



UNIVERSIDADE VILA VELHA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE
ECOSSISTEMAS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

BIOMONITORAMENTO ESPACIAL E TEMPORAL DA
QUALIDADE DA ÁGUA DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA DO
CORREDOR CENTRAL DA MATA ATLÂNTICA

JULIANA MELO DA CONCEIÇÃO

VILA VELHA
SETEMBRO DE 2011



UNIVERSIDADE VILA VELHA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE
ECOSSISTEMAS

BIOMONITORAMENTO ESPACIAL E TEMPORAL DA
QUALIDADE DA ÁGUA DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA DO
CORREDOR CENTRAL DA MATA ATLÂNTICA

Dissertação apresentada a Universidade Vila Velha, como pré-requisito do Programa de Pós-graduação em Ecologia de Ecossistemas, para a obtenção do título de Mestre em Ecologia.

JULIANA MELO DA CONCEIÇÃO

Orientador:

Prof. Dr. Alessandro Coutinho Ramos

VILA VELHA
SETEMBRO DE 2011

Catálogo na publicação elaborada pela Biblioteca Central / UVV-ES

C744b Conceição, Juliana Melo da.

Biomonitoramento espacial e temporal da qualidade da água de uma bacia hidrográfica do corredor central da Mata Atlântica / Juliana Melo da Conceição. – 2011.

68 f. : il.

Orientador: Alessandro Coutinho Ramos.

Dissertação (mestrado Ecologia de Ecossistemas) - Centro Universitário Vila Velha.

1. Controle de qualidade da água. 2. Jucu, Rio (ES). 3. Metais - Toxicologia. I. Ramos, Alessandro Coutinho. II. Centro Universitário Vila Velha. III. Título.

UNIVERSIDADE VILA VELHA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE
ECOSSISTEMAS

Dissertação de Mestrado

BIOMONITORAMENTO ESPACIAL E TEMPORAL DA
QUALIDADE DA ÁGUA DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA DO
CORREDOR CENTRAL DA MATA ATLÂNTICA

JULIANA MELO DA CONCEIÇÃO

Aprovada em 30 de Setembro de 2011,

Banca Examinadora:

Prof. Dra Zilma Maria Almeida Cruz – UVV

Prof. Dr. Marcelo da Silva Moretti – UVV

Prof. Dr. José Etham de Lucena Barbosa – UEPB

Prof. Dr. Alessandro Coutinho Ramos - UVV

Orientador

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente á Deus pela força, saúde, calma e perseverança que me foi concedida para a realização deste trabalho.

Agradeço á minha família por me ofertar confiança, apoio e amor durante toda essa jornada e por sempre acreditar no meu sucesso. Agradeço ao meu namorado, Marcelo S. Teixeira, pela compreensão, apoio, paciência e amor, por entender minha falta de tempo e permanecer ao meu lado em todos os momentos. Te amo.

Agradeço em especial ao meu orientador, Dr. Alessandro Coutinho Ramos, que foi um verdadeiro pai, sempre me apoiando e aconselhando, passando ensinamentos que levarei para o resto da vida. Obrigada pela confiança e por acreditar em mim.

Agradeço ás minhas amigas, Gabriela Canton e Mariana Wolkartt, que estiveram sempre ao meu lado e me ajudaram na construção deste trabalho. Agradeço a Caroline de Abreu e Rafaela Bertoani que, mesmo distantes, são muito importantes para mim.

Aos colegas do LMAB, Ju Mendes, Sávio Bastos, Wolmem Oliveira, Nágila Simoura, Ju Rabbi, Loh, Tamires, Lucas, Fred. Enfim, agradeço o companherismo de todos, as conversas engraçadas, a ajuda no desenvolvimento do trabalho. Por estarem sempre presentes, vocês são muito especiais para mim.

Agradeço ao CNPQ pelo suporte financeiro, pois, sem esse apoio, a execução deste projeto seria muito difícil. Obrigada!

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ecossistemas e a Universidade Vila Velha, pelo suporte dado ao desenvolvimento deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO.....	1
ABSTRACT.....	3
1. INTRODUÇÃO.....	4
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	6
2.1 <i>Degradação dos recursos hídricos</i>	6
2.2 <i>Implementação de leis para o controle da qualidade hídrica</i>	7
2.3 <i>Indicadores de contaminação ambiental</i>	8
2.3.1 <i>Coliformes Totais e Termotolerantes</i>	9
2.3.2 <i>Enterococcus e outros bioindicadores</i>	10
2.3.3 <i>Bactérias Heterotróficas</i>	10
2.4 <i>Parâmetros físicos e químicos da Água</i>	10
2.5 <i>Metais pesados</i>	12
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1 <i>Caracterização da área de estudo</i>	15
3.2 <i>Descrição dos pontos</i>	17
3.3 <i>Coleta de água</i>	20
3.4 <i>Análise de parâmetros microbiológicos</i>	20
3.5 <i>Número Mais Provável</i>	20
3.6 <i>Detecção de Enterococcus</i>	21
3.7 <i>Unidades Formadoras de Colônias (UFC)</i>	21
3.8 <i>Coloração de Gram</i>	22
3.9 <i>Parâmetros físicos e químicos da Água</i>	23
3.10 <i>Análise química da água</i>	23
3.11 <i>Análise estatística</i>	24
4. RESULTADOS.....	25
4.1 <i>Avaliação da qualidade da água</i>	25
4.2 <i>Análise de Enterococcus</i>	26
4.3 <i>Bactérias Heterotróficas</i>	27
4.4 <i>Coloração de Gram</i>	28
4.5 <i>Parâmetros físicos e químicos da Água</i>	28
4.6 <i>Análise química da água</i>	31
5. DISCUSSÃO.....	40
6. CONCLUSÕES.....	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Bacias hidrográficas do estado do Espírito Santo, Brasil. Fonte: SEAMA (1994).....	15
Figura 2	Delimitação da área de estudo que abrange os últimos 10km do rio Jucu (linha tracejada em amarelo).....	16
Figura 3	Delimitação dos pontos de coleta ao longo do trecho final do rio Jucu, situado em sua grande parte no Parque Natural Municipal de Jacarenema (1- Formate; 2- Siderúrgica; 3- Rio Marinho; 4- Represa; 5- Camoapina; 6- ETE; 7- Araças; 8- Santa Paula; 9- Congo; 10- Foz) Fonte: Google Earth 2011.....	17
Figura 4	Fotos ilustrativas dos respectivos pontos amostrais (1-Formate , 2-Siderúrgica, 3-Rio Marinho, 4-Represa, 5-Camboapina, 6-ETE, 7-Araças, 8-Santa Paula, 9-Congo e 10-Foz), localizados ao longo do trecho final do Rio Jucu, nos meses de Abril a Dezembro de 2010 e de Janeiro a Março de 2011.....	19
Figura 5	Imagem de tubos contendo EC e VB, utilizados no teste confirmativo de Coliformes Totais e Termotolerantes na análise de NMP/100mL da água do rio Jucu. Tubos negativos de EC e VB sem produção de gás (A), e tubos positivos de VB e EC com a produção de gás (B).....	21
Figura 6	Lâminas obtidas da coloração de Gram das bactérias isoladas do rio Jucu. Diferenciação de Gram-Positiva (B) e Gram-Negativa (A), encontradas nas amostras.....	23
Figura 7	Número mais provável (NMP) de Coliformes Totais por 100 mL nos 10 pontos amostrais, localizados ao longo do curso do trecho final do Rio Jucu, de abril de 2010 a abril de 2011.	25
Figura 8	Número mais provável (NMP) de Coliformes Termotolerantes por 100mL nos 10 pontos amostrais, localizados ao longo do curso do trecho final do Rio Jucu, de abril de 2010 a abril de 2011.....	26
Figura 9	Número mais provável (NMP) de <i>Enterococcus</i> por 100mL nos 10 pontos amostrais, localizados ao longo do curso do trecho final do Rio Jucu, de abril de 2010 a abril de 2011.....	26
Figura 10	Quantificação das bactérias heterotróficas pelo método de unidade formadora de colônia (UFC) nos 10 pontos amostrais, localizados ao longo do curso do trecho final do Rio Jucu, de abril de 2010 a abril de 2011.....	27
Figura 11	Análise da coloração de Gram das bactérias isoladas a partir da análise de UFC/ 100mL, para quantificação de bactérias Gram-positivas e Gram-negativas.....	28
Figura 12	Concentrações de potássio e sódio na água dos 10 pontos amostrais, localizados ao longo do curso do trecho final do Rio Jucu, nas estações de outono, inverno e primavera de 2010 e verão do ano de 2011. Médias com letras iguais não são estatisticamente diferentes.....	33
Figura 13	Concentrações de Cálcio e Magnésio na água dos 10 pontos amostrais, localizados ao longo do curso do trecho final do Rio Jucu, nas estações de outono, inverno e primavera de 2010 e verão do ano de 2011. Médias com letras iguais não são estatisticamente diferentes.....	34

Figura 14	Concentrações de Ferro e Cobre na água dos 10 pontos amostrais, localizados ao longo do curso do trecho final do Rio Jucu, nas estações de outono, inverno e primavera de 2010 e verão do ano de 2011. Médias com letras iguais não são estatisticamente diferentes.....	35
Figura 15	Concentrações de Manganês na água dos 10 pontos amostrais, localizados ao longo do curso do trecho final do Rio Jucu, nas estações de outono, inverno e primavera de 2010 e verão do ano de 2011. Médias com letras iguais não são estatisticamente diferentes.....	37
Figura 16	Utilização do PCA, uma análise multivariada, para explicar a correlação entre os pontos e as variáveis analisadas. Formate (For), Siderurgica (Sid), Rio Marinho (Rmar), Represa (Rep), Camboapina (Cam), ETE, Araças (Ara), Santa Paula (SPau), Congo (Con) e Foz. Salinidade (Sal), Temperatura (Temp), Oxigênio Dissolvido (OD), Condutividade Elétrica (CE), Potencial Hidrogeniônico (pH). Bactérias Heterotróficas (BH), Coliformes Totais (Cto), Coliformes Termotolerantes (Ctot), <i>Enterococcus</i> (Enteroc). Ferro (Fe), Cálcio (Ca), Sódio (Na), Magnésio (Mg), Manganês (Mn), Cobre (Cu), Potássio (K).....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Descrição dos pontos indicando coordenadas geográficas, vegetação e observações importantes do ambiente.....	18
Tabela 2	Valores máximos e mínimos das variáveis físicas e química da água dos 10 pontos amostrais do ao longo do curso do trecho final do Rio Jucu, nas estações de outono, inverno e primavera de 2010 e verão do ano de 2011.....	29
Tabela 3	Correlação de Spearman entre os microorganismos e as variáveis físico-químicas. Valores de r entre 0 a 0,2 não apresentam correlação, entre 0,3 e 0,5 apresentam uma baixa correlação; entre 0,6 e 0,7 correlação moderada e maior que 0,7 uma forte correlação.....	31
Tabela 4	Enquadramento das águas dos diferentes pontos de coleta segundo a salinidade, estabelecida pela Resolução CONAMA 357/2005.....	36
Tabela 5	Padrões referenciais da qualidade de água baseados na concentração de íons disponíveis, segundo definição e classe estabelecidas pela resolução Conama 357/2005.....	38
Tabela 6	Concentrações dos metais Chumbo, Cádmio e Mercúrio em junho e novembro de 2010 em amostras de água dos pontos de coleta. Concentrações expressas em mg/L.....	38

LISTA DE SIGLAS

AN - Ágar Nutriente

APHA - American Public Health Association

CDA - Caldo Dextrose Azida

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

EC – Caldo *Escherichia coli*

IEMA – Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

INJAPA – Instituto Jacarenema de Pesquisa e Proteção Ambiental

MMA – Ministério do Meio Ambiente

NMP – Número Mais Provável

OD – Oxigênio Dissolvido

PCA – Análise de Componentes Principais

pH – Potencial Hidrogeniônico

SEAMA – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos

UFC – Unidade Formadora de Colônias

VB – Caldo Verde Brilhante

RESUMO

CONCEIÇÃO, J.M. BIOMONITORAMENTO ESPACIAL E TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA DO CORREDOR CENTRAL DA MATA ATLÂNTICA.

A bacia hidrográfica do rio Jucu, que possui uma área de drenagem com aproximadamente 2.032 km² e está localizada no Estado do Espírito Santo, é considerada um importante ecossistema no corredor Central da Mata Atlântica capixaba. O trecho final do rio Jucu está localizado no município de Vila Velha, no Parque Natural Municipal de Jacarenema. No Espírito Santo, mais de 60% da população (dos municípios de Vila Velha, Viana, parte de Cariacica e toda a cidade de Vitória) é abastecida, com água proveniente do Rio Jucu e do Rio Santa Maria, o que demonstra a imensa importância desta bacia hidrográfica para o Estado. Assim, o presente trabalho objetivou monitorar sistematicamente a qualidade química, física e microbiológica da água do rio Jucu, em 10 pontos amostrais localizados no trecho final do rio, com ou sem influência de fontes de contaminação ambiental, para buscar novos indicadores de contaminação para as condições desse rio. As coletas foram mensais, no período de abril de 2010 a abril de 2011, e, para a avaliação da qualidade da água, foram realizadas análises *in situ* e *ex-situ* de diferentes parâmetros. Os resultados obtidos no presente trabalho, mostraram que valores elevados dos microrganismos dos grupos coliformes totais, termotolerantes e *Enterococcus* (acima de 1600 NMP/100 mL), foram encontrados em todo período analisado, nos pontos Araçás, Santa Paula, Congo e Foz, apresentando um risco a população que faz uso deste recurso. Em relação às análises químicas, nestes mesmos pontos, observou-se elevadas concentrações totais de cobre (acima de 0,009 ppm), cálcio (acima de 40 ppm), potássio (acima de 0,009 ppm) e sódio (acima de 200 ppm). O ferro total apresentou valores acima de 0,5 ppm no ponto Formate e Araçás. Altas concentrações de manganês foram detectadas no ponto Represa, em todas as estações do ano. Por outro lado, concentrações de chumbo e cádmio, acima do limite permitido, foram detectadas nos pontos Araçás e Santa Paula. Dentre as variáveis físico e químicas, o oxigênio dissolvido apresentou valores acima dos padrões estabelecidos pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente

somente nos pontos Represa e ETE, em todo período amostrado. Os resultados obtidos, poderam auxiliar futuramente na busca por melhoria da qualidade da água do rio Jucu, uma vez que os dados obtidos mostram os pontos a serem priorizados.

Palavras chaves: *Escherichia coli*; Coliformes termotolerantes, poluição, metais.

ABSTRACT

CONCEIÇÃO, J.M. SPATIAL AND TEMPORAL BIOASSESSMENT OF THE WATER QUALITY IN A ATLANTIC FOREST CENTRAL CORRIDOR WATERSHED.

The Jucu River Basin, which is located at the Espírito Santo State and presents a drainage area of 2,032 km², is considered an important ecosystem from the Atlantic Forest Central Corridor. The final reach of Jucu River is located in Vila Velha, at the Jacarenema Natural Park. More than 60% of the state population (from Vila Velha, Viana, part of Cariacica and Vitória municipalities) is supplied by water from Jucu and Santa Maria Rivers, showing the great importance of this watershed. The objective of the present work was to assess the chemical, physical and microbiological quality from Jucu waters. Ten sampling stations, located at its final reach, influenced or not by environmental contamination inputs, were assessed in a tentative to develop new contamination indicators for this river. Samples were collected monthly from April 2010 to April 2011. *In situ* and *ex situ* analyses of different parameters were used for water assessment. The obtained results showed high values of fecal coliforms, thermotolerant microorganisms, and *Enterococcus* (> 1600 NMP/100 mL) during all study period in stations Araçás, Santa Paula, Congo, and Foz, evidencing a risk to human populations that depend on this resource. Results from chemical analysis showed high total concentrations of copper (> 0,009 ppm), calcium (> 40 ppm), potassium (> 0,009 ppm) and sodium (> 200 ppm). Iron concentrations were higher than 0,5 ppm in Formate and Araçás. High concentrations of manganese were found in Represa during all year. Concentrations above the permitted limit of lead and cadmium were found in Araçás and Santa Paula. Considering the water physico-chemical parameters, dissolved oxygen values above the limit set by Brazilian National Environment Council were only found in Represa and ETE sampling stations during the study period. The obtained results may be useful in future projects aiming the improvement of Jucu water quality, once they evidence the river reaches that must be prioritized.

Key-words: *Escherichia coli*; thermotolerant coliforms; pollution; metals.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a Mata Atlântica se apresenta como um mosaico, e seus principais remanescentes concentram-se nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, totalizando menos de 8% da vegetação original ainda intacta (Rezende e Mazzoni, 2003; Certa et al., 2009). Nos remanescentes desse bioma nascem diversos rios, desde os de cabeceira, situados nos planaltos, até os de maior porte, nas planícies costeiras que desaguam no mar (Oyakawa et al., 2006).

Os rios que nascem ou passam por esse bioma estão sendo alterados de maneira significativa em função de múltiplos impactos ambientais originados de atividades antrópicas, tais como mineração, construção de barragens e represas, retificação e desvio do seu curso natural, uso de agroquímicos diversos, lançamento de efluentes domésticos e industriais não tratados, desmatamento e uso inadequado do solo (Goulart e Callisto, 2003).

Nesse contexto, o Estado do Espírito Santo tem cerca de 1,5 milhões de pessoas abastecidas diariamente pelas águas provenientes da bacia hidrográfica do rio Jucu, demonstrando a importância desta bacia hidrográfica para o estado (Banco Mundial, 2008). Por se tratar de um manancial hídrico de destaque localizado no corredor central da mata atlântica, a sua degradação proporcionará a proliferação de microrganismos patogênicos (Silva et al., 2008).

A maior parte dos esgotos são lançados *in natura* e as cidades brasileiras não possuem condições sanitárias ideais ou de sustentabilidade da água devido a inúmeros fatores de origem antrópica (Pompeu et al., 2004; Moura, 2005). Isto pode resultar na presença de bactérias fecais nas águas dos rios, que podem atingir níveis que excedem os limites aceitáveis para ser utilizada para consumo, recreação e/ou irrigação (CONAMA, 2005; Cabral e Marques, 2005). Tal poluição das águas com origem fecal é uma preocupação mundial, já que esses microrganismos causam infecções gastrointestinais em humanos, como cólera, salmonelose e shigelose (Cabral e Marques, 2005, Freitas, Brilhante e Almeida, 2001).

