

MARIA IRISMAR UCHOA

PATÓGENOS HUMANOS COMO INDICADORES DE SAÚDE AMBIENTAL DE DOIS
ECOSSISTEMAS LACUSTRES URBANOS DO MUNICÍPIO DE FORTALEZA-CE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Tecnologia e Gestão Ambiental. Área de concentração: Gestão e Saneamento Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Hugo Leonardo Brito Buarque.

Coorientadora: Prof^a. Dr^a Mabel Calina de França Paz.

FORTALEZA

2014

Catálogo na Fonte : Islânia Fernandes Araújo (CRB 3 – nº 917)

U17p Uchoa, Maria Irismar.

Patógenos humanos como indicadores de saúde ambiental de dois ecossistemas lacustres urbanos do município de Fortaleza CE / Maria Irismar Uchoa. - Fortaleza: IFCE, 2014. 113f. : il.

Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Gestão Ambiental)
Área de concentração: Gestão e Saneamento Ambiental.
Orientador: Prof. Dr. Hugo Leonardo Brito Buarque.

1. ECOSSITEMAS AQUÁTICOS. 2. SAÚDE PÚBLICA. 3. ENTEROBACTÉRIAS. I. Título.

CDD 363.73

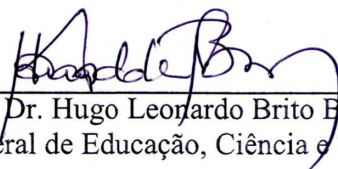
MARIA IRISMAR UCHOA

PATÓGENOS HUMANOS COMO INDICADORES DE SAÚDE AMBIENTAL DE DOIS
ECOSSISTEMAS LACUSTRES URBANOS DO MUNICÍPIO DE FORTALEZA-CE

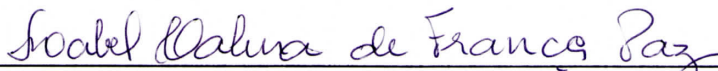
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Tecnologia e Gestão Ambiental. Área de concentração: Gestão e Saneamento Ambiental.

Aprovada em: 16 / 12 / 2013

BANCA EXAMINADORA



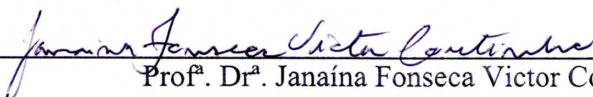
Prof. Dr. Hugo Leonardo Brito Buarque (Orientador)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)



Prof.ª Dr.ª Mabel Calina de França Paz (Co-orientadora)
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)



Prof. Dr. Gemmellê Oliveira Santos
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)



Prof.ª Dr.ª Janaína Fonseca Victor Coutinho
Universidade Federal do Ceará (UFC)

DEDICATÓRIA

À minha mãe, Dorismar (in memorium), que mesmo não estando mais entre nós, é constante em meus pensamentos e meu incentivo na busca pelos acertos como mãe e como ser humano; aos meus filhos, Priscilla, Thays e Weller e ao meu esposo, Nailton, pelo amor, incentivo, carinho; por se fazerem presentes em minha vida, por dividirem comigo momentos de alegria, tornando-os mais intensos e, momentos de angústia, tornando-os mais amenos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, Quem é superior a qualquer ser humano, pelo Seu infinito amor por mim, Sua constante presença na minha vida, pelas vitórias alcançadas e por todas as bênçãos que recebo dia a dia.

À minha mãe (in memoriam), que foi muito grande na sua simplicidade e, maior ainda, na sua sabedoria nata. O meu amor por você foi sempre grande, mas hoje a saudade é infinita.

Aos meus filhos Priscilla, Thays e Weller, meu orgulho e fonte de inspiração, extensão de minha vida porque me ensinam, a cada dia, a mais nobre de todas as tarefas: a verdadeira amplitude da dimensão humana.

Ao meu marido, Nailton, grande companheiro, desde que te conheci sou mais feliz.

Ao professor Hugo Leonardo, pela orientação, pelo apoio, por confiar no meu trabalho e pela compreensão e atenção dadas a mim não somente relacionadas ao ambiente acadêmico.

À professora Mabel Calina de França Paz, pela orientação, confiança, motivação, competência, simplicidade e alegria acima de qualquer obstáculo.

Ao professor Bemvindo por quem tenho grande admiração e amizade e cuja dedicação a este trabalho foi fundamental para o seu desenvolvimento, ensinando-me tópicos difíceis, auxiliou, também, nas coletas e, na confecção e análise das tabelas. Sou-lhe eternamente grata, especialmente pela amizade.

Aos integrantes das bancas de defesa, pelas contribuições para o aperfeiçoamento deste trabalho.

Aos professores Rinaldo Santos e Glória Maria Marinho pelo apoio nos momentos de decisões e aconselhamentos.

Os Professores do Programa de Pós Graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental da Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação do Instituto Federal do Ceará.

Aos colegas de pós-graduação, pela troca de experiências e amizade, especialmente ao Professor Carlos Lima, à Mara Zelândia e ao Wesllen.

À minha grande amiga Helda Queiroz, pela presença constante na minha vida pessoal e por me aceitar, entender, incentivar, confiar e acreditar na minha capacidade (agora é sua vez).

Ao Marcelo, grande amigo, pelo apoio, esclarecimentos, sugestões e disponibilidade em realizar comigo grande parte da revisão e, com certeza tem muito dele neste trabalho.

Aqueles que entraram na minha vida e se tornaram amigos, inspirando-me, motivando-me, ajudando-me, no meu trabalho e com as suas presenças e fazendo-me acreditar que este objetivo poderia ser alcançado, vocês foram especiais: André, Diego, Fabíola, Jaqueline, Herivanda (Vandinha), Nádia, Rodrigo, Valquíria (Kia).

Aos bolsistas e voluntários do Laboratório Integrado de Águas de Mananciais e Residuárias, que trabalharam nas coletas e análises microbiológicas: Carlos, Hélio, Inaiá, Ítalo, Ivletânia, Jéssica, Peterson, Ronaldo, Umaro e Wesley.

À Ione Almeida, autora das fotos.

À Dra. Liduína, farmacêutica, pela disponibilidade no esclarecimento de dúvidas na identificação e no processo de automatização dos antibiogramas.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, em especial ao Laboratório de Águas e Mananciais e Residuárias, por ter me dado a oportunidade de realizar as análises biológicas necessárias para a execução deste trabalho.

A todos, enfim, que de alguma forma, direta ou indireta, colaboraram para o desenvolvimento e êxito deste estudo.

“O sujeito pensante não pode pensar sozinho; não pode pensar sem a coparticipação de outros sujeitos no ato de pensar sobre o objeto. Não há um ‘penso’, mas um ‘pensamos’. É o ‘pensamos’ que estabelece o ‘penso’ e não o contrário. Esta coparticipação dos sujeitos no ato de pensar se dá na comunicação. O objeto, por isso mesmo, não é a incidência terminativa do pensamento de um sujeito, mas o mediador da comunicação”.

Paulo Freire (1921-1997)

RESUMO

Os ecossistemas aquáticos urbanos do município de Fortaleza-CE vêm sendo significativamente impactados pelas atividades antrópicas no seu entorno e pela forma desordenada com que se deu a expansão do município ao longo das últimas décadas. Tais impactos são agravados pela precariedade do saneamento básico na cidade e pela negligência com a proteção dos recursos naturais. Esses fatores geram riscos à saúde pública por intermédio da veiculação de doenças, causadas principalmente por bactérias da família *Enterobacteriaceae*, além de comprometerem e reduzirem os usos desses recursos. Este trabalho teve por objetivo isolar e identificar bactérias, potencialmente patogênicas presentes nas águas de dois corpos aquáticos lacustres urbanos do município de Fortaleza-CE (Lagoa de Porangabuçu e Lagoa do Opaia), no período de janeiro a julho de 2012, como também realizar auditorias ambientais nestes ecossistemas e, assim, dar subsídios para um uso futuro de bioindicadores na avaliação da qualidade ambiental destes corpos aquáticos. Inicialmente, os quantitativos de bactérias heterotróficas mesófilas, de coliformes termotolerantes e de *Escherichia coli* foram determinadas em amostras dessas águas usando as técnicas de contagem em placa por *pour-plate* em PCA, fermentação em tubos múltiplos com meio A1, e tubos múltiplos com substrato enzimático ONPG-MUG, respectivamente. Posteriormente, quarenta culturas bacterianas oriundas da contagem de bactérias heterotróficas foram isoladas por esgotamento do inóculo em placas de Petri com ágar nutriente e submetidas à identificação em nível de espécie e a testes de susceptibilidade a antimicrobianos pelo método automático Siemens™ MicroScan™. As auditorias ambientais realizadas confirmaram estudos anteriores mostrando a existência de atividades antrópicas significativamente impactantes ao ecossistema avaliado. Os elevados teores de bactérias heterotróficas, coliformes termotolerantes e *Escherichia coli* obtidos também confirmaram a precariedade sanitária e ambiental dos ecossistemas. Ainda, foram identificadas diversas cepas de espécies bacterianas potencialmente patogênicas (*A. baumannii*, *A. lwoffii*, *E. cloacae*, *E. coli*, *K. pneumoniae*, *S. haemolyticus* e *S. maltophilia*), algumas resistentes e multirresistentes a antibióticos típicos. A partir dos resultados obtidos, conclui-se que ambos os ecossistemas estudados encontram-se contaminados, com a qualidade de suas águas comprometidas pela elevada interferência antrópica, oferecendo um risco potencial para a saúde pública, devido à utilização das águas destes ecossistemas pelas comunidades dos entornos.

Palavras-chave: Ecossistemas aquáticos urbanos; Enterobactérias; Saúde pública.

ABSTRACT

The urban aquatic ecosystems in city of Fortaleza, Brazil, have been significantly impacted by anthropic activities developed in their surroundings and by disordered growth of this state capital over the past decades. Such impacts are aggravated by precarious sanitation and by disregard with the protection of natural resources in the city. These factors promote risks to the public health through the transmission of diseases which are caused mainly by bacteria of the *Enterobacteriaceae*, besides impairing and reducing uses of these resources. This work aimed to isolate and identify potentially pathogenic bacteria present in the waters of two urban lacustrine bodies (Lagoa do Porangabuçu and Lagoa do Opaia) in Fortaleza, Brazil, during the period January to July 2012, as well as carrying out environmental audits in these ecosystems and thus give subsidies for future use of bioindicators in assessing the environmental quality of these aquatic bodies. Thus, the quantities of heterotrophic mesophilic bacteria, thermotolerant coliforms and *Escherichia coli* were initially determined in samples of those waters by PCA pour plate technique, multiple-tube fermentation using A1 broth and ONPG-MUG test, respectively. Also, forty bacterial strains isolated by streak plate technique from the heterotrophic counting were selected for species-level identification and antimicrobial susceptibility testing by SiemensTM MicroScanTM system. The environmental audits carried out have confirmed previous studies and reveal the existence of anthropogenic activities significantly impacting the assessed ecosystem. The high levels of heterotrophic bacteria, coliforms and *Escherichia coli* obtained also confirmed the precariousness of the health and environmental conditions of ecosystems. Various strains of potentially pathogenic bacterial species (*Acinetobacter baumannii*, *Acinetobacter lwoffii*, *Enterobacter cloacae*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus haemolyticus*, and *Stenotrophomonas maltophilia*), some resistant or multidrug-resistant to typical antibiotics, were identified. These results show that both studied ecosystems are contaminated, with the microbiological quality of its waters impaired by high anthropogenic interference, resulting in a potential risk to public health due to the use of these waters by surrounding communities.

Keywords: Urban aquatic ecosystems; Enterobacteria; Public health.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Imagem de satélite da lagoa do Opaia, Fortaleza-CE.	27
Figura 2 – Banhistas na lagoa do Opaia – Fortaleza-CE.	28
Figura 3 – Imagem de satélite da lagoa de Porangabuçu, Fortaleza-CE.	29
Figura 4 – Mortandade de peixes na lagoa de Porangabuçu.	30
Figura 5 – Rotas de exposição de fármacos no ambiente.	45
Figura 6 – Localização da Sub-bacia B-1 do rio Cocó, Fortaleza- CE.	54
Figura 7 – Fotografias dos pontos de amostragem na lagoa de Porangabuçu.	55
Figura 8 – Fotografias dos pontos de amostragem na lagoa do Opaia.	56
Figura 9 – Localização e descrição dos pontos de amostragem na lagoa de Porangabuçu.	57
Figura 10 – Localização e descrição dos pontos de amostragem na lagoa do Opaia.	58
Figura 11 – Fluxogramas do processo de purificação das colônias.	62
Figura 12 – Fluxograma da triagem de colônias purificadas.	63
Figura 13 – Sistema automatizado MicroScan [®] AutoSCAN [®] -4.	64
Figura 14 – Valores de contagem de BHM nos pontos de aporte das lagoas.	74
Figura 15 – Valores de NMP de CTT nos pontos de aporte das lagoas.	75
Figura 16 – Valores de NMP de Ec nos pontos de aporte das lagoas.	75
Figura 17 – Valores de quantificação de BHM, CTT e Ec nos pontos de coleta de amostras em ambas as lagoas investigadas, para as campanhas de coleta realizadas.	76
Figura 18 – Comparação de dados pluviométricos mensais do Posto Pici (Fortaleza/CE), janeiro a julho, no período de 1992 a 2011 e no ano de 2012.	76
Figura 19 – Distribuição de bactérias isoladas em relação aos pontos e aos meses de coleta nos ecossistemas monitorados.	79
Figura 20 – Aparência típica observada em cepas bacterianas isoladas das lagoas após coloração de Gram.	80
Figura 21 – Aparência típica do crescimento em EMB e MAC das bactérias FIL, FLL e NFL isoladas das lagoas.	81
Figura 22 – Quantitativos das colônias selecionadas para triagem e correspondentes agrupamentos posteriores de cepas, nas lagoas e período monitorados.	82
Figura 23 – Perfil das cepas selecionadas para identificação em nível de espécie.	84
Figura 24 – Espécies bacterianas identificadas.	85

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação e balneabilidade dos corpos d'água doce segundo Brasil (2005). ...	24
Quadro 2 – Algumas patologias decorrentes da precariedade de saneamento básico.....	38
Quadro 3 – Coordenadas geográficas dos pontos de amostragem nas lagoas avaliadas.	59
Quadro 4 – Métodos usados para quantificação de BHM, CTT e Ec.	61
Quadro 5 – Antibióticos utilizados nos TSA.....	66
Quadro 6 – Valores de SBP utilizados na avaliação da susceptibilidade das cepas identificadas neste estudo.....	68
Quadro A.1 – Lista de verificação da auditoria ambiental aplicada na APC das lagoas de Porangabuçu [*] e do Opaia ^{**}	112

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados da aplicação da lista de verificação – quesitos auditados.	72
Tabela 2 – Resultados dos antibiogramas para cepas identificadas como <i>Escherichia coli</i>	86
Tabela 3 – Resultados dos antibiogramas para cepas identificadas como <i>Klebsiella pneumoniae</i> e <i>Enterobacter cloacae</i>	87
Tabela 4 – Resultados dos antibiogramas para as cepas identificadas como <i>Acinetobacter spp.</i> e <i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	88
Tabela 5 – Resultado do antibiograma para a cepa de <i>Staphylococcus haemolyticus</i>	88

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AMC	Antibiótico Amoxicilina/Ácido Clavulânico
AMK	Antibiótico Amicacina
AMP	Antibiótico Ampicilina
AN	Ágar nutriente (nutritivo)
APC	Área de Primeira Categoria
APP	Área de Preservação Permanente
ATM	Antibiótico Aztreonam
BHM	Bactérias heterotróficas mesófilas
CAZ	Antibiótico Ceftazidima
CEP	Antibiótico Cefalotina
CIM	Concentração inibitória mínima do antibiótico
CIP	Antibiótico Ciprofloxacina
CLI	Antibiótico Clindamicina
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CRO	Antibiótico Ceftriaxona
CTN	Antibiótico Cefotetana
CTT	Coliformes termotolerantes
CTX	Antibiótico Cefotaxima
CXM	Antibiótico Cefuroxima
DAP	Antibiótico Daptomicina
DNA	Ácido desoxirribonucleico
Ec	<i>Escherichia coli</i>
EMB	Ágar eosina azul de metileno Levine
ERI	Antibiótico Eritromicina

ETE	Estações de tratamento de efluente
ETP	Antibiótico Ertapeném
EUA	Estados Unidos da América
FEP	Antibiótico Cefepima
FIL	Cepa isolada fermentadora intensas de lactose
FLL	Cepa isolada fermentadora lenta de lactose
GEN	Antibiótico Gentamicina
I	Pouco sensível (intermediário) ao antibiótico considerado
IFCE	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará
IPM	Antibiótico Imipeném
ISO	Organização Internacional para Padronização
LNZ	Antibiótico Linezolida
LVX	Antibiótico Levofloxacina
MAC	Ágar MacConkey
MEM	Antibiótico Meropeném
MUG	4-metil-umbeliferil- β -D-glicuronídeo (substrato enzimático fluorogênico)
MXF	Antibiótico Moxifloxacina
N/A	Teste não aplicável
NAL	Antibiótico Ácido Nalidíxico
NBR	Norma Brasileira
NC	Cepa isolada não classificada
NFL	Cepa isolada não fermentadoras de lactose
NMP	Número mais provável
NP	Colônia selecionada não purificada
O1	Ponto na saída da drenagem pluvial a sudeste da margem da lagoa do Opaia
O2	Ponto na saída da drenagem pluvial a sul da margem da lagoa do Opaia
O3	Ponto na saída da drenagem pluvial a sudoeste da margem da lagoa do Opaia

O4	Ponto na lagoa do Opaia próximo ao tributário principal
O5	Ponto próximo ao centro do corpo aquático da lagoa do Opaia
O6	Ponto no corpo aquático da lagoa do Opaia próximo ao sangradouro
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONPG	orto-nitrofenil-galactopiranosídeo (substrato enzimático cromogênico)
OXA	Antibiótico Oxacilina
P1	Ponto na saída da drenagem pluvial ao norte da lagoa de Porangabuçu
P2	Ponto na saída da drenagem pluvial a oeste da lagoa de Porangabuçu
P3	Ponto na saída da drenagem pluvial ao sul da lagoa de Porangabuçu
P4	Ponto na lagoa de Porangabuçu próximo ao tributário principal
P5	Ponto próximo ao centro do corpo aquático da lagoa de Porangabuçu
P6	Ponto no corpo aquático da lagoa de Porangabuçu próximo ao sangradouro
PCA	<i>Plate Count Ágar</i>
PEN	Antibiótico Penicilina G
PIP	Antibiótico Piperacilina
PMF	Prefeitura Municipal de Fortaleza
PO	Ponto de coleta de amostras de água
QDA	Antibiótico Quinupristina/Dalfopristina
R	Resistente ao antibiótico considerado
RIF	Antibiótico Rifampicina
S	Muito sensível ao antibiótico considerado
SAM	Antibiótico Ampicilina/Subactam
SU	Susceptibilidade da bactéria
SXT	Antibiótico Trimetropima/sulfametoxazol
TCY	Antibiótico Tetraciclina
TGC	Antibiótico Tigeciclina
TOB	Antibiótico Tobramicina

TSA	Teste de susceptibilidade a antimicrobianos
TZP	Antibiótico Piperacilina/Tazobactam
UFC	Unidades formadoras de colônias
VAN	Antibiótico Vamcomicina
x	Antibiótico não testado

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	18
2 OBJETIVOS.....	20
2.1 Geral	20
2.2 Específicos.....	20
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
3.1 Ecossistemas límnicos urbanos no Brasil – atividades antrópicas e poluição.....	21
3.2 Ecossistemas lacustres de Fortaleza–CE	25
3.2.1 Lagoa do Opaia.....	26
3.2.2 Lagoa de Porangabuçu.....	28
3.3 Meio ambiente e saúde ambiental	31
3.3.1 Conceitos Básicos.....	31
3.3.2 Saneamento ambiental e sua relação com a saúde pública.....	32
3.3.3 Indicadores de risco e sua relação com a saúde ambiental.....	34
3.4 Qualidade microbiológica da água	36
3.4.1 Patógenos de veiculação hídrica.....	39
3.4.2 Microrganismos indicadores de qualidade sanitária da água	43
3.4.3 Fármacos no meio ambiente e o aumento da resistência bacteriana a antimicrobianos	44
3.5 Auditoria ambiental	49
3.5.1 Diretrizes para auditoria ambiental.....	50
3.5.2 Protocolo de auditoria ambiental – lista de verificação.....	51
3.5.3 Auditoria ambiental em corpos lacustres de Fortaleza/CE.....	52
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	53
4.1 Localização da área de estudo	53
4.2 Levantamento das condições ambientais no entorno das lagoas.....	59

4.3 Coleta e frequência de amostragem das águas	60
4.4 Quantificação da população bacteriana e dos indicadores da qualidade sanitária	60
4.5 Identificação de cepas bacterianas patogênicas nas lagoas	61
4.5.1 Purificação e triagem preliminar de cepas bacterianas para identificação	61
4.5.2 Identificação e suscetibilidade a antibióticos dos isolados bacterianos	64
4.6 Levantamento de dados pluviométricos	70
4.7 Tratamento estatístico descritivo	70
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	71
5.1 Auditorias ambientais nos ecossistemas avaliados.....	71
5.2 População bacteriana indicadora da qualidade sanitária das lagoas avaliadas.....	74
5.3 Diversidade bacteriana nas lagoas – purificação e triagem preliminar	79
5.4 Identificação e suscetibilidade a antibióticos dos isolados bacterianos	83
6 CONCLUSÕES	93
7 RECOMENDAÇÕES FINAIS.....	95
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96
APÊNDICE A - CHECK LIST DE AUDITORIA APLICADO	112

1 INTRODUÇÃO

A formação dos grandes núcleos urbanos e industriais, com a crescente necessidade de água para a manutenção das atividades humanas, desde os usos mais nobres, como abastecimento doméstico e industrial, e a dessedentação de animais, até os usos menos restritivos (irrigação e lazer), faz com que, hoje, tais atividades sejam cada vez mais dependentes da disponibilidade e qualidade das águas continentais (ESTEVES, 2011).

Durante séculos, considerou-se que a água era um recurso inesgotável, porém, o acelerado crescimento populacional, industrial e tecnológico, a urbanização e a expansão agrícola vêm comprometendo a disponibilidade e a manutenção da qualidade das águas. As principais fontes de contaminação dos corpos d'água se dão por meio dos lançamentos de efluentes domésticos e industriais sem tratamento ou tratados ineficientemente nos corpos receptores, dos aterros sanitários que afetam os lençóis freáticos, da disposição inadequada de resíduos sólidos e de defensivos agrícolas, que escoam com a chuva sendo arrastados para os rios e lagos, aliado à supressão da vegetação ciliar, entre outras atividades antrópicas no entorno destes ecossistemas aquáticos (BOMFIM *et al.*, 2007; GLEESON, GRAY, 1997).

Apesar de a maior parte das águas urbanas não ser mais destinada ao abastecimento humano, compreende-se que há necessidade de um melhor manejo e conservação, pois estas ainda desempenham inúmeros usos socioeconômicos e ambientais, influenciando diretamente nos microclimas, na drenagem pluvial, nas atividades pesqueiras de subsistência e de lazer, entre outros (MEDEIROS-LEITÃO, 2002; SOUSA, PONTE, GOMES, 2007).

O fato mais alarmante é que as reservas urbanas de água disponíveis estão com suas capacidades de autodepuração mais impactadas dia a dia. Se o nível de poluição é mais intenso, dá-se a eutrofização do corpo aquático com a consequente redução do teor de oxigênio dissolvido, o que pode acarretar na mortandade acentuada de peixes e de outros organismos, favorecendo a proliferação de bactérias, inclusive as patogênicas, tornando o ambiente uma ameaça à saúde da população.

Ademais, no processo de gestão dos recursos hídricos, os gestores necessitam apoiar suas ações e avaliar a médio e em longo termo os impactos naqueles ambientes aquáticos. Neste contexto, os indicadores são importantes instrumentos de informações para subsidiar e promover políticas específicas e ações públicas.

Desta forma, a avaliação da qualidade microbiológica das águas é uma ação indispensável na gestão dos recursos hídricos urbanos, haja vista que agentes patogênicos de veiculação hídrica, encontrados comumente em esgoto doméstico e industrial são lançados indiscriminadamente em ecossistemas hídricos urbanos, comprometendo os usos de tais ambientes, muitas vezes de maneira irreversível. É importante observar que esta situação, de forma geral, é resultado da falta de compromisso por parte dos órgãos públicos e da população quanto à preservação dos corpos hídricos, especialmente no caso das lagoas.

Nesse contexto, considerando a importância histórica e socioambiental para o Município de Fortaleza, Ceará, das lagoas do Porangabuçu e do Opaia, cada uma com suas particularidades, e baseado na variedade e intensidade dos impactos a que estão submetidos estes corpos aquáticos, torna-se, imprescindível a avaliação da microbiota patogênica nestes corpos aquáticos, visto que a presença destes microrganismos indica potencial risco ecológico a tais ecossistemas lacustres, bem como à saúde pública das comunidades circunvizinhas ou mesmo para toda a população da cidade.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Identificar os patógenos humanos existentes nas águas das lagoas de Porangabuçu e do Opaia, Fortaleza-CE, avaliando sua susceptibilidade a antimicrobianos, bem como auditar estes ecossistemas aquáticos do ponto de vista ambiental, no período de janeiro a julho de 2012, relacionando os potenciais riscos à saúde humana determinados com a conservação do meio ambiente.

2.2 Específicos

- Realizar auditoria ambiental nos dois ecossistemas monitorados para identificação dos principais impactos ambientais a que estão submetidos;
- Isolar, identificar em nível de espécie e quantificar as bactérias patogênicas viáveis das águas dos ecossistemas estudados, por intermédio de crescimento seletivo e diferencial, bem como por provas bioquímicas e testes específicos;
- Realizar testes de susceptibilidade a antimicrobianos (TSA) para avaliar a resistência das espécies bacterianas identificadas a antibióticos típicos;
- Relacionar a qualidade microbiológica das águas avaliadas com o regime climático, no período de estudo, como também aos principais impactos a que, porventura, estiverem submetidos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Ecossistemas límnicos urbanos no Brasil – atividades antrópicas e poluição

O Brasil é um país privilegiado porque possui 12% das reservas mundiais de água doce e 53% das reservas da América do Sul, apresentando uma disponibilidade hídrica de 40.732 m³/hab/ano, sendo que aproximadamente 80% das águas brasileiras estão na Bacia Amazônica. Entretanto, apesar da grande quantidade de água existente no país, a distribuição dos recursos hídricos límnicos¹ é totalmente desigual.

Segundo dados da Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente, ao se comparar, em termos percentuais, a quantidade de água com a superfície das diversas regiões do País e sua população, teremos os seguintes números: a distribuição regional dos recursos hídricos é de 68,5% para a região Norte, 15,7% para a Centro-Oeste, 12,5% para as regiões Sul e Sudeste, que apresentam o maior consumo de água, e 3% para a Nordeste. Essa região, além da carência de recursos hídricos, tem sua situação agravada por um regime pluviométrico irregular e pela baixa permeabilidade do terreno cristalino (BRASIL, 2002).

Destaque-se que a maioria das cidades em nosso país surgiu próxima a ecossistemas aquáticos, onde ocorreu um processo intenso de crescimento devido a um sistema de relações que envolveram fluxos de pessoas, de mercadorias, serviços e informações proporcionados por uma boa rede de transportes. Estes fatores aliados à grande influência que algumas cidades exerceram, provocaram a migração das pessoas para os centros urbanos, vindas principalmente do meio rural (TUNDISI, TUNDISI, 2008).

Assim, a escassez de água no Brasil está associada às baixas disponibilidades específicas no Nordeste e as altas densidades demográficas nas regiões Sudeste e Sul. Além disso, o crescimento urbano intensificado e desordenado, sem planejamento ambiental, resultou em prejuízos significativos à sociedade, provocando impactos consideráveis aos ecossistemas aquáticos no país (TUCCI, 2002). Alguns destes impactos são relacionados por Mota (2003):

- a) aumento de elementos antrópicos nas bacias hidrográficas;
- b) aumento da temperatura, ocasionado pela impermeabilização do solo por meio de concretos e asfaltos, os quais absorvem energia solar, elevando a temperatura;

¹ O termo límnico se refere aos ambientes de águas doces continentais (dulciaquícolas).

- c) aumento de sedimentos e materiais sólidos provocados pela limpeza de terrenos para novos loteamentos, construção de ruas, avenidas, rodovias, pontes, taludes, causando a obstrução do escoamento das águas, provocam o assoreamento com a redução da capacidade de escoamento de rios e lagos urbanos;
- d) enchentes em áreas ribeirinhas, devido à ocupação irregular dos leitos dos rios, e margens de lagoas, contribuindo para a degradação da qualidade do ambiente aquático, além de gerar importantes consequências sociais negativas;
- e) perdas e desperdício da água devido a vazamentos nos sistemas públicos de abastecimento nas residências; a utilização inadequada da água de boa qualidade nas regas de jardins; às descargas de sanitários; à lavagem de automóveis e calçadas.

A despeito da escassez, as águas estão sendo incorretamente utilizadas, resultando na poluição² dos corpos hídricos, principalmente pelo gerenciamento indiferente quanto aos cuidados essenciais que deveriam ser observados (ZAMPIERON, VIEIRA, 2007).

Esse gerenciamento é muito complexo, dependendo de uma forte base de dados e de desenvolvimento de mecanismos de transferência do conhecimento científico básico para a aplicação. Como há grandes diferenças geomorfológicas, ecológicas e antropológicas nas várias latitudes no Brasil, esta ação torna-se evidentemente mais complexa, pois depende de uma base local ou regional de dados e informações científicas compatíveis, com os sistemas regionais (TUNDISI et al., 2002, p. 216).

Ressalte-se que, conforme coloca Azevedo (1999), das diferentes formas de poluição dos recursos naturais, a poluição das águas é certamente a mais preocupante, uma vez que esse recurso é essencial aos seres vivos e, ainda, pelo motivo de que a água doce disponível na Terra ser escassa.

A poluição das águas pode se dar por distintas fontes de contaminações, predominantemente oriundas de atividades antrópicas: lançamento de esgotos domésticos, industriais e da agropecuária; desmatamento; atividades de mineração; disposição inadequada de resíduos sólidos; poluição difusa em áreas urbanas; salinização; desastres ambientais; construção de barragens (BRASIL, 2002), além de algas e macrófitas que proliferam em corpos lânticos, resultado do excesso de nitrogênio e fósforo, oriundos de excretas, de restos de alimentos, detergentes, entre outros, e que podem criar um ambiente favorável ao desenvolvimento de vetores de veiculação hídrica (SPERLING, 1999; TUNDISI, TUNDISI, 2008).

² O termo poluição pode ser definido como a degradação da qualidade ambiental oriunda de atividades que prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; afetem desfavoravelmente a biota; afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos (BRASIL, 1981).

Ademais, nas grandes cidades, o processo de urbanização é notoriamente o fator dominante nos impactos sofridos pelos ecossistemas aquáticos em relação a sua qualidade sanitária, já que nesse processo corpos aquáticos límnicos têm sido assoreados, aterrados, abusivamente desviados, ou mesmo canalizados, com suas margens indevidamente ocupadas e desmatadas, tornando-as sujeitas à erosão (COSTA, 2007; LIMA, 2004; MACHADO, 2003). Além disso, imensas quantidades de lixo se acumulam no interior e nas encostas desmatadas desses corpos hídricos. Regiões no passado alagadiças, como pântanos, mangues, brejos ou várzeas foram aterradas, impermeabilizadas e edificadas (MACHADO, 2003).

Notadamente, os corpos lênticos presentes em áreas urbanas encontram-se, em sua maioria, poluídos. Isso vem a comprometer a qualidade sanitária das águas e, conseqüentemente, a saúde da população que se utiliza dessas áreas para a obtenção de sua fonte de alimento e renda (CORRÊA et al., 1993), assim como para atividades de lazer.

O comprometimento da qualidade sanitária obviamente limita e até interrompe os diversos usos de um corpo aquático (LIMA, 2004), tais como abastecimento de água, geração de energia, irrigação, navegação, aquicultura, recreação e harmonia paisagística (LEBARON et al., 2005; LOPEZ-PILLA, SZEWZYK, 2000; MORAES; JORDÃO, 2002).

Sabidamente, é desejável que as águas devam estar livres de contaminação fecal, de patógenos e outras características inadequadas para serem utilizadas para fins recreacionais. Assim, é recomendável conhecer o estado sanitário das águas quanto à balneabilidade e aos possíveis riscos à saúde para tais usos (MEDEIROS et al., 2011; COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2005).

No Brasil, a Resolução N°357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (BRASIL, 2005), além de categorizar as águas doces em diferentes classes e as respectivas recomendações de uso, também determina que conjunto de parâmetros de qualidade de água deve-se monitorar periodicamente para subsidiar a avaliação de um corpo hídrico em respeito àquelas classes. As classes distintas de águas doces, seus usos e características sanitárias, em termos de coliformes termotolerantes³ (CTT) estão apresentadas no Quadro 1.

³ Coliformes termotolerantes ou fecais são definidos como bactérias gram-negativas oxidase-negativas, em forma de bacilos, capazes de fermentar a lactose entre 44°C e 45°C pela atividade da enzima β -galactosidase com produção de ácido, gás e aldeído, sendo representados principalmente pela *Escherichia coli* e, também, por algumas bactérias dos gêneros *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter*. São comumente usados como indicadores de contaminação fecal na avaliação da qualidade de águas. Na legislação brasileira, Brasil (2001, 2005), os coliformes fecais são utilizados como padrão para qualidade microbiológica de águas superficiais destinadas a abastecimento, recreação, irrigação e piscicultura.

Quadro 1 – Classificação e balneabilidade dos corpos d'água doce segundo Brasil (2005).

CLASSE	QUANTO AOS USOS PREPONDERANTES (Base Legal)		CONDIÇÕES DE QUALIDADE SANITÁRIA (Base Legal)	
Classe especial	Cap II; Seção I; Art. 4º; Inciso I; Alíneas a, b e c	Destinada ao abastecimento humano após desinfecção; preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas em unidades de proteção integral.	Capítulo III; Seção I; Art. 13	Nas águas de classe especial deverão ser mantidas as condições naturais do corpo de água.
Classe 1	Cap II; Seção I; Art. 4º; Inciso II; Alínea g	Destinada ao abastecimento humano após tratamento simplificado; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário, conforme Brasil (2001); irrigação de frutas e hortaliças consumidas cruas; proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.	Capítulo III; Seção I; Art. 14º; Inciso I; Alínea g	A balneabilidade segue Brasil (2001). Demais usos não deverá exceder o limite de 200 CTT/100 mL em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. O parâmetro pode ser substituído por <i>E coli</i> , conforme orientação do órgão ambiental competente.
Classe 2	Cap II; Seção I; Art. 4º; Inciso III; Alíneas: a, b, c, d, e e.	Destinada ao abastecimento humano após tratamento convencional; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário, conforme Brasil (2001); irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa ter contato direto; aquicultura e atividades de pesca.	Capítulo III – Seção I - Art. 15, Inciso II	CTT para contato primário segue Brasil (2001). Demais usos não deverá exceder o limite de 1000 CTT/100 mL em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas bimestralmente durante um ano. O parâmetro pode ser substituído por <i>E. coli</i> , conforme orientação do órgão ambiental competente.
Classe 3	Cap II; Seção I; Art. 4º; Inciso IV; Alíneas: a, b, c, d e e.	Destinada ao abastecimento humano após tratamento convencional ou avançado; irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; pesca amadora; recreação de contato secundário e dessedentação de animais.	Capítulo III; Seção I; Art. 16º; Inciso I; Alínea g.	CTT para contato primário segue Brasil (2001). Para demais usos não deverá exceder o limite de 2500 CTT/100 mL em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas bimestralmente durante um ano. O parâmetro pode ser substituído por <i>E coli</i> , conforme orientação do órgão ambiental competente.
Classe 4	Cap II; Seção I; Art. 4º; Inciso V; Alíneas: a e b.	Estas águas não são destinadas ao consumo humano, somente para navegação e harmonia paisagística.	—	—

Fontes: Brasil (2001, 2005).

