados os reflexos dos impactados ocorridos a montante, envolvendo o trecho desde a ponte sobre a BR 116 até a ponte sobre a Av. Presidente Costa e Silva e desta até o limite do município) destacando-se o lançamento de efluentes de lagoas estabilização que tratam esgotos de conjuntos habitacionais na região, os resíduos gerados a partir do lixão do Jangurussu, que embora desativado ainda drena percolados direta ou indiretamente para o rio e parte dos resíduos industriais do Distrito Industrial de Maracanaú por intermédio do riacho Timbó, que aflui ao rio no trecho que é chamado de Alegrete.

Figura 3.1 - Ponto de coleta (PR1) na ponte BR 116 sobre rio Cocó.
Ponto de referência: 3°47'01,49"S / 38°30'45,82"W.



Fonte: Do autor, 2013.

Figura 3.2 - Local da coleta no ponto PR1.
Ponto de referência: 3°47'01,49"S / 38°30'45,82"W.



Fonte: Do autor, 2013.

b) ponto de coleta do aporte (PA1) do canal drenante dos riachos e lagoas do conjunto habitacional Tancredo Neves:

- neste ponto, vide Figuras 3.3 e 3.4, também localizado no conjunto Tancredo Neves (Jardim das Oliveiras) foi avaliada a qualidade da água lançada através do canal de drenagem de córregos, lagoas e esgoto clandestino, no ponto de lançamento no lago artificial localizado na rua do córrego, no conjunto habitacional Tancredo Neves. A influência constatada nas características das águas residuárias deve-se não só aos aspectos domésticos, mas também aos comerciais, construções civis e pequenas metalúrgicas.

Figura 3.3 - Aporte do PA1 referente ao Canal de drenagem do conjunto Tancredo Neves.
Ponto de referência 3°46'37,74"S / 38°30'29,57"W.



Fonte: Do autor, 2013.

Figura 3.4 - Local de coleta do ponto PA1.
Ponto de referência 3°46'37,74"S / 38°30'29,57"W.



Fonte: Do autor, 2013.

c) ponto de coleta do aporte (PA2) do Lançamento do efluente do sistema de lagoa de estabilização do conjunto habitacional Tancredo Neves:

- neste ponto, vide Figuras 3.5 e 3.6, foi avaliada a qualidade do efluente dos sistemas de tratamento de águas residuárias do Conjunto Tancredo Neves. O sistema é formado apenas por tratamento preliminar (gradeamento e desarenação) e uma lagoa facultativa e em precário estado de conservação e operação, que trata os esgotos sanitários da maior parte das residências do referido conjunto.

Figura 3.5 - lagoa de estabilização do conjunto Tancredo Neve.
Ponto de referencia: 3°46'56,77"S / 38°30'38,26"W



Fonte: Do autor, 2013.

Figura 3.6 - Local do Ponto de coleta PA2.
Ponto de referencia: 3°46'56,77"S / 38°30'38,26"W



Fonte: Do autor, 2013.

d) ponte de coleta (PR2) sobre o rio Cocó na Av. Murilo Borges:

- um trecho importante da Av. Murilo Borges, figuras 3.7 e 3.8, resultou do aterro do leito do rio em toda a extensão de sua largura, reduzindo drasticamente a influência de maré, de modo que a única passagem é a ponte, onde se localiza o ponto PR0-2. A qualidade da água nesta ponte é muito influenciada pelas entradas referentes aos pontos PA1 e PE2, visto que se localiza a jusante destes lançamentos.

Figura 3.7 - Vista do Ponto de coleta PR2, ponte da Av. Murilo Borges sobre o rio Cocó.
Ponto de referencia 3°45'50,18"S / 38°30'25,40"W



Fonte: Do autor, 2013.

e) Ponto de coleta do aporte (PA3) da drenagem do açude Fernando Macedo:

- neste ponto, figuras 3.9 e 3.10, localizado no bairro Luciano Cavalcante, a qualidade de água é influenciada pelas águas de drenagem do entorno do açude Fernando Macedo e esgoto lançado clandestinamente nas galerias pluviais. O bairro Luciano Cavalcante caracteriza-se por inúmeros condomínios de apartamentos, casas, mansões, empresas comerciais, faculdades, shopping e repartições públicas, como a Câmara Municipal de Fortaleza, sendo, portanto, um bairro residencial, comercial e de serviços.

Figura 3.8 - Coleta no ponto PR2.
Ponto de referencia 3°45'50,18"S / 38°30'25,40"W



Fonte: Do autor, 2013.

Figura 3.9 - Aporte do PA3 da drenagem do açude Fernando Macedo.
Ponto de referencia: 3°45'51,65"S / 38°29'41,90"W



Fonte: Do autor, 2013.

f) ponto de coleta do aporte (PA4) da drenagem na rua Atilano de Moura:

- neste ponto, figuras 3.11 e 3.12, localizado no bairro Guararapes, na Avenida Rogaciano Leite, a qualidade de água é muito influenciada pelos esgotos gerados a partir do desenvolvimento de atividades domésticas e comerciais, especialmente os esgotos sem tratamento lançados nesta galeria. O bairro Guararapes é um bairro em expansão, considerado, atualmente, com maior poder de atração imobiliário com muitos empreendimentos residenciais e comerciais.

Figura 3.10 - Coleta do Aporte do PA3.
Ponto de referencia: 3°45'51,65"S / 38°29'41,90"W



Fonte: Do autor, 2013.

Figura 3.11 - Aporte PA4 da drenagem da rua Atilano de Moura.
Ponto de referencia: 3°45'31,19"S / 38°29'34,99"W



Fonte: Do autor, 2013.

Figura 3.12 - Coleta do Aporte PA4.
Ponto de referencia: 3°45'31,19"S / 38°29'34,99"W



Fonte: Do autor, 2013.

g) ponto de coleta (PR3) na ponte na Av. Eng. Santana Júnior:

- neste ponto, figuras 3.13 e 3.14, localizado no bairro Cocó, foram avaliados os reflexos dos impactos no rio gerados a partir do escoamento difuso da região do Parque Adahil Barreto e do bairro Salinas, das entradas pontuais por intermédio dos pontos PA3 e PA4 e do exutório da sub-bacia B1 através do riacho Tauape.

Figura 3.13 - Ponto de coleta (PR3) na ponte sobre o rio Cocó na Av. Eng. Santana Júnior.
Ponto de referência: 3°45'08,47" S / 38°29'27.16" W



Fonte: Do autor, 2013

Figura 3.14 - Coleta do ponto (PR3).
Ponto de referência: 3°45'08,47" S / 38°29'27.16" W



Fonte: Do autor, 2013.

h) ponto de coleta do aporte (PA5) da drenagem situada na ponte sobre a Av. Eng. Santana Júnior:

- neste ponto, figuras 3.15 e 3.16, também localizado no bairro Cocó, foi avaliada a qualidade de água sob influência da drenagem, cujas águas apresentavam-se muito impactada pelo lançamento de esgoto doméstico e comercial, advindos especialmente da região do bairro Guararapes, próximo ao Shopping Iguatemi e do bairro Edson Queiroz. Nesta região predomina a presença de condomínios residenciais e atividades comerciais e de prestação de serviços.

Figura 3.15 - Ponto de coleta do aporte PA5 da drenagem na ponte da Av. Eng. Santana Júnior sobre o rio Cocó.
Ponto de referencia: 3°45'09,91"S / 38°29'26,14"W



Fonte: Do autor, 2013.

Figura 3.16 - Coleta do aporte (PA5).
Ponto de referencia: 3°45'09,91"S / 38°29'26,14"W



Fonte: Do autor, 2013.

i) Ponte de coleta (PR4) sobre a ponte da Av. Sebastião de Abreu:

- neste ponto, figuras 3.17 e 3.18, também localizado no bairro Cocó, foi avaliada a qualidade de água sob influência do escoamento difuso de uma grande área do Parque do Cocó e da entrada pontual através o ponto PE5.

Figura 3.17 - Ponto de coleta PR4 na ponte na Av. Sebastião de Abreu sobre o rio Cocó.



Fonte: Do autor, 2013.

Figura 3.18 - Ponto de coleta PR4.
Ponto de referencia: 3°45'14,01"S / 38°28'59,15"W



Fonte: Do autor, 2013.

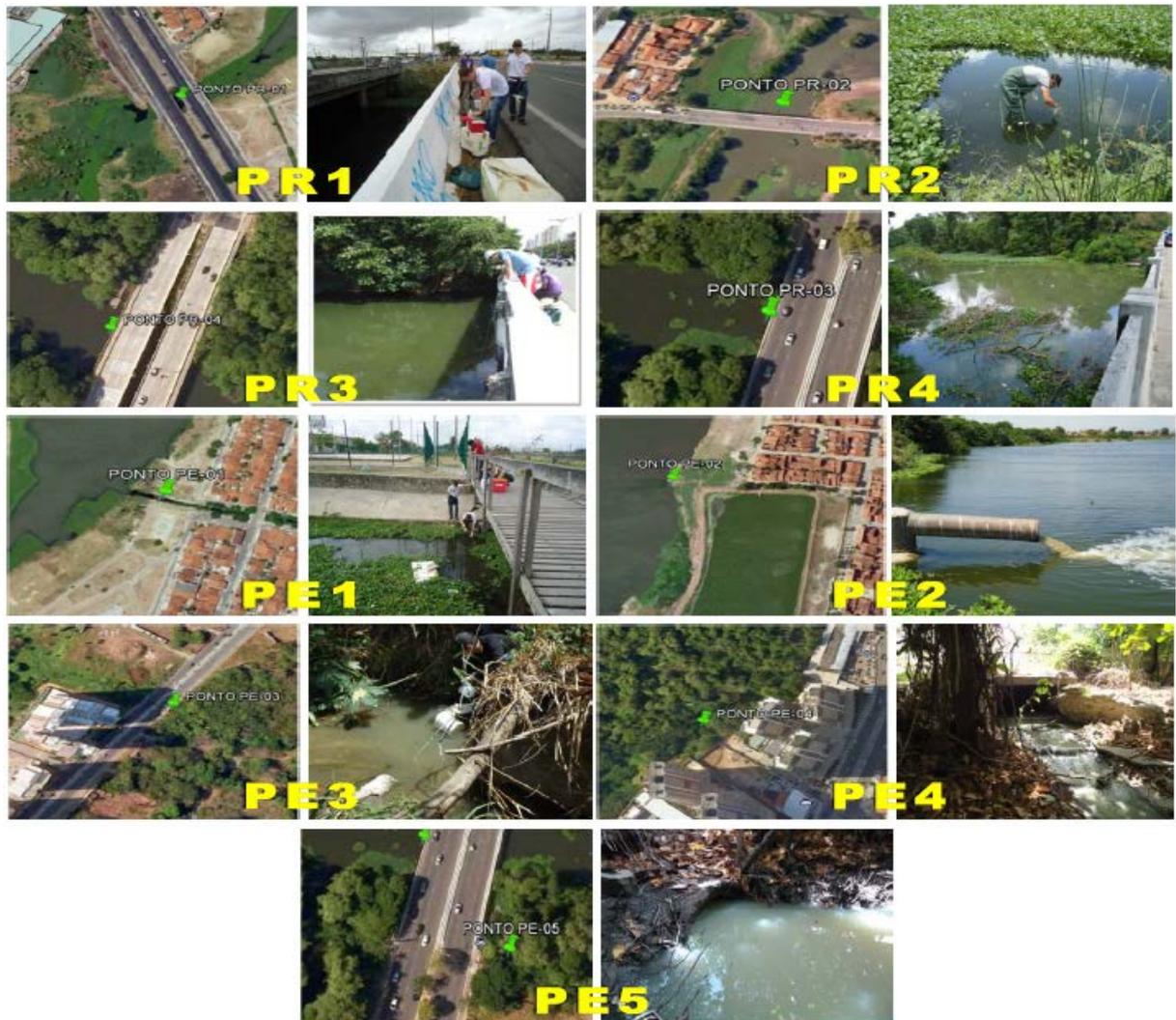
Foram realizadas seis coletas no período de julho de 2012 a janeiro de 2013, com frequência predominantemente mensal, correspondendo ao período de estiagem que representa a situação de maior concentração de poluentes no rio e nos aportes, cuja vazão é amplamente influenciada pelo lançamento de esgotos.

No mês de julho de 2012, foram feitas amostragens só no rio Cocó correspondentes aos pontos PR1, PR2, PR3 e PR4. No mês de agosto não foram feitas coletas, pois neste intervalo, buscou-se identificar os aportes relevantes (impactantes) situados a margem direita do rio Cocó, e a partir do mês de setembro de 2012 até janeiro de 2013 às 05 coletas mensais foram realizadas neste período abrangeram os novos pontos de coletas já mencionados, ilustrados na Figura 3.19.

3.4.3. Técnicas de coleta e de preservação das amostras

Para as amostras de água do rio, as coletas foram realizadas na superfície (entre 30 e 50 cm de profundidade), por meio de baldes plásticos limpos de 3L de capacidade e acondicionados imediatamente em frascos limpos e adequadamente preparados. Para as amostras dos pontos de drenagem, foram realizadas amostragens simples e as amostras acondicionadas de forma semelhante às de água do rio. Conforme o parâmetro a ser determinado, foram utilizados frascos diferenciados, como mostrado no Quadro 3.2.

Figura 3.19 - Fotos dos pontos de amostragem no trecho do rio Cocó entre as pontes da Rodovia BR-116 e Av. Sebastião de Abreu, Fortaleza-CE, marcados em imagem de satélite e fotografados *in loco*.



Fonte: Do autor, 2013.

Quadro 3. 2 - Tipos de recipientes para coleta de amostras.

PARÂMETRO	TIPO DE FRASCO
Oxigênio Dissolvido	Frascos de DBO, em borosilicato, com capacidade para \pm 300 mL
Sulfeto	Frascos de vidro de cor âmbar com capacidade de 500 mL
Alcalinidade, Dureza, Sulfato, DQO, Cálcio, Magnésio e Cloretos	Frascos de plástico com capacidade para 2L completamente cheios
Bactérias heterotróficas e mesófilas, Coliformes Termotolerantes e <i>Escherichia coli</i>	Frascos de vidro de 250 mL limpos e estéreis
Demais parâmetros	Baldes plásticos com capacidade de 3L, com fecho hermético previamente descontaminados com HCl 10% por 24h

Fonte: Elaborado pelo autor, 2013.

A variável Temperatura foi mensurada *in loco*. As amostras foram acondicionadas em caixas isotérmicas (temperatura entre 4° e 10 °C) e encaminhadas ao LIAMAR/IFCE (Laboratório Integrado de Águas de Mananciais e Residuárias do IFCE), por intermédio da unidade móvel do Laboratório para processamento imediato ou adequada preservação, vide Figura 3.20.

Figura 3.20 - Unidade Móvel do LIAMAR/IFCE



Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

3.5. Análise Estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística descritiva, determinando-se funções principais, como: médias aritmética e geométrica para estimativa da tendência central; desvios padrões e intervalos (mín-máx) como indicativos da dispersão verificada; medianas como o valor central do conjunto de dados e número de dados amostrais durante o período de estudo. O cálculo destas funções foi realizado através do utilitário Microsoft Excel 2007.

Considerando-se a influência dos valores extremos sobre a média aritmética, assim como a natureza exponencial do crescimento bacteriano, optou-se pela média geométrica para as variáveis bacteriológicas.

Com a finalidade de avaliar a associação entre as variáveis foram construídas matrizes de coeficientes de correlações de Pearson entre elas, utilizando-se todos os dados obtidos nas coletas (coluna de água do rio e aportes) nos nove pontos de amostragem no

período julho/2012-janeiro/2013, por meio do programa IBM SPSS Statistics for Windows. Versão 21.0,2012.

Para a separação de grupos de dados similares, usando-se critério de semelhança, aplicou-se a análise de agrupamento, processando-se os dados primários acima referidos, utilizando-se também o aplicativo estatístico SPSS for Windows.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Características da área de estudo: delimitação e aspectos ambientais e socioeconômicos.

4.1.1 delimitação.

Para a delimitação da área de estudo, correspondente a uma porção de área da Sub-bacia B-2, que está intrinsecamente relacionada à ausência de esgotamento sanitário, estudou-se a planimetria de tal forma que toda a área de estudo foi limitada pela drenagem natural das águas residuárias geradas que são lançadas e escoadas naturalmente para a margem direita do Rio Cocó, conforme estudo da topografia na região do estudo, observada no mapa elaborado da planimetria constante no Apêndice C.

4.1.2. Aspectos ambientais

4.1.2.1. Zoneamento urbano da área de estudo

A área de estudo é formada pelos bairros Salinas Jardim das Oliveiras e Guararapes e por parte dos bairros Cidades dos Funcionários, Aerolândia, Luciano Cavalcante e Edson Queiroz, mostrado no Apêndice D.

O atual Plano Diretor Participativo de Fortaleza (instituído pela Lei Complementar nº 62 de 02 de fevereiro de 2009), embora ainda não esteja regulamentado, foi pensado de forma participativa e elaborado no intuito de atender os pressupostos estabelecidos no Estatuto das Cidades (Lei Federal nº 10.257), tendo uma preocupação em suas discussões na forma de pensar e fazer o planejamento urbano e ambiental na cidade de Fortaleza.

A zona de urbanização preconizada pelo PDPFor pressupõe o adensamento da cidade, considerando a infraestrutura disponível, priorizando a ocupação nas áreas já consolidadas, na revitalização de áreas dotadas de infraestrutura que estão subvalorizadas e no desincentivo da ocupação das áreas de expansão que não contam com infraestrutura.

O Zoneamento urbano da área de estudo onde estão situados os bairros da área de estudo desta pesquisa, corresponde a Zona de Ocupação Moderada (ZOM 1), Apêndice D, que caracteriza-se pela insuficiência ou ausência de infraestrutura urbana, principalmente nos sistemas de mobilidade e de implantação do sistema de coleta e tratamento de esgotamento sanitário, mas que atualmente estão submetidos a uma grande pressão de ocupação urbana, devido a tendência de intensificação de implantação de empreendimentos residências e comerciais e de serviços de grande porte

4.1.2.2. Aspectos sócios econômicos

Observando os estudos do perfil sócio econômico de Fortaleza, IPECE (2012), o valor do rendimento nominal médio mensal das pessoas de 10 anos ou mais de idade não se distribui equitativamente segundo os bairros da cidade, tendo-se bairros com altos valores, acima de R\$2.000,00, e outros com baixos índices, inferior a R\$335,06, revelando uma desigualdade de renda entre os bairros de Fortaleza, porém constata-se que analisando os dados da Tabela 4.1 , conclui-se que todos os bairros da área de estudo possuem, além de uma baixo percentual de pobreza, um quantitativo superior absoluto em relação à média do Estado (R\$335,06), e, também, em relação a média da capital cearense (R\$787,48). Esta análise denota que a expansão urbana nestes bairros, principalmente o Guararapes, Salinas, Cidades dos funcionários e Luciano Cavalcante têm atraído uma população de melhor poder aquisitivo.

Tabela 4.1 - Renda mensal nos bairros da área de estudo.

Bairro	Renda mensal (*)	% da População Extremamente Pobre
Cidade dos Funcionários	1549,05	2,57
Jardim das Oliveiras	474,77	7,39
Luciano Cavalcante	1524,32	3,38
Guararapes	3488,25	0,97
Salinas	1749,91	4,06
Edson Queiroz	919,55	4,10
Total	1616,64	-

(*) valor do rendimento nominal médio mensal das pessoas de 10 anos ou mais de idade

Fonte dos dados: Censo Demográfico do IBGE, 2010. Elaboração: IPECE, 2012.

4.1.2.3. Aspectos demográficos

Em termos demográficos observa-se na Tabela 4.2 uma população total estimada em 95.144 habitantes referente aos seis bairros, Apêndice D, que estão inseridos na área de estudo, representando 3,88 % da população total do município de Fortaleza.

Baseado no censo 2010 do IBGE, com esta população de 95.144 habitantes, a área de estudo em termos demográficos ocuparia a décima posição entre os 184 municípios cearenses mais populosos do estado e com certeza teria o maior IDH entre os municípios cearenses, Tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Indicadores demográficos segundo os bairros de Fortaleza.

Bairro	População Total	Média de Moradores por Domicílio
Cidade dos Funcionários	18.256	3,40
Jardim das Oliveiras	29.571	3,56
Luciano Cavalcante	15.543	3,46
Guararapes	5.266	3,41
Salinas	4.298	3,51
Edson Queiroz	22.210	3,76
Total	95.144	3,51

Fontes: Censo Demográfico do IBGE, 2010. Elaboração: IPECE, 2012.

4.1.2.4 Aspectos da infraestrutura domiciliar

Ainda baseado nos estudos do perfil sócio econômico de Fortaleza (IPECE, 2012), na infraestrutura dos domicílios de Fortaleza, mostrada, destaca-se uma situação favorável quanto à forma de abastecimento de água e de coleta de lixo e desfavorável quanto à de esgotamento sanitário, fornecendo um panorama da situação domiciliar com relação aos bairros da área em estudo.

Em relação à coleta de lixo, tem-se que Fortaleza caminha para a universalização deste serviço urbano, ao passo que 98,75% das residências possuem coleta de lixo realizada por empresa de serviço de limpeza. Sendo que na região do estudo, compreendendo os seis bairros considerados, conforme mostrado na Tabela 3.3, à coleta de lixo tem uma cobertura de 98,96 %, evidenciando uma média superior ao do município de Fortaleza.

Na distribuição dos bairros segundo o indicador da proporção de domicílios ligados a rede geral de água observa-se que Fortaleza possui um valor médio de 93,31%. Em

relação aos domicílios ligados a rede geral de água, tem-se na região do estudo, compreendendo os seis bairros, uma cobertura de 91,74 %, evidenciando uma média próxima à do município de Fortaleza.

Tabela 4.3 - Indicadores de Infraestrutura domiciliar segundo os bairros de Fortaleza.

Bairro	% de domicílios com serviço de coleta de lixo realizado por serviço de limpeza	% de domicílios ligados a rede geral de água	% de domicílios ligados a rede geral de esgoto ou pluvial
Cidade dos Funcionários	99,96	88,93	8,22
Edson Queiroz	98,12	89,36	21,69
Engenheiro Luciano Cavalcante	99,24	92,49	29,45
Guararapes	99,74	88,68	20,31
Jardim das Oliveiras	99,26	96,75	64,68
Salinas	97,47	94,20	32,90
Média geral	98,96	91,74	29,54

Fonte dos dados: Censo Demográfico do IBGE, 2010. Elaboração: IPECE, 2012.

As condições de esgotamento sanitário dos domicílios, verificando-se inicialmente que em 2010 a proporção de residências no Ceará com este serviço chegou à marca de 32,76%, enquanto que Fortaleza registrou um valor de 59,56%; e analisando o nível geográfico de bairros, tem-se uma significativa desigualdade na oferta deste serviço na capital (IPECE, 2012).

Em relação aos domicílios ligados a rede geral de esgoto ou pluvial, na região do estudo, tem-se uma cobertura de 29,24 %, mostrado na Tabela 3.3 e Apêndice E, evidenciando uma média inferior à do município de Fortaleza. Se fosse excluído o bairro Jardins das Oliveiras, nesta análise, que embora possua um sistema individualizado de tratamento de esgoto por meio de lagoa de estabilização, tipo facultativa primária, mas que opera, atualmente, com baixa eficiência no tratamento, lançando no rio Cocó, mas precisamente no Lago do Cocó, efluentes tratados em desacordo com os padrões estabelecidos na Resolução 430/2011 do Conama, ter-se-ia, um percentual de cobertura de esgoto, ainda menor, na região estimada em 22,51 %.

Este fato evidencia e reforça a tese de que esta região, inserida na bacia B-2 do Cocó, a qualidade das águas do rio Cocó é muito impactada pelo lançamento das águas residuárias geradas tratadas ou não, por não existir um sistema público de esgotamento sanitário.

4.2 Avaliação da ocupação e impactos antrópicos na sub bacia B-2.

Segundo Cunha e Guerra (2003), a degradação de bacias hidrográficas pode ser caracterizada como qualquer alteração artificial e acelerada nas características físicas, químicas e biológicas podendo resultar em modificações na geomorfologia, biodiversidade e aspectos quantitativos e qualitativos dos cursos d'água. As características naturais das bacias hidrográficas, através da topografia, geologia, solos e clima, podem contribuir para a erosão potencial das encostas e para os desequilíbrios ambientais.

Esses processos naturais tem-se acelerado e agravado pela ação de diversos problemas decorrentes da ação antrópica causados pelo desenvolvimento urbano e rural, e impulsionados pelo crescimento populacional e pela falta de planejamento na utilização dos recursos naturais localizados nas microbacias.

A poluição das águas origina-se de várias fontes, dentre as quais se destacam os efluentes domésticos e industriais e o deflúvio superficial urbano e agrícola que, por sua vez, está associado ao tipo de uso e ocupação do solo. Sendo que no meio urbano, o fator agravante para deterioração das bacias hidrográficas é o despejo de efluentes, quer seja de origem doméstica ou industrial..

Segundo Filippo (2000), geralmente, as origens básicas da poluição dos recursos hídricos correspondem as seguintes fontes: doméstica, em que se incluem as águas servidas, resíduos sólidos e o escoamento superficial de áreas urbanas; industriais, que são os resíduos de mineração e processos industriais de transformação e agrícolas, isto é, os resíduos de granjas, matadouros, fertilizantes e pesticidas. Cada uma dessas fontes possui características próprias quanto aos poluentes que carregam: os efluentes domésticos apresentam contaminantes orgânicos biodegradáveis, nutrientes e bactérias; os efluentes industriais, dada à diversidade de atividades, contém contaminantes lançados nos corpos d'água, os quais são os mais variados possíveis; o deflúvio superficial urbano (carga difusa) contém todos os poluentes depositados na superfície do solo e o deflúvio superficial agrícola é dependente das atividades regionais, apresentando características específicas.

O rio Cocó é submetido a vários impactos ambientais nos 24 quilômetros que percorre o perímetro urbano de Fortaleza, na sub-bacia B-2, tais como: retirada da cobertura vegetal, mineração, ocupação irregular das áreas de preservação ambiental, desmonte de dunas, degradação dos recursos, tráfego de veículos, compactação dos solos, impermeabilização dos solos, aceleração dos processos erosivos, degradação paisagística. Em

seu trecho urbano inicial, passa por bairros constituídos predominantemente por invasões, loteamentos e conjuntos habitacionais, como: Jangurussu, Barroso, Passaré, Castelão, Mata Galinha e Cajazeiras. Nesses bairros ocorrem baixos percentuais de esgotamento sanitário e um significativo número de domicílios sem instalações sanitárias domiciliares (BENTO, 2011).