Os indicadores microbiológicos têm sido utilizados mundialmente para verificar a contaminação de corpos d'água. Os microrganismos utilizados para detecção da contaminação são organismos que incluem coliformes totais, coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* e *Enterococci* (Vasconcellos, Ignaci e Ribeiro, 2006).

Além dos microrganismos, os metais estão presentes nos recursos hídricos devido a sua elevada presença em efluentes de diferentes atividades antrópicas (Lacerda e Malm, 2008). A descarga de metais no meio aquático resulta em respostas físicas, químicas e biológicas, podendo ocasionar mudanças nos processos enzimáticos e acumulação nos tecidos (Esteves, 1998). Alguns metais, em pequenas quantidades, são essenciais para os seres vivos (sódio, potássio, cálcio, manganês, ferro, molibdênio, níquel, cobalto, cobre e zinco), porém, em níveis excessivos, podem ser muito tóxicos e acarretar danos à saúde humana (Bisinoti et al., 2004; Campos et al., 2009). Metais como mercúrio, cádmio, níquel, cromo e chumbo, não são essenciais e sua presença gera efeitos tóxicos sobre o organismo exposto (Farias et al., 2007). Uma vez no ecossistema aquático, os metais pesados são distribuídos em diversos compartimentos do ambiente, como solo, sedimento, plantas e animais (Santana e Barroncas, 2007). Metais como Cu, Pb e Zn são frequentemente detectados em despejos domésticos (Bisinoti et al., 2004).

O uso integrado de métodos químicos, físico-químicos e microbiológicos acoplado a ferramentas estatísticas, em casos de determinação da qualidade da água, é de extrema importância, uma vez que novos padrões metodológicos podem ser adotados para um diagnóstico mais eficiente da qualidade da água e nas devidas condições meteorológicas.

Com base no conhecimento aplicado da dinâmica microbiana e da poluição no ambiente fluvial, a hipótese deste trabalho é que a distribuição da contaminação microbiológica ao longo do rio Jucu está diretamente relacionada às oscilações nas variáveis físico-químicas e químicas da água do rio. Nesse contexto, os objetivos deste trabalho foram: (i) monitorar mensalmente as alterações físico-químicas e microbiológicas da qualidade da água do rio Jucu ao longo de diferentes pontos amostrais e extrapolar os dados para as quatro estações do ano; (ii) determinar a concentração total dos nutrientes fósforo, nitrogênio, potássio, cálcio e magnésio na água do rio Jucu ao longo de diferentes pontos amostrais; (iii) determinar a concentração de metais pesados (zinco, cobre, ferro, chumbo e manganês).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 *Degradação dos recursos hídricos*

Nas últimas décadas, os ecossistemas aquáticos têm sido alterados em função dos impactos provenientes das atividades antrópicas, devido ao aumento da procura por esse recurso (Moura et al., 2009, Campello et al., 2005). Com o crescimento desordenado da população, ocorre a degradação dos recursos hídricos, afetando a qualidade e quantidade de água disponível devido as modificações que ocorrem através do despejo de poluentes. Conseqüentemente, há ocorrência de bactérias patogênicas, o que causa grandes malefícios à saúde pública e ao ecossistema aquático, diminuindo, cada vez mais, a disponibilidade de água potável para a espécie humana (Moura et al., 2009, Campello et al., 2005, Cordonha, et al., 2005).

A pressão antrópica e o desenvolvimento socioeconômico estão diretamente relacionados ao aumento da demanda por água. A quantidade e qualidade da água são essenciais para a saúde e o desenvolvimento de qualquer comunidade. A poluição das águas é conseqüência do conjunto de atividades antropogênicas, principalmente por despejo indiscriminado de esgotos doméstico e industrial (Zimmermann et al., 2008). O lançamento de efluentes diretamente na água dos rios altera estruturalmente, fisicamente e quimicamente a biota do ecossistema aquático.

As alterações dos parâmetros físico-químicos da água, causadas por atividades antropogênicas ou desastres naturais, geralmente afetam a sobrevivência de organismos e prejudicam a saúde humana (Obiekenzie et al., 2006; Froehner e Martins, 2008).

As fontes de contaminação que chegam aos recursos hídricos podem ser pontuais ou difusas. As pontuais são facilmente identificadas, podendo, assim, ser tratadas e controladas, como descarga de efluentes industriais, domésticos e estações de tratamento de esgotos. Ao contrário das fontes pontuais, as difusas apresentam características bastante diferenciadas, espalham-se por inúmeros locais e são particularmente de difícil determinação, em função do desconhecimento de suas descargas (Gonçalves et al., 2005, Zimmerman et al., 2008), e os impactos gerados por essas fontes de contaminação acarretam em alterações nos regimes hidrológicos, aumento de doenças de veiculação hídrica, contaminação química, além de efeitos de bioacumulação e biomagnificação de metais pesados (Pompeu et al., 2004).

As doenças de veiculação hídrica são causadas, principalmente, por microrganismos patogênicos de origem entérica, ingeridos na forma de água ou alimento contaminado por água poluída com fezes, colocando em risco a saúde da população que utiliza esses recursos (Amaral et al., 2003).

De acordo com a organização Mundial de Saúde (OMS, 1999), o consumo mundial de água aumentou mais de seis vezes em menos de um século, mais que o dobro das taxas de crescimento da população, e esse consumo vai continuar crescendo devido a elevação do consumo nos setores agrícola, industrial e doméstico. Estudos demonstram que nos próximos anos a situação global das reservas hídricas tende a piorar, nos aspectos quanti e qualitativo, caso não haja melhor fiscalização e gerenciamento deste recurso visando melhorar a oferta e a demanda de água para diferentes usos (Freitas e Santos, 1999).

O monitoramento constante dos níveis de contaminação nos corpos hídricos torna-se necessário em função do crescimento desordenado da população, da expansão industrial e da agricultura, uma vez que os recursos hídricos são importantes veículos de enfermidade, o que torna primordial a avaliação de sua qualidade.

2.2 Implementação de leis para o controle da qualidade hídrica

A partir da década de 1970, o controle da qualidade dos recursos hídricos para o consumo humano tornou-se uma ação de saúde pública, quando o Ministério da Saúde insistiu que fosse implementada uma norma, a portaria nº 52 Bsb 77, para a potabilidade da água em todo o território nacional, desde então a preocupação com a qualidade da água tornou-se importante no Brasil. Em 1990, uma discussão de revisão da portaria nº 52 Bsb 77, entre a comunidade científica e algumas associações de classes, contribuiu para o surgimento da nova portaria nº 36/90. A partir da revisão desta, surgiu a portaria nº 1469/00 que estabelece o controle e a vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade (Freitas & Freitas, 2005). Em 2004, foi aprovada a portaria nº 518/04 que estabelece a determinação de coliformes totais e termotolerantes e a contagem de bactérias heterotróficas para verificar a qualidade hídrica para o consumo humano (Domingues et al., 2007; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004).

Na Constituição Federal do Brasil de 1988, há o capítulo VI que trata do Meio Ambiente, dos direitos e deveres do cidadão a um meio ambiente ecologicamente equilibrado para uso e para benefício da qualidade de vida da comunidade. A Lei

6.938/81 declara que a Política Nacional do Meio Ambiente tem como objetivo “[...] a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no país, condições de desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana” (Brasil, 1988).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente dispôs a resolução nº 20 de 18 de junho de 1986, “considerando ser a classificação das águas doces, salobras e salinas essenciais à defesa de seus níveis de qualidade, avaliados por parâmetros e indicadores específicos, de modo a assegurar seus usos preponderantes”. A Resolução do CONAMA 274, de 29 de novembro de 2000, classifica as “águas doces, salobras e salinas essenciais à defesa dos níveis de qualidade, avaliados por parâmetros e indicadores específicos, de modo a assegurar as condições de balneabilidade”. A Resolução vigente do CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, “classifica os corpos de água e diretrizes ambientais, estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes considerando a saúde e bem estar humano e o equilíbrio ecológico aquático”.

2.3 Indicadores de contaminação ambiental

A contaminação dos corpos hídricos é proveniente, principalmente, de atividades antropogênicas, pelas quais os poluentes atingem águas superficiais e subterrâneas. Utilizam-se como método de identificação das diferentes fontes de contaminação os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos mais representativos, indicando valores adequados aos índices de qualidade (Zimmermann et al., 2008). Principalmente devido à grande demanda de água, as cidades brasileiras não possuem condições de sustentabilidade hídrica, somando-se a isso o lançamento de altas cargas de efluentes domésticos e industriais e a ocorrência de enchentes urbanas que atingem os mananciais, provocando sua contaminação (Moura et al., 2009).

De acordo com Domingues et al. (2007), as doenças de veiculação hídrica caracterizam-se especialmente pela ingestão de água contaminada por microrganismos patogênicos de origem entérica que são transmitidos principalmente pela rota fecal-oral. Isto ocorre principalmente em países em desenvolvimento, que possuem precárias condições de saneamento e má qualidade da água (Moura et al., 2009). As doenças mais comuns em relação à ingestão da água contaminada são: doenças diarréicas, febre tifóide, cólera, salmonelose, shigelose e outras

gastroenterites que causam surtos epidêmicos e elevadas taxas de mortalidade infantil (Freitas et al., 2001).

2.3 1 Coliformes Totais e Termotolerantes

As bactérias do grupo coliforme são comumente utilizadas como indicadores microbiológicos da presença de fezes no ambiente, e estão classificadas em dois grupos: totais e termotolerantes. Os coliformes totais são bactérias no formato de bastonetes, gram-negativos, não esporuladas, aeróbias ou anaeróbias facultativas, desenvolvem-se na presença de sais biliares ou agentes tensoativos com capacidade de fermentar lactose com produção de ácidos, de aldeídos e de gás, no período de 24 à 48 horas em temperatura de 35°C. Este grupo apresenta atividade enzimática da β -galactosidase. Os coliformes termotolerantes possuem as mesmas características básicas do outro grupo, porém são capazes de fermentar a lactose com produção de gás em 24 horas e entre temperaturas de 44,5 à 45,5°C (APHA, 1995; Bastos et al., 2000; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004; Cargnim et al., 2006).

A resolução CONAMA 357/2005 afirma que a *Escherichia coli* pode substituir o parâmetro de coliformes termotolerantes. Estas bactérias são restritas ao trato intestinal de animais homeotérmicos, portanto, são consideradas mais significativas que os coliformes totais para expressar poluição ambiental de origem sanitária (CONAMA, 2005). Participam do grupo coliformes, as bactérias dos gêneros *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Erwenia* e *Enterobactéria* (CETESB, 2001).

Segundo a portaria 518/2004 a *E. coli* fermenta a lactose e o manitol produzindo indol a partir do triptofano, oxidase negativa e não hidrolisa a uréia. Esta bactéria apresenta atividade enzimática β -galactosidade e β -glucuronidase (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004).

Para Alves et al. (2002) a ausência de bactérias do grupo coliformes nas amostras de água é uma indicação segura de sua qualidade para o consumo humano sob o ponto de vista biológico, no entanto, para Vasconcellos; Ignanci e Ribeiro (2006), existem outros grupos, como *Enterococcus*, que também são utilizados para avaliar a qualidade da água, reconhecendo que a ausência de *E. coli* não significa que não possam existir outros grupos de patógenos intestinais.

De acordo com a resolução CONAMA 357/05 o valor aceitável de coliformes termotolerantes em água de classe I (destinadas ao abastecimento para consumo humano, após o tratamento simplificado, para irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam

ingeridas cruas sem remoção de película) não deve ultrapassar a quantidade de 200 coliformes por 100 ml de água e para as águas de classe II (destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional, para irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto).

2.3.2 Enterococcus

Os enterococos são bactérias pertencentes ao gênero *Enterococcus* gram-positivas em forma de cocos, que se apresentam em cadeias, crescem a temperatura entre 10°C e 45 °C, sobrevivendo até a 60°C por 30 min, além de tolerarem pH 9,6 em 6,5% de NaCl (Guidelines for Canadian Recreational Water Quality Canadá, 1992).

Ribeiro (2002) encontrou uma maior sensibilidade de detecção de contaminação fecal para o enterococos quando comparado a *E.coli* e C.Te. Os enterococos estão presentes nas fezes de humanos, porém em quantidades inferiores à *E. coli*, mas ocorrem em número superior aos coliformes termotolerantes nas fezes de outros animais homeotermos (Almeida et al., 2004)

2.3.3 Bactérias heterotróficas

As bactérias heterotróficas são aquelas que necessitam de carbono orgânico como fonte de nutriente. Caracterizam a qualidade da água de forma ampla, são indicadores auxiliares da qualidade da água, pois detectam eventuais falhas na desinfecção, colonização e formação de biofilmes no sistema de distribuição hídrica (Domingues et al., 2007). A contagem destes microrganismos é amplamente utilizada como indicador da qualidade da água para consumo humano, e a quantificação é realizada em placas vertidas com meios não seletivos, ricos em nutrientes, permitindo a extensa multiplicação das bactérias heterotróficas (Domingues et al., 2007).

2.4 Parâmetros físico e químicos da água

Os parâmetros físico e químicos são determinados através de medidas como temperatura, pH, salinidade, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido.

A escala de pH varia de 0 a 14 (do mais ácido ao mais alcalino), com o pH 7 representando uma condição neutra. A uma determinada temperatura, o pH indica a

intensidade do caráter ácido ou básico de uma solução e é controlado pelos compostos químicos dissolvidos na solução e processos bioquímicos presentes na mesma. O pH é uma importante variável para a avaliação de qualidade de água, pois influencia vários processos biológicos e químicos no corpo d'água (Chapman, 1992).

Segundo Vieira & Façanha (1994), a temperatura é um fator de fundamental importância, uma vez que sua elevação provoca um aumento considerável no número de microrganismos quando a água contém pequena quantidade de elementos nutritivos. As variações na temperatura podem exercer diferentes efeitos sobre a autodepuração da água, inicialmente, acelerando o metabolismo dos microrganismos aquáticos e, conseqüentemente, aumentando o consumo de oxigênio necessário à respiração aeróbica (Zuin et al., 2009). Águas superficiais costumam estar dentro da faixa de temperatura de 0°C a 30°C. Essas flutuam sazonalmente, com mínima no inverno ou estação chuvosa, e máxima no verão ou estação seca, particularmente em áreas mais rasas.

Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio (O₂) é um dos mais importantes na dinâmica e na caracterização de ecossistemas aquáticos. As principais fontes de oxigênio para a água são a atmosfera e a fotossíntese. A utilização desse gás ocorre pela decomposição da matéria orgânica por microrganismos, perda para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos como, por exemplo, o ferro e o manganês (Esteves, 1998). O teor de oxigênio dissolvido na água é um indicador das condições de poluição por matéria orgânica. Assim, a água não poluída deve estar saturada de oxigênio (Zuin et al., 2009). Por outro lado, teores baixos de oxigênio dissolvido podem indicar que houve uma intensa atividade bacteriana, decompondo matéria orgânica lançada na água (Mota, 1995).

A salinidade do meio é um dos fatores que limitam a vida nas águas. A vida dos vegetais exige certas concentrações de sais minerais, e a salinidade excessiva impede o desenvolvimento de muitas espécies que são incapazes de se defenderem contra a perda de água, que é promovida pelo alto valor osmótico (Branco, 1978). De acordo com Branco (1978), os valores de salinidade podem variar sob a influência de diversos processos físicos, podendo aumentar com a evaporação e com o congelamento ou decrescer devido ao aumento da precipitação nos rios e o derretimento do gelo.

2.5 Metais pesados

A introdução de metais pesados nos sistemas aquáticos ocorre através de processos geoquímicos, de intemperismo e uma parte é atribuída à atividade antrópica, sendo um reflexo da sua ampla utilização pela indústria (Yabe e Oliveira, 1998). O aumento demográfico e a expansão industrial aumentaram os riscos de poluição por metais em recursos naturais, como água, solo e atmosfera. (Santana e Barroncas 2007, Bisinoti et al., 2004). Dentre as fontes antrópicas, as de origem urbana apresentam grande capacidade de contaminação de águas superficiais por elementos oriundos de disposição inadequada dos resíduos sólidos urbanos e esgotos sanitários lançados no meio ambiente sem tratamento (De Paula et al., 2010). Os metais, quando presentes em um sistema aquático, ameaçam a saúde humana e animal devido a seus impactos na qualidade das águas e no ambiente. Os contaminantes, contidos em resíduos industriais, esgotos domésticos e lixos, representam os principais e mais perigosos poluentes responsáveis por essa degradação, pois, ao contrário de outros poluentes, não são eliminados do meio aquático por processos naturais (Pinto et al., 2009). Esses elementos reduzem a capacidade de autodepuração das águas, pois também têm ações tóxicas sobre os microrganismos responsáveis por essa regeneração e, como consequência, geram uma drástica queda do oxigênio (Aguiar et al., 2002). Os metais se acumulam nos organismos e seus efeitos muitas vezes só são detectados quando toda a cadeia alimentar encontra-se com níveis acima dos suportáveis. Metais pesados, como ferro, cromo, cádmio, zinco, prata, cobre, arsênio, chumbo e mercúrio, são gerados pelos diferentes processos industriais e lançados diariamente nos corpos d'água através dos efluentes industriais. Muitos destes metais são essenciais, pois permitem o funcionamento normal de algumas rotas metabólicas. Porém tudo depende da quantidade em que são encontrados, pois, se ingeridos em quantidades demasiadas, são venenos acumulativos para o organismo (Aguiar et al., 2002).

Embora o cádmio seja pouco utilizado na indústria, ele é acompanhante de um grande número de processos industriais e, quando despejado na água com outros detritos, uma parte alcança o ambiente causando prejuízos a saúde de seus usuários (Fellenberg, 2009). A ingestão de alimentos ou de água contendo altas concentrações de cádmio causa irritação no estômago levando ao vômito, diarreia e, às vezes, morte (CETESB, 2009).