Adicionalmente, o conhecimento da microbiota aquática é desejável para o gerenciamento dos ambientes límnicos, já que reflete diretamente as condições terrestres circundantes e as atividades ali exercidas, contribuindo no diagnóstico da saúde ambiental do ecossistema aquático.

3.2 Ecossistemas lacustres de Fortaleza–CE

A cidade de Fortaleza (3°43'02" Sul; 38°32'35" Oeste), capital do estado do Ceará, tem uma área de aproximadamente de 313 km² e possui apenas três bacias hidrográficas representativas, que abrigam em suas áreas de drenagem pelo menos dezenove lagoas de pequeno e médio porte (áreas entre 6 e 70 hectares). Existem, ainda, pelo menos quatro reservatórios (açudes) que assumem as mesmas funções das formações lacustres naturais (INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ, 2010).

Os ecossistemas lênticos⁴ não são elementos permanentes das paisagens da terra, pois eles são fenômenos de curta durabilidade na escala geológica. Portanto, surgem e desaparecem no decorrer do tempo de forma natural (fenômenos glaciais, vulcânicos ou tectônicos) ou artificial (construção de barragens) (ESTEVES, 2011; SPERLING, 2005).

Os lagos e as lagoas, particularmente, são fundamentais para o equilíbrio ecológico da região que os circunda. A influência desses ecossistemas se dá diretamente quando percebemos a termorregulação das suas áreas de entorno (ESTEVES, 2011). Negligencia-se, também, o fato de que tais ecossistemas lacustres interferem no equilíbrio hídrico, na valorização da paisagem urbana, além do grande potencial para desenvolvimento de atividades de pesca e de lazer (VASCONCELOS, CORIOLANO, SOUZA, 1996).

É importante destacar que todas as interferências nos usos desejáveis aparecem nas lagoas de Fortaleza, que, como as outras metrópoles do país, sofreu, nos últimos anos, grande expansão de sua área urbana e consequente mudança no uso e ocupação do solo, que se reflete num quadro de degradação ambiental de suas águas (MENESCAL *et al.*, 2001).

Antes da implantação dos serviços de abastecimento de água, os recursos hídricos lacustres de Fortaleza eram utilizados pela população para o consumo doméstico, a lavagem de roupas, a pesca e o lazer. A construção de barragens e açudes na região metropolitana e em municípios do interior garantiu o provimento de águas para Fortaleza, reduzindo a importância das lagoas como fontes hídricas. O crescimento demográfico e o parcelamento do solo urbano também prejudicaram os corpos lacustres, que passaram de provedores de água para receptores de efluentes domésticos e industriais (BENTO, 2011).

Além disso, o processo de urbanização de Fortaleza tem gerado sérios problemas ambientais, como o aterramento e a poluição de várias estruturas lacustres (SENA NETA,

⁴ O termo lêntico define um ambiente aquático no qual a massa de água se apresenta parada, sem correnteza aparente, tais como lagos, lagoas, pântanos, açudes etc.

2012). O desaparecimento dos recursos hídricos lacustres pelo aterramento promove danos na drenagem urbana, interferindo no escoamento das águas pluviais. A ocupação indevida das margens de lagoas agrava as condições sanitárias na cidade. Nos domicílios, predominantemente improvisados, há o lançamento de resíduos domésticos que nos períodos chuvosos, retorna em forma de doenças de veiculação hídrica (BENTO, 2011). Infelizmente, os estudos sobre tais estruturas têm se restringido, meramente, a diagnósticos hidroambientais e socioeconômicos (VASCONCELOS, CORIOLANO E SOUZA, 1996).

Atualmente, as lagoas urbanas de Fortaleza contribuem significativamente na região do seu entorno para irrigação, fonte de alimento, abastecimento humano, lazer e também, depósito de lixo e esgoto (FORTALEZA, 2007). Contudo, é fato que a maioria das lagoas na capital cearense tem estado poluída (AMBIENTE BRASIL, 2008; FORTALEZA, 2013; G1 CEARÁ, 2011, 2013; LIMA, BUARQUE, GOMES, 2010; LIMA, GOMES, BUARQUE, 2012; MENESES, 2012), prejudicando o aproveitamento de suas diversas funções de forma plena e adequada pela população fortalezense e pelas comunidades próximas desses corpos aquáticos, em particular.

As lagoas do Opaia e de Porangabuçu são exemplos de meios aquáticos poluídos, apesar de sua importância para a comunidade, da sua beleza cênica e do seu potencial para área de visitação pública e de lazer (SOUSA, MENELEU NETO, SANTOS, 2009).

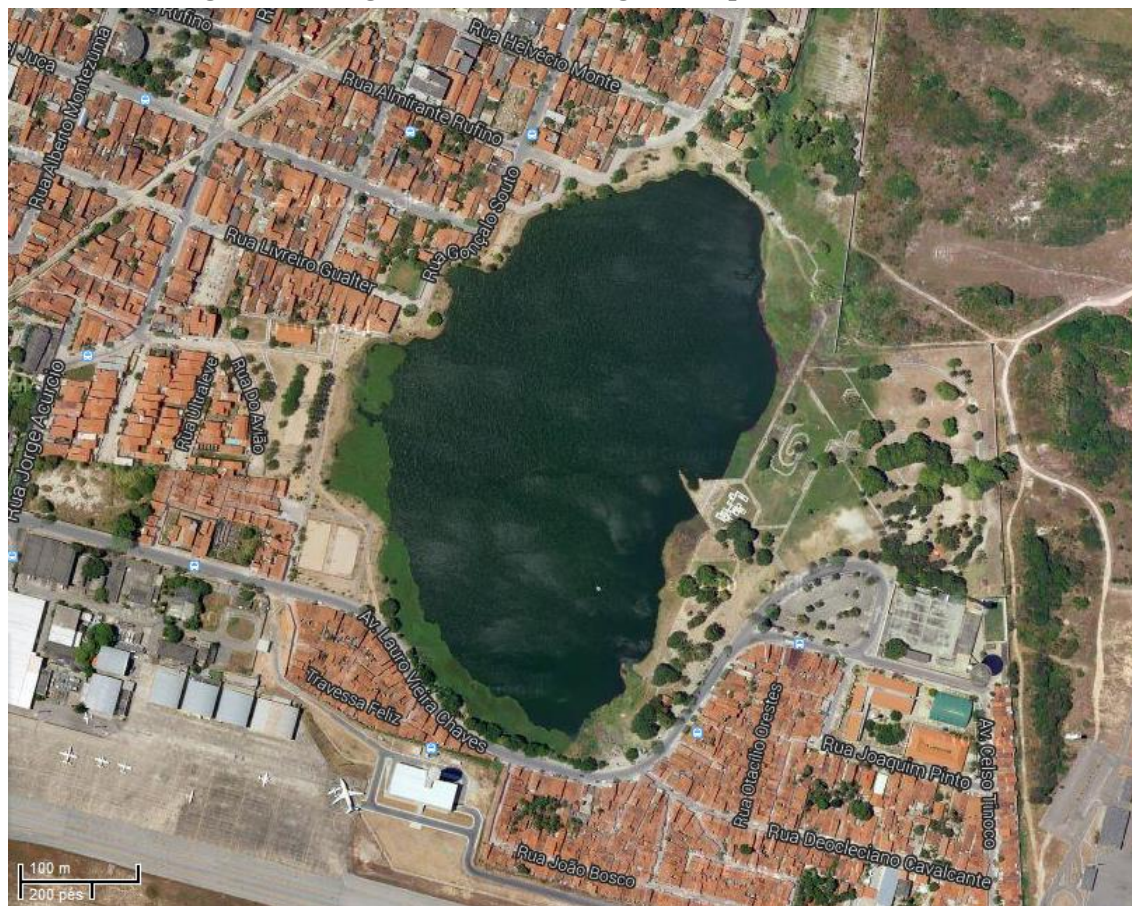
3.2.1 Lagoa do Opaia

A lagoa do Opaia está localizada no bairro Vila União, apresenta espelho d'água de aproximadamente 11 ha e profundidade média de 1,9 m e também faz parte da Sub-bacia B-1 do Rio Cocó. Sua área de primeira categoria (APC) compreende uma área limitada pelas Ruas Moacir Machado, Rua Almirante Rufino, Rua do Avião, Rua Livreiro Gualter, Rua Lineu Jucá, Rua Helvécio Monte e pela Avenida Lauro Vieira Chaves (FORTALEZA, 2008). A Figura 1 apresenta uma imagem de satélite da lagoa do Opaia.

Esta lagoa apresenta elevado índice de urbanização. Por intermédio de projeto de reurbanização foram construídas: 504 unidades habitacionais, uma área de passeio no entorno da lagoa, quatro quadras para futebol de areia, espaço para a juventude, uma creche escolarizada, a regularização fundiária de 144 famílias que residem nas circunvizinhanças da lagoa e todo o projeto paisagístico da área. Os habitantes do entorno da lagoa têm renda entre baixa e média alta (FORTALEZA, 2010; VIANA, 2000). Apesar disso, a Área de Preservação Permanente (APP) apresenta ocupação irregular.

Entre as principais atividades desenvolvidas no entorno, predominam as atividades comerciais (mercadinhos, panificadoras, bares etc.), além de um posto de saúde e uma estação elevatória da Companhia de Água e Esgoto do Ceará. O destino final dos efluentes gerados nestes estabelecimentos são as fossas-sumidouros ou a rede pública de esgoto (LIMA, 2012).

Figura 1 – Imagem de satélite da lagoa do Opaia, Fortaleza-CE.



Fonte: GOOGLE (2014a).

A área é parcialmente dotada de rede pública de esgoto. No trecho não urbanizado há lançamento irregular de esgoto, na via pública e na rede de drenagem (subdimensionada e mal conservada), proveniente das residências localizadas nas ruas Lauro Vieira Chaves e Deocleciano Cavalcante.

Mesmo ocorrendo coleta sistemática de resíduos sólidos na área, frequentemente se verifica a disposição irregular de lixo no entorno do ecossistema, sendo comum o transbordamento de lixo dos contêineres localizados na APP, o que causa assoreamento e aumento do risco de contaminação.

A lagoa é usada para recreação de contato primário, conforme pode ser observado na fotografia da Figura 2, pesca de subsistência, irrigação de pequenas hortas e retirada de água em carros pipa para irrigação da arborização urbana. Não apresenta vegetação ciliar original,

entretanto ela esteve completamente tomada por macrófitas fixas e flutuantes, o que exigiu intervenção da Prefeitura Municipal de Fortaleza (PMF) no sentido da retirada desta vegetação para melhoria das condições ambientais gerais da lagoa.

Figura 2 – Banhistas na lagoa do Opaia – Fortaleza-CE.



Fonte: GOOGLE (2013) [foto editada].

Os dados de qualidade de água existentes para este corpo hídrico, antes eram descontínuos, mas passaram a ser sistemáticos desde o segundo semestre de 2006, como parte das atividades realizadas a partir de convênio celebrado entre o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), o Centro de Pesquisa e Qualificação Tecnológica, e a PMF, que teve vigência até junho de 2010. De acordo com esses dados, a lagoa tem se apresentado sistematicamente imprópria para a balneabilidade (atividades de contato primário), estando submetida a impactos diversos, tornando-a eutrofizada (LIMA, 2012) em toda extensão e inapropriada para os usos mais exigentes.

3.2.2 Lagoa de Porangabuçu

A lagoa de Porangabuçu, localizada no bairro Rodolfo Teófilo, apresenta espelho d'água de aproximadamente 9,8 ha e profundidade média de 1,8 m e faz parte da bacia do rio Cocó (Sub-bacia B-1). Sua faixa de primeira categoria foi delimitada pelo Decreto Municipal nº 12.450/2008 (FORTALEZA, 2008), compreendendo uma área limitada pelas Ruas Porfírio

Figura 4 – Mortandade de peixes na lagoa de Porangabuçu.



Fonte: INSTITUTO FEDERAL DO CEARÁ (2012).

A área é dotada de rede pública de esgoto. Entretanto, falta complementação da rede nos trechos das ruas Frei Marcelino, Major Pedro Sampaio, Papi Júnior, Ana Neri e Coronel Nunes de Melo. Nestes trechos ocorrem ligações clandestinas de esgoto nas galerias pluviais, tendo como receptor final a lagoa, acarretando, portanto, a deterioração das águas deste ecossistema (LIMA, 2012). A cobertura vegetal compõe-se, basicamente, de gramíneas que dão certa estabilidade ao solo e o protegem da erosão. O espelho d'água da lagoa apresenta pequena presença de macrófitas aquáticas, notadamente, o aguapé (*Eichhornia crassipes*), vegetação que predomina em ambientes aquáticos eutrofizados.

Esta lagoa também tem se apresentado sistematicamente imprópria para a recreação de contato primário (FORTALEZA, 2013), com colimetria acima dos valores máximos estabelecidos pela Resolução 274/2000 do CONAMA (BRASIL, 2001) e com elevados níveis de eutrofização (LIMA, 2012).

3.3 Meio ambiente e saúde ambiental

3.3.1 Conceitos Básicos

O meio ambiente compreende um conceito global, percebido nas relações de equilíbrio entre os diversos elementos da natureza como a macrobiota (fauna, flora), a microbiota (organismos microscópicos), o ar, a água e os seres humanos. Ressalte-se que essa homeostase tem sido alterada pelo ser humano no decorrer da história, gerando modificações profundas, por vezes irreversíveis, no equilíbrio ambiental (ROSEN, 1994).

A existência de relações entre a saúde das populações humanas e o meio ambiente já estava presente nos primórdios da civilização, por meio dos escritos hipocráticos. Mais recentemente, pesquisadores de todo o mundo, baseados em indicadores globais, alertam para a correlação entre ambiente e saúde do ser humano (CÂMARA, TAMBELLINI, 2003; ROSEN, 1994). Nesse contexto, a *Organización Panamericana de la Salud* (1994) conceitua saúde ambiental como todos os aspectos da saúde humana, incluindo a qualidade de vida, que são determinados por fatores físicos, químicos, biológicos, sociais e psicológicos no meio ambiente. Neste sentido, ela também se refere à teoria e prática de valorar, corrigir, controlar e evitar os fatores que possam prejudicar a saúde de gerações atuais e futuras.

Esse conceito ganha importância quando se percebe que o desenvolvimento sustentável, com a conservação de um meio ambiente saudável para a existência humana, nada mais é do que um fator de proteção e de promoção à saúde. Assim, para a existência desse ambiente, faz-se necessário o reconhecimento dos fatores de risco que possam interferir na complexidade dos sistemas ambientais e humanos. Mais importante ainda é compreender que há uma relação intrínseca e recíproca entre os fatores determinantes da saúde ambiental e o processo de construção da saúde humana (ASSUNÇÃO FILHO et al., 2010).

Assim, a saúde humana deixou de ser a “vida no silêncio dos órgãos” desde que se percebeu a necessidade de dar-lhe uma conotação holística (ORTEGA, 2004). Consequentemente, sob a perspectiva do paradigma transdisciplinar holístico, pode-se conceber o ambiente não apenas enquanto natureza, mas sob os aspectos físico, químico, biológico, social e subjetivo ou psicológico, como também uma saúde, que se amplia em física, psicológica, social, ambiental e espiritual (MILIOLI, BÔLLA, 2010). Ademais, segundo Freitas (2003), os problemas ambientais são, simultaneamente, problemas de saúde, uma vez que os seres humanos e as sociedades são afetados por aqueles em várias dimensões.

3.3.2 Saneamento ambiental e sua relação com a saúde pública

Ao despontar do século XIX, o paradigma científico predominante era o de que as doenças provinham das emanções resultantes dos acúmulos de dejetos (miasmas). Então, pode-se dizer que o conhecimento acerca da relação existente entre saneamento ambiental⁵ e o processo saúde-doença, embora impreciso, já se encontrava estabelecido há mais de um século (ROSEN, 1994).

A teoria miasmática propiciou, no século XIX, a melhoria do ambiente urbano no mundo desenvolvido (ROSEN, 1994). As melhorias sanitárias introduzidas, entre 1860 e 1920, na Europa e na América do Norte, ao lado da elevação do nível de vida da população, desempenharam papel fundamental na redução das taxas das doenças diarreicas e controle da ocorrência de epidemias de tifo e de cólera (SNOW, 1999; ESREY, FEACHEM, HUGHES, 1985). De fato, o amplo acesso, nos países desenvolvidos, aos dispositivos para eliminação das excretas e a disponibilidade de água de boa qualidade e em quantidade suficiente determinaram uma drástica redução da incidência das doenças relacionadas a estes meios de transmissão, que têm se mantido, de maneira geral, até os dias de hoje.

Diferentemente, as doenças relacionadas à ausência de saneamento básico⁶ ainda se mantêm como problemas relevantes de saúde pública nos países em desenvolvimento, apresentando-se como importantes causas de morbimortalidade, especialmente entre crianças, em razão de um determinante comum, a inexistência ou precariedade do esgotamento sanitário, e a não disponibilidade de água em quantidade suficiente e qualidade adequada para o consumo humano (HUTTLY, 1990; ESREY; HABICHT, 1986).

Historicamente, como explicam Rezende e Heller (2002 apud BRASIL, 2004a, p. 15):

A saúde pública e o saneamento sofreram influências do desenvolvimento político e econômico da constituição do Estado brasileiro. No período colonial, a maior parte das ações de saneamento era realizada em nível individual, situação possível pela ausência de grandes aglomerações humanas, abundância de recursos hídricos, baixo potencial poluidor da produção de esgotos e boas condições de autodepuração dos cursos d'água.

⁵ Saneamento ambiental é o conjunto de ações socioeconômicas que têm por objetivo alcançar um estado de higiene, da qual se destaca a capacidade de inibir endemias e epidemias causadas pelo meio ambiente e de promover o aperfeiçoamento de condições mesológicas favoráveis ao pleno gozo de saúde e bem-estar, por meio de abastecimento sanitário, controle de doenças transmissíveis, etc., com a finalidade de proteger e melhorar as condições de vida urbana e rural (BRASIL, 2006).

⁶ Saneamento básico é o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, e drenagem de águas pluviais urbanas (BRASIL, 2007a).

As obras, entretanto, atendiam apenas a uma parte da população, caracterizando um quadro precário das condições sanitárias da época e determinando várias epidemias (Brasil, 2004a, p. 15).

Destaque-se que, no último século, o Brasil passou por um acelerado processo de urbanização.

Nas primeiras décadas do século XX, a maioria da população brasileira vivia na zona rural e, em poucas décadas, com o processo de industrialização e a migração para os centros urbanos, o Brasil chegou ao final do século XX como um país predominantemente urbano. Em 2000, a população urbana chegou a 81,3% da população total. Essa rápida inversão provocou um enorme déficit no setor de saneamento, tornando-se um dos principais problemas ambientais brasileiros (BRASIL, 2009b, p. 7).

E é nas grandes cidades que os problemas decorrentes de um saneamento inadequado se evidenciam, mais claramente, no bem-estar da população. Atualmente, mesmo com as melhorias sanitárias introduzidas no Brasil a partir do início do século passado, as quais contribuíram efetivamente para a redução e mesmo erradicação de várias doenças endêmicas e epidêmicas, e com 90% da população urbana brasileira atendida com água potável e 60% com redes coletoras de esgotos, as doenças resultantes da falta ou inadequação de saneamento, especialmente em áreas pobres (favelas, periferias das cidades, zona rural) do país, têm somente agravado o quadro epidemiológico de doenças, tais como cólera, dengue, esquistossomose e leptospirose, as quais, em sua maioria, são evitáveis ou mesmo erradicáveis (BRASIL, 2006; BRASIL, 2010b; COSTA, 2007).

Ressalte-se, ainda, que condições inadequadas de saneamento estão entre as principais causas da diarreia, uma das doenças que mais afligem a humanidade, com mais de quatro bilhões de casos anualmente (BRASIL, 2006). Então, é fácil perceber que a precariedade do saneamento ambiental representa um grande impacto na utilização da rede assistencial, implicando em gastos hospitalares e no desenvolvimento de programas de controle das doenças endêmicas (BRASIL, 2010b), constituindo um fator decisivo nas questões relacionadas à saúde pública.

Sobre isso, Fonseca (2012, p. 142) afirma que:

É impossível considerar qualquer aspecto da saúde humana separadamente do cenário ambiental. Por maior que seja o impacto causado pela vida social sobre a saúde humana, o ambiente ecologicamente equilibrado é um fator de extrema relevância.

Por este motivo, conforme observam Soares et al. (2002, p. 1714):

Nos últimos anos, tem-se observado que a finalidade dos projetos de saneamento tem saído de sua concepção sanitária clássica, recaindo em uma abordagem ambiental, que visa não só [sic] promover a saúde do homem, mas, também, a conservação do meio físico e biótico.

Ressalte-se que a preocupação com saúde e higiene está presente nas políticas públicas em toda a América Latina desde meados do século XIX. Porém, somente nos últimos anos os sistemas de saneamento e esgotamento sanitário têm sido tratados como temas ambientais no Brasil. Esta importante mudança de abordagem é percebida por meio de uma ampla reforma da legislação brasileira (BRASIL, 2005, 2007a, 2008, 2009a, 2010a, 2011a, 2011b) na última década, juntamente com a legislação anterior (BRASIL, 1981, 1997, 2012a) pertinente.

Além disso, apesar das ações de saneamento serem fundamentalmente ações de saúde pública e de proteção ambiental, também devem ser: um bem de consumo coletivo, um serviço essencial, um direito do cidadão e um dever do Estado; estendendo seus benefícios aos residentes de áreas rurais, municípios e localidades de pequeno porte, igualmente àqueles observados na maioria das grandes cidades (BRASIL, 2004a, 2006).

Desta forma, conforme enfatiza Fonseca (2012, p. 145-146):

Todos os setores da sociedade deveriam elaborar suas políticas e ações no contexto da conservação ambiental, não por uma exigência prática ou científica, mas por uma questão de garantia da sobrevivência da espécie humana e das demais formas de vida no planeta. Entretanto, especificamente a área da saúde pública, como responsável pelo cuidado e manutenção da qualidade de saúde e vida humana, tem grandes possibilidades de atuar de uma maneira condizente com as grandes questões de consciência ecológica e conservação ambiental. O alcance da saúde humana e ecossistêmica depende intimamente do cuidado com o ambiente.

3.3.3 Indicadores de risco e sua relação com a saúde ambiental

As metodologias para estudos e ações que dizem respeito à relação da saúde com o ambiente, tomado em sua globalidade ou restrito a um dado ambiente em particular, são necessariamente mais diversas e complexas do que nas outras áreas da Saúde Coletiva. A diversidade do conceito de ambiente amplia o número de questões/objetos de interesse, que exigem diferentes formas de abordagem metodológica (CÂMARA, TAMBELLINI, 2003, p. 96).

Os conceitos de risco têm sido utilizados em diversas ciências e ramos do conhecimento e adaptados segundo os casos em questão. [...] a utilização dos riscos como sinalizador de problemas ambientais é a convicção de que, ao falarmos em risco, estamos direta ou indiretamente falando do ser humano individualmente ou em sociedade (DAGNINO, CARPI JÚNIOR, 2007).

Nesse contexto, a agência de proteção ambiental estadunidense (UNITED STATES OF AMERICA, 2007, tradução nossa) define risco ambiental como “a possibilidade de que a saúde humana ou o ambiente sofram danos em resultado da presença de perigos ambientais”. Adicionalmente, seguindo Abkowitz (2002, p. 1, tradução nossa), pode-se dizer que esses riscos ambientais podem ser “produzidos pelo homem ou derivados de causas naturais”.

No âmbito da vigilância em saúde, o risco pode ser considerado um conceito fundamental, porque é a possibilidade de que “algo” aconteça interferindo “negativamente” no processo saúde-doença, gerando agravos ou danos à saúde, que devem ser minimizados. A operacionalização do risco é que faz da vigilância em saúde um importante componente da saúde coletiva (DE SETA, REIS, 2009). Complementarmente, a Organização Mundial da Saúde (OMS), também destaca que a vigilância ambiental em saúde tem como atribuições, entre outras, utilizar indicadores que relacionem saúde e condições de vida, produzindo estimativas da contribuição de diferentes fatores ambientais e socioeconômicos para problemas de saúde (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 1998)

Assim, a avaliação de riscos pode contribuir para uma melhor compreensão dos problemas ambientais que ocasionam efeitos indesejáveis sobre a saúde, a qual se inicia quando dados ambientais e de saúde (saúde ambiental) indicar haver a presença de agentes perigosos (químicos, físicos ou biológicos) no ambiente, cujos efeitos sobre a saúde devem ser avaliados quantitativa e qualitativamente, possibilitando uma tomada de decisão eficaz e efetiva (CÂMARA, TAMBELLINI, 2003; CORVALÁN, 2004; FREITAS, 2002). Adicionalmente, conforme explica Oliveira (2007), os indicadores de risco são instrumentos importantes, não só para a tomada de decisão no âmbito do setor saúde, como também nos demais setores, para garantir um desenvolvimento sustentável.

No sistema de saúde brasileiro, o setor de Saúde Ambiental procura identificar e intervir nos processos diretamente ligados ao meio ambiente e que determinam e condicionam a saúde e qualidade de vida humana, por exemplo ao monitorar a qualidade da água, solo e do ar (LAWINSKY et al., 2009).

Obviamente, além dos riscos de exposição a doenças, originários da poluição química na água, no solo ou no ar, ou de riscos sanitários, também estão envolvidos na relação ambiente e saúde questões como pobreza, condições psicossociais, entre outros (CÂMARA, TAMBELLINI, 2003; PHILIPPI JÚNIOR, MALHEIROS, 2005), que devem ser qualificados e quantificados, por meio de indicadores adequados, permitindo a implantação de um modelo de desenvolvimento sustentável que garanta a qualidade de vida das pessoas, como também um meio ambiente equilibrado.

3.4 Qualidade microbiológica da água

A água tem influência direta sobre a saúde, a qualidade de vida e o desenvolvimento do ser humano. Para a Organização Mundial da Saúde (2000 apud ARAÚJO, 2010, p. 18) e seus países membros, todas as pessoas, em quaisquer estágios de desenvolvimento e condições socioeconômicas têm o direito de ter acesso a suprimento adequado de água potável segura⁷.

Estima-se que a água contaminada seja um dos principais responsáveis por óbitos e pela perda de tempo produtivo das pessoas nos países em desenvolvimento, sendo os esgotos e excrementos humanos as principais fontes dessa deterioração e contaminação da qualidade da água, resultando na veiculação das doenças relacionadas a um saneamento ambiental inadequado (BARBIERE, 2009; MALHEIROS, PHILIPPI JÚNIOR, COUTINHO, 2008).

Então, nos países em desenvolvimento, onde é comum encontrar áreas urbanas densamente povoadas com precárias condições de saneamento básico, a água se torna um meio importante de propagação de doenças. Se estiver contaminada pode ocasionar surtos de doenças e causar sérias epidemias.

Os riscos à saúde, associados à água, podem ser de curto prazo, quando resultam da poluição de água causada por elementos microbiológicos ou químicos, ou de médio e de longo prazo, advindos do consumo regular e contínuo, durante meses ou anos, de água contaminada com produtos químicos, como certos metais ou pesticidas (BRANCO, 2002). Entre os contaminantes da água mais estudados encontram-se os organismos patogênicos, especialmente as bactérias, os protozoários e os vírus, os quais se constituem em uma das maiores ameaças à saúde humana (CARR, NEARY, 2008).

Destaquem-se, aqui, os patógenos de origem entérica (animal ou humana), normalmente transmitidos por rota fecal-oral⁸, principalmente onde as condições de saneamento básico são precárias (COSTA et al., 2003; FRIEDMAN, ISSELBACHER, 1998), que são responsáveis por algumas epidemias de doenças gastrointestinais e que têm como fonte de infecção a água contaminada. Essas infecções representam causas de elevada taxa de mortalidade em indivíduos com baixa resistência e, atingem especialmente idosos e crianças menores de cinco anos (ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, 2000).

⁷ Água segura: água cujas características físicas, químicas e microbiológicas sigam as diretrizes da OMS ou padrões nacionais de qualidade de água para consumo humano.

⁸ Rota fecal-oral: rota de transmissão de doenças, na qual estas são passadas quando patógenos em partículas fecais de um hospedeiro são introduzidos na cavidade oral de outro hospedeiro potencial, ou seja, os patógenos são excretados nas fezes e infectam outra pessoa por ingestão.

Além disso, o uso prolongado de uma água contaminada por microrganismos de origem fecal pode resultar em consequências drásticas como: envelhecimento precoce, redução do período de vida, perda da perfeita saúde, má qualidade de vida (indisposições, irritabilidade) e, em crianças, um subdesenvolvimento físico e mental (BIASOLI, 1998).

O Programa de Monitorização Conjunta para o Abastecimento de Água e Saneamento da OMS e do Fundo das Nações Unidas para a Infância (WORLD HEALTH ORGANIZATION, UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND, 2000) mostra, ainda, que cerca de 80% de todas as doenças que afetam os países em desenvolvimento provém de água de má qualidade. Desta forma, o simples procedimento de tratamento da água é fundamental na prevenção de doenças.

Segundo a Organización Panamericana de la Salud (2000), as duas grandes categorias de doenças microbianas são: a intoxicação, sendo a toxina a responsável pelos sintomas clínicos; e as infecções, causadas pela multiplicação de patógenos no hospedeiro. Os efeitos das infecções microbianas, particularmente, vão desde infecções subclínicas até agudas; de doenças respiratórias, dermatológicas, infecções oftálmicas e óticas até gastroenterites agudas, e outras desordens orgânicas que podem levar à morte. Ressalte-se que as patogenias atacam de forma indiscriminada larga faixa etária da população, mostrando como as baixas condições de saneamento agravam a saúde pública, como corroborado pelas informações do Quadro 2.

Quadro 2 – Algumas patologias decorrentes da precariedade de saneamento básico.

TRANSMISSÃO	DOENÇA (AGENTE PATOGENICO)	MEDIDA PREVENTIVA
Pela água.	Cólera (<i>Vibrio cholerae</i>). Febre tifoide (<i>Salmonella typhi</i>). Leptospirose (<i>Leptospira interrogans</i>). Giardíase (<i>Giardia lamblia</i>). Amebíase (<i>Entamoeba histolytica</i>). Hepatite infecciosa (<i>Hepatite virus A</i>). Diarreia aguda (<i>Balantidium coli</i> , <i>Cryptosporidium</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>S. aureus</i> , <i>Campylobacter</i> , <i>E. coli enterotoxogênica</i> e enteropatogênica, <i>Shigella</i> , <i>Yersinia nterocolitica</i> , <i>Astrovirus</i> , <i>Calicivirus</i> , <i>Norwalk</i> , <i>Rotavirus A e B</i>).	• Implantar sistema de abastecimento e tratamento da água, com fornecimento em quantidade e qualidade para consumo, uso doméstico e coletivo; • Proteção de contaminação dos mananciais e fontes de água.
Pela falta de limpeza e higienização com a água.	Escabiose (<i>Sarcoptes scabiei</i>). Pediculose (piolho) (<i>Pediculus humanus</i>). Tracoma (<i>Clamidia trachoma</i>). Conjuntivite aguda (<i>Haemophilus aegyptius</i>). Salmonelose (<i>Salmonella typhimurium</i>). Tricuríase (<i>Trichuris trichiura</i>). Enterobiase (<i>Enterobius vermiculares</i>). Ancilostomíase (<i>Ancylostoma duodenale</i>). Ascaridíase (<i>Ascaris lumbricoides</i>).	• Implantar sistema adequado de esgotamento Implantar sistema adequado de esgotamento sanitário; • Instalar abastecimento de água preferencialmente com encanamento no domicílio; • Instalar melhorias sanitárias domiciliares e coletivas; • Instalar reservatório de água adequado com limpeza sistemática.
Através de vetores que se relacionam com a água.	Malária (<i>Plasmodium vivax</i> , <i>P. malarie</i> e <i>P. falciparum</i>). Dengue (<i>Grupo B dos arbovírus</i>). Febre amarela (<i>RNA vírus</i>). Filariose (<i>Wuchereria bancrofti</i>).	• Eliminar o aparecimento de criadouros com inspeção sistemática e medidas de controle (drenagem, aterro, etc.); • Dar destinação final adequada aos resíduos sólidos.
Associada à água.	Esquistossomose (<i>Schistosoma mansoni</i>).	• Controle de vetores e hospedeiros intermediários.

Nota: infecções do trato gastrointestinal vêm frequentemente acompanhadas de diarreias. A diarreia, em si, não é uma doença, porém é uma manifestação comum a várias condições clínicas, relacionadas com a falta de saneamento, por isso é usada como indicador de contaminação de microrganismos patogênicos que invadem a mucosa intestinal, juntamente com outros indicadores de contaminação microbiológica das águas.

Fonte: adaptado de SAUNDERS (1976 apud BRASIL, 2006).

3.4.1 Patógenos de veiculação hídrica

São conhecidos mais de 250 agentes patogênicos ou contaminantes que veiculados direta ou indiretamente por meio da água podem causar doenças (EDUARDO et al., 2005). Entre estes, destacam-se como bactérias emergentes patogênicas ou oportunistas aquelas pertencentes à família *Enterobacteriaceae*, que é a maior e mais heterogênea coleção de bacilos Gram negativos (G-) importantes em saúde pública. Tais bactérias são microrganismos ubiquitários, isto é, são encontrados em todo o mundo, no solo, na água, na vegetação, além de fazerem parte da flora intestinal normal de muitos animais, incluindo o homem.

Todos os membros desta família podem crescer rapidamente, aeróbia e anaerobiamente (anaeróbios facultativos), em uma variedade de meios seletivos e não seletivos, pois têm necessidades nutricionais simples. Fermentam glicose, reduzem nitrato, são catalase positiva e oxidase negativa (exceto o gênero *Plesiomonas*). Uma característica de diferenciação importante é a ausência da atividade citocromo oxidase que pode ser medida, rapidamente, num teste simples e, que as distingue de outros bacilos G- fermentadores⁹ e não fermentadores (MURRAY, ROSENTHAL, PFALLER, 2010).

Algumas espécies são consideradas agentes enteropatogênicos¹⁰, normalmente transmitidas por água ou alimentos contaminados. Porém há aquelas que podem causar infecções extraintestinais. Os principais gêneros desta família são: *Escherichia*, *Shigella*, *Salmonella*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Serratia*, *Hafnia*, *Proteus*, *Edwardsiella*, *Morganella*, *Providencia*, *Yersinia* e *Erwinia* (TRABULSI, ALTERTHUM, 2008).