A sub-bacia B-2, Apêndice F, está totalmente inserida em toda a extensão do rio Cocó, aproximadamente 24 km, que corta o território do município de Fortaleza, correspondendo a 34,285 % (6.549,3 ha) da área total de drenagem da bacia do Cocó (Bacia B) em Fortaleza (19.100,9 ha).

O rio Cocó adentra no perímetro urbano na cidade de Fortaleza, Apêndice G, limite com o município de Maracanaú na altura do 4º anel viário, seguindo seu curso na direção sudoeste – nordeste, onde está submetido a diversos tipos de degradação devido à ação do antropismo, tais como lançamentos de águas residuárias domésticas e industriais, disposição de lixo, desmatamento, retirada clandestina de areais de seu leito e aterro do manguezal (VIANA, 2000).

O rio Cocó, em seu percurso urbano inicial, atravessa vários bairros da periferia da cidade, formados predominantemente por invasões, loteamentos e conjuntos habitacionais, entre os quais se destacam o “Jangurussu, Barroso, Passaré, Castelão, Mata Galinha e Cajazeiras”. Esses bairros têm baixos percentuais de esgotamento sanitário e um significativo número de domicílios sem instalações sanitárias domiciliares, (BENTO, 2011).

Nas proximidades da ponte na Avenida Presidente Costa e Silva, também conhecida como Perimetral, no bairro Jangurussu, recebem as águas poluídas do riacho Timbó, proveniente do município de Maracanaú, que por muito tempo foi responsável pela captação dos efluentes das indústrias localizadas no Distrito Industrial deste município. Na figura 4.1 observa-se uma galeria de água pluvial na Avenida Costa e Silva, conhecida como Perimetral, que lança o esgoto diretamente no rio Cocó.

Seguindo na direção Sudoeste – Nordeste, o rio encontra pela margem esquerda o antigo “lixão” do Jangurussu, local de deposição do lixo do Município de Fortaleza, no período de 1977 a 1998, que mesmo desativado constitui-se como uma das fontes pontuais de poluição mais significativas de comprometimento da qualidade das águas do rio Cocó, uma vez que possui uma carga poluidora referente ao chorume derivado em grande parte da decomposição dos resíduos orgânicos e presença de metais pesados (OLIVEIRA, 1997).

Oliveira (1997) em estudo de avaliação da qualidade das águas do rio Cocó, respectivamente, à montante e à jusante, do lixão do Jangurussu pesquisou valores médios de fósforo total variando de 0,87 mg/L a 7,42 mg/L, sendo a menor concentração à montante do lixão e a maior nas proximidades do lixão.

Figura 4.1 - Ponte sobre a Avenida Costa e Silva (Perimetral).
Ponto de referência: 03° 50' 05.05"S e 38°31'35.64" W.



Fonte: Do Autor, 2009.

Oliveira (1997) em estudo de avaliação da qualidade das águas do rio Cocó, respectivamente, à montante e à jusante, do lixão do Jangurussu pesquisou valores médios de fósforo total variando de 0,87 mg/L a 7,42 mg/L, sendo a menor concentração à montante do lixão e a maior nas proximidades do lixão.

Pessoa (2002), em sua pesquisa, constatou que no rio Cocó as maiores concentrações (0,78 mg/L) deste parâmetro foram encontradas no trecho próximo ao lixão, evidenciando interferências antrópicas, principalmente pelo despejo de lixo e esgotos da população que vive às suas margens.

Barbosa *et al.* (2012), em recente pesquisa realizada para analisar o impacto ambiental do antigo lixão do Jangurussu sobre um trecho do rio Cocó durante os meses de outubro 2009 a janeiro 2011, em seis pontos de amostragem, sendo dois pontos à montante do lixão, três em paralelo e um ponto à jusante. Analisando os resultados encontrados de amônia variando de 47 a 58 mg/L, de nitrito variando de 0,5 a 0,6 mg/L e de fósforo total variando de 14,7 a 16,6 mg/L, pode-se observar que a qualidade das águas do rio Cocó, no trecho que circunda o lixão do Jangurussu, está comprometida por seu elevado grau de contaminação.

Tal poluição pode ser atribuída à ocupação desordenada na área estudada, além da falta de infraestrutura das habitações, o que intensifica os impactos no rio. Desta forma, constata-se que o rio Cocó sofre forte impacto ambiental com a ocupação da população ribeirinha ao longo de suas margens e com a entrada clandestina de resíduos do lixão do Jangurussu.

Seguindo o seu percurso em direção a sua foz, encontra um barramento que forma um grande espelho d'água denominado de Lago Cocó, figura 4.2, entre os bairros da Aerolandia e Jardins das Oliveiras.

Figura 4.2 - Poluição no lago Cocó, bairro Jardins das Oliveiras



Fonte: Elaborada pelo autor, 2013.

Nesse trecho existem grandes concentrações de comunidades carentes, como o Tancredo Neves, Tijolo, Vila Cazumba e Lagoa da Zeza, além dos elevados adensamentos populacionais dos bairros situados nesta região como o Aerolândia, Jardins das Oliveiras, Alto da Balança e São João do Tauape, conforme censo de 2010 do IBGE. Nesta região, além dos aportes recebidos pelo rio, a montante, e as contribuições difusas, destacam-se a drenagem dos córregos da região do Conjunto Tancredo Neves os quais recebem considerável carga de esgotos domésticos não tratados e o lançamento do sistema de tratamento de lagoa de estabilização do referido conjunto, que opera de forma ineficiente, gerando um efluente completamente em desacordo com os padrões legais de lançamento estabelecidos pela Resolução 430/2011 do Conama.

Seguindo seu percurso, após passar pela ponte da av. Gal Murilo Borges, na confluência da Avenida Governador Raul Barbosa, o rio Cocó recebe, na sua margem esquerda, um aporte de um tributário o “riacho Tauape”, figura 4.3, macrodrenante da sub-

bacia B-1 do Cocó, com elevada descarga de efluentes poluentes. De acordo com o IBGE censo 2000, a área da sub-bacia B1 apresenta um elevado índice de urbanização, com uma população de 188.110 hab, correspondendo na época quase 9% da população de Fortaleza, (LIMA, 2001).

Figura 4.3 - Aporte na av. gov. Raul Barbosa e o riacho (canal) do Tauape.
Ponto referencia: 03° 45'45.37"S 38 °30'30.67" W



Fonte: Do Autor, 2013.

Pesquisa realizada por Lima (2012) para avaliar as variáveis físicas, químicas, biológicas e a ocorrência da tanto toxicidade aguda como da diversidade e quantidade de biomassa ao longo de um ciclo climático, na sub-bacia B1, integrante da bacia hidrográfica do rio Cocó, no período de setembro de 2010 a abril de 2011, concluiu que todos os corpos hídricos que compõem a sub-bacia encontram-se em processo de poluição avançada. Diversos parâmetros excedem os padrões estabelecidos pela Resolução 357 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama) para classe 2, devido ao aporte contínuo de poluentes, através das entradas pontuais e difusas.

Continuando o seu curso na sub-bacia B-2, o rio Cocó tem o adensamento populacional substituído por um denso manguezal. O entorno dessa área verde está em um acelerado processo de expansão urbana e valorização imobiliária e os bairros situados nesse trecho estão dentre os de maior rendimento poder aquisitivo, como o Luciano Cavalcante, Guararapes, Salinas, Cocó e Edson Queiroz, (IPECE, 2012).

Nesta região, ao longo da Avenida Rogaciano Leite, o rio Cocó recebe relevantes aportes do riacho sangradouro do açude Fernando Macedo e de uma galerias pluvial

extremamente contaminadas na rua Atilano de Moura, observa-se no Apêndice G, que mais adiante neste percurso localiza-se o parque ecológico Adail Barreto.

Na ponte da Av. Engenheiro Santana Júnior, recebe uma contribuição pontual de um lançamento de uma galeria pluvial que drena a maior parte dos esgotos tratados e não tratados (clandestinos), dos bairros próximos (Edson Queiroz e o Guararapes) de toda a área frontal ao Shopping Center Iguatemi

A figura 4.4 a seguir ilustra a pressão da ocupação antrópica numa região estuarina do rio Cocó, localizada na ponte que corta a Avenida Engenheiro Santana Júnior no bairro Edson Queiroz, próximo ao shopping Iguatemi, onde observou-se uma galeria pluvial com lançamento de esgotos sanitários.

Figura 4.4 - Ponte sobre o rio Cocó que corta a Avenida Engenheiro Santana Júnior.
Ponto de referencia: 03^o 45' 09.50"S 38^o29'26.71" W



Fonte: Do Autor, 2013.

O rio Cocó, sofre o efeito do movimento de subida e descida das marés que penetram até 13 km de sua foz, formando um estuário alongado e estreito, composto por manguezais. Possui várias ramificações, tendo diversos afluentes, açudes e lagoas, muitas delas totalmente extintas pela ação antrópica. Há, também, um parque ecológico denominado de “Cocó”, com sua área legalmente preservada, que era para tornar possível um controle mais efetivo do uso do solo nas margens do rio (COGERH, 2010).

Pessoa (2002), em trabalho de pesquisa, realizado no período de julho de 2001 a junho de 2002, que teve por objetivo caracterizar a água do estuário do rio Cocó, encontrou concentrações de fósforo bem acima do que é permitido pela legislação vigente, evidenciando o avançado processo de eutrofização por efeito antrópico, indicando um alto grau de poluição

de suas águas, além de constatar um acelerado processo de degradação causado pela presença de esgotos domésticos e industriais lançados diretamente em suas margens

Em direção à sua foz, o leito do rio segue um percurso meândrico até desaguar no Oceano Atlântico entre as praias do Caça e Pesca e Sabiaguaba (SOARES, 2005; FORTALEZA, 2003).

Os bairros Dunas, Praia do Futuro e Sabiaguaba, Apêndice G, situados próximos foz do rio Cocó, apresentam, ainda, baixo adensamento populacional, mas, aos poucos, vão cedendo espaço a especulação imobiliária e a grandes empreendimentos imobiliários.

Desta maneira constata-se que ao longo de toda a sua bacia de drenagem na cidade de Fortaleza, o rio Cocó sofre várias agressões devido às ocupações e atividades antrópicas que desequilibram suas condições ecológicas com destaque para a retirada de areia e da mata ciliar, aterros clandestinos, construções irregulares, disposição de lixo e esgotos, tanto domésticos quanto industriais. Este discussão está em conformidade com os estudos de Viana (2000) que afirma que a bacia do rio Cocó, na cidade de Fortaleza, sofre bastante degradação devido à ação do antropismo resultante do desenvolvimento (VIANA, 2000).

4.3 Pluviometria

O enquadramento do período de monitoramento do ponto de vista climático teve por base as diretrizes da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) que, com base nas séries históricas, define o período de janeiro a junho como chuvoso e de julho a dezembro como período seco.

Desta forma, tomando como referência o posto pluviométrico localizado na Fundação Maria Nilva no bairro água fria, o mais próximo da área de estudo, o monitoramento enquadrou-se no período seco, pois que a maior parte das coletas ocorreu neste período de julho a dezembro e apenas o mês de janeiro enquadrar-se-ia no período chuvoso. Ressalte-se que o ano de 2013 tem-se mostrado atípico, com período seco prolongado ou pelo menos com chuvas bem abaixo do normal (Tabela 4.4 e Figura 4.5); razão porque não foi estendido o período de amostragem, já que não representaria caracteristicamente o período chuvoso.

Tabela 4.4 - Dados da serie histórica (1999-2001) e do período de estudo (2012-2013).
Ponto de referência: 03° 47'26.79"S 38 o28'09.78" W.

Pluviometria (mm)	Média histórica (1999-2011)	Média do período de estudo (2012-2013)	Pluviometria (mm)	Média histórica (1999-2011)	Média do período de estudo (2012-2013)
Julho	71,2	6,0	Dezembro	19,7	0,0
Agosto	17,7	0,0	Janeiro	170,3	48,4
Setembro	0,3	0,0	Fevereiro	169,0	82,6
Outubro	1,2	0,0	Março	295,5	21,2
Novembro	1,0	0,0	Abril	403,7	73,0

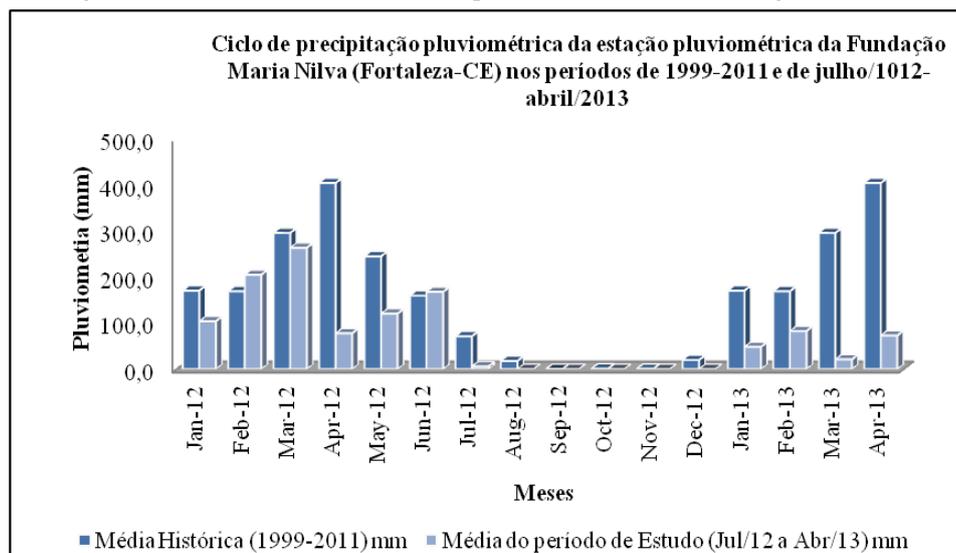
Fonte: FUNCEME – Posto pluviométrico “Fundação Maria Nilva”, 2013.

A Figura 4.5 ilustra os totais pluviométricos apresentando os dados médios de chuvas na serie histórica (1999-2011) e no período de estudo (entre julho/2012 e janeiro 2013, revelando as características pluviométricas da área de estudo.

As chuvas registradas nos seis primeiros meses de 2012 e 2013 estão, respectivamente, 48% e 50,3% abaixo da média histórica de Fortaleza, considerando a serie de 1961-1990, segundo publicação das Normais Climatológicas do Brasil – INMET/2009, listados na Tabela 1.1 e os dados médios pluviométricos nos períodos de 1999 a 2011 e 2012 a 2013 (período de estudo) da estação da Fundação Maria Nilva , ilustrado na Tabela 4.4.

Comparando o período pesquisado (Figura 4.5 e Tabela 4.4), de julho/2012 a, janeiro de 2013, observou-se que as precipitações no período estudado ficaram 79,4% abaixo dos dados pluviométricos da serie histórica da estação Maria Nilva.

Figura 4.5 - Ciclo de precipitação pluviométrica da estação pluviométrica da Fundação Maria Nilva (Fortaleza-CE) nos períodos de 1999-2011 e de julho/1012-abril/2013.



Fonte: Elaborada pelo autor a partir dos dados obtidos na FUNCEME, 2013.

O período chuvoso, compreendido entre janeiro a abril de 2013 ficou em média 40,1 % abaixo das precipitações registradas no mesmo período relativo ao ano de 2012, com destaque para o período de fevereiro a março, que representaram, em média 73,4 % das precipitações relativas ao mesmo período em 2012, conforme mostrado na Tabela 1.8.

Tabela 4.5 - Dados pluviométricos referentes aos anos de 2012 a 2013 no período de janeiro a junho.
Ponto de referência: 03° 47'26.79"S 38° 28'09.78" W.

Pluviometria (mm)	Jan/12	Fev/12	Mar/12	Abril/12	Mai/12	Jun/13	Total
2012	103,8	204,6	263,3	73	120,4	167,6	933,0
2013	48,4	82,6	21,2	234	127	182,8	696,0

Fonte: FUNCEME – Posto pluviométrico “Fundação Maria Nilva”, 2013.

Neste contexto, pode-se afirmar que efetivamente os três primeiros meses do ano de 2013, enquadraram-se como período de estiagem.

4.4. Resultados do monitoramento sistemático da qualidade de água do trecho do rio Cocó e dos aportes deste trecho através das variáveis físicas, químicas e bacteriológicas.

Os resultados da pesquisa relativos à avaliação da qualidade de água do trecho do rio Cocó estão apresentados nas Tabelas 4.6a a 4.6e, correspondendo ao estudo estatístico descritivo dos dados obtidos nas análises físicas, químicas e bacteriológicas no período de amostragem, contendo médias, medianas, desvios-padrões, mínimos, máximos, amplitude e número de dados. Para uma melhor compreensão, tais resultados foram discutidos conforme associações baseadas na similaridade e complementaridade envolvendo: propriedades limnológicas, material biodegradável e oxigênio dissolvido, material em suspensão macronutrientes, componentes inorgânicos, metais e indicadores de qualidade sanitária. As Figuras 4.6 a 4.14 mostram graficamente as variações dos valores médios para cada parâmetro considerado. Tais associações foram avaliadas em toda a área de estudo, a partir de estações de coleta ao longo do trecho rio e nos principais pontos onde os aportes foram considerados mais representativos da margem direita, manifestados ora nos lançamentos de galerias de drenagem pluvial, ora por pequenos córregos componentes da malha hídrica da área, todos tributários diretos do rio no trecho avaliado.

Na Tabela 4.7 são apresentados a matriz de correlações de Pearson resultantes das análises de correlação entre as variáveis consideradas e na Figura 4.15 o dendrograma de que separa os pontos em grupos correlacionados conforme o grau de impactos causados pelos pulsos poluidores.

Tabela 4.6a - Variação dos parâmetros relacionados às **propriedades limnológicas, material biodegradável, oxigênio dissolvido, material em suspensão e macronutrientes** no trecho do rio Cocó entre as pontes sobre BR 116 e sobre a Av. Sebastião de Abreu e nos principais pontos de aportes de sua margem direita, Fortaleza-CE no período de junho/2012 a janeiro/2013.

PONTO	FUNÇÕES ESTATÍSTICAS	V A R I Á V E I S															
		Propriedades Limnológicas				Material Biodegradável e Oxigênio Dissolvido				Material em Suspensão				Macronutrientes			
		T (°C)	pH	AlcT (mgCaCO ₃ /L)	Cor (uH)	DBO ₅ (mg/L)	OD (mg/L)	STV (mg/L)	SDV (mg/L)	Tur (uT)	SST (mg/L)	SSF (mg/L)	SSV (mg/L)	N-NH ₃ (µg/L)	N-NO ₃ ⁻ (µg/L)	PT (µg/L)	OPS (µg/L)
PR ₁	média	28,2	6,89	173,8	55	19	0,2	113	100	21	17	5	12	1,283	0,855	8,733	1,077
	mediana	28,0	6,97	174,3	57	19	0,2	112	98	22	17	5	12	1,301	0,859	8,955	1,171
	desvpad	0,3	0,27	7,8	11	2	0,2	9	10	5	1	2	2	0,158	0,062	1,639	0,234
	mínimo	28	6,40	165,0	42	15	0	105	89	16	16	1	10	1,000	0,785	6,829	0,600
	máximo	28,5	7,14	184,0	68	21	0,4	128	118	27	17	7	15	1,444	0,939	10,600	1,178
	amplitude	0,5	0,74	19,0	26	6	0,4	23	29	11	1	6	5	0,444	0,154	3,771	0,578
	n	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
PR ₂	média	27,5	7,20	154,1	54	19	0,9	123	104	27	24	7	17	0,843	0,708	7,083	0,918
	mediana	27,5	7,21	157,0	54	20	0,9	132	109	26	23	7	16	0,849	0,704	7,427	1,108
	desvpad	0,4	0,07	8,5	2	2	0,5	26	20	13	11	6	11	0,029	0,025	1,375	0,470
	mínimo	27,0	7,10	139,3	50	16	0,0	77	72	13	6	1	5	0,793	0,672	4,946	0,086
	máximo	28,0	7,30	163,0	57	22	1,6	150	128	46	39	17	34	0,876	0,746	8,970	1,277
	amplitude	1,0	0,20	23,7	7	6	1,6	73	56	33	33	16	29	0,083	0,074	4,024	1,191
	n	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
PR ₃	média	27,5	7,23	178,0	71	20	0,0	145	140	52	8	4	4	1,038	0,967	8,360	0,182
	mediana	27,5	7,20	181,0	72	20	0,0	149	145	47	8	4	5	1,033	0,945	8,415	0,082
	desvpad	0,4	0,15	8,7	2	1	0,1	13	14	13	3	0	3	0,063	0,104	1,442	0,243
	mínimo	27,0	7,08	162,9	67	19	0,0	122	115	43	5	3	1	0,947	0,868	6,268	0,000
	máximo	28,0	7,47	185,3	74	21	0,1	157	151	75	11	4	7	1,144	1,135	9,900	0,613
	amplitude	1,0	0,39	22,4	7	2	0,1	35	36	32	6	1	6	0,197	0,267	3,632	0,613
	n	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

Fonte: elaborada pelo autor

LEGENDA:

T = temperatura	DBO ₅ = demanda bioquímica de oxigênio	Tur = turbidez	N-NH ₃ = amônia total
pH = potencial hidrogeniônico	OD = oxigênio dissolvido	SST = sólidos suspensos totais	N-NO ₃ ⁻ = nitrato
AlcT = alcalinidade total	STV = sólidos totais voláteis	SSF = sólidos suspensos fixos	PT = fósforo total
Cor = cor verdadeira	SDV = sólidos dissolvidos voláteis	SSV = sólidos suspensos voláteis	OPS = ortofosfato solúvel

Tabela 4.6b - Variação dos parâmetros relacionados às **propriedades limnológicas, material biodegradável, oxigênio dissolvido, material em suspensão e macronutrientes** no trecho do rio Cocó entre as pontes sobre BR 116 e sobre a Av. Sebastião de Abreu e nos principais pontos de aportes de sua margem direita, Fortaleza-CE no período de junho/2012. a janeiro/2013

PONTO	FUNÇÕES ESTATÍSTICAS	V A R I Á V E I S															
		Propriedades Limnológicas				Material Biodegradável e Oxigênio Dissolvido				Material em Suspensão				Macronutrientes			
		T (°C)	pH	AlcT (mgCaCO ₃ /L)	Cor (uH)	DBO ₅ (mg/L)	OD (mg/L)	STV (mg/L)	SDV (mg/L)	Tur (uT)	SST (mg/L)	SSF (mg/L)	SSV (mg/L)	N-NH ₃ (µg/L)	N-NO ₃ ⁻ (µg/L)	PT (µg/L)	OPS (µg/L)
PR ₄	média	27,9	7,37	165,3	75	29	0,5	133	128	27	10	5	5	1,004	0,806	7,365	0,590
	mediana	27,8	7,28	169,5	76	31	0,6	137	132	30	10	5	6	0,971	0,773	7,430	0,555
	desvpad	0,4	0,28	15,0	8	6	0,3	36	34	9	1	3	2	0,171	0,208	1,993	0,456
	mínimo	27,5	7,10	140,4	62	18	0,0	80	78	10	8	1	2	0,778	0,546	4,611	0,003
	máximo	28,5	7,85	182,0	86	34	0,7	178	170	35	12	8	7	1,304	1,134	9,990	1,246
	amplitude	1,0	0,75	41,6	24	16	0,7	98	92	25	4	7	5	0,526	0,588	5,379	1,243
	n	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
PA ₁	média	28,9	6,99	147,7	68	18	1,6	81	42	18	131	111	20	0,630	0,284	5,587	0,240
	mediana	29,0	7,10	142,0	71	20	2,6	122	6	22	119	94	24	0,569	0,161	5,143	0,207
	desvpad	0,3	0,19	7,8	7	2	1,4	56	51	8	17	23	5	0,086	0,170	0,624	0,046
	mínimo	28,5	6,77	142,0	58	16	0,0	20	4	10	118	94	14	0,566	0,160	5,120	0,206
	máximo	29,1	7,14	156,3	74	20	2,6	123	98	25	150	136	24	0,726	0,471	6,280	0,291
	amplitude	0,6	0,37	14,3	16	4	2,6	103	94	15	32	42	10	0,160	0,311	1,160	0,085
	n	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
PA ₂	média	30,4	7,87	394,0	232	44	3,7	230	161	142	98	34	64	2,827	0,040	47,882	0,624
	mediana	31,7	7,60	381,0	226	50	3,7	227	163	142	85	27	58	0,670	0,036	48,767	0,159
	desvpad	2,0	0,52	49,2	22	16	0,4	20	23	12	30	14	16	3,052	0,011	3,245	0,660
	mínimo	28,0	7,40	331,0	203	25	3,2	204	135	128	69	22	47	0,547	0,029	43,140	0,130
	máximo	32,0	8,50	462,0	259	61	4,2	250	192	157	139	53	86	6,583	0,054	51,553	1,438
	amplitude	4,0	1,10	131,0	56	36	1,0	46	57	29	70	31	39	6,036	0,025	8,413	1,308
	n	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Fonte: elaborada pelo autor

LEGENDA:

T = temperatura	DBO ₅ = demanda bioquímica de oxigênio	Tur = turbidez	N-NH ₃ = amônia total
pH = potencial hidrogeniônico	OD = oxigênio dissolvido	SST = sólidos suspensos totais	N-NO ₃ ⁻ = nitrato
AlcT = alcalinidade total	STV = sólidos totais voláteis	SSF = sólidos suspensos fixos	PT = fósforo total
Cor = cor verdadeira	SDV = sólidos dissolvidos voláteis	SSV = sólidos suspensos voláteis	OPS = ortofosfato solúvel

Tabela 4.6c - Variação dos parâmetros relacionados às **propriedades limnológicas, material biodegradável, oxigênio dissolvido, material em suspensão e macronutrientes** no trecho do rio Cocó entre as pontes sobre BR 116 e sobre a Av. Sebastião de Abreu e nos principais pontos de aportes de sua margem direita, Fortaleza-CE no período de junho/2012 a janeiro/2013.

