

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO E REGULAÇÃO DE
RECURSOS HÍDRICOS**

ANDRÉIA RUAS DAS NEVES

**ANÁLISE DA EVOLUÇÃO TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA DE
MANANCIAS SUPERFICIAIS UTILIZADOS PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO
NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUCU.**

**VITÓRIA
2018**

ANDRÉIA RUAS DAS NEVES

**ANÁLISE DA EVOLUÇÃO TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA DE
MANANCIAS SUPERFICIAIS UTILIZADOS PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO
NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUCU.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (PROFÁGUA) da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção de título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. José Antônio Tosta dos Reis.

VITÓRIA

2018

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

N511a Neves, Andréia Ruas das, 1986-
Análise da evolução temporal da qualidade da água de mananciais superficiais utilizados para abastecimento público na bacia hidrográfica do rio Jucu. / Andréia Ruas das Neves. - 2018.
133 f. : il.

Orientador: José Antônio Tosta dos Reis.
Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos em Rede) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico.


1. Água. 2. Qualidade. 3. Estatística não paramétrica. 4. Bacias hidrográficas. I. Reis, José Antônio Tosta dos. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Tecnológico. III. Título.

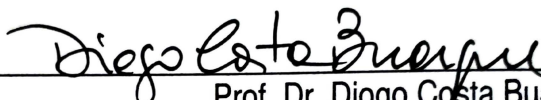
CDU: 628


“ANÁLISE DA EVOLUÇÃO TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA DE MANANCIAS SUPERFICIAIS UTILIZADOS PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUCU”


Andréia Ruas das Neves

Banca Examinadora:


Prof. Dr. José Antônio Tosta dos Reis
Orientador - ProfÁgua/CT/UFES


Prof. Dr. Diogo Costa Buarque
Examinador Interno - ProfÁgua/CT/UFES


Prof. Dr. Friedrich Wilhelm Herms
Examinador Externo – ProfÁgua/UERJ


Prof. Dr. André Luiz Sefione
Examinador Externo – CBH Jucu

Edmilson Costa Teixeira
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos
Hídricos
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

Vitória-ES, 27 de dezembro de 2018.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela fé que tenho, pois sem Ele nada poderia ter sido feito.

Ao Profº Dr. José Antonio Tosta, pela excelência em toda orientação, pela paciência, por acreditar no desenvolvimento deste trabalho e pelo exemplo de pessoa que é.

A Raphael Gonçalves, que durante o desenvolvimento dessa pesquisa passou de namorado a noivo e hoje meu esposo, por todo apoio emocional, intelectual e pelo companheirismo ao longo desse tempo.

Aos meus pais, Evani e Valdetino, e aos meus irmãos, Ana Paula e André, que são fortaleza em qualquer ocasião.

Aos colegas do LAMORH, em especial Murilo Brazzali e Glaucia Laia, pela grata surpresa que a vida nos dá de encontrar pessoas especiais pelo caminho.

À CESAN pela oportunidade dada em desenvolver a pesquisa em concomitância com o trabalho e pela disponibilização dos dados.

À CAPES e à ANA pelo fomento do Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação dos Recursos Hídricos - ProfÁgua.

EPÍGRAFE

“A tarefa de viver é dura, mas é fascinante”.

Ariano Suassuna

RESUMO

O estudo da evolução temporal da tendência de parâmetros de qualidade de água que conformam séries históricas semestrais de monitoramento de mananciais para abastecimento público constitui o principal objetivo do desenvolvimento deste trabalho. Foram considerados 8 (oito) pontos de monitoramento de qualidade de água localizados na bacia hidrográfica do rio Jucu, curso d'água de domínio do estado do Espírito Santo, sendo analisadas séries históricas de 14 (quatorze) parâmetros de qualidade (dureza total, *Escherichia coli*, ferro dissolvido, ferro total, fósforo total, nitrato, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total, oxigênio dissolvido, potencial hidrogeniônico, sólidos dissolvidos, sólidos totais, sulfato e turbidez). As extensões das séries históricas variam conforme o ponto de monitoramento, compreendidas majoritariamente entre o período de 2005 a 2017. As análises de tendência temporal foram conduzidas a partir dos testes estatísticos não paramétricos de Spearman e Mann-Kendall, sendo aplicado previamente o teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Os resultados dos testes não paramétricos aplicados indicaram que não há uma tendência uniforme no comportamento de variação temporal dos parâmetros de qualidade de água para os pontos de monitoramento analisados, não sendo possível amplo juízo de valor acerca da evolução das condições da qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio Jucu. Para o posto de monitoramento localizado no município de Viana, foi realizada, adicionalmente, análise de tendência de evolução temporal para a carga dos diferentes parâmetros de qualidade de água considerados; os resultados desta etapa do trabalho indicaram que a tendência para carga pode ser diferente daquela observada para a concentração.