O chumbo é um elemento tóxico não essencial que se acumula no organismo (Moreira e Moreira, 2004). A presença do chumbo na água ocorre por

deposição atmosférica ou lixiviação do solo (CETESB, 2009). A exposição da população em geral ocorre, principalmente, por ingestão de alimentos e bebidas contaminados. O chumbo pode afetar quase todos os órgãos e sistemas do corpo, mas o mais sensível é o sistema nervoso, tanto em adultos como em crianças, além do sistema nervoso este elemento tem a capacidade de inibir ou imitar a ação do cálcio e de interagir com proteínas (Moreira e Moreira, 2004). O padrão de potabilidade para o chumbo estabelecido pela Portaria 518/04 é de 0,01 mg/L. (CETESB, 2009)

As fontes de cobre no meio ambiente incluem minas de cobre ou de outros metais e efluentes de estações de tratamento de esgotos industriais. Estudos indicam que uma concentração de 20 mg/L de cobre ou um teor total de 100 mg/L por dia na água é capaz de produzir intoxicações no homem, com lesões no fígado. O padrão de potabilidade para o cobre, de acordo com a Portaria 518/04, é de 2 mg/L (CETESB, 2009).

A contaminação da água por mercúrio, passou a ser um problema sério de poluição ambiental. O fato é que este elemento ser usado em muitas indústrias, na produção eletrolítica do cloro, em equipamentos elétricos, amalgamas e como matéria prima para compostos de mercúrio. Além das fontes industriais, dentre as fontes antropogênicas de mercúrio no meio aquático destacam-se processos de mineração e fundição, efluentes de estações de tratamento de esgotos, indústrias entre outros (Fellenberg, 2009). A principal via de exposição humana ao mercúrio é por ingestão de alimentos. O metal é altamente tóxico ao homem, sendo que doses de 3 a 30 gramas são letais (CETESB, 2009).

O ferro é considerado um nutriente essencial como componente da hemoglobina e não apontado como tóxico às plantas e animais (WHO, 1996). Em águas superficiais, o nível de ferro aumenta nas estações chuvosas devido ao carreamento deste elemento pelo solo e a ocorrência de processos de erosão das margens. Há também uma importante contribuição, devido a efluentes industriais, e domésticos, para a elevação do ferro (CETESB, 2009).

O manganês e seus compostos são usados na indústria do aço, ligas metálicas, baterias, vidros, oxidantes para limpeza, fertilizantes, vernizes, suplementos veterinários, entre outros. Ocorre naturalmente na água superficial e subterrânea, no entanto, as atividades antropogênicas são também responsáveis pela contaminação da água. O padrão de aceitação para consumo humano do manganês é de 0,1 mg/L ((CETESB, 2009)

Potássio é encontrado em baixas concentrações em águas naturais, já que rochas que contêm potássio são relativamente resistentes às ações do tempo. Entretanto, sais de potássio são largamente usados na indústria e em fertilizantes para agricultura. Eles entram em águas doces através de descargas industriais e de áreas agrícolas. Concentrações em águas naturais são usualmente menores que 10 mg/L (CETESB, 2009)

Todas as águas naturais contêm algum sódio, já que ele é um dos elementos mais abundantes na Terra. O aumento das concentrações de sódio na água pode provir de lançamentos de esgotos domésticos e efluentes industriais. (CETESB, 2009)

O zinco é considerado elemento essencial as plantas e animais pelo seu papel nos processos metabólicos de carboidratos, ácidos nucléicos e lipídeos, na ativação de enzimas e na síntese de proteínas. Em concentrações acima de 3 mg/mL, causa efeitos de adstringência e coloração empalidecida à água potável (WHO, 1996). A presença de zinco é comum nas águas superficiais naturais, em concentrações geralmente abaixo de 10 mg/L, em águas subterrâneas ocorre entre 10 - 40 µg/L. O zinco é essencial ao corpo humano, em pequenas quantidades. Só se torna prejudicial à saúde quando ingerido em concentrações muito elevadas, o que é extremamente raro, e, neste caso, pode acumular-se em outros tecidos do organismo humano (CETESB, 2009).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Jucu (Figura 1) possui uma área de drenagem de aproximadamente 2.032 km², com cotas altimétricas variando entre 0 e 1.800 m e perímetro de 340 km. Tradicionalmente, considera-se que o rio Jucu nasce da junção dos rios Jucu braço Sul e Jucu braço Norte. Seu curso se desenvolve em uma extensão aproximada de 166 km até desaguar na praia da Barra do Jucu, próximo à localidade de mesmo nome, no município de Vila Velha. De sua extensão total, 123 km correspondem ao trecho conhecido como Braço Norte. Os 43 km restantes correspondem ao trecho do rio Jucu desde a confluência dos Braços Norte e Sul até a foz (IEMA, 2009).

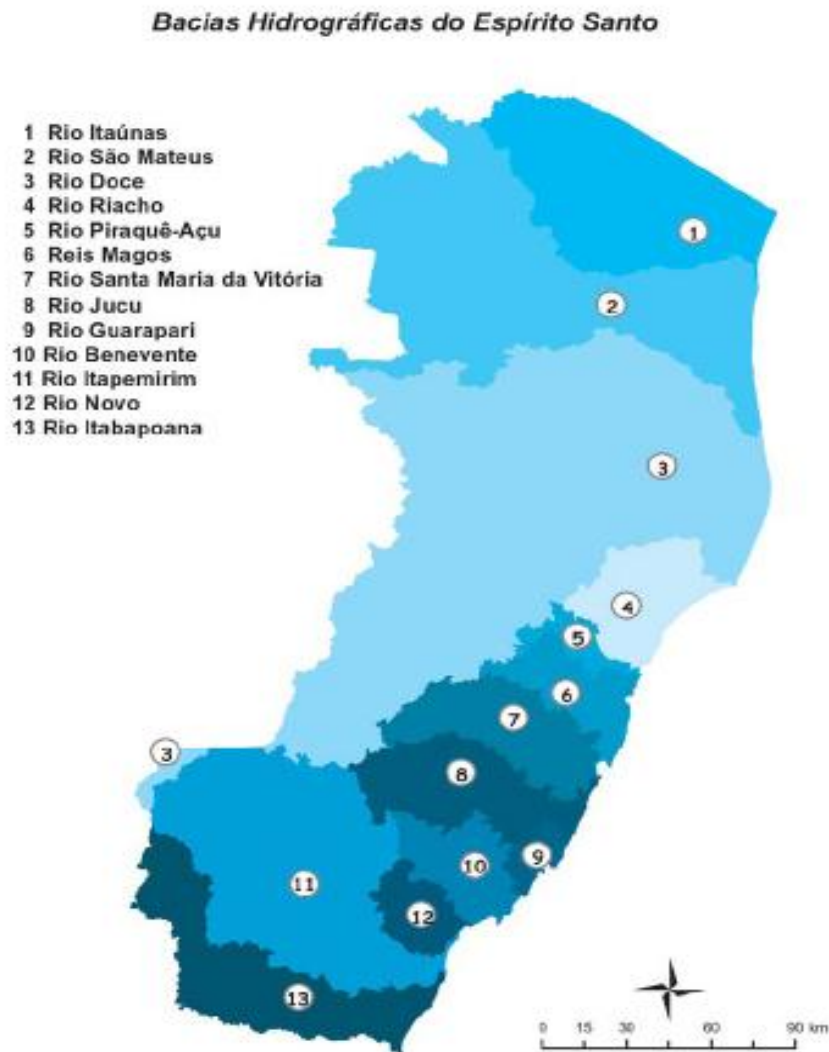


Figura 1. Bacias hidrográficas do estado do Espírito Santo, Brasil. Fonte: SEAMA (1994).

Nesta bacia, as principais áreas urbanas são as sedes dos municípios de Domingos Martins, Marechal Floriano e de parte da cidade de Viana (sub-bacia do ribeirão Santo Agostinho). Além delas, podem-se acrescentar as localidades: São Paulinho, Pedra Azul, Aracê, Barcelos, São Rafael, Goiabeiras, Ponto Alto, Perobas, Paraju, Melgaço, Biriricas, Isabel, Vítor Hugo, Araguaia, Bom Jesus do Morro Baixo, São Paulo de Cima, rio Calçado, Araçatiba e Barra do Jucu (SEAMA, 1994).

Esta bacia tem suas partes médias e superiores situadas na região serrana. Ambas possuem o mesmo formato e se desenvolvem na direção W - E. Ela é um dos mananciais de abastecimento da Grande Vitória, talvez o mais representativo.

A área de estudo está situada no trecho final do rio Jucu, localizado no município de Vila Velha. Nesse trecho, localiza-se o Parque Natural Municipal de Jacarenema que ocupa 3km dos 10km que foram monitorados neste estudo. As coordenadas geográficas dos pontos 1- Formate; 2- Siderúrgica; 3- Rio Marinho; 4- Represa; 5- Camoapina; 6- ETE; 7- Araças; 8- Santa Paula; 9- Congo; 10- Foz são $20^{\circ}23'55''S$; $40^{\circ}20'34''O$ e $20^{\circ}25'26''S$; $40^{\circ}19'22''O$ (INJAPA, 2009). (Figura 2 e 3)

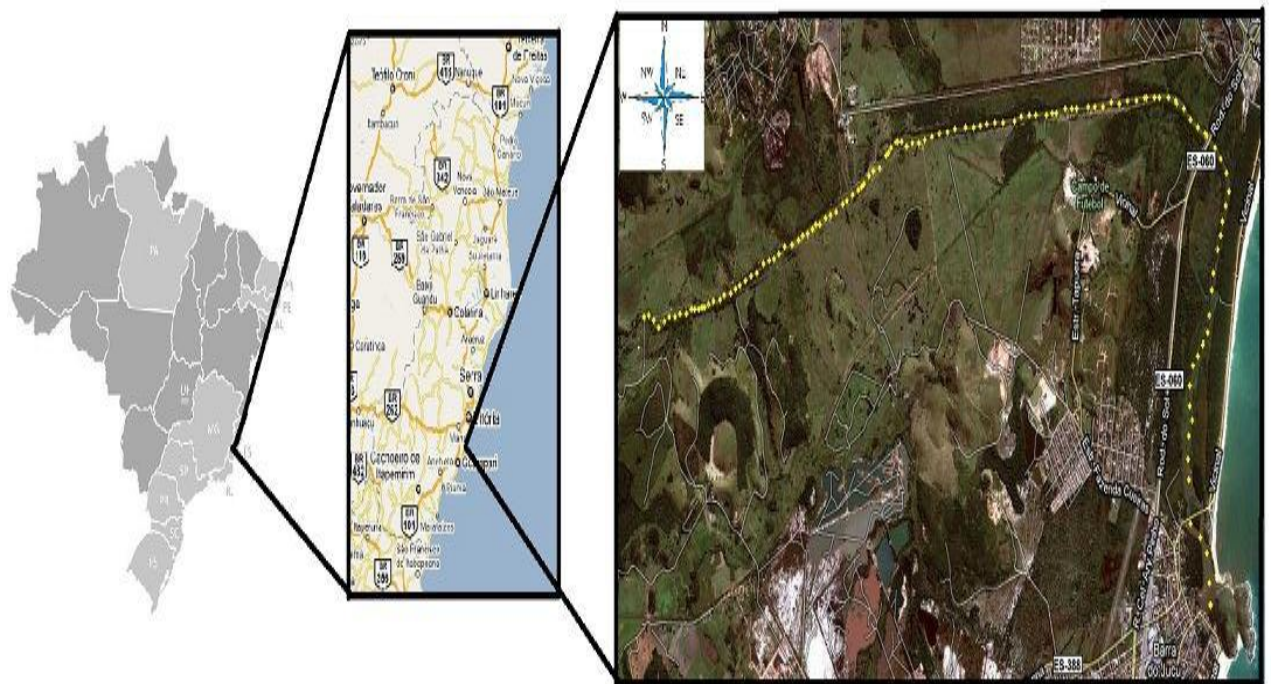


Figura 2. Delimitação da área de estudo que abrange os últimos 10km do rio Jucu (linha tracejada em amarelo).

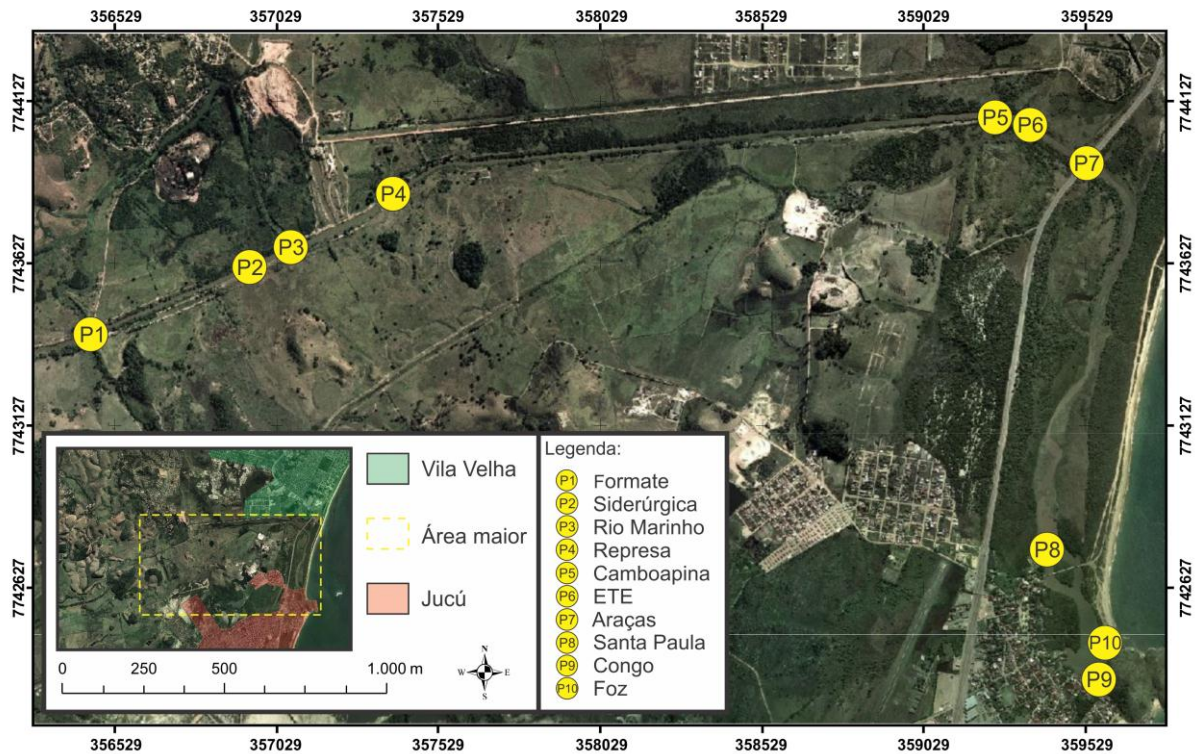


Figura 3. Pontos de coleta ao longo do trecho final do rio Jucu, situado em sua grande parte no Parque Natural Municipal de Jacarenema (1- Formate; 2- Siderúrgica; 3- Rio Marinho; 4- Represa; 5- Camboapina; 6- ETE; 7- Araças; 8- Santa Paula; 9- Congo; 10- Foz) Fonte: Google Earth 2011.

3.2 Descrição dos pontos

Os dez pontos escolhidos para o monitoramento foram distribuídos ao longo do trecho final do rio Jucu, uma vez que esse trecho recebe grande carga de efluentes domésticos e resíduos agrícolas provenientes dos braços Sul e Norte até desaguar no mar.

Tabela 1: Descrição dos pontos indicando coordenadas geográficas, vegetação e observações importantes do ambiente

Pontos	Coordenadas Geográficas	Vegetação	Observações
Formate	S20 24.471 W40 22.399	Pouca Mata Ciliar	Erosão e assoreamento próximo á área de pasto, recebe efluente da rio formate oriundo de Cariacica
Siderúrgica	S20 24.283 W40 21.900	Mata Ciliar	Erosão e assoreamento, próxima a área de pastagem, recebe efluente da siderurgica.
Rio Marinho	S20 24.229 W40 21.786	Mata Ciliar	Próximo á área de pasto
Represa	S20 24.077 W40 21.484	Pouca Mata Ciliar	Próximo ao poto de captação da CESAN, onde o rio foi represado
Camboapina	S20 23.878 W40 19.663	Mata Ciliar Arbórea	Erosão e assoreamento
ETE	S20 23.892 W40 19.616	Mata Ciliar e Macrófitas	Próximo ao ducto de lançamento da ETE, com presença de macrófitas, bagres africanos
Araçás	S20 24.008 W40 19.406	Mata Ciliar	Próximo a ponte da rodovia do Sol, recebe alta descarga " <i>in natura</i> " de efluentes oriundos do bairro Araçás. Presença de pescadores neste local
Santa Paula	S20 25.094 W40 19.548	Mata Ciliar	Próximo a ponte Madalena na Barra do Jucu , área de manguezal, recebe efluente " <i>in natura</i> " do bairro Santa Paula. Presença de pescadores
Congo	S20 25.455 W40 19.370	Mata Ciliar Arbórea	Área de maguzal, recebe efluentes oriundos do rio Congo.
Foz	S20 25.391 W40 19.338	Mata Ciliar	Área de estuário, presença antrópica.



Figura 4. Fotos ilustrativas dos respectivos pontos amostrais (1-Formate , 2-Siderúrgica, 3-Rio Marinho, 4-Represa, 5-Camboapina, 6-ETE, 7-Araças, 8-Santa Paula, 9-Congo e 10-Foz), localizados ao longo do trecho final do Rio Jucu.

3.3 Coleta de água

Para cada ponto amostrado foram coletadas três amostras de água, uma a jusante, uma no ponto definido e uma a montante totalizando 30 amostras mensais. As amostras foram acondicionadas em frascos de vidro esterilizados de 500 mL. Estes frascos foram mergulhados a uma profundidade aproximada de 20 cm, de modo a coletar um volume de água superior a 100 mL, deixando um espaço livre no frasco para posterior agitação, antes do processamento das análises. Os materiais foram devidamente identificados e encaminhados para o Laboratório de Microbiologia Ambiental e Biotecnologia, situado no Centro Universitário Vila Velha. As amostras foram coletadas durante doze meses, abril de 2010 a abril de 2011, sempre no período da manhã e com condição de maré baixa.