PONTO	FUNÇÕES ESTATÍSTICAS	V A R I Á V E I S															
		Propriedades Limnológicas				Material Biodegradável e Oxigênio Dissolvido				Material em Suspensão				Macronutrientes			
		T (°C)	pH	AlcT (mgCaCO ₃ /L)	Cor (uH)	DBO ₅ (mg/L)	OD (mg/L)	STV (mg/L)	SDV (mg/L)	Tur (uT)	SST (mg/L)	SSF (mg/L)	SSV (mg/L)	N-NH ₃ (µg/L)	N-NO ₃ (µg/L)	PT (µg/L)	OPS (µg/L)
PA ₃	média	30,4	7,87	394,0	232	44	3,7	230	161	142	98	34	64	1,553	1,014	19,280	2,243
	mediana	31,7	7,60	381,0	226	50	3,7	227	163	142	85	27	58	1,269	0,874	15,354	2,405
	desvpad	2,0	0,52	49,2	22	16	0,4	20	23	12	30	14	16	0,596	0,764	12,747	0,752
	mínimo	28,0	7,40	331,0	203	25	3,2	204	135	128	69	22	47	0,957	0,265	7,030	1,386
	máximo	32,0	8,50	462,0	259	61	4,2	250	192	157	139	53	86	2,336	1,929	34,983	3,210
	amplitude	4,0	1,10	131,0	56	36	1,0	46	57	29	70	31	39	1,379	1,664	27,953	1,824
	n	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
PA ₄	média	31,0	7,87	202,4	136	77	0,0	150	113	89	50	7	43	3,960	1,367	31,955	0,629
	mediana	30,5	7,71	208,0	137	76	0,0	148	112	78	44	7	37	2,694	1,747	32,428	0,455
	desvpad	2,1	0,56	36,5	16	6	0,0	11	30	33	18	1	18	2,121	0,874	4,362	0,577
	mínimo	29,0	7,30	156,0	115	70	0,0	137	80	55	31	6	25	2,261	0,397	26,140	0,100
	máximo	33,4	8,50	251,0	159	84	0,0	164	156	132	74	8	66	6,688	2,223	38,054	1,324
	amplitude	4,4	1,20	95,0	44	14	0,0	27	76	77	43	2	41	4,427	1,826	11,914	1,224
	n	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
PA ₅	média	30,0	7,93	208,1	101	44	0,0	129	81	44	52	26	26	3,457	1,012	25,314	0,492
	mediana	30,6	8,02	210,0	102	47	0,0	129	85	43	51	36	7	2,446	0,630	24,920	0,009
	desvpad	2,8	0,69	18,1	9	12	0,0	20	13	7	9	19	27	1,719	0,610	2,567	0,665
	mínimo	27,0	7,20	189,0	91	29	0,0	105	63	35	42	5	6	1,997	0,514	21,870	0,007
	máximo	33,7	8,83	231,0	113	58	0,0	158	97	53	65	44	59	5,680	1,789	28,658	1,302
	amplitude	6,7	1,63	42,0	22	29	0,0	53	34	18	23	39	53	3,683	1,275	6,788	1,295
	n	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Fonte: elaborada pelo autor

LEGENDA:

T = temperatura	DBO ₅ = demanda bioquímica de oxigênio	Tur = turbidez	N-NH ₃ = amônia total
pH = potencial hidrogeniônico	OD = oxigênio dissolvido	SST = sólidos suspensos totais	N-NO ₃ = nitrato
AlcT = alcalinidade total	STV = sólidos totais voláteis	SSF = sólidos suspensos fixos	PT = fósforo total
Cor = cor verdadeira	SDV = sólidos dissolvidos voláteis	SSV = sólidos suspensos voláteis	OPS = ortofosfato solúvel

Tabela 4.6d - Variação dos parâmetros relacionados à **material inorgânico, metais, indicadores de qualidade sanitária** no trecho do rio Cocó entre as pontes sobre BR 116 e sobre a Av. Sebastião de Abreu e nos principais pontos de aportes de sua margem direita, Fortaleza-CE no período de junho/2012 a janeiro/2013.

PONTO	FUNÇÕES ESTATÍSTICAS	V A R I Á V E I S												
		Material Inorgânico								Metais		Indicadores de Qualidade Sanitária		
		CE (μ S/cm)	ST (mg/L)	SDT (mg/L)	STF (mg/L)	SDF (mg/L)	DurT (mgCaCO ₃ /L)	S ⁼ (mg/L)	SO ₄ ⁼ (mg/L)	FeT (mg/L)	MnT (mg/L)	BHM (UFC/mL)	CTT (NMP/100mL)	Ec (NMP/100mL)
PR ₁	média	1070	547	530	452	447	194,3	1,8	6,8	0,580	0,866	3,55E+05	8,49E+04	4,62E+03
	mediana	1087	540	523	458	454	195,5	2,0	5,7	0,509	0,925	3,02E+05	9,86E+04	4,61E+04
	desvpad	61	51	51	40	38	13,6	0,7	3,7	0,300	0,251	3,07E+05	5,92E+04	4,07E+04
	mínimo	997	483	467	397	396	178,6	1,0	2,4	0,228	0,570	1,30E+05	2,20E+04	2,92E+00
	máximo	1144	628	611	500	493	211,0	2,6	11,1	0,937	1,196	8,28E+05	1,70E+05	7,90E+04
	amplitude	147	145	144	103	97	32	2	9	0,709	0,626	6,98E+05	1,48E+05	7,90E+04
	n	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
PR ₂	média	887	612	588	491	484	191,3	1,7	6,0	0,175	0,601	8,16E+03	2,36E+03	7,29E+02
	mediana	892	642	613	510	502	197,8	1,5	5,2	0,151	0,626	5,90E+03	1,05E+03	6,50E+02
	desvpad	242	81	74	59	54	20,2	0,6	2,4	0,072	0,152	2,47E+05	9,27E+04	6,28E+03
	mínimo	486	473	467	396	395	155,9	0,8	3,5	0,111	0,334	2,30E+02	1,30E+02	1,23E+02
	máximo	1136	700	678	567	550	211,0	2,6	10,1	0,302	0,796	6,19E+05	2,30E+05	1,60E+04
	amplitude	650	227	211	171	155	55,1	1,8	6,6	0,191	0,462	6,19E+05	2,30E+05	1,59E+04
	n	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
PR ₃	média	1107	715	707	571	567	208,3	3,7	4,2	0,181	0,580	5,07E+05	3,03E+05	2,19E+03
	mediana	1098	730	724	583	579	212,5	3,7	4,6	0,186	0,585	4,79E+05	2,60E+05	7,55E+03
	desvpad	123	42	44	30	30	12,2	0,4	1,8	0,021	0,053	2,34E+05	2,46E+05	1,10E+04
	mínimo	981	639	628	517	513	187,3	3,1	2,1	0,140	0,503	3,30E+05	1,70E+05	4,55E+00
	máximo	1266	751	742	594	591	218,4	4,3	6,3	0,198	0,661	8,72E+05	7,90E+05	2,40E+04
	amplitude	285	112	114	77	78	31,1	1,2	4,2	0,058	0,158	5,42E+05	6,20E+05	2,40E+04
	n	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

Fonte: elaborada pelo autor

LEGENDA:

CE = condutividade elétrica	SDF = Sólidos dissolvidos fixos	FeT = ferro total
ST = sólidos totais	DurT = Dureza total	MnT = manganês total
SDT = sólidos dissolvidos totais	S ⁼ = Sulfeto total	BHM = bactérias heterotróficas mesófilas
STF = sólidos totais fixos	SO ₄ ⁼ = sulfato	CTT = coliformes termotolerantes
		Ec = <i>Escherichia coli</i>

4.6e - Variação dos parâmetros relacionados à **material inorgânico, metais, indicadores de qualidade sanitária** no trecho do rio Cocó entre as pontes sobre BR 116 e sobre a Av. Sebastião de Abreu e nos principais pontos de aportes de sua margem direita, Fortaleza-CE no período de junho/2012 a janeiro/2013.

PONTO	FUNÇÕES ESTATÍSTICAS	V A R I Á V E I S												
		Material Inorgânico							Metais		Indicadores de Qualidade Sanitária			
		CE (μ S/cm)	ST (mg/L)	SDT (mg/L)	STF (mg/L)	SDF (mg/L)	DurT (mgCaCO ₃ /L)	S ⁼ (mg/L)	SO ₄ ⁼ (mg/L)	FeT (mg/L)	MnT (mg/L)	BHM (UFC/mL)	CTT (NMP/100mL)	Ec (NMP/100mL)
PR ₄	média	1255	714	720	581	576	257,9	1,4	11,8	0,157	0,468	1,35E+06	2,22E+05	4,17E+04
	mediana	1176	656	687	527	521	264,6	1,2	11,4	0,136	0,521	1,48E+06	1,96E+05	4,58E+04
	desvpad	705	235	222	203	206	55,7	0,6	1,9	0,045	0,095	3,62E+05	2,13E+05	4,17E+04
	mínimo	403	495	485	400	394	161,8	0,8	9,8	0,124	0,300	7,90E+05	9,35E+04	1,10E+04
	máximo	2360	1046	1038	869	868	334,0	2,5	15,3	0,231	0,530	1,75E+06	6,77E+05	1,30E+05
	amplitude	1957	551	553	469	474	172,2	1,7	5,5	0,107	0,230	9,60E+05	5,84E+05	1,19E+05
	n	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
PA ₁	média	971	698	567	635	524	189,4	0,7	8,1	0,177	0,225	1,63E+04	1,39E+04	1,33E+03
	mediana	1021	682	564	560	465	186,7	0,4	8,3	0,178	0,161	1,50E+04	3,50E+04	2,03E+03
	desvpad	91	77	63	106	83	4,4	0,4	0,2	0,035	0,193	6,77E+04	2,70E+04	3,99E+03
	mínimo	831	585	467	557	463	186,0	0,4	7,9	0,124	0,038	1,40E+03	2,10E+02	1,02E+02
	máximo	1039	772	622	752	616	194,4	1,1	8,3	0,218	0,530	1,60E+05	7,55E+04	9,03E+03
	amplitude	208	187	155	195	153	8,4	0,7	0,4	0,094	0,492	1,59E+05	7,53E+04	8,93E+03
	n	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
PA ₂	média	1727	1029	931	804	770	229,8	2,3	14,2	0,237	0,076	1,58E+06	8,48E+05	4,16E+05
	mediana	1791	1041	955	814	790	229,0	1,7	14,1	0,243	0,077	1,91E+06	1,10E+06	4,36E+05
	desvpad	219	97	96	71	73	19,8	1,1	1,3	0,018	0,002	1,09E+06	3,58E+05	1,48E+05
	mínimo	1413	914	830	732	688	206,0	1,4	12,7	0,208	0,073	5,74E+05	3,00E+05	2,85E+05
	máximo	1972	1147	1062	897	870	251,9	3,7	15,6	0,254	0,078	3,30E+06	1,10E+06	6,33E+05
	amplitude	559	233	232	165	182	45,9	2,3	2,9	0,046	0,005	2,73E+06	8,00E+05	3,48E+05
	n	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Fonte: elaborada pelo autor

LEGENDA:

CE = condutividade elétrica	SDF = Sólidos dissolvidos fixos	FeT = ferro total
ST = sólidos totais	DurT = Dureza total	MnT = manganês total
SDT = sólidos dissolvidos totais	S⁼ = Sulfeto total	BHM = bactérias heterotróficas mesófilas
STF = sólidos totais fixos	SO₄⁼ = sulfato	CTT = coliformes termotolerantes
		Ec = <i>Escherichia coli</i>

4.6f- Variação dos parâmetros relacionados à **material inorgânico, metais, indicadores de qualidade sanitária** no trecho do rio Cocó entre as pontes sobre BR 116 e sobre a Av. Sebastião de Abreu e nos principais pontos de aportes de sua margem direita, Fortaleza-CE no período de junho/2012 a janeiro/2013.

PONTO	FUNÇÕES ESTATÍSTICAS	V A R I Á V E I S												
		Material Inorgânico							Metais		Indicadores de Qualidade Sanitária			
		CE (μ S/cm)	ST (mg/L)	SDT (mg/L)	STF (mg/L)	SDF (mg/L)	DurT (mgCaCO ₃ /L)	S ⁼ (mg/L)	SO ₄ ⁼ (mg/L)	FeT (mg/L)	MnT (mg/L)	BHM (UFC/mL)	CTT (NMP/100mL)	Ec (NMP/100mL)
PA ₃	média	1332	817	718	702	627	194,3	1,2	13,5	0,179	0,091	4,50E+03	3,24E+04	4,48E+03
	mediana	1393	785	737	677	638	194,0	1,0	13,9	0,175	0,089	2,95E+03	2,68E+04	7,31E+03
	desvpad	292	155	101	116	78	21,3	0,6	2,5	0,032	0,012	1,96E+04	3,90E+04	8,67E+04
	mínimo	839	609	570	553	521	165,0	0,6	10,4	0,132	0,073	7,90E+02	1,24E+04	1,40E+02
	máximo	1568	1027	850	866	736	223,2	2,0	17,2	0,218	0,105	4,69E+04	1,10E+05	2,00E+05
	amplitude	729	418	280	313	215	58,2	1,4	6,8	0,086	0,032	4,61E+04	9,76E+04	2,00E+05
	n	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
PA ₄	média	1075	655	605	510	492	164,1	3,1	14,8	0,085	0,020	3,42E+05	1,71E+06	7,92E+05
	mediana	1051	658	593	509	490	163,5	2,9	14,6	0,086	0,020	3,18E+05	1,59E+06	8,03E+05
	desvpad	78	61	69	49	42	16,2	0,5	1,1	0,006	0,001	1,04E+05	5,18E+05	4,58E+04
	mínimo	993	580	516	443	436	142,0	2,5	13,6	0,078	0,018	2,20E+05	1,10E+06	7,50E+05
	máximo	1172	745	710	581	553	187,8	3,9	16,1	0,093	0,022	4,60E+05	2,30E+06	8,60E+05
	amplitude	179	165	194	138	117	45,8	1,4	2,5	0,015	0,004	2,40E+05	1,20E+06	1,10E+05
	n	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
PA ₅	média	1041	652	600	524	519	172,6	2,3	13,0	0,141	0,026	3,34E+06	3,21E+06	9,47E+05
	mediana	1038	647	591	510	506	174,0	1,5	12,6	0,140	0,026	3,59E+06	3,25E+06	9,47E+05
	desvpad	163	70	62	51	50	15,2	1,3	1,8	0,009	0,002	9,77E+05	8,79E+05	1,80E+04
	mínimo	847	556	514	457	451	156,0	1,2	10,7	0,128	0,023	1,95E+06	2,30E+06	9,25E+05
	máximo	1273	744	679	587	582	191,6	3,9	15,4	0,152	0,028	4,60E+06	4,60E+06	9,70E+05
	amplitude	426	188	165	130	131	35,6	2,7	4,7	0,024	0,005	2,65E+06	2,30E+06	4,50E+04
	n	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Fonte: elaborada pelo autor

LEGENDA:

CE = condutividade elétrica	SDF = Sólidos dissolvidos fixos	FeT = ferro total
ST = sólidos totais	DurT = Dureza total	MnT = manganês total
SDT = sólidos dissolvidos totais	S ⁼ = Sulfeto total	BHM = bactérias heterotróficas mesófilas
STF = sólidos totais fixos	SO ₄ ⁼ = sulfato	CTT = coliformes termotolerantes
		Ec = <i>Escherichia coli</i>

Tabela 4.7 - Matriz de correlações entre variáveis físicas, químicas e bacteriológicas no trecho do rio Cocó entre as pontes sobre BR 116 e sobre a Av. Sebastião de Abreu e nos principais pontos de aportes de sua margem direita, Fortaleza-CE no período de junho/2012 a janeiro/2013.

VARIÁVEIS	PROPRIEDADES LIMNOLÓGICAS			
	T	pH	AlcT	CorV
T	1,000			
pH	0,742**	1,000		
AlcT	0,454**	0,489**	1,000	
CorV	0,607**	0,631**	0,716**	1,000
DBO5	0,616**	0,579**	0,400**	0,408**
OD	0,227	0,352*	0,632**	0,597**
STV	0,306*	0,376**	0,783**	0,506**
SDV	0,116	0,209	0,544**	0,271
Tur	0,443**	0,570**	0,797**	0,795**
SST	0,340*	0,235	0,376**	0,436**
SSF	0,187	0,075	0,095	0,223
SSV	0,410**	0,382**	0,658**	0,558**
CE	0,313*	0,327*	0,604**	0,551**
ST	0,387**	0,378**	0,758**	0,627**
SDT	0,316*	0,353*	0,725**	0,559**
STF	0,362*	0,318*	0,652**	0,584**
SDF	0,353*	0,346*	0,700**	0,579**
DurT	-0,033	-0,070	0,277	0,090
S ⁼	0,001	0,050	0,164	0,023
SO ₄ ⁼	0,654**	0,686**	0,437**	0,677**
PT	0,358*	0,316*	0,254	0,325*
OPS	-0,065	0,131	-0,267	-0,221
N-NH ₃	0,548**	0,594**	0,894**	0,713**
N-NO ₃ ⁻	0,151	0,192	-0,100	0,415**
Fe	-0,117	-0,249	-0,042	-0,200
Mn	-0,535**	-0,664**	-0,394**	-0,605**
BHM	0,236	0,418**	0,374**	0,116
CTT	0,376**	0,461**	0,232	0,152
Ec	0,464**	0,519**	0,373**	0,286*

**correlação significativa no nível 0,01. *correlação significativa no nível 0,05.

VARIÁVEIS	MATERIAL BIODEGRADÁVEL E OXIGÊNIO DISSOLVIDO			
	OD	STV	SDV	DBO ₅
DBO5	1,000			
OD	-0,067	1,000		
STV	0,380**	0,498**	1,000	
SDV	0,224	0,220	0,820**	1,000
Tur	0,500**	0,605**	0,725**	0,432**
SST	0,022	0,679**	0,075	-0,299*
SSF	-0,193	0,533**	-0,252	-0,479**
SSV	0,393**	0,537**	0,618**	0,199
CE	0,149	0,424**	0,490**	0,401**
ST	0,166	0,660**	0,681**	0,544**
SDT	0,177	0,519**	0,735**	0,709**
STF	0,069	0,652**	0,489**	0,350*
SDF	0,135	0,555**	0,618**	0,525**
DurT	-0,162	0,203	0,400**	0,552**
S ⁼	0,202	-0,278	0,346*	0,362*
SO ₄ ⁼	0,675**	0,257	0,258	0,030
PT	0,420**	0,003	0,354*	0,046
OPS	0,133	-0,257	-0,108	-0,052
N-NH ₃	0,657**	0,501**	0,725**	0,404**
N-NO ₃ ⁻	-0,198	0,203	-0,156	-0,218
Fe	-0,292*	-0,038	-0,151	-0,082
Mn	-0,585**	-0,364*	-0,212	0,141
BHM	0,338*	-0,071	0,257	0,111
CTT	0,596**	-0,223	0,214	-0,025
Ec	0,805**	-0,121	0,285*	0,023

**correlação significativa no nível 0,01. *correlação significativa no nível 0,05.

Tabela 4.7 – (CONTINUAÇÃO) Matriz de correlações entre variáveis físicas, químicas e bacteriológicas no trecho do rio Cocó entre as pontes sobre BR 116 e sobre a Av. Sebastião de Abreu e nos principais pontos de aportes de sua margem direita, Fortaleza-CE no período de junho/2012 a janeiro/2013.

VARIÁVEIS	MATERIAL EM SUSPENSÃO			
	Tur	SST	SSF	SSV
Tur	1,000			
SST	0,421**	1,000		
SSF	0,099	0,895**	1,000	
SSV	0,750**	0,598**	0,177	1,000
CE	0,537**	0,257	0,082	0,418**
ST	0,653**	0,491**	0,320*	0,507**
SDT	0,590**	0,218	0,063	0,367**
STF	0,539**	0,578**	0,484**	0,405**
SDF	0,569**	0,364*	0,233	0,383**
DurT	0,082	-0,086	-0,067	-0,070
S ⁼	0,324*	-0,181	-0,401**	0,325*
SO ₄ ⁼	0,508**	0,294*	0,118	0,434**
PT	0,481**	0,285*	-0,058	0,733**
OPS	0,015	-0,085	-0,160	0,104
N-NH ₃	0,835**	0,432**	0,087	0,794**
N-NO ₃ ⁻	0,150	,118	0,041	0,183
Fe	-0,221	-0,192	-0,151	-0,153
Mn	-0,520**	-0,548**	-0,391**	-0,505**
BHM	0,145	-0,085	-0,180	0,136
CTT	0,246	0,044	-0,170	0,402**
Ec	0,376**	0,100	-0,128	0,450**

**correlação significativa no nível 0,01. *correlação significativa no nível 0,05.

VARIÁVEIS	COMPONENTES INORGÂNICOS							
	CE	ST	SDT	STF	SDF	DurT	S ⁼	SO ₄ ⁼
CE	1,000							
ST	0,464**	1,000						
SDT	0,458**	0,953**	1,000					
STF	0,380**	0,963**	0,882**	1,000				
SDF	0,393**	0,971**	0,961**	0,961**	1,000			
DurT	0,552**	0,461**	0,567**	0,407**	0,471**	1,000		
S ⁼	0,208	0,036	0,096	-0,113	-0,015	-0,020	1,000	
SO ₄ ⁼	0,398**	0,280	0,229	0,261	0,262	0,012	-0,112	1,000
PT	0,205	0,151	0,071	0,047	0,073	-0,207	0,565**	0,428**
OPS	-0,044	-0,224	-0,221	-0,267	-0,255	-0,182	0,490**	-0,035
N-NH ₃	0,476**	0,622**	0,552**	0,504**	0,535**	0,011	0,286*	0,590**
N-NO ₃ ⁻	0,212	-0,111	-0,160	-0,084	-0,116	-0,117	-0,055	0,286*
Fe	-0,043	-0,262	-0,236	-0,209	-0,186	-0,102	-0,197	-0,088
Mn	-0,186	-0,332*	-0,195	-0,347*	-0,273	0,283*	0,033	-0,772**
BHM	0,109	0,164	0,216	0,105	0,220	0,025	0,036	0,382**
CTT	0,041	0,011	-0,002	-0,074	-0,002	-0,321*	0,365*	0,447**
Ec	0,043	0,064	0,032	-0,024	0,034	-0,364*	0,262	0,572**

**correlação significativa no nível 0,01. *correlação significativa no nível 0,05.

VARIÁVEIS	MACRONUTRIENTES			
	PT	OPS	N-NH ₃	N-NO ₃ ⁻
PT	1,000			
OPS	0,382**	1,000		
N-NH ₃	0,548**	-0,022	1,000	
N-NO ₃ ⁻	0,250	0,200	-0,063	1,000
Fe	-0,172	-0,117	-0,190	0,189
Mn	-0,439**	0,021	-0,605**	-0,063
BHM	0,219	-0,050	0,400**	-0,291*
CTT	0,637**	0,316*	0,498**	-0,135
Ec	0,584**	0,195	0,673**	-0,210

**correlação significativa no nível 0,01. *correlação significativa no nível 0,05.

Tabela 4.7 – (CONTINUAÇÃO) Matriz de correlações entre variáveis físicas, químicas e bacteriológicas no trecho do rio Cocó entre as pontes sobre BR 116 e sobre a Av. Sebastião de Abreu e nos principais pontos de aportes de sua margem direita, Fortaleza-CE no período de junho/2012 a janeiro/2013.

VARIÁVEIS	METAIS	
	Fe	Mn
Fe	1,000	
Mn	0,330*	1,000
BHM	-0,053	-0,353*
CTT	-0,241	-0,532**
Ec	-0,252	-0,632**

**correlação significativa no nível 0,01. *correlação significativa no nível 0,05.

	INDICADORES DE QUALIDADE SANITÁRIA		
	BHM	CTT	Ec
BHM	1,000		
CTT	0,688**	1,000	
Ec	0,651**	0,897**	1,000

**correlação significativa no nível 0,01. *correlação significativa no nível 0,05.

A avaliação integrada dos dados de qualidade levantados permitiu fazer as considerações a seguir, em relação aos eventos pontuais e à tendência geral, que contribuíram para a composição do cenário das condições atuais do rio Cocó, sem perder de vista a sua localização em área urbana consolidada e, portanto, sujeito a diferentes impactos urbanos. Os resultados aqui apresentados referem-se aos valores médios de seis coletas em nove pontos de amostragem, sendo quatro no rio (pontos PR1, PR2, PR3 e PR4) e cinco nos principais pontos de aportes da margem direita (pontos PA1, PA2, PA3, PA4 e PA5).

Considerando que o rio Cocó, integrante das bacias metropolitanas do Estado, ainda não foi enquadrado de acordo com os usos preponderantes, seguindo as diretrizes do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) estabelecidas no Art 42 no capítulo das disposições finais e transitórias estabelece: “*Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, as salinas e salobras classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente*”; o referido rio foi considerado, para efeito deste estudo, como de classe 2.

Os resultados das análises utilizados na avaliação da qualidade das águas tiveram como referencial os padrões estabelecidos pelas resoluções nº 357, de 17 de Março de 2005 e nº 410/2009 e pela 430/2011 do CONAMA. A primeira, “dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento” e a segunda “dispõe sobre os parâmetros, condições, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em

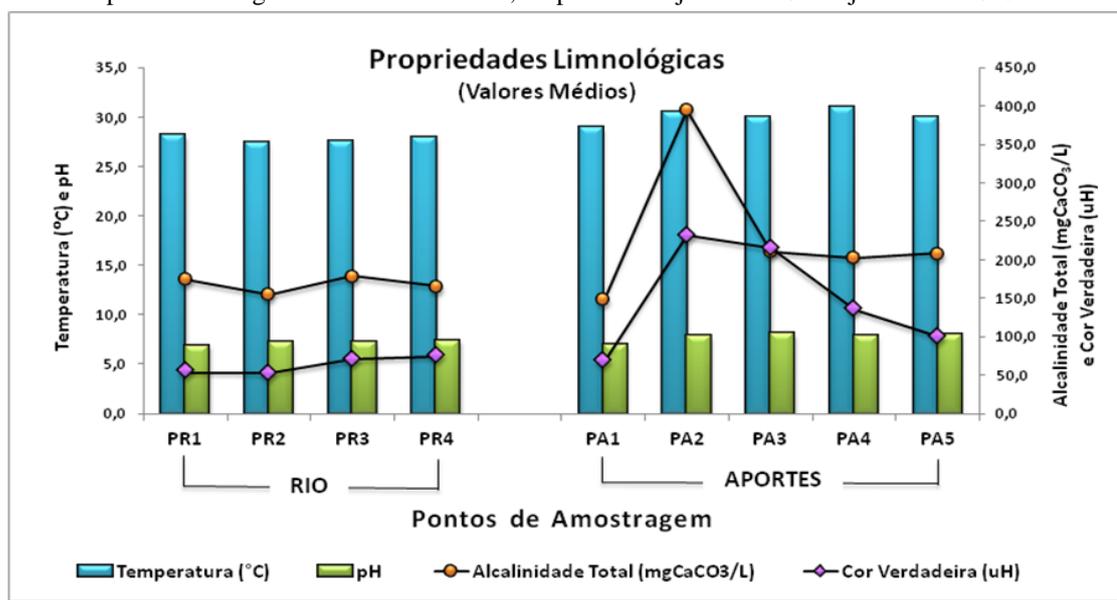
corpos de águas receptores, que alterou parcialmente e complementou a citada resolução nº 357/2005 do CONAMA”.