Palavras-chave: Água. Qualidade. Estatística não paramétrica. Bacias hidrográficas.

CONSIDERAÇÕES PARA O SINGREH¹ – SÍNTESE

A presente dissertação está vinculada à área de concentração “Regulação e Governança de Recursos Hídricos” e à linha de pesquisa “Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos” e ainda à área de concentração “Instrumentos da Política de Recursos Hídricos” em sua linha de pesquisa “Metodologias para Implementação dos instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos”, do Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (Prof^Água). A gestão de recursos hídricos para um país de extensão territorial como o Brasil depende, dentre outros elementos, de informação básica do estado de qualidade das águas. No entanto, e a rede de monitoramento de qualidade de água brasileira ainda é insuficiente. Nesse sentido, ao se propor a utilização dos dados de monitoramento de qualidade de mananciais realizado por usuários responsáveis pelo abastecimento público, abre-se a oportunidade de se obter séries históricas de qualidade de água para regiões que podem não dispor de uma rede de monitoramento regular mantida por algum ente do SINGREH. A avaliação de tendência temporal de qualidade de água constitui abordagem metodológica capaz de permitir o acompanhamento do cenário de qualidade, tanto para um ponto de monitoramento quanto para vários pontos numa bacia hidrográfica, podendo ser utilizada por gestores de bacia hidrográfica para planejamento de políticas locais ou regionais, apoiando instrumentos de gestão como plano de recursos hídricos e enquadramento dos corpos d’água. O desenvolvimento deste trabalho permite integrar dados existentes a metodologias estatísticas de fácil aplicação de modo a fortalecer a gestão de recursos hídricos e dar uma contribuição ao cenário atual no setor de recursos hídricos.

¹ SINGREH - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

ABSTRACT

The study of the temporal evolution of the tendency of parameters of water quality that conform historical series of monitoring of sources for public supply is the main objective of the development of this work. In this work were made the analysis of 8 (eight) water quality monitoring points were located in the Jucu river basin, a water course in the state of Espírito Santo state, by analysis of historical series of 14 (fourteen) quality parameters (total hardness, Escherichia coli, dissolved iron, total iron, total phosphorus, nitrate, ammoniacal nitrogen, total nitrogen, dissolved oxygen, hydrogen ionic potential, dissolved solids, total solids, sulfate and turbidity). The range extensions of the historical series change according to the monitoring point, and are, mainly, between the years 2005 and 2017. The analyzes of temporal trend were conducted from the nonparametric statistical tests of Spearman and Mann-Kendall, being previously applied the test of normality of Shapiro-Wilk. The results of the non-parametric tests applied indicated that there is no uniform trend in the time variation behavior of the water quality parameters for the monitoring points analyzed, and, thus not being possible to judge the evolution of the water quality conditions in the Jucu river basin. For the monitoring station located in the municipality of Viana, a trend analysis of the temporal evolution for the load of the different water quality parameters was also performed; the results of this stage of the work indicated that the tendency to load may be different from that observed for the concentration.

Keywords: Water. Quality. Nonparametric statistics. River basin.

CONSIDERATIONS FOR SINGREH – SYNTHESIS

The present dissertation is in the concentration area “Regulation and Governance of Water Resources” and research lines of “Planning and Management of Water Resources”. Also, the concentration area “Instruments of Water Resources Management” in research lines “Methodologies for Implementation of the Instruments of Water Resources”, of the Professional Master’s degree in Management and Regulation of Water Resources (ProfÁgua). The management of water resources for a country of territorial extension such as Brazil depends, among other elements, of basic information on the state of water quality; however, the Brazilian water quality monitoring network is still insufficient. In this sense, by proposing the use of water quality monitoring data made by users responsible for public supply, the opportunity is opened to obtain historical water quality series for regions that may not have a regular monitoring network maintained by some SINGREH entity. The evaluation of the temporal trend of water quality is a methodological method able to monitoring the quality scenario, both for a monitoring point and for several points in a river basin, and can be used by river basin managers to plan local or regional policies, supporting management tools such as water resources planning and water bodies. The development of this work allows the integration of existing data with easy-to-apply statistical methodologies in order to strengthen the management of water resources and to contribute to the current scenario in the water resources sector.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Padrões de qualidade estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para parâmetros selecionados.	30
Tabela 2 – Localização dos pontos de monitoramento utilizados.	45
Tabela 3 - Extensão das séries históricas dos parâmetros de qualidade de água da bacia do rio Jucu.	51
Tabela 4 - Testes de normalidade Shapiro-Wilk a um nível de significância de 5% para as estações estudadas.....	67
Tabela 5 – Resultado das análises de tendência temporal ponto rio Jucu Braço Norte.	68
Tabela 6 – Resultado das análises de tendência temporal ponto córrego Areinha...69	
Tabela 7 – Resultado das análises de tendência temporal ponto rio Jucu Braço Sul.	69
Tabela 8 – Resultado das análises de tendência temporal ponto rio Formate.....	70
Tabela 9 – Resultados das análises de tendência temporal ponto rio Santo Agostinho.	70
Tabela 10 – resultados das análises de tendência temporal ponto rio Jacarandá. ...	71
Tabela 11 – resultados das análises de tendência temporal ponto rio Jucu Viana. ..	71
Tabela 12 – Resultado das análises de tendência temporal ponto rio Jucu Caçaroca.	72
Tabela 13 – Vazões utilizadas para o cálculo de carga dos parâmetros do ponto Jucu Viana.....	81
Tabela 14 - Testes de normalidade Shapiro-Wilk a um nível de significância de 5% para Jucu Viana.	82
Tabela 15 - Resultados das análises de tendência temporal de carga dos parâmetros do ponto de monitoramento Jucu Viana.....	82
Tabela 16 - Resultados das análises de tendência temporal da série de vazões do ponto de monitoramento Jucu Viana.....	84
Tabela 17 - Valores associados aos parâmetros de qualidade de água no ponto de monitoramento Jucu Braço Norte.....	107
Tabela 18 - Valores associados ao parâmetro Escherichia Coli (E. coli) no ponto de monitoramento Jucu Braço Norte.....	108