Alguns membros destes gêneros (*Shigella* e *Salmonella*) estão sempre associados a doenças quando isolados do homem, enquanto outros (*Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus mirabilis*) constituem a microbiota comensal normal, podendo, entretanto, causar infecções oportunistas. As infecções causadas pelas *Enterobacteriaceae*, que podem envolver praticamente todos os pontos corporais, originam-se de um reservatório animal (a maioria das infecções por *Salmonella*), de um portador humano (e.g., *Salmonella typhi*) ou por intermédio de disseminação endógena¹¹ dos organismos (*Escherichia spp.*) em um paciente suscetível (MURRAY, ROSENTHAL, PFALLER 2010).

⁹ Bacilos fermentadores: são os que utilizam carboidratos como fonte de energia. Nas culturas desses microrganismos, observa-se a formação de produtos ácidos (WINN et al., 2008).

¹⁰ Agentes enteropatogênicos: organismos capazes de provocar distúrbios no trato intestinal.

¹¹ Infecção endógena: infecção provocada por organismos já existentes no interior do corpo.

Neste momento, é importante destacar a importância epidemiológica de algumas espécies de enterobactérias¹² e de outros patógenos emergentes e oportunistas, de veiculação hídrica, relevantes para este trabalho:

- a) ***Acinetobacter spp.***: são bactérias patogênicas oportunistas, da família *Moraxellaceae*, que podem causar uma grande variedade de doenças, tais como pneumonia, septicemia¹³, infecções de pele e do trato urinário e feridas infectadas. Destaque-se que a espécie *A. baumannii* tem sido reportada nas últimas décadas como um dos principais agentes de infecções em humanos, especialmente em unidades hospitalares, fato agravado pela resistência da espécie a diversos antimicrobianos (HENES et al., 2013; JAIN et al., 2004; MICHALOPOULOS, FALAGAS, 2010).
- b) ***Enterobacter spp.***: são enterobactérias amplamente distribuídas na natureza (águas, solo, vegetais e animais). Contudo, são escassos nas fezes e na ausência de *Escherichia coli* (Ec) apresenta-se como um importante indicador de contaminação ambiental (WINN et al., 2008). Entre as espécies clinicamente significativas encontram-se: a *Enterobacter cloacae*, *Enterobacter sakazakii*, *Enterobacter aerogenes*, *Enterobacter agglomerans* e *Enterobacter gergoviae*, todas patogênicas oportunistas de queimaduras e feridas; podendo causar também infecções do trato urinário e, ocasionalmente, septicemias e meningite¹⁴ (HOLT et al., 1994). Duas espécies (*E. cloacae* e *E. aerogenes*) predominam sobre todas as demais como causa de infecções humanas em vários órgãos (TRABULSI, ALTERTHUM, 2008).
- c) ***Escherichia coli***: é uma enterobactéria bacilar com múltiplos flagelos dispostos em volta da célula. A Figura 5 ilustra uma célula de *E. coli*. O seu habitat natural é o lúmen intestinal dos seres humanos e de outros animais homeotermos de sangue quente e aves (CARDOSO et al., 2002; MURRAY, ROSENTHAL, PFALLER, 2010). A maioria das linhagens é comensal. Porém, algumas linhagens são enterotoxigênicas¹⁵, podendo causar doenças e outros distúrbios gastrointestinais. Também, são causadoras de infecções urinárias, septicemia etc. A Ec está frequentemente associada a diarreias infantis e vômitos (MURRAY; ROSENTHAL; PFALLER, 2010; TRABULSI, ALTERTHUM, 2008; WINN et al., 2008).

¹² Enterobactérias: bactérias pertencentes à família *Enterobacteriaceae*.

¹³ Septicemia: infecção generalizada por todo o corpo, causada por bactérias que infectam o sangue. É uma condição potencialmente fatal que afeta diretamente os pulmões, os rins e o coração.

¹⁴ Meningite: inflamação das membranas que revestem o encéfalo e a medula espinhal, conhecidas coletivamente como meninges.

¹⁵ Linhagens enterotoxigênicas: microrganismos que liberam toxinas no intestino.

- d) ***Klebsiella spp.***: constituem importantes patógenos para o homem, causando enterites¹⁶ e infecções do trato urinário, tanto em crianças como em adultos, e também fazem parte do grupo coliforme¹⁷. As cepas *K. pneumoniae* e *K. oxytoca* causam feridas, infecções dos tecidos moles e do trato urinário, e também podem causar pneumonia lobar¹⁸ (MURRAY; ROSENTHAL; PFALLER, 2010).
- e) ***Staphylococcus spp.***: são cocos Gram positivos (G+) que se apresentam em forma de cachos irregulares, aos pares, isolados, tetrade ou em cadeia; pertencentes à família Micrococcaceae, Estão vastamente distribuídas na natureza e fazem parte da microbiota normal da pele e mucosas de mamíferos e aves. Compõem-se de dezenas de espécies, que se dividem em dois grupos: os coagulase positiva (e.g., *S. aureus*); e os coagulase negativa (e.g., *S. epidermidis*, *S. haemolyticus*, *S. lugdunensis*, *S. saprophyticus*, *S. warneri*). Os coagulase negativa estão mais frequentemente associados a infecções humanas (MACHADO, 2007). O *S. haemolyticus*, particularmente, é um conhecido patógeno oportunista multirresistente associado a pneumonias e bacteremias (BARROS et al., 2012; FROGGATT et al., 1989);
- f) ***Stenotrophomonas maltophilia***: é uma bactéria G-, aeróbia e não fermentativa, pertencente à família Xanthomonadaceae. Também, é um conhecido patógeno oportunista multirresistente associado a diversos tipos de infecções (BROOKE, 2012; TURRIENTES et al., 2010; YEMISEN et al., 2008). Recentemente, tem se estabelecido como importante patógeno, capaz de provocar diversas infecções (e.g., pneumonias, bacteremia, endocardite¹⁹, colangite²⁰, infecções urinárias, meningite, infecções em feridas) em pacientes debilitados e imunodeprimidos (POMPÍLIO et al., 2010).

¹⁶ Enterite: inflamação na mucosa dos intestinos.

¹⁷ Grupo coliforme: bactérias aeróbias ou anaeróbias facultativas gram-negativas, não esporuladas e na forma de bastonetes, pertencentes aos gêneros *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter* e *Klebsiella*, que fermentam a lactose a 35°C, num período de 48 horas, produzindo gás e ácido. Podem ser encontradas no solo e em vegetais, ou em fezes de humanos ou animais de sangue quente (EATON et al., 2005; FRANCO, LANDGRAF, 2008).

¹⁸ Pneumonia lobar: inflamação de do tecido de um único lobo pulmonar.

¹⁹ Endocardite: inflamação do endocárdio (camada interna do coração).

²⁰ Colangite: inflamação das vias biliares.

Diante do exposto, nota-se que o consumo de água contaminada por agentes biológicos patogênicos, químicos, ou mesmo o contato direto, está obviamente associado a diversos problemas de saúde. Algumas epidemias de doenças gastrintestinais, por exemplo, têm como fonte de infecção a água contaminada. De acordo com a OMS, a maioria das doenças que ocorrem são causadas por contaminação da água, e as infecções decorrentes representam causas de elevada taxa de mortalidade em indivíduos com baixa resistência (ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, 2000; VALENTE et al., 1999).

Uma grande variedade de microrganismos patogênicos pode ser encontrada em excrementos de seres humanos e de outros animais homeotérmicos. Por isso, a contaminação de águas por fezes é uma das formas mais importantes de introdução de microrganismos patogênicos nas águas (DUARTE, 2011; ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, 2000). Assim, a exposição humana à água contaminada por material fecal, seja por ingestão ou por atividades recreacionais, torna-se um importante mecanismo de transmissão de patógenos gastrintestinais. É fato que as patogenias atacam de forma indiscriminada larga faixa etária da população. Ademais, o Quadro 2 nos mostra como medidas preventivas relacionadas às condições de saneamento poderiam colaborar nas ações de saúde pública.

Assim, tendo em vista que vários estudos têm demonstrado que infecções humanas, tanto intestinais como extraintestinais, podem ser causadas por microrganismos veiculados por águas contaminadas por fezes e urina, é de considerável importância, do ponto de vista epidemiológico, a possibilidade de os ambientes aquáticos permitirem a sobrevivência de tais microrganismos servindo, então, como reservatório de patogenias (MARTINS et al., 1988; VALENTINI, GOMES, FALCÃO, 1992).

Os estudos que determinam a qualidade da água geralmente associam análises de parâmetros físico-químicos a análises biológicas e microbiológicas. Parâmetros como pH, temperatura, turbidez, oxigênio dissolvido, nitrogênio e fósforo, em conjunto com as comunidades aquáticas fornecem importantes informações sobre a integridade dos cursos de água, uma vez que são alterados em casos de poluição orgânica ou industrial, além de inúmeras informações científicas e de gerenciamento úteis (SILVEIRA, 2004). Contudo, na avaliação da qualidade microbiológica da água, buscando verificar se o corpo aquático é uma potencial fonte de patogenias, procurar-se-á determinar a presença de microrganismos específicos, não necessariamente patogênicos, que, quando presentes na água, podem indicar a ocorrência de contaminação fecal e, assim, risco da presença de patógenos.

3.4.2 Microrganismos indicadores de qualidade sanitária da água

Na proteção de ecossistemas aquáticos, há décadas que se utiliza a concentração de microrganismos como indicadores de contaminação no monitoramento e controle da qualidade da água (MEDEIROS et al., 2011).

O uso de parâmetros biológicos para medir a qualidade da água se baseia nas respostas dos organismos em relação às alterações ocorridas no meio onde vivem, sejam estas de origens antrópicas ou naturais. Os distintos níveis de organização biológica possibilita o conhecimento sobre o poluente que interage com o organismo, e ao nível este é mais suscetível à ação. A habilidade de proteger os ecossistemas depende da capacidade de distinguir os efeitos das ações humanas das variações naturais, utilizando indicadores que melhor traduzem a contaminação dos meios hídricos (DUARTE, 2011).

Entretanto, é difícil a detecção de agentes patogênicos, especialmente bactérias, protozoários e vírus por causa das baixas concentrações destes em amostras de água. Metodologias diferentes são requeridas na avaliação de cada tipo de microrganismo e, também a ausência ou presença de um patógeno não exclui a presença de outros. Por este motivo, indicadores sanitários são comumente usados visando à detecção de contaminação por fezes, pelo fato dos microrganismos patogênicos veiculados pela água e alimentos serem predominantemente de origem fecal (FRANCO, LANDGRAF, 2008; JAY, 2005).

Assim, um microrganismo ou grupo de microrganismos pode ser considerado um bom indicador sanitário de águas caso: esteja presente em águas poluídas, e ausente nas não poluídas; esteja presente quando os microrganismos patogênicos estiverem presentes; ter sobrevivência igual ou maior que a dos patógenos; seja inofensivo ao homem e facilmente detectado por testes laboratoriais rápidos, simples e precisos; tenha como habitat exclusivo o trato intestinal do homem e de animais; ocorram em número bem elevado nas fezes e, quando presentes em ambiente extraenteral sejam bem resistentes (FRANCO, LANDGRAF, 2008).

Apesar dos microrganismos indicadores não preencherem a todos esses requisitos, aqueles que são carregados para o ambiente, juntamente com os dejetos humanos são eficientemente usados como indicadores de contaminação fecal, tais como: *Streptococcus faecalis*, *Clostridium perfringens*, vírus entéricos, bactérias coliformes e *Escherichia coli* (BURBARELLI, 2004).

Os indicadores mais usados são bactérias do grupo coliforme que apresentam como vantagens o fato de estarem, em sua maioria, presentes no intestino de animais de sangue quente, inclusive o homem e serem eliminados em grandes quantidades nas fezes destes. Embora algumas representantes deste grupo não serem de origem fecal, quanto maior sua presença em água, maior é a probabilidade de se encontrar microrganismos patogênicos

(MARQUEZI, 2010). Além disso, sua quantificação é simples e sua presença na água indica, também, que a contaminação com material fecal é recente (EATON et al., 2005; SILVA, CAVALLI, OLIVEIRA, 2006).

Dentre as bactérias coliformes, o subgrupo dos coliformes fecais ou termotolerantes é mais representativo para a determinação da contaminação fecal que os coliformes totais, conquanto ainda inclua cepas bacterianas de origem não fecal. Contudo, a contagem da espécie coliforme termotolerante *Escherichia coli* é a mais representativa na determinação da contaminação fecal, haja vista que é de origem especificamente fecal e raramente encontrada em água ou solo não contaminado com material fecal (MARQUEZI, 2006).

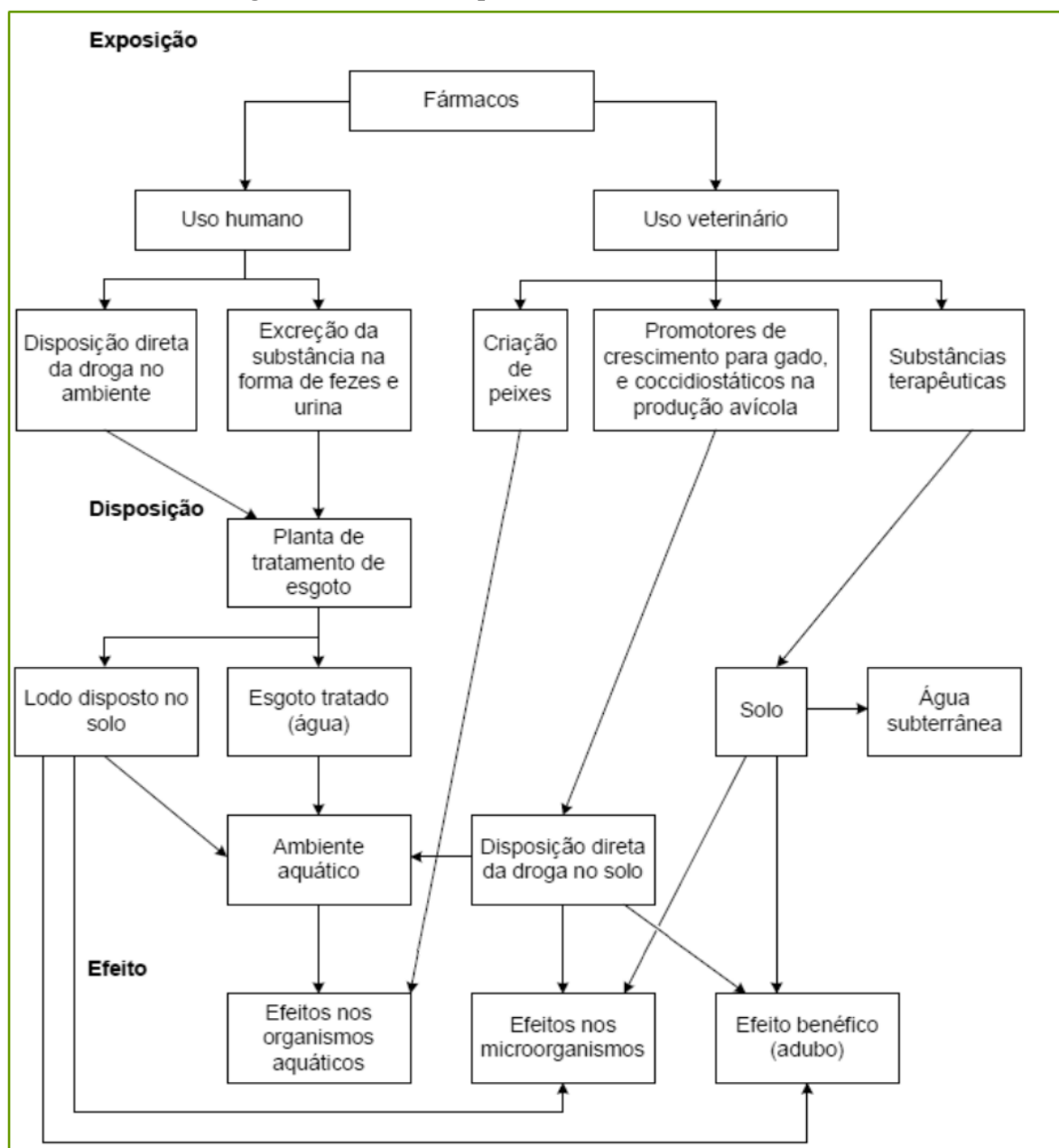
Ressalte-se que uma grande variedade de indicadores biológicos alternativos tem sido investigada quanto ao seu potencial de diferenciação entre as fontes de contaminação fecal, tais como *Bifidobacterium spp.*, Colifagos RNA F-específicos, *Clostridium perfringens*, *Bacteroides spp.*, perfis de resistência a antimicrobianos em *E. coli*, *Streptococcus spp.*; além de parâmetros químicos como ácidos biliares, cafeína e esteroides, que também são temas de estudos sobre as origens da contaminação fecal (AHMED, GOONETILLEKE, GARDNER, 2008; BURBARELLI, 2004; DUARTE, 2011; SAVICHTCHEVA, OKABE, 2006).

3.4.3 Fármacos no meio ambiente e o aumento da resistência bacteriana a antimicrobianos

Fármacos ou drogas médicas são grupos de substâncias químicas que têm propriedades medicinais. Eles incluem compostos orgânicos (predominantemente) e inorgânicos (LIPINSKI et al., 1997). Para serem usados com segurança, também são fabricados de maneira a serem metabolizados em órgãos, tais como fígado ou rins, depois de atingirem efeitos farmacológicos desejados (IKEHATA, NAGHASHKAR, EL-DIN, 2006).

Há várias fontes e rotas possíveis para a ocorrência de fármacos no ambiente aquático. De acordo com Halling-Sørensen et al. (1998), as principais vias de exposição ao ambiente, para os diferentes tipos de fármacos, estão apresentadas na Figura 6. Em relação aos fármacos de uso humano, estes são consumidos nos domicílios (drogas não prescritas e algumas prescritas) e em hospitais e clínicas (drogas prescritas). Essas drogas são parcialmente metabolizadas e excretadas na urina e fezes e vão para o sistema de coleta de esgoto. As drogas não consumidas, excedentes ou fora da validade, podem ser eliminadas em instalações sanitárias, prática atualmente não recomendada. Efluentes de hospitais podem ser tratados separadamente ou combinados com efluentes municipais e, em seguida, tratados em estações de tratamento de esgoto (ETE) (HEBERER, 2002).

Figura 5 – Rotas de exposição de fármacos no ambiente.



Fonte: HALLING-SØRENSEN *et al.* (1998).

A ocorrência de fármacos em águas residuárias tratadas foi primeiramente relatada, em meados da década de 1970, nos Estados Unidos da América (EUA), onde o ácido clofíbrico, na faixa de 0,8 a 2 µg/L foi encontrado (GARRISON *et al.*, 1976). Na década de 1980, outros compostos farmacêuticos foram detectados em rios no Reino Unido (RICHARDSON, BOWRON, 1985), em concentrações de até 1 µg/L, e em amostras de rede de esgoto no Canadá (ROGERS, BIRTWELL, KRZYNYSKI, 1986).

Na última década, o conhecimento sobre a ocorrência ambiental de fármacos tem aumentado, em grande medida, devido ao rápido desenvolvimento de técnicas analíticas capazes de determinar compostos farmacêuticos em muito baixas concentrações (CAHILL et al., 2004; CASTIGLIONI et al., 2005; GEBHARDT, SCHRÖDER, 2007; GONZÁLEZ; PETROVIC; BARCELÓ, 2007; MIAO et al., 2004).

Assim sendo, tornou-se frequente o registro do aparecimento desses compostos em ambientes aquáticos, principalmente em efluentes de ETE (ANDREOZZI, MAROTTA, PAXÉUS, 2003; FENT, WESTON; CAMINADA, 2006), em águas superficiais, subterrâneas e em águas destinadas para consumo humano (ANDREOZZI, MAROTTA, PAXÉUS, 2003; BROWN *et al.*, 2006; CARBALLA *et al.*, 2004; CASTIGLIONI *et al.*, 2005; FENT, WESTON, CAMINADA, 2006; GULKOWSKA *et al.*, 2008; KARTHIKEYAN, MEYER, 2006; MIAO *et al.*, 2004; SANTOS, APACICIO, ALONSO, 2007; STUMPF *et al.*, 1999; TERNES, JOSS, SIEGRIST, 2004; XU *et al.*, 2007).

De acordo com estimativa de Brasil (2004b), um quinto de toda a produção farmacêutica, no Brasil, acaba no lixo; índice proveniente basicamente do descarte inapropriado de sobras de medicamentos vencidos nas residências, acrescido do descarte inadequado de esgotos urbanos contaminados por excreções humanas. Incluem-se, também, neste total, os medicamentos veterinários oriundos das zonas rurais (SANDERSON et al., 2004), bem como os medicamentos dispostos por meio dos efluentes hospitalares, nas zonas urbanas, a exemplo dos agentes antitumorais, antibióticos²¹ e organohalogenados, que podem passar por ETE sem sofrerem degradação (GAUTAM, KUMAR, SABUMON, 2007).

Nesse contexto, o monitoramento de fármacos (antibióticos, hormônios, anestésicos, antilipêmicos, antidepressivos, anti-inflamatórios) residuais no meio ambiente vem ganhando grande interesse nos últimos anos (BILA, DEZOTTI, 2007; FLORIANO, 2012), não somente pelo problema ambiental que é a contaminação dos recursos hídricos com compostos poluentes recalcitrantes, mas também pelo problema sanitário decorrente da manutenção de compostos antimicrobianos no meio aquático, que seleciona bactérias mais fortes, criando novas descendências bacterianas mais resistentes àqueles antimicrobianos (BILA, DEZOTTI, 2002; BOWER; DAESCHEL, 1999; UEDA et al., 2009).

²¹ Antibióticos: são compostos naturais ou sintéticos capazes de inibir o crescimento ou causar a morte de fungos ou bactérias. Podem ser classificados como bactericidas, quando causam a morte da bactéria, ou bacteriostáticos, quando promovem a inibição do crescimento bacteriano (WALSH, 2003).

Ao se falar de aumento da resistência bacteriana é conveniente inicialmente considerar os mecanismos envolvidos nesse processo. Os principais mecanismos de resistência bacteriana são apresentados a seguir (BOWER, DAESCHEL, 1999; BRASIL, 2007b; MURRAY, ROSENTHAL, PFALLER, 2010; ROSSI, ANDREAZZI, 2005):

- a) **alteração de permeabilidade**, uma propriedade da membrana celular externa de lipopolissacarídeo, das bactérias G-, que permite selecionar quais substâncias podem passar para o espaço periplasmático²² e, em seguida, para o interior da célula. É responsável pela resistência intrínseca dos bacilos G- à penicilina, eritromicina, clindamicina e vancomicina, e pela resistência de *Pseudomonas aeruginosa* ao trimetoprim;
- b) **alteração do sítio de ação do antimicrobiano**, de modo a impedir a ocorrência de qualquer efeito inibitório ou bactericida, e constitui um dos mais importantes mecanismos de resistência. As bactérias podem adquirir um gene, transportado por plasmídeo²³ ou por transpóson²⁴, que modifica um alvo original de ligação do antimicrobiano à célula, inibindo ou alterando a ação dos antibióticos. É o mecanismo responsável pela resistência do *Staphylococcus aureus* à oxacilina e dos estafilococos coagulase-negativos à antimicrobianos β -lactâmicos;
- c) **bomba de efluxo**, que se traduz no bombeamento ativo de antimicrobianos do meio intracelular para o extracelular, produzindo, assim, resistência bacteriana a determinados antimicrobianos. A resistência às tetraciclina codificada por plasmídeos em *Escherichia coli* resulta deste efluxo ativo;
- d) **mecanismo enzimático**, no qual o antimicrobiano é degradado por enzimas (e.g., β -lactamases) codificadas em cromossomos ou sítios extracromossômicos, é o mais importante e frequente mecanismo de resistência bacteriano. A resistência quase universal de *S. aureus* à penicilina, bem como a resistência de cepas de *P. aeruginosa*, *E. cloacae*, *S. marcescens*, *K. pneumoniae*, e de outras bactérias G- à cefalosporinas de terceira geração, cefamicinas e combinações de β -lactâmicos/ácido clavulânico, é mediada por este mecanismo.

²² Espaço periplasmático: corresponde a um espaço situado entre a membrana externa e membrana citoplasmática, encontrado em células Gram negativas;

²³ Plasmídeo: é molécula circular dupla de ácido desoxirribonucleico (DNA) capazes de se reproduzir independentemente do DNA cromossômico.

²⁴ Transpóson ou transposição: é uma sequência de ácido desoxirribonucleico capaz de se movimentar de uma região para outra no genoma de uma célula.

Com frequência bactérias utilizam mais de uma estratégia para evitar a ação dos antimicrobianos; assim, a ação conjunta de múltiplos mecanismos pode produzir um acentuado aumento da resistência aos antimicrobianos. A resistência a determinado antimicrobiano pode constituir uma propriedade intrínseca de uma espécie bacteriana ou uma capacidade adquirida. Para adquirir resistência, a bactéria deve alterar seu DNA, material genético, que ocorre de duas formas: indução de mutação no DNA nativo; introdução de um DNA estranho - genes de resistência - que podem ser transferidos entre gêneros ou espécies diferentes de bactérias. (BRASIL, 2007b)

Os genes de resistência quase sempre fazem parte do DNA de plasmídeos extracromossômicos, que podem ser transferidos entre microrganismos. Alguns genes de resistência fazem parte de unidades de DNA denominadas transposons que se movem entre cromossomos e plasmídeos transmissíveis. O DNA estranho pode ser adquirido mediante transformação, resultando em trocas de DNA cromossômico entre espécies, com subsequente recombinação interespecífica (BRASIL, 2007b).

Muitos estudos já têm demonstrado que o meio ambiente, e particularmente os corpos aquáticos, vem funcionando como um grande reservatório de genes de resistência (CAUMO et al., 2010; DANTAS et al, 2008; D'COSTA et al, 2006), o que justifica o aumento observado na incidência de infecções microbianas resistentes a antibióticos, adquiridas tanto em ambiente domiciliar quanto hospitalar, consequência da provável transferência de genes de resistência oriundos de bactérias ambientais para patógenos humanos.

Esse fato tem despertado a atenção dos profissionais de saúde, haja vista o potencial risco à saúde pública inerente ao aumento da resistência bacteriana a antibióticos (MALHEIROS, PHILIPPI JÚNIOR, COUTINHO, 2008; OZGUMUS et al., 2009). Entretanto, os problemas relacionados à resistência antimicrobiana em bacilos G- parecem ser mais importantes no Brasil, e em outros países da América Latina, do que em outras regiões do mundo. A presença de microrganismos resistentes é bastante evidente em infecções relacionadas à assistência à saúde brasileira, os quais podem ser isolados em casos típicos de: diarreias, doenças sexualmente transmissíveis, meningites, infecções respiratórias, do trato urinário e da pele (ROSSI, ANDREAZZI, 2005).

Assim, o estudo da resistência a antimicrobianos dos organismos no ambiente aquático tem crescido em importância (KEMPER, 2008; SARMAH, MEYER, BOXALL, 2006; WRIGHT, 2007), haja vista a investigação de microrganismos da água pode auxiliar no entendimento de mecanismos de resistência a antibióticos (CAUMO et al., 2010) e na sua relação com questões de saúde pública e de saúde ambiental.

3.5 Auditoria ambiental

No século XVIII, em consequência da degradação ambiental desencadeada pela Revolução Industrial, ocorrem os primeiros movimentos com o objetivo de preservar os espaços naturais. A produção de novos compostos químicos, a criação de máquinas e de processos de fabricação que empregam energia cujas principais fontes são os combustíveis fósseis, puseram em risco a qualidade da vida humana. No entanto, a sociedade começou a se preocupar com as questões ambientais, mais efetivamente no século XX [...] (CARVALHO, 2003 apud SANTANA, 2003).

A despeito disso, até a década de 1980, as questões ambientais eram ignoradas pelo poder público na maioria dos países. Nas empresas, eram tratadas como algo secundário, custoso e indesejável, pois significaria perda da competitividade econômica e, somente a partir dos anos 80, é que os gastos com proteção ambiental começaram a ser vistos como investimentos e como vantagem competitiva (CALLENBACH et al., 1993).

No Brasil, somente após a promulgação da Política Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1981), em 1981, e da nova constituição federal (BRASIL, 2012a), em 1988, é que a proteção do meio ambiente passou a ser efetivamente uma questão de Estado.

A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento [socioeconômico], aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana [...] (BRASIL, 1981, Art. 2º).

É competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios: [...] proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas; [...] Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 2012a, Art. 23 inciso VI, Art. 225 caput).

Posteriormente, conforme afirmam Reis (2002) e Santana (2003), “no início da década de 90, diversos países [já] desenvolviam normas e procedimentos no campo ambiental”. Então, o grande número de normas ambientais distintas à época fez com que a Organização Internacional para Padronização²⁵ (ISO) publicasse, a partir de 1996, um conjunto de normas internacionais para o gerenciamento ambiental, a série de normas ISO 14000, nas quais se incluem as diretrizes para a auditoria ambiental (FRANCO, 2001; REIS, 2002; SANTANA, 2003).

²⁵ A Organização Internacional para Padronização, fundada em 23 de fevereiro de 1947, na Suíça, é uma entidade não governamental que congrega os grêmios de padronização/normalização de mais de 150 países, aprovando normas internacionais em todos os campos técnicos.

3.5.1 Diretrizes para auditoria ambiental

As auditorias ambientais surgiram nos Estados Unidos da América, no final da década de 1970, pela necessidade de avaliar se as empresas estavam cumprindo todos os preceitos exigidos pela legislação ambiental (FREITAS, 2001; SALES, 2001; AQUINO et al, 2008 apud SALES, 2009). Porém, foi a partir da publicação das normas ISO 14000, que a auditoria ambiental passou a ser efetivamente uma ferramenta de gestão ambiental. Também, a partir deste momento é que o mundo começa a focar nas questões ambientais. Então, as empresas ficaram mais susceptíveis a sofrer restrições e a perder mercado devido: aos efeitos da globalização dos conceitos ambientais e da economia, a uma maior conscientização do consumidor com a exigência ambiental e à preocupação com a vida no planeta (SANTANA, 2003).

No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas²⁶ (ABNT) apresentou, a partir de dezembro de 1996, a série de normas ISO 14000 como normas brasileiras (NBR): a série de normas NBR ISO 14000. Posteriormente, estas normas foram revisadas e reeditadas, algumas, inclusive, colocadas à parte da série 14000. Atualmente, as diretrizes para a auditoria ambiental, incluindo os princípios gerais, procedimentos e critérios de qualificação para auditores ambientais, são determinadas pela NBR ISO 19011 da ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2002).

De acordo com a NBR ISO 19011, pode-se definir auditoria ambiental como “o processo sistemático, documentado e independente para obter evidências, [registros, fatos e outras informações] pertinentes e verificáveis, e avaliá-las objetivamente” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2002) para determinar a extensão na qual certos critérios pré-estabelecidos em normas e legislação ambiental são atendidos. Percebe-se, então, que “a auditoria ambiental é uma forte ferramenta de controle e monitoramento ambiental” (SALES, 2009).

Sua utilidade é ampla na questão ecológica, principalmente quando a Constituição Federal do Brasil traz que a gestão ambiental no plano da ordem econômica capitalista não é de responsabilidade única e exclusiva das empresas, e sim do poder público e da coletividade, principalmente (SALES, 2009).

²⁶ Associação Brasileira de Normas Técnicas: é o órgão responsável pela normalização técnica no Brasil. É uma entidade privada, sem fins lucrativos e de utilidade pública, fundada em 1940. É membro fundador da ISO.

Mencione-se, ainda, que a auditoria ambiental pode ser utilizada como ferramenta em distintas situações (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2002; FREITAS, 2001; GILBERT, 1995; LA ROVERE, 2011):

- a) avaliação de impacto ambiental;
- b) contratação de seguro ambiental para um empreendimento;
- c) operações de fusão, absorção ou aquisição de empresas;
- d) avaliação do sistema de gerenciamento ambiental;
- e) mensuração de riscos ambientais etc.

O importante é a ideia da auditoria ambiental como instrumento destinado em nosso país a promover a educação ambiental, preservando o meio ambiente (cultural, artificial, do trabalho e natural), e fixando a necessidade de prestar contas em relação aos impactos ambientais (FIORILLO, 2007 apud SALES, 2009).

3.5.2 Protocolo de auditoria ambiental – lista de verificação

A NBR ISO 19011 faz referência à utilização de documentos de trabalho, os quais podem incluir: listas de verificação (*check list*), planos de amostragem de auditoria e formulários para registro de informações (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2002).

A lista de verificação ou resumo de tópicos, conforme explica Freitas (2001), é um dos possíveis tipos de protocolos de auditoria ambiental, no qual apenas são citados os assuntos a serem abordados, não estando especificados procedimentos para exame dos diferentes tópicos. Outros tipos de protocolos possíveis, citados por Freitas (2001), são relacionados a seguir: o protocolo básico, o guia detalhado, o questionário dirigido (sim/não), o questionário de respostas dissertativas e o questionário com atribuição de pontuação.

Obviamente, no caso de uma lista de verificação, os tópicos e o formato a serem abordados dependerão dos objetivos pretendidos para a auditoria. Contudo, é indispensável que cada item de avaliação seja anotado como **conforme** (satisfatório) ou **não conforme** (insatisfatório), ou ainda, em algum caso específico, como **não aplicável**. Os locais, os processos e os indivíduos envolvidos nas ações de verificação também devem ser devidamente registrados. Ademais, a conformidade ou não de algum item de avaliação deve ter como suporte os critérios da auditoria, que são os requisitos das normas ambientais ou alguma outra exigência legal ou contratual. Deve-se ressaltar que a lista de verificação, como qualquer outro protocolo, não deve ser inflexível, servindo de roteiro, que, dependendo do desenvolvimento da auditoria, pode destacar ou minimizar determinados aspectos.

3.5.3 Auditoria ambiental em corpos lacustres de Fortaleza/CE

De maneira geral, o uso da auditoria ambiental nos sistemas de gerenciamento de recursos hídricos do país é praticamente inexistente, apesar de o arcabouço legal e jurídico (SOUSA, 2008) e a literatura especializada propiciarem a utilização dessa ferramenta de gestão. A auditoria ambiental em estudos acadêmicos também é pouco expressiva em termos quantitativos. Somente nos últimos anos, alguns poucos trabalhos de pesquisa brasileiros têm utilizado a auditoria ambiental na avaliação das condições ambientais e sanitárias de ecossistemas aquáticos, particularmente da lagoa Rodrigo de Freitas, na cidade do Rio de Janeiro, e dos ecossistemas lacustres de Fortaleza, Ceará.