Estas resoluções estabelecem os principais parâmetros de qualidade relativos às substâncias ou outros indicadores representativos dos contaminantes toxicologicamente e ambientalmente presentes no efluente e estabelecem, respectivamente, o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como as condições e padrões de lançamento de águas residuárias de qualquer fonte poluidora.

4.4.1 Propriedades limnológicas

Inclui as variáveis abióticas relacionadas à dinâmica da coluna d'água considerando, principalmente a temperatura, o pH, a alcalinidade e a cor. A Figura 4.6 apresenta a variação espaço-temporal dos valores médios destas variáveis.

Figura 4,6 – Variação espaço-temporal dos valores médios de temperatura, pH, alcalinidade total e cor verdadeira no trecho do rio Cocó entre as pontes da BR-116 e da Av. Sebastião de Abreu – Fortaleza-CE e nos aportes da margem direita deste trecho, no período de julho de 2012 a janeiro de 2013.



Fonte: elaborado pelo autor

A temperatura (T) no rio manteve-se elevada, variando entre 27,0 e 28,5 °C ao longo do período monitorado, apresentando, no início, comportamento levemente crescente, aumentando a partir de Nov/12. Tal comportamento pode estar relacionado à hora de coleta (entre 9h e 11h), à maior vazão do rio em relação aos aportes, visto que a água sofre influência da temperatura atmosférica. A amplitude da temperatura no rio foi de 1,5 °C,

decorrente de uma mínima de 27°C registrada em Outubro no PR2 e uma máxima de 28,5 °C, durante o mês julho, no PR1, e em dezembro, nos pontos PR1 e PR4. Considerando que houve relativa homogeneidade na temperatura no rio, apesar da variação elevada nos pontos de aporte, fica comprovada a capacidade da água do rio em exercer bem a função de regulador térmico.

Segundo Brigante & Espindola (2003), as medidas de temperatura de um rio nas tomadas próximas a superfície são influenciadas por fatores como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade.

Nos pontos de aporte, entretanto, a variação de temperatura foi significativa com amplitude de 5,5 °C ao longo do período de estudo, exibindo comportamento crescente no início, decrescendo em novembro e aumentando novamente no final do período. As temperaturas mais elevadas foram registradas nos pontos de lançamento das galerias de drenagem pluvial, com grande interferência de esgoto bruto, variando entre 29 °C e 33 °C nos pontos PA4 e PA5 e entre 27 °C e 34 °C no ponto de lançamento do sistema de tratamento de esgoto do conjunto habitacional Tancredo Neves, especialmente, nos meses iniciais de estudo. Por serem canais fechados a temperatura tende a se elevar devido à falta de aeração e a intensa atividade heterotrófica na degradação da matéria orgânica.

No rio, o pH variou entre 6,39 e 7,85, com baixa amplitude, demonstrando um bom tamponamento, garantido pelas concentrações relativamente elevadas de alcalinidade total, que oscilaram entre 139,3 e 185,3 mg CaCO₃/L, respectivamente, em PR2 e PR3, na coleta do mês de Julho . Nos pontos de aporte, o pH oscilou entre 6,75 e 8,80, registrando-se variações maiores de alcalinidade total (entre 141,7– 381,0 mg CaCO₃/L). Os menores valores de pH (de 6,75 - 7,14) e alcalinidade total (141,7 – 156,3 mg CaCO₃/L) foram encontrados no ponto PA1 (confluência dos córregos do conjunto habitacional Tancredo Neves) e os maiores (de 7,40-8,50) e alcalinidade (de 331,3 – 461,9 mg CaCO₃/L), respectivamente) no PA2 (lançamento do sistema de tratamento do Conjunto Tancredo Neves). Neste caso, os aumentos podem estar associados à maior mineralização da matéria orgânica, mesmo que parcialmente, produzindo elevada concentração de amônia que permanece livre devido ao baixo teor de OD no sistema e elevado pH.

Observando-se os valores de pH e alcalinidade apresentados, nota-se que o rio Cocó exibiu ligeira tendência para a alcalinização de suas águas. Esteves (2011) reporta que a presença de bicarbonatos e carbonatos na água pode desencadear aumento nos valores de pH.

Este fato foi comprovado por Pessoa (2002), em estudo realizado no estuário do rio Cocó (sub-bacia B2).

No tocante à cor, foi observado valores crescentes no sentido do fluxo do rio ao longo do monitoramento, de modo que o valor mínimo foi observado no PR1 (42 uH em julho/12) e o maior em PR4 (86 uH em outubro/12). Na média, estes valores variaram entre 54 uH (PR2) e 75 uH (PR4). Entretanto, com exceção do ponto PA1 com cor variando entre 58 uH e 78 uH, os valores registrados nos demais pontos de aportes superaram, em todos os meses os padrões legais de lançamento (≤ 75 uH), variando entre 91 uH (em PA5) e 249 uH (em PA2). Tal comportamento está relacionado à maior quantidade de material dissolvido (orgânico e inorgânico) especialmente material de difícil degradação (recalcitrante).

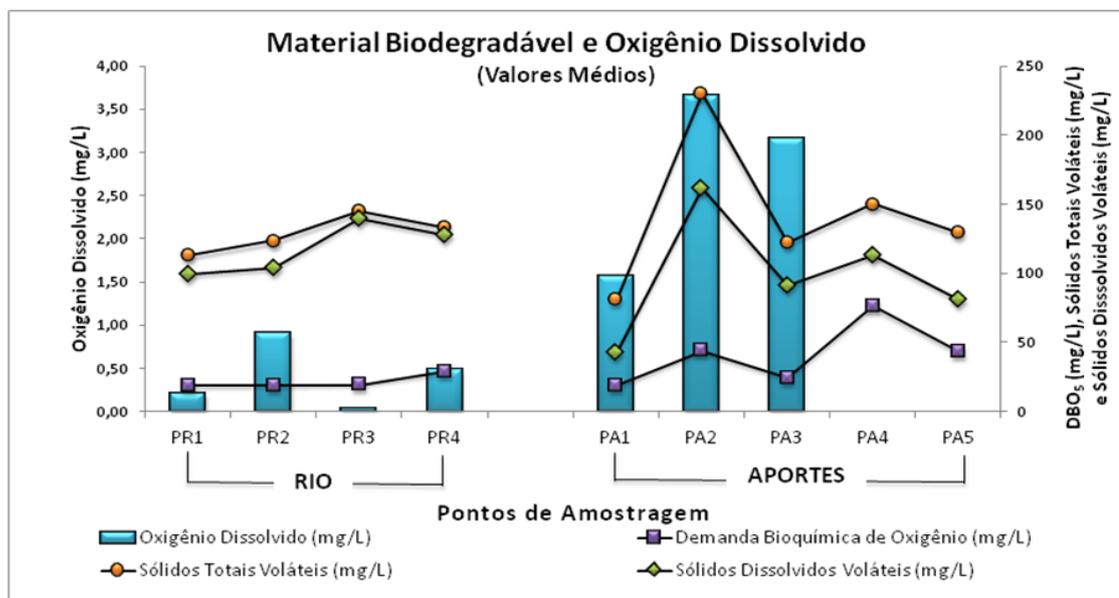
Considerando-se que o monitoramento ocorreu praticamente no período seco, fica claro que os parâmetros limnológicos não sofreram grandes variações, entretanto mantiveram-se sob influência dos aportes, cujo impacto foi amenizado principalmente pela vazão do rio e pela vegetação marginal que exerce importante influência no sentido de contribuir com a autodepuração.

Conforme a análise de correlação de Pearson foram observadas, em nível de 1% ($\alpha=0,01$) correlações positivas e significativas ($r > 0,500$) das variáveis limnológicas entre si: temperatura (temp) com pH ($r=0,742$) e com a cor verdadeira (corV) ($r=0,607$); do pH com corV ($r=0,631$) e da alcalinidade total (alcT) com a corV ($r=0,716$), mostrando a forte interação entre estas variáveis no equilíbrio do corpo hídrico. Entretanto estas variáveis, em igual limite de confiança (99%), influenciaram ainda no aumento da DBO₅, especialmente a temperatura ($r=0,616$) e o pH (0,579) tornando o substrato biodegradável mais disponível à ação microbiana; no aumento do teor de amônia total (N-NH₃): temperatura ($r=0,548$), pH ($r=0,594$). AlcT (0,894) e corV (0,713), facilitando a amonificação da matéria orgânica, bem como no aumento das frações de sólidos (fixos e voláteis) provocado, especialmente pela alcT sobre os sólidos inorgânicos: sólidos totais fixos - STF ($r= 0,652$), sólidos dissolvidos fixos - SDF ($r=0,700$) e orgânicos: sólidos totais voláteis – STV ($r=0,783$) e sólidos dissolvidos voláteis – SDV ($r=0,544$) e sólidos suspensos voláteis ($r=0,658$) pela formação de carbonatos e bicarbonatos e, por conseguinte na turbidez – tur ($r=0,797$). Os sólidos são ainda influenciados positivamente, embora com correlações mais baixas pela corV, refletindo-se especialmente na fração fixa dos sólidos dissolvidos: SDF ($r=0,579$).

4.4.2 Material biodegradável e teor de oxigênio dissolvido

Representando o material bioquimicamente degradável, foi considerada a demanda bioquímica de oxigênio de cinco dias (DBO_5) que se relaciona diretamente com o teor de oxigênio dissolvido (OD), utilizado em maior escala pelas bactérias aeróbias no processo de heterotrofia e os sólidos orgânicos, representados, principalmente pelos sólidos totais voláteis (STV) e os sólidos dissolvidos voláteis (SDV). A Figura 4.7 apresenta a variação espaço-temporal destas variáveis relacionadas ao rio e aos principais aportes da margem direita.

Figura 4.7 – Variação espaço-temporal dos valores médios de DBO_5 , oxigênio dissolvido, sólidos totais voláteis e sólidos dissolvidos voláteis no trecho do rio Cocó entre as pontes da BR-116 e da Av. Sebastião de Abreu – Fortaleza-CE e nos aportes da margem direita deste trecho, no período de julho de 2012 a janeiro de 2013.



Fonte: elaborado pelo autor

Foi observado que a montante da área de estudo, as águas do rio Cocó já se encontram fortemente impactadas por material oxidável, se refletindo de forma contínua em PR1 que apresenta elevados valores de DBO_5 , variando, nos meses amostrados, entre 15 mg O_2/L (nov/12) e 21 mg O_2/L (jul e dez/12). Tais resultados, dependentes do consumo de oxigênio, são corroborados pelos teores de oxigênio dissolvido extremamente baixos neste mesmo ponto, constatando-se intervalos de 0,1 a 0,4 mg O_2/L , atingindo valor não detectável em nov/12.

Na continuação do trecho, as concentrações de DBO_5 nos aportes a jusante do ponto PR1 também foram altas, sendo que em PA1 os valores mantiveram baixa oscilação permanecendo entre 16 e 20 $\text{mg O}_2/\text{L}$, verificando-se carência total de OD em set e nov/12, atingindo máximo de 2,6 $\text{mg O}_2/\text{L}$ nos demais meses do período. No ponto de lançamento do efluente da lagoa de estabilização, houve acréscimos de matéria orgânica: levemente, em setembro (29 $\text{mg O}_2/\text{L}$) e novembro/12 (25 $\text{mg O}_2/\text{L}$); e muito significativo em outubro, dezembro/12 e janeiro/13, quando os teores de DBO_5 variaram entre 61,5 e 56 $\text{mg O}_2/\text{L}$. Em se tratando de OD, neste ponto os teores variaram entre 3,2 (Novembro/12) e 4,2 $\text{mg O}_2/\text{L}$ (Outubro/12), provavelmente, devido à turbulência na descarga do efluente no lago artificial do rio. Comportamento semelhante foi observado no PR2 (DBO_5 entre 16 e 20 $\text{mg O}_2/\text{L}$), porém com OD também reduzido, cujo valor máximo não superou os 1,6 $\text{mg O}_2/\text{L}$ (Nov/12).

No ponto PA3 foram obtidos os valores máximo de DBO_5 de 31 $\text{mg O}_2/\text{L}$ (out/12) e mínimo de 19 $\text{mg O}_2/\text{L}$ (nov/12) e teores de OD entre 1,3 (dezembro/12) e 5,5 $\text{mg O}_2/\text{L}$ em setembro/12, visto que este ponto se situa no local de lançamento de um canal aberto sujeito a uma maior aeração. Entretanto o ponto de aporte com maior índice de matéria orgânica foi o PA4, que se constitui numa galeria de drenagem pluvial com excessiva interferência de esgotos domésticos e de atividades comerciais *in natura*, originando resultados da ordem de 70 $\text{mg O}_2/\text{L}$ (Nov/12) a 84 $\text{mg O}_2/\text{L}$ (out/12) e ausência total de OD durante todo o período. Mas apesar do elevado aporte de DBO_5 no rio por estes tributários, a variação espaço-temporal no PR3 manteve-se equilibrada com valores anteriores medidos no rio, variando entre 19 e 21 $\text{mg O}_2/\text{L}$, provavelmente devido a ação da vasta vegetação de mangue preservada na área do Parque Adahil Barreto, que contribui para a autodepuração do rio neste trecho. Entretanto as concentrações de OD foram baixíssimas, cujos valores registrados variaram em torno de 0,1 $\text{mg O}_2/\text{L}$.

No PA5 verificou-se novamente alto teor de DBO_5 (29-58 $\text{mg O}_2/\text{L}$) e, em consequência, a ausência de OD. Este aporte pontual e outros aportes difusos verificados ao longo do último trecho, refletiu-se na última estação de coleta (PR4), onde ocorre expressivo aumento dos valores de DBO_5 , quando comparado aos demais pontos situados no segmento do rio, oscilando entre 26 e 34 $\text{mg O}_2/\text{L}$, todavia com concentrações de OD extremamente baixas (inferiores a 0,7 $\text{mg O}_2/\text{L}$). Tal constatação denota lançamento pontual e difuso de forma continuada de esgotos domésticos por intermédio das ligações clandestinas às galerias de drenagem pluviais ou diretamente no rio, comprometendo, assim, o processo de

autodepuração e o restabelecimento do equilíbrio ecológico que promove a melhoria da qualidade das águas e garantem os múltiplos usos na bacia. Tal impacto pode se refletir na foz do rio.

Do ponto de vista legal, todos os valores de DBO₅ e a maioria dos teores de OD determinados no decorrer desta pesquisa não atenderam aos padrões estabelecidos na Resolução 357/2005 do CONAMA (menor que 5 mg O₂/L e maior que 5 mg O₂/L, respectivamente).

Esta observação está em conformidade com a pesquisa de Pessoa (2002), que também, observou que em termos médios nenhuma das amostras das águas do rio Cocó das estações pesquisadas em seu estudo se enquadraria na legislação em relação aos conteúdos de oxigênio dissolvido, caracterizando o alarmante estado de degradação causado por interferências antrópicas que vêm dificultando a vida aquática neste rio.

Os componentes deste grupo apresentaram correlações positivas e significativas no nível de 0,01, da forma que se segue: a DBO₅ correlacionou-se com a tur (r=0,500), com o teor de nitrogênio amoniacal total – N-NH₃ (r=0,657), com coliformes termotolerantes – CTT (r=0,596) e fortemente com *Escherichia coli* – Ec (r=0,805), demonstrando a natureza predominante do material em suspensão, com forte influência da matéria orgânica nitrogenada parcialmente decomposta e presença marcante de bactérias do grupo coliformes, especialmente a espécie *Escherichia coli*, que marca a contaminação fecal. Ao correlacionar-se positivamente com o teor de N-NH₃, o teor de oxigênio dissolvido – OD confirma o fato da ocorrência da predominância da amonificação e, conseqüentemente a baixa nitrificação, já que os valores de OD apresentaram-se excessivamente baixos. Este parâmetro correlacionou-se ainda com o elevado teor de sólidos dissolvidos e suspensos: ST (r=0,660); SST (r=0,679); SDT (r=0,519). Os demais parâmetros componentes do grupo (STV e SDV) correlacionaram-se com os demais sólidos, já que se constituem frações destes.

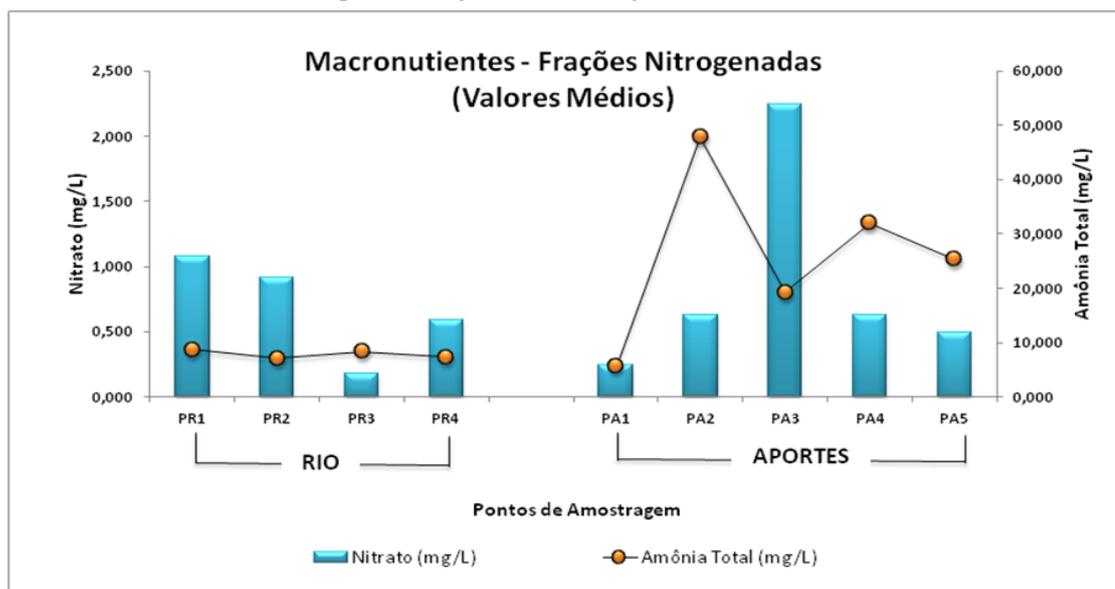
4.4.3 Nutrientes

O conjunto dos nutrientes são aqui representados pelas variáveis fósforo total (PT), sua componente solúvel e de mais fácil assimilação ortofosfato solúvel (OPS) e pelas frações nitrogenadas amônia total (N-NH₃) e o nitrato, a fração mais oxidada (N-NO₃⁻). As Figuras 4.8 e 4.9 mostram a variação espaço-temporal destas variáveis no trecho do rio estudado.

Em relação a estes componentes, foi observado que as concentrações de fósforo total foram extremamente elevadas ao longo do trecho do rio, variando de 0,778 mg P-PO₄³⁻/L (julho/12 – PR4) a 1,444 mg P-PO₄³⁻/L (novembro/12 – PR1). Ressalte-se que as concentrações mais altas de PT ocorreram no PR1, sendo superiores a 1,0 mg P-PO₄³⁻/L, assinalando, desse modo, que o ponto mais a montante da sub-bacia já se encontra em estado avançado de deterioração pelas interferências antrópicas. Nos pontos do rio o ortofosfato solúvel, encontra-se em elevadas concentrações, oscilando entre 0,672 mg P-PO₄³⁻/L no PR2 (dezembro/12) e 1,135 mg P-PO₄³⁻/L no PR3 (novembro/12).

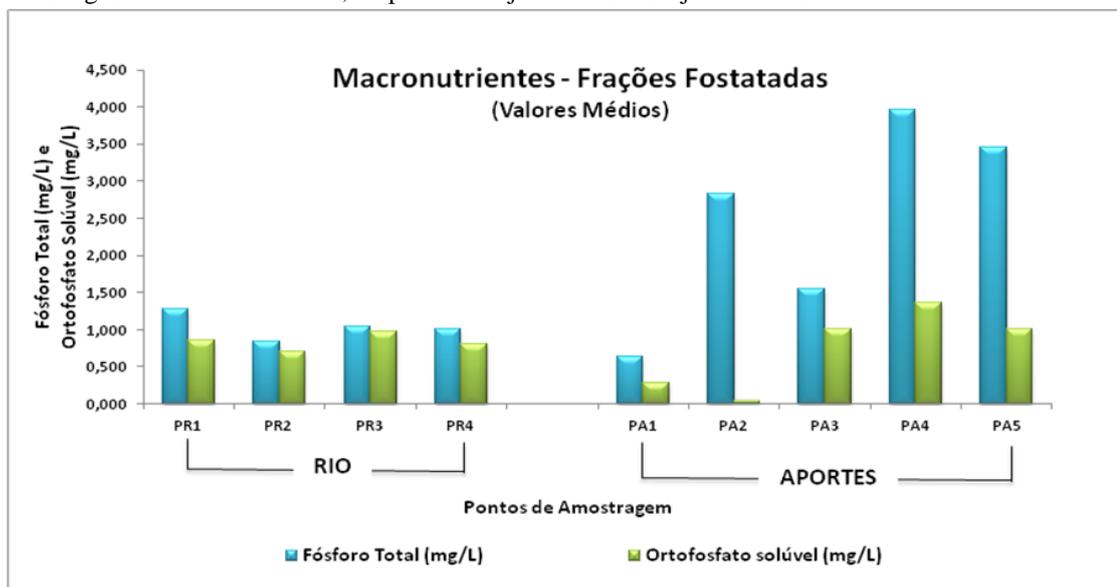
Quanto aos pontos de aporte, considerando a distribuição temporal, observou-se que o PA4 deteve os maiores valores de PT, com mínimo de 2,269 mg P-PO₄³⁻/L em janeiro/13 e máximo de 6,688 mg P-PO₄³⁻/L em julho/12. Nas demais entradas pontuais, os teores de PT estiveram superiores a 0,547 mg P-PO₄³⁻/L (PA1) e atingindo valor de 6,583 mg P-PO₄³⁻/L (PA2). No PA2, em todo o período avaliado, as concentrações de OPS oscilaram entre 0,029 e 0,054 mgP-PO₄³⁻/L, representando a menor fração fosfatada. Tal comportamento pode ser associado ao fato de o OPS ser a fração mais prontamente disponível, sendo mais facilmente incorporada à biomassa existente na lagoa de estabilização que trata os esgotos do Conjunto Tancredo Neves. Os demais trechos de aporte apresentaram níveis de OPS acima de 0,160 mg P-PO₄³⁻/L.

Figura 4.8 – Variação espaço-temporal dos valores médios de nitrato e amônia total no trecho do rio Cocó entre as pontes da BR-116 e da Av. Sebastião de Abreu – Fortaleza-CE e nos aportes da margem direita deste trecho, no período de julho de 2012 a janeiro de 2013.



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 4.9 – Variação espaço-temporal dos valores médios de fósforo total e ortofosfato solúvel no trecho do rio Cocó entre as pontes da BR-116 e da Av. Sebastião de Abreu – Fortaleza-CE e nos aportes da margem direita deste trecho, no período de julho de 2012 a janeiro de 2013.



Fonte: elaborado pelo autor

Para ambientes intermediários com tempo de residência entre 2 e 40 dias e tributários diretos de ambientes lênticos, a Resolução 357/2005 do CONAMA estabelece para PT concentração de até 0,050 mg/L. Portanto, fica evidente que em todos os pontos amostrados os valores encontrados excederam o padrão legal.

A fração de nitrogênio predominante em todos os pontos avaliados foi de nitrogênio amoniacal total. No segmento do rio, estas concentrações mantiveram-se altas, registrando teores de 4,611 em jul/12 (PR4) a 10,230 mg N-NH₃/L em novembro/12. Nos pontos de aportes as concentrações de amônia total foram ainda mais elevadas, estando entre 5,120 (PA1) e 51,553 mg N-NH₃/L (PA2). As concentrações de nitrato determinadas estiveram abaixo do padrão legal (10 mg N/L), sendo o valor máximo detectado, 3,210 mg N-NO₃⁻/L, não exercendo, portanto, influência significativa na qualidade das águas da sub-bacia, mas denotando baixa nitrificação.

A Resolução CONAMA N° 430/2011 estabelece como padrão de lançamento para nitrogênio amoniacal total, a concentração máxima de 20 mg N/L. No entanto, o sistema de tratamento de esgotos do conjunto habitacional Tancredo Neves (PA2) mostrou-se ineficiente, registrando durante todo o período de amostragem concentrações de amônia total bem acima do limite estabelecido.

Quando há predominância de nitrogênio amoniacal total, pode-se associar o impacto ao aporte recente de esgotos sanitários. Além disso, nota-se pelos elevados valores de

PT que a degradação de origem antrópica ocorre de forma contínua, interferindo em toda a extensão do ecossistema.

Durante todo o período desta pesquisa, foi observada uma maior concentração de amônia nos aportes, onde a ação antrópica é o grande fator de poluição do rio verificando-se as menores concentrações de oxigênio dissolvido.

São bem conhecidos os impactos ecológicos resultantes das altas concentrações de nitrogênio presentes na água, principalmente aquelas na forma amoniacal e de nitritos, que estão ligadas à dinâmica do oxigênio no meio aquático. Desta maneira, corpos de água com altas concentrações de nitrogênio podem apresentar oxigênio dissolvido com baixos valores, afetando a vida aquática, especialmente a comunidade de peixes (BRANCO, 1986; ESTEVES, 2011), este fato foi constatado neste estudo.