Tabela 19 – Valores associados ao parâmetro Escherichia Coli (E. coli) no ponto de monitoramento córrego Areinha.....	108
Tabela 20 - Valores associados aos parâmetros de qualidade de água no ponto de monitoramento córrego Areinha.....	109
Tabela 21 - Valores associados aos parâmetros de qualidade de água no ponto de monitoramento Jucu Braço Sul.	110
Tabela 22 - Valores associados ao parâmetro Escherichia Coli (E. coli) no ponto de monitoramento Jucu Braço Sul.	111
Tabela 23 - Valores associados ao parâmetro Escherichia Coli (E. coli) no ponto de monitoramento Formate.	111
Tabela 24 - Valores associados aos parâmetros de qualidade de água no ponto de monitoramento Formate.	112
Tabela 25 - Valores associados ao parâmetro pH e Ferro total no ponto de monitoramento Formate.	114
Tabela 26 - Valores associados aos parâmetros de qualidade de água no ponto de monitoramento Santo Agostinho.	115
Tabela 27 - Valores associados ao parâmetro Escherichia Coli (E. coli) no ponto de monitoramento Santo Agostinho.	116
Tabela 28 - Valores associados aos parâmetros de qualidade de água no ponto de monitoramento Jacarandá.....	117
Tabela 29 - Valores associados ao parâmetro pH e Ferro total no ponto de monitoramento Jacarandá.....	119
Tabela 30 - Valores associados ao parâmetro Escherichia Coli (E. coli) no ponto de monitoramento Jacarandá.....	120
Tabela 31 - Valores associados ao parâmetro Escherichia Coli (E. coli) no ponto de monitoramento Jucu Viana.....	120
Tabela 32 - Valores associados aos parâmetros de qualidade de água no ponto de monitoramento Jucu Viana.....	121
Tabela 33 - Valores associados aos parâmetros de qualidade de água no ponto de monitoramento Jucu Caçaroca.....	122
Tabela 34 - Valores associados aos parâmetros pH e ferro total no ponto de monitoramento Jucu Caçaroca.....	125
Tabela 35 - Valores associados ao parâmetro Escherichia Coli (E. coli) no ponto de monitoramento Jucu Caçaroca.....	126

Tabela 36 – valores de carga (kg/dia) associada para cada parâmetro de qualidade do ponto de monitoramento Jucu Viana.....	131
--	-----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Localização da bacia do rio Jucu e pontos de captação.....	46
Figura 2- Imagem de satélite da região da bacia do rio Jucu.....	47
Figura 3 - fluxograma da metodologia utilizada.....	48
Figura 4 – Gráficos Box plot para o parâmetro Escherichia coli para o conjunto de pontos de monitoramento da área de estudo.....	59
Figura 5 - Gráficos Box plot para o parâmetro Nitrogênio Amoniacal para o conjunto de pontos de monitoramento da área de estudo.....	60
Figura 6 - Gráficos Box plot para o parâmetro Oxigênio Dissolvido para o conjunto de pontos de monitoramento da área de estudo.....	61
Figura 7 - Gráficos Box plot para o parâmetro Sólidos Dissolvidos para o conjunto de pontos de monitoramento da área de estudo.....	62
Figura 8 - Gráficos Box plot para o parâmetro Turbidez para o conjunto de pontos de monitoramento da área de estudo.....	63
Figura 9 – Tendência temporal do parâmetro Dureza.....	75
Figura 10 - Tendência temporal do parâmetro Fósforo.....	75
Figura 11 - Tendência temporal do parâmetro Turbidez.....	76
Figura 12 - Tendência temporal do parâmetro Nitrogênio Amoniacal.....	76
Figura 13 - Tendência temporal do parâmetro Oxigênio Dissolvido.....	77
Figura 14 - Tendência temporal do parâmetro Escherichia coli.....	77
Figura 15 - Gráficos Box plot para o parâmetro Dureza para o conjunto de pontos de monitoramento da área de estudo.....	102
Figura 16 - Gráficos Box plot para o parâmetro Ferro Dissolvido para o conjunto de pontos de monitoramento da área de estudo.....	102
Figura 17 - Gráficos Box plot para o parâmetro Ferro Total para o conjunto de pontos de monitoramento da área de estudo.....	103
Figura 18 - Gráficos Box plot para o parâmetro Fósforo para o conjunto de pontos de monitoramento da área de estudo.....	103
Figura 19 - Gráficos Box plot para o parâmetro Nitrato para o conjunto de pontos de monitoramento da área de estudo.....	104
Figura 20 - Gráficos Box plot para o parâmetro Nitrogênio Total para o conjunto de pontos de monitoramento da área de estudo.....	104