3.4 Análise de parâmetros microbiológicos

As análises microbiológicas foram realizadas segundo o método recomendado pela APHA: Ufc/ml (unidade formadora de colônia/mL) e NMP/mL (número mais provável/mL), que se baseiam na técnica de diluições seriadas (APHA, 1995).

3.5 Número Mais Provável

As amostras coletadas foram acondicionadas em tubos shots autoclavados, e inoculadas em caldos nutritivos. Método utilizado para a análise de coliformes totais e fecais NMP/100mL.

Através deste método, é possível fazer a quantificação microbiológica por meio de diluições seriadas com a utilização de salina (água + NaCl - 0,85%) Na primeira etapa do método, retirou-se assepticamente 10 mL de amostra de água e preparou-se três diluições sucessivas (0,1; 0,01 e 0,001 mL). As diluições obtidas nas análises foram inoculadas em três tubos contendo 10 mL de Caldo Lauril Sulfato de Sódio (LST) com tubos de Durhan invertidos, os quais foram posteriormente incubados em estufa bacteriológica de 35 a 37°C por 24 horas. Essa primeira etapa consiste no teste presuntivo. Na segunda etapa, os tubos que apresentaram turvação e formação de gás no Caldo LST tiveram uma alíquota semeada em tubos contendo 10 mL de Caldo verde brilhante 2% (VB) com tubos de Durhan invertidos. Uma outra alíquota foi semeada em tubos contendo 10 mL de Caldo *Escherichia coli* (EC), com tubos de Durhan invertidos. Os tubos com VB foram incubados em estufa bacteriológica de 35 a 37°C por 24 horas e os tubos com EC foram colocados em

banho-maria de 44,5 á 45°C durante 24 horas, essa segunda etapa consiste no teste confirmativo. Foram considerados positivos os tubos com produção de gás (Figura 05) no interior dos tubos de Durham. Os resultados foram analisados em tabela do Número Mais Provável (NMP) (Morelli et al., 2008).

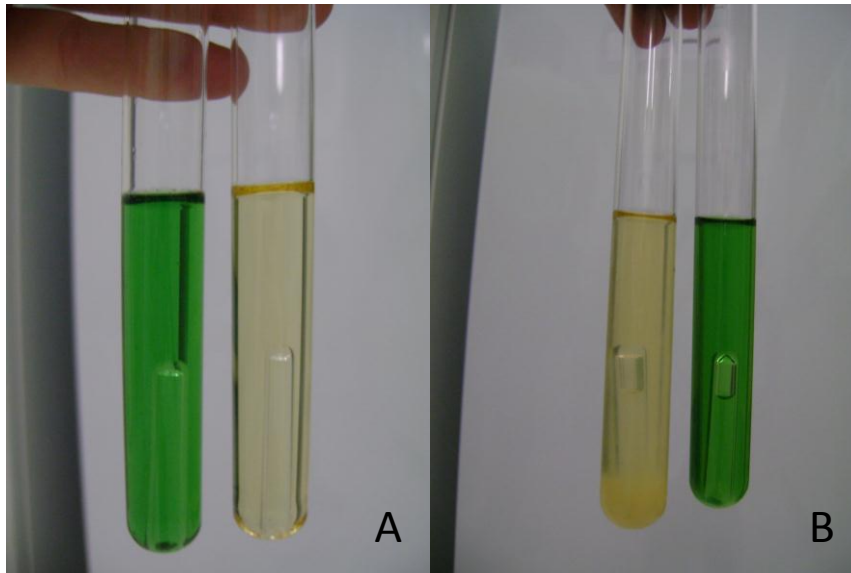


Figura 5. Imagem de tubos contendo EC e VB, utilizados no teste confirmativo de Coliformes Totais e Termotolerantes na análise de NMP/ 100 mL da água do rio Jucu. Tubos negativos de EC e VB sem produção de gás (A), e tubos positivos de VB e EC com produção de gás (B).

3.6 Detecção de *Enterococcus*

No teste presuntivo para *Enterococcus*, foi utilizada a técnica dos tubos múltiplos, empregando-se series de três tubos de ensaio, com 10 mL do Caldo Dextrose Azida (CDA). Posteriormente, os tubos foram incubados em estufa bacteriológica a 35°C por 24/48h. Considerou-se positiva a amostra que apresentou formação de gás no interior do tubo.

3.7 Unidades Formadoras de Colônias (UFC)

Para a quantificação das bactérias, foi utilizado o método de Unidades Formadoras de Colônias (UFC's), onde alíquotas de 0,10 mL de cada diluição foram colocadas em pequenas placas de Petri contendo meios ágar nutriente (AN) para identificação de bactérias heterotróficas. Após isso, as alíquotas foram espalhadas com alça de Drigalsky até secar. As placas foram armazenadas em estufa a uma

temperatura de 37°C, até o aparecimento das colônias de bactérias. Depois do crescimento das colônias, foram analisadas a quantidade de UFC's (APHA, 2005).

3.8 Coloração de Gram

A coloração de Gram foi realizada a partir de bactérias isoladas pelo método de UFC. Para o preparo do esfregaço, foi suspensa com alça bacteriológica flambada uma pequena porção de amostra bacteriana em uma gota de solução salina 0,85% sobre uma lâmina. Em seguida, esse material foi flambado rapidamente em chama de bico de Bunsen para a fixação da amostra. Junto a amostra fixada, foi aplicado corante cristal violeta por um minuto, após esse tempo retirou-se o excesso do corante com água deionizada. O passo seguinte foi a fixação da lâmina com lugol, também por um minuto, o excesso foi retirado com água deionizada. Depois, com a lâmina inclinada, foi despejado álcool puro para remover o complexo cristal violeta-lugol de células gram-negativas, porém com o devido cuidado de não exceder o tempo de cinco minutos, pois o descolorizador poderia remover o corante cristal violeta das células gram-positivas. Em seguida, a lâmina foi novamente enxaguada com água deionizada. Assim, o próximo passo foi a aplicação do corante secundário safranina por 30 (trinta) segundos, e, novamente, usou-se água deionizada para retirar o excesso, que dessa vez foi de corante. Para leitura das lâminas foi utilizada a microscopia óptica, no aumento de 1000 vezes com o auxílio do óleo de emersão. As bactérias Gram-positivas têm coloração roxo escuro, já as Gram-negativas apresentam coloração mais rosado. (Figura 06).

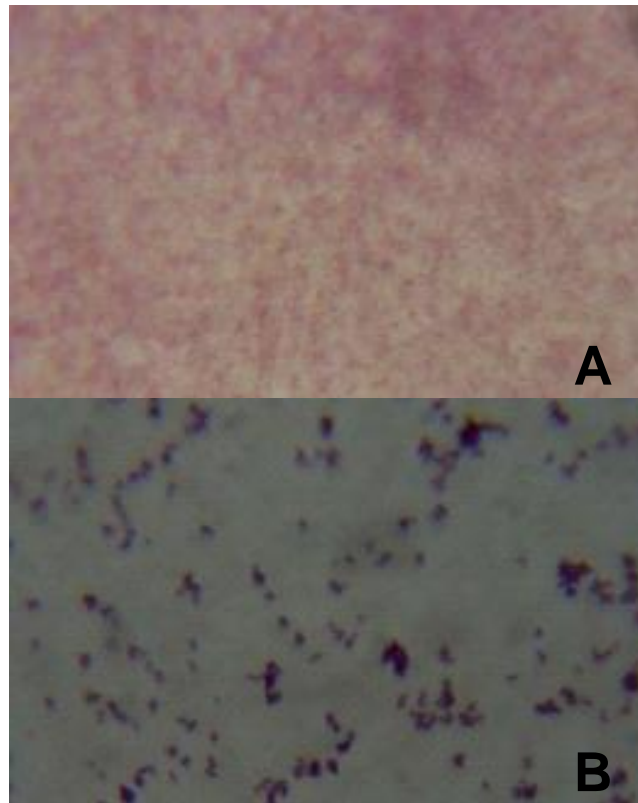


Figura 6. Lâminas obtidas pela coloração de Gram das bactérias isoladas do rio Jucu. Diferenciação de Gram-Negativa (A),e Gram Positiva (B) encontradas nas amostras.

3.9 Parâmetros físico e químicos da água

As seguintes variáveis ambientais foram analisadas mensalmente em cada ponto de amostragem: temperatura da água, salinidade, condutividade, pH e oxigênio dissolvido. Todas as variáveis foram medidas em campo. Temperatura da água, condutividade, salinidade, pH e oxigênio dissolvido foram medidos utilizando-se o analisador de multiparâmetro HANNA 9828, equipado com sonda multifunção. (APHA, 2005).

3.10 Análise química da água

As análises dos nutrientes totais (Fe, Na, K, Ca, Mg) foram realizadas durante os dose meses de coleta. Já as análises de metais pesados (Cádmio, Chumbo, Cobre, Mercúrio e Zinco) foram realizadas uma vez por semestre. As análises acima foram feitas no laboratório da Universidade Rural do Rio de Janeiro.

3.11 Análise estatística

Os dados foram analisados pelo teste de kruskal-Wallis e Turkey não paramétrico com 5 % de significância. Os teste estatísticos acima foram utilizados, depois de uma análise prévia sobre normalidade pelo teste Kappa (K^2) pois os dados obtidos neste trabalho não são nomais.

Além dos testes acima, foi realizada uma análise de componetes principais (PCA) com matriz de correlação com as variáveis físicas, químicas e micribiológicas para verificar quais parâmetros interferem em cada ponto de coleta. Para análise dos parâmetros físico e químicos, foi realizado uma análise de correlação de Spearman entre as variáveis.

Em todas as análises foram comparadas estações do ano e pontos amostrais.

4. RESULTADOS

4.1 Avaliação da qualidade da água

Os resultados microbiológicos de Coliformes Totais, Termotolerantes, Bactérias Heterotróficas e *Enterococcus* não apresentaram variações temporais, apresentando diferenças somente entre os pontos.

Os valores encontrados para Coliformes Totais variaram significativamente entre os pontos amostrados ($H= 86,17$, $gl=9$; $p=0,001$) (Figura 7). Essa variação vai de 11 a >1600 NPM/100 mL. Em todo período analisado, os pontos 7 (Araças) e 8 (Santa Paula) mantiveram valores de >1600 NPM/100 mL (Figura 7).

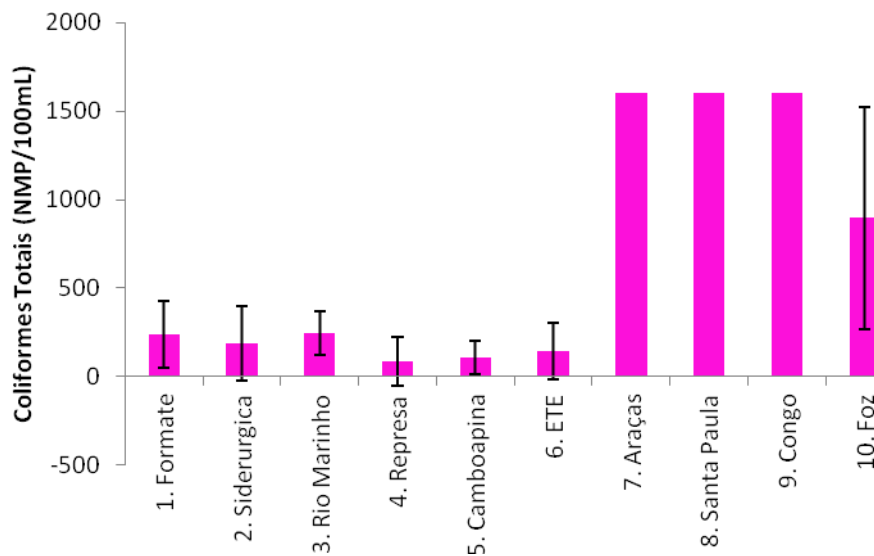


Figura 7. Número mais provável (NMP) de Coliformes Totais por 100 mL nos 10 pontos amostrais, localizados ao longo do curso do trecho final do Rio Jucu, de abril de 2010 a abril de 2011.

Os resultados da quantificação de Coliformes Termotolerantes mostraram variações significativas entre os pontos amostrados ($H= 78,89$; $gl=9$; $p=0,001$). Os valores superiores a >1600 NPM/100 mL foram encontrados nos pontos 7 (Araças), no ponto 8 (Santa Paula) e ponto 9 (Congo). Valores inferiores a 1600 NPM/100 mL foram encontrados nos demais pontos. Em geral, os pontos 7 (Araças), 8 (Santa Paula) e 9 (Congo) apresentaram valores elevados de Coliformes Termotolerantes em mais de 90% das amostras analisadas no estudo (Figura 8).

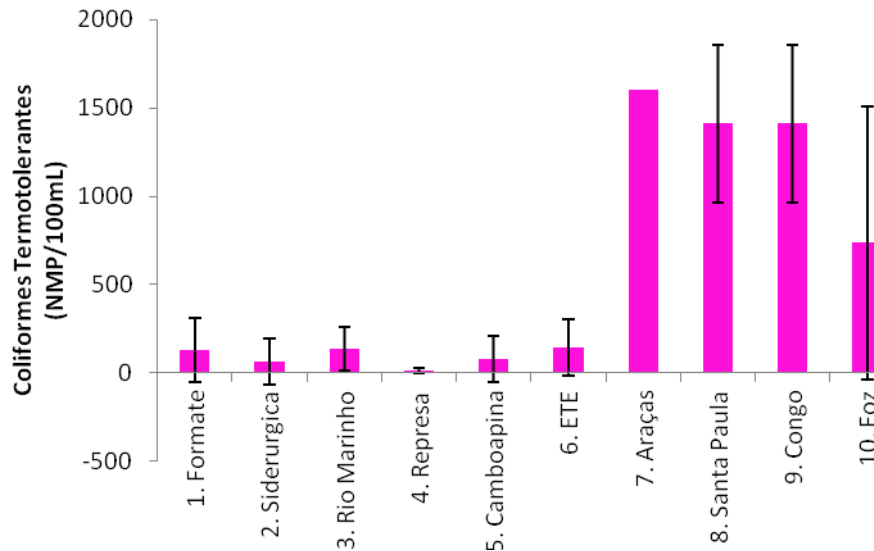


Figura 8. Número mais provável (NMP) de Coliformes Termotolerantes por 100mL nos 10 pontos amostrais, localizados ao longo do curso do trecho final do Rio Jucu, de abril de 2010 a abril de 2011.

4.2 Análise de *Enterococcus*

Os resultados da quantificação de *Enterococcus* mostraram variações significativas nos pontos amostrados ($H= 118,54$; $gl=9$; $p=0,001$). Valores superiores a >1600 NPM/100 mL foram encontrados nos pontos 7 (Araças) e 9 (Congo) e 8 (Santa Paula). Nos demais pontos não foram detectados *Enterococcus* (Figura 9).

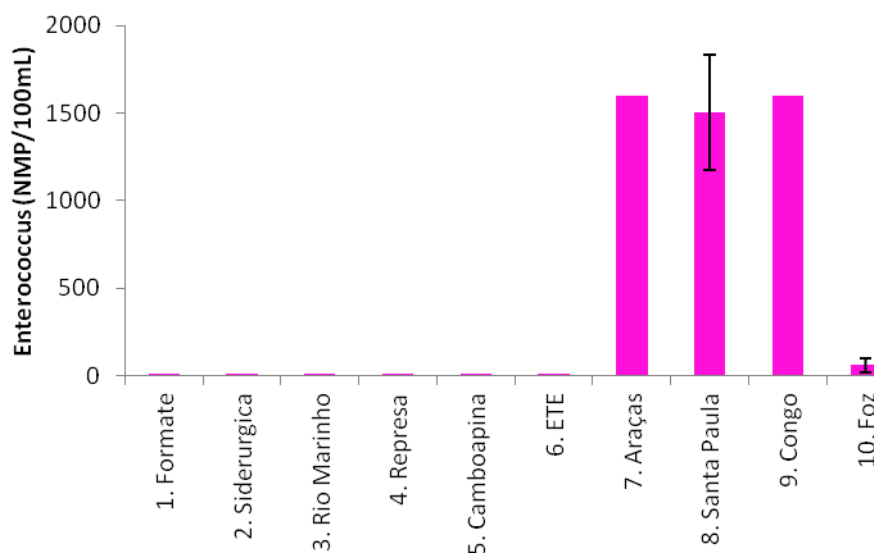


Figura 9. Número mais provável (NMP) de *Enterococcus* por 100mL nos 10 pontos amostrais, localizados ao longo do curso do trecho final do Rio Jucu, de abril de 2010 a abril de 2011.

4.3 Bactérias heterotróficas

Os resultados obtidos na quantificação de bactérias heterotrófica foram elevados (todos acima de 500 UFC/100 mL) em todo períodos amostral e apresentaram diferenças significativas entre os pontos amostrados ($H= 54,44$; $gl=9$; $p=0,001$)

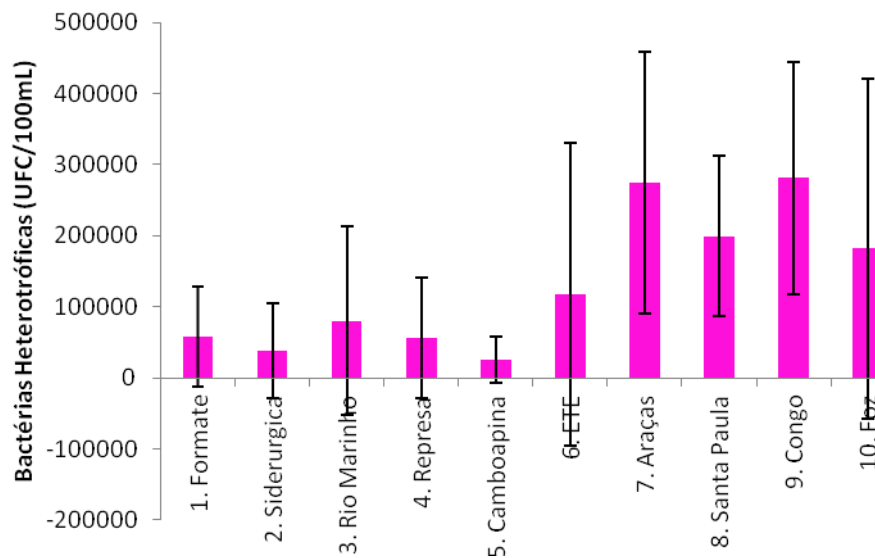


Figura 10. Quantificação das bactérias heterotróficas pelo método de unidade formadora de colônia (UFC) nos 10 pontos amostrais, localizados ao longo do curso do trecho final do Rio Jucu, de abril de 2010 a abril de 2011.