Segundo Conte (1992) e FEPAM (1996), a fonte mais comprometedor do ciclo de nitrogênio é o despejo de esgoto doméstico, sem tratamento prévio, lançado *in natura* nos corpos de água. Os dados desta pesquisa corroboram as afirmações dos referidos autores, visto que, nos pontos de coleta que apresentaram maiores concentrações de amônia foram aqueles que sofreram maiores interferências antrópicas, correspondendo aos pontos de aportes (PA2, PA3, PA4 e PA5). Estudos realizados por Pessoa (2002), sobre a caracterização da água do estuário do rio Cocó, também ratificaram as afirmações acima referidas.

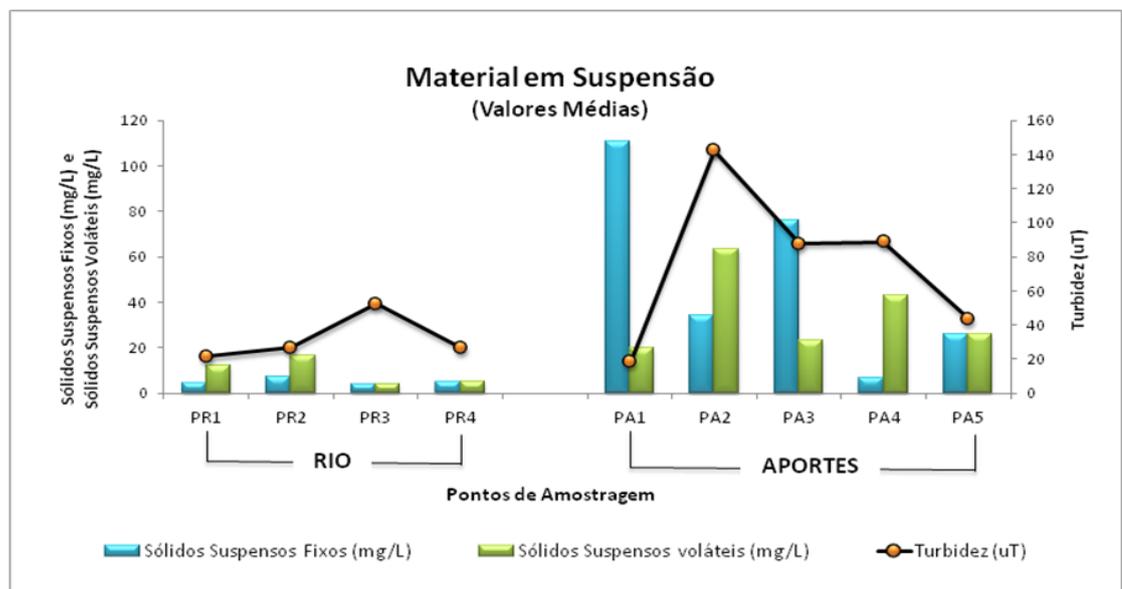
No grupo dos macronutrientes ocorre correlações positivas e significativas ($\alpha=0,01$) de fósforo total (PT) com N-NH₃ ($r=0,548$) denotando o acúmulo destes macronutrientes no meio aquático, seja assimilado pela biomassa, especialmente a bacteriana, ou livre, corroborado pelas correlações com CTT ($r=0,637$) e Ec ($0,584$) e pela correlação, mesmo em nível menor ($\alpha=0,05$) da fração mais prontamente assimilável (ortofosfato solúvel – OPS) com as bactérias do grupo coliformes ($r=0,316$). Tal se confirma ainda pela correlação positiva ($\alpha=0,01$) de Ec ($r=0,673$) com a amônia total.

4.4.4 Material em suspensão

O material em suspensão considerado para efeito deste estudo está representado pelos sólidos em suspensão: sólidos suspensos totais (SST) e suas frações fixa (sólidos suspensos fixos – SSF) e volátil (sólidos suspensos voláteis – SSV) e pela turbidez (tur),

variável diretamente relacionada. A Figura 4.10 apresenta a variação espaço-temporal das frações fixa e volátil dos sólidos suspensos e da turbidez.

Figura 4.10– Variação espaço-temporal dos valores médios de sólidos suspensos fixos, sólidos suspensos voláteis e turbidez no trecho do rio Cocó entre as pontes da BR-116 e da Av. Sebastião de Abreu – Fortaleza-CE e nos aportes da margem direita deste trecho, no período de julho de 2012 a janeiro de 2013.



Fonte: elaborado pelo autor

Neste sentido, os dados apontaram para o fato de que turbidez flutuou ao longo do fluxo do rio em função dos aportes, apresentando variação entre 10 uT – (PR1) e 75 uT (PR4). Ao longo do sistema, no período estudado, a tendência geral de comportamento da turbidez foi decrescente. A influência dos aportes no aumento da turbidez se torna mais evidente no ponto PR3, quando os valores de turbidez nos pontos de lançamento neste trecho variam entre 55 uT (PA4) e 134 (PA3). Entre PR1 e PR2 a interferência de PA2 é minimizada pela elevada capacidade de sedimentação do lago artificial formado no leito do rio existente entre estes dois pontos, que funciona como área de amortecimento de cheias.

Os valores mais elevados foram registrados no ponto de aporte, PA2, especialmente em relação ao lançamento do efluente da lagoa de estabilização (152 a 157 uT), entre set e out/12. Destaque-se que neste ponto, há grande precariedade do sistema de tratamento de esgoto por lagoas de estabilização da área, gerando turbidez elevada, que parece ser não biogênica, mas de detritos orgânicos parcialmente degradados.

Quanto à natureza do material em suspensão, ficou evidenciado que a maior parcela é de sólidos orgânicos (sólidos suspensos voláteis), cujos valores mais elevados foram obtidos em setembro/12 (86 mg/L em PA2 e 66 mg/L em PA4). Os sólidos em suspensão totais tiveram seus valores máximos (177mg/L e 154 mg/L) no ponto de aporte PA3, nos meses de setembro/12 e novembro/12, respectivamente e no rio de 39 mg/L, em novembro, no PR2. Nos pontos de aportes os valores de sólidos suspensos são sempre mais elevados, destacando-se que a proporção de material volátil é também maior que a de material fixo, evidenciando o caráter de continuidade de lançamento deste tipo de material em todas as entradas. A exceção deste comportamento é verificada no ponto PA1, no qual a componente fixa dos sólidos suspensos apresentou-se sistematicamente mais elevada, provável mente pelo fato de que a vazão de aporte verificado no exutório dos riachos da área do Conjunto Habitacional Tancredo Neves é menor, interferindo na coleta, propiciando maior agregação de sedimento arenoso nas amostras.

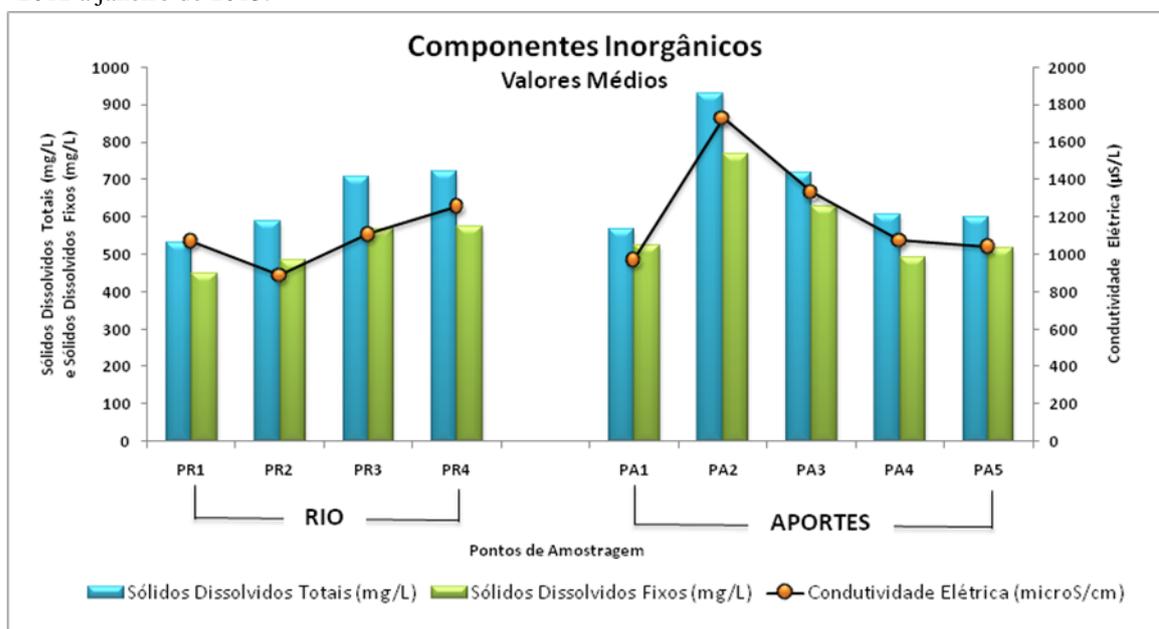
Os valores altos da turbidez registrados nos aportes evidenciam, principalmente, nos pontos de coletas PA2, PA3 e PA4, que há lançamentos de esgotos domésticos nas águas de drenagem. Quanto ao rio os valores registrados da turbidez nos pontos de coletas, estão em conformidade com a resolução CONAMA n° 357/2005, que estabelece para as águas doces de classe 2 o padrão turbidez até 100 uT.

No grupo de parâmetros representativos do material em suspensão foram observadas as seguintes correlações positivas e significativas, com $\alpha = 0,01$: da turbidez com a condutividade elétrica – CE ($r = 0,537$), com as frações fixas dos sólidos: STF ($r = 0,539$), SDF ($r = 0,569$) e, mais fortemente, com a fração volátil dos sólidos em suspensão ($r = 0,750$), demonstrando que tanto o material orgânico como inorgânico contribuem para o aumento da turbidez do rio. Esta variável correlaciona-se significativamente e positivamente com o teor de amônia total (0,835) demonstrando a formação de sais amoniacais em abundância no rio, visto que o pH encontra-se praticamente na faixa da neutralidade impedindo maior desprendimento de amônia livre, concorrendo para o aumento da condutividade elétrica. Os demais componentes do grupo, constituído pelas frações dos sólidos em suspensão correlacionam-se entre si, pois que são partes integrantes deste. Entretanto a fração volátil dos sólidos suspensos apresenta forte correlação com o teor de fósforo total ($r = 0,733$) e com o teor de amônia total ($r = 0,794$), demonstrando que este contingente de sólidos orgânicos é formado por compostos fosfatados e amoniacais.

4.4.5 Componentes inorgânicos

Os componentes inorgânicos encontrados na água do rio Cocó para efeito desta pesquisa são representados, principalmente, pela condutividade elétrica (CE), pelos sólidos totais (ST) e sua fração dissolvida fixa (SDF), pela dureza total (DurT) e pelos teores de sulfetos (S^{2-}) e sulfato (SO_4^{2-}). As Figuras 4.11 e 4.12 apresentam as variações espaço-temporais destas variáveis relativas ao trecho estudado.

Figura 4.11 – Variação espaço-temporal dos valores médios de sólidos dissolvidos totais, sólidos dissolvidos fixos e condutividade elétrica no trecho do rio Cocó entre as pontes da BR-116 e da Av. Sebastião de Abreu – Fortaleza-CE e nos aportes da margem direita deste trecho, no período de julho de 2012 a janeiro de 2013.

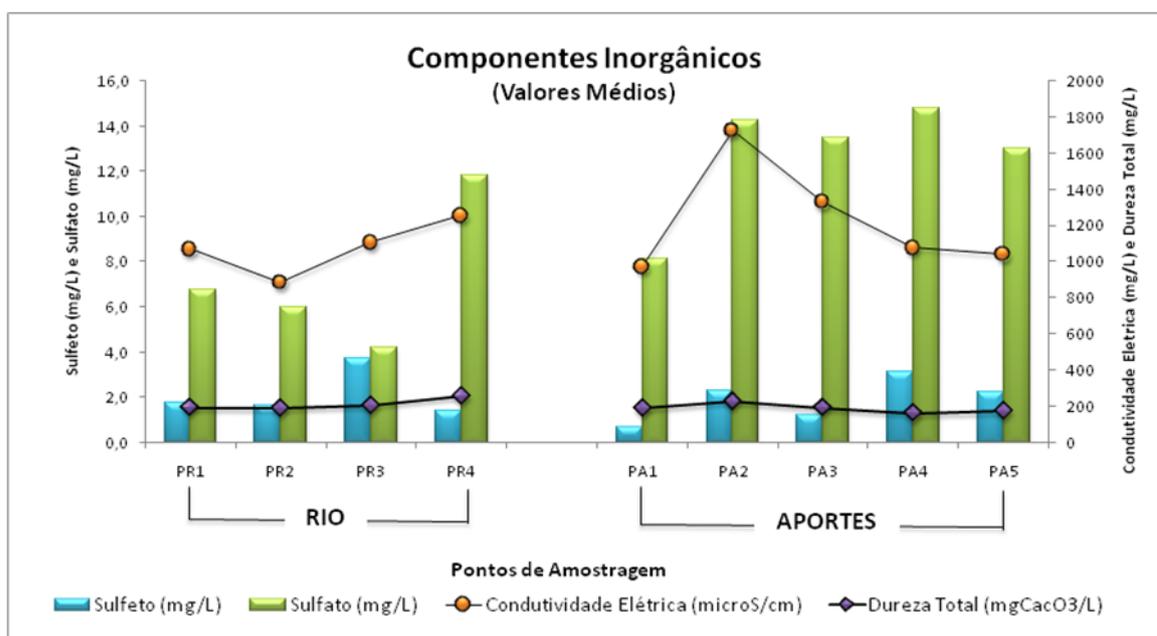


Fonte: elaborado pelo autor

Conforme SANTIAGO (1984), os corpos aquáticos recebem massas significativas de íons inorgânicos provenientes da lixiviação do solo e do escoamento superficial. As variações de condutividade elétrica (CE) e das concentrações de sólidos totais fixos (STF) e da fração dissolvida fixa (SDF) estudadas no trecho do rio e nos aportes mostraram flutuações dos valores sendo que os maiores foram encontrados nos pontos PR3 (1266 $\mu S/cm$) e PR4 (2360 $\mu S/cm$) no mês de novembro/12, sob influência dos pontos PA3, PA4 e PA5. De um modo geral, baixas flutuações da condutividade elétrica com as frações fixas dos sólidos (STF e SDF). Estas flutuações tem como causa provável o lançamento contínuo de esgotos domésticos e de atividades comerciais presentes a partir dos pontos de aporte associado à concentração dos sais presentes devido ao período climático em que se enquadrou a pesquisa

(estiagem), de modo que atingiram valores muito superiores ao limite esperado em águas naturais. Conforme Libânio (2008), a condutividade elétrica, por estar relacionada à concentração de sólidos dissolvidos, constitui-se um importante indicador de eventual lançamento de efluentes. Nas águas naturais a condutividade elétrica comumente é inferior a $100 \mu\text{S}/\text{cm}$, podendo atingir $1000 \mu\text{S}/\text{cm}$ em corpos d'água receptores de elevadas cargas de efluentes domésticos e industriais.

Figura 4.12 – Variação espaço-temporal dos valores médios de sulfeto, sulfato, dureza total e condutividade elétrica no trecho do rio Cocó entre as pontes da BR-116 e da Av. Sebastião de Abreu – Fortaleza-CE e nos aportes da margem direita deste trecho, no período de julho de 2012 a janeiro de 2013.



Este mesmo autor afirma ainda, que as águas superficiais no Brasil, salvo algumas exceções, são brandas ou moderadamente duras e a alcalinidade, normalmente devido a bicarbonatos, têm valores inferiores a $100 \text{ mg}/\text{L}$. Neste estudo, observou-se que ao longo do trecho do rio e nos pontos de aportes, valores elevados de dureza total (acima de $150 \text{ mg}/\text{L}$) e da alcalinidade total (acima de $100 \text{ mg}/\text{L}$), que podem estar associados aos processos de decomposição de esgoto lançado de forma contínua e à frequente disposição de resíduo da construção civil ao longo das margens do rio, principalmente no ponto PR1.

Kato (1983) descreve que nas águas superficiais, a presença de sulfatos ocorre geralmente através de lançamentos de esgotos domésticos e de efluentes industriais. As concentrações de sulfato em águas naturais variam em geral na faixa de 2 a $80 \text{ mg}/\text{L}$, embora

possam exceder a 1000 mg/L em áreas próximas a descargas industriais ou em regiões áridas onde sulfatos minerais, tal como o gesso, estão presentes. Já a presença de sulfetos, também relacionada aos lançamentos de esgotos, onde é comum a detecção de sulfetos provenientes da decomposição anaeróbia da matéria orgânica e, principalmente, da decomposição bacteriana do sulfato em meios pobres de oxigênio.

Os teores de sulfato no rio e nos aportes não foram significativos, não superando os 20 mg/L no rio e nos pontos de lançamento, vista que a oxidação do enxofre presente esteve prejudicada pelos baixos teores de oxigênio dissolvido, predominando a forma mais reduzida (sulfeto), que determinado como sulfeto total, apresentou-se na grande maioria dos dados ao longo do monitoramento acima do valor legal estabelecido para lançamento em corpos receptores (1,0 mg/L), variando em 80% das amostras entre 1,0 mg/L e 3,9 mg/L. Estes valores se refletiram no rio, atingindo, no mês novembro/12, 4,3 mg/L, no ponto PR3, seguramente por influência das cargas poluidoras lançadas continuamente neste trecho, via exutório da sub-bacia B1 (riacho Tauape) que lança antes do ponto PR2 e advindas dos pontos PA3 e PA4, evidenciando a natureza das águas pluviais contaminadas com esgoto doméstico.

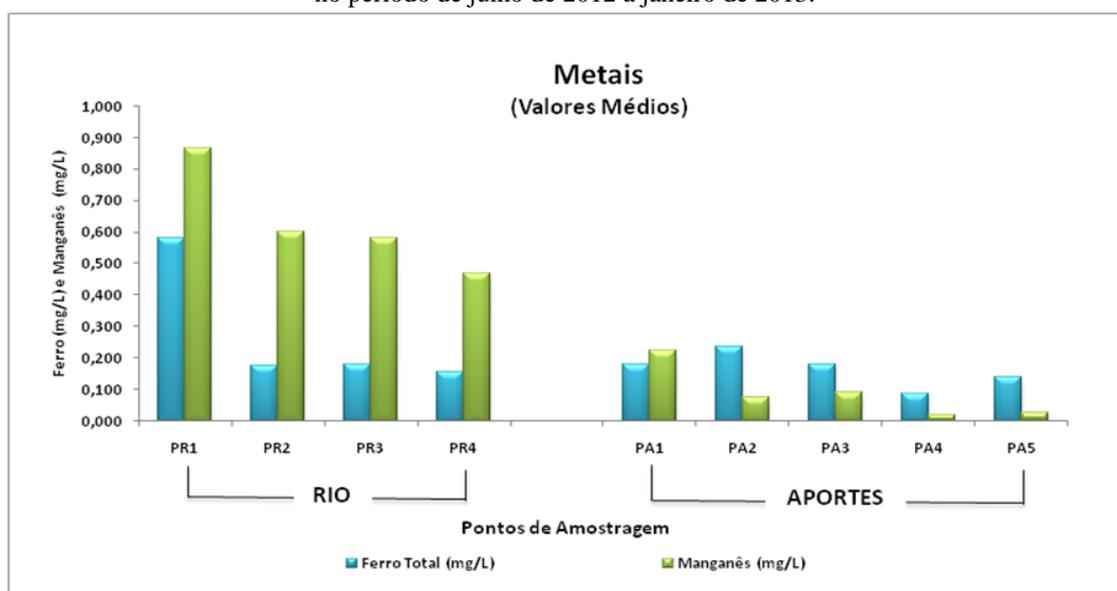
Em relação aos componentes inorgânicos foi observado que as maiores correlações positivas e significativas ocorreram entre CE e a dureza total – DurT ($r=0,552$) e desta com SDT ($r=0,567$) e mais fracamente com a fração dissolvida fixa dos sólidos – SDF ($r=0,471$), o que pode estar relacionado à formação de sais de cálcio e magnésio, porém com solubilidade moderada. Ocorre ainda correlação positiva e significativa do teor de sulfato com a amônia total ($r=0,590$) evidenciando a presença deste íon também na formação de sulfatos solúveis, já que existe também correlação positiva e significativa com a CE.

4.4.6 Metais

Neste estudo foram avaliados os metais ferro, mercúrio, níquel, chumbo, zinco, cádmio manganês e cobre, entretanto apenas as concentrações de ferro e manganês foram significativas na composição do cenário do rio frente aos pulsos poluidores gerados como consequência do avanço da urbanização na margem leste do rio Cocó, visto que os demais atenderam ao padrão de lançamento, caracterizando a influência majoritária das atividades domésticas e comerciais na poluição do trecho do rio. A Figura 4.13 mostra a variação espaço-temporal dos valores de ferro e manganês no período de estudo do trecho do rio.

Desta forma, foi observado que as variações nas concentrações destes dois metais (ferro total – Fe dissolvido e manganês – Mn) apresentaram o seguinte comportamento no tempo e no espaço: o teor de manganês ao longo de toda a área apresentou-se mais elevado no rio, especialmente no ponto inicial (PR1) quando variou entre 0,020 mg/L e 1,196 mg/L, ultrapassando em alguns pontos de coleta, tanto no rio como nos pontos de lançamento, principalmente no PR1, o padrão legal ($\leq 0,100$ mg/L). De modo semelhante as concentrações de ferro total variaram entre 0,078 mg/L e 0,93 mg/L, quando o padrão legal de $\leq 0,300$ mg/L. A presença de um teor de Fe dissolvido mais elevado pode estar associado à disposição inadequada de material ferroso oriundo de lixo domiciliar, sucatas e oficinas mecânicas.

Figura 4.13– Variação espaço-temporal dos valores médios de ferro total e manganês no trecho do rio Cocó entre as pontes da BR-116 e da Av. Sebastião de Abreu – Fortaleza-CE e nos aportes da margem direita deste trecho, no período de julho de 2012 a janeiro de 2013.



Desta forma, foi observado que as variações nas concentrações destes dois metais (ferro total – Fe dissolvido e manganês – Mn) apresentaram o seguinte comportamento no tempo e no espaço: o teor de manganês ao longo de toda a área apresentou-se mais elevado no rio, especialmente no ponto inicial (PR1) quando variou entre 0,020 mg/L e 1,196 mg/L, ultrapassando em alguns pontos de coleta, tanto no rio como nos pontos de lançamento, principalmente no PR1, o padrão legal ($\leq 0,100$ mg/L). De modo semelhante as concentrações de ferro total variaram entre 0,078 mg/L e 0,93 mg/L, quando o padrão legal de $\leq 0,300$ mg/L. A presença de um teor de Fe dissolvido mais elevado pode estar associado à

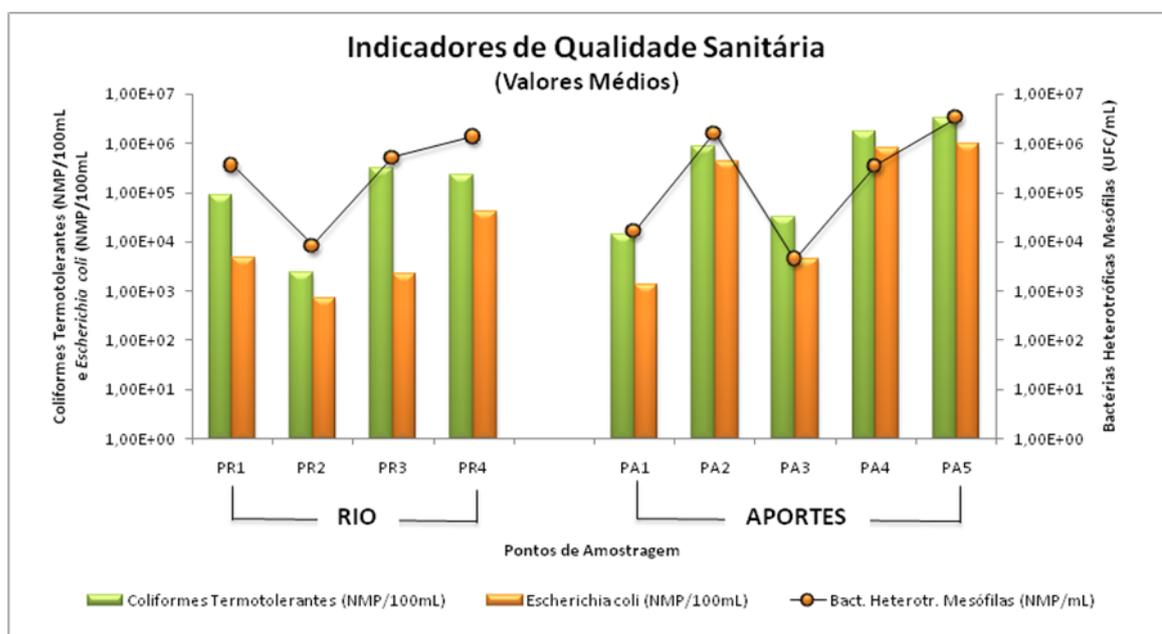
disposição inadequada de material ferroso oriundo de lixo domiciliar, sucatas e oficinas mecânicas.

Em estudos realizados por Oliveira *et al.* (2004) sobre a qualidade das águas do rio Camandocaia, em São Paulo, concluíram que a tendência de aumento das concentrações de ferro e manganês ocorreram nos locais mais poluídos por esgoto orgânico do rio, fato observado também no presente trabalho.

4.4.7 Indicadores de qualidade sanitária

Os indicadores de qualidade sanitária foram representados pelas bactérias heterotróficas mesófilas (BHM) que identificam o contingente bacteriano presente no rio e nos aportes; pelos coliformes termotolerantes (CTT) e pela concentração de *Escherichia coli*, o marcador da contaminação fecal. A variação espaço-temporal deste parâmetros é apresentada na Figura 4.14.

Figura 4.14 – Variação espaço-temporal dos valores médios de bactérias heterotróficas mesófilas, coliformes termotolerantes e *Escherichia coli* no trecho do rio Cocó entre as pontes da BR-116 e da Av. Sebastião de Abreu – Fortaleza-CE e nos aportes da margem direita deste trecho, no período de julho de 2012 a janeiro de 2013.