Figura 21 - Gráficos Box plot para o parâmetro pH para o conjunto de pontos de monitoramento da área de estudo	105
Figura 22 - Gráficos Box plot para o parâmetro Sólidos Totais para o conjunto de pontos de monitoramento da área de estudo	105
Figura 23 - Gráficos Box plot para o parâmetro Sulfato para o conjunto de pontos de monitoramento da área de estudo	106
Figura 24 - Tendência temporal do parâmetro Ferro Dissolvido.	127
Figura 25 - Tendência temporal do parâmetro Ferro Total.....	127
Figura 26 - Tendência temporal do parâmetro Nitrato.....	128
Figura 27 - Tendência temporal do parâmetro Nitrogênio total.	128
Figura 28 - Tendência temporal do parâmetro pH.....	129
Figura 29 - Tendência temporal do parâmetro Sólidos Dissolvidos.	129
Figura 30 - Tendência temporal do parâmetro Sólidos Totais.....	130
Figura 31 - Tendência temporal do parâmetro Sulfato.....	130

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Parâmetros físicos da qualidade da água.	24
Quadro 2 – parâmetros químicos de qualidade da água.....	25
Quadro 3 - Lista preliminar de parâmetros para análise de tendência.	50
Quadro 4 - Parâmetros utilizados no estudo para cada ponto de monitoramento selecionado.	65
Quadro 5 - Comparação da tendência da concentração e da carga.	83
Quadro 6 – Teste de Mann-Kendall ao nível de significância de 5%.	85
Quadro 7 - Teste de Mann-Kendall ao nível de significância de 1%.	86
Quadro 8 - Teste de Mann-Kendall ao nível de significância de 10%.	87
Quadro 9 - Teste de Spearman ao nível de significância de 1%.	132
Quadro 10 - Teste de Spearman ao nível de significância de 5%.	132
Quadro 11 - Teste de Spearman ao nível de significância de 10%.	133

LISTA DE SIGLAS

ANA - Agência Nacional de Águas

CESAN - Companhia Espírito Santense de Saneamento

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO – Demanda Química de Oxigênio

EPA – Environmental Protection Agency

IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas

PH – Potencial Hidrogeniônico

PNRH - Política Nacional de Recursos Hídricos

PROFÁGUA - Programa de Pós-graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos

SINRH – Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos

SINGREH - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	19
2. OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS	22
2.1 OBJETIVO GERAL	22
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
3. REVISÃO DE LITERATURA	23
3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE PARÂMETROS E PADRÕES DE QUALIDADE DE ÁGUA	23
3.2 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA	31
3.2.1 EMPREGO DE ANÁLISE DE TENDÊNCIA EM QUALIDADE DA ÁGUA	33
4. ÁREA DE ESTUDO	43
5. METODOLOGIA	48
5.1 AVALIAÇÃO E ORGANIZAÇÃO DOS DADOS	49
5.2 ANÁLISE DESCRITIVA PRELIMINAR DOS REGISTROS DE QUALIDADE DE ÁGUA	52
5.3 APLICAÇÃO DOS TESTES ESTATÍSTICOS	53
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	59
6.1 ANÁLISE DESCRITIVA PRELIMINAR	59
6.2 TESTE DA NORMALIDADE	65
6.3 ANÁLISE DE TENDÊNCIA TEMPORAL NAS SÉRIES DE DADOS	68
6.4 ANÁLISE DE TENDÊNCIA TEMPORAL DE CARGA DOS PARÂMETROS	80
6.5 ANÁLISE DE TENDÊNCIA POR NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA	84
7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	89
8. CONSIDERAÇÕES PARA O SINGREH	92
9. REFERÊNCIAS	96