Em relação às auditorias realizadas nas lagoas da capital do estado do Ceará, somente dois estudos se destacam:

- a) **Sales (2009)** auditou, por meio de uma lista de verificação, o uso e a ocupação do solo na APP da lagoa de Porangabuçu e a qualidade da água do ecossistema lacustre, utilizando a legislação ambiental e de uso e ocupação do solo pertinente, no âmbito das esferas federal e estadual, como critério de auditoria. O autor observou diversas não conformidades: a ocupação irregular da APP da lagoa; e a poluição e, consequente, eutrofização do corpo hídrico, por intermédio de fontes poluentes.
- b) **Colares e Buarque (2010)** alteraram a metodologia desenvolvida por Sales (2009) e aplicaram-na na avaliação do uso e ocupação da APC e da qualidade sanitária (balneabilidade) da lagoa do Opaia, juntamente com entrevistas de usuários e de moradores do entorno da lagoa. Os autores concluíram que a legislação federal e estadual, utilizada como critério de auditoria, não estava sendo atendida, observando a ocupação irregular da APC, bem como a condição sanitária inadequada para atividades de contato primário da bacia hidráulica, comprometendo os usos esperados para o corpo aquático.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização da área de estudo

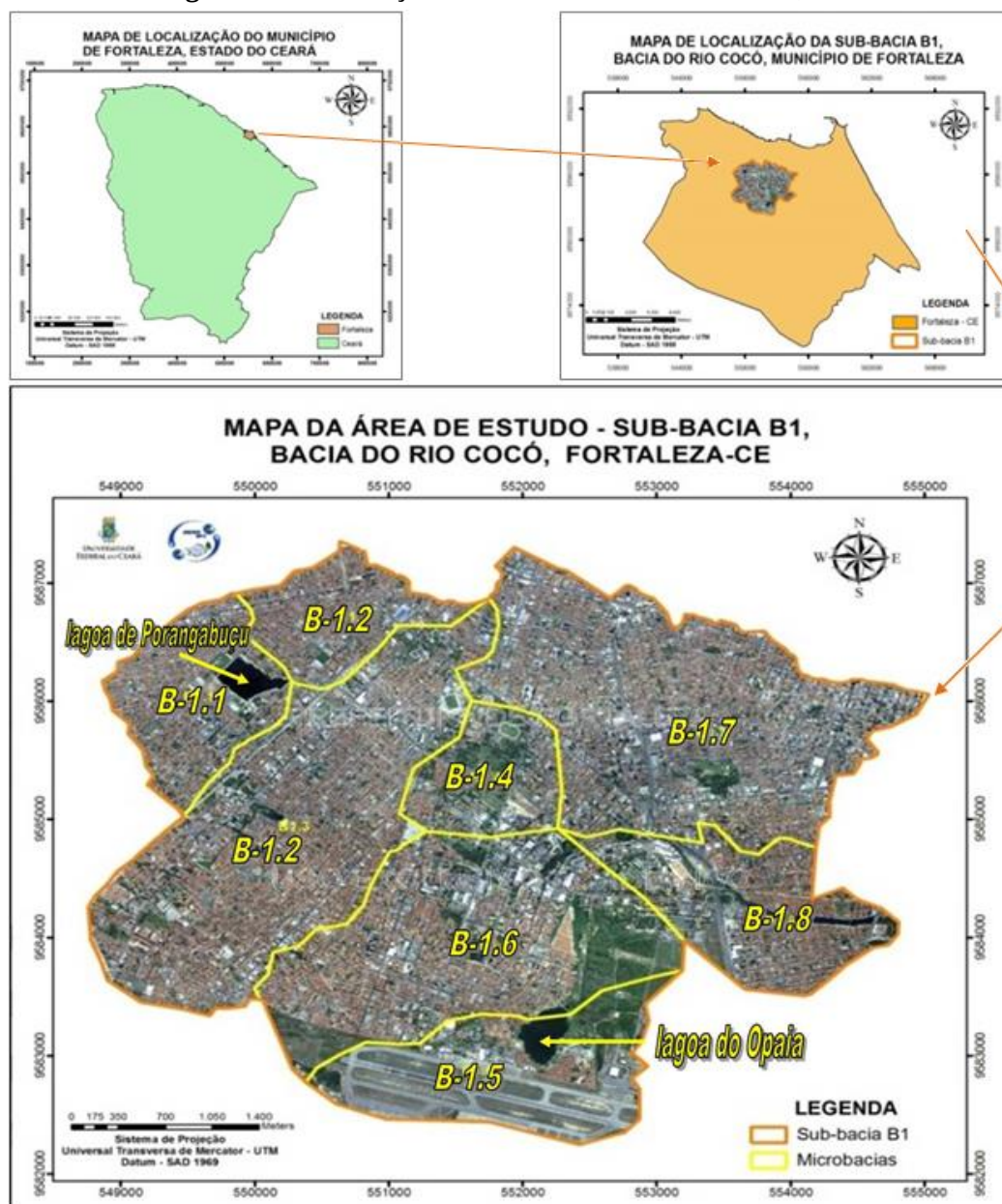
Este estudo observacional e transversal foi realizado no período de janeiro a julho de 2012, em dois ecossistemas lacustres, lagoa de Porangabuçu e lagoa do Opaia, pertencentes à sub-bacia B-1 da grande bacia do rio Cocó, em Fortaleza, Ceará. Essa sub-bacia, constituída por oito microbacias, está situada na região central da cidade de Fortaleza, com área de aproximadamente 21 km², correspondendo a 6,5% da área total do Município. A Figura 6 ilustra a referida sub-bacia e possibilita sua visualização nos contextos geográficos estadual e municipal.

Os corpos lacustres estudados constituem as microbacias B1.1 (lagoa de Porangabuçu) e B1.5 (lagoa do Opaia), conforme estabelecido em decreto municipal (FORTALEZA, 2008). Para cada ecossistema foram selecionados 6 (seis) pontos de amostragem de águas para a caracterização microbiológica aqui proposta, sendo três na bacia hidráulica da lagoa e três nos principais aportes (drenagem pluvial com interferência de ligações clandestinas de esgoto) da lagoa.

Na lagoa de Porangabuçu, os pontos selecionados foram identificados como: P1, P2 e P3 (nos aportes) e P4, P5 e P6 (na bacia hidráulica). Na lagoa do Opaia, os pontos receberam a seguinte identificação: O1, O2 e O3 (nos aportes) e O4, O5 e O6 (na bacia hidráulica). Os pontos de coleta foram definidos por meio da identificação de áreas com potencial de degradação à qualidade ambiental ou com sua utilização pela população para recreação, bem como para locais que apresentaram habitações ou moradias irregulares nas margens.

As figuras 7 e 8 mostram fotografias dos pontos de amostragem selecionados, e as figuras 9 e 10 ilustram a localização, bem como descrevem sucintamente tais pontos, nas lagoas de Porangabuçu e do Opaia, respectivamente. As coordenadas geográficas dos pontos de amostragem citados são apresentadas no Quadro 3.

Figura 6 – Localização da Sub-bacia B-1 do rio Cocó, Fortaleza- CE.



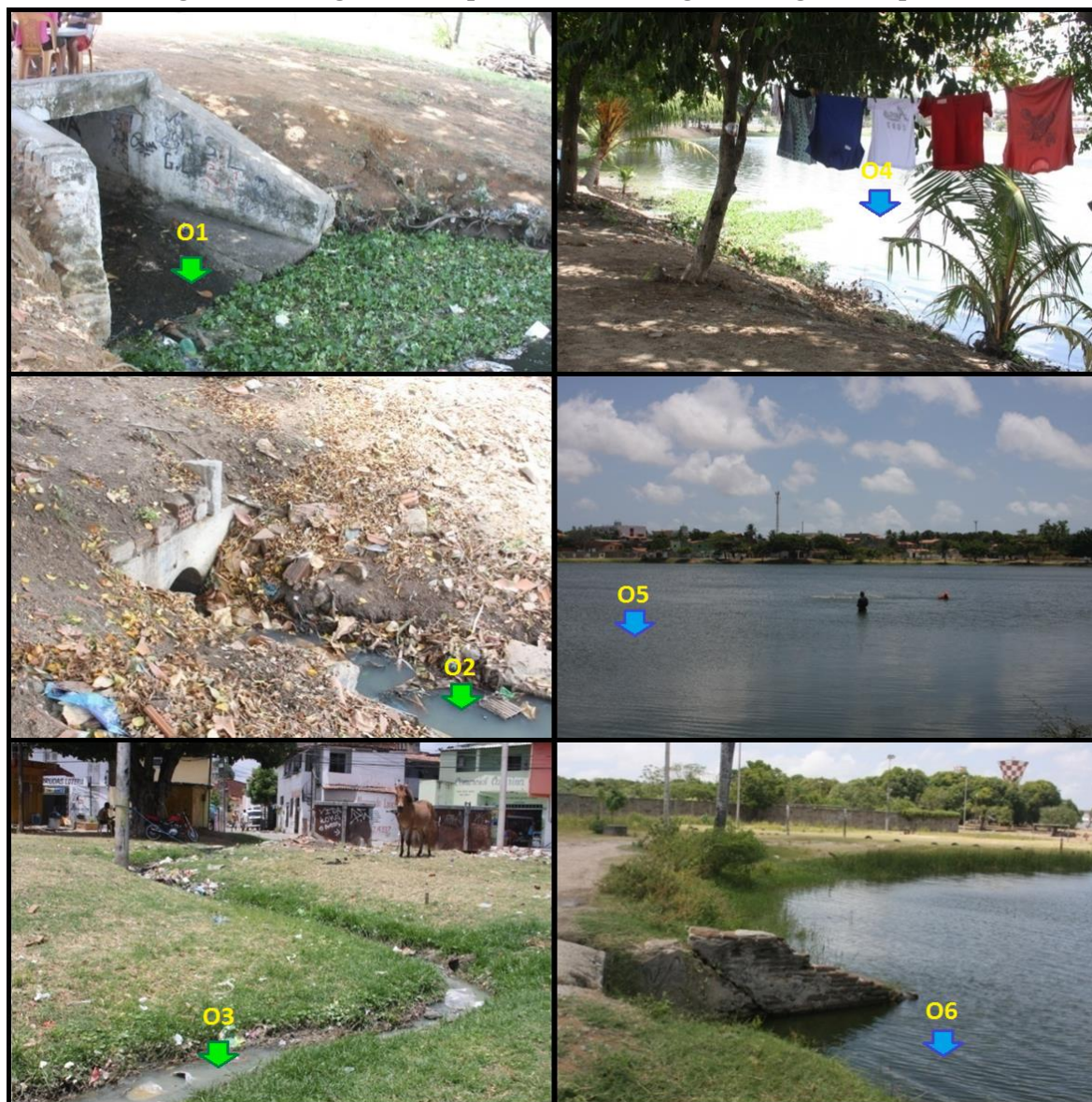
Fonte: adaptado de ARAÚJO (2012).

Figura 7 – Fotografias dos pontos de amostragem na lagoa de Porangabuçu.



Nota: as setas indicam a localização aproximada dos pontos de amostragem selecionados; as setas verdes indicam pontos na saída das galerias pluviais; as setas azuis indicam pontos subsuperficiais na lagoa.
Fonte: Este estudo.

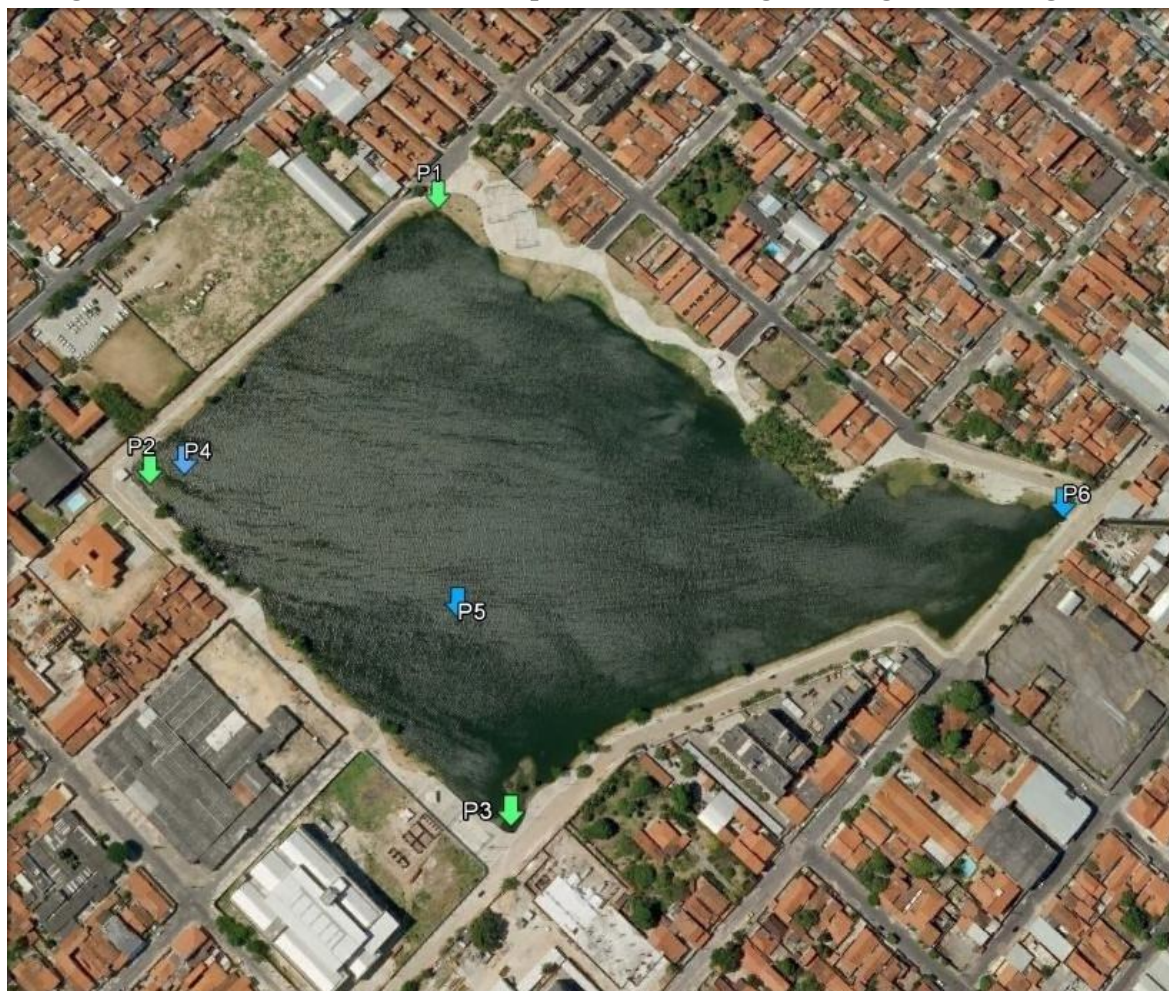
Figura 8 – Fotografias dos pontos de amostragem na lagoa do Opaia.



Nota: as setas indicam a localização aproximada dos pontos de amostragem selecionados; as setas verdes indicam pontos na saída das galerias pluviais; as setas azuis indicam pontos subsuperficiais na lagoa.

Fonte: Este estudo.

Figura 9 – Localização e descrição dos pontos de amostragem na lagoa de Porangabuçu.



P1 - Ponto na saída da galeria de drenagem pluvial a norte da margem

P2 - Ponto na saída da galeria de drenagem pluvial a oeste da margem

P3 - Ponto na saída da galeria de drenagem pluvial a sul da margem

P4 - Ponto na lagoa próximo ao tributário principal

P5 - Ponto próximo ao centro da lagoa

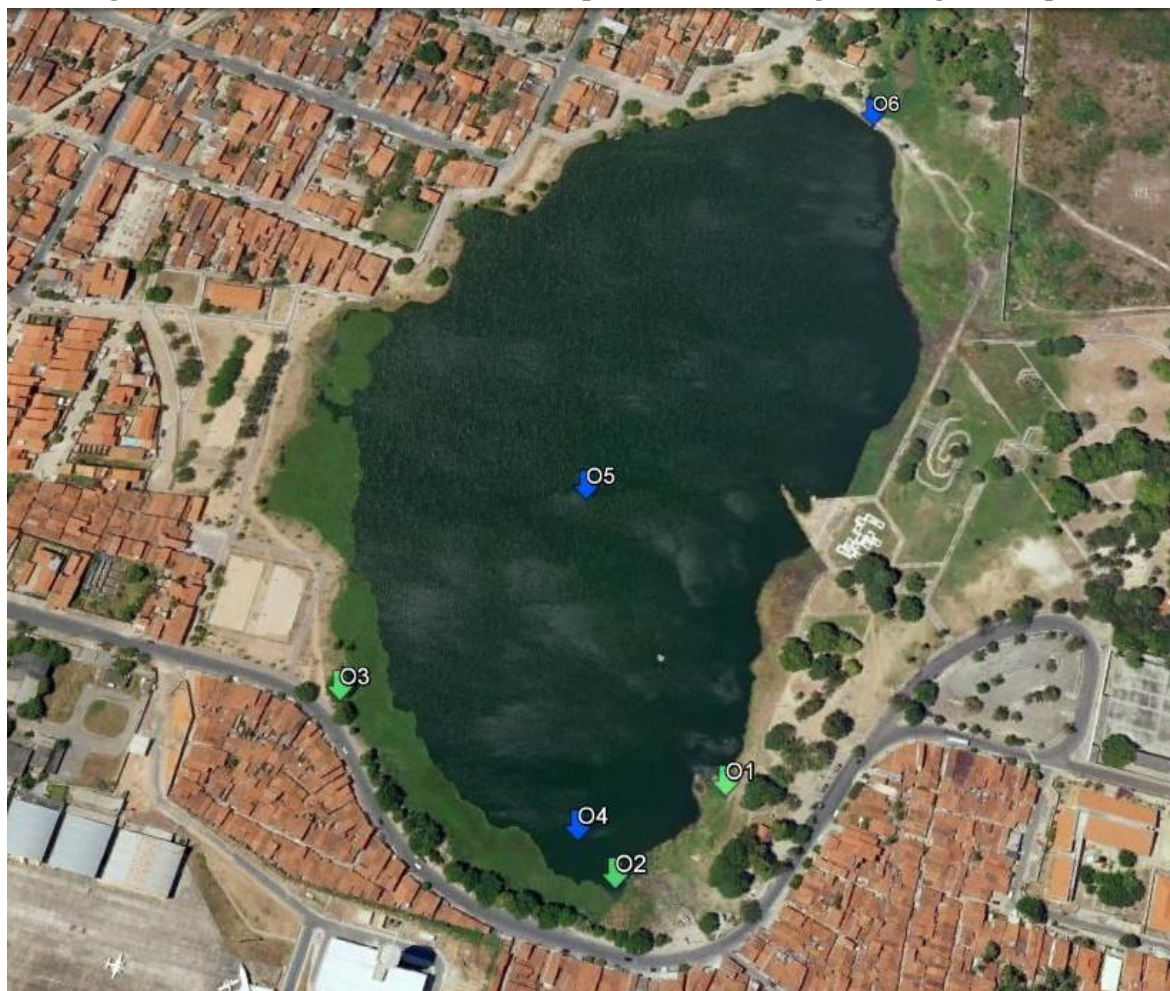
P6 - Ponto na lagoa próximo ao seu sangradouro



Nota: imagem de satélite com altitude do ponto de visão de 760 m; as setas indicam a localização aproximada dos pontos de amostragem selecionados; as setas verdes indicam pontos na saída das galerias pluviais; as setas azuis indicam pontos subsuperficiais na lagoa.

Fonte: GOOGLE (2014c).

Figura 10 – Localização e descrição dos pontos de amostragem na lagoa do Opaia.



- O1 - Ponto na saída da galeria de drenagem pluvial a sudeste da margem**
- O2 - Ponto na saída da galeria de drenagem pluvial a sul da margem**
- O3 - Ponto na saída da galeria de drenagem pluvial a sudoeste da margem**
- O4 - Ponto na lagoa próximo ao tributário principal**
- O5 - Ponto próximo ao centro da lagoa**
- O6 - Ponto na lagoa próximo ao seu sangradouro**



Nota: imagem de satélite com altitude do ponto de visão de 760 m; as setas indicam a localização aproximada dos pontos de amostragem seleccionados; as setas verdes indicam pontos na saída das galerias pluviais; as setas azuis indicam pontos subsuperficiais na lagoa.

Fonte: GOOGLE (2014d).

Quadro 3 – Coordenadas geográficas dos pontos de amostragem nas lagoas avaliadas.

MICROBACIA	PONTO	COORDENADA GEOGRÁFICA	
Lagoa de Porangabuçu	P1	3°44'33,10"S	38°33'04,00"O
	P2	3°44'38,83"S	38°33'09,03"O
	P3	3°44'45,07"S	38°33'01,92"O
	P4	3°44'38,64"S	38°33'08,40"O
	P5	3°44'41,35"S	38°33'03,09"O
	P6	3°44'39,49"S	38°32'51,90"O
Lagoa de Opaia	O1	3°46'23,19"S	38°31'47,97"O
	O2	3°46'24,77"S	38°31'49,87"O
	O3	3°46'21,52"S	38°31'54,92"O
	O4	3°46'23,96"S	38°31'50,55"O
	O5	3°46'17,76"S	38°31'50,60"O
	O6	3°46'09,90"S	38°31'45,03"O

Fonte: Este estudo.

4.2 Levantamento das condições ambientais no entorno das lagoas

Preliminarmente às campanhas de amostragem de águas das lagoas, foi realizado levantamento bibliográfico da situação ambiental da bacia do rio Cocó, enfatizando-se a sub-bacia B1 e as duas microbacias (lagoas), por intermédio de visitas a instituições atuantes na área ambiental, em geral, e na área de recursos hídricos e meio ambiente, como Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Superintendência Estadual do Meio Ambiente, Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente do Município de Fortaleza, Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará, Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Ceará, dentre outros; acervos bibliográficos de universidades e órgãos ligados à saúde pública como Fundação Nacional de Saúde, Secretaria da Saúde do Estado do Ceará, Secretaria Municipal de Saúde de Fortaleza e Postos de Saúde.

Posteriormente, os dados foram atualizados em campo durante ações de auditoria ambiental realizadas na área, simultaneamente às campanhas de coletas realizadas, utilizando-se como ferramenta a lista de verificação apresentada no APÊNDICE A, proposta por Sales (2009), e minimamente modificada neste estudo. Tais ações buscaram avaliar as condições de uso e ocupação da APC da lagoa, bem como as condições ambientais da mesma.

4.3 Coleta e frequência de amostragem das águas

As amostras de água foram coletadas superficialmente, entre 30 e 50 cm de profundidade (para as lagoas) e diretamente nas entradas dos tributários (galerias de drenagem de águas pluviais ou riachos), nos dias 28 de janeiro, 29 de abril e 29 de julho de 2012 (coletas trimestrais). Logo após as coletas, as amostras de água eram acondicionadas em caixas isotérmicas (temperatura mantida entre 4°C e 10°C) e encaminhadas ao Laboratório Integrado de Águas de Mananciais e Residuárias do IFCE para processamento imediato. Não sendo possível o processamento imediato, as amostras eram acondicionadas a uma temperatura de 4°C por até 24 horas. Ressalte-se que os procedimentos de coleta, preservação e armazenagem foram realizados seguindo Eaton et al. (2005).

Nos pontos localizados nas bacias hidráulicas das lagoas, as amostragens foram realizadas sempre no horário de 9h. Nos pontos de aportes selecionados, as amostragens ocorriam em três horários distintos ao longo do dia (9h, 12h e 15h), permitindo contabilizar mais adequadamente a maior variação qualitativa (diversidade) e quantitativa (densidade) de bactérias nos esgotos e nas outras águas lançadas nas lagoas, haja vista a variação de concentração e de vazão no ciclo nictemeral.

4.4 Quantificação da população bacteriana e dos indicadores da qualidade sanitária

As amostras foram submetidas à técnica de inoculação em profundidade (*pour-plate*), de acordo com Eaton et al. (2005), para mensurar a população bacteriana considerada indicadora da qualidade sanitária. Assim, fez-se inicialmente a contagem em placa das colônias bacterianas heterotróficas aeróbias mesófilas viáveis. Ademais, os quantitativos prováveis do total de bactérias do grupo coliformes termotolerantes e da espécie *Escherichia coli*, indicativos da qualidade sanitária de corpos hídricos, foram determinados. Os métodos usados para quantificação das bactérias heterotróficas mesófilas²⁷ (BHM), dos CTT e de Ec também seguiram Eaton et al. (2005), conforme se pode ver no Quadro 4.

²⁷ Bactérias heterotróficas mesófilas: bactérias que requerem um ou mais compostos orgânicos como fonte de carbono (heterotróficas) e que apresentam crescimento ótimo em temperaturas variando entre 25°C e 40°C, ou seja, a faixa de temperatura mais comum na superfície terrestre e nos organismos animais. Sua contagem, normalmente em unidades formadoras de colônias (UFC), pode fornecer informações preliminares sobre a qualidade bacteriológica de águas e alimentos.

Quadro 4 – Métodos usados para quantificação de BHM, CTT e Ec.

PARÂMETRO MICROBIOLÓGICO	MÉTODO (EATON et al., 2005)
Bactérias heterotróficas mesófilas	9215B (Contagem em placa, <i>pour-plate</i> , em <i>plate count agar</i> ²⁸)
Teor de coliformes termotolerantes	9221E (Fermentação em tubos múltiplos com meio A1 ²⁹)
Teor de <i>Escherichia coli</i>	9223B (Tubos múltiplos com Colilert ^{®30})

Fonte: Este estudo.

4.5 Identificação de cepas bacterianas patogênicas nas lagoas

4.5.1 Purificação e triagem preliminar de cepas bacterianas para identificação

A partir das placas consideradas para contagem de BHM, foram selecionadas 125 colônias de cada lagoa (250 no total), entre as que se destacavam em termos de aspecto, cor e textura, para serem repicadas, isoladas e purificadas, por esgotamento do inóculo em placas de Petri com ágar nutriente (AN). Nessa seleção, buscou-se um quantitativo maior (75 colônias/lagoa) de cepas da bacia hidráulica do corpo lacustre em detrimento das oriundas dos sistemas de drenagem, 60% do total, haja vista que tais cepas são as que efetivamente persistem no corpo aquático e poderão ser as principais responsáveis por infecções em banhistas e outros usuários do ecossistema. Ademais, estabeleceu-se que deveriam ser isoladas pelo menos 15 colônias por mês de coleta para cada lagoa estudada. O fluxograma simplificado do procedimento de purificação das colônias é apresentado na Figura 11.

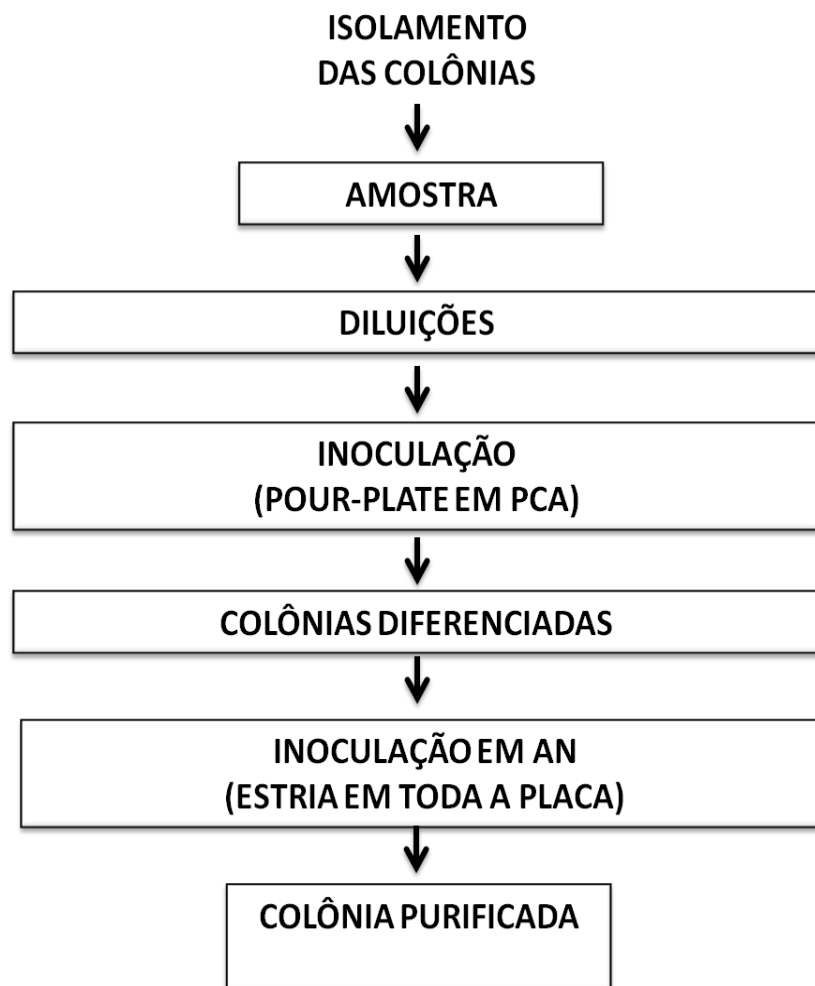
Entre as 250 colônias selecionadas, aquelas que efetivamente se desenvolveram no meio foram repicadas em tubos contendo AN inclinado para preservação. Posteriormente, foi feita uma triagem com as cepas purificadas com o objetivo de pré-selecionar diferentes espécies de enterobactérias para uma decorrente identificação por provas bioquímicas.

²⁸ *Plate count agar* (PCA) ou ágar de contagem de placas: é um meio de crescimento microbiológico, não seletivo, comumente usado na contagem de bactérias viáveis.

²⁹ Meio A1: é um meio de cultura líquido utilizado na detecção de coliformes termotolerantes em águas e alimentos, usando o método do número mais provável (NMP).

³⁰ Colilert[®]: é uma técnica do método do NMP que usa dois substratos enzimáticos definidos: um substrato cromogênico, o orto-nitrofenil-galactopiranosídeo (ONPG), para a identificação de bactérias coliformes; e um substrato fluorogênico, o 4-metil-umbeliferil-β-D-glicuronídeo (MUG), para a identificação de *Escherichia coli*.

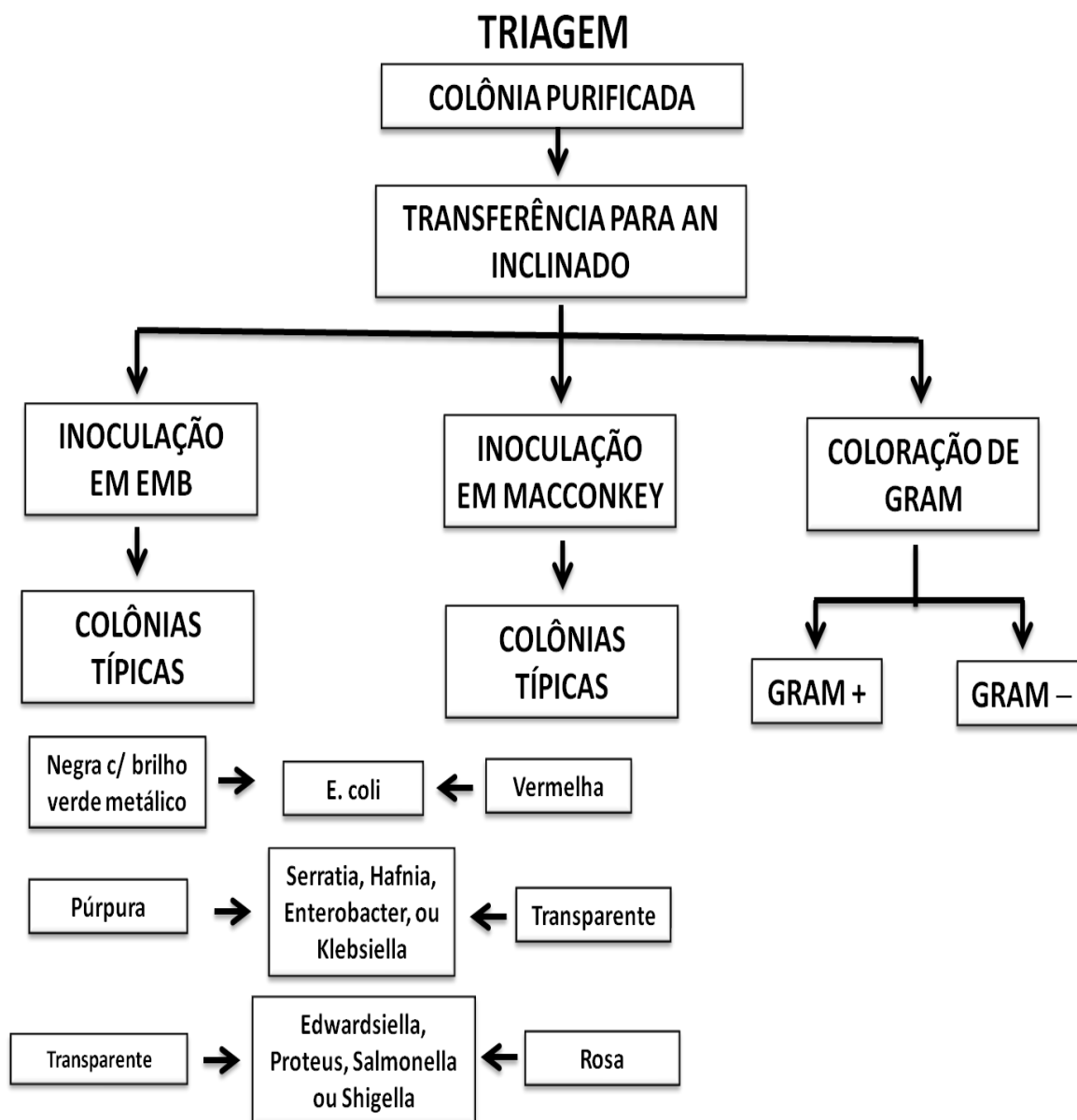
Figura 11 – Fluxogramas do processo de purificação das colônias.



Fonte: Este estudo.

A metodologia de triagem consistiu em analisar as cepas quanto à coloração diferencial de Gram, como também em inoculá-las em meio ágar eosina azul de metileno Levine (EMB) e em ágar MacConkey (MAC), seguindo procedimentos descritos em Winn Jr et al. (2008) e no Manual de Microbiologia da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2013). Esta triagem buscava determinar a capacidade das cepas, predominantemente G⁻ em fermentar lactose (características de enterobactérias). O fluxograma simplificado desse processo de triagem está mostrado na Figura 12. Ressalte-se que, embora os meios EMB e MAC contenham inibidores de crescimento de bactérias G⁺, algumas cepas desta classe de bactérias podem crescer nos meios, tais como algumas espécies de *Bacillus*, *Candida*, *Enterococcus* e *Staphylococcus*.

Figura 12 – Fluxograma da triagem de colônias purificadas.



Fonte: Este estudo.

A partir dos resultados da triagem, as cepas viáveis foram classificadas em: fermentadora intensa de lactose (FIL), fermentadora lenta de lactose (FLL) e não fermentadora de lactose (NFL), de acordo com a coloração das colônias nos meios. Quando não foi possível a identificação, a cepa foi denominada como não classificada (NC).

Em seguida, quarenta dessas cepas isoladas foram aleatoriamente selecionadas e encaminhadas para identificação bioquímica definitiva (probabilidades relativas) em nível de espécie e para teste de suscetibilidade a antibióticos, pelo método automático MicroScan® em laboratório especializado (Laboratório de Análises Clínicas São Lucas, Fortaleza/CE, Brasil).

4.5.2 Identificação e suscetibilidade a antibióticos dos isolados bacterianos

Cada uma das quarenta cepas bacterianas selecionadas foram submetidas a diversos testes (provas bioquímicas e sensibilidade a antimicrobianos) em sistema automatizado MicroScan® AutoSCAN®-4 (Siemens Healthcare Diagnostics Inc., West Sacramento, EUA) para identificação em nível de espécie e determinação da suscetibilidade a antibióticos. O sistema utiliza o método Prompt™ – Sistema “D”³¹ de inoculação e diferentes painéis com dezenas de provas bioquímicas e testes com antibióticos, para identificação de espécie por meio de probabilidades relativas, e determinação de susceptibilidade, de bactérias G- e G+, com auxílio de programa específico de gestão de informações (LabPro Information Manager). A Figura 13 ilustra o equipamento utilizado nestes testes.