Fonte: elaborado pelo autor

O teor de bactérias heterotróficas mesófilas (BHM) distribuiu-se ao longo do trecho do rio no período de estudo, de forma irregular já que abrange o contingente bacteriano viável aportado a montante, aquele lançado de forma continuada a partir dos tributários e pelo escoamento difuso.

No início do monitoramento, esta distribuição no âmbito do rio foi crescente no sentido do fluxo, sendo a maior concentração registrada do período no PR4 ($1,75 \times 10^6$ UFC/mL). Nos meses subsequentes, os picos foram detectados nos pontos PR1 (jul e dez/12), PR2 (jul/12) e PR4 (set e nov/12).

Nos pontos de contribuição por aporte a maior concentração destas bactérias esteve distribuída nos pontos PA5 (variando entre $1,98 \times 10^6$ UFC/mL e $4,60 \times 10^6$ UFC/mL), PA2 (entre $1,10 \times 10^6$ UFC/mL e $3,3 \times 10^6$ UFC/mL de set/12 a jan/13) e PA4 (entre $2,20 \times 10^5$ UFC/mL e $4,6 \times 10^5$ UFC/mL de set/12 a jan/13).

Ainda relativo ao rio, no que se refere à colimetria foi observado que os valores mais elevados de CTT ficaram assim distribuídos: em jul/12, houve pequena flutuação, sendo o valor máximo ($1,7 \times 10^5$ NMP/100 mL) registrado nos pontos PR1 e PR3. Em set/12 o pico foi verificado no PR2 ($1,10 \times 10^6$ NMP/100 mL), dos quais $3,00 \times 10^5$ NMP/100 mL são de *E. coli*, demonstrando a ineficiência do sistema de tratamento de esgoto da área. Nos meses subsequentes, os valores máximos estiveram distribuídos nos pontos PR3 e PR4 e, em jan/13 também no PR1.

Foi observado ainda que as concentrações mais elevadas de *E. coli* estiveram concentradas no PR4 na maior parte do período. Demonstrando aporte contínuo de matéria fecal no rio já que existe decaimento no decorrer do trecho. No final do período, dez/12 e jan/13 foi observada também alta concentração de *E. coli* no PR1, comprovando a carga demasiada de contaminação presente no rio ao adentrar a área de estudo.

Os resultados dos parâmetros bacteriológicos no rio, na maioria dos pontos pesquisados, demonstraram que as concentrações de coliformes, incluindo aqueles de origem exclusivamente fecal (*Escherichia coli*) estiveram bem acima do padrão legal estabelecido para águas de classe 2 (até 1000 NMP/100mL).

Nos tributários, esses valores foram extremamente elevados, de modo que as concentrações de BHM se mantiveram entre 10^5 e 10^6 UFC/mL, especialmente nos pontos PA2 (lançamento do efluente da lagoa de estabilização), PA4 (galeria de drenagem pluvial na rua Atilano Moura) e PA5 (galeria de drenagem pluvial do trecho entre as av. Eng. Santana

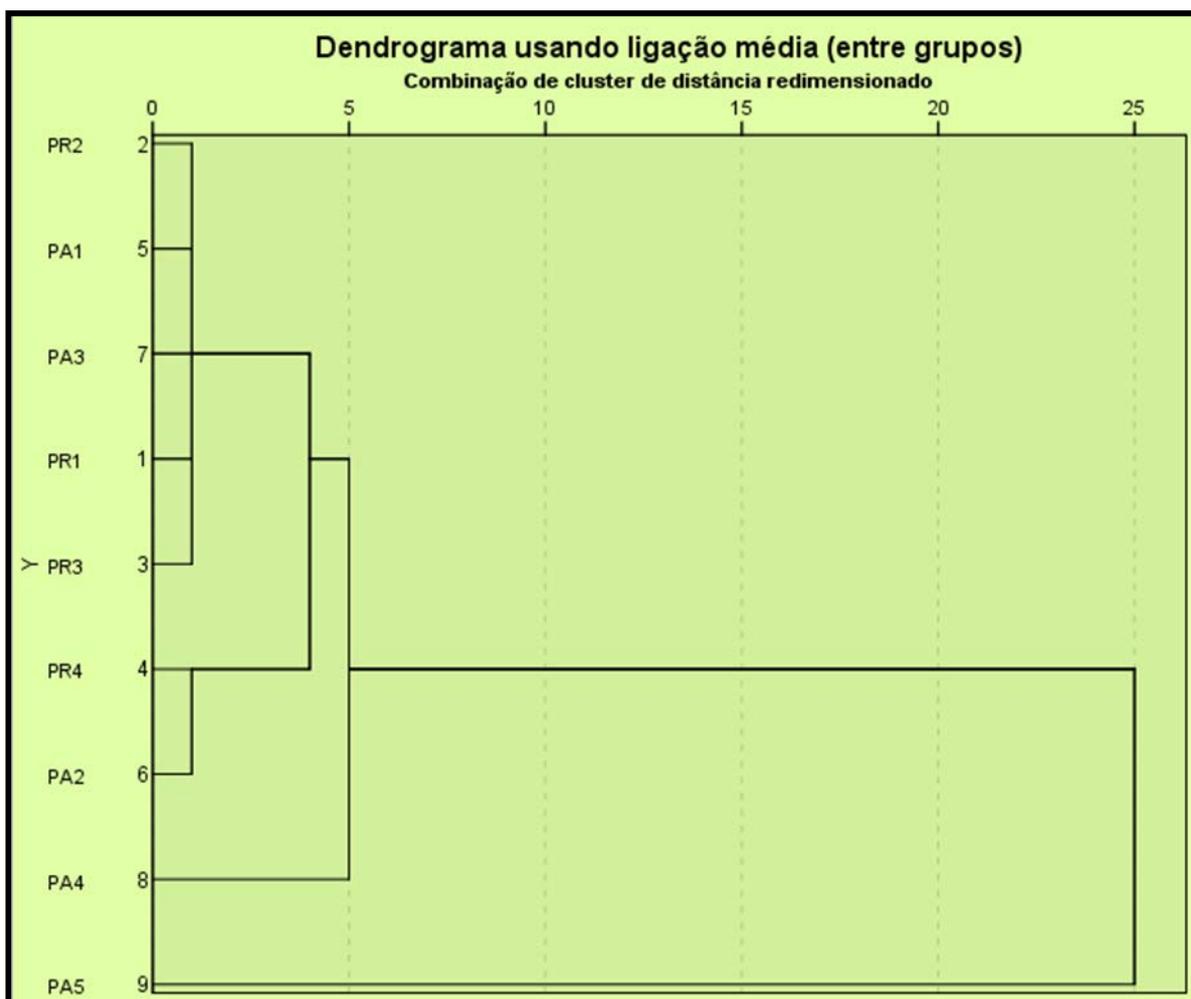
Júnio e Sebastião de Abreu) quando, em todos, os teores de CTT variaram entre 10^5 e 10^6 NMP/100mL, dos quais aproximadamente 10^5 são de origem fecal (*Escherichia coli*). Apenas os pontos PA1 (córregos do conjunto habitacional Tancredo Neves) e PA3 (riacho sangradouro do açude Fernando Macedo apresentaram concentrações mais baixas destas variáveis, decaindo em aproximadamente 2 a 3 unidade logarítmicas.

4.5. Análise de Agrupamento

Por intermédio da análise de agrupamento, representada graficamente no dendrograma a seguir (Figura 4.15) os pontos no rio e nos aportes foram separados em 4 grupos conforme os diferentes graus de impacto: no grupo 1, com base nos valores médios das variáveis físicas, químicas e bacteriológicas ocorreu o agrupamento dos pontos menos impactados que se evidencia pela correlação mais forte (de menor distância euclidiana), ou seja, PR2 (no rio) com PA1 e em segundo estágio agrega-se PA3 (estes dois últimos são pontos de aporte, respectivamente a montante e a jusante de PR2) e se constituem em exutórios de pequenos córregos que drenam para o rio. Nesta área sob influência desse grupo observa-se a diluição do rio por influência do lançamento do riacho Tauape, exutório da sub-bacia B-1. No grupo 2 o ponto PR1, de extremo montante agrupa-se a PR3 em terceiro estágio, o qual se localiza a jusante do Parque Adahil Barreto que por ser uma área preservada contribui para a ocorrência de alguma autodepuração do rio e, em quarto estágio agrega-se PR2. No grupo 3, PR4, localizado no final do trecho estudado, portanto acumulando os pulsos poluidores não absorvidos agrega-se, ainda em distância euclidiana menor que 5 ao ponto PA2, que se constitui em importante aporte já que representa o efluente de um sistema de tratamento por lagoa de estabilização em situação precária. Em distância superior a 5 PR4 se assemelha ao PR1 sob influência do aporte PA4, uma galeria de drenagem pluvial completamente interferida por lançamento de esgoto bruto. Por fim, agrega-se o ponto PA5, em distância euclidiana de 25, o qual exerce elevada contribuição de poluentes para PR4, já que a carga poluidora é elevada e a distância entre ambos os pontos é pequena.

Conclui-se daí que realmente a poluição presente no trecho do rio desde o ponto de extremo montante até o ponto final, tende a se acumular, visto que as diversas interferências por intermédio dos aportes são superiores à capacidade de autodepuração do rio.

Figura 4.15 – Dedrograma dos pontos de amostragem (no rio e nos aportes) distribuídos ao longo do trecho do rio tomado como objeto de estudo, correspondente a todo o período monitorado.



Fonte: do autor

4.6. Síntese dos resultados: correlações com a ocupação territorial e a pluviosidade

Na discussão sobre os aspectos históricos da evolução da ocupação humana no município de Fortaleza, nas últimas décadas, principalmente a partir da década de 70, constatou-se que a expansão urbana apontou para o preenchimento especulativo dos vazios urbanos, especialmente na região sudeste, onde se insere a área de estudo.

Nesta região, caracterizada pela ausência de sistema de esgotamento sanitário, concentra-se intensas atividades imobiliárias frente às ofertas de empreendimentos residenciais, comerciais e de serviços especializados.

Em alguns setores da bacia do rio Cocó os recursos naturais encontram-se fortemente impactados. Esse avançado estágio de degradação ambiental é ocasionado por

muitos fatores, conquanto que a pressão demográfica, exercida pelo acelerado crescimento demográfico e pela ocupação urbana irregular, seja uma das principais causas da poluição, mesmo que não se possa atribuir esta responsabilidade somente aos aspectos demográficos (SANTOS, 2006). Conforme ainda este autor, dentre os problemas que contribuem decisivamente para os níveis de poluição do rio Cocó, na cidade de Fortaleza, destacam-se a remoção da cobertura vegetal (principalmente a vegetação ciliar), o lançamento clandestino de resíduos líquidos e a disposição inadequada de resíduos sólidos.

Como pôde ser verificado ao longo da área do estudo, ocorrem vários impactos ambientais na sub-bacia, sendo esta ocupação territorial caracterizada, predominantemente, por condomínios residenciais, residências isoladas e por atividades comerciais, além de algumas atividades de pequenas metalúrgicas e de oficinas mecânicas, situadas no bairro Jardim das Oliveiras, de concessionárias de automóveis com oficinas mecânicas especializadas e de construção civil vinculada à expansão e desenvolvimento imobiliário. Desta forma os efluentes gerados por estas atividades são, prioritariamente águas residuárias domésticas, de empreendimentos comerciais (*shopping centers*, restaurantes, bares, escritórios, dentre outros) e de pequenas metalúrgicas, postos de combustíveis e oficinas mecânicas de pequeno e grande porte (concessionárias de automóveis); bem como resíduos sólidos advindos destas mesmas atividades e, via de regra dispostos irregularmente.

Todos os aportes pesquisados, representados por galerias de drenagem pluvial e por pequenos córregos que drenam para o rio, contribuem para os elevados índices de poluição do rio Cocó, já que estes transportam quantidade significativas de resíduos sólidos e águas residuárias domésticas sem tratamento, evidenciado pelos elevados teores de material oxidável, nutrientes, ferro, manganês, dentre outros obtidos por intermédio das análises físicas, químicas e bacteriológicas.

Com base nos resultados da avaliação da qualidade da água do ambiente fluvial-urbano da bacia do rio Cocó, observou-se que embora se perceba algum sinal de autodepuração, especificamente devido ao maior tempo de detenção no lago artificial do Cocó e da área do Parque Adahil Barreto, fica patente o aumento da poluição no sentido do fluxo do rio, originado, em grande escala, pelas contribuições oriundas das atividades antrópicas. Tais fluxos se fazem presentes devido à deficiência ou inexistência de infra-estrutura de saneamento básico adequada, incluindo a coleta e tratamento de esgoto e a implantação de um

sistema de drenagem eficiente. Este cenário se reflete na sub-bacia B2 e nas demais sub-bacias integrantes à bacia do rio Cocó.

A degradação dos corpos hídricos é, na maioria das vezes, facilmente perceptível, mas nem sempre prontamente mensurável, visto que as fontes de poluição destes ecossistemas chegam continuamente e de forma pontual e/ou difusa, originando graus diferenciados de deterioração, variando no espaço e no tempo, influenciados também pelos aspectos morfológicos e morfométricos do ecossistema.

Uma das formas amplamente utilizadas para mensuração desta poluição, é o uso de variáveis que expressam a qualidade física, química e biológica da água, tendo sido esta uma das ferramentas utilizadas para o diagnóstico das águas do rio Cocó na área tomada como objeto de estudo. Considerando que a diversidade dos parâmetros selecionados caracteriza, de maneira mais ampla ou mais restrita o(s) fenômeno(s) que se deseja elucidar, o grupo de parâmetros selecionado teve como base as condições laboratoriais de processamento das amostras, com utilização de metodologias referenciadas e aceitas internacionalmente. Assim, por intermédio dos parâmetros selecionados, cujos resultados foram avaliados no tempo e no espaço, individualmente ou associados entre si, foi possível constatar a qualidade das águas e o grau de degradação em que se encontra este trecho do rio e, por extensão, o seu baixo curso.

O enquadramento climático do período de monitoramento seguiu diretrizes da Funceme que, a partir das séries históricas, define o período de janeiro a junho como chuvoso e de julho a dezembro como seco. O posto pluviométrico de referência é o que se encontra instalado na sede da Fundação Maria Nilva, o mais próximo da área de estudo. Neste caso, o monitoramento enquadrou-se no período seco, pois que a maior parte das coletas ocorreu nos meses de julho a dezembro de 2012, sendo que apenas o mês de janeiro de 2013 enquadrar-se-ia no período chuvoso.

Ressalte-se que o ano de 2013 tem se mostrado atípico, com período seco prolongado ou pelo menos com chuvas bem abaixo do normal; razão porque não foi estendido o período de amostragem, pois não representaria caracteristicamente o período chuvoso.

A análise dos resultados das variáveis físicas e químicas selecionadas permitiu fazer importantes considerações acerca da qualidade de água do rio e dos aportes, destacando-se aqui as concentrações de OD, DBO₅, PT, N-NH₃ e colimetria.

As concentrações de OD detectadas ao longo do rio atingiram níveis muito baixos, com máximo de 1,6 mg/L (nov/12 – PR2), e ainda estiveram praticamente ausentes

em diversos pontos, durante o monitoramento, especialmente no PR3, nos meses de julho/12 a janeiro/13, provocado pelo aporte demasiado de material oxidável advindo do ponto de lançamento - PA4, que deteve as concentrações máximas de DBO₅ entre 70 mg/L (nov/12) e 84 mg/L (out/12). Destaque-se que as concentrações deste material bioquimicamente oxidável aumentou consideravelmente no sentido do fluxo do rio, de modo que no PR1 os teores de DBO₅ apresentaram-se superiores a 15 mg/L e no PR4 estas concentrações se elevam para intervalos entre 26 e 34 mg/L. Em relação à colimetria, os teores de CTT se mantiveram altos em todo o período de estudo em relação aos pontos no rio com variações da ordem de $1,05 \times 10^3$ NMP/100mL (dez/12 - PR2) a $7,9 \times 10^5$ NMP/100mL (nov/12 - PR3). A maior concentração de *E.coli* foi detectada em Nov/12, no ponto PR4 correspondendo a $1,30 \times 10^5$ NMP/100mL. Foi observado ainda que os pontos PA2, PA4 e PA5 apresentaram teores de CTT (da ordem de 10^6 NMP/100mL) e de *E.coli* (10^5 NMP/100mL) característicos de esgotos domésticos *in natura*.

Quanto às concentrações de nutrientes no rio, no ponto inicial (PR1) o teor de PT já se apresentou extremamente elevado quando comparado ao padrão legal (0,050 mg/L), variando entre 1,253 mg/L (jul/12) e 1,444 mg/L (nov/12). Para a amônia total, de um modo geral os menores teores aproximaram-se dos 5 mg/L N-NH₃/L, valores muito elevados visto que o pH apresenta tendência crescente, superior a 7,3 na maioria das amostras. Tal condição indica que há uma redução da amônia ionizada e, conseqüentemente, predomina-se a sua forma tóxica à biota aquática. Nos pontos de aporte, as maiores concentrações de PT foram detectadas no PA4 (entre 2,261 mg/L, em jan/13, e 6,688 mg/L, set/12). Em relação ao nitrogênio amoniacal total, obteve-se valores extremamente elevados entre 43,14 mg/L em nov/12 e 51,553 mg/L em jan/13.

Dentre os objetivos específicos propostos nesta pesquisa pode-se constatar principalmente a influência antrópica sobre a poluição das águas da sub-bacia B-2 do rio Cocó, como também a identificação das fontes poluidoras ao longo do trecho estudado.

Diante dos resultados obtidos, podem-se tecer as seguintes considerações em relação às hipóteses levantadas nesta tese:

Hipótese 1 –

“A expansão urbana desordenada na margem direita do rio Cocó causa a poluição de suas águas”.

Apesar de o rio apresentar sinais evidentes de poluição no ponto de extremo montante (PR1); de receber elevada carga poluidora na confluência com seu tributário riacho Tauape que drena a sub-bacia B-1, foi observado que a qualidade de suas águas tende a piorar no sentido do fluxo por influência dos aportes dos tributários situados na margem direita, especialmente os pontos PA2 (efluente final da ETE situada no conjunto Tancredo Neves) PA4 e PA5 (galerias de drenagem de águas pluviais contaminadas por lançamento clandestino de águas residuárias de origem doméstica e comercial) concorrendo para o aumento da poluição do rio.

Hipótese 2 –

“A poluição das águas se intensificam à medida que se aproxima de sua foz, o que, certamente, causa impacto na ‘Praia do Futuro’, local de grande afluxo de turistas”.

Considerando-se que os pulsos poluidores que são aportados ao rio a montante se refletiram no primeiro ponto do trecho estudado e que esta poluição tende a se estender no sentido do fluxo, especialmente em relação ao teor de matéria orgânica e de bactérias indicadoras de contaminação fecal, existe a probabilidade de que esta carga de contaminação se projete em direção à foz, refletindo-se especialmente na depreciação da qualidade destas águas para a recreação de contato primário. Ressalte-se que na série histórica de dados de avaliação da balneabilidade das praias na região da foz publicados nos boletins emitidos pela SEMACE, estas tem se apresentado sistematicamente impróprias durante o período chuvoso.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As conclusões que o presente estudo apresenta vem ao encontro de diversos trabalhos e estudos realizados ao longo da bacia do Cocó , entre o quais destacamos Vasconcelos et al (1985), Oliveira (1997), Viana (2000), Pessoa(2002), Zanella (2005), Santos(2006), Bento (2011), Lima(2012).

Os resultados deste estudo permitiram concluir que:

- a) O adensamento demográfico e ocupação urbana irregular de áreas vulneráveis às margens dos ecossistemas hídricos têm gerado grandes impactos;
- b) A expansão urbana causada pelo desenvolvimento imobiliário em direção à região sudeste de Fortaleza, cada vez mais se intensifica, a pesar da precariedade de infraestrutura de saneamento básico.
- c) Os resultados das análises realizadas no monitoramento sistemático das águas do rio indicaram o avanço da poluição no trecho estudado, causada principalmente por aporte de águas residuárias domésticas e comerciais e disposição inadequada de resíduos sólidos na área de influência direta;
- d) Algumas áreas situadas às margens do rio Cocó, e em toda a sua extensão dentro do município de Fortaleza, foram consideradas de alta vulnerabilidade socioambiental que além das inundações, apresentam um alto grau de comprometimento da qualidade de suas águas devido ao lançamento de águas residuárias (esgotos domésticos e industriais) sem tratamento;
- e) os resultados das análises realizadas no monitoramento sistemático das águas do rio indicam o avanço da poluição, expressas pelas concentrações elevadas de material oxidável (mínimo de 15 mg/L), nitrogênio amoniacal (acima de 5 mg/L), fósforo total (mínimo de 0,547 mg/L) e reduzidos teores de oxigênio dissolvido (máximo de 1,6 mg/L); além de elevadas concentrações de bactérias de origem fecal (teor de *Escherichia coli* da ordem de 10^4 NMP/100mL, na maioria das amostras) excedendo os padrões estabelecidos pelo CONAMA 357/2005 para águas doces de classe 2, devido ao aporte contínuo de

poluentes, através das entradas pontuais, colocando suas águas em constante processo de degradação, impedindo o seu processo natural de autodepuração.

f) além dos impactos citados, a expansão urbana causada pelo desenvolvimento imobiliário em direção à região sudeste de Fortaleza, cada vez mais se intensifica, observa-se ainda:

- precariedade de sistema de saneamento básico, notadamente de esgotamento sanitário, drenagem e da disposição inadequada do lixo;
- lançamento de esgotos sanitários de forma clandestina em todas as galerias de drenagem pluvial avaliadas;
- supressão, em grande parte, da vegetação ciliar e do manguezal do rio Cocó ou mesmo o impedimento do alcance da influência de maré devido às intervenções no leito do rio, como é o caso da Av. Murilo Borges, provocando a morte do mangue;
- ocupação irregular nas Áreas de Preservação Permanente – APPs;
- falta de programas de educação ambiental que esclareça a comunidade sobre a importância do rio e a envolva nas atividades voltadas para as práticas protecionistas e recuperadoras;

Com base nos resultados obtidos e nas reflexões teóricas e conceituais que permearam todo o estudo realizado, apresentam-se as seguintes recomendações para melhoria das condições ambientais da sub - bacia-B2 do rio Cocó:

- a) Criação de um corredor ecológico no rio Cocó, permitindo a recuperação e proteção do rio;
- b) Implantação sistemas públicos de esgotamento e tratamento de esgotos sanitários nas áreas desprovidas destes sistemas, especialmente no âmbito da sub-bacia B-2;
- c) Melhoria do Plano Diretor de Drenagem Urbana existente e sua efetiva implementação;

- d) Desenvolvimento de ações para identificação e avaliação da ocupação ilegal de Áreas de Preservação Permanente dos ecossistemas hídricos urbanos da cidade, amenizando a situação de estresse ecológico em que se encontram;

- e) Desenvolvimento de um programa de monitoramento da qualidade física, química e bacteriológica sistemática ao longo do rio Cocó, como subsídio para a implantação de ações recuperadoras e protecionistas;

- f) Disseminação de programas de educação ambiental com a finalidade de discutir a importância do rio Cocó para a sustentabilidade ambiental da cidade de Fortaleza.

- g) Implantação sistemas públicos de esgotamento e tratamento de esgotos sanitários nas áreas desprovidas destes sistemas, especialmente no âmbito da sub-bacia B-2;

- h) Melhoria do Plano Diretor de Drenagem Urbana existente e sua efetiva implementação;

- i) Desenvolvimento de ações para identificação e avaliação da ocupação ilegal de Áreas de Preservação Permanente dos ecossistemas hídricos urbanos da cidade, amenizando a situação de estresse ecológico em que se encontram;

- j) Desenvolvimento de um programa de monitoramento da qualidade física, química e bacteriológica sistemática ao longo do rio Cocó, como subsídio para a implantação de ações recuperadoras e protecionistas;

- l) Disseminação de programas de educação ambiental com a finalidade de discutir a importância do rio Cocó para a sustentabilidade ambiental da cidade de Fortaleza.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969**: tanques sépticos - projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

_____. **NBR 10520**: apresentação de citações em documentos. Rio de Janeiro, 2002a.

_____. **NBR 6023**: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002b.

_____. **NBR 6024**: numeração progressiva das seções de um documento. Rio de Janeiro, 2003a.

_____. **NBR 6027**: sumário. Rio de Janeiro, 2003b.

_____. **NBR 6028**: resumos. Rio de Janeiro, 2003c.

_____. NBR 14724: Informação e documentação – Trabalhos acadêmicos – Apresentação. Rio de Janeiro, 2011.

AISSE, M.M. **Sistemas Econômicos de Tratamento de Esgotos Sanitários**. Rio de Janeiro: ABES 2000.

ALBERTO, A., RUGANI, C. A. & CAMARGO, A. F. M. 2004. Influência do lançamento de esgoto orgânico nas características limnológicas do rio Camanducaia, bacia hidrográfica do rio Piracicaba, SP. **Pluralis Multitemática** 2: 145-162.

ALLEN M. J, EDBERG S.C., REASONER D.J. Heterotrophic plate count bacteria – what is their significance in drink water? *International Journal of Food Microbiology*, v.92, p. 265-274, 2004.

ANDRADE NETO, C. O. **Sistemas Simples para Tratamento de Esgotos Sanitários – Experiência Brasileira**. Rio de Janeiro , ABES, 301p. 1997.

AMARAL, Ernesto Matos Gurgel do. **História de Messejana**. Fortaleza, 1996 (ensaio publicado pela Sociedade Educadora de Messejana).

APHA –AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION – AWWA; WATER ENVIRONMENT FEDERATION – WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 17ed. Washington D C: APHA, 1989, 1587p.

APHA, AWWA, WEF, “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”. 18 st ed. American Public Health Association, Washington, D.C, 1995.

APHA, AWWA, WEF, “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”. 21st ed. American Public Health Association, Washington, D.C, 2005.

ARAÚJO, A. M. M. **Fortaleza, metrópole regional: trabalho, moradia e acumulação**. Fortaleza: EDUECE, 2010.

ARAÚJO, L.H.Siqueira de. **Diagnóstico georreferenciado do uso e ocupação do solo nas áreas de preservação permanente (APP) da sub-bacia B1, bacia do rio Cocó**. Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, na área de concentração em Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

BARBOSA, Bárbara Chaves *et al.* Avaliação da qualidade da água de um trecho do Rio Cocó sob possível influência do lixão desativado do Jangurussu, Fortaleza/Ce. **Revista Conexões**. Fortaleza/CE, v. 6, n. 3, p. 26-40, nov. 2012.