4.4 Coloração de Gram

As bactérias morfologicamente diferentes foram isoladas e estriadas a partir da análise de UFC, foi realizada a coloração de Gram das mesmas, como demonstrado na Figura 10. Dos resultados obtidos, 73,3% das bactérias analisadas foram gram-positivas e 26,7% gram-negativa (Figura 11).

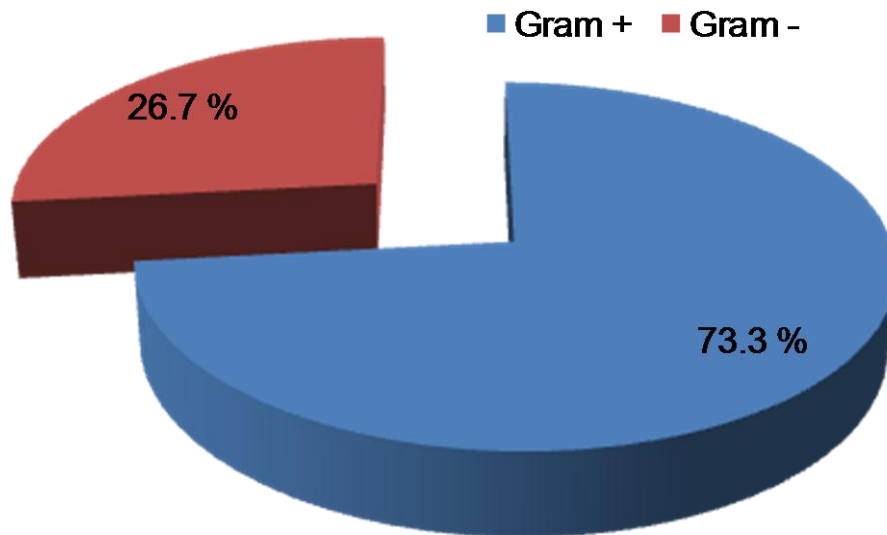


Figura 11. Análise da coloração de Gram das bactérias isoladas a partir da análise de UFC/ 100 mL, para quantificação de bactérias Gram-positivas e Gram-negativas.

4.5 Parâmetros físicos e químicos da Água

As temperaturas foram mais elevadas no verão (26° e 28°) e mais baixas no inverno (20° a 23°), (Tabela 2).

Os valores do pH oscilaram entre 5,28 e 7,37 ao longo dos pontos. Os pontos que apresentaram valores abaixo de 6,0 são considerados impróprios segundo a resolução do CONAMA 357/2005, que estabelece o pH das águas na faixa entre 6,0 e 9,0. Os maiores valores foram encontrados nos pontos 8 (Santo Paula) e 9 (Congo) com pH 7,36 e 7,08, respectivamente, no Inverno, e nos pontos Araçás e Santa Paula, com pH 7,18 e 7,11, respectivamente, no Verão de 2011 (Tabela 2). Por outro lado, os menores valores (5,41 a 5,92) foram encontrados nos pontos Represa e Camboapina. No ponto Metalúrgico no Inverno, Primavera e Verão 2010.

Os valores da condutividade elétrica oscilaram entre 32,50 e 12.545,00 $\mu\text{S cm}^{-1}$, sendo os maiores valores nos pontos Santa Paula, Congo e Foz no verão e na primavera (Tabela 2). Os menores valores foram encontrados nos pontos Formate, Siderúrgica, Rio Marinho, Camboapina, ETE e Araçás em todas as estações, porém somente o ponto ETE apresentou valores inferiores a 100 $\mu\text{S cm}^{-1}$ em todas as estações analisadas.

Os valores de oxigênio dissolvido oscilaram de 0,27 a 7,38 mg/L. Deve-se ressaltar que o ponto ETE apresentou valores superiores a 5 mg/L em todas as estações analisadas. O ponto Represa se manteve dentro da faixa recomendada, porém na Primavera, apresentou valor aproximando de 4,7 mg/L (Figura 15). Já o ponto Siderúrgica apresentou valores satisfatórios no Outubro (6,96 mg/L) Primavera, e Verão (Tabela 2).

Os pontos Formate, Rio Marinho, Camboapina, Araçás Santa Paula e Congo apresentaram valores inferiores a 2 mg/L em todas as estações amostrados. O ponto Foz apresentou valores acima de 5 mg/L, no Outono, Primavera e Inverno, já no Verão os valores foram inferiores a 4 mg/L, ficando fora dos padrões estabelecidos pela resolução do CONAMA 357/05.

Os valores de salinidade oscilaram de 0,01 a 5,74%. A Resolução CONAMA 357/05 classifica os corpos hídricos de acordo com a salinidade, define como água doce ($\leq 0,5\%$), salobra (0,5 - 30%) e salina ($>30\%$). Os pontos Araçás, Santa Paula e Congo apresentaram valores elevados de salinidade e se enquadram como água salobra devido a sua proximidade com a água do mar.

O ponto Foz também apresentou valores elevados de salinidade (Tabela 2) por se tratar de um ponto do rio que recebe grande influência da água do mar e é caracterizado como um estuário. Os maiores valores de salinidade analisados durante as estações também foram encontrados em Araçás, Santa Paula, Congo e Foz (Tabela 2). Os menores valores de salinidade, localizados nos demais pontos, podem ter suas águas classificadas como “água doce” de classe 2, segundo a Resolução CONAMA 357/2005.

Tabela 2. Valores máximos e mínimos das variáveis físicas e química da água dos 10 pontos amostrais do ao longo do curso do trecho final do Rio Jucu, nas estações de outono, inverno e primavera de 2010 e verão do ano de 2011

Ponto	Variáveis	Outono		Inverno		Primavera		Verão	
		Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín
Formate	Temp.	5,80	23,10	22,30	21,20	25,31	22,19	7,76	27,60
	pH	6,68	6,06	6,44	6,05	6,17	6,00	6,41	6,06
	Cond.	150,50	57,00	194,00	153,00	272,00	128,00	167,50	111,50
	Sal.	0,08	0,07	0,09	0,08	0,13	0,06	0,08	0,05
	OD	0,47	0,35	0,42	0,27	3,40	0,43	1,64	0,42
Siderúrgica	Temp.	25,98	22,84	22,28	20,53	25,91	22,47	28,24	26,53
	pH	6,40	5,85	6,44	5,84	6,13	5,60	6,63	5,72
	Cond.	46,50	134,00	147,50	142,00	161,00	44,00	109,00	32,50
	Sal.	0,07	0,02	0,07	0,07	0,08	0,02	0,05	0,01
	OD	1,59	0,87	1,20	0,74	6,96	0,57	6,31	4,38
Rio Marinho	Temp	25,49	23,39	22,53	20,89	25,38	22,95	27,49	27,19
	pH	6,62	5,94	6,31	6,12	6,37	6,07	6,34	6,19
	Cond	152,50	106,00	273,00	228,00	568,00	134,00	191,00	151,00
	Sal.	0,09	0,07	0,13	0,11	0,27	0,06	0,09	0,07
	OD	1,42	0,40	0,59	0,38	0,43	0,31	1,38	0,6
Represa	Temp.	24,77	23,75	22,62	21,87	24,13	22,85	27,95	27,0
	pH	5,97	5,78	5,99	5,76	6,19	5,28	6,68	5,8
	Cond.	131,00	66,00	132,50	99,50	132,50	74,00	113,50	62,50
	Sal.	0,07	0,05	0,06	0,05	0,06	0,03	0,05	0,03
	OD	6,53	6,06	6,66	5,74	7,99	4,74	6,24	5,74
Camboapina	Temp.	26,48	22,88	21,91	20,68	24,76	22,07	27,81	27,07
	pH	5,97	5,64	5,75	5,63	5,91	5,41	7,15	6,17
	Cond.	181,50	83,00	182,50	96,00	173,00	73,00	160,50	47,00
	Sal.	0,09	0,05	0,09	0,05	0,08	0,03	0,08	0,02
	OD	1,05	0,34	1,89	1,98	1,04	0,33	2,73	1,38
ETE	Temp.	24,35	22,05	21,40	24,74	20,30	22,60	28,13	27,14
	pH	6,61	5,80	6,34	6,03	6,40	6,05	6,96	5,99
	Cond.	54,50	52,00	61,50	49,00	74,00	48,00	62,00	55,00
	Sal.	0,03	0,28	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,28
	OD	6,99	5,83	7,55	7,29	7,47	5,45	5,90	5,52
Araças	Temp.	6,92	24,97	24,60	23,57	25,24	24,08	27,97	27,11
	pH	6,77	6,06	6,69	6,46	6,60	6,26	7,18	6,25
	Cond.	1756,00	318,00	2252,50	1749,50	1621,00	356,50	1295,50	209,50
	Sal.	0,89	0,64	1,16	0,89	0,82	0,17	0,64	0,10
	OD	1,02	0,28	0,33	0,22	3,25	0,36	4,52	3,85
Santa Paula	Temp.	25,45	22,86	24,03	21,97	24,56	23,09	27,53	27,31
	pH	6,85	5,99	7,36	6,71	6,69	6,63	7,11	6,32
	Cond.	491,00	221,00	1139,50	457,50	4994,00	337,50	7819,00	271,50
	Sal.	4,31	0,18	0,57	0,22	2,68	0,16	4,31	0,13
	OD	5,99	2,59	1,93	1,37	4,94	2,63	4,46	3,16
Congo	Temp.	26,62	23,80	23,73	21,85	24,73	23,13	26,03	25,79
	pH	0,86	6,03	7,08	6,62	6,96	6,45	6,95	6,29

Continuação da Tabela 2

Ponto	Variáveis	Outono		Inverno		Primavera		Verão	
		Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín
Foz	Cond.	2407,00	1189,00	7029,50	2554,50	8265,00	1327,50	2951,00	785,50
	Sal.	18,22	1,02	3,88	1,32	4,59	0,66	18,22	0,39
	OD	0,64	0,27	0,37	0,20	0,72	0,27	2,17	0,34
	Temp.	25,15	22,52	22,08	20,78	24,72	22,46	27,19	26,76
	pH	6,60	5,56	6,59	6,34	6,49	6,04	6,64	5,60
	Cond.	459,50	355,00	5033,50	390,00	6890,00	286,00	12545,00	144,00
	Sal.	7,17	0,19	2,72	0,21	3,79	0,14	7,17	0,07
	OD	5,83	4,04	6,46	5,89	5,85	4,34	4,67	3,46

Entre os pontos amostrados, os parâmetros físico e químicos apresentaram baixa correlação entre si. Já os parâmetros biológicos, como Coliformes Termotolerantes, Totais e *Enterococcus* apresentaram forte correlação que pode ser explicada pelo fato destes microrganismos estarem presentes em grande quantidade na poluição do ambiente por fezes (Tabela 3).

Tabela 3. Correlações de Spearman entre os microrganismos e as variáveis ambientais. Valores de r entre 0 a 0,2 não apresentam correlação, entre 0,3 e 0,5 apresentam uma baixa correlação; entre 0,6 e 0,7 correlação moderada e maior que 0,7 uma forte correlação.

	Termo	Totais	BH	Entero	Temp	pH	Cond	OD	Sal
Termo									
Totais	0,90								
BH	0,38	0,44							
Entero	0,79	0,85	0,48						
Temp	0,09	0,07	-0,18	0,15					
pH	0,44	0,52	0,38	0,53	0,14				
Cond	0,39	0,35	0,19	0,34	0,09	0,40			
OD	-0,14	-0,13	-0,08	-0,26	-0,05	-0,07	-0,06		
Sal	0,41	0,37	0,14	0,34	0,14	0,21	0,76	-0,09	

4.6 Análise química da água

Nas análises químicas realizadas na água, os elementos potássio, sódio, cálcio e magnésio apresentaram comportamentos similares. As maiores concentrações destes nutrientes foram encontradas nos pontos Araças, Santa Paula, Congo e Foz, e as menores concentrações foram encontrados entre os pontos Formate e ETE, em todas as estações analisadas (Figura 12 e 18). (Figura 13).

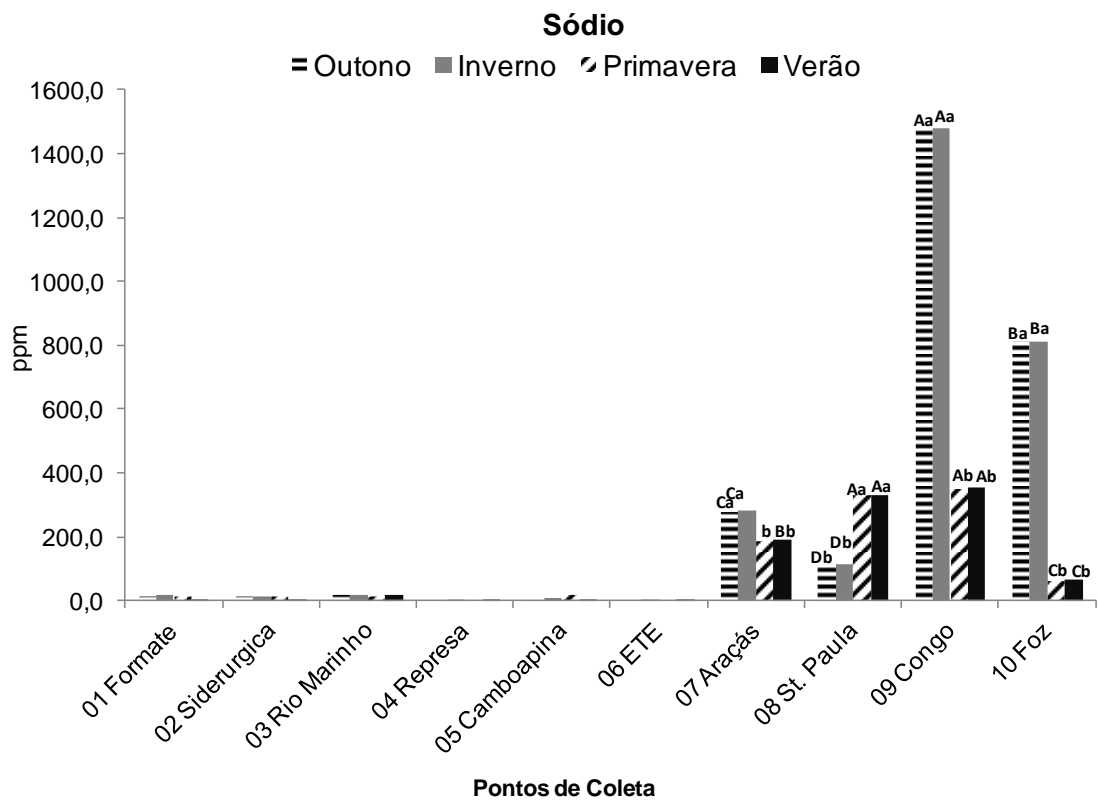
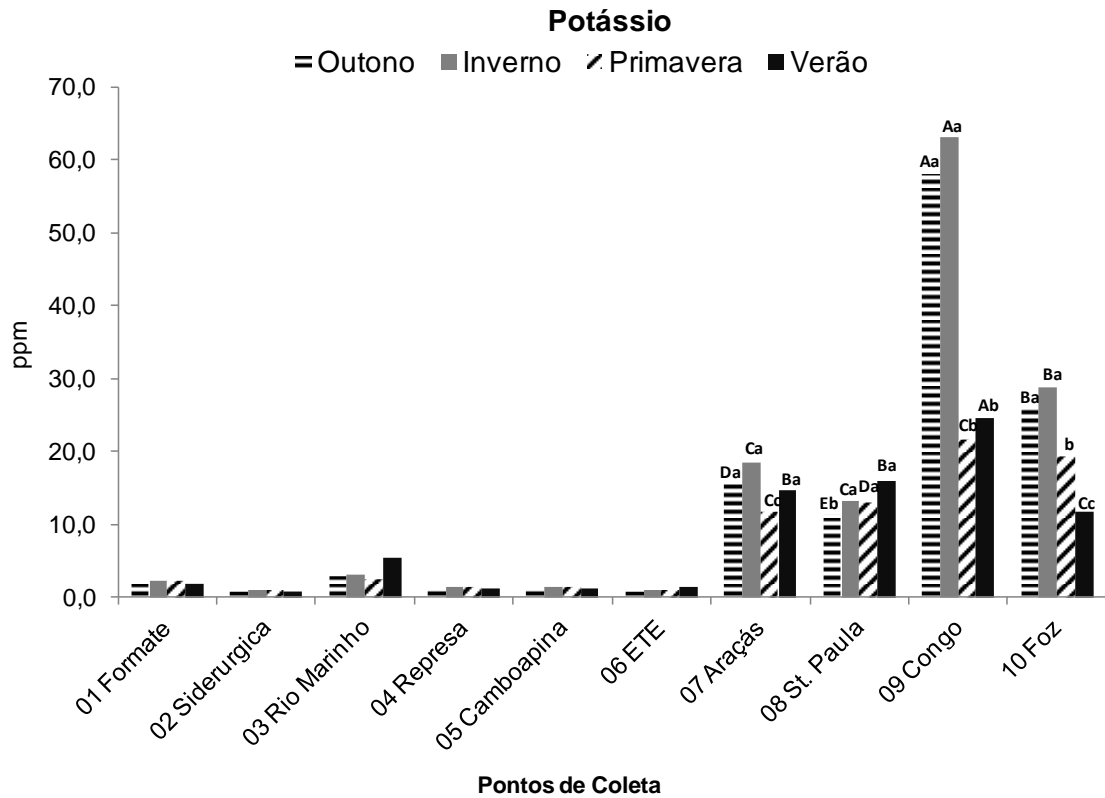


Figura 12. Concentrações de potássio e sódio na água dos 10 pontos de coleta localizados ao longo do curso do trecho final do Rio Jucu, nas estações de outono, inverno, primavera de 2010 e verão do ano de 2011. Médias com letras iguais não são estatisticamente diferentes.