APÊNDICE A – GRÁFICOS BOX PLOT DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA UTILIZADOS.....	102
APÊNDICE B – SÉRIES HISTÓRICAS DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA DOS PONTOS DE MONITORAMENTO.....	107
APÊNDICE C – MAPAS TEMÁTICOS DE TENDÊNCIA TEMPORAL POR PARÂMETRO.....	127
APÊNDICE D – SÉRIE DE CARGA DOS PARÂMETROS – PONTO JUCU VIANA.	131
APÊNDICE E - RESULTADOS DO TESTE DE SPEARMAN PARA DIFERENTES NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA.....	132

1. INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), editada em 8 janeiro de 1997, constitui um importante marco regulatório para a gestão dos recursos hídricos do Brasil. A PNRH, para cumprimento dos seus objetivos, estabeleceu como instrumentos os planos de recursos hídricos, o enquadramento dos corpos de água em classes segundo os usos preponderantes da água, a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos, a cobrança pelo uso de recursos hídricos e o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

A execução integrada dos instrumentos estabelecidos pela PNRH é fundamental para que se promova o eficiente gerenciamento das águas, constituindo o monitoramento uma atividade fundamental para que se conheçam as características dos corpos hídricos objetos do gerenciamento.

Tanto a quantidade quanto a qualidade da água de uma bacia dependem, em condições naturais, do clima e das características físicas e biológicas naturais dos ecossistemas que a compõem sendo, portanto, alteradas quando ocorrem modificações nos ecossistemas decorrentes de ações antrópicas, seja em escala local ou regional como o desmatamento, a mudança no uso do solo, projetos de irrigação e construção de barragens, seja em escala global, como mudanças climáticas. A quantidade, a qualidade e o tempo de residência da água nos ecossistemas podem ser alterados por flutuações sazonais como os ciclos de El Niño e os períodos glaciais, além de outras variações climáticas (SALATI et al., 2006).

Para que se entendam os processos ambientais e as causas de suas alterações é preciso que se disponha de um conjunto de informações confiáveis a partir de observações do que está ocorrendo no ambiente. É a partir desta perspectiva que os sistemas de monitoramento de qualidade da água devem ser entendidos e planejados (BRAGA et al., 2006).

Tucci et al. (2000) observam que “a coleta de dados que permitam caracterizar os sistemas hídricos é essencial para o adequado planejamento. Observa-se que, no País, a coleta de dados está concentrada em entidades federais com atribuições que envolvem um território muito extenso”. Como consequência desse contexto, a

geração de dados hidrológicos e de qualidade de água por meio de uma rede de monitoramento (e a sua posterior utilização) não abrange, de forma ampla, o território nacional e, tão pouco, todos os entes envolvidos com gestão de recursos hídricos.

Braga et al. (2006), por sua vez, sugerem que o monitoramento de qualidade de água no Brasil é deficitário com redes de monitoramento de qualidade de água dispersas e com número de estações pouco expressivo na grande parte dos estados da Federação. Os referidos autores indicam, adicionalmente, que existem poucas variáveis avaliadas em cada uma das estações de monitoramento e que as redes são constituídas por estações com pouco tempo de operação e com pequenas séries de observações, havendo, em muitos casos, periodicidade irregular.

As redes de monitoramento também dependem de sustentabilidade financeira para funcionamento, uma vez que os custos são altos, envolvendo as despesas de análises laboratoriais e a dificuldade para se encontrar laboratórios disponíveis, aspectos que se tornam ainda mais relevantes pela extensão territorial do País. Além disso, a gestão das redes de monitoramento envolve entidades estatais, federais e estaduais, sofrendo reflexos das diferentes estruturas organizacionais existentes, de tal modo que as condições gerais de operação e manutenção das redes de monitoramento não são uniformes (BRAGA et al., 2006).

Apesar do monitoramento contínuo e sistemático da qualidade das águas gerar parte da informação que alimenta o sistema de informações sobre recursos hídricos, atrelando a responsabilidade aos entes federais e estaduais integrantes do sistema, outros monitoramentos da qualidade das águas são realizados no País para cumprir diferentes objetivos. Este é o caso, por exemplo, do monitoramento previsto pelo Ministério da Saúde e de responsabilidade das companhias de abastecimento público.

Muitas regiões, especialmente aquelas localizadas em bacias hidrográficas menores, não contam com estação de monitoramento de qualidade da água, seja estadual ou federal. Por outro lado, é de responsabilidade do responsável pelo abastecimento público local realizar análises semestrais de uma série de parâmetros de qualidade de água nos mananciais utilizados, o que gera um registro contínuo de

análises que podem servir de fonte de informações para regiões com deficiência de dados.