Figura 13 – Sistema automatizado MicroScan® AutoSCAN®-4.



Fonte: <http://www.healthcare.siemens.com/microbiology-testing/microscan-systems/autoscan-4-system>.

³¹ Prompt™ – Sistema “D” de inoculação: método para obtenção de um inóculo diretamente padronizado, e num exato ajuste de turbidez, por microdiluição, que é utilizado para padronizar inóculos em testes de sensibilidade a antimicrobianos.

Os painéis para identificação de bactérias G- incluíram mais de 20 testes bioquímicos, tais como: fermentação de carboidratos; degradação de uréia; produção de sulfeto de hidrogênio; formação de indol; descarboxilação de aminoácidos; desaminação de triptofano; hidrólise de esculina, Voges-Proskauer, ONPG; utilização de citrato, malonato, acetamida e tartarato; oxidação/fermentação; redução de nitrato. Os painéis para identificação de bactérias G+ incluíram 27 testes para identificação da família *Streptococcaceae* e 18 testes para *Micrococcaceae*, tais como: teste com cristal violeta; redução de nitrato; resistência a novobiocina; produção de glicosidase e indoxil-fosfatase; Voges-Proskauer; sensibilidade a optoquina, fosfatase; bílis esculina, pirrolidoni-β-naftilamida, arginina, uréia; fermentação de carboidratos; cloreto de sódio 6,5%; bacitracina, piruvato e hemólise.

Os painéis utilizados para avaliação da suscetibilidade incluíam testes para os antimicrobianos relacionados no Quadro 5. Este quadro também mostra a classe quanto ao interesse clínico, o principal mecanismo de ação e as aplicações típicas desses antibióticos.

Os resultados foram recebidos do laboratório especializado na forma de antibiogramas³², os quais, a partir da comparação da concentração inibitória mínima³³ (CIM) dos antibióticos com seus respectivos pontos de corte³⁴ (SBP), transcritos de *Clinical and Laboratory Standards Institute* (2012) no Quadro 6, para cada bactéria ou grupo de bactérias, permitiram determinar se a bactéria isolada testada manifesta sensibilidade, resistência ou uma suscetibilidade intermediária a cada antibiótico avaliado. Isto é, uma CIM menor que o SBP gera um resultado “sensível” (S), uma CIM aproximadamente igual ao ponto de corte gera um resultado “intermediário” (I), e uma CIM maior que o ponto de corte gera um resultado “resistente” (R).

³² Antibiogramas: são resultados de testes *in vitro* do grau de sensibilidade de uma linhagem isolada de bactéria a determinados antibióticos, sendo indicado para qualquer microrganismo estreitamente relacionado a processo infeccioso, cuja sensibilidade a drogas, normalmente empregadas na terapia, não é previsível.

³³ Concentração inibitória mínima: é a menor concentração do antibiótico capaz de inibir (visualmente) o crescimento bacteriano. É um importante marcador da potência do antibiótico (

³⁴ Ponto de corte, de *break point*, limite terapêutico ou *cutoff* clínico: é uma concentração referência do antibiótico usada para a definição da sensibilidade ou resistência de um microrganismo. A referência é uma concentração do antibiótico no local de infecção, normalmente no sangue (soro), na urina ou no líquido cefalorraquidiano (fluido corporal estéril que ocupa o espaço entre o crânio e o córtex cerebral).

Quadro 5 – Antibióticos utilizados nos TSA.

(continua)

ANTIBIÓTICO	CLASSE	MECANISMO DE AÇÃO	APLICAÇÕES
Amicacina (AMK) Gentamicina (GEN) Tobramicina (TOB)	Aminoglicosídeo	Inibidor da síntese proteica por meio da ligação à subunidade 30S do ribossomo bacteriano	Infecções causadas por bactérias G+ e G- e micobactérias. Septicemia com G-. Infecções causadas por <i>Pseudomonas spp.</i> , <i>Acinetobacter spp.</i> , <i>Enterobacter spp.</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>S. epidermidis</i> etc.
Rifampicina (RIF)	Ansamicina	Inibidor da síntese proteica (subunidade β RNA polimerase)	Infecções causadas por bactérias G+ e micobactérias.
Ertapeném (ETP) Imipeném (IPM) Meropeném (MEM)	Carbapeném	β-lactâmico (inibidor de síntese de parede celular)	Infecções com bactérias G+ e G- com amplo espectro de ação
Cefalotina (CEP)	Cefalosporina de 1ª geração	β-lactâmico. Alguns membros são muito resistentes à enzima β-lactamase, umas das principais responsáveis pela resistência antimicrobiana a β-lactâmicos	Infecções das vias biliares, do trato urinário, septicemias etc. As cefalosporinas de 1ª geração são ativas contra algumas espécies de bactérias G+ (<i>Staphylococcus spp.</i> e <i>Streptococcus spp.</i>), além de bactérias G- (<i>E. coli</i> , <i>K. pneumoniae</i>); as de 2ª geração são mais ativas contra as bactérias G-; as de 3ªgeração são muito eficazes contra G- e G+ e em infecções hospitalares; as de 4ª geração têm mesma atividade contra bactérias G-, mas são mais potentes para as G+ do que as de 3ª geração
Cefotetana (CTN)	Cefalosporina de 2ª geração		
Cefuroxima (CXM)	Cefalosporina de 3ª geração		
Cefotaxima (CTX)			
Ceftazidima (CAZ)			
Ceftriaxona (CRO)	Cefalosporina de 4ª geração		
Cefepima (FEP)			
Quinupristina/Dalfopristina (QDA)	Estreptogramina	Inibidor de síntese proteica por meio da subunidade 50S do ribossomo bacteriano	Infecções causadas por <i>Staphylococcus spp.</i> e por <i>Enterococcus faecium</i> resistentes a vancomicina.
Tigeciclina (TGC)	Gliciliclina	Inibidor de síntese proteica (subunidade 30S)	Infecções causadas por bactérias G+, G- e anaeróbias, incluindo cepas de bactérias resistentes de <i>A. baumannii</i> , <i>S. aureus</i> e <i>S. maltophilia</i>
Vancomicina (VAN)	Glicopeptídeo	Inibidor da síntese da parede celular (peptideoglicano) e da síntese de proteínas	Infecções causadas por bactérias G+, tais como infecções em próteses, endocardites, meningites pós-neurocirúrgicas e peritonites pós-diálise peritoneal.
Clindamicina (CLI)	Lincosamina	Inibidor de síntese proteica (subunidade 50S)	Infecções intra-abdominais, pélvicas e pulmonares causadas por anaeróbios G+ e anaeróbios G-. Também são indicadas em sinusites, otite crônica e infecções de pele por estreptococos ou estafilococos.

Quadro 5 – Antibióticos utilizados nos TSA.

(conclusão)			
ANTIBIÓTICO	CLASSE	MECANISMO DE AÇÃO	APLICAÇÕES
Daptomicina (DAP)	Lipopeptídeo	Inibição da síntese de proteínas e efluxo de íons por despolarização do potencial de membrana	Infecções causadas por bactérias G+, tais como aquelas causadas por enterococos e por estafilococos resistentes à oxacilina.
Eritromicina (ERI)	Macrolídeo	Inibidor de síntese proteica (subunidade 50S)	Infecções causadas por bactérias G+, com amplo espectro de ação.
Aztreonam (ATM)	Monobactama	β -lactâmico	Eficiente frente a bactérias G-, principalmente enterobactérias
Linezolida (LNZ)	Oxazolidinona	Inibidor de síntese proteica (subunidade 50S)	Infecções causadas por bactérias G+, tais como cocos anaeróbicos, estafilococos, estreptococos, enterococos e bastonetes.
Amoxicilina/Ác. Clavulânico (AMC) Ampicilina (AMP) Ampicilina/Sulbactam (SAM) Oxacilina (OXA) Penicilina G (PEN) Piperacilina (PIP) Piperacilina/Tazobactam (TZP)	Penicilina	β -lactâmico	Ampla gama de infecções, sífilis e doença de Lyme
Ácido Nalidíxico (NAL) Ciprofloxacina (CIP) Levofloxacina (LVX) Moxifloxacina (MXF)	Quinolona ou Floroquinolona	Inibidor das enzimas de replicação e transcrição de DNA: girase de DNA e da topoisomerase IV.	Infecções do trato urinário, prostatites e diarreias bacterianas, infecções por micoplasma, gonorreia
Trimetopima/sulfametoxazol (SXT)	Sulfonamida	Inibidor da produção de ácido fólico (precursor da síntese de DNA).	Infecções contra bactérias G- como <i>Meningococcus spp.</i> , <i>Shigella spp.</i> , <i>E. coli</i> ; e bactérias G+ como <i>Staphylococcus spp.</i> , <i>Streptococcus spp.</i> e <i>Chlamydia spp.</i>
Tetraciclina (TCY)	Tetraciclina	Inibidor de síntese proteica (subunidade 30S)	Infecções por <i>Rickettsias</i> , <i>Mycoplasmas</i> e <i>Chlamydias</i> . Brucelose, cólera, peste negra (causada por <i>Yersinia pestis</i>), Doença de Lyme etc.

Fonte: COHEN, POWDERLY, OPAL (2010); HARAGUCHI (2000); MURRAY, ROSENTHAL e PFALLER (2010); PORTER, KAPLAN (2010); WALSH (2003).

Quadro 6 – Valores de SBP utilizados na avaliação da susceptibilidade das cepas identificadas neste estudo.

(continua)

ANTIBIÓTICO	Ponto de Corte (µg/mL)											
	<i>Acinetobacter</i> <i>spp.</i>			<i>Família</i> <i>Enterobacteriaceae</i>			<i>Staphylococcus spp.</i> (coagulase negativo)			<i>Stenotrophomonas</i> <i>maltophilia</i>		
	S	I	R	S	I	R	S	I	R	S	I	R
Ácido Nalidíxico	N/A	N/A	N/A	≤ 16	-	≥ 32	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Amicacina	≤ 16	32	≥ 64	≤ 16	32	≥ 64	≤ 16	32	≥ 64	N/A	N/A	N/A
Amoxicilina/Ácido Clavulânico	N/A	N/A	N/A	≤ 8/4	16/8	≥ 32/16	≤ 4/2	-	≥ 8/4	N/A	N/A	N/A
Ampicilina	N/A	N/A	N/A	≤ 8	16	≥ 32	≤ 0,25	-	≥ 0,5	N/A	N/A	N/A
Ampicilina/Sulbactam	≤ 8/4	16/8	≥ 32/16	≤ 8/4	16/8	≥ 32/16	≤ 8/4	16/8	≥ 32/16	N/A	N/A	N/A
Aztreonam	N/A	N/A	N/A	≤ 4	8	≥ 16	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Cefalotina	N/A	N/A	N/A	≤ 8	16	≥ 32	≤ 8	16	≥ 32	N/A	N/A	N/A
Cefepima	≤ 8	16	≥ 32	≤ 8	16	≥ 32	≤ 8	16	≥ 32	N/A	N/A	N/A
Cefotaxima	≤ 8	16-32	≥ 64	≤ 1	2	≥ 4	≤ 8	16-32	≥ 64	N/A	N/A	N/A
Cefotetana	N/A	N/A	N/A	≤ 16	32	≥ 64	≤ 16	32	≥ 64	N/A	N/A	N/A
Ceftazidima	≤ 8	16	≥ 32	≤ 4	8	≥ 16	≤ 8	16	≥ 32	≤ 8	16	≥ 32
Ceftriaxona	≤ 8	16-32	≥ 64	≤ 1	2	≥ 4	≤ 8	16-32	≥ 64	N/A	N/A	N/A
Cefuroxima	N/A	N/A	N/A	≤ 8	16	≥ 32	≤ 8	16	≥ 32	N/A	N/A	N/A
Ciprofloxacina	≤ 1	2	≥ 4	≤ 1	2	≥ 4	≤ 1	2	≥ 4	N/A	N/A	N/A
Clindamicina	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	≤ 0,5	1-2	≥ 4	N/A	N/A	N/A
Daptomicina	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	≤ 1	-	-	N/A	N/A	N/A
Eritromicina	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	≤ 0,5	1-4	≥ 8	N/A	N/A	N/A
Ertapeném	N/A	N/A	N/A	≤ 0,5	1	≥ 2	≤ 2	4	≥ 8	N/A	N/A	N/A
Gentamicina	≤ 4	8	≥ 16	≤ 4	8	≥ 16	≤ 4	8	≥ 16	N/A	N/A	N/A
Imipeném	≤ 4	8	≥ 16	≤ 1	2	≥ 4	≤ 4	8	≥ 16	N/A	N/A	N/A
Levofloxacina	≤ 2	4	≥ 8	≤ 2	4	≥ 8	≤ 1	2	≥ 4	≤ 2	4	≥ 8
Linezolida	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	≤ 4	-	≥ 8	N/A	N/A	N/A
Meropeném	≤ 4	8	≥ 16	≤ 1	2	≥ 4	≤ 4	8	≥ 16	N/A	N/A	N/A
Moxifloxacina	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	≤ 0,5	1	≥ 2	N/A	N/A	N/A

Quadro 6 – Valores de SBP utilizados na avaliação da susceptibilidade das cepas identificadas neste estudo.

(conclusão)

ANTIBIÓTICO	Ponto de Corte (µg/mL)											
	<i>Acinetobacter</i> spp.			Família <i>Enterobacteriaceae</i>			<i>Staphylococcus</i> spp. (coagulase negativo)			<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>		
	S	I	R	S	I	R	S	I	R	S	I	R
Oxacilina	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	≤ 0,25	-	≥ 0,5	N/A	N/A	N/A
Penicilina G	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	≤ 0,12	-	≥ 0,25	N/A	N/A	N/A
Piperacilina	≤ 16	32-64	≥ 128	≤ 16	32-64	≥ 128	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Piperacilina/Tazobactam	≤ 16/4	32/4-64/4	≥ 128/4	≤ 16/4	32/4-64/4	≥ 128/4	≤ 8/4	-	≥ 16/4	N/A	N/A	N/A
Quinupristina/Dalfopristina	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	≤ 1	2	≥ 4	N/A	N/A	N/A
Rifampicina	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	≤ 1	2	≥ 4	N/A	N/A	N/A
Tetraciclina	≤ 4	8	≥ 16	≤ 4	8	≥ 16	≤ 4	8	≥ 16	N/A	N/A	N/A
Tigeciclina ^a	≤ 1	-	≥ 4	≤ 1	-	≥ 4	≤ 0,5	-	-	N/A	N/A	N/A
Tobramicina	≤ 4	8	≥ 16	≤ 4	8	≥ 16	≤ 4	8	≥ 16	N/A	N/A	N/A
Trimetopima/sulfametoxazol	≤ 2/38	-	≥ 4/76	≤ 2/38	-	≥ 4/76	≤ 2/38	-	≥ 4/76	≤ 2/38	-	≥ 4/76
Vancomicina	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	≤ 4	8-16	≥ 32	N/A	N/A	N/A

Notas: ^a Foram usados os pontos de corte do antibiótico Tigeciclina para enterobactérias e *Acinetobacter* spp., adotados pelo *European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing*;

N/A: não aplicável (não atribuído para o microrganismo isolado pela norma).

Fonte: CLINICAL AND LABORATORY STANDARDS INSTITUTE (2012).

4.6 Levantamento de dados pluviométricos

De modo a melhor abalizar as discussões sobre os resultados obtidos a partir da caracterização microbiológica das lagoas (determinação de indicadores e identificação de cepas bacterianas isoladas), realizou-se também um levantamento e avaliação da pluviosidade do período de estudo, comparando-a, inclusive, com os valores médios mensais da pluviosidade histórica de 20 (vinte) anos anteriores (1992 a 2011). Os dados de pluviosidade para esta análise foram obtidos em Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (2014), para o posto pluviométrico do Pici, coordenadas 38°34'59.880" S e 03°45'00.00" O, considerado aqui o posto mais representativo das lagoas para o estudo, do ponto de vista espacial e temporal. Deve-se destacar que os dados de pluviosidade indisponíveis, no período, na base levantada de dados, foram assumidos nulos para o cálculo dos valores de pluviosidade mensais, haja vista que corresponderam a menos de 0,3% de todos os dados da base.

4.7 Tratamento estatístico descritivo e de inferência

Com a finalidade de organizar os dados, facilitando comparações e interpretações posteriores, os resultados obtidos nas determinações das variáveis bacteriológicas foram tabulados em planilhas eletrônicas do Microsoft® Excel® 2010 (MICROSOFT, 2010), calculando-se as médias aritméticas ou geométricas, dependendo da variável, probabilidades em testes de hipóteses, e gerando-se tabelas e gráficos que esboçam a variação temporal e espacial ocorrida, bem como os resultados de identificação e suscetibilidade das cepas bacterianas isoladas e selecionadas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Auditorias ambientais nos ecossistemas avaliados

As auditorias ambientais realizadas, durante as campanhas de coleta para a avaliação das condições ambientais, dos usos e ocupação na APC de ambas as lagoas, seguiram a abordagem de Sales (2009) e de Colares e Buarque (2010), buscando também as implicações sanitárias (saúde ambiental) das não conformidades dos quesitos avaliados. Destaque-se que nas três auditorias realizadas em cada lagoa, as mesmas não conformidades foram igualmente observadas em cada campanha. Tal fato, apesar de esperado, era passível de pequenas mudanças. Desta forma, os resultados de conformidade e observações apresentados na Tabela 1, e discutidos a seguir, foram igualmente obtidos pela aplicação da lista de verificação, apresentada no APÊNDICE A, nas três auditorias de cada lagoa.

De maneira geral, foi verificado que a ocupação irregular da área de preservação permanente de ambas as lagoas vem se mantendo ao longo dos anos, a partir dos trabalhos de Sales (2009), Colares e Buarque (2010), Maia e Rodrigues (2012), e da auditoria realizada nesse estudo, os quais têm verificado a existência de moradias e estabelecimentos comerciais na APC, bem como a existência de instrumentos de urbanização construídos pela própria PMF (quadras, calçadas e pavimentação etc.), alguns em mau estado de conservação.

Esta ocupação irregular, aliada à precariedade do saneamento básico (rede de esgotamento parcial etc.) existente nas comunidades do entorno, principalmente no Opaia, que apresenta maior número de casas na condição de sub-habitação, como também à ausência de ações de educação ambiental junto aos moradores e usuários dos ecossistemas, contribui para usos irregulares e, mesmo, criminosos, como coloca Sousa (2008), das lagoas avaliadas.

Entre esses usos irregulares é importante destacar: o lançamento clandestino de esgotos domésticos no corpo aquático e a disposição de resíduos sólidos nas margens das lagoas (a despeito da coleta pública de lixo realizada três vezes por semana) que carreiam contaminantes químicos e microbiológicos para o interior do corpo lacustre, poluindo tais ecossistemas aquáticos, como enfatizam Porto Filho et al. (2012), e comprometendo outros usos, inclusive, alguns já praticados inapropriadamente nas lagoas, como exemplo: a pesca de subsistência e outras atividades de contato primário (natação etc.).

Adicione-se, a tudo isso, o fato do desmatamento da vegetação ciliar já estar estabelecido, bem como das atividades recreativas sem monitoramento e controle, estar promovendo a erosão das margens e o assoreamento de ambos os corpos lacustres estudados.

Tabela 1 – Resultados da aplicação da lista de verificação – quesitos auditados.**(continua)**

NQ	CONFORMIDADE		OBSERVAÇÕES
	POR	OPA	
01	NC	NC	Presença de resíduos sólidos e esgoto superficial na margem de ambas as lagoas.
02	NC	NC	Na lagoa do Opaia e na de Porangabuçu se observara a impermeabilização parcial e total, respectivamente, da margem, por intermédio de calçadas ou pavimentação asfáltica e outros instrumentos de urbanização (quadras etc.), os quais prejudicam o escoamento pluvial.
03	NC	NC	Em ambas as lagoas de observou processo erosivo pela falta de cobertura vegetal adequada e assoreamento causado por carreamento de material por intermédio das galerias pluviais.
04	NC	NC	Em ambas as lagoas a vegetação ciliar é praticamente inexistente. Na lagoa de Porangabuçu, há um capim de baixo porte visível à margem.
05	NC	NC	Foi observado em ambas as lagoas a presença de entulho (de construção civil) ou resíduos sólidos (lixo) na margem.
06	NC	NC	Observaram-se atividades de pesca de subsistência desprovidas de qualquer controle, especialmente dos instrumentos e malhas de pesca e da qualidade sanitária do pescado, em ambas as lagoas, o que pode degradar o ambiente, como também comprometer a saúde pública.
07	C	C	Não foi observada em nenhuma das lagoas.
08	C	C	Não foi observada em nenhuma das lagoas.
09	C	C	Não foi observada em nenhuma das lagoas.
10	NC	NC	Os moradores dos arredores de ambas as lagoas, impróprias para atividades de contato primário, utilizam-nas para natação e banho.
11	NC	NC	Foi observada a prática de atividades esportivas no entorno de ambas as lagoas (futebol, vôlei, caminhadas etc.) o que pode contribuir pra degradar o ecossistema lacustre.
12	NC	NC	Foi observado o lançamento clandestino praticamente contínuo de efluentes domésticos em ambas as lagoas.
13	NC	NC	As áreas de entorno das lagoas somente são parcialmente atendidas por rede pública de esgoto. Mesmo nos trechos atendidos por rede pública ocorrem ligações clandestinas de esgoto na galeria de águas pluviais, as quais lançam nas lagoas.
14	C	C	Foi verificado que há coleta de lixo três vezes por semana. Mencione-se que foi presenciada a disposição inadequada de lixo no entorno da lagoa de Porangabuçu em duas das auditorias.
15	C	NC	Foi observada somente na Lagoa do Opaia (jumentos e cavalos à margem).
16	NC	NC	Foi observada a presença de residências na APC de ambas as lagoas.
17	NC	NC	Foi observada a presença de diversos estabelecimentos comerciais e de serviços (mercearias, oficinas etc.) na APC de ambas as lagoas.
18	C	C	Não foi observada a presença de indústrias na APC de ambas as lagoas.
19	NC	NC	Foi observada, conforme já mencionado no Quesito 11.
20	C	C	Não existe cemitério nas proximidades.
21	NC	NC	Não foi verificada qualquer ação de preservação pela comunidade (associação ou indivíduos).

Tabela 1 – Resultados da aplicação da lista de verificação – quesitos auditados.

NQ	CONFORMIDADE		OBSERVAÇÕES	(conclusão)
	POR	OPA		
22	NC	NC	Não foi verificada nenhuma ação de educação ambiental ou política de orientação junto à comunidade.	
23	NC	NC	A comunidade não tem visto nos últimos anos quaisquer ações do poder público quanto ao monitoramento e controle da poluição das lagoas.	
24	NA	NA	Não compete a órgãos privados o monitoramento ou preservação das lagoas.	
25	NC	NC	A comunidade usufrui por meio de atividades de contato direto, sem qualquer controle ambiental ou sanitário, podendo degradar o meio ambiente ou mesmo provocar problemas sérios de saúde pública.	

Legenda: NQ – Número do Quesito, conforme lista de verificação do Quadro A.1; POR – Lagoa de Porangabuçu; OPA – Lagoa do Opaia;

C – Conforme; NC – Não conforme; NA – Não se aplica.

Fonte: Este estudo.

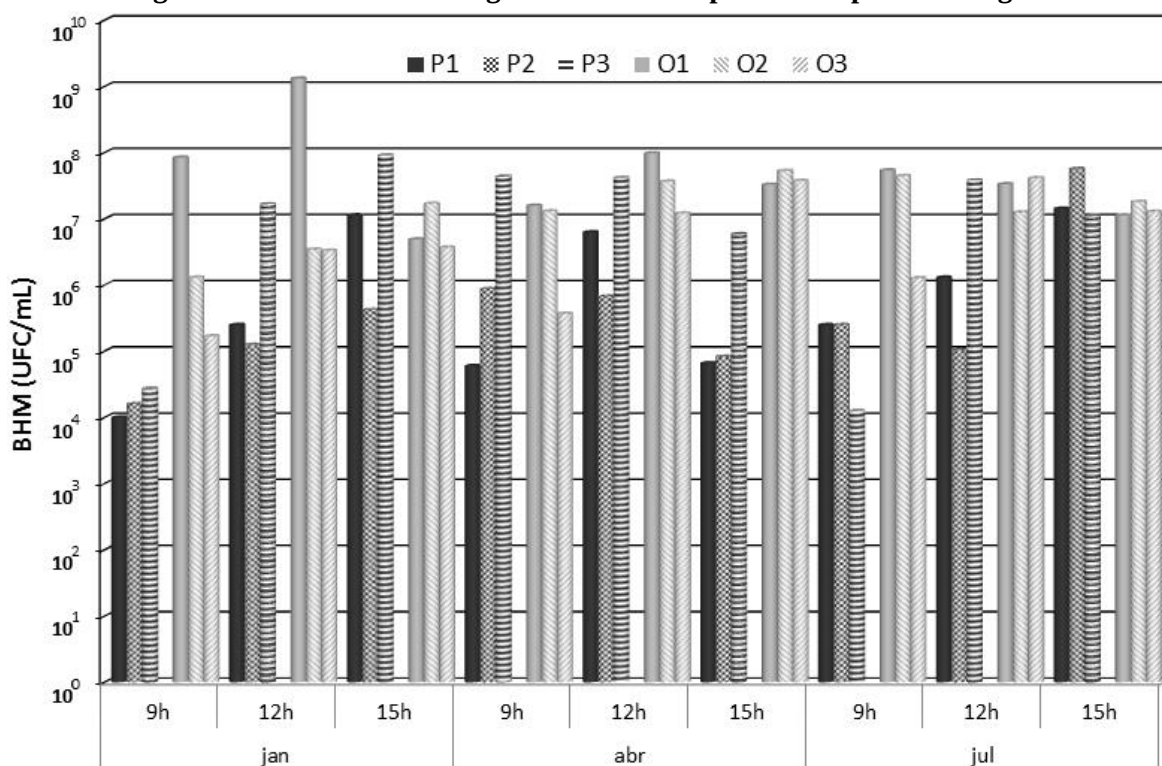
5.2 População bacteriana indicadora da qualidade sanitária das lagoas avaliadas

A partir do processamento das amostras coletadas de água para avaliação da qualidade sanitária das lagoas objeto deste estudo, os quantitativos de BHM, de CTT e de Ec apresentados e discutidos a seguir foram obtidos. Os gráficos em escala logarítmica apresentados na: Figura 14, Figura 15 e Figura 16, mostram os quantitativos de BHM, CTT e Ec, respectivamente, das amostras de água coletadas nas saídas (pontos de aporte) das galerias de drenagem pluvial (P1, P2, P3, O1, O2, O3) aportando em ambas as lagoas, nos meses de janeiro, abril e julho de 2012, no período diário considerado (9h às 15h).

Os dados de BHM, CTT e Ec quantificados para os pontos subsuperficiais (P4, P5, P6, O4, O5, O6), em cada mês de coleta, estão dispostos no gráfico da Figura 17, juntamente com as médias geométricas dos valores obtidos nos pontos de aporte (P1, P2, P3, O1, O2 e O3). O padrão (limite superior) de referência, 2.500 NMP de CTT por 100 mL, para uma água própria para balneabilidade (atividades de contato primário), também está plotado na figura.

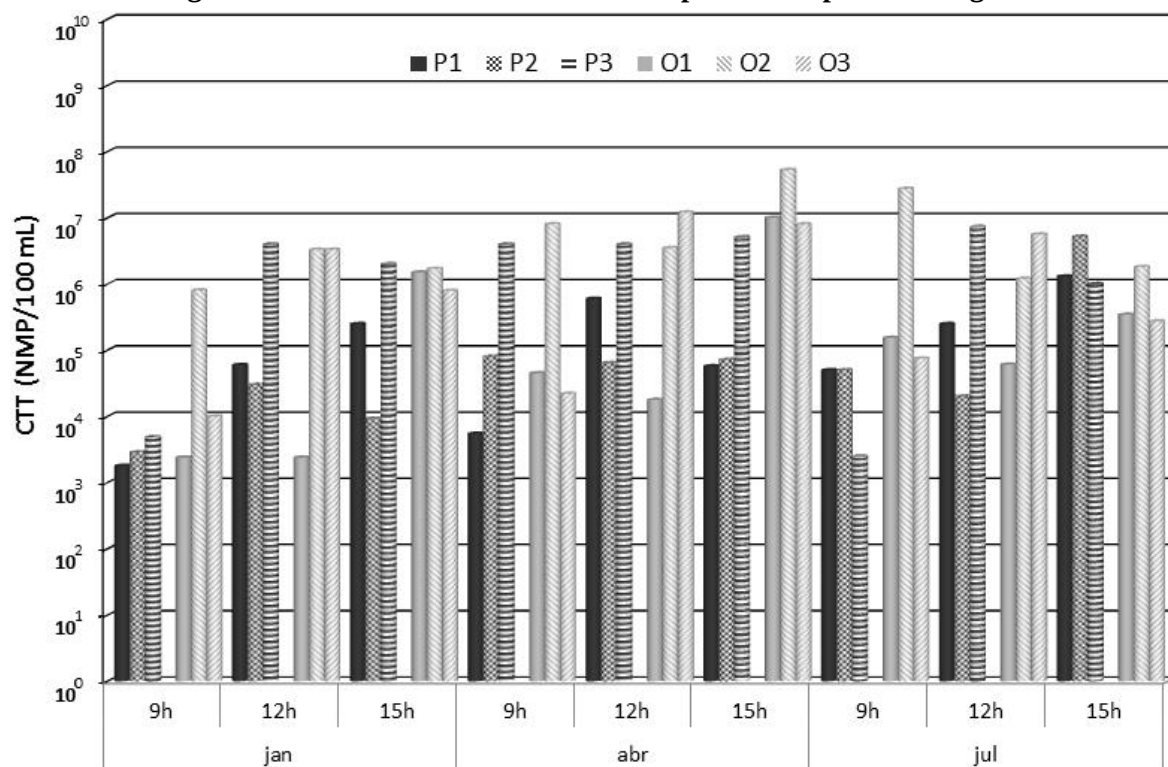
Ademais, os dados levantados da pluviosidade no período de coleta de amostras (janeiro a julho de 2012), juntamente com os valores médios mensais da pluviosidade no período de 1992 a 2011, estão mostrados na Figura 18.

Figura 14 – Valores de contagem de BHM nos pontos de aporte das lagoas.



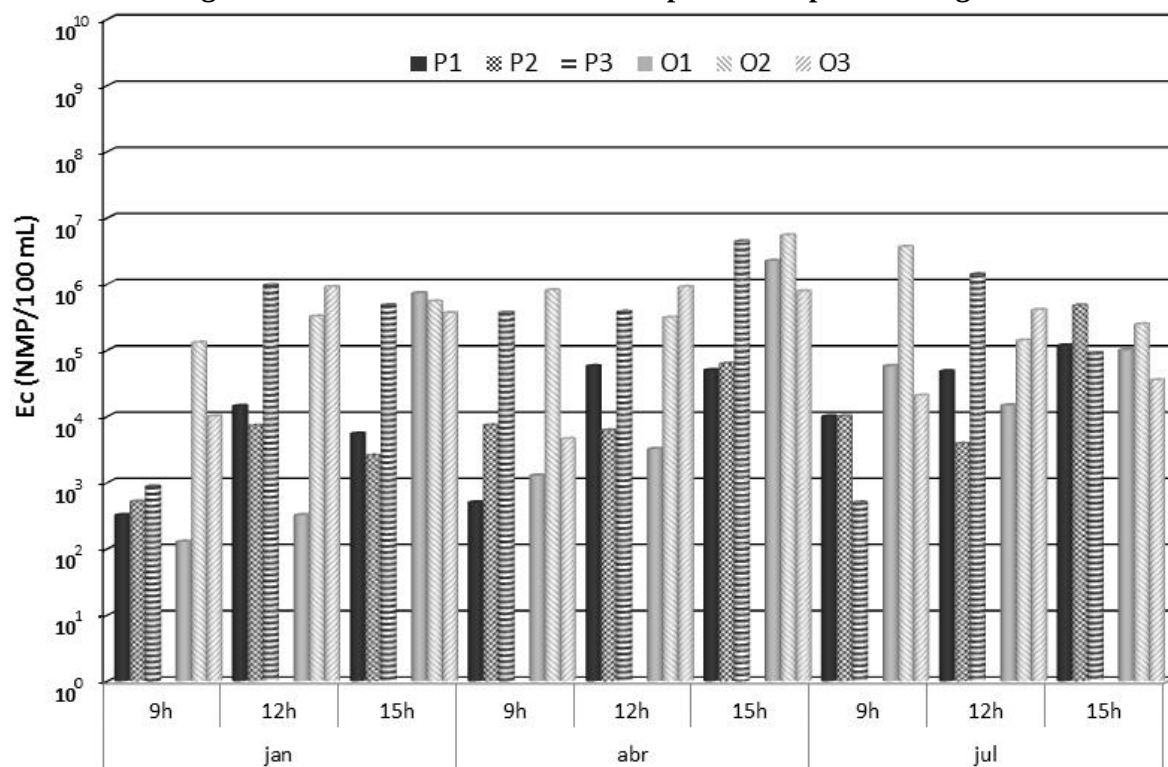
Fonte: Este estudo.

Figura 15 – Valores de NMP de CTT nos pontos de aporte das lagoas.



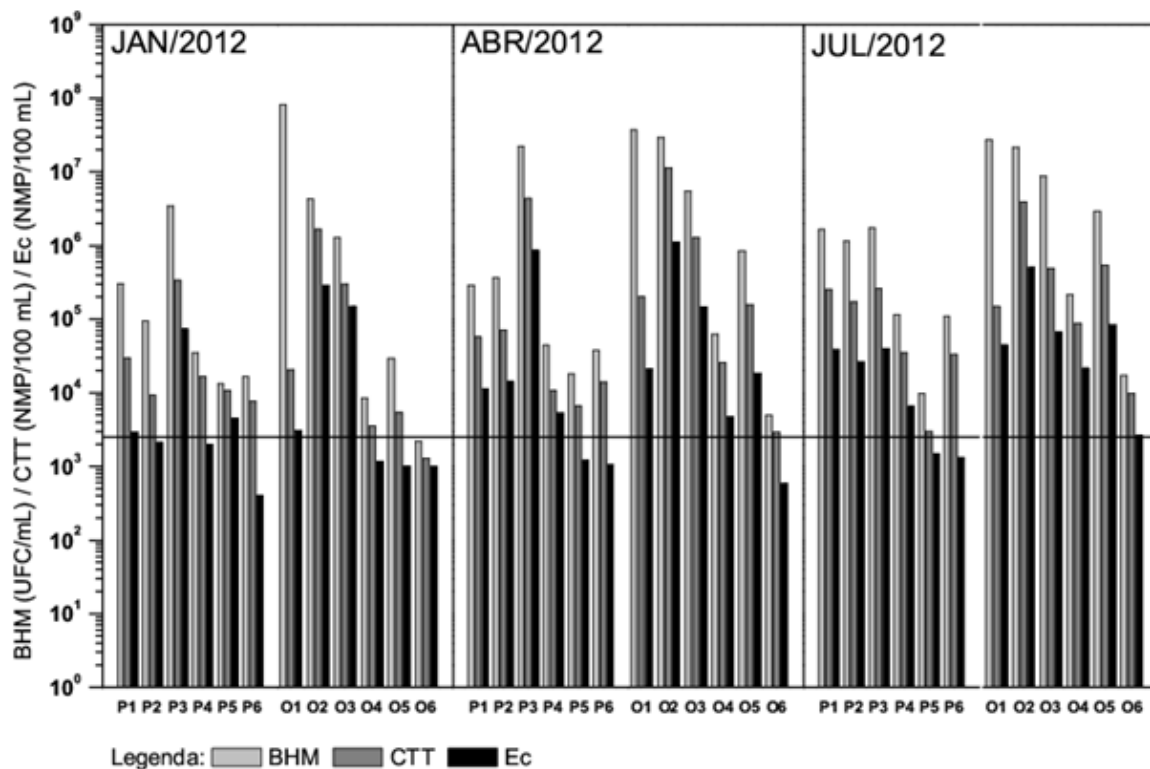
Fonte: Este estudo.