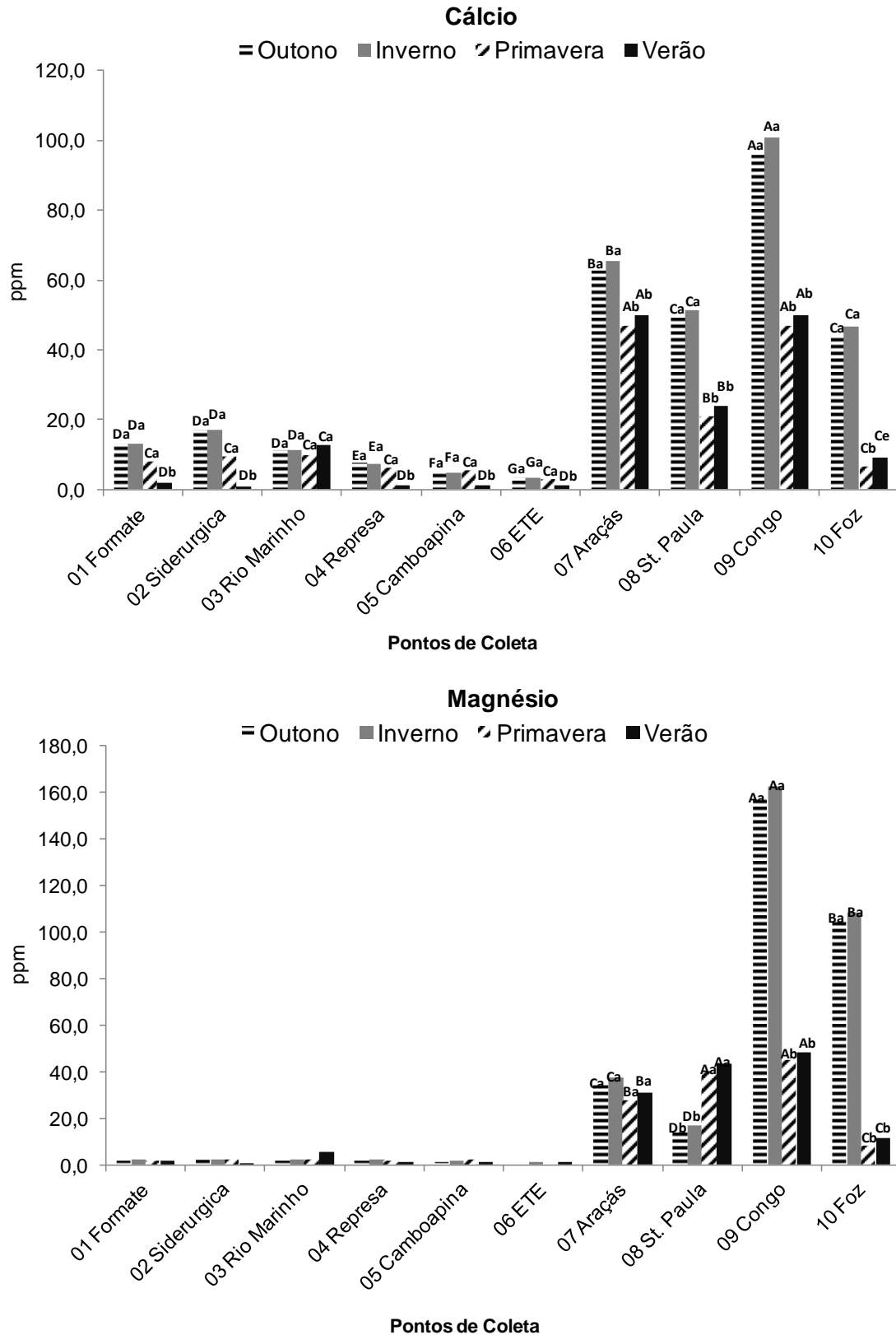


Figura 13. Concentrações de Cálcio e Magnésio na água dos 10 pontos de coleta localizados ao longo do curso do trecho final do Rio Jucu, nas estações de outono, inverno, primavera de 2010 e verão do ano de 2011. Médias com letras iguais não são estatisticamente diferentes.

As concentrações de Cobre na água dos pontos Araças e Santa Paula estiveram acima dos limites aceitáveis no outono e no inverno, no ponto Congo valores acima dos permitidos foram encontrados no outono, inverno e verão, na primavera os valores encontrados ficaram no limite dos aceitáveis. O ponto Foz apresentou, no outono, inverno e verão valores acima dos limites aceitáveis, independente da definição ou classe (Figura 14, Tabela 4).

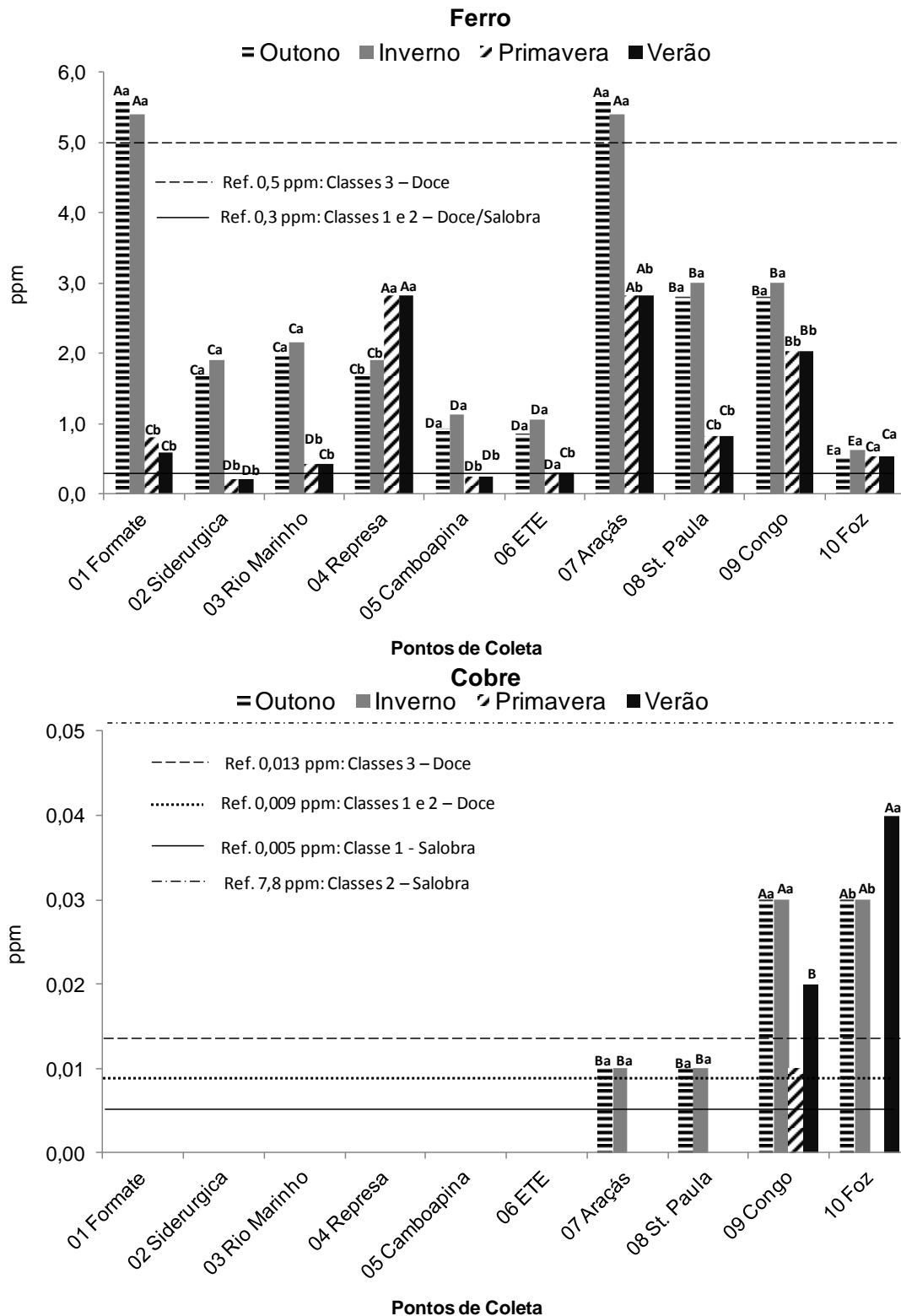


Figura 14. Concentrações de Ferro e Cobre na água dos pontos de água dos 10 pontos de coleta localizados ao longo do curso do trecho final do Rio Jucu, nas estações de outono, inverno, primavera de 2010 e verão do ano de 2011. Médias com letras iguais não são estatisticamente diferentes.

Tabela 4. Enquadramento das águas dos diferentes pontos de coleta segundo a salinidade, estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005.

Ponto	Definição
01 Formate	Água Doce
02 Siderurgica	Água Doce
03 Rio Marinho	Água Doce
04 Represa	Água Doce
05 Camboapina	Água Doce
06 ETE	Água Doce
07 Araçás	Água Salobra
08 St. Paula	Água Salobra
09 Congo	Água Salobra
10 Foz	Água Salobra

As concentrações de Manganês apresentaram-se elevadas nos pontos Formate (Outono, Inverno e Primavera), Siderúrgica (Primavera), Rio Marinho (Inverno, Primavera e Verão), Represa (todas as estações) e Camboapina (Primavera e Verão), estes pontos foram definidos como água doce, e Araçás em (todas as estações) e Congo (Outono e Inverno), classificados como água salobra durante as análises (Figura 15). O metal zinco foi detectado apenas no mês de novembro em todos os pontos, exceto Rio Marinho, porém seus valores foram abaixo dos estabelecidos pela resolução do CONAMA 357/05, não apresentando risco.

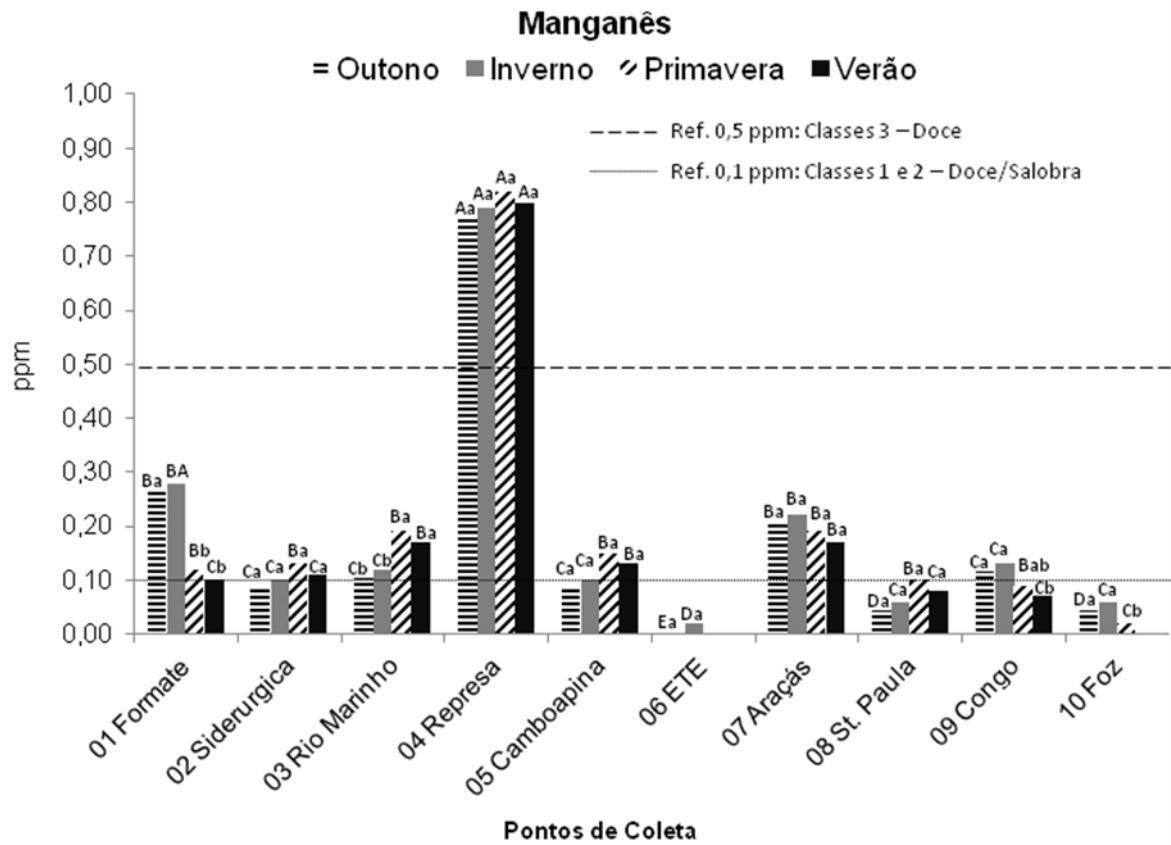


Figura 15. Concentrações de Manganês na água dos 10 pontos de coleta localizados ao longo do curso do trecho final do Rio Jucu, nas estações de outono, inverno, primavera de 2010 e verão do ano de 2011. Médias com letras iguais não são estatisticamente diferentes.

Com base nas Tabelas 5 e 6 podemos concluir que os pontos com maior presença dos metais Chumbo, Cádmio e Mercúrio estão localizados no trecho terminal do curso do rio.

Tabela 5. Padrões referenciais da qualidade de água baseados na concentração de íons disponíveis, segundo definição e classe estabelecidas pela resolução Conama 357/2005.

mg/L	Água Doce			Água Salobra		
	Classe					
	1	2	3	1	2	3
Ferro	0,3	0,3	5,0	0,3	-	-
Manganês	0,1	0,1	0,5	0,1	-	-
Zinco	0,18	0,18	5,0	0,09	0,12	-
Cobre	0,009	0,009	0,013	0,005	7,8	-
Chumbo	0,01	0,01	0,033	0,01	0,210	-
Cádmio	0,001	0,001	0,01	0,005	0,04	-

Tabela 6. Concentrações dos metais Chumbo, Cádmio e Mercúrio em junho e novembro de 2010 em amostras de água dos pontos de coleta. Concentrações expressas em partes por milhão (ppm).

Ponto	Junho			Novembro		
	Pb ⁺²	Cd ⁺²	Hg ⁺²	Pb ⁺²	Cd ⁺²	Hg ⁺²
01 - Formate	<0.001	0.0001	<0.0001	<0.001	0.0001	<0.0001
02 - Siderúrgica	<0.001	0.0001	<0.0001	<0.001	0.0001	<0.0001
03 - Rio Marinho	<0.001	0.0001	<0.0001	<0.001	0.0001	<0.0001
04 - Represa	<0.001	0.0001	<0.0001	<0.001	0.0001	<0.0001
05 - Camboapina	<0.001	0.0001	<0.0001	<0.001	0.0001	<0.0001
06 - ETE	<0.001	0.0001	<0.0001	<0.001	0.0001	<0.0001
07 - Araçás	0.004	0.0040	<0.0001	0.001	0.0002	<0.0001
08 - St. Paula	0.004	0.0040	<0.0001	0.002	0.0002	<0.0001
09 - Congo	<0.001	0.0001	<0.0001	<0.001	0.0002	<0.0001
10 - Foz	0.002	0.0001	<0.0001	0.001	0.0001	<0.0001

Através da PCA, podemos visualizar uma separação visível de dois grupos. Do lado esquerdo, foi possível visualizar o agrupamento dos pontos menos impactados, e do lado direito o agrupamento dos pontos mais impactados. Os parâmetros temperatura, condutividade elétrica, salinidade, pH, oxigênio dissolvido, Ferro, Cobre, Sódio, Potássio, Magnésio, Coliformes Totais, Termotolerantes, *Enterococcus* e Bactérias Heterotróficas, estão correlacionados com os pontos mais impactados com explicabilidade de 52,32 % (Figura 16).

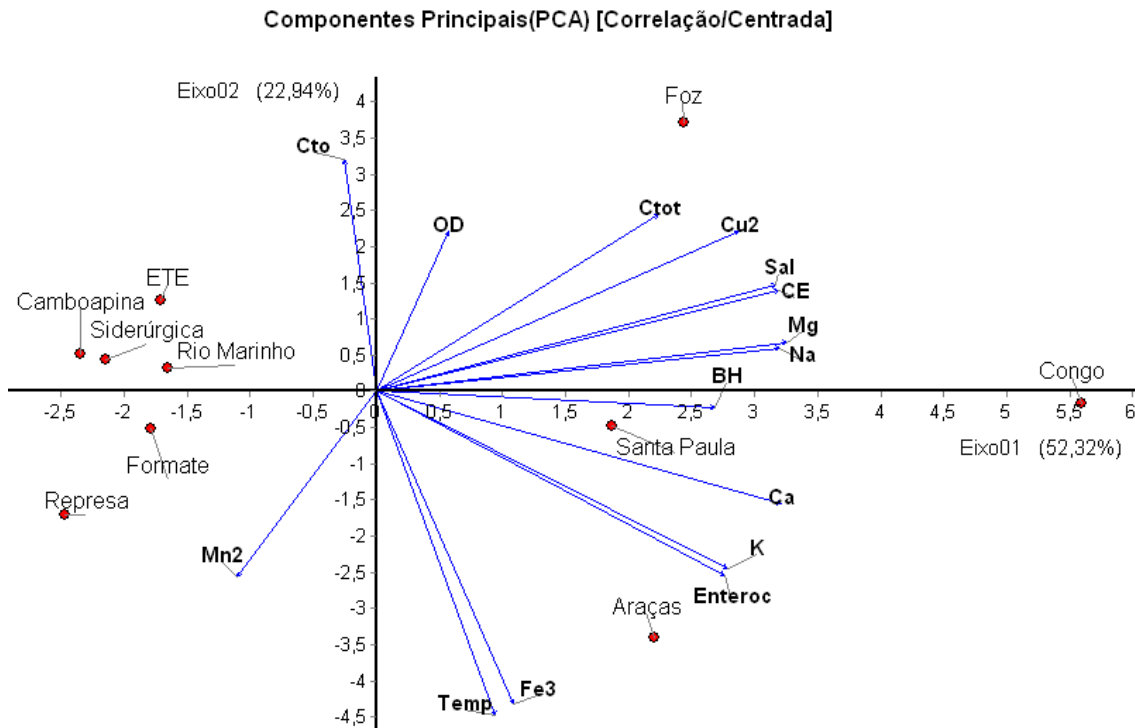


Figura 16. Utilização do PCA uma análise multivariada, para explicar a correlação entre os pontos e as variáveis analisadas. Formate (For), Siderurgica (Sid), Rio Marinho (Rmar), Represa (Rep), Camboapina (Cam), ETE, Araças (Ara), Santa Paula (SPau), Congo (Con) e Foz. Salinidade (Sal), Temperatura (Temp), Oxigênio Dissolvido (OD), Condutividade Elétrica (CE), Potencial Hidrogeniônico (pH). Bactérias Heterotróficas (BH), Coliformes Totais (Cto), Coliformes Termotolerantes (Ctot), *Enterococcus* (Enteroc). Ferro (Fe), Cálcio (Ca), Sódio (Na), Magnésio (Mg), Manganês (Mn). Cobre (Cu), Potássio (K).