É relevante observar que, para a implementação da PNRH, a existência de elementos que caracterizem a bacia hidrográfica reveste-se de particular importância. Assim, o acompanhamento da qualidade dos mananciais contribui para que os entes envolvidos na gestão possam subsidiar suas ações e desenvolver ferramentas que auxiliem na tomada de decisão.

Neste contexto, para a avaliação da evolução espacial e temporal dos diferentes parâmetros que caracterizam o ambiente aquático surge como ferramenta o emprego da análise de tendência de qualidade de corpos d'água superficiais, permitindo a exploração mais consistente de informações obtidas a partir de redes de monitoramento pouco densas ou de séries históricas com extensão limitada.

Quando os dados objeto de análise não seguem uma distribuição normal [condição usualmente apresentada pelos registros decorrentes do monitoramento da qualidade da água], uma solução possível para condução da análise de tendência é a utilização de testes não paramétricos, como indicam os trabalhos de Naguettini e Pinto (2007), Trindade (2013), EPA (2006) e Costa et al. (2017), dentre outros. As estatísticas de testes não paramétricos se baseiam, na maioria dos casos, em características dos dados amostrais, mas que não incluem diretamente seus valores, empregando, por exemplo, o número de diferenças positivas (ou negativas), o coeficiente de correlação entre as ordens de classificação ou número de inflexões dos valores amostrais (NAGUETTINI e PINTO, 2007).

Este estudo tem como principal perspectiva o emprego de testes não paramétricos para análise da evolução de tendência temporal de qualidade de água de rios da bacia hidrográfica do rio Jucu, importante sistema hídrico utilizado para o abastecimento público da Região Metropolitana de Vitória, região que concentra cerca de 48% da população do Espírito Santo.

2. OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a tendência da evolução temporal de parâmetros de qualidade de água de mananciais superficiais da bacia hidrográfica do rio Jucu utilizados para abastecimento público.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Selecionar e sistematizar registros de qualidade associados à descrição da qualidade da água bruta em mananciais voltados para abastecimento público;
- Analisar a tendência da evolução temporal da qualidade de água no conjunto de postos de monitoramento selecionados a partir de séries históricas de concentrações;
- Analisar a tendência de evolução temporal da qualidade da água a partir de séries históricas de carga produzida;
- Avaliar a influência do nível de significância adotado nos testes estatísticos sobre os resultados da análise de tendência.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE PARÂMETROS E PADRÕES DE QUALIDADE DE ÁGUA

Não se pode pensar em desenvolvimento sustentável sem se referir à necessidade de se dispor de água em quantidade suficiente e qualidade adequada para seus diferentes usos. Embora isso seja amplamente aceito, a importância da água era reconhecida apenas do ponto de vista quantitativo, enquanto o reconhecimento da relevância da qualidade da água foi um processo lento e gradativo. O termo qualidade de água expressa a adequação da mesma para os variados fins como abastecimento doméstico, industrial ou agrícola, recreação, piscicultura, dessedentação de animais, dentre outros (ARAÚJO; SANTAELLA, 2003).

A qualidade da água é resultante de fenômenos naturais e da atuação do homem, influenciada pelas características do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica, pelo escoamento superficial e pela infiltração, decorrente da precipitação atmosférica, permitindo a incorporação de sólidos (em suspensão ou dissolvidos) na água, mesmo em condições naturais da bacia (VON SPERLING, 2005).

As características presentes na água podem ser traduzidas na forma de parâmetros de qualidade. Estes são uma forma de retratar o grau de pureza da água, de forma ampla e simplificada, expressando a qualidade da água por suas características químicas, físicas e biológicas (VON SPERLING, 2005).

Os parâmetros de qualidade podem ser divididos em biológicos (algas e bactérias, principalmente), físicos (temperatura, turbidez, cor, salinidade, sólidos suspensos e dissolvidos) e químicos (parâmetros como pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio e fósforo, compostos orgânicos e inorgânicos) (POSTOLACHE et al., 2012).

No Quadro 1 apresentam-se os principais parâmetros físicos de qualidade de água, com uma breve descrição de seu conceito, importância relacionada ao uso da água, além de apontar as possíveis fontes naturais ou antrópicas. O Quadro 2, por sua vez, reúne os principais parâmetros químicos associados à qualidade da água, apresentando seu significado, importância e origens possíveis.

Quadro 1- Parâmetros físicos da qualidade da água.