Figura 16 – Valores de NMP de Ec nos pontos de aporte das lagoas.



Fonte: Este estudo.

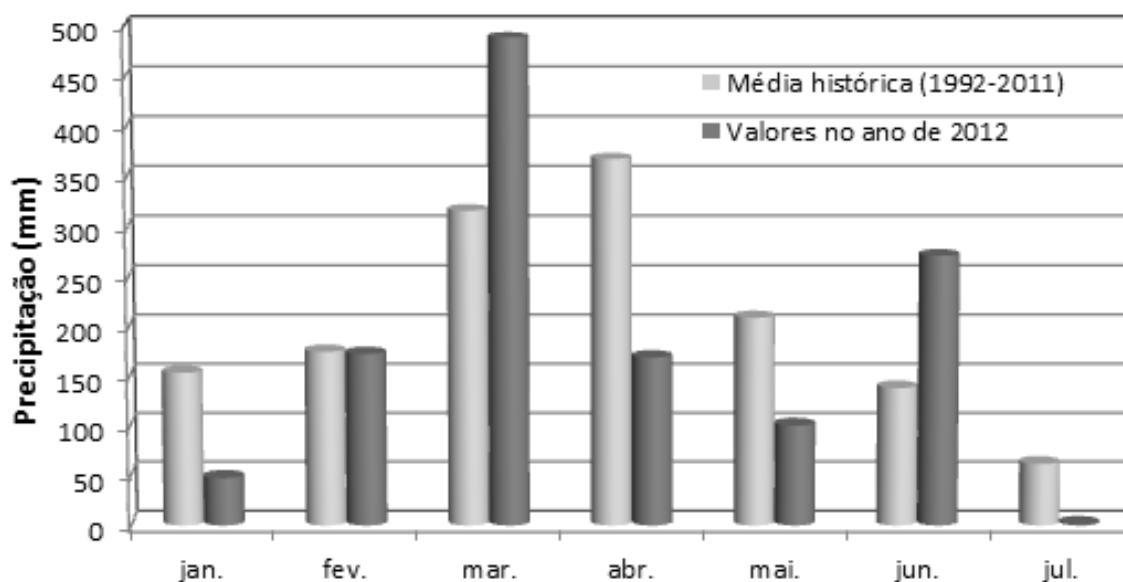
Figura 17 – Valores de quantificação de BHM, CTT e Ec nos pontos de coleta de amostras em ambas as lagoas investigadas, para as campanhas de coleta realizadas.



Nota: os valores reportados para os pontos P1, P2, P3, O1, O2 e O3 correspondem às médias geométricas dos valores obtidos nas amostragens dos horários de 9h a 15h em cada mês de coleta; os valores para os demais pontos são aqueles obtidos na coleta única de 9h em cada mês de coleta.

Fonte: Este estudo.

Figura 18 – Comparação de dados pluviométricos mensais do Posto Pici (Fortaleza/CE), janeiro a julho, no período de 1992 a 2011 e no ano de 2012.



Fonte: elaborado com dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (2014).

De maneira geral, as contagens de BHM determinadas (Figura 14 e Figura 17) revelam um excessivo quantitativo bacteriano aportado e presente nas bacias hidráulicas das lagoas e que, embora não necessariamente patogênico em sua totalidade, já prenuncia um comprometimento sanitário dos ecossistemas estudados. Os resultados levantados de CTT e Ec confirmam esta observação, revelando o elevado nível de poluição microbiológica a que estão submetidos os corpos lacustres avaliados, e que tornam tais corpos aquáticos impróprios para atividades de contato primário (e.g., natação, mergulho), de acordo com padrões estabelecidos na legislação federal (BRASIL, 2000), embora tais usos ainda sejam praticados, como observado no levantamento das condições ambientais (auditorias) também conduzido nesse estudo.

Pode-se observar também que as concentrações bacterianas determinadas no período monitorado são, em geral, maiores nas águas afluentes aportadas ao ecossistema que na bacia hidráulica (Figura 17), o que sugere que um lançamento frequente de águas pluviais contaminadas por lixo ou esgotos domésticos clandestinos seja a principal causa da poluição microbiológica das lagoas avaliadas, haja vista os relativamente elevados teores de CTT e Ec obtidos (Figura 15, Figura 16 e Figura 17), corroborando as observações realizadas por ocasião das auditorias ambientais realizadas. Estes resultados concordam com aqueles obtidos por Paz et al. (2007), que também identificaram elevado número de bactérias coliformes na lagoa de Porangabuçu, igualmente atribuindo a poluição do corpo hídrico a um aporte clandestino de contaminantes, por meio das galerias pluviais e da disposição inadequada de lixo na margem da lagoa.

É importante mencionar que ambas as lagoas estudadas já foram avaliadas como impróprias para atividades de contato primário, com elevados níveis de coliformes termotolerantes e de *Escherichia coli*, num período compreendido entre os anos de 2006 e 2010, conforme boletins de balneabilidade (FORTALEZA, 2013) da PMF, revelando que o problema é antigo e aparentemente negligenciado pelos gestores da cidade e órgãos ambientais e sanitários responsáveis. Deve ser destacado que os dados obtidos neste estudo se apresentam, de modo geral, ainda mais elevados que aqueles observados em Fortaleza (2013), sugerindo um avanço da degradação da qualidade sanitária da água de ambos os ecossistemas ao longo dos anos.

Complementarmente, antes de analisar a variação dos dados indicativos da qualidade sanitária das lagoas, ao longo do período de estudo, o qual se deu na quadra chuvosa cearense, como observado na Figura 18, é importante mencionar que a pluviometria do ano de 2012 se manteve, na maioria dos meses (exceto em março e junho), abaixo (cerca de 10%) da média

histórica dos vinte anos anteriores abaixo. Assim, quaisquer efeitos relacionados às chuvas na qualidade sanitária das lagoas podem ter sido minimizados pela escassez pluviométrica nos meses de coleta de amostras.

É fácil observar, por meio da Figura 17, que nas amostras coletadas em janeiro de 2012 (primeiro mês da quadra chuvosa desse ano), os indicadores bacterianos monitorados, particularmente CTT e Ec, apresentaram, de maneira geral, quantitativos inferiores àqueles observados a partir das outras duas coletas (meses de abril e julho). É possível inferir que o carreamento de detritos e efluentes provenientes do meio urbano para o interior dos corpos lacustres, decorrentes das chuvas do período, seja o principal responsável pelo aumento relativamente sutil da contaminação microbiologia nas lagoas. Tal fato também já foi observado por Geldreich (1998) e por Vieira et al. (2008) em outros estudos.

Independente disso, é notório o fato de que tais indicadores permaneceram muito elevados no interior dos corpos aquáticos de ambas as lagoas, fazendo, inclusive, estes corpos lacustres não balneáveis, de acordo com a legislação vigente (BRASIL, 2000; BRASIL, 2005). Tal observação pode ser explicada pelo aporte praticamente contínuo de esgotos clandestinos ao ecossistema, verificado na auditoria ambiental realizada, bem como pelos quantitativos de CTT e Ec encontrados nos pontos de aporte monitorados, os quais, como esperado, são geralmente maiores que aqueles encontrados no interior das lagoas, conforme se verifica na Figura 17.

Ademais, pode-se ressaltar que, no período monitorado, como se vê na Figura 17, os quantitativos de poluentes microbiológicos observados na lagoa do Opaia (O1, O2 e O3) são, em média, maiores que aqueles determinados na lagoa de Porangabuçu (P1, P2, P3), correspondendo igualmente a quantidades maiores de indicadores de contaminação fecal no interior da lagoa do Opaia (O4, O5 e O6) em relação à lagoa de Porangabuçu (P4, P5 e P6). Pode-se associar tal fato à maior carência de infraestrutura de saneamento básico nas comunidades do entorno da lagoa do Opaia, as quais vivem, na sua maioria, em habitações subnormais, ocupando uma maior área maior de APC e promovendo uma maior concentração de atividades antrópicas, tais como a disposição irregular de resíduos sólidos ao longo da margem da lagoa do Opaia, bem como de entradas pontuais, de esgoto bruto, verificadas durante as ações de auditoria ambiental realizada.

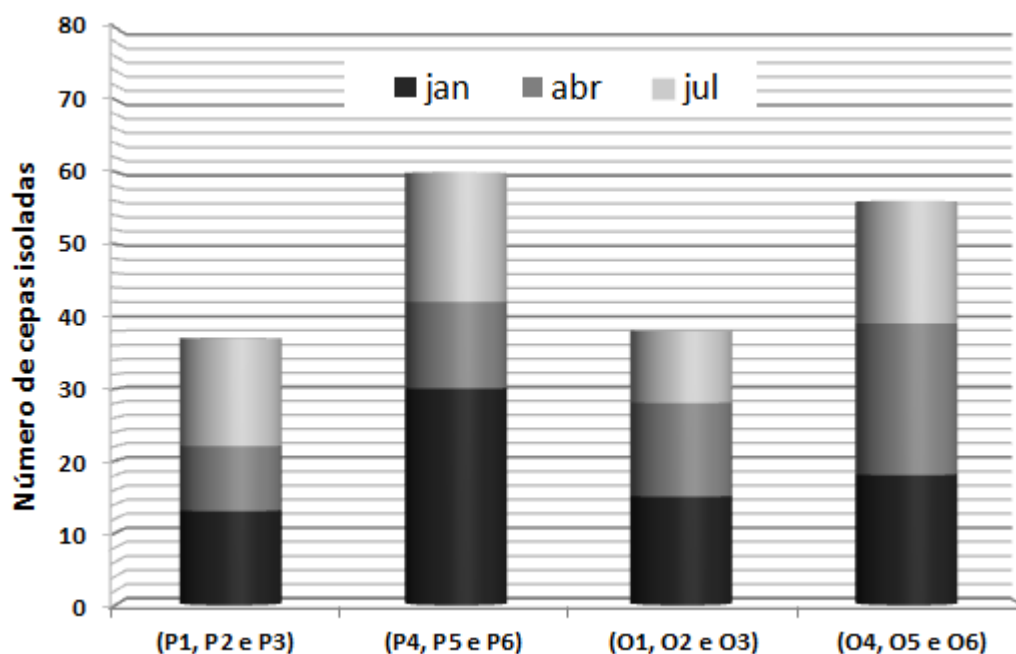
Ainda, embora não seja relevante para esse estudo, pode-se verificar que o aporte de poluentes de origem fecal aumentava ao longo do período diário (9h às 15h), de modo geral, para ambas as lagoas estudadas, como se observa na Figura 15 e na Figura 16.

5.3 Diversidade bacteriana nas lagoas – purificação e triagem preliminar

Nesta etapa do estudo, com o objetivo principal de avaliar grosseiramente a diversidade bacteriana nas lagoas, como também de purificar e selecionar cepas de prováveis patógenos (predominantemente enterobactérias) presentes nas lagoas e em seus aportes, 250 colônias foram inicialmente selecionadas, conforme descrito anteriormente, a partir das placas de contagem de BHM obtidas na etapa anterior.

Destas 250 colônias, somente 191 cepas efetivamente se desenvolveram no meio AN e foram isoladas, restando aproximadamente 24% das colônias inicialmente selecionadas não purificadas (NP). A distribuição de cepas bacterianas efetivamente isoladas e purificadas, em relação aos pontos de amostragem em ambas as lagoas, estão apresentadas na Figura 19.

Figura 19 – Distribuição de bactérias isoladas em relação aos pontos e aos meses de coleta nos ecossistemas monitorados.

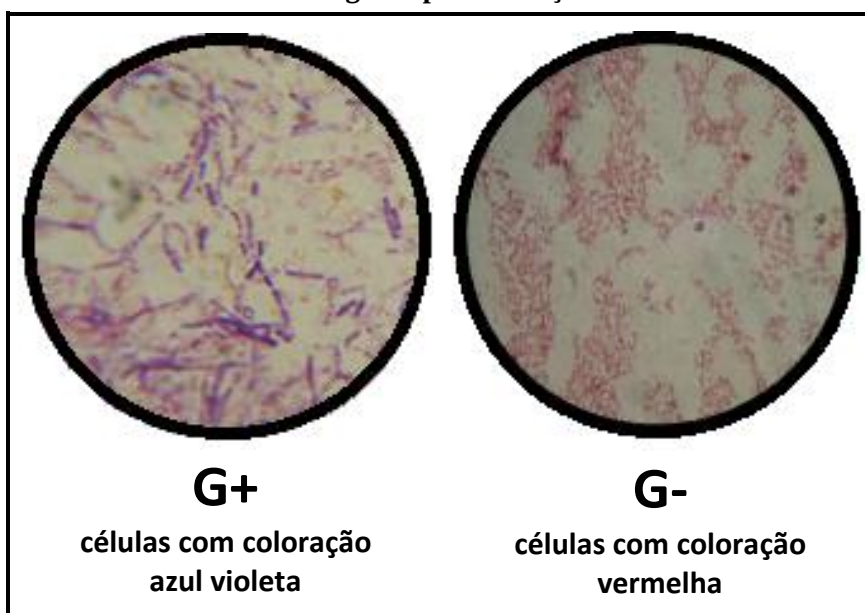


Fonte: Este estudo.

É interessante notar que o percentual de cepas isoladas oriundas das bacias hidráulicas (P4, P5, P6 e O4, O5, O6) das lagoas corresponde, aproximadamente, ao percentual (60%) de colônias selecionadas a partir das placas de contagem de BHM (75 colônias de um total de 125 de cada lagoa). Também, o quantitativo mínimo de 15 cepas isoladas, proposto e desejado para cada mês de coleta por lagoa, foi auferido após o procedimento de isolamento e purificação.

Todas as cepas isoladas foram preservadas em meio AN inclinado e, posteriormente, submetidas a testes de coloração de Gram e a crescimento nos meios específicos EMB e MAC. Sabidamente, a técnica de coloração de Gram permitiu classificar as cepas em G⁺ ou G⁻, de acordo com a coloração resultante das células, conforme ilustrado na Figura 20, ao passo que as características visuais das colônias formadas, a partir dessas cepas, nos meios seletivos foram usadas como critério de classificação em relação à fermentação de lactose.

Figura 20 – Aparência típica observada em cepas bacterianas isoladas das lagoas após coloração de Gram.

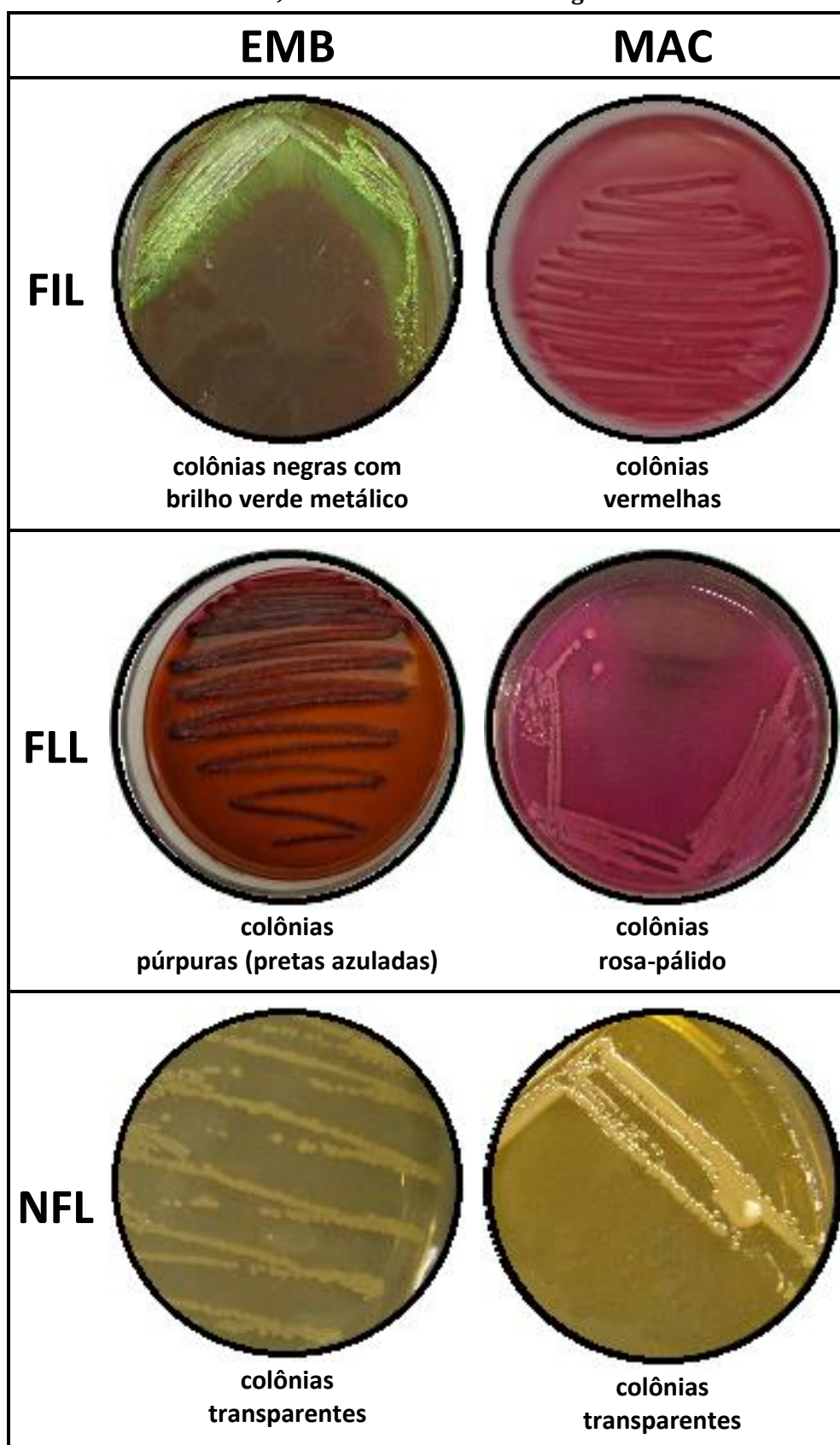


Fonte: Este estudo.

Assim, cepas cujas colônias desenvolveram coloração negra com brilho verde metálico no EMB e coloração vermelha no MAC, cores típicas de cepas de CTT, foram classificadas como FIL; cepas com coloração púrpura da colônia no EMB e rosa-pálido no MAC foram classificadas como FLL; colônias transparentes em ambos os meios seletivos classificaram a cepa como NFL. Este critério de classificação das cepas a partir de combinações de cores das colônias nos meios EMB e MAC é ilustrado na Figura 21. Ressalte-se que cepas G⁻ cujas colônias resultaram num pareamento de cores (aparência) incompatível, isto é, distinto das combinações mostradas na Figura 21, bem como as cepas G⁺, que não deveriam crescer nos meios, foram denominadas cepas NC.

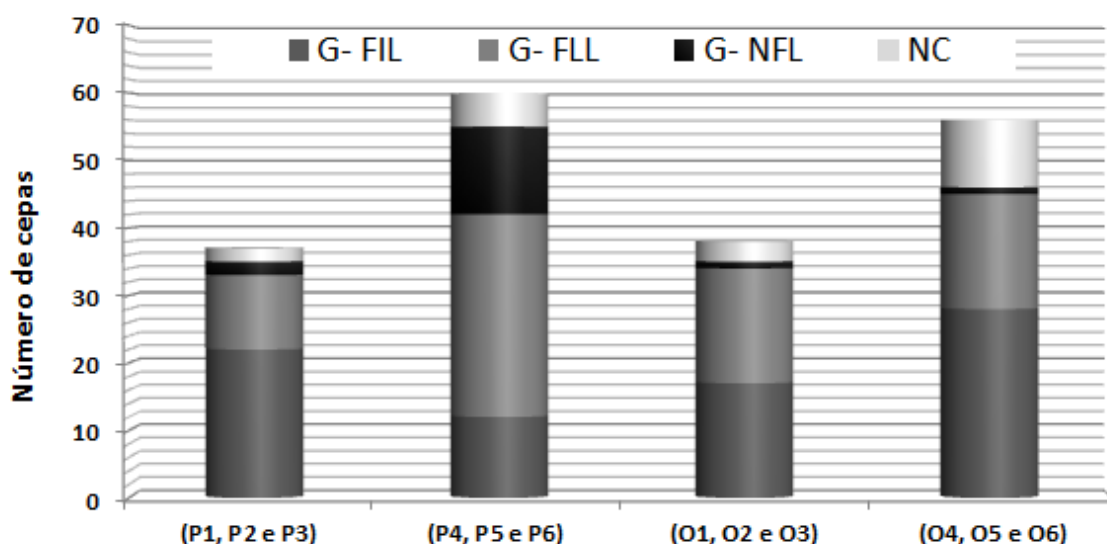
Somente 2 cepas G⁻ não puderam ser classificadas por não apresentarem colorações compatíveis nos meios EMB e MAC. As demais colônias (18 no total) enquadradas como NC foram oriundas de cepas G⁺. Os quantitativos de cepas isoladas em cada grupo obtido neste estudo (FIL, FLL, NFL, NC) após a etapa de triagem estão mostrados na Figura 22.

Figura 21 – Aparência típica do crescimento em EMB e MAC das bactérias FIL, FLL e NFL isoladas das lagoas.



Fonte: Este estudo.

Figura 22 – Quantitativos das colônias selecionadas para triagem e correspondentes agrupamentos posteriores de cepas, nas lagoas e período monitorados.



Fonte: Este estudo.

É notório que as cepas fermentadoras de lactose (FIL e FLL) estão em maior número nas amostras analisadas, correspondendo a cerca de 80% do total das colônias purificadas, contrapondo-se aos percentuais de, aproximadamente, 10% obtidos igualmente para as cepas não fermentadoras e para aquelas não classificadas. Este elevado percentual está compatível com os elevados teores de CTT determinados em etapa anterior. Nota-se também que o maior número de cepas classificadas como NFL, que podem ser bactérias patogênicas G- dos gêneros *Salmonella*, *Shigella*, *Acinetobacter* e *Stenotrophomonas*, foram encontradas predominantemente na bacia hidráulica da lagoa de Porangabuçu (13 das 17 cepas isoladas) e que muitas das colônias que não puderam ser classificadas na etapa de triagem foram oriundas dos aportes e dos pontos subsuperficiais da lagoa do Opaia (13 das 20 cepas isoladas).

Observa-se, ainda, que as cepas isoladas FIL nos meios EMB e MAC, provavelmente da espécie *Escherichia coli*, as quais constituem mais de 40% de todas as cepas isoladas, estão igualmente distribuídas nos pontos de aporte (39 cepas) e nos pontos subsuperficiais das lagoas (40 cepas), corroborando os resultados obtidos na auditoria ambiental e na avaliação da qualidade sanitária das lagoas, em relação ao aporte permanente de esgotos aos ecossistemas.

As FLL, que podem representar os gêneros de enterobactérias *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Serratia*, *Hafnia*, *Citrobacter*, prevaleceram nos pontos subsuperficiais dos corpos lacustres (47 cepas das 75 classificadas neste grupo).

5.4 Identificação e suscetibilidade a antibióticos dos isolados bacterianos

Após a triagem, 40 (quarenta) cepas foram aleatoriamente selecionadas, entre as 191 isoladas, para identificação e posteriores TSA, em laboratório especializado. O procedimento de seleção consistiu, inicialmente, da divisão das cepas purificadas em dois grupos: cepas de bactérias G- fermentadoras de lactose, tipicamente enterobactérias; e cepas de bactérias não fermentadoras de lactose e de não classificadas, Gram positivas ou Gram negativas.

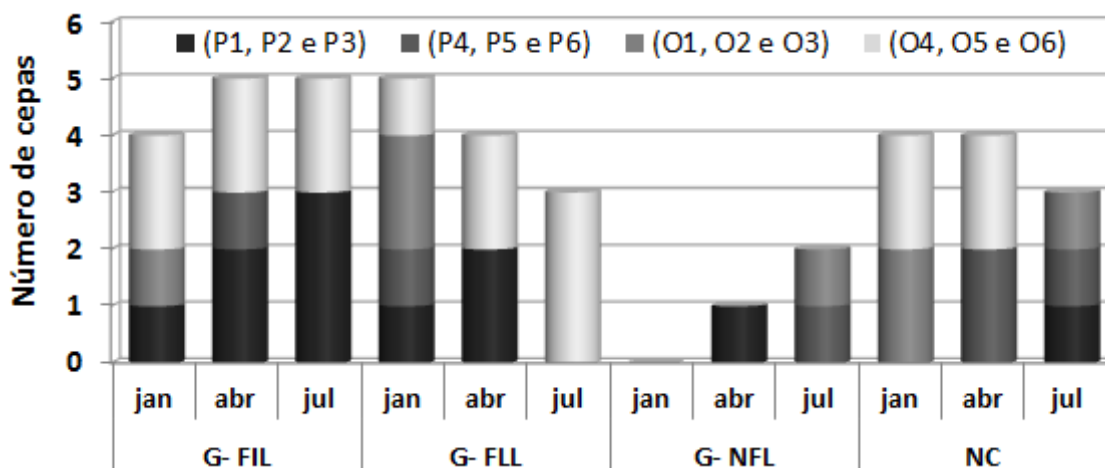
Reitera-se que as cepas classificadas como fermentadoras de lactose correspondiam aproximadamente a 80% de todas as cepas isoladas. Ademais, para aquelas cepas classificadas como G- FIL, que por suas características, são notoriamente cepas de *E. coli*, a etapa de identificação foi apenas confirmatória. Ressalte-se que, embora dispensável a identificação confirmatória por testes bioquímicos das culturas de Ec, a seleção de um número significativo destas cepas foi considerado imprescindível, dada a relevância da determinação das susceptibilidades a antimicrobianos de amostras destas cepas para o estudo, particularmente sob o aspecto da saúde pública.

Por tudo isso, para uma identificação mais representativa das bactérias purificadas, a maioria das cepas selecionadas deveria ser do grupo das fermentadoras, definindo-se então que 26 cepas, percentual correspondente a 65% das 40 cepas a serem identificadas, deveriam ser selecionadas aleatoriamente entre as fermentadoras de lactose. As demais cepas (35%) a serem identificadas seriam selecionadas aleatoriamente entre as cepas NFL e NC.

É importante destacar que, também buscando uma maior representatividade das cepas identificadas em relação ao período de estudo (jan/2012 a jul/2012), de modo a avaliar a continuidade de problemas de saúde pública nas lagoas, estabeleceu-se adicionalmente como critério de seleção que, em ambos os grupos (FIL+FLL e NFL+NC), cada mês de coleta estivesse representado por pelo menos 20% das cepas selecionadas. Assim, caso a seleção inicial de cada grupo não contemplasse esse percentual, novas cepas eram sorteadas dentre aquelas oriundas dos meses desejados.

Um perfil das cepas selecionadas para identificação em cada categoria de classificação, em termos do local e mês de coleta da amostra de água precursora está mostrado na Figura 23.

Figura 23 – Perfil das cepas selecionadas para identificação em nível de espécie.



Fonte: Este estudo.

Inicialmente, pode-se notar que houve uma distribuição praticamente uniforme das cepas identificadas em relação aos meses de coleta (13 ou 14 cepas para cada mês). Também, entre as cepas fermentadoras selecionadas para identificação, houve uma distribuição aproximadamente igual entre as categorizadas como intensas (14 cepas) e como lentas (12 cepas). Porém, é notório que, para o grupo NFL+NC, obteve-se um número de cepas NFL não usualmente baixo ($p < 0,05$)³⁵ a partir da seleção realizada, que inclusive não contemplou o mês de janeiro/2012.

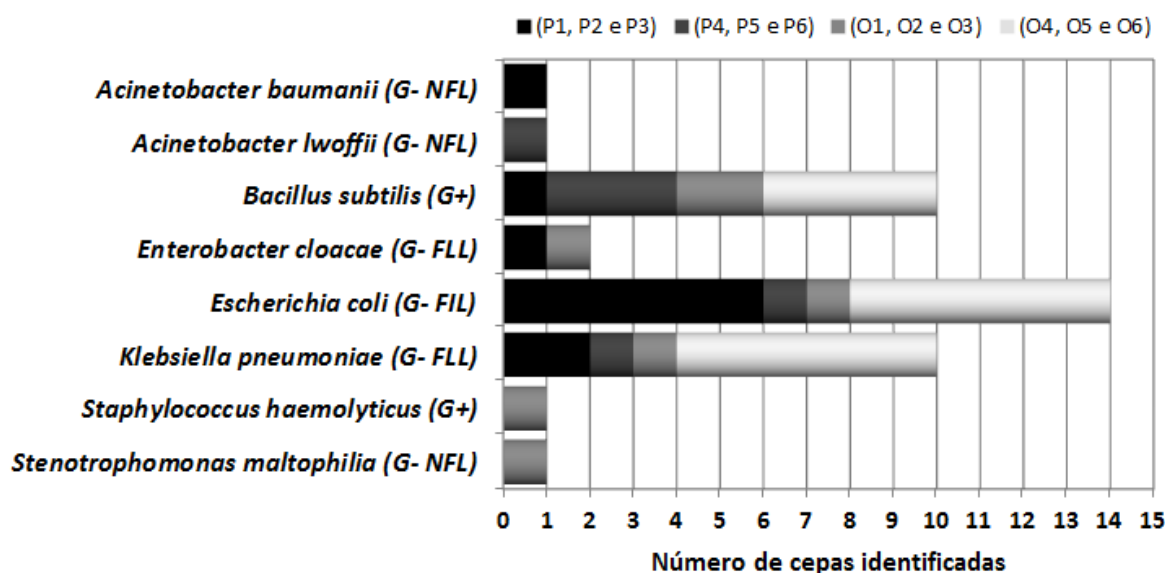
Tal fato, uma possível consequência do critério de representatividade temporal da seleção, não compromete os objetivos do estudo, haja vista que se tem buscado quantificar e qualificar predominantemente as enterobactérias (FIL+FLL) presentes nos ecossistemas lacustres. Além disso, isto permitiu identificar nas lagoas um maior número de bactérias G+, as quais também poderiam ser patogênicas.

Ressalte-se que o fato realmente indesejável foi o pequeno número de cepas oriundas das águas subsuperficiais da lagoa do Porangabuçu (P4, P5, P6), também estatisticamente não usual ($p < 0,05$), que pode ter minimizado a importância destas águas, em termos dos patógenos presentes e suas susceptibilidades.

Então, a partir dos resultados da identificação em nível de espécie das cepas isoladas, reproduzidos na Figura 24, inclusive contabilizadas segundo os pontos de coleta, foi determinado que as colônias isoladas, eram na sua maioria ($p < 0,001$), constituídas por bactérias potencialmente patogênicas (patógenos oportunistas).

³⁵ Quando a probabilidade (p) de ocorrência de um dado evento, sob uma dada hipótese ou condição, é inferior a 0,05, pode-se considerar que é improvável ou não usual a ocorrência deste evento (TRIOLA, 2008).

Figura 24 – Espécies bacterianas identificadas.



Fonte: Este estudo.

Adicionalmente, os resultados dos TSA, apresentados nas tabelas 2, 3, 4 e 5, respectivamente para as cepas identificadas como: *E. coli*; *K. pneumoniae* e *E. cloacae*; *A. baumannii*, *A. lwoffii* e *S. maltophilia*; e *S. haemolyticus*; revelam que várias dessas cepas apresentam resistência a diferentes antibióticos, inclusive alguns beta-lactâmicos considerados muito eficientes (cefalosporinas de terceira geração e oxaciclina). Deve ser mencionado, que alguns antibióticos previstos pelo laboratório especializado para o teste de susceptibilidade (e.g., piperacilina e cefalotina) não foram avaliados em algumas cepas de enterobactérias pela falta dos respectivos painéis de teste à época dos ensaios.

Inicialmente, pode-se afirmar ($p < 0,01$) que as bactérias entéricas *E. coli* e *K. pneumoniae* constituíram a grande maioria das colônias bacterianas heterotróficas presentes no corpo aquático das lagoas, bem como nos aportes aquosos advindos do sistema de drenagem pluvial. Mencione-se, ainda, que nesses aportes também foram encontradas cepas da enterobactéria *E. cloacae* (uma cepa para cada lagoa).

Estas bactérias, embora façam parte da microbiota normal do intestino e de outros órgãos do corpo humano, podem provocar severas infecções em pessoas imunodeprimidas, particularmente em pacientes hospitalares. Como é sabido, gastroenterites e infecções do trato urinário são as mais doenças comuns relacionadas a tais espécies bacterianas. Contudo, um grande número de outras infecções pode ser associado a esta microbiota entérica: bacteremias e meningites neonatais estão muitas vezes relacionadas à *E. coli*; infecções nosocomiais e pneumonia lobar estão frequentemente associadas à *K. pneumoniae*; infecções do trato respiratório inferior, endocardites e osteomielites podem ser provocadas por *E. cloacae*.

Tabela 2 – Resultados dos antibiogramas para cepas identificadas como *Escherichia coli*.