5. DISCUSSÃO

A Mata Atlântica é um dos mais diversificados Biomas brasileiros, e um dos mais ameaçados em todo o mundo. A exploração dos recursos naturais pelo homem, juntamente com o crescimento urbano e o aumento na quantidade de efluentes produzidos, intensificaram o processo de degradação, dos rio encontrados neste bioma (Oliveira e Callisto 2010).

O biomonitoramento de rios tem sido utilizado como medida de identificação e avaliação da extensão dos impactos neste ecossistema, através de indicadores biológicos, químicos e físicos (Silveira, 2004).

A análise microbiológica da água de rio é muito importante, já que a elevada presença de microrganismos nesse ecossistema indica presença de grande quantidade de matéria orgânica. Outro fator importante é o estabelecimento de um bioindicador que se adapte bem ao ambiente impactado (Silveira, 2004).

Os Coliformes totais não são mais utilizados como indicadores de qualidade microbiológica de sistemas hídricos, porém os elevados valores encontrados neste estudo são preocupantes, necessitando assim de uma maior atenção em estudos posteriores .

Segundo Cunha et al (2004), alterações na qualidade da água são oriundas, de fato, a várias causas simultâneas, decorrentes de condicionantes naturais e de ações antrópicas, principalmente, como o aumento da densidade populacional. Dentre as perturbações humanas destacam-se os efluentes oriundos de esgoto, que estão vinculados às atividades urbanas e industriais. Amaral et al (2003), relata que elevados valores de Coliformes Termotolerantes evidenciam um grande risco à saúde humana, e sugere que esses pontos sejam prioritários à recuperação e ao tratamento da qualidade microbiológica da água. Nesse trabalho, os efluentes oriundos de esgoto doméstico e industrial, lançados no rio Jucu, emergem fortemente como um dos mais importantes fatores relacionados às alterações observadas na qualidade microbiológica, uma vez que os pontos que apresentaram maiores valores de Coliformes Totais e Termolerantes localizam-se próximos a lançamentos de efluetes (Figura 8). Geralmente, elevadas concentrações de Coliformes Totais e de Termotolerantes em rios correlacionam com os despejos de efluentes lançados de efluentes domesticos “in natura” (Oliveira et al. 2002; Vieira e Façanha, 1994; Almeida et al. 2004).

Podemos constatar que os pontos 7 (Araças), 8 (Santa Paula) e 9 (Congo), segundo a Resolução nº 357 do CONAMA (17/03/ 2005), são impróprios, uma vez que os corpos d'água com valores de coliformes termotolerantes acima de 1000 NMP/100 mL, em 80% das amostras analisadas, são considerados impróprios para uso quando destinados ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas, parques e jardins, à aquicultura e à atividade de pesca (CONAMA, 2005).

Neste estudo, os valores de bactérias heterotróficas, em todos os pontos analisados, estavam acima do permitido pela portaria 518/2004 do Ministério da Saúde. Curiosamente, as bactérias heterotróficas necessitam de carbono orgânico como fonte de nutriente, sendo então indicadores auxiliares da qualidade da água (Domingues et al., 2007). De acordo com Lutterback et al (2001), o aumento da quantidade de Bactérias Heterotróficas indica poluição orgânica do ambiente. Determinar a densidade de bactérias heterotróficas, tanto aeróbias quanto anaeróbias facultativas, é importante para investigar as condições higiênicas das águas e conferir a eficiência das etapas de tratamento de efluentes (Callisto et al., 2004). A maioria das bactérias heterotróficas não são patogênicas, porém a presença desses microrganismos também pode representar riscos à saúde, e deteriorar a qualidade da água, provocando o aparecimento de odores e sabores desagradáveis (Domingues et al., 2007).

Com base neste estudo, os níveis de bactérias heterotróficas podem ser considerados como bioindicadores da qualidade do rio Jucu. Essas bactérias necessitam de matéria orgânica para sobreviver, sendo assim, a alta concentração destes microrganismos indica poluição do local analisado (Callisto, et al., 2004, Cavalcante, Silva e Salgueiro, 1998). Apesar de não ser de origem fecal, as Bactérias Heterotróficas foram detectadas em altos níveis nos pontos com elevados índices de Coliformes Totais e Termotolerantes. Outra vantagem destes microrganismos em relação ao grupo dos coliformes é a sua capacidade de adaptação a ambientes impactados, uma vez que as bactérias do grupo Coliformes possuem curto período de sobrevivência na presença de luz solar e de íons cloreto (Oliveira, 2004). A técnica utilizada para indentificação de Bactérias Heterotróficas é de baixo custo, não necessita de grandes áreas amostrais e não requer equipamentos sofisticados.

Por outro lado, os níveis de *Enterococcus* foram elevados nos pontos Araças e Congo (1600 NMP/100mL) em todas as estações. O ponto Santa Paula, somente no inverno, apresentou valores inferiores a 1600 NMP/100mL. De acordo com CETESB (2004), altas densidades de *Enterococcus* em recursos hídricos indicam elevado nível de contaminação recente por esgotos, o que pode colocar em risco a saúde dos usuários (Pereira et al., 2006).

Com a coloração de Gram, foi possível afirmar que as bactérias encontradas não são somente Coliformes, uma vez que são caracterizados por serem bactérias gram-negativas. As bactérias gram-positivas são mais resistentes que as gram-negativas, pois possuem estruturas de resistências e podem se manter no ambiente por mais tempo. Além disso, tem se tornado uma grande preocupação entre os cientistas, pois veem se tornando bactérias problemas na terapêutica anti-infecciosa (Tortora et al., 2009; Tavares, 2000). Além de resistentes, as bactérias gram-positivas são muito utilizadas em programas de biorremediação.

A avaliação microbiológica apresenta algumas vantagens sobre os parâmetros físico e químicos, pelo fato dos microrganismos permanecerem no ambiente por um longo período de tempo, enquanto que os dados físico-químico, são medidos instantaneamente na natureza, necessitando de um grande número de medições a fim de uma análise mais precisa (Silveira, 2004; Morais et al., 2010).

A análise dos parâmetros físico e químicos é uma técnica tradicional e a mensuração destes parâmetros fornece informações sobre os rios, já que suas concentrações são alteradas devido a impactos causados por poluição doméstica ou industrial (Oliveira, 2004)

A temperatura é um parâmetro muito importante, pois pode interferir em reações químicas e bioquímicas e alterar processos biológicos que ocorrem na água. Além disso, pode afetar o crescimento microbiológico, devido a faixas ideais de temperatura (Melo et al., 1990; Pratte-Santos, 2010). Ela também pode alterar o efeito de autodepuração da água, por acelerar o metabolismo dos microrganismos aquáticos e, conseqüentemente, aumentar o consumo de oxigênio necessário à respiração aeróbica (Vieira & Façanha, 1994).

Este parâmetro pH indica a condição de acidez, alcalinidade ou neutralidade da água e poderá influenciar em vários processos biológicos e químicos nos corpos d'água. Segundo von Sperling (1995), valores elevados de pH em sistemas hídricos podem estar associados à proliferação de vegetais em geral, pois, com o aumento

da fotossíntese, há consumo de gás carbônico e, portanto, aumento do pH. Segundo Almeida e Schwarzbald (2003), o pH é considerado uma das variáveis mais importantes e, ao mesmo tempo, mais difícil de interpretar, devido ao grande número de fatores que podem influenciar.

Valores elevados de condutividade elétrica foram encontrados nos pontos: Araças, Santa Paula Congo e Foz. Esses valores de condutividade podem ser explicados pela proximidade destes pontos com o mar. Outro fator que pode alterar esses valores, segundo Sardinha et al. (2008), é o lançamento de efluentes domésticos sem tratamento prévio nos rios. De acordo com CETESB (2001), ambientes que apresentam níveis superiores a $100 \mu\text{S cm}^{-1}$ indicam ambientes impactados. Para Esteves (1998), este parâmetro é de suma importância para ecossistemas aquáticos, eles fornecem informações significativas sobre o metabolismo aquático e o lançamento de efluentes poluidores.

O parâmetro oxigênio dissolvido apresentou valores abaixo de 4 mg/L em mais de 60% dos pontos amostrados. Os piores pontos foram Formate, Rio Marinho, Camboapina, Araças e Congo que apresentaram valores inferiores a 2 mg/L em todo período amostral. O ponto Santa Paula só apresentou valores satisfatórios no mês de abril de 2010. Almeida et. al. (2004) e Sardinha et.al. (2008) encontraram, em seus estudos, valores de oxigênio dissolvido inferiores a 4 mg/L, isso indica um provável consumo deste gás por causa do metabolismo microbiano e do excesso de matéria orgânica proveniente de efluentes domésticos, já que esses microrganismos necessitam de oxigênio para sua decomposição, o que ocasiona uma depleção do oxigênio dissolvido

Maiores valores de salinidade, analisados durante as estações, foram encontrados em Araças, Santa Paula, Congo e Foz. Estes pontos constituem o estuário, que, de acordo com Pritchard (1967), são corpos d'água costeiros restritos conectados livremente com o oceano, nos quais a água tem uma boa capacidade de diluição com a água doce, oriunda da drenagem continental. Segundo Kummrow et al (2006), "estuários são ecossistemas dinâmicos e produtivos de imenso valor ecológico à compreensão do transporte e da distribuição dos contaminantes". A principal importância ecológica deste ambiente é o carreamento de matéria orgânica advinda da decomposição a partir do processo de intemperismo dos continentes em direção aos oceanos e pela presença de muitas espécies de plantas e animais que, em alguma etapa do seu ciclo de vida, utilizam este ambiente para o seu desenvolvimento (Schettini, 2002; Poersch et al., 2006).

Os metais são os contaminantes mais comuns das águas e sua origem pode ser natural ou antrópica (Corbi et al.,2006).

A determinação de metais na água dos pontos analisados ao longo do curso do rio Jucu mostra interessantes oscilações nas disponibilidades de metais, porém acreditamos que estas análises devam ser realizadas, pelo menos, por 08 meses consecutivos para avaliar o real comportamento. Isso porque os parâmetros de concentração de metais como chumbo, mercúrio e cádmio são fiscalizados pelas resoluções CONAMA 357/2005. A tabela 6 mostra os padrões referenciais da qualidade de água, baseados na concentração de metais disponíveis, segundo definição e classe estabelecidas pela resolução CONAMA 357/2005.

Altas concentrações de Potássio, Cálcio e Magnésio foram encontradas por Gonçalves et al. (2005) que atribui esse fato ao elevado índice de erosão e à elevada disponibilidade destes elementos no ambiente. O Potássio e o Cálcio, apesar de terem apresentado valores elevados nos pontos Araças, Santa Paula, Congo e Foz, não preocupam muito, pois, segundo Fellenberg (2009), não podem influenciar de maneira decisiva no crescimento de microrganismos na água, e, mesmo em altas concentrações, são considerados não tóxicos.

Os resultados das análises de metais na água mostraram elevadas concentrações de ferro em todos os pontos analisados, ou seja, muito acima dos limites aceitáveis pela resolução CONAMA 357/05. Resultados semelhantes foram encontrados por Corbi et al. (2006) que atribuiu este fato ao tipo de solo e à falta de cobertura vegetal que servem de barreira para a lixiviação. Além de fontes naturais de metais, as fontes antrópicas têm sido responsáveis por elevados níveis desses elementos nos corpos d'água, colocando em risco o equilíbrio ecológico desses sistemas (Esteves, 1998). O teor de Ferro solúvel foi considerado inadequado em todos os pontos analisados.

Os pontos Araças, Santa Paula, Congo e Foz apresentaram concentrações de Cobre acima dos aceitáveis em determinadas estações. Segundo Corbi et. al. (2006), a contaminação por este elemento pode ter origem nos esgotos domésticos e industriais ou na lixiviação de produtos agrícolas. Os resultados encontrados neste trabalho foram similares aos destes autores, pois valores acima dos aceitáveis foram encontrados em pontos com maior descarga de efluentes.

Concentrações elevadas de Chumbo (Pb) e Cádmio (Cd) foram encontrados nos pontos Araças e Santa Paula, no período analisado. De Paula et al. (2010) e Luiz-Silva (2006) também encontraram concentrações elevadas destes elementos (Pb e Cd) em seus trabalhos, e os relacionaram à fontes de contaminações antrópicas, como lançamento de efluentes e proximidade dos centros urbanos. Os resultados encontrados por estes autores corroboram com os obtidos no presente trabalho, pois os maiores valores encontrados foram nos pontos próximos a lançamentos de efluentes. As concentrações de Mercúrio não apresentaram variação no período amostral. Vale lembrar que o chumbo é um metal ligado à poluição, é tóxico, bioacumulativo e sem função biológica conhecida, tanto para as plantas como para os seres humanos e a exposição a esse metal pode gerar graves consequências (Cotta et al., 2006).

A análise de componentes principais resume o agrupamento dos pontos menos impactados e mostra efetivamente que na água desta bacia hidrográfica alterações nos parâmetros temperatura, condutividade elétrica, salinidade, pH, oxigênio dissolvido, concentração de íons (ferro, cobre, sódio, potássio, magnésio) e de microrganismos (coliformes totais, termotolerantes, *Enterococcus* e Bactérias Heterotróficas), estão correlacionadas com a elevação no grau de impactação do ponto analisado.

O presente trabalho foi importante para gerar informações científicas sobre a qualidade da água do rio Jucu, porém são necessários estudos utilizando mais bioindicadores, além dos avaliados no presente trabalho. Para os próximos estudos seria interessante a utilização dos macroinvertebrados bentônicos para a avaliação da qualidade da água, assim como as análises ecotoxicológicas para saber como os poluentes estão afetando os organismos aquáticos.

6. CONCLUSÕES

- Através do biomonitoramento realizado em diferentes pontos amostrais no trecho final do rio Jucu, podemos dizer que a qualidade da água é afetada por despejos indiscriminados de efluentes e requer medidas prioritárias para controlar a atual situação que aponta riscos à saúde pública e à conservação da integridade da bacia hidrográfica. Essa contaminação é constante e não varia ao longo do tempo.
- A presença de Coliformes Termotolerantes, Totais, *Enterococcus* e Bactérias Heterotróficas na água é decorrente, principalmente, de fontes de poluição pontual e torna a água inadequada para consumo, recreação de contato primário e para irrigação de hortaliças e plantas frutíferas que sejam consumidas cruas, trazendo prejuízo ao homem e ao ecossistema aquático.
- O trecho final do rio Jucu (pontos Araçás, Santa Paula, Congo e Boca) foi considerado o mais impactado devido aos elevados valores de Coliformes Totais, Termotolerantes, *Enterococcus*, Bactérias Heterotróficas e metais pesados encontrados. O alto índice destes microrganismos pode ser atribuído aos efluentes lançados sem tratamento nestes pontos.
- Com o presente estudo pode-se comprovar que as Bactérias Heterotróficas são bons microbi indicadores de qualidade da água, pois estão presentes em locais com contaminação orgânica e não se restringe somente a poluição de esgotos com fezes de animais homeotérmicos.

7. REFERÊNCIAS

As citações e referências bibliográficas da dissertação foram realizadas seguindo as normas da REVISTA BRASILEIRA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL disponíveis no site: <http://www.agriambi.com.br/>

Aguiar, M. R.M. P., Novaes, A. C., Guarino, A. W. S (2002). Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminossilicatos. Quim. Nova, v. 25, n. 6, p. 1145-1154.

Almeida, R. M. A. A.; Hussar, G. J.; PereS, M. R.; Ferriane,A. L. Jr. (2004). Qualidade microbiológica do córrego “ribeirão dos porcos” no município de Espírito Santo do Pinhal – SP. Engenharia ambiental, Espírito Santo do Pinhal, v.1, n.1.p. 51-56.

Almeida, M. A. B., Schwarzbald, A. (2003). Avaliação sazonal da qualidade das águas de Arroio da Cria Montenegro, RS com aplicação de um índice de qualidade da água. Revista Brasileira de Recursos Hídricos v.8, n.1, p.81-97.

Alves, N. C.; Odorizzi, A. C.; Goulart, F. C. (2002). Análise microbiológica de águas minerais e de água potável de abastecimento, Marília, SP. Revista de Saúde Pública. São Paulo. v.6, n.6, p.749-751.

Amaral, L. A.; Filho, A. N.; Rossi, O. D. Jr.; Ferreira, F. L. A.; Barroas, L .S. S.(2003). Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. Revista de Saúde Pública. São Paulo. v. 37, n.4, p.510-514.