Parâmetro	Conceito	Importância	Origem natural	Origem antropogênica
Cor	Responsável pela coloração na água	Origem natural: não apresenta risco à saúde, mas consumidores podem questionar a sua confiabilidade, e buscar águas de maior risco. Além disso, a cloração da água contendo a matéria orgânica dissolvida responsável pela cor pode gerar produtos potencialmente cancerígenos (trihalometanos – ex.: clorofórmio).	Decomposição da matéria orgânica (principalmente vegetais – ácidos húmicos e fúlvicos); Ferro e manganês	Resíduos industriais (ex.: tinturas, tecelagem, produção de papel); Esgotos domésticos
Turbidez	A turbidez representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva à mesmo	Origem natural: não traz inconvenientes sanitários diretos. Porém, é esteticamente desagradável na água potável, e os sólidos em suspensão podem servir de abrigo para microrganismos patogênicos (diminuindo a eficiência da desinfecção); Origem antropogênica: pode estar associada a compostos tóxicos e organismos patogênicos; Em corpos d'água: pode reduzir a penetração de luz, prejudicando a fotossíntese.	Partículas de rocha, argila e silte; Algas e outros microrganismos	Despejos domésticos; Despejos industriais; Microrganismos; Erosão
Temperatura	Medição da intensidade de calor	Elevações da temperatura aumentam a taxa das reações químicas e biológicas (na faixa usual de temperatura); Elevações da temperatura diminuem a solubilidade dos gases (ex.: oxigênio dissolvido); Elevações da temperatura aumentam a taxa de transferência de gases (o que pode gerar mau cheiro, no caso da liberação de gases com odores desagradáveis)	Transferência de calor por radiação, condução e convecção (atmosfera e solo)	Águas de torres de resfriamento; Despejos industriais
pH	Potencial hidrogeniônico. Representa a concentração de íons H ⁺ (em escala anti-logarítmica), dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. A faixa de pH é de 0 a 14	É importante em diversas etapas do tratamento da água (coagulação, desinfecção, controle da corrosividade, remoção da dureza)	Dissolução de rochas; Absorção de gases da atmosfera; Oxidação da matéria orgânica; Fotossíntese	Despejos domésticos (oxidação da matéria orgânica); Despejos industriais

Fonte: adaptado de Von Sperling (2005).

Quadro 2 – parâmetros químicos de qualidade da água.

(continua)

Parâmetro	Conceito	Importância	Origem natural	Origem antropogênica
Alcalinidade	Quantidade de íons na água que reagirão para neutralizar os íons de hidrogênio. É uma medição da capacidade da água de neutralizar os ácidos (capacidade de resistir às mudanças de pH: capacidade tampão). Os principais constituintes da alcalinidade são os bicarbonatos (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^{2-}) e os hidróxidos (OH^-). A distribuição entre as três formas na água é função do pH.	Não tem significado sanitário para a água potável, mas em elevadas concentrações confere um gosto amargo para a água; É uma determinação importante no controle do tratamento de água, estando relacionada com a coagulação, redução de dureza e prevenção da corrosão em tubulações; É uma determinação importante no tratamento de esgotos, quando há evidências de que a redução do pH pode afetar os microrganismos responsáveis pela depuração	Dissolução de rochas; Reação do CO_2 com água (CO_2 resultante da atmosfera ou da decomposição da matéria orgânica)	Despejos industriais
Acidez	Capacidade da água em resistir às mudanças de pH causadas pelas bases. É devida principalmente à presença de gás carbônico livre (pH entre 4,5 e 8,2)	Tem pouco significado sanitário. Águas com acidez mineral são desagradáveis ao paladar, sendo recusadas; Responsável pela corrosão de tubulações e materiais	CO_2 absorvido da atmosfera ou resultante da decomposição da matéria orgânica; Gás sulfídrico	Despejos industriais (ácidos minerais ou orgânicos); Passagem da água por minas abandonadas, vazadouros de mineração e das borras de minério
Dureza	Concentração de cátions multimetálicos em solução. Os cátion mais frequentemente associados à dureza são os cátion divalentes Ca^{2+} e Mg^{2+} . Em condições de supersaturação, esses cátions reagem com ânions na água, formando precipitados. A dureza pode ser classificada como <i>dureza carbonato</i> e <i>dureza não carbonato</i> , dependendo do ânion com a qual ela está associada. A dureza correspondente à alcalinidade é denominada dureza carbonato, enquanto que as demais formas são caracterizadas com dureza não carbonato. A dureza carbonato é sensível ao calor, precipitando-se em elevadas temperaturas.	Não há evidências de que a dureza cause problemas sanitários, e alguns estudos realizados com áreas com maior dureza indicaram uma menor incidência de doenças cardíacas; Em determinadas concentrações, causa um sabor desagradável e pode ter efeitos laxativos; Reduz a formação de espuma, implicando num maior consumo de sabão; Causa incrustação nas tubulações de água quente, caldeiras e aquecedores (devido à maior precipitação nas temperaturas elevadas)	Dissolução de minerais contendo cálcio e magnésio (ex.: rochas calcárias)	Despejos industriais
Fósforo	O fósforo na água apresenta-se principalmente nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. Os ortofosfatos são diretamente disponíveis para o metabolismo biológico sem necessidade de conversões a formas mais simples. As formas em que os ortofosfatos se apresentam na água dependem do pH. Os polifosfatos são moléculas mais complexas com dois ou mais átomos de fósforo. O fósforo orgânico é normalmente de menor importância.	O fósforo não apresenta problemas de ordem sanitária nas águas de abastecimento; O fósforo é um elemento indispensável para o crescimento de algas e, quando em elevadas concentrações em lagos e represas, pode conduzir a um crescimento exagerado desses organismos (eutrofização); O fósforo é um nutriente essencial para o crescimento dos microrganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica	Dissolução de compostos do solo; Decomposição da matéria orgânica	Despejos domésticos e industriais; Detergentes; Excrementos de animais; Fertilizantes

Quadro 2 – parâmetros químicos de qualidade da água.