ANTI-BIÓTICO	CÓDIGO DA CEPA IDENTIFICADA																											
	01		03		04		07		12		19		23		24		25		27		30		32		33		34	
	MÊS PO		MÊS PO		MÊS PO		MÊS PO		MÊS PO		MÊS PO		MÊS PO		MÊS PO		MÊS PO		MÊS PO		MÊS PO		MÊS PO		MÊS PO		MÊS PO	
	Abr	P1	Abr	P5	Jul	P3	Abr	P3	Jan	P2	Abr	O4	Jul	O5	Jul	P3	Jul	O4	Jan	O5	Abr	O5	Jan	O4	Jul	P3	Jan	O1
	CIM	SU	CIM	SU	CIM	SU	CIM	SU	CIM	SU	CIM	SU	CIM	SU	CIM	SU	CIM	SU	CIM	SU	CIM	SU	CIM	SU	CIM	SU	CIM	SU
AMK	≤16	S	≤16	S	≤16	S	≤16	S	≤16	S	≤16	S	≤16	S	≤16	S	≤16	S	≤16	S	≤16	S	≤16	S	≤16	S	≤16	S
SAM	≤8/4	S	≤8/4	S	≤8/4	S	≤8/4	S	≤8/4	S	≤8/4	S	≤8/4	S	≤8/4	S	16/8	I	>16/8	R	≤8/4	S	≤8/4	S	≤8/4	S	≤8/4	S
AMP	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	>16	R	>16	R	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S
ATM	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	x	x
CEP	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	≤8	S	≤8	S	≤8	S	16	I	16	I	16	I	≤8	S	≤8	S	≤8	S
FEP	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S
CTX	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤8	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S
CTN	≤16	S	≤16	S	≤16	S	≤16	S	≤16	S	≤16	S	≤16	S	32	I	≤16	S	≤16	S	≤16	S	≤16	S	≤16	S	≤16	S
CAZ	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S
CRO	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S
CXM	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	x	x
CIP	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S
ETP	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S
GEN	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S
IPM	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S
LVX	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S
MEM	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	<2	S	≤1	S	≤1	S	x	x	≤1	S
PIP	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	≤16	S	≤16	S	≤16	S	>64	R	>64	R	≤16	S	≤16	S	≤16	S	≤16	S
TZP	≤16/4	S	≤16/4	S	≤16/4	S	≤16/4	S	≤16/4	S	≤16/4	S	≤16/4	S	≤16/4	S	≤16/4	S	≤16/4	S	≤16/4	S	≤16/4	S	≤16/4	S	≤16/4	S
TCY	≤4	S	>8	R	≤4	S	>8	R	≤4	S	≤4	S	≤4	S	>8	R	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	>8	R	≤4	S
TGC	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S
TOB	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S
SXT	≤2/38	S	≤2/38	S	≤2/38	S	≤2/38	S	≤2/38	S	≤2/38	S	≤2/38	S	≤2/38	S	>2/38	I	>2/38	I	≤2/38	S	≤2/38	S	≤2/38	S	≤2/38	S

Legenda: PO - Ponto de coleta da amostra; SU - Susceptibilidade; x - Antibiótico não testado; as demais siglas foram apresentadas anteriormente.

Nota: Os resultados que indicam a não susceptibilidade da bactéria a um dado antibiótico estão destacados (negrito e sombreado) na tabela.

Fonte: Este estudo.

Tabela 3 – Resultados dos antibiogramas para cepas identificadas como *Klebsiella pneumoniae* e *Enterobacter cloacae*.

ANTI-BIÓTICO	CÓDIGO DA CEPA IDENTIFICADA																							
	<i>K. pneumoniae</i>															<i>E. cloacae</i>								
	02		08		10		11		14		22		26		28		31		39		16		21	
	MÊS PO		MÊS PO		MÊS PO		MÊS PO		MÊS PO		MÊS PO		MÊS PO		MÊS PO		MÊS PO		MÊS PO		MÊS PO		MÊS PO	
	Jan	O1	Jan	P5	Abr	P1	Abr	P1	Jul	O6	Abr	O4	Jan	O5	Abr	O5	Jul	O4	Jul	O5	Jan	O3	Jan	P3
	CIM	SU	CIM	SU	CIM	SU	CIM	SU	CIM	SU	CIM	SU	CIM	SU	CIM	SU	CIM	SU	CIM	SU	CIM	SU	CIM	SU
AMK	≤16	S	≤16	S	≤16	S	≤16	S	≤16	S	≤16	S	≤16	S	≤16	S	≤16	S	≤16	S	≤16	S	≤16	S
SAM	≤8/4	S	≤8/4	S	≤8/4	S	≤8/4	S	≤8/4	S	≤8/4	S	≤8/4	S	≤8/4	S	≤8/4	S	≤8/4	S	≤8/4	S	>16/8	R
AMP	>16	R	>16	R	>16	R	>16	R	>16	R	>16	R	>16	R	≤8	S	>16	R	>16	R	>16	R	>16	R
ATM	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	16	R	≤8	S	≤8	S
CEP	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	>16	R	>16	R
FEP	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S
CTX	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S
CTN	≤16	S	≤16	S	≤16	S	≤16	S	≤16	S	≤16	S	≤16	S	≤16	S	≤16	S	≤16	S	≤16	S	>32	R
CAZ	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	16	R	≤1	S	≤1	S
CRO	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S	≤8	S
CXM	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	8	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	>16	R
CIP	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S
ETP	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S
GEN	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S
IPM	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S
LVX	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S
MEM	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S	≤1	S
PIP	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	≤16	S	64	I	≤16	S	≤16	S	>64	R	x	x	≤16	S
TZP	≤16/4	S	≤16/4	S	≤16/4	S	≤16/4	S	≤16/4	S	≤16/4	S	≤16/4	S	≤16/4	S	≤16/4	S	≤16/4	S	≤16/4	S	≤16/4	S
TCY	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	>8	R	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S
TGC	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S	≤2	S
TOB	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S	≤4	S
SXT	≤2/38	S	≤2/38	S	≤2/38	S	≤2/38	S	≤2/38	S	≤2/38	S	≤2/38	S	≤2/38	S	≤2/38	S	≤2/38	S	≤2/38	S	≤2/38	S

Legenda: PO - Ponto de coleta da amostra; SU - Susceptibilidade; x - Antibiótico não testado; as demais siglas foram apresentadas anteriormente.

Nota: Os resultados que indicam a não susceptibilidade da bactéria a um dado antibiótico estão destacados (negrito e sombreado) na tabela.

Fonte: Este estudo.

Tabela 4 – Resultados dos antibiogramas para as cepas identificadas como *Acinetobacter spp.* e *Stenotrophomonas maltophilia*.

ANTIBIÓTICO	CÓDIGO DA CEPA IDENTIFICADA					
	<i>A. baumannii</i>		<i>A. lwoffii</i>		<i>S. maltophilia</i>	
	5		18		13	
	MÊS	PO	MÊS	PO	MÊS	PO
	Abr	P1	Jul	P6	Jul	O3
	CIM	SU	CIM	SU	CIM	SU
Amicacina	≤16	S	≤16	S	N/A	N/A
Ampicilina/Sulbactam	≤8/4	S	≤8/4	S	N/A	N/A
Cefepima	≤8	S	≤8	S	N/A	N/A
Cefotaxima	≤2	S	≤	S	N/A	N/A
Ceftazidima	≤1	S	≤1	S	>16	R
Ceftriaxona	≤8	S	≤8	S	N/A	N/A
Ciprofloxacina	≤1	S	≤1	S	N/A	N/A
Gentamicina	≤4	S	≤4	S	N/A	N/A
Levofloxacina	≤2	S	≤2	S	≤2	S
Meropeném	≤1	S	≤1	S	N/A	N/A
Tetraciclina	≤4	S	≤4	S	N/A	N/A
Tobramicina	≤4	S	≤4	S	N/A	N/A
Trimetropima/sulfametoxazol	≤2/38	S	≤2/38	S	≤2/38	S

Legenda: PO - Ponto de coleta; SU - Susceptibilidade; as demais siglas foram apresentadas anteriormente.

Fonte: Este estudo.

Tabela 5 – Resultado do antibiograma para a cepa de *Staphylococcus haemolyticus*.

ANTIBIÓTICO	CIM	SUSCEPTIBILIDADE
Amoxicilina/Ácido Clavulânico	≤4/2	Resistente*
Ampicilina/Sulbactam	≤8/4	Resistente*
Ampicilina	>8	Resistente
Ceftriaxona	32	Resistente*
Ciprofloxacina	≤1	Sensível
Clindamicina	≤0,5	Sensível
Daptomicina	≤0,5	Sensível
Eritromicina	>4	Resistente
Gentamicina	≤4	Sensível
Levofloxacina	≤1	Sensível
Linezolida	≤1	Sensível
Moxifloxacina	≤0,5	Sensível
Oxacilina	>2	Resistente
Penicilina G	>8	Resistente
Rifampicina	≤1	Sensível
Quinupristina/Dalfopristina	≤0,5	Sensível
Tetraciclina	>8	Resistente
Trimetopima/sulfametoxazol	≤0,5/9,5	Sensível
Vancomicina	1	Sensível

Nota 1: Resistente* - as combinações de beta-lactâmicos com inibidores de beta-lactamase, tais como AMC e SAM, os carbapenêns e as cefalosporinas antiestafilococos não devem ser reportados como sensíveis para espécies de estafilococos resistentes à oxacilina.

Nota 2: Ponto de coleta da amostra: O2; mês de coleta: julho/2012; Código da cepa identificada: 20.

Fonte: Este estudo.

Tais resultados estão de acordo com a afirmação de Lebaron et al. (2005), que diz que a maioria dos microrganismos patogênicos, causadores de doenças transmitidas pela água, é predominantemente de origem entérica, bem como vão ao encontro daqueles obtidos por PAZ et al. (2007), que também mostraram a existência de uma grande diversidade de *Enterobacteriaceae* em lagoas urbanas de Fortaleza, inclusive na lagoa de Porangabuçu. Isso demonstra mais uma vez o elevado nível de poluição microbiológica e comprometimento sanitário de ambos os ecossistemas aqui investigados, ao longo dos últimos anos. A situação é ainda mais preocupante quando se avaliam os resultados dos TSA para estas enterobactérias.

Das catorze cepas de *E. coli* identificadas, conforme mostrado na Tabela 2, duas delas, oriundas do corpo aquático da lagoa do Opaia, não apresentaram sensibilidade a alguns beta-lactâmicos típicos: SAM, AMP e PIP (penicilinas), e CEP (cefalosporina de primeira geração); como também à combinação SXT. Outras quatro cepas (oriundas das águas da lagoa de Porangabuçu) mostraram resistência à tetraciclina, uma inclusive também sendo não sensível à cefotetana (cefalosporina de segunda geração) em dosagens típicas.

Com relação às cepas de *K. pneumoniae* (Tabela 3), intrinsecamente resistentes à ampicilina (CLINICAL AND LABORATORY STANDARDS INSTITUTE, 2012, p. 165), entre as dez identificadas, três delas, também oriundas do corpo aquático da lagoa do Opaia, apresentaram-se como não sensíveis a alguns outros antibióticos testados: uma cepa resistente a diferentes classes de antibióticos beta-lactâmicos: ATM (monobactama), CAZ (cefalosporina de terceira geração) e PIP (penicilina); uma cepa resistente à TCY; e outra não sensível à PIP.

Para as duas cepas identificadas de *E. cloacae* (Tabela 3), somente foram observadas as resistências inatas (CLINICAL AND LABORATORY STANDARDS INSTITUTE, 2012, p. 165) que esta espécie tem a: AMP e SAM (penicilinas); CEP (cefalosporina de primeira geração); CTN e CXM (cefalosporina de segunda geração). Neste momento, deve ser destacado que cepas com resistência inerente a certos antibióticos podem se apresentar sensíveis a eles nos TSA, como verificado para algumas das cepas de *K. pneumoniae* e *E. cloacae* identificadas, em virtude de mutação, baixo nível de resistência da espécie analisada ou mesmo da variabilidade do método (CLINICAL AND LABORATORY STANDARDS INSTITUTE, 2012, p. 165).

As demais bactérias G- identificadas (não fermentadoras de lactose) consistiam de duas cepas de *Acinetobacter spp.*, procedentes das águas da lagoa de Porangabuçu (uma cepa de *A. baumannii* do sistema de drenagem e uma cepa de *A. lwoffii* do corpo aquático), e uma cepa de *Stenotrophomonas maltophilia*, oriunda do sistema de drenagem da lagoa do Opaia.

Espécies de *Acinetobacter*, particularmente a espécie *Acinetobacter baumannii*, estão frequentemente associadas com infecções oportunistas hospitalares graves e de difícil tratamento. Infecções comunitárias são menos comuns. A espécie *A. baumannii* é uma das bactérias não fermentadoras mais comumente encontradas no corpo humano, que por sua elevada patogenicidade e frequente multirresistência a antibióticos, observada em várias de suas linhagens, tem recebido grande atenção dos sistemas de saúde coletiva nos últimos anos. A espécie *A. lwoffii* também é causa frequente de infecções nosocomiais. As infecções oportunistas mais comuns relacionadas a estas espécies, predominantemente em unidades de tratamento intensivo, ocorrem nas vias respiratórias (pneumonias) e no sistema urinário, mas não sendo incomuns infecções de pele, bacteremias e meningites. Ambas as cepas de *Acinetobacter* identificadas apresentaram sensibilidade a todos os antibióticos usados nos TSA correspondentes, conforme resultados apresentados na Tabela 4.

A bactéria da espécie *Stenotrophomonas maltophilia* também é um importante patógeno G- oportunista e multirresistente a diferentes antibióticos, inclusive aqueles da classe carbapeném. É considerada uma bactéria incomum, mas está associada a diferentes infecções nosocomiais (e.g., trato respiratório, trato urinário), particularmente aquelas relacionadas a tubos respiratórios, endotraqueais ou traqueotômicos. A cepa aqui identificada e avaliada no TAS realizado, reproduzido também na Tabela 4, foi originária de um aporte da lagoa do Opaia e apresentou resistência à ceftazidima, uma cefalosporina de terceira geração.

Embora seja preocupante a ocorrência de *Acinetobacter spp.* nas águas aportadas e mantidas na bacia hidrográfica da lagoa de Porangabuçu, e de *S. maltophilia* no aporte da lagoa do Opaia, visto que são espécies causadoras de infecções oportunistas, a importância de sua investigação nos ambientes aquáticos ainda é pouco valorizada, já que epidemias e endemias causadas por tais microrganismos são pouco comuns fora do ambiente hospitalar.

Em relação às cepas de bactérias G+ avaliadas, a grande maioria (dez entre onze cepas) foi identificada como *Bacillus subtilis*, uma espécie bacteriana não patogênica, saprófita³⁶, e bastante comum no solo e na água. Tais cepas procederam das águas da lagoa do Porangabuçu (quatro cepas dos meses de abril e julho de 2012) e das águas da lagoa do Opaia (quatro cepas no mês de janeiro e duas cepas no mês de abril de 2012). Considerando a não patogenicidade desta espécie, não foram realizados os TSA nestas cepas por questões óbvias.

³⁶ Saprófitas: são seres vivos sem clorofila que obtêm os seus nutrientes a partir de tecidos, mortos e/ou em decomposição, de plantas ou animais.

Um resultado extremamente interessante neste estudo foi a identificação de uma cepa de *Staphylococcus haemolyticus* multirresistente oriunda de um ponto de aporte da lagoa do Opaia, na coleta de julho de 2012. Esta espécie bacteriana é um conhecido e frequente patógeno oportunista, responsável por diferentes infecções nosocomiais localizadas ou sistêmicas, tais como endocardites, peritonites, infecções do trato urinário e septicemias, normalmente associadas a inserção instrumentos médicos. Além disso, a sua comum e elevada resistência a antimicrobianos, como também sua habilidade em formar biofilmes (comum também nas *Acinetobacter spp.* identificadas) fazem as infecções provocadas por esta espécie bacteriana difíceis de tratar.

Conforme auferido pelo TAS realizado para a *S. haemolyticus*, mostrado na Tabela 5, esta cepa de estafilococos negativo-coagulase foi classificada como resistente à oxacilina, um antibiótico pertencente ao grupo das penicilinas resistentes à beta-lactamase e penicilinase estafilocócica, e assim, também resistente a diversas outras penicilinas e suas combinações (e.g., amoxicilina/ácido clavulânico, ampicilina, ampicilina/sulbactam, penicilina G etc.) e a cefalosporinas (e.g., ceftriaxona).

A partir deste resultado, pode-se caracterizar esta cepa como possível precursora de problemas clinicamente graves do ponto de vista da saúde pública, já que complicam sobremaneira o tratamento de infecções causadas por esta espécie bacteriana, como prenunciavam Alcarraz et al. (2003). Adicione-se o fato desta espécie estafilocócica também ser resistente à eritromicina (macrolídeo) e à tetraciclina, fazendo-a uma bactéria multirresistente muito perigosa. Este resultado não é incomum, conforme afirmam Menezes et al. (2007), já que espécies de *Staphylococcus* “vêm mostrando elevado índice de resistência à [oxaciclina] no meio hospitalar”. Ressalte-se que estes autores também enfatizam que:

Entre os microrganismos que sofreram grandes modificações na sensibilidade aos antimicrobianos com o correr dos anos, destacam-se: estafilococos, enterobactérias, [...] *A. baumannii* [...]. Na atualidade, é motivo de grande preocupação entre microbiologistas e médicos a resistência entre as bactérias [G+], que vêm se tornando bactérias-problema na terapêutica anti-infecciosa [sic] (Menezes et al., 2007)

Assim, a identificação de um quantitativo considerável de cepas enterobacterianas e de outros patógenos oportunistas resistentes a diferentes classes de antibióticos, confirma o precário estado sanitário e ambiental, já verificado na auditoria ambiental realizada, como em estudos anteriores, de ambos os ecossistemas lacustres investigados.

Ademais, tal identificação suscita ainda duas questões importantes do ponto de vista da saúde ambiental e da saúde coletiva: primeiramente, os ecossistemas aquáticos urbanos podem estar servindo de fonte e de reservatório de patógenos oportunistas ou mesmo primários (aqui não identificados), que por intermédio de atividades de contato primário, por exemplo, podem vir a desencadear epidemias ou endemias bacterianas graves em pessoa e animais imunodepressivos; adicionalmente e não menos importante, estes patógenos resistentes e multirresistentes podem transmitir seus genes de resistência a outros microrganismos patogênicos ou não patogênicos no meio aquático, contribuindo para as já mencionadas modificações na sensibilidade dos microrganismos, resultando num grave problema de saúde pública e, quiçá, um irreversível problema de desequilíbrio ambiental.

É importante mencionar finalmente que, a partir dos resultados de identificação e de susceptibilidades obtidos, pode-se dizer que a lagoa do Opaia apresentou o maior potencial de riscos à saúde pública, comparativamente à lagoa de Porangabuçu, considerando o maior número de patógenos resistentes e multirresistentes determinados neste estudo. Ainda, vale destacar que as penicilinas e as tetraciclinas foram os antimicrobianos com maior percentual de resistência observada nas cepas identificadas.

6 CONCLUSÕES

As auditorias ambientais realizadas permitiram identificar que a ocupação irregular da área de preservação permanente de ambas as lagoas urbanas por residências, comércios e instrumentos urbanos tem se mantido praticamente inalterada, ao longo dos anos, demonstrando uma inabilidade do poder público em proteger e preservar tais ecossistemas lacustres.

Essa ocupação irregular juntamente com o saneamento básico precário e a ausência de ações de educação ambiental junto às comunidades do entorno das lagoas, principalmente no Opaia, com maior número de casas na condição de sub-habitação, contribui para usos irregulares dos corpos aquáticos avaliados, entre eles, o lançamento clandestino de esgotos domésticos no corpo aquático e a disposição de resíduos sólidos nas suas margens contribuindo significativamente para a precária condição sanitária e ambiental, comprometendo usos mais nobres (atividades de contato primário) e potencializando diversos problemas de saúde pública.

As contagens de BHM e a quantificação dos teores de CTT e Ec determinados corroboraram a observação dos usos irregulares nas lagoas, revelando o elevado nível de poluição microbiológica nos ecossistemas investigados, proveniente principalmente das águas afluentes aportadas nas bacias hidráulicas, o qual vem se elevando ao longo dos anos, mesmo com a escassez pluviométrica observada no período, que numa situação de chuvas mais intensas poderia ter potencializado a citada poluição. Adicionalmente, verificou-se que o nível de contaminação fecal da lagoa do Opaia é superior àquela determinada na lagoa de Porangabuçu, fato provavelmente decorrente das condições habitacionais e ambientais mais precárias observadas naquele ecossistema lacustre. Porém, independentemente disso, ambas as lagoas permanecem a quase uma década sabidamente impróprias para atividades de contato primário, tais como natação, pesca etc.

A partir da quantificação supramencionada, bem como do crescimento seletivo e diferencial de colônias bacterianas heterotróficas isoladas e purificadas em meios específicos, foi possível verificar que as enterobactérias, principalmente espécies de coliformes termotolerantes (cepas fermentadoras de lactose) predominam em quantitativo nas lagoas, procedentes de um aporte praticamente contínuo de águas contaminadas com estes e outros patógenos oportunistas (Gram negativos e Gram positivos) não menos importantes, tais como *Acinetobacter spp.*, *Stenotrophomonas maltophilia* e *Staphylococcus haemolyticus*.

Ressalte-se que a maioria das espécies bacterianas identificadas, embora façam parte da microbiota comensal humana, pode provocar severas infecções em pessoas imunodeprimidas, particularmente em pacientes hospitalares.

Adicionalmente, os testes de susceptibilidade a antimicrobianos mostraram que diversas a maioria das espécies Gram negativas patogênicas oportunistas determinadas (*Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterobacter cloacae* e *S. maltophilia*) apresentaram resistência inata ou adquirida a pelo menos um dos antimicrobianos avaliados, predominantemente da classe das penicilinas e ou das tetraciclinas. Também, uma cepa multirresistente de *Staphylococcus haemolyticus* foi identificada.

Cerca de 40% das cepas de *E. coli* identificadas não se apresentaram sensíveis a alguns beta-lactâmicos típicos (penicilinas ou cefalosporina de primeira ou segundo geração) e ou a tetraciclina. 30% das cepas de *K. pneumoniae* identificadas, intrinsecamente resistentes à ampicilina, também se apresentaram não sensíveis a alguns antibióticos beta-lactâmicos ou à tetraciclina. As duas cepas *E. cloacae* identificadas somente apresentaram suas resistências inatas a alguns beta-lactâmicos.

As cepas de *Acinetobacter baumannii* e de *Acinetobacter lwoffii* obtidas mostraram-se sensíveis aos antibióticos típicos correspondentes, enquanto a cepa de *Stenotrophomonas maltophilia* apresentou resistência à ceftazidima, uma cefalosporina de terceira geração. A cepa de *Staphylococcus haemolyticus* multirresistente avaliada foi classificada como resistente à oxacilina, e assim, resistente a diversos beta-lactâmicos e suas combinações.

Um percentual de 25% das cepas identificadas eram não patogênicas (*Bacillus subtilis*) e, por esse motivo, testes de susceptibilidade a antimicrobianos não foram realizados.

Os resultados de identificação e de avaliação da susceptibilidade confirmam a degradação sanitária e ambiental observada ao longo dos anos nos dois ecossistemas investigados, mas principalmente na lagoa do Opaia que mostrou um maior potencial de riscos à saúde pública, considerando o maior número de patógenos resistentes e multirresistentes determinados, em relação à lagoa de Porangabuçu.

Pode-se, finalmente, inferir que a quantificação bacteriana patogênica em corpos d'água urbanos, juntamente com a avaliação das suas susceptibilidades, pode resultar num importante indicador da saúde ambiental dos ecossistemas aquáticos, de grande interesse para a gestão da saúde pública e dos recursos hídricos urbanos.

7 RECOMENDAÇÕES FINAIS

Considerando os resultados e conclusões deste estudo, buscando contribuir com subsídios que proporcione a melhoria sanitária e ambiental dos ecossistemas aqui estudados, recomenda-se:

- a) a realização de ações de saneamento básico nas áreas de influência das duas lagoas com a finalidade de eliminar as entradas clandestinas de esgotos a partir de seus tributários, o que, na realidade, se constitui em um dos principais fatores degradantes desses ecossistemas;
- b) o desenvolvimento de programas efetivos de educação ambiental na comunidade, traduzidos pela prática da gestão participativa dos moradores do entorno e usuários das lagoas, considerando que tais ações só têm o efeito adequado quando realizada em parceria com a comunidade;
- c) a continuidade das pesquisas que avaliem os agravos à saúde pública gerados pela poluição como um todo, e a contaminação microbiana, em particular, dos ecossistemas hídricos, visto que a água sempre se configura um importante veiculador de várias infecções responsáveis pela elevação das taxas de morbimortalidade, especialmente a infantil;
- d) a realização de ações de fiscalização das áreas livres que margeiam as lagoas, para impedir que sejam lançados lixo ou entulhos nos seus entornos;
- e) a limpeza, desobstrução e retirada de lixo acumulado nas galerias pluviais que aportam nas lagoas;
- f) o incentivo à implantação de programas de defesa das lagoas, nos bairros onde estas estejam localizadas;
- g) a inclusão das áreas das lagoas urbanas na rede de saneamento básico do município.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABKOWITZ, M. D. Environmental Risk Communication: What is it and How can it work? In: Environmental Risk Communication Summit, 2002, Nashville, USA. **Summit Proceedings**. Nashville: Vanderbilt University (VCEMS), 2002.
- AHMED, W.; GOONETILLEKE, A.; GARDNER, T. Alternative indicators for detection and quantification of faecal pollution. **Water**, Water, 39, p. 46-49, 2008.
- ALCARAZ, L. E.; SATORRES, S. E.; LUCERO, R. M.; CENTORBI, O. N. P. Species identification, slime production and oxacillin susceptibility in coagulase-negative staphylococci isolated from nosocomial specimens. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 34, p. 45-51, 2003.
- AMBIENTE BRASIL. **Lagoas de Fortaleza: Poluição não afasta banhistas**. Coluna Clipping. Postado em: 21 jul. 2008. Disponível em: <<http://noticias.ambientebrasil.com.br/clipping/2008/07/21/39542-lagoas-de-fortaleza-poluicao-nao-afasta-banhistas.html>>. Acesso em: 20 jul. 2013.
- ANDREOZZI, R., MAROTTA, R., PAXÉUS, N. Pharmaceutical in STP effluents and their solar photodegradation in aquatic environment. **Chemosphere**, v. 50, p. 1319-1330, 2003.
- ARAÚJO, L. H. S. Diagnóstico georeferenciado do uso e ocupação do solo nas áreas de preservação permanente da Sub-Bacia B-1, bacia do rio Cocó, Fortaleza-CE. **Mestrado** (Engenharia Civil), Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2012.
- ARAÚJO, M. C. S. P. Indicadores de vigilância da qualidade da água de abastecimento da cidade de Areia (PB). **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 19011 Diretrizes para auditorias de sistema de gestão da qualidade e/ou ambiental**. Rio de Janeiro, 2002.
- ASSUNÇÃO FILHO, J. K. M.; JUSTINO, L. G.; MELO FILHO, L. P.; ROLIM NETO, M. L., BARROS JÚNIOR, J. Relação Saúde Ambiental/Saúde Humana: (Re)Conhecendo o Cenário do Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental. [Notas Didáticas] **Neurobiologia**, v. 73, p. 185-192, 2010.
- AZEVEDO, E. B. Poluição vs. tratamento de água: duas faces da mesma moeda. **Química Nova na Escola**, n.10, p. 21-25, 1999.
- BARBIERE, J. C. **Desenvolvimento e meio ambiente: as estratégias de mudanças da Agenda 21**. 10ª ed. Petrópolis: Vozes, 2009.
- BARROS, E.M.; CEOTTO, H.; BASTOS, M. C. F.; DOS SANTOS, K. R. N.; GIAMBIAGI-DEMARVAL, M. Staphylococcus haemolyticus as an Important Hospital Pathogen and Carrier of Methicillin Resistance Genes. **Journal of Clinical Microbiology**, v. 50, p. 166-168, 2012.

BENTO, V. R. S. **Centro e periferia em Fortaleza sob a ótica das disparidades na infraestrutura de saneamento básico**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Fortaleza: Universidade Estadual do Ceará, 2011.

BILA, D. M.; DEZOTTI, M. Desreguladores endócrinos no meio ambiente: efeitos e consequências. **Química Nova**, v. 30, p. 651-666, 2007.

BILA, D. M.; DEZOTTI, M. Fármacos no meio ambiente. **Química Nova**, v. 26, p. 523-530, 2002.

BOMFIM, M. V. J.; SOEIRO, G. O.; MADEIRA, M.; BARROS, H. D. Avaliação físico-química e microbiológica da água de abastecimento do laboratório de bromatologia da UERJ. **Revista Higiene Alimentar**, v. 21, p. 99-103, 2007.

BOWER, C. K.; DAESCHEL, M. A. Resistance responses of microorganisms in food environments. **International Journal of Food Microbiology**, v. 50, p. 33-44, 1999.

BRANCO, S. M. Água, meio ambiente e saúde. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 1ª ed. São Paulo: Escrituras, 2002. Capítulo 7, p. 227-247.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 02 set. 1981 [Última alteração: Lei nº 9.960, de 28/01/2000].

BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos [...] **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, nº 6, 09 jan. 1997. Seção 1, p. 470-474.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, nº18-E, 25 jan. 2001. Seção 1, p. 70-71.

BRASIL. Agência Nacional das Águas. **A Evolução da gestão dos Recursos Hídricos no Brasil**. Brasília, 2002.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Avaliação de impacto na saúde das ações de saneamento: marco conceitual e estratégia metodológica**. Brasília: Ministério da Saúde; Organização Pan-Americana da Saúde, 2004a.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 306, de 07 de dezembro de 2004. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. **Diário Oficial da União [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, nº237, 10 dez. 2004b. Seção 1, p. 49-56.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, 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. **Diário Oficial da União [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, nº53, 18 mar. 2005. Seção 1, p. 58-63.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento**. 3ª ed. rev. Brasília, 2006.

BRASIL. Lei 11.455, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico [...] **Diário Oficial da União [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, nº 5, 08 jan. 2007a. Seção 1, p. 03-07.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resistência Microbiana – Mecanismos e Impacto Clínico**. [Curso on line: Uso racional de antimicrobianos para prescritores – Módulo 3]. Brasília: ANVISA, OPAS, 2007b. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/servicosade/controle/rede_rm/cursos/rm_controle/opas_web/modulo3/mecanismos.htm>. Acesso em: 04 jan. 2014.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 396, de 03 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. **Diário Oficial da União [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, nº66, 07 abr. 2008. Seção 1, p. 64-68.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. **Diário Oficial da União [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, nº249, 30 dez. 2009a. Seção 1, p. 81-84. [Última alteração: Resolução CONAMA nº 430, de 30/12/2013].

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Programa Nacional de capacitação de gestores ambientais: Módulo específico licenciamento ambiental de estações de tratamento de esgoto e aterros sanitários**. Brasília, 2009b.

BRASIL. Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos [...] **Diário Oficial da União [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, nº147, 03 ago. 2010a. Seção 1, p. 03-07.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Impactos na saúde e no Sistema Único de Saúde decorrentes de agravos relacionados a um saneamento ambiental inadequado**. Brasília, 2010b.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. 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 Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. **Diário Oficial da União [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, nº92, 16 mai. 2011a. Seção 1, p. 89-91.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, nº239, 14 dez. 2011b. Seção 1, p. 39-46.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil: texto constitucional promulgado em 5 de outubro de 1988, com as alterações adotadas pelas Emendas Constitucionais nos 1/1992 a 68/2011, pelo Decreto Legislativo nº 186/2008 e pelas Emendas Constitucionais de Revisão nº 1 a 6/1994**. 35ª ed. Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2012a.

BRASIL. Lei 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa [...] **Diário Oficial da União [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, nº102, 28 mai. 2012b. Seção 1, p. 01-08. [Novo Código Florestal Brasileiro].

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Manual de Microbiologia Clínica para o Controle de Infecção Relacionada à Assistência à Saúde. Módulo 6: Detecção e identificação de bactérias de importância médica**. Brasília, 2013.

BROOKE, J. S. *Stenotrophomonas maltophilia: an Emerging Global Opportunistic Pathogen* **Clinical Microbiology Reviews**, v. 25, p. 2-41, 2012.

BROWN, K. D.; KULIS, J.; THOMSON, B.; CHAPMAN, T. H.; MAWHINNEY, D. B. Occurrence of antibiotics in hospital, residential, and dairy effluent, municipal wastewater, and the Rio Grande in New Mexico. **Science of the Total Environment**, v. 366, p. 772-783, 2006.

BURBARELLI, R. C. Avaliação da qualidade da água subterrânea e microbiologia do solo em área irrigada com efluente de lagoa anaeróbia. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Civil). Campinas: Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, 2004.

CAHILL, J. D.; FURLONG, E. T.; BURKHARDT, M. R.; KOLPIN, D.; ANDERSON, L. G. Determination of Pharmaceutical Compounds in Surface- and Ground-Water Samples by Solid-Phase Extraction and High-Performance Liquid Chromatography-Electrospray Ionization Mass Spectrometry. **Journal of Chromatography A**, v. 1041, p. 171-180, 2004.

CALLENBACH, E.; CAPRA, F.; GOLDMAN, L.; LUTZ, R.; MARBURG, S. **Gerenciamento ecológico ecomanagement: guia do Instituto Elmwool de auditoria ecológica e negócios sustentáveis**. São Paulo: Cultrix, 1993.

CÂMARA, V. M.; TAMBELLINI, A. T. Considerações sobre o uso da epidemiologia nos estudos em saúde ambiental. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v.6, p. 95-104, 2003.

CÂMARA, V. M.; TAMBELLINI, A. T. Considerações sobre o uso da epidemiologia nos estudos em saúde ambiental. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v.6, p. 95-104, 2003.

CARBALLA, M., OMIL, F.; LEMA, J. M.; LLOMPART, M.; GARCÍA-JARES, C.; RODRÍGUEZ, I.; GÓMEZ, M.; TERNES, T. Behavior of pharmaceuticals, cosmetics and hormones in a sewage treatment plant. **Water Research**, v. 38, p. 2918-2926, 2004.

CARR, G. M.; NEARY, J. P. **Water Quality for Ecosystem and Human Health**. 2nd ed. Burlington: United Nations Environment Programme Global Environment Monitoring System, 2008.

CASTIGLIONI, S.; BAGNATI, R.; CALAMARI, D.; FANELLI, R.; ZUCCATO, E. A multiresidue analytical method using solid-phase extraction and highpressure liquid chromatography tandem mass spectrometry to measure pharmaceuticals of different therapeutic classes in urban wastewaters. **Journal of Chromatography A**, v. 1092, p. 206-215, 2005.

CEARÁ. Lei nº 10.147, de 01 de dezembro de 1977. Dispõe sobre o disciplinamento do uso do solo para proteção dos recursos hídricos da Região Metropolitana de Fortaleza – RMF [...] MAIA, A. A. **Legislação ambiental do Estado do Ceará**. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, 2007a. p. 482-487.

CEARÁ. Lei nº 15.274, de 25 de maio de 1982. Dispõe sobre as faixas de 1ª e 2ª categorias [...], estabelecidas, especificamente, nas áreas de proteção dos recursos hídricos do Município de Fortaleza. MAIA, A. A. **Legislação ambiental do Estado do Ceará**. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, 2007b. p. 487-498.

CLINICAL AND LABORATORY STANDARDS INSTITUTE. **Performance standards for antimicrobial susceptibility testing; twenty second informational supplement, M100S22**. Volume 32, nº 3. Wayne, 2012.

COHEN, J.; POWDERLY, W. G.; OPAL, S.M. (eds.). **Infectious Diseases**, 3rd ed. China: MOSBY Elsevier, 2010. Volume 2, Section 7.

COLARES, B. A.; BUARQUE, H. L. B. Auditoria ambiental do uso e ocupação da área no entorno da Lagoa do Opaia, Fortaleza-Ceará. In: Congresso Norte-Nordeste de Pesquisa e Inovação da Rede Norte e Nordeste de Educação Tecnológica, 5, 2010, Maceió. **Anais...** Maceió: IFAL, 2010. 1. CD-ROM.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Atualização e aperfeiçoamento de metodologias analíticas. Diagnóstico Ecológico de um Trecho do Ribeirão dos Cristais**. São Paulo, 2005. [relatório técnico].

CORRÊA, A. R. A.; dos SANTOS, J. J.; FERREIRA, A. S.; TORLONI, C. E. C. Produção pesqueira e composição das capturas no reservatório da UHE Ibitinga, CESP, São Paulo. In: Encontro Brasileiro de Ictiologia, 10, 1993, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Ictiologia, 1993. p.106.