BARUQUI, A. M.; FERNANDES, M. R. Práticas de conservação do solo. Belo Horizonte. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte. v. 11, n. 128. p. 55-69, ago. 1985.

BENTO, Victor Régio da Silva. **Centro e periferia em Fortaleza sob a ótica das disparidades na infraestrutura de saneamento básico**. Dissertação de mestrado acadêmico

em Geografia, Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia. Fortaleza, 2011.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6ª ed. Viçosa-MG. UFV. 1995. 657p.

BERNAL, M. C. C. **A Metrópole Emergente: a ação do capital imobiliário na estruturação urbana de Fortaleza**. Fortaleza: Editora UFC/ Banco do Nordeste do Brasil S.A., 2004.

BRAGA, R.; CARVALHO, P. F. C. **Recursos hídricos e planejamento urbano e regional**. Rio Claro: Laboratório de Planejamento Municipal-IGCE-UNESP. 2003. p.113-127.

BRANCO, S. M. Hidrologia aplicada à engenharia sanitária. 3ª ed. São Paulo. CETESB/ACATESB. 1986. 640p.

BRANDÃO, Ricardo Lima. (1995). Sistema de Informações para Gestão e Administração Territorial da Região Metropolitana de Fortaleza - **Projeto SINFOR**: Diagnóstico Geoambiental e os Principais Problemas de Ocupação do Meio Físico da Região Metropolitana de Fortaleza: CPRM. Fortaleza – CE.

BRASIL. **Normais Climatológicas do Brasil (1961-1990)**. Edição revista e ampliada (CD). Instituto Nacional de Meteorologia. Brasília, DF, 2009.

_____. **Estatuto da Cidade**. Lei Ordinária nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Publicada no Diário Oficial da União (DOU) em 11/07/2001, p. 1, Poder Executivo, Brasília, DF.

BRIGANTE, J. & ESPÍNDOLA, E. L. G. **Limnologia Fluvial: Um Estudo no Rio Mogi - Guaçu**. São Carlos: Editora RIMA. 278p. 2003.

BRITO F.; HORTA, C. J. G.; AMARAL, E. F. de L. A urbanização recente no Brasil e as aglomerações metropolitanas. Associação Brasileira de Estudos Populacionais - Abep. **Anais...**2001. Disponível em: <http://www.abep.org.br/usuario/GerenciaNavegacao.php?caderno_id=362&nivel=1&texto_id=2092>. Acesso em: 5 fev. 2012.

CAGECE. **Relatório Anual 2006**. Ceará: CAGECE, 2007. 94 p.

_____. Companhia de Água e Esgoto do Ceará. **Histórico do Sistema de Esgotamento Sanitário de Fortaleza**. Disponível em: <<http://www.cagece.com.br/categoria2/meio-ambiente/historico-do-sistema-deesgotamento-sanitario-de>>. Acesso em: 22 de maio de 2010.

CARLEIAL, A. N.; ARAÚJO, A. M. M. (organizadoras). **Atlas de fortaleza 2000**. Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza: Ed UECE, 2010. 110p. 136.

CARVALHO, R.A ; OLIVEIRA, M.C.V. Princípios básicos de saneamento do meio. São Paulo. 3 ºed.:editora SENAC. São Paulo, 2003.

CASTRO, JOSÉ L. de. “**Fatores de localização e de expansão da cidade de Fortaleza**”. Ed. UFC, 1977.

CETESB. < www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.#cadmio>. Acesso: 05 de abril de 2006.

CHAVES, H. M. L. **Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Brasília: BANCO MUNDIAL, 1998.

COCÓ vida e agonia de um rio. **Revista Universidade Pública**, Fortaleza, v.6, n. 30, mar./abr, 2006.

COGERH, Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. **Revisão do Plano de gerenciamento das águas das bacias metropolitanas e elaboração dos planos de**

gerenciamento das águas das bacias do Litoral, Acaraú e Coreaú, no estado do Ceará.

Relatório de Tarefas 2. Fortaleza, mar. de 2010.

CONAMA. Ministério do Meio Ambiente e Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama). **Resolução Conama nº 357/05, de 17 de março de 2005:** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Publicado no DOU, nº53, 18 mar. 2005. p. 58-63.

_____. Ministério do Meio Ambiente e Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama). **Resolução Conama nº 401, de 4 de novembro de 2008:** Estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado, e dá outras providências.

_____. Ministério do Meio Ambiente e Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama). **Resolução nº 430, de 13 de Maio de 2011:** Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conama.

CONTE M.L. **Espécies químicas dissolvidas no Ribeirão Lavapés, Botucatu-SP.** Botucatu, 1992. 123p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

COSTA, H. S. M. (org.). **Novas periferias metropolitanas - A expansão metropolitana em Belo Horizonte: dinâmica e especificidades do Eixo Sul.** Belo Horizonte: C/Arte, 2006.

COSTA, M. C. L. **Fortaleza: expansão urbana e organização do espaço.** In: SILVA, J. B.; CAVALCANTE, T. C.; DANTAS, E. W. C. Ceará: Um Novo Olhar Geográfico. 2ª Ed. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2007.

COSTA, Maria Clélia Lustosa, DANTAS, Eustógio Wanderley Correia, [organizadores]. **Vulnerabilidade socioambiental na região metropolitana de Fortaleza.** Fortaleza: Edições UFC, 2009.

CUSTÓDIO, E.; LLAMAS, M. R. “Hidrologia subterrânea” . 2ed. Barcelona: Ed. Omega, 2.v., 1983

CORRÊA, Roberto Lobato Azevedo. **O espaço urbano.** 3.ed. São Paulo: Ática, 1995b (1989).

GUERRA, A. J. T, CUNHA, S.B. da (org.). **Geomorfologia e Meio Ambiente.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

DANTAS, Eustógio Wanderley Correia; SILVA, José Borzacchiolo da; COSTA, Maria Clélia Lustosa. **De cidade à metrópole: (trans)formações urbanas em Fortaleza** – Fortaleza: Edições UFC, 2009.

DEZOTTI, M. **Processos e técnicas para o controle ambiental de efluentes líquidos.** Rio de Janeiro: E-Papers, 2008. 360 p. (Série Escola Piloto de Engenharia Química).

DIÓGENES, Beatriz Helena Nogueira. **Dinâmicas Urbanas Recentes da Área Metropolitana de Fortaleza.** Tese em Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, 2012.

EMPRESA MUNICIPAL DE LIMPEZA E URBANIZAÇÃO - EMLURB. **Relatório das Atividades Desenvolvidas pela Diretoria de Limpeza Urbana - DLU no Ano de 2005.** Fortaleza, 2005.

ESTEVES, A. F. **Fundamentos de limnologia.** Rio de Janeiro: Interciência, 1988. 575p.

FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Roessler. **Monitoramento da qualidade da água– Rio Gravataí**. Porto Alegre: FEPAM, 1996. 74 p

FERREIRA, Antônio Geraldo; MELLO, Namir Giovanni da Silva. Principais Sistemas Atmosféricos Atuantes Sobre a Região Nordeste do Brasil e a Influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico no Clima da Região. **Revista Brasileira de Climatologia**, Presidente Prudente, vol. 1, nº 1, p. 15-28, 2005.

FILIPPO, R. D. Impactos ambientais sobre os ecossistemas aquáticos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.21, n.202, p.45-53, 2000.

FONTES, Andréia Regina Martins BARBASSA, Ademir Parceli. Diagnóstico e Prognóstico da Ocupação e da Impermeabilização Urbana. **RNRH**, v. 8, n. 2, p. 137-147, Abr/jun 2003.

FORTALEZA. **SANEAR** – Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente – SDU. Fortaleza. Governo do Estado do Ceará, 1996.

_____. **Inventário ambiental dos sistemas hídricos e orla marítima do município de Fortaleza**. Relatório de andamento I. Fortaleza: Prefeitura Municipal de Fortaleza/SEMAM/ASTEF, 2003.

_____. **Onda Verde-Programa de Educação Ambiental de Fortaleza**. Fortaleza: Prefeitura Municipal de Fortaleza, 2008a (Texto e CD).

_____. Prefeitura Municipal de Fortaleza. **Decreto Nº 12450, 14 de novembro de 2008:** define os perímetros das áreas de preservação constantes da Planta 1 a que se refere o § 1º do art. 10 da Lei nº 7.987, de 23 de dezembro de 1996. Diário Oficial do Município, Poder Executivo, Fortaleza, CE, 18 nov. 2008.

_____. Prefeitura Municipal de. Lei Complementar nº 062 de 2 de Fevereiro de 2009 - Plano Diretor Participativo do Município de Fortaleza. Diário Oficial do Município, Fortaleza, CE, 13 de Março de 2009.

FUCK, Júnior; SÉRGIO, César de França. Expansão urbana e segregação espacial no sudeste do município de Fortaleza. Fortaleza, 2002,176 f, Dissertação (Pós-graduação em Geografia) - Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2002.

FUNCEME. **Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos.** Disponível: <http://www.funceme.br/index.php/listanoticias/161-probabilidade-maior-de-chuvas-abaixo-da-media-no-ceara-entre-fevereiro-e-abril-de-2010>. Acesso em: 07 de junho 2013.

GENZ, F; TUCCI, C. E. M. **Infiltração em Superfícies Urbanas.** Revista Brasileira de Engenharia. Caderno de Recursos Hídricos, vol. 13, n. 1, jun. 1995.

HAANDEL, A.C. Van; LETTINGA, G. Tratamento anaeróbio de esgotos: um manual para regiões de clima quente. Campina Grande: Epgraf, 1994.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico.** On line. Rio de Janeiro, 2000. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/default.php>.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2000:** características da população e dos domicílios. Resultados do Universo: Brasil, Grandes Regiões, unidades da Federação, Mesorregiões, Microrregiões, Regiões Metropolitanas, Distritos, Subdistritos e Bairros. CD-ROM. Rio de Janeiro, 2001.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades @. **Censo Demográfico de Fortaleza.** Rio de Janeiro, 2010b.

IBM Corp. Released 2012. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 21.0. Armonk, NY: IBM Corp.

IPECE. Secretaria do Planejamento e Gestão. Governo do Estado do Ceará. **Perfil Básico Municipal 2011 Fortaleza**. Fortaleza/CE: IPECE, 2011.

_____. Secretaria do Planejamento e Gestão. Governo do Estado do Ceará. **Ceará em Números**. Fortaleza: IPECE, 2011.

_____. Secretaria do Planejamento e Gestão. Governo do Estado do Ceará. **Perfil Básico Municipal 2012 Fortaleza**. Fortaleza/CE: IPECE, 2012.

_____. Secretaria do Planejamento e Gestão. Governo do Estado do Ceará. **Perfil Socioeconômico de Fortaleza**. Fortaleza/CE: IPECE, 2012.

JACOBI, Pedro. **Impactos Socioambientais Urbanos – do risco à busca de sustentabilidade**. In: Impactos Socioambientais Urbanos. Org. Francisco Mendonça. Curitiba: UFPR, 2004. p. 169-184.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 5. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 940p.

JÚNIOR, Sergio Cesar de França F. **Aspectos históricos da expansão urbana no sudeste do município de Fortaleza, Ceará – Brasil**. In: Caminhos de Geografia v.5, n.13, pp.141-157, Out/2004.

KATO, M. T. **“Alcalinidade”**. Roteiro de aula da disciplina **Qualidade da Água, do Ar e do Solo**. Escola de Engenharia Mauá. São Caetano do Sul/SP, 1983.

KATO, M.T. **“Sulfatos”**. Roteiro de aula da disciplina **Qualidade da Água, do Ar e do Solo**. Escola de Engenharia Mauá. São Caetano do Sul/SP, 1983.

KAWAI, Hideo. **Avaliação de Desempenho de Estações de Tratamento de Esgotos**. São Paulo: CETESB, 1991.

Lei complementar nº 14, de 8 de junho de 1973. Estabelece as regiões metropolitanas de São Paulo, Belo Horizonte, Porto Alegre, Recife, Salvador, Curitiba, Belém E Fortaleza.

Lei nº 7987 de 23 de dezembro de 1996 (lei consolidada). Dispõe sobre o uso e a ocupação do solo no município de Fortaleza, e adota outras providências.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água.** Campinas, SP: Editora Átomo, 2ª edição. 2008.

LIMA, W.C.; JUNIOR, A.C.P.B. Sistemas de gestão ambiental em saneamento nos setores públicos e privados – experiências da CAESB e da CETREL. *In:* 21 CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2001, João Pessoa. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 2001.

LIMA, Isabelly Silva. **Caracterização Física, Química e Biológica da água na sub-bacia b1, do rio Cocó- Fortaleza-Ce, com ênfase nos aspectos da poluição ao longo de um ciclo climático.** Dissertação de mestrado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

LOPES, Francisco Clébio Rodrigues. A centralidade da Parangaba como produto da fragmentação de Fortaleza (CE). *In:* SILVA, José Borzacchiello da (Org.); *et al.* **Litoral e Sertão, natureza e sociedade no nordeste brasileiro.** 1ª ed. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006. V. 1. 446p.

LOUREIRO, Caroline V., FARIAS, Juliana F. **Impactos ambientais resultantes da impermeabilização do solo na cidade de Fortaleza-CE.** Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Universidade Federal de Viçosa, 2009.

MARICATO, E. **Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana.** Petrópolis, RJ: vozes, 2001.

MATOS, A. M. y NETO, A. *Opulência e Miséria nos Bairros de Fortaleza*. Scripta Nova. **Revista electrónica de geografía y ciencias sociales**. Barcelona: Universidad de Barcelona, 1 de agosto de 2003, vol. VII, núm. 146(030). <[http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-146\(030\).htm](http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-146(030).htm)> [ISSN: 1138-9788]

MENDONÇA, Sergio Rolim & CEBALOS, Beatriz Susana de O. **Lagoa de Estabilização e Aeradas Mecanicamente: Novos Conceitos**. João Pessoa, PB: S Rolim Mendonça, 1990.

MENEZES, C.L. **Desenvolvimento urbano e meio ambiente: a experiência de Curitiba**. Campinas, SP: Papirus, 1996.

MENEZES, Vicente de Paulo Lima. **As feiras-livres em Fortaleza: retrato da polissemia urbana**. Dissertação - Curso de Pós-Graduação do mestrado acadêmico em Geografia. Universidade Estadual do Ceará – UECE, Fortaleza, 2005.

MELLO, Namir Giovanni da Silva. *Eventos Pluviométricos intensos em ambiente urbano: Fortaleza, episódio do dia 29/01/2004*. In: SILVA, José Borzacchiello da *et al.* (Orgs). **Litoral e Sertão: natureza e sociedade no nordeste brasileiro**. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006.

METCALF, L.; EDDY, H.P. **Wastewater engineering: Treatment, disposal and Reuse**. Nova York: MacGraw-Hill; 1991.

MEYBECK M. **The Global Change of continental aquatic systems: dominant impacts of human activities**. Water Sci. Technol, 2004.

MORAES, Isaac Ribeiro. **O Processo de Urbanização e o Estudo de Impacto de Vizinhança – EIV**. 2007. Universidade Católica de Santos – UNISANTOS. Santos. São Paulo.

MOTA, Almir. **Cocó, o rio amigo**. 3.^a ed. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2004.

MOTA, S. **Preservação e conservação de recursos hídricos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária – ABES, 1995.

_____. **Urbanização e meio ambiente**. 3 ed. Rio de Janeiro: ABES, 2003.

_____. _____. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária – ABES 2011.

_____. **Gestão Ambiental de Recursos Hídricos**. 3ed. Rio de Janeiro: ABES 2008.

MOURA-FÉ. M. M. **Evolução do sítio natural de Fortaleza / Ceará**. Fortaleza: UFC, 2008. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós- Graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

MUNIZ, M.A P. C. **O Plano Diretor como Instrumento de Gestão da Cidade: O Caso da Cidade de Fortaleza**. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós- Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Natal, 2006.

MUNIZ, A.M.V.; SILVA, J. B.; COSTA, M. C. L.. **Reestruturação produtiva, trabalho e transformações no espaço metropolitano de Fortaleza**. Boletim Goiano de Geografia (Impresso), v. 31, p. 13-25, 2011.

NIMER, Edmon. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979, p. 405 – 414.

_____. **Climatologia do Nordeste**. *In*: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Geografia do Brasil: Região Nordeste. V. 2. Rio de Janeiro: SERGRAF/IBGE, 1977, p. 47-84.

_____. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.

NUVOLARI, A. **Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. Edgard Blucher: São Paulo, 2003.

OBSERVATÓRIO DAS METRÓPOLES. **Análise da estrutura Intra-Metropolitana da Região Metropolitana de Fortaleza**. Relatório do Instituto Milênio, 2006.

OLIVEIRA, M. R. L. **Caracterização do percolado do lixão do Jangurussu e seu possível impacto no rio Cocó**. Dissertação de mestrado em Recursos Hídricos - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 89p, 1997.

OLIVEIRA, A. M., NARDINI, E. C., RIBEIRO-FILHO, B. G. & ALBERTO, A. 2003. Autodepuração da poluição no rio Camandocaia, Amparo-SP. **Pluralis Multitemática** 1: 33-45.

OLIVEIRA, E.C.A. **Avaliação da remoção de matéria orgânica na Estação de Tratamento de Esgoto de Ponta Negra/RN**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Departamento de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2004.

PEQUENO, L. R. N. (Ord). **Como anda Fortaleza**. Rio de Janeiro: Observatório das Metrópoles. 2009, p.225.

PEREIRA, R. S. **Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos**. Revista Eletrônica de Recursos Hídricos. IPH – UFRGS. v.1, n.1.p.20-36, 2004.

PERES, R.B. E SILVA, R.S. **A relação entre Planos de Bacia Hidrográfica e Planos Diretores Municipais: Análise de Conflitos e Interlocações visando Políticas Públicas Integradas**. V Encontro Nacional da Anppas 4 a 7 de outubro de 2010. Florianópolis - SC – Brasil.

PESSOA, E. V. **Estudo do “Standing-Crop” da Água do estuário do rio Cocó (Ceará-Brasil), como indicador das modificações físico-químicas do meio**. Dissertação (Mestrado

em Desenvolvimento e Meio ambiente) – Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio ambiente, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 142 p, 2002.

PIMENTA, H.C. D TORRES, RODRIGUES, B.S; ROCHA JUNIOR, J.M. **O esgoto: a importância do tratamento e as opções tecnológicas.** XXII encontro nacional de engenharia de produção. Outubro. 2002.

PDFOR. PLANO DIRETOR PARTICIPATIVO DE FORTALEZA. Instituído pela **Lei Complementar Nº 062**, de 02 de Fevereiro de 2009, publicado no Diário Oficial do município de Fortaleza, ano LVI, em 13 de março de 2009.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FORTALEZA - PMF. **Plano Diretor Participativo.** Disponível em: <<http://www.sepla.fortaleza.ce.gov.br/planodiretor>>. Acesso em: 20 jun. 2007.

PHILIPPI JUNIOR *et al.* (edit.). **Curso de Gestão Ambiental.** Barueri, SP: Manole, 2004. 1045p.

PHILPPI, A. J.; BRUNA, G.C. **“Política e Gestão Ambiental”**, *In:* Arlindo Philppi Jr, Marcelo de A. Roméro, Gilda C. Bruna (orgs.), Curso de Gestão Ambiental. Barueri, SP: Manole, 657-714, 2004.

PONTE, Sebastião Rogério. **Fortaleza Belle Époque: reformas urbanas e controle social (1860-1903).** Fortaleza: Fundação Demócrito Rocha, 1993.

QUEIROZ, Pedro Henrique Balduino de. Caracterização geoambiental e morfométrica de um trecho do médio curso da bacia hidrográfica do rio Pacoti/ce. *In:* XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Universidade Federal de Viçosa, 6 a 10 de julho de 2009. Viçosa – Minas Gerais, **Anais...** Minas Gerais: Editora UFV, 2009.

RIVERA, I. N. G. & Martins, M. T. **Bactérias enteropatogênicas no ambiente aquático.** Rev. Ciênc. Farm, n.64.1996.

RODIER, J. **L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduelles, eaux de mer.** 5ed. Paris: Dunod, 1975, v.1, 629p.

ROMANELLI, C.; ABIKO, A. K. **Processo de Metropolização no Brasil.** São Paulo: EPUSP, 2011. 34 p. (Texto Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, TT/PCC/28).

SANTOS, Milton. **POR UMA GEOGRAFIA NOVA.** São Paulo, Ed. HUCITEC, 4ª edição, 1996.

_____. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção.** São Paulo, SP: Editora da Universidade de São Paulo (Edusp), 2ed, .2002.

SANTOS, Jader De Oliveira. **Fragilidade e Riscos Socioambientais em Fortaleza- CE: contribuições ao ordenamento territorial.** Tese (doutorado em Geografia Física) - Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.

SANTOS, J. de O. ; SOUZA, M. J. N. de . Compartimentação geoambiental e riscos ambientais associados na bacia hidrográfica do rio Cocó, Ceará. In: pinheiro, Daniel R. de C. (Org.). **Desenvolvimento Sustentável: desafios e discussões.** Fortaleza: ABC Editora, 2006, p. 75-98.

SANTIAGO, M.M.F. Mecanismos de salinização em regiões semiáridas. Estudo dos açudes Pereira de Miranda e Caxitoré no Ceará. 1984. [Tese de Doutorado. USP. São Paulo].

SAWYER, C.N., P.L.Parkin, G. F. **Chemistry for environmental engineering and science.** 6 ed. New. York: McGraw-Hill, 2003,752p.

SDU. **SANEAR.** Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente – SDU. Fortaleza. Governo do Estado do Ceará, 1996.

SEMACE. **PORTARIA SEMACE Nº154, de 22 de Julho de 2002:** dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras. (DOE - 01.10.2002).

SEPLA. **Fortaleza em Números.** Fortaleza: Prefeitura Municipal de Fortaleza, 2004.

SILVA, M. O. S. **Análises físicas químicas para controle de estações tratamento de esgotos.** 1990.

SILVA, José Borzacchiello da. **A cidade e o urbano.** Fortaleza: Edufc, 1997.

SILVA, José Borzacchiello da. **Características Gerais da Região Metropolitana de Fortaleza.** *In:* Vulnerabilidade socioambiental na região metropolitana de Fortaleza. Fortaleza: Edições UFC, 2009,16-53.

SILVA, A.S.; OLIVEIRA, R. Manual de análises físico-químicas de águas de abastecimento e residuárias. Campina Grande – Paraíba, 2001.

_____. A cidade contemporânea no Ceará. *In:* SOUZA, Simone de (Orga) **Uma nova história do Ceará.** Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2000, p. 215-236.

SILVA, José B. da, COSTA, M. C. L., DANTAS, E. W. C. (org.). **De Cidade a MetrÓpole:** (Trans) formações urbanas em Fortaleza, Ed. UFC, 2009.

SILVA, E.L, MENEZES, E.M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação.** Florianópolis: UFSC, 2001.

SOARES, J.M.; **Parque Ecológico do Cocó: A produção do espaço urbano no entorno de áreas de proteção ambiental.** Dissertação (Mestrado em Ecologia e Organização do Espaço) – Curso de Pós- Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

SOUZA, Marcos José Nogueira de. Contribuição ao estudo das unidades morfoestruturais do Estado do Ceará. **Revista de Geologia**, Fortaleza, v. 1, n. 1, p. 73-91, jun/1988.

_____. **O desafio metropolitano**: um estudo sobre a problemática sócio-espacial nas metrópoles brasileiras. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.

SOUZA, Maria Salete de. **Análise da estrutura urbana**. In: Dantas, Eustógio Wanderley Correia; Silva, José Borzacchiolo da; Costa, Maria Clélia Lustosa. De cidade à metrópole: (trans) formações urbanas em Fortaleza. Fortaleza: Edições UFC, 2009, p.13-86.

SOUZA, Marcos J. Nogueira de NETO, José Meneleu; SANTOS, Jader de Oliveira; GODIM, Marcelo de Souza. Diagnóstico Geoambiental do Município de Fortaleza: subsídios ao macrozoneamento ambiental e á revisão do plano diretor participativo – PDPFor. Fortaleza: Prefeitura Municipal de Fortaleza, 2009.172p.

TUCCI, C.E. M. **Modelos Hidrológicos**. Porto Alegre: Ed. Da Universidade/UFRGS/ABRH, 1998. 669p.

VARGAS, Heliana Comin; CASTILHO, Ana Luisa Howard (orgs). **Intervenções em Centros Urbanos: objetivos, estratégias e resultados**. São Paulo: Editora Manole, 2009 (2ª edição).

VIANA, M. C.; **Diagnóstico e zoneamento ambiental da bacia hidrográfica do rio Cocó no município de Fortaleza – CE**. Dissertação – Curso de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2000.

VON SPERLING, M. Princípio do tratamento biológico de águas residuárias. In: **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 1995.

_____. **Princípios básicos do tratamento de esgotos - Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Belo Horizonte, UFMG. v.2. 1996.

_____. (1997). **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Vol. 4. Lodos ativados. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG.

_____. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005. 452p.

_____. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto**. v. 1, 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - Universidade Federal de Minas Gerais, 2006.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2001.