				(conclusão)
Parâmetro	Conceito	Importância	Origem natural	Origem antropogênica
Oxigênio dissolvido	O oxigênio dissolvido (OD) é de essencial importância para os microrganismos aeróbios (que vivem na presença de oxigênio). Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução da sua concentração no meio. Dependendo da magnitude deste fenômeno, podem vir a morrer diversos seres aquáticos, inclusive os peixes (ausência de oxigênio), com geração de maus odores.	O oxigênio dissolvido é vital para os seres aquáticos aeróbios. O oxigênio dissolvido é o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos.	Dissolução do oxigênio atmosférico Produção pelos organismos fotossintéticos	Introdução de aeração artificial
Micropoluentes inorgânicos	Uma grande parte dos micropoluentes inorgânicos são tóxicos. Entre estes, tem especial destaque os metais pesados. Entre os metais pesados que se dissolvem na água incluem-se o arsênio, cádmio, cromo, chumbo, mercúrio e prata. Vários destes metais se concentram na cadeia alimentar, resultando num grande perigo para os organismos situados nos degraus superiores. Felizmente as concentrações dos metais tóxicos nos ambientes aquáticos naturais são bem pequenas. Além dos metais pesados, há outros micropoluentes inorgânicos de importância em termos de saúde pública, como os cianetos, o flúor e outros.	Os metais pesados são tóxicos para os habitantes aquáticos e para os consumidores da água.	A origem natural é de menor importância.	Despejos industriais Atividades mineradoras Atividades de garimpo Agricultura
Matéria orgânica	Os principais componentes orgânicos são os compostos de proteína, os carboidratos, a gordura e os óleos, além da ureia, surfactantes, fenóis, pesticidas e outros em menor quantidade. A matéria carbonácea divide-se nas seguintes frações: (a) não biodegradável (em suspensão e dissolvida) e (b) biodegradável (em suspensão e dissolvida). Em termos práticos, usualmente não há necessidade de se caracterizar a matéria orgânica em termos de proteínas, gorduras, carboidratos etc. Em razão da dificuldade na determinação laboratorial dos diversos componentes da matéria orgânica nas águas residuárias, face a multiplicidade de formas e compostos em que a mesma pode se apresentar utilizam-se normalmente métodos indiretos para a quantificação da matéria orgânica, ou do seu potencial poluidor. Nesta linha, existem duas principais categorias: (a) Medição do consumo de oxigênio (Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO; Demanda Química de Oxigênio (DQO) e (b) Medição do carbono orgânico (Carbono Orgânico total – COT). A DBO é o parâmetro tradicionalmente mais utilizado, e encontra-se analisado em maiores detalhes em vários outros itens de presente texto.	A matéria orgânica é responsável pelo consumo, pelos microrganismos decompositores, do oxigênio dissolvido na água. A DBO retrata, de uma forma indireta, o teor de matéria orgânica nos esgotos ou no corpo d'água, sendo, portanto, uma indicação do potencial do consumo de oxigênio dissolvido. A DBO é um parâmetro de fundamental importância na caracterização do grau de poluição de um corpo d'água.	Matéria orgânica vegetal e animal	Despejos domésticos Despejos Industriais
Nitrogênio	Nitrogênio pode ser encontrado em diferentes formas no meio aquático: Nitrogênio molecular (N ₂), nitrogênio orgânico (dissolvido e em suspensão), amônia (livre NH ₃ e ionizada NH ₄ ⁺), nitrito (NO ₂) e nitrato (NO ₃ ⁻).	Frequentemente utilizado para caracterizar o corpo d'água, a forma predominante do nitrogênio pode fornecer informações sobre o estágio de poluição da água.	Constituinte de proteínas e vários outros compostos biológicos. Nitrogênio de composição celular de microrganismos.	Despejos domésticos e industriais. Excrementos de animais. Fertilizantes.

Fonte: adaptado de Von Sperling (2005).

Em função da predominância em ambientes aquáticos da atuação nos processos de depuração de despejos e da eventual patogenicidade, a qualidade biológica da água é avaliada a partir da presença de microrganismos. A potencialidade de transmissão de doenças, por sua vez, está usualmente associada à presença de microrganismos