CORVALÁN, C. **Procesos de toma de decisiones en Salud Ambiental**. Brasília: World Health Organization, 2004.

COSTA, L. L.; CEBALLOS, B. S. O.; MEIRA, C. M. B. S.; CAVALCANTI, M. L. F. Eficiência de Wetlands construídos com dez dias de detenção hidráulica na remoção de colífagos e bacteriófagos. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.3, n.1, 2003. Não paginado.

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.

DAGNINO, R.; CARPI JÚNIOR, S. Risco ambiental: conceitos e aplicações. **Climatologia e Estudos da Paisagem**, v. 2, p. 50-87, 2007.

DANTAS, G.; SOMMER, M. O.; OLUWASEGUN, R. D.; CHURCH, G. M. Bacteria Subsisting on Antibiotics. **Science**, v. 320, p. 100-103, 2008. [Report]

D'COSTA, V. M.; McGRANN, K. M.; HUGHES, D. W.; WRIGHT, G. D. Sampling the antibiotic resistome. **Science**. v. 311, p. 374 -377, 2006.

DE SETA, M. H.; REIS, L. G. C. As vigilâncias do campo da saúde: o risco como conceito fundamental e a caracterização dos seus processos de trabalho. In: OLIVEIRA, R. G.; GRABOIS, V.; MENDES, W. V. (Org.). **Qualificação de gestores do SUS**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz - EAD/Ensp, 2009. p. 219-262 [Capítulo 7].

DUARTE, P. B. Microrganismos indicadores de poluição fecal em recursos hídricos. **Monografia** (Especialização em Microbiologia). Belo Horizonte: Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.

EATON, A. D.; CLESCERI, L. S.; RICE, E. W.; GREENBERG, A. B. (eds.). **Standard methods for examination of water and wastewater**, 21th ed., Washington: American Public Health Association, 2005.

EDUARDO, M. B. P.; SUZUKI, E.; MADALOSSO, G.; CÉSAR, M. L. V. S.; SILVA, M. C. **Principais doenças emergentes e reemergentes – atualização e perspectivas**. In: Simpósio Internacional de Vigilância das Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar, 3, 2005, São Paulo. Anais... São Paulo: Centro de Vigilância Epidemiológica, Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo, 2005. Disponível em: <http://www.cve.saude.sp.gov.br/htm/hidrica/dta305_doencas.htm>. Acesso em: 20 jan. 2014.

ESREY, S. A.; FEACHEM, R. G.; HUGHES, J. M. Interventions for the control of diarrhoeal diseases among young children; improving water supplies and excreta disposal facilities. **Bulletin of the World Health Organization**, v.63 (4), p.757-772, 1985.

ESREY, S. A.; HABICHT, J. P. Epidemiologic Evidence for Health Benefits from Improved Water and Sanitation in Developing Countries. **Epidemiologic Reviews**, v. 8, p. 117-128, 1986.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

FENT, K.; WESTON A. A.; CAMINADA, D. Ecotoxicology of human pharmaceuticals. **Aquatic Toxicology**, v. 76, p. 122-159, 2006.

FLORIANO, P. M. O descarte correto de fármacos: questões ambientais. **Monografia** (Especialização em Gestão Ambiental). Niterói: Universidade Candido Mendes, 2012.

FONSECA, A. F. Q. Ambiente e saúde: visão de profissionais da saúde da família. **Ambiente & Sociedade**, v. 15, p. 133-150, 2012.

FORTALEZA. Lei Municipal nº 7.893, de 02 de mai. de 1996. Dispõe sobre as zonas especiais e as áreas de preservação no Município de Fortaleza. Fortaleza: **Diário Oficial do Município [de Fortaleza]**, Poder Executivo, Fortaleza/CE, mai. 1996.

FORTALEZA. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano e Infraestrutura. **Sistema de drenagem urbana no Município de Fortaleza**. Fortaleza, 2007. [Digitalizado].

FORTALEZA. Decreto Municipal nº 12.450, de 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. Fortaleza: **Diário Oficial do Município [de Fortaleza]**, Poder Executivo, Fortaleza/CE, 18 nov. 2008.

FORTALEZA. Coordenadoria de Desenvolvimento Urbano. **Mapa de delimitação da sub-bacia B1**. Fortaleza, 2010.

FORTALEZA. Secretaria de Meio Ambiente e Controle Urbano de Fortaleza. **Balneabilidade das Lagoas**. [Boletins de Balneabilidade das Lagoas Laudo Nº01 a 29]. Disponível em: <<http://www.fortaleza.ce.gov.br/semam/balneabilidade-das-lagoas>>. Acesso em: 02 Dez. 2013.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2008.

FRANCO, M. A. R. **Planejamento Ambiental para a Cidade Sustentável**. 2ª ed. Blumenau: EDIFURB, 2001

FREITAS, C. M. Avaliação de riscos como ferramenta para a vigilância ambiental em Saúde. **Informe Epidemiológico do SUS**, v. 11, p. 227-239, 2002.

FREITAS, C. M. Problemas ambientais, saúde coletiva e ciências sociais. **Ciências da Saúde Coletiva**, v. 8, p. 137-150, 2003.

FREITAS, C. G. L. (Coord.) **Habitação e meio ambiente: abordagem integrada em empreendimentos de interesse social**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2001. Capítulo 4, p. 87-134 [Coleção Habitare].

FRIEDMAN, L.S.; ISSELBACHER, K.J. Diarréia e constipação. In: HARRYSON, T.R. **Medicina Interna**. 14ª ed. Rio de Janeiro: McGraw-Hill Interamericana do Brasil, 1998. p. 252-261.

FROGGATT J. W.; JOHNSTON, J. L.; GALETTO, D. W.; ARCHER, G. L. Antimicrobial resistance in nosocomial isolates of *Staphylococcus haemolyticus*. **Antimicrobial Agents and Chemotherapy**, v. 33, p. 460-466, 1989.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. **Postos pluviométricos**. [Posto Pici – Município Fortaleza. Download dos Dados]. Disponível em: <<http://www.funceme.br/index.php/areas/rede-de-monitoramento/postos-pluviometricos>>. Acesso em: 05 jan. 2014.

G1 CEARÁ. **Vazamento de esgoto causa morte de peixes em lagoa de Fortaleza**. Publicado em: 23 nov. 2011. Disponível em: <<http://g1.globo.com/ceara/noticia/2011/11/vazamento-de-esgoto-causa-morte-de-peixes-em-lagoa-de-fortaleza.html>>. Acesso em: 20 jul. 2013.

G1 CEARÁ. **Peixes aparecem mortos na Lagoa da Parangaba, em Fortaleza**. Publicado em: 19 jan. 2013. Disponível em: <<http://g1.globo.com/ceara/noticia/2013/01/peixes-aparecem-mortos-na-lagoa-da-parangaba-em-fortaleza.html>>. Acesso em: 20 jul. 2013.

GARRISON, A. W.; POPE, J. D.; ALLEN, F. R. Analysis of organic compounds in domestic wastewater. In: KEITH, C. H. (ed.) **Identification and Analysis of Organic Pollutants in Water**. Michigan: Ann Arbor Science, 1976, p.517-566.

GAUTAM, A. K.; KUMAR, S.; SABUMON, P. C. Preliminary study of physical-chemical treatment options for hospital wastewater. **Journal of Environmental Management**, v. 83, p. 298-306, 2007.

GEBHARDT, W.; SCHRÖDER, H. F. Liquid chromatography-(tandem) mass spectrometry for the follow-up of the elimination of persistent pharmaceuticals during wastewater treatment applying biological wastewater treatment and advanced oxidation. **Journal of Chromatography A**, v. 1160, p. 34-43, 2007.

GELDREICH, E. E. The bacteriology of water. In: COLLIER, L.; BALLOWS, A.; SUSSMAN, S. (eds.) **Topley and Wilson's Microbiology and Microbial Infections**. 9th ed., v. 2. London: Arnold, 1998. Chapter 15.

GILBERT, M. J. **ISO 14001/BS 7750: sistema de gerenciamento ambiental**. São Paulo: IMAM, 1995.

GLEESON, C.; GRAY, N. **The Coliform Index and Waterborne Disease: problems of microbial drinking water assessment**. London: E & FN Spon, 1997.

GONZÁLEZ, S.; PETROVIC, M.; BARCELÓ, D. Advanced liquid chromatography mass spectrometry (LC-MS) methods applied to wastewater removal and the fate of surfactants in the environment. **Trends Analytical Chemistry**, v. 26, p. 116-124, 2007.

GOOGLE. **Google+ Treinamento Lagoa do Opaia: Fotos de AIBEC**. Disponível em <<https://plus.google.com/photos/104129900594971558912/albums/5827341635049797921>>. Acesso em: 22 jul. 2013.

GOOGLE. **Google Maps**. Disponível em: <<https://goo.gl/maps/TwjfA>>. Acesso em: 03 fev. 2014a.

GOOGLE. **Google Maps**. Disponível em: <<https://goo.gl/maps/DFKM8>>. Acesso em: 03 fev. 2014b.

GOOGLE. **Google Maps**. Disponível em: <<https://goo.gl/maps/IrI8i>>. Acesso em: 04 fev. 2014c.

GOOGLE. **Google Maps**. Disponível em: <<https://goo.gl/maps/MFrhN>>. Acesso em: 04 fev. 2014d.

GULKOWSKA, A.; LEUNG, H. W.; SO, M. K.; TANIYASU, S.; YAMASHITA, N.; YEUNG, L. W. Y.; RICHARDSON, B. J.; LEI, A. P.; GIESY, J. P.; LAM, P. K. S. Removal of antibiotics from wastewater by sewage treatment facilities in Hong Kong and Shenzhen, China. **Water Research**, v. 42, p. 395-403, 2008.

HALLING-SØRENSEN, B.; NORS NIELSEN, S.; LANZKY, P. F.; INGERSLEV, F.; HOLTEN LÜTZHØFT, H. C.; JØRGENSEN, S. E. **Occurrence, Fate and Effects of Pharmaceutical Substances in the Environment - A Review**. *Chemosphere*, v.36, p.357-394, 1998.

HARAGUCHI, T. Antibióticos: classificação geral. **Revista Brasileira de Medicina**, v. 57, n. 10, 2000. Disponível em: <http://www.moreirajr.com.br/revistas.asp?fase=r003&id_materia=69>. Acesso em: 06 jan. 2014.

HEBERER, T. Occurrence, Fate, and Removal of Pharmaceutical Residues in the Aquatic Environment: A Review of Recent Research Data. **Toxicology Letters**, v. 131, p. 5-17, 2002.

HENES, M. A.; SILVA, S. C.; FORNARI, J. V.; BARNABÉ, A. S.; FERRAZ, R. R. N. Incidência de infecção por *Acinetobacter* em uma unidade de tratamento especial de um hospital público do Estado de São Paulo. **Science in Health**, v. 4, p. 97-101, 2013.

HOLT, J. G.; KRIEG, N. R.; SNEATH, P. H. A.; STALEY, J. T.; WILLIAMS, S. T. Facultatively anaerobic gram-negative rods. In: HOLT, J. G. (ed.) **Bergey's Manual of Determinative Microbiology**. 9th ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1994. p. 190-253.

HUTTLY, S.R.A. The impact of inadequate sanitary conditions on health in developing countries. **World Health Statistics Quarterly**, v.43, p.118-126, 1990.

IKEHATA, K.; NAGHASHKAR, N. J.; EL-DIN, M.G. Degradation of aqueous pharmaceuticals by ozonation and advanced oxidation processes: a review. **Ozone: Science Technology**, v. 28, p. 353-414, 2006.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Perfil Básico Municipal - Fortaleza**. Fortaleza, 2010.

INSTITUTO FEDERAL DO CEARÁ. Laboratório Integrado de Águas de Mananciais e Residuárias. **Mortandade_de_peixes_-_Lagoa_de_Porangabuçu.jpg**. Fortaleza, 2012. 1. Fotografia. [Banco de Dados do LIAMAR/IFCE].

JAIN, R.; DANZIGER, L.H. Multidrug-resistant *Acinetobacter* infections: an emerging challenge to clinicians. **The Annals of Pharmacotherapy**, v. 8, 1449-1459, 2004.

JAY, J. M. **Microbiologia de alimentos**. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

KARTHIKEYAN, K. G., MEYER, M. T. Occurrence of antibiotics in wastewater treatment facilities in Wisconsin, USA. **Science Total Environmental**, v. 361, p. 196-207, 2006.

KEMPER, N. Veterinary antibiotics in the aquatic and terrestrial environment. **Ecological Indicators**, v. 8, p. 1-13, 2008.

LAWINSKY, M. L. J.; MERTENS, F.; TAVORA, R.; HOEFEL, M. G. L.; PASSOS, C. J. S.; GUIMARAES, J. R. D.; VAZ, C. A. As abordagens ecossistêmicas para a saúde humana: integrando saúde do trabalhador e saúde ambiental. In: Congresso Latinoamericano de Medicina Social y Colectiva, 11, 2009, Bogotá. **Anais...** Bogotá: Asociación Latinoamericana de Medicina Social, 2009.

LEBARON, P.; HENRY, A.; LEPEUPLE, A. S.; PENA, G.; SERVAIS, P. An operational method for the real-time monitoring of *E. coli* numbers in bathing waters. **Marine Pollution Bulletin**, v.50, p.652- 659, 2005.

LIMA, A. S. **Determinação e Avaliação do Estado Trófico dos Dez Principais Sistemas Lacustres de Fortaleza - Ceará**. 2011. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental Urbana). Fortaleza: Instituto Centro de Ensino Tecnológico, 2012.

LIMA, A. S.; BUARQUE, H. L. B.; GOMES, R. B. Caracterização trófica de duas lagoas urbanas de Fortaleza, Ceará: lagoa da Maraponga e da Parangaba. In: Congresso Norte-Nordeste de Pesquisa e Inovação da Rede Norte e Nordeste de Educação Tecnológica, 5, 2010, Maceió. **Anais...** Maceió: Instituto Federal de Alagoas, 2010. p. 1911.

LIMA, A. S.; GOMES, R. B.; BUARQUE, H. L. B. Avaliação do estado trófico de três lagoas urbanas de Fortaleza-CE: lagoa de Messejana, lagoa da Sapiranga e lago Jacaré. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 19, 2012, Búzios. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Química, 2012. 1 CD-ROM.

LIMA, C. R. G. Estudo comparativo das características físicas e químicas da qualidade sanitária de dois ambientes lacustres costeiros do município de Paraipaba, CE, Nordeste do Brasil (Lagoa das Almecegas e Canabrava). **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Civil). Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2004.

LIMA, I. S. 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** (Mestrado em Saneamento Ambiental) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

LIPINSKI, C. A.; LOMBARDO, F.; DOMINY, B. W.; FEENEY, P. J. Experimental and Computational Approaches to Estimate Solubility and Permeability in Drug Discovery and Development Settings. **Advanced Drug Delivery Reviews**, v. 23, p. 3-25, 1997.

LÓPEZ-PILA, J. M., SZEWZYK, R. Estimating the infection risk in recreational waters from the faecal indicator concentration and from the ratio between pathogens and indicators. **Water Research**, v. 34(17), p. 4195-4200, 2000.

MACHADO, C. J. S. Recursos hídricos e cidadania no Brasil: limites, alternativas e desafios. **Ambiente & Sociedade**, v. 6(2), p. 121-136, 2003.

MAIA, S. S. F.; RODRIGUES, F. C. O geoprocessamento como ferramenta de análise da expansão urbana nas imediações da lagoa de Porangabussu – Fortaleza – Ceará – Brasil. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 4, 2012, Recife. **Anais...** Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2012.

MALHEIROS, T. F.; PHILIPPI JÚNIOR, A.; COUTINHO, S. M. V. Agenda 21 Nacional e Indicadores de Desenvolvimento Sustentável: contexto brasileiro. **Saúde & Sociedade**, v. 17, p. 7-20, 2008

MARQUEZI, M. C. Comparação de metodologias para a estimativa do número mais provável (NMP) de coliformes em amostras de água. **Dissertação** (Mestrado em Ciências). Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2010.

MARTINS, M. T.; PESSOA, G.V.A.; SANCHEZ, P. S.; SATO, M. I.; MONTEIRO, C. K.; COIMBRÃO, C. A.; MARQUES, E.; IRINO, K. Isolamento de *Salmonella* no ambiente aquático: significado sanitário. **Revista de Microbiologia**, v. 19, p. 29-39, 1988.

MEDEIROS, A. O; ROSA, C. A.; BRANDÃO, L. R.; GIANI, A.; GOMES, L. N. L.; LIBKING, D. Microbial Quality of Freshwater Ecosystem of South America. In: ERTUŐ, K.; MIRZA, I. (eds.). **Water Quality: Physical, Chemical and Biological Characteristics**. New York: Nova Science Publishers, 2011. Chapter 2, p. 43-69. [Water Resource Planning, Development and Management Series].

MEDEIROS-LEITÃO, S. A Visão da Água: O Desafio do Milênio. In: Conferência Latino-Americana sobre Meio Ambiente, 5, 2001, Belo Horizonte/MG. **Anais...** Belo Horizonte: IETEC, 2002. Disponível em: <http://www.ecolatina.com.br/2002/artigos/gest_aguas>. Acesso em: 16 dez. 2013.

MENESCAL, R. A.; OLIVEIRA, S. K. F.; FONTENELLE, A. S.; VIEIRA, V. P. P. B. Acidentes e Incidentes em Barragens no Estado do Ceará. In: Seminário Nacional de Grandes Barragens, 24, 2001, Fortaleza. **Anais...** Rio de Janeiro: Comitê Brasileiro de Barragens, 2001. v. 01. p. 1-108.

MENESES, G. **Peixes aparecem mortos às margens da Lagoa de Messejana**. Fortaleza: O Povo Online, 27 Dez. 2012. Disponível em: < <http://www.opovo.com.br/app/opovo/fortaleza/2012/12/27/noticiasjornalfortaleza,2978193/peixes-aparecem-mortos-as-margens-da-lagoa-de-messejana.shtml>>. Acesso em: 20 jul. 2013.

MENEZES, E. A.; SÁ, K. M.; CUNHA, F. A.; ÂNGELO, M. R. F.; OLIVEIRA, I. R. N; SALVIANO, M. N. C. Frequência e percentual de suscetibilidade de bactérias isoladas em pacientes atendidos na unidade de terapia intensiva do Hospital Geral de Fortaleza. **Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial**, v. 43, p. 149-155, 2007.

MIAO, X.-S.; BISHAY, F.; CHEN, M.; METCALFE, C. D. Occurrence of Antimicrobials in the Final Effluents of Wastewater Treatment Plants in Canada. **Environmental Science & Technology**, v. 38, p. 3533-3541, 2004.

MICHALOPOULOS, A.; FALAGAS, M.E. Treatment of *Acinetobacter* infections. **Expert Opinion on Pharmacotherapy**, v. 11, p. 779-788, 2010.

MICROSOFT Excel 2010, versão 14.0.6023.1000 (64 bits). [S.l.]: Microsoft Corporation, c2010. 1 CD-ROM. [Parte do Microsoft Office Professional Plus 2010]

MILIOLI, G.; BÔLLA, K. D. S. Saúde humana e saúde ambiental: inter-relações e perspectivas da abordagem transdisciplinar holística. In: Encontro Nacional da ANPPAS, 5, 2010, Florianópolis/SC. **Anais...** São Paulo: ANPPAS, 2010. Disponível em: <<http://www.anppas.org.br/encontro5/cd/artigos/GT4-340-274-20100902203955.pdf>>. Acesso em: 02 mar 2013.

MORAES, D. S. L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista de Saúde Pública**, v.36(3), p. 370-374, 2002.

MOTA, S. **Urbanização e Meio ambiente**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2003.

MURRAY, P. R.; ROSENTHAL, K. S.; PFALLER, M. A. **Microbiologia médica**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010.

OLIVEIRA, E. C. Aspectos limnológicos e sanitários de uma lagoa costeira no litoral leste do Ceará – Lagoa do Batoque. 2006. **Dissertação** (Mestrado em Hidráulica e Saneamento). São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2007.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. **Hacia un nuevo enfoque de la salud ambiental en el sector salud en la región de las américas**. Washington, D.C., 1994.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. La salud y el ambiente en el desarrollo sostenible. **Publicación Científica n. 572**. Washington, D.C., 2000.

ORTEGA, F. Biopolíticas da saúde: reflexões a partir de Michel Foucault, Agnes Heller e Hannah Arendt. **Interface**, v. 8, p. 9-20, 2004.

OZGUMUS, O. B.; SANDALLI, C.; SEVIM, A.; CELIK-SEVIM, E.; SIVRI, N. Class 1 and class 2 integrons and plasmid-mediated antibiotic resistance in coliforms isolated from ten rivers in Northern Turkey. **The Journal of Microbiology**, v. 47, p. 19-27, 2009.

PAZ, L. A. B. S.; LOPES, N. M.; GOMES, R. B.; PAZ, M. C. Identificação da população do grupo coliformes em ecossistemas aquáticos urbanos no município de Fortaleza. In: Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica, 2, 2007, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Instituto Federal da Paraíba, 2007. 1. CD-ROM.

PHILIPPI JÚNIOR, A.; MALHEIROS, T. F. Saneamento e Saúde Pública: Integrando Homem e Ambiente. In: PHILIPPI JÚNIOR, A. **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. Barueri, USP, 2005. p. 3-31 [Coleção ambiental, 2].

POMPILO, A.; CROCETTA, V.; CONFALONE, P.; NICOLETTI, M.; PETRUCCA, A.; GUARNIERI, S.; FISCARELLI, E.; SAVINI, V.; PICCOLOMINI, R.; DI BONAVENTURA, G. Adhesion to and biofilm formation on IB3-1 bronchial cells by *Stenotrophomonas maltophilia* isolates from cystic fibrosis patients. **BMC Microbiology**, v. 10, p. 102-117, 2010.

PORTER, R. S.; KAPLAN, J. L. **The Merck Manual Home Health Handbook** [Online Version]. West Point: Merck, 2010. Disponível em: <<http://www.merckmanuals.com/home/index.html>>. Acesso em: 06 jan. 2014.

PORTO FILHO, E.; WASKOW, L. B.; SILVA, A. W. L.; SIERRA, E. J. S. Diagnóstico socioambiental e perspectivas de sustentabilidade para a região de entorno do rio Papaquara, Florianópolis/SC. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 3, 2012, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2012.

REIS, V. R. **Saiba mais sobre a ISO 14001**. São Paulo: CRQ-IV Região, 2002. Disponível em: <http://www.crq4.org.br/?p=informativo_mat.php&id=610>. Acesso em: 29 dez. 2013.

RICHARDSON, M. L.; BOWRON, J. M. The Fate of Pharmaceutical Chemicals in the Aquatic Environment. **Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v. 37, p. 1-12, 1985.

ROGERS, I. H.; BIRTWELL, I.K.; KRZYNYSKI, G. M. Organic extractables in municipal wastewater of Vancouver, British Columbia. **Water Pollution Research Journal of Canada**, v.21, p.187-204, 1986.

ROSEN, G. **Uma história da Saúde Pública**. 2ª ed. São Paulo: UNESP, 1994.

ROSSI, F.; ANDREAZZI, D. B. **Resistência Bacteriana: interpretando o antibiograma**. São Paulo: Atheneu, 2005.

ROVERE, E. L. L.; D'AVIGNON, A. L.; PIERRE, C. V.; KLIGERMAN, D. C.; SILVA, H. V. O.; BARATA, M. M. L.; MALHEIROS, T. M. M. **Manual de Auditoria Ambiental**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2011.

SALES, J. W. F. Avaliação do Uso e Ocupação das Áreas de Primeira Categoria da APP da Lagoa de Porangabussu, Fortaleza-CE. **Monografia** (Especialização em Auditoria Ambiental). Fortaleza: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, 2009.

SALES, R. **Auditoria ambiental: aspectos jurídicos**. São Paulo: LTR, 2001.

SANDERSON, H., BRAIN, R. A.; JOHNSON, D. J.; WILSON, C. J.; SOLOMON, K. R. Toxicity classification and evaluation of four pharmaceuticals classes: antibiotics, antineoplastics, cardiovascular, and sex hormones. **Toxicology**, v. 203, p. 27-40, 2004.

SANTANA, C. S. F. L. A auditoria ambiental como instrumento de gerenciamento para o desempenho sustentável. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Bacharelado em Ciências Contábeis). Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2003.

SANTOS J. L.; APACICIO I.; ALONSO E. Occurrence and risk assessment of pharmaceutically active compounds in wastewater treatment plants. A case study: Seville city (Spain). **Environment International**, v. 33, p. 596-601, 2007.

SARMAH, A. K.; MEYER, M. T.; BOXALL, A. B. A. A global perspective on the use, sales, exposure pathways, occurrence, fate and effects of veterinary antibiotics (VAs) in the environment. **Chemosphere**, v. 65, p. 725-59, 2006.

SAVICHTCHEVA, O.; OKABE, S. Alternative indicators of fecal pollution: Relations with pathogens and conventional indicators, current methodologies for direct pathogen monitoring and future application perspectives. **Water Research**, v. 40, p. 2463-2476, 2006.

SENA NETA, M. A. **Evolução geoambiental de lagoas litorâneas de Fortaleza e contribuições à sustentabilidade ambiental**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Fortaleza: Universidade Estadual do Ceará, 2012.

SILVA, M. P.; CAVALLI, D. R.; OLIVEIRA, T. C. R. M. Avaliação do padrão coliformes a 45°C e comparação da eficiência das técnicas dos tubos múltiplos e Petrifilm EC na detecção de coliformes totais e *Escherichia coli* em alimentos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, p. 352-359, 2006.

SILVEIRA, M. P. **Aplicação do biomonitoramento para a avaliação da qualidade da água em rios**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. [Documentos 36].

SNOW, J. **Sobre a Maneira de Transmissão do Cólera**. 2ª ed. São Paulo: HUCITEC; Rio de Janeiro: ABRASCO, 1999.

SOARES, S. R.; BERNARDES, R. S.; NETTO, O. M. Relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente: elementos para formulação de um modelo de planejamento em saneamento. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 18, p. 1713-1724, 2002.

SOUSA, F. D. M.; PONTE, V. M. P.; GOMES, R. B. Avaliação da Qualidade Sanitária de dois Ecossistemas Lacustres Urbanos da Bacia do Rio Maraguapinho-CE. In: Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte e Nordeste de Educação Tecnológica, 2, 2007, João Pessoa. **Anais ...**, João Pessoa: IFPB, 2007.

SOUSA, M. A. P. Crime de poluição hídrica: estudo de caso – poluição da lagoa de Porangabuçu. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Especialização em Gestão de Política de Segurança Pública). Brasília: Academia Nacional de Polícia, 2008.

SOUSA, M. J. N.; MENELEU NETO, J.; SANTOS, J. O. **Diagnóstico geoambiental do Município de Fortaleza: subsídios ao macrozoneamento ambiental e à revisão do Plano Diretor Participativo (PDPFor)**. 1ª ed. Fortaleza: Prefeitura Municipal de Fortaleza, 2009.

SPERLING, E. **Morfologia de lagos e represas**. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 1999.

SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3ª. ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

STUMPF M.; TERNES, T. A.; WILKEN, R. D.; RODRIGUES, S. V.; BAUMANN, W. Polar drug residues in sewage and natural waters in the state of Rio de Janeiro, Brazil. **Science of The Total Environment**, v. 225, p. 135-141, 1999.

TERNES, T. A.; JOSS, A.; SIEGRIST, H. Scrutinizing pharmaceutical and personal care products in wastewater treatment. **Environmental Science Technology**, v. p.393A-399A, 2004.

TRABULSI, L. R.; ALTERTHUM, F. **Microbiologia**. 5ª ed. São Paulo: Atheneu, 2008.

TRIBUNA DO CEARÁ. **Peixes continuam morrendo por causa da poluição da lagoa do Porangabussu**. Postado em: 23 jan. 2011. Disponível em: <<http://tribunadoceara.uol.com.br/noticias/video/peixes-continuam-morrendo-por-cao-da-poluicao-da-lagoa-do-porangabussu>>. Acesso em: 20 jul. 2013.

TRIOLA, M. F. **Introdução à Estatística**. 10ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

TUCCI, C. E. M. (org.) **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3ª ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2002. Cap. 1.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos. 2008.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M.; ABE, D. S.; ROCHA, O.; STARLING, F. Limnologia de águas interiores: impactos, conservação e recuperação de ecossistemas aquáticos. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Orgs.) **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 2ª ed. São Paulo: Escrituras, 2002. Cap. 06.

TURRIENTES, M. C.; BAQUERO, M. R.; SANCHEZ, M. B.; VALDEZATE, S.; ESCUDERO, E.; BERG, G.; CANTON, R.; BAQUERO, F.; GALAN, J. C.; MARTINEZ, J. L. Polymorphic mutation frequencies of clinical and environmental *Stenotrophomonas maltophilia* populations. **Applied Environmental Microbiology**, v. 76, p.1746-1758, 2010.

UEDA, J.; TAVERNARO, R.; MAROSTEGA, V.; PAVAN, W. Impacto ambiental do descarte de fármacos e estudo da conscientização da população a respeito do problema. **Revista Ciências do Ambiente On-Line**, v. 5, p. 1-6, 2009.

UNITED STATES OF AMERICA. US Environmental Protection Agency. **Clean Water Act**. Boston, 2007. Disponível em: <<http://www.epa.gov>>. Acesso em: 05 jan. 2014.

VALENTE, J. P. S.; LOPES, C. A. M.; CAMINHAS, A. M. T.; HORÁCIO, A. Bacteriological evaluation of the Eldorado Municipality - Vale do Ribeira (SP). **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 58, p. 9-13, 1999.

VALENTINI, S. R.; GOMES, T. A. T.; FALCÃO, D. P. Lack of virulence factors in *Escherichia coli* strains of enteropathogenic serogroups isolated water. **Applied Environmental Microbiology**, v. 58, p. 412-414, 1992.

VASCONCELOS, F. P.; CORIOLANO, L. N. M.; SOUZA, M. J. N. Análise ambiental e sócio econômica dos sistemas lacustres litorâneos do município de Fortaleza (Ceará – Brasil). In: *Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência*, 48, 1996, São Paulo. **Anais...**, São Paulo: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, 1996. 1 CDROM.

VIANA, M. C. Diagnóstico e zoneamento ambiental da bacia hidrográfica do rio Cocó no município de Fortaleza-CE. **Dissertação** (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2000.

VIEIRA, G. H. F.; COSTA, R. A.; CARVALHO, F. C. T.; LOURENÇO, E. M. L. Bactérias de origem fecal na Lagoa da Fazenda em Sobral-Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, p. 181-186, 2008.

WALSH, C. **Antibiotics: actions, origins, resistance**. Washington: ASM Press, 2003.

WINN JR, W.; ALLEN, S.; JANDA, W.; KONEMAN, E.; PROCOP, G.; SCHRECKENBERGER, P.; WOODS, G. **Koneman. Diagnóstico Microbiológico: texto e atlas colorido**. 6ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

WORLD HEALTH ORGANIZATION; UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND. **Global Water Supply and Sanitation Assessment 2000 Report**. Geneva: WHO; New York: UNICEF, 2000.

WRIGHT, G. D. The antibiotic resistome: the nexus of chemical and genetic diversity. **Nature Reviews Microbiology**, v. 5, p. 175-186, 2007

XU, W.; ZHANG, G.; LI, X.; ZOU, S.; LI, P.; HU, Z.; LI, J. Occurrence and elimination of antibiotics at four sewage treatment plants in the Pearl River Delta (PRD), South China. **Water Research**, v. 41, p. 4526-4534, 2007.

YEMISEN, M.; METE, B.; TUNALI, Y.; YENTUR, E.; OZTURK, R. A. Meningitis case due to *Stenotrophomonas maltophilia* and review of the literature. **International Journal of Infectious Diseases**, v. 2, p. 125-127, 2008.

ZAMPIERON, S. L. M; VIEIRA, J. L. A. **Poluição da água**. 2007. [Material de Apoio – Textos]. Disponível em: http://educar.sc.usp.br/biologia/textos/m_a_txt5.html>. Acesso em: 13 Dez 2012.

APÊNDICES

APÊNDICE A - CHECK LIST DE AUDITORIA APLICADO

Quadro A.1 – Lista de verificação da auditoria ambiental aplicada na APC das lagoas de Porangabuçu* e do Opaia.**

(continua)

Nº	QUESITOS A SEREM AUDITADOS	CONFORMIDADE	OBSERVAÇÕES
01	Acesso superficial e subsuperficial de poluentes aos corpos de água		
02	Perfeito escoamento das águas pluviais das bacias hidrográficas		
03	Presença de erosão e o consequente assoreamento		
04	Presença e preservação de mata ciliar		
05	Movimento de terra, inclusive empréstimo ou bota-fora		
06	Atividades de pesca		
07	Exploração agrícola sem uso de defensivos ou fertilizantes		
08	Exploração agrícola com uso de defensivos ou fertilizantes		
09	Existe atividade de excursionismo		
10	Existe atividade de natação		
11	Há presença de esportes náuticos ou outros esportes ao ar livre		
12	Existe disposição pública de esgotos, bem como lodos de estações de tratamento		
13	A população residente na área é atendida por equipamentos de tratamento de esgoto		
14	Há coleta de lixo, frequentemente		
15	Existe a presença de criatórios de animais		

Quadro A.1 – Lista de verificação da auditoria ambiental aplicada na APC das lagoas de Porangabuçu* e do Opaia.**

(conclusão)			
Nº	QUESITOS A SEREM AUDITADOS	CONFORMIDADE	OBSERVAÇÕES
16	É visível a presença de residências		
17	Há estabelecimentos comerciais e de serviços		
18	Existe a presença de atividades industriais		
19	Existem atividades recreativas		
20	Existe cemitério na área		
21	A comunidade de entorno exerce alguma atividade de preservação do ecossistema		
22	A comunidade de entorno recebe alguma orientação a respeito da preservação do ecossistema		
23	A comunidade de entorno visualiza alguma atividade de monitoramento e preservação por parte de órgãos públicos		
24	A comunidade de entorno visualiza alguma atividade de monitoramento e preservação por parte de órgãos privados		
25	A comunidade de entorno usufrui direta ou indiretamente do ecossistema.		

Legenda: C – Conforme; NC – Não Conforme; NA – Não se Aplica.

Observação: auditoria de cunho legal conforme legislações: Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/2012) (BRASIL, 2012b); Lei Estadual nº 10.147/1977 (CEARÁ, 2007a); Decreto Estadual nº 15.274/1982 (CEARÁ, 2007b); Lei Municipal nº 7.893/1996 (FORTALEZA, 1996), Decreto Municipal nº 12.450/2008 (FORTALEZA, 2008).

Notas: * área de primeira categoria da lagoa de Porangabuçu é delimitada pelas ruas Porfirio Sampaio e seu prolongamento, rua Frei Marcelino, prolongamento da rua Ana Néri e prolongamento das ruas Cel. Nunes de Melo e Monsenhor Furtado;

** área de primeira categoria da lagoa do Opaia é delimitada pelas ruas Moacir Machado, rua Almirante Rufino, rua do Avião, rua Livreiro Gualter, rua Lineu Jucá, rua Helvécio Monte e pela avenida Lauro Vieira Chaves e Deocleciano Cavalcante.

Fonte: adaptado de Sales (2009).