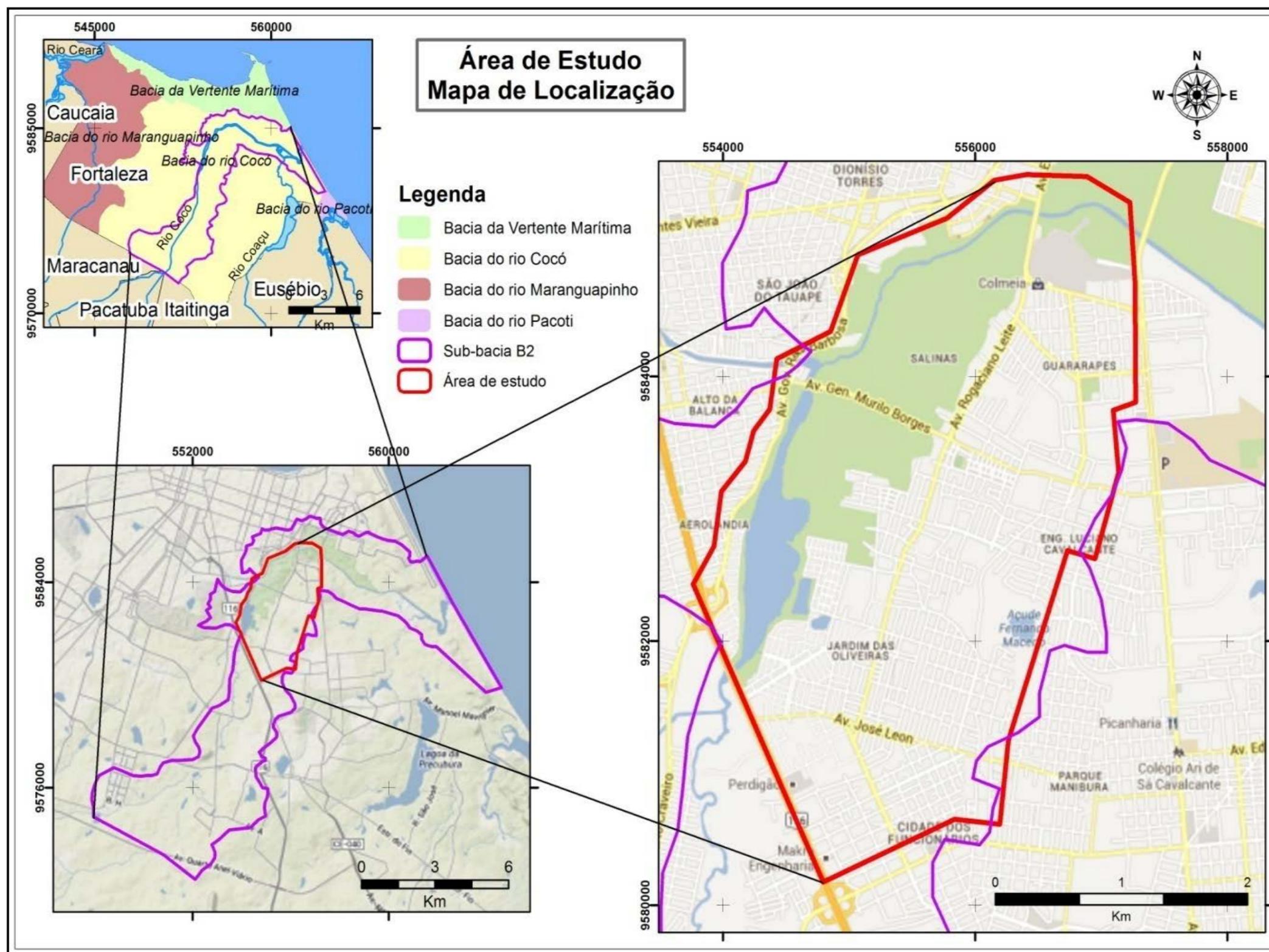
ZANELLA, Maria Elisa. **As características climáticas e os recursos hídricos do Ceará**. In: SILVA, et al (Orgs.). **Ceará: um novo olhar geográfico**. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2005, p. 169-188.

APENDICE A – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA



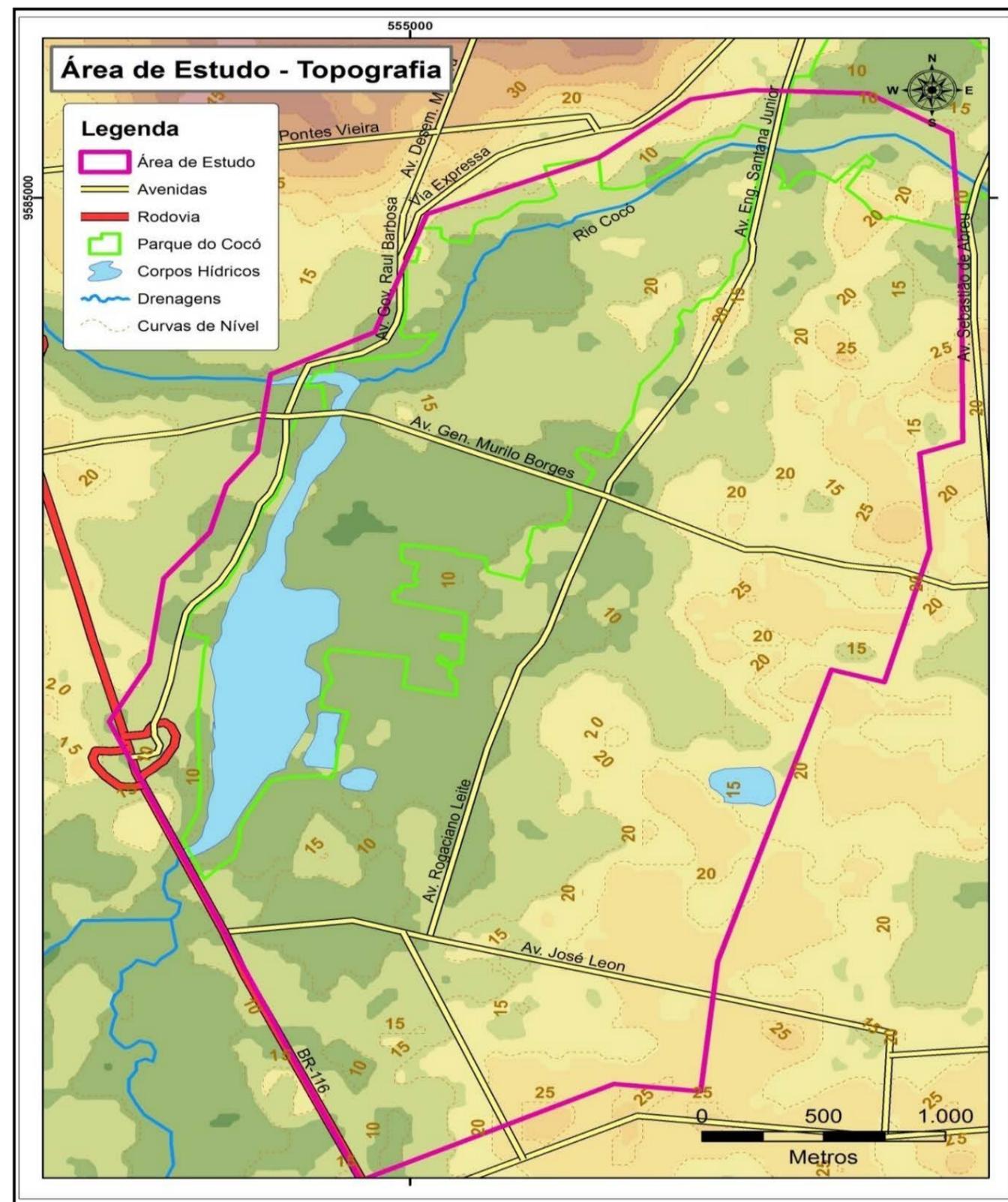
Fonte: Elaborado pelo autor, 2013.

APENDICE B – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO



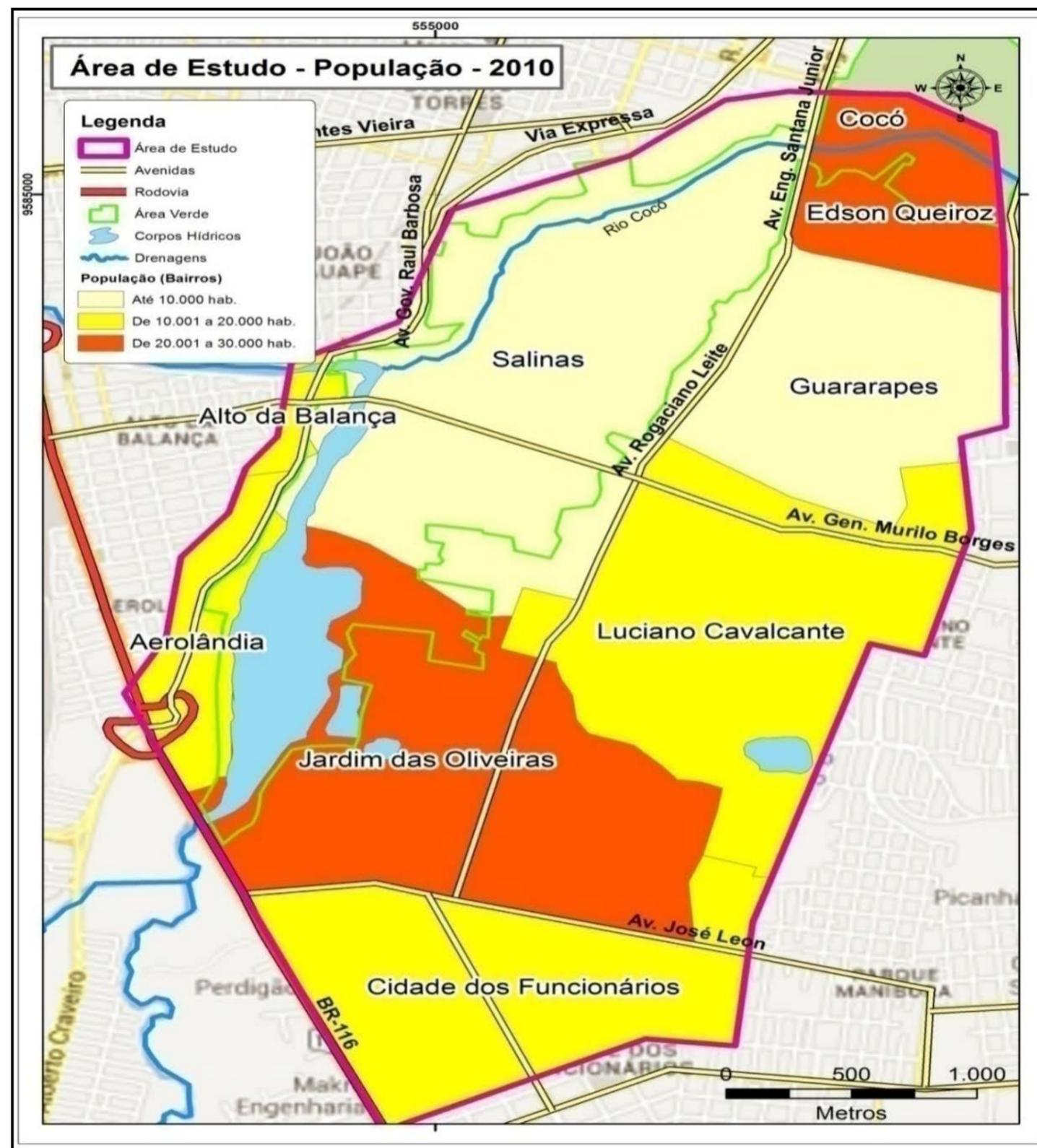
Fonte: Elaborado pelo autor, 2013.

APENDICE C – PLANIALTIMETRIA DA ÁREA DE ESTUDO



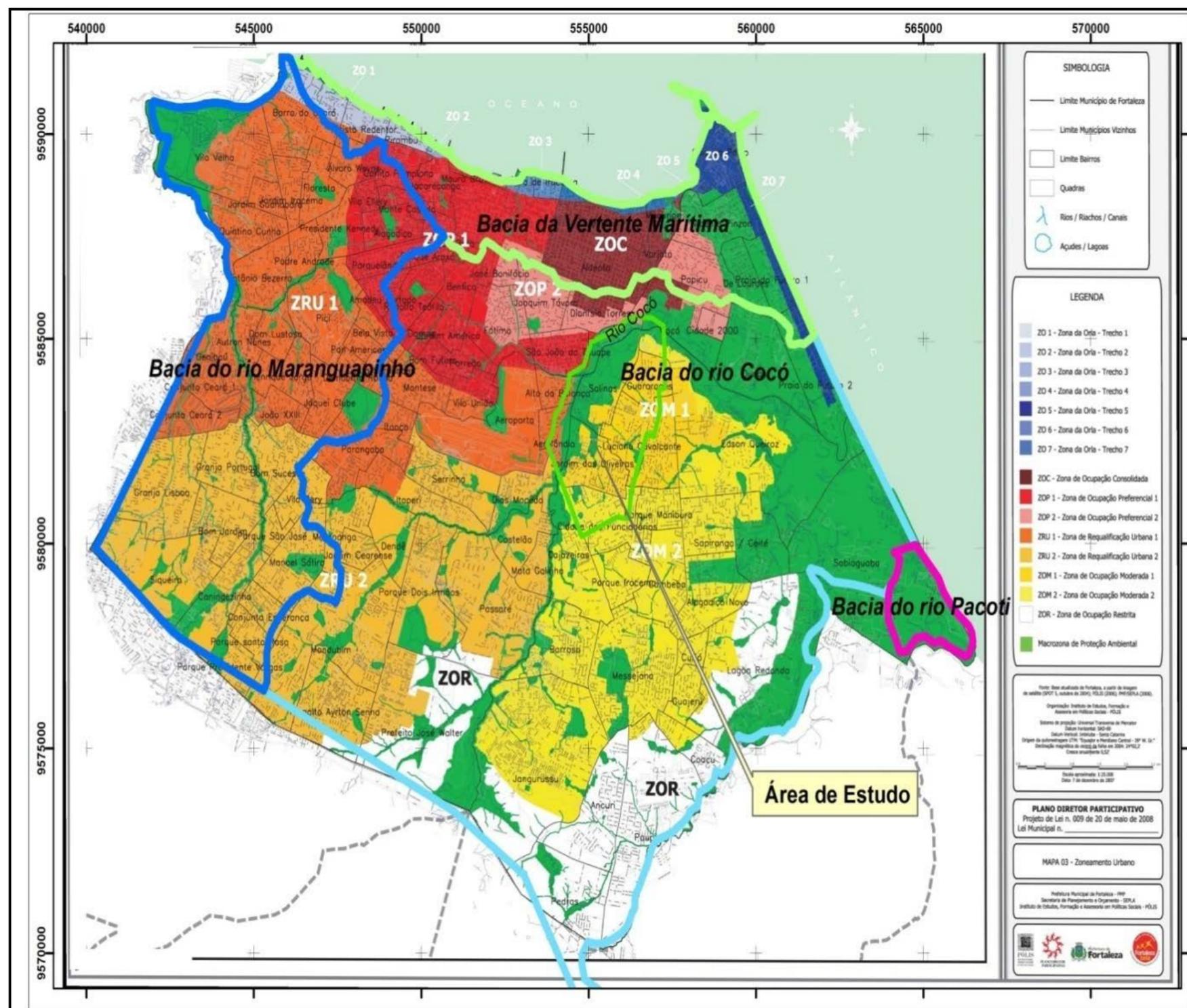
Fonte: Elaborado pelo autor, 2013.

APÊNDICE D - POPULAÇÃO TOTAL EM 2010 SEGUNDO BAIRROS DA ÁREA DE ESTUDO



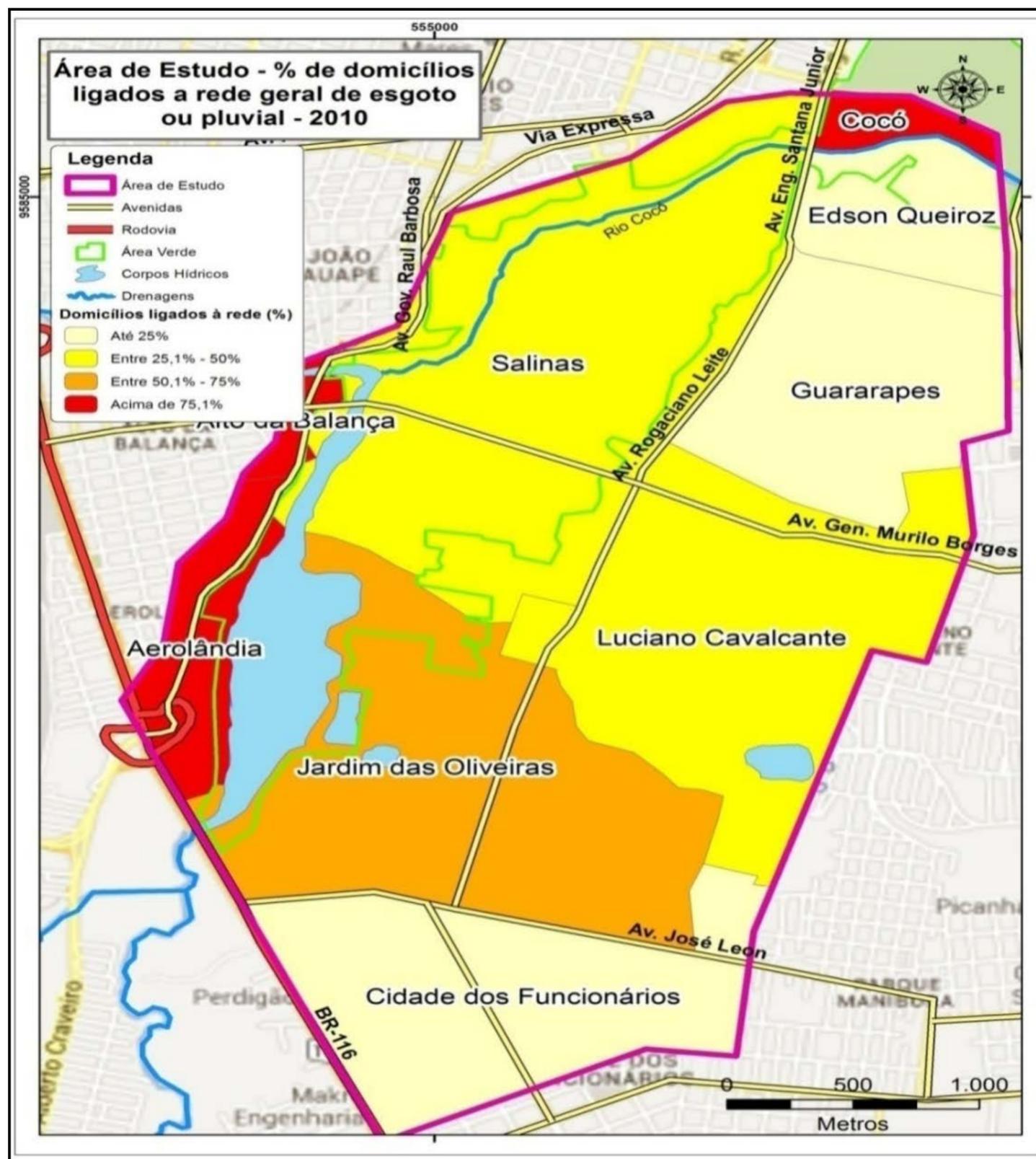
Fonte: Elaborado pelo autor, 2013.

APÊNDICE E - ZONEAMENTO URBANO DA ÁREA DE ESTUDO



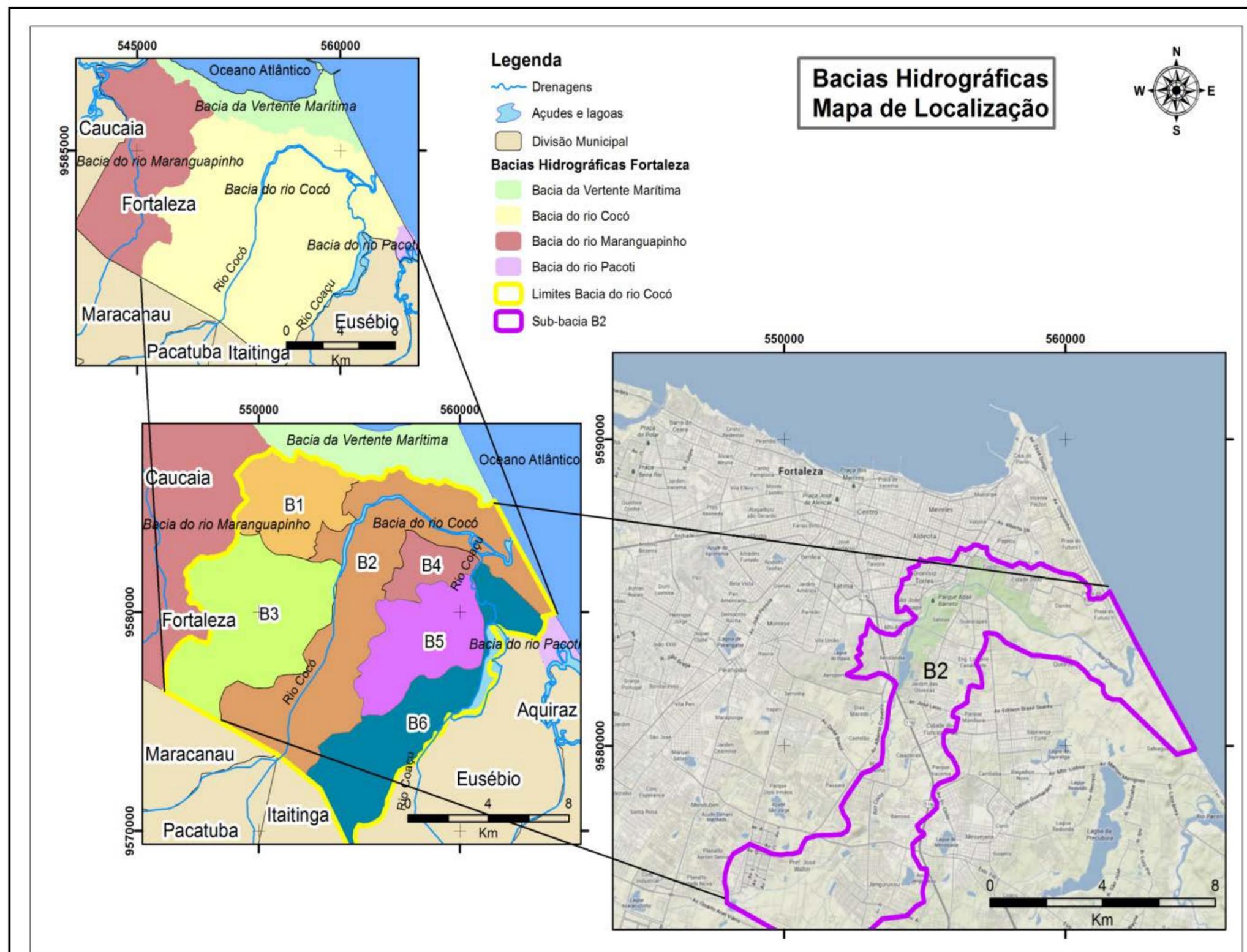
Fonte: Elaborado pelo autor, 2013.

APÊNDICE F – PERCENTUAL DE DOMICÍLIOS LIGADOS À REDE DE ESGOTO OU PLUVIAL POR BAIROS NA ÁREA DE ESTUDO – 2010



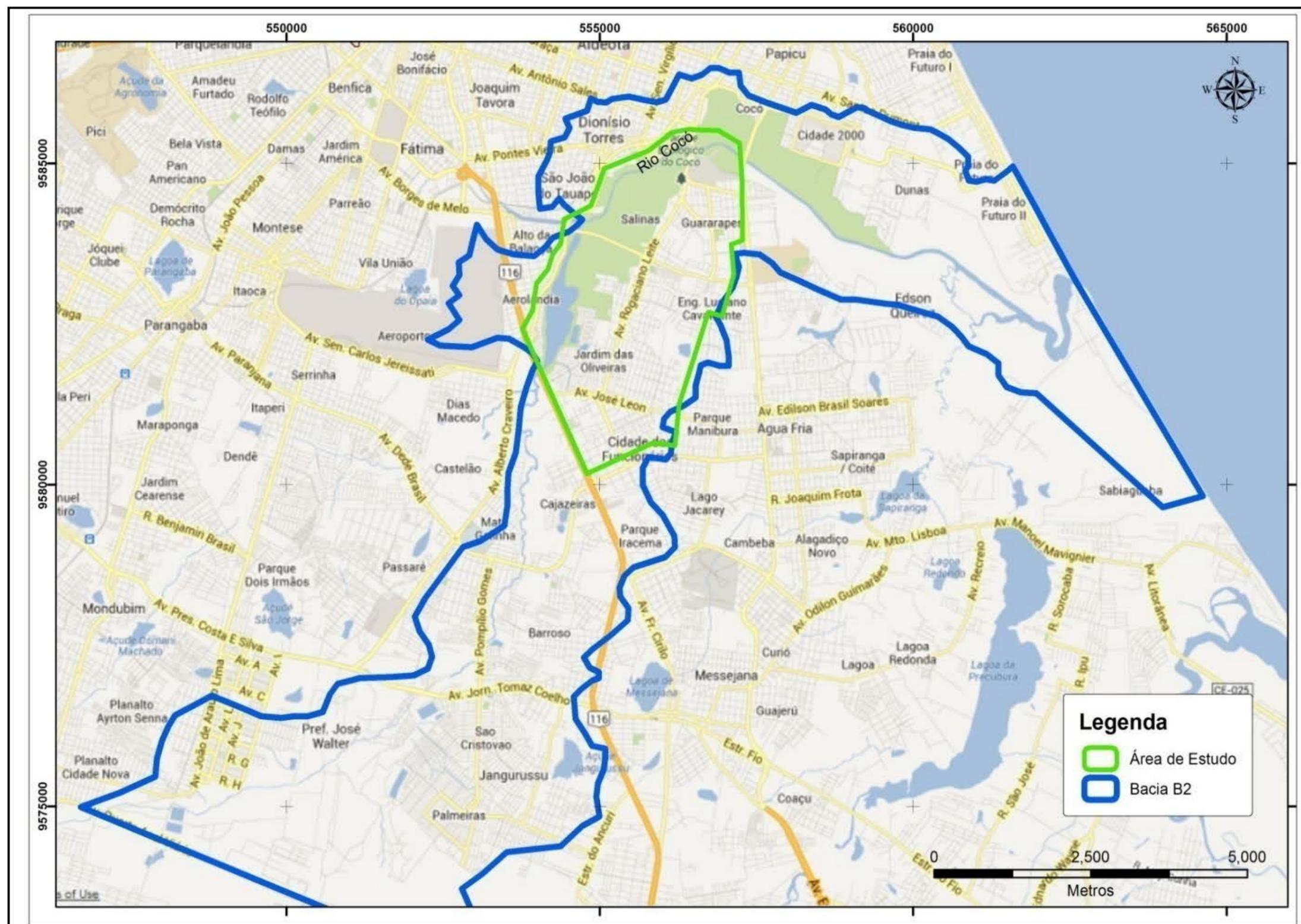
Fonte: Elaborado pelo autor, 2013.

APÊNDICE G – LOCALIZAÇÃO DA SUB-BACIA B2 DO RIO COCÓ



Fonte: Elaborado pelo autor, 2013.

APÊNDICE H – PERCURSO DO RIO COCÓ EM FORTALEZA.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2013.