APHA – American Public Health Association. (1995). Standard methods for the examination of the water and water waster. New York: APHA. 19.

APHA – American Public Health Association. (2005). Standard methods for the examination of the water and water waster. New York: APHA. 20.

Banco Mundial, (2008). Projeto restauração e conservação da biodiversidade e dos recursos hídricos de bacias hidrográficas do estado do Espírito Santo.

Bastos, R. K. X.; Bevilacqua, P. D.; Nascimento, L. E.; Carvalho, G. R. M.; Silva, C. V. (2000). Coliformes como indicadores da qualidade da água: alcance e limitações. In: XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental.

Bisinoti, M.C., Yabe, M.J.S., Gimenez, S.N (2004). Avaliação da influência de metais pesados no sistema aquático da bacia hidrográfica da cidade de Londrina-PR. Revista Analytica, Nº 08

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. 2004. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. 2006. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano. Brasília: Ministério da Saúde.

BRASIL. 1988. Constituição da República Federativa do Brasil. **VI Capítulo Meio Ambiente.**

Bettega, J. M. P. R. et al. (2006). Métodos analíticos no controle microbiológico da água para consumo humano. Ciência e Agrotecnologia. v.30, n.5, p.:950-954.

Branco, S. Ml. Hidrobiologia aplicada a engenharia sanitária. 2. ed. São Paulo: CETESB, p.620, 1978.

Callisto, M., Goulart, M., Medeiros, A. O., Moreno, P. and Rosa, C. A (2004). Diversity assessment of benthic macroinvertebrates, yeasts, and microbiological indicators along a longitudinal gradient in serra do cipó, Brazil. *Braz. J. Biol.*, v.64, n.4, p. 743-755.

Campello, F.D., Braga, C.F., Gonçalves, C.V., Gonçalves, C.S., Fuhro, D., Santos Júnior, J.E., Rodrigues, G.G., Guerra, T., Hartz, S.M (2005). Avaliação preliminar da qualidade das águas da Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências/Brazilian Journal of Biosciences* - Porto Alegre, v. 3 n. 1/4 p. 009-046.

Campos, A.E.L., Nunes, G.S., Oliveira, J.C.S., Toscano, I.A.S (2009). Avaliação da contaminação do Igarapé do Sabino (Baciado Rio Tibiri) por metais pesados, originados dos resíduos e efluentes do Aterro da Ribeira, em São Luís, Maranhão. *Quim. Nova*, v. 32, n. 4, p. 960-964.

Cargnin, R. H. O.; Aita, C.; Giacomini, S. J.; Luz, L. P.; Trevisan, F.; Carvalho, D. S.; Feltrin, R. (2006). Persistência de coliformes em solo com aplicação de dejetos de suínos. Mato Grosso do Sul: in (Fertbio- Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo, Nutrição de plantas e Microbiologia do solo).

Cavalcante, C.E.M.H., Salgueiro, A.A (1998). Avaliação microbiológica da água do Riacho Cavouco, Recife – PE, *Higiene Alimentar*, v. 12, n.57, p.45-49.

Cetra, M.; Ferreira, F. C.; Carmassi, A. L. (2009). Caracterização das assembléias de peixes de riachos de cabeceira no período chuvoso na bacia do rio Cachoeira (SE da Bahia, NE do Brasil). *Biota Neotropica*, v. 9, n. 2, p 107-116.

Chapman, D. (1992). *Water quality Assesment: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring*. London: Chapman & Hall.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. 2009 Variáveis de qualidade das águas. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp>>. Acesso em: 01 de setembro de 2011.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. 2001.

Variáveis de qualidade das águas. Disponível em: < <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp>>. Acesso em: 21 de agosto de 2010.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução no 274, de 29 de novembro de 2000. Dispões sobre a qualidade das águas de balneabilidade e altera o disposto na Resolução CONAMA no20, de 18 de junho de 1986. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 08 jan. 2001.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. 2005. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. In: Legislação básica sobre qualidade dos recursos hídricos superficiais no Brasil.

Cordonha, A. M. S., Vieira, R. H. S. F, Holland, N., Melo, J. L. S, Bezerra, M. A. S., Damasceno, K. S. F. S. C (2005). Monitoramento da poluição da água das galerias pluviais e do mar por meio de avaliações físico-químicas e microbiológicas. Arq. Ciên. Mar, Fortaleza, v 38 p.71 – 78.

Corbi, J.J., Strixino, S.T., Santos, A., Del Grande, M (2006). Diagnóstico ambiental de metais e organoclorados em córregos adjacentes a áreas de cultivo de cana-de-açúcar (estado de são paulo, brasil). Quim. Nova, v. 29, n. 1, p. 61-65.

Cotta, J. A. O., Rezende, M. O. O., Piovani, M. R (2006). Avaliação do teor de metais em sedimento do rio betari no parque estadual turístico do alto ribeira - petar, são paulo, brasil. Quim. Nova, v.29, n. 1, p. 40-45.

Cunha, A. C.; Cunha, H. F. A.; Brasil, A. C. P. Jr.; Chulz, H. E.(2004). Qualidade microbiológica da água em rios de áreas urbanas e periurbanas no baixo Amazonas: o caso do Amapá. Engenharia Sanitária e Ambiental. v 9, n.4,p.322-332.

De Paula, F.C.F., Lacerda, L.D., Aguiar, Marins, R.V., Aguiar, J.E (2010). Emissões naturais e antrópicas de metais e nutrientes para a bacia inferior do rio de contas, bahia. Quim. Nova, v. 33, n. 1, p. 70-75.

Domingues, V. O. Tavares, G. D., Stüker, F., Michelot, T. M., Reetz, L. G. B., Bertoncheli, C. M., Hörner, R. (2007). Contagem de bactérias heterotróficas na água para consumo humano: comparação entre duas metodologias. *Revista do Centro de Ciências da Saúde*. v.33,n.1,p.15-19.

ESTEVES, F. A. (1998). *Fundamentos de Limnologia*. 2. Ed. Rio de Janeiro: Interciência, p.620.

Farias, M.S.S., Lima, V.L.A., Neto, D.J., Leite, E.P.F., Lira, V. M., Franco, E.S (2007) Avaliação dos níveis de boro e chumbo na água do rio cabelo – João Pessoa – PB *Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal*, v. 4, n. 1, p. 024-031.

Fellnerg, Gunter (2009). *Introdução aos problemas da poluição ambiental*. São Paulo: EPU. v. 1.

Freitas, M. B.; Brilhante, O. M.; Almeida, L. M. (2001). Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. *Caderno de Saúde Pública*. Rio de Janeiro. v.17, n.3, p.651-660.

Freitas, M. B.; Freitas, C. M. (2005). A vigilância da qualidade da água para consumo humano – desafios e perspectivas para o Sistema Único de Saúde. *Revista Ciência & Saúde Coletiva*. Rio de Janeiro. v.10, n.4, p. 993-1004.

Freitas, M A.V; Santos, A.H.M. Importância da água e da informação hidrologica. In: FREITAS, M A.V. de (ed). *O estudo das águas no Brasil; perspectivas de gestão e informação de recurso hídricos*. Brasília: ANEEL/MME/MMA-SRH/OMMM ,1999.p.13-16.

Froehner, S.; Martins, R. F. (2008). Avaliação da composição química de sedimentos do rio Barigüi na região metropolitana de Curitiba. *Química Nova*. Paraná, v.31, n.8, p. 2020-2026.

Goulart MDC, Callisto M (2003) Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. *Revista FAPAM*.

Gonçalves CS, Rheinheimer DS, Pellegrini JBR, Kis SI (2005). Qualidade da água numa Microbacia hidrográfica de cabeceira Situada em região produtora de fumo Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental, v.9, p.391-399.

GUIDELINES FOR CANADIAN RECREACIONAL WATER QUALITY (1992) .Federal – Provincial Working Group. Canadian Government Publishing centre Supply and Services Canada, Ottawa, Canada K1A 0S9.

INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS – IEMA. Bacia Hidrográfica do Estado do Espírito Santo. Disponível em: <<http://www.meioambiente.es.gov.br/default.asp>>. Acesso em: 12 agos. 2011.

INSTITUTO JACARENEMA DE PESQUISAS E PROTEÇÃO AMBIENTAL – INJAPPA. 2009. Pesquisa sobre ecologia de lontras neotropicais Lontra longicaudis, (Olfers 1818), no parque natural municipal de Jacarenema, região final da bacia do Rio Jucu, ES, como estratégia para diagnóstico de bacias hidrográficas.

Krupek, R.A.; Branco, C.C.Z.; Peres, C.K. (2008). Variação sazonal de alguns parâmetros físicos e químicos em três rios pertencentes a uma bacia de drenagem na região centro-sul do Estado do Paraná, Sul do Brasil. Acta Scientiarum - Biological Sciences, v.30, n.4, p.431-438.

KUMMROW, F.; MAGALHÃES, D.; FRANCO, A.; UMBUZEIRO, G. A. (2006). Blue rayon e teste *Salmonella*/microssoma na avaliação da qualidade de águas costeiras. Revista de Saúde Pública. São Paulo, v. 40, n.5, p. 890-897.

Lacerda, L.D., Malm, O (2008).Contaminação por mercúrio em ecossistemas aquáticos: uma análise das áreas críticas. Estudos Avançados v.22, n 63.

Luiz-Silva, W.; Matos, R. H. R.; Kristosch, G. C.; Machado, W. (2006). variabilidade espacial e sazonal da concentração de elementos-traço em sedimentos do sistema estuarino de Santos-Cubatão (SP). Química Nova, v. 29, n.2, p. 256-263

Lutterback, M. T. S.; Vazquez, J. C.; Pinet, J. A.; Andreatta, J. V.; Silva, A. C. (2001). Monitoring and spatial distribution of heterotrophic bacteria and fecal coliforms in the Rodrigo de Freitas Lagoon, Rio de Janeiro, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 44, n.1, p.7-13.

Melo, M.T.D.; Saker-Sampaio, S.; Vieira, R.S.H.F. (1990). Avaliação da poluição orgânica no estuário do Rio Ceará (Fortaleza - Ceará - Brasil). *Caatinga*, n.7, p.207 - 219.

Mota, S. (1995) *Preservação e conservação de recursos hídricos*. 2. ed. Rio de Janeiro: ABES, p.187.

Morais, SS., Molozzi, J., Viana, AL., Viana, TH, and Callisto, M (2010). Diversity of larvae of littoral Chironomidae (Diptera: Insecta) and their role as bioindicators in urban reservoirs of different trophic levels. *Braz. J. Biol* v. 70, no. 4, p. 995-1004.

Morelli BM, Almeida MM, Tureck SVZ (2008). Análise Microbiológica da Água do Rio Lageado Acelo, Cascavel, Paraná. *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, v. 6,,: p. 57-58.

Moreira, F. R., Moreira, J.C (2004). Os efeitos do chumbo sobre o organismo humano e seu significado para a saúde. *Rev Panam Salud Publica/Pan Am J Public Health*, v.15, n.2, p 119-129.

Moura, A. C., Assumpção, R. A. B., Bischoff, J. (2009). Monitoramento físicoquímico e microbiológico da água do rio Cascavel durante o período de 2003 a 2006. *Arquivo do Instituto Biologia*, v.76, n.1, p.17-22.

Obiekenzie, S. O.; Okereke, J. N.; Anyalogbu, E.; Okorundu, S. I.; Ezejiolor, T. I. N. (2006). Underground water quality of rock mining in Ishiagu, Ebonyi state, Nigeria. *Estudos de Biologia*. Paraná, v. 28, n.6, p.:61-71.

Oliveira, M.D. D; Calheiros, D.F.; Santos, M.B.F.; Costa, M.S.; Barbosa, D.S. (2002). Qualidade da água em corpos d'água urbanos das cidades de Corumbá e Ladário e no Rio Paraguai, MS. Corumbá, MS: Embrapa Pantanal,. (Circular Técnica n. 36).

Oliveira, A., Callisto, M (2010). Benthic macroinvertebrates as bioindicators of water quality in an Atlantic forest fragment, *Iheringia, Sér. Zool.*, Porto Alegre, v.100, n.4, p.291-300.

Oyakawa, O.T., Akama, A., Mautari, K.C., Nolasco, J.C. (2008). *Peixes de riachos da Mata Atlântica*. Editora Neotrópica, São Paulo.

OMS. Organization Mundial de la Salud (1999). *Guias para la calidad del agua potable*. Ginebra. v.1, ed.2

Pelczar, M. J. Jr.; Chan, E. C. S.; Krieg, N. R. (1996). *Microbiologia: conceitos e aplicações*. São Paulo: Makron Books. 2ª ed. v.2.

Pereira, M. R., Saavedra, M. J., Alves, C., Martins, F., Machado, M., Lopes, S (2006) *Qualidade da Água na Bacia Hidrográfica do Rio Sôrdo (Norte de Portugal) I. Caracterização Físico-química e Bacteriológica da Água Superficial*. Geonovas Associação portuguesa de geólogos, n. 20, p. 73 a 85.

Pinto, A. G. N., Horbe, A. M. C., Silva, M. S. R., Miranda, S. A. F., Pascoaloto, D., Santos, H. M. C (2009). Efeitos da ação antrópica sobre a hidrogeoquímica do rio Negro na orla de Manaus/AM. *Acta Amazônica*, v. 39, n. 3, p.627- 638.

PRATTES-SANTOS, R. (2010). *Estudo da qualidade das águas do rio Jucu, ES: caracterização limnológica e análise da comunidade de macroinvertebrados bentônicos*. Dissertação de Mestrado em Ecologia de Ecossistemas UVV.

Pritchard, D.W. (1967). What is an Estuary: Physical View Point. In: LAUFF, G.H.(eds). *Estuaries*. Washington, American Association for Advance of Science, p.3- 5

Poersch, L.; Cavalli, R. O.; Wasielesky, W. Jr.; Castello, J. P.; Peixoto, S. R. M. (2006). *Perspectivas para o desenvolvimento dos cultivos de camarões marinhos no estuário da Lagoa dos Patos, RS*. 2006. *Ciência Rural*. v.36, n.4, p.1337-343.

Pompeu, P.S., Alves, C.B.M., Callisto, M. (2005). The Effects of Urbanization on Biodiversity and Water Quality in the Rio das Velhas Basin, Brazil. American Fisheries Society Symposium v 47, n.11, p.22, 2005.

Rezende, C.F., Manzzi, R., Aspectos da alimentação de *Bryconamericus microcephalus* (Characiformes, Tetragonopterinae) no córrego adorinha Ilha Grande – RJ (2003). Biota Neotrópica, v. 3, n.1, p.1-6.

Ribeiro, E. N (2002). Avaliação de indicadores microbianos de balneabilidade em ambientes costeiros de Vitória/ES. Universidade Federal do Espírito Santo. Tese (Mestrado em Engenharia Ambiental).

Santana, G.P., Barroncas, P.S.R (2007). Estudo de metais pesados (Co, Cu, Fe, Cr, Ni, Mn, Pb e Zn) na Bacia do Tarumã-Açu Manaus – (AM). Acta Amazonica v. 37, n.1, p. 111– 118.

Sardinha, D.S, Conceição, F.T., Souza, A.D.G., Silveira, A., De Julio, M., Gonçalves, J.C.S.I (2008). Avaliação da qualidade da água e autodepuração do ribeirão do meio, Leme (SP). Eng. sanit. ambient.v.13, n. 3, p. 329-338.

Schettini, C. A. F. (2002). Caracterização física do estuário do rio Itajaí-açú, SC. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7, n.1, p.:123-142.

SEAMA. (1994) Qualidade das Águas Interiores do Estado do Espírito Santo, Relatórios SEAMA, Espírito Santo.

Silva SM, Carvalho I, Querol E, Querol MV, Gonçalves JF (2008). Aspectos microbiológicos do arroio salso de cima e rio Uruguai, na região urbana de Uruguaiana, RS, Brasil. Biodivers. Pampeana Uruguaiana, v.6: 34-39.

Silva, V.C., Nascimento, A.R., Mourão, A.P.C., Neto S.V.C., Costa, F.N (2008). Contaminação por *Enterococcus* da água das praias do município de São Luís, Estado do Maranhão. Maringa, v. 30, n. 2, p. 187-192.

Silveira, M. P. (2004). Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água. Documento 36, Embrapa.

Tavares, W (2000). Bactérias gram-positivas problemas: resistência do estafilococo, do enterococo e do pneumococo aos antimicrobianos. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, v.33, n.3, p.:281-301.

Tortora, G. J., Funke, B. R., Case, C.L (2009). Microbiologia. Ed Artemed 8 edição.

Vasconcellos, F. C. S.; Iganci, J. R.; Ribeiro, G. A. 2006. Qualidade microbiológica da água do Rio São Lourenço, São Lourenço do Sul, Rio Grande do Sul. Arquivo do Instituto Biologia. São Paulo. v.73, n.2, p.177-181.

Vieira, R. H. S.; Façanha, S. H. F. (1994). Parâmetros físico-químicos e pesquisa de coliformes totais, fecais e vibrio parahaemolyticus nas águas do rio cocó, FORTALEZA- CEARÁ. Ciên. Agron., Fortaleza, v. 25, p. 24 - 31.

VON SPERLING, M. V. (1995). Princípio do tratamento biológico de águas residuárias. IN: Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. p. 116-120

Yabe, M. J. S., Oliveira, E (1998). Metais pesados em águas superficiais como estratégia de caracterização de bacias Hidrográficas. Química nova, v.21, n.5, p.551-556.

Zimmermann, C. M.; Guimarães, O. M.; Peralta-Zamora, P. G. (2008) Avaliação da qualidade do corpo hídrico do rio Tibagi na região de Ponta Grossa utilizando análise de componentes principais (pca). Química Nova. Paraná, v.31, n.7, p.1727-1732.

Zuin, V. G., Ioritti, M.C.S., Matheus, C.E (2009). Emprego de parâmetros físicos e químicos para a avaliação da qualidade de águas naturais: uma proposta para a educação química e ambiental na perspectiva ctsa. Química Nova na Escola v. 31 n.

World Health Organization – WHO. *Health Criteria and Other Supporting Information*. 2nd ed., vol. 2. Geneva: WHO. p. 948. 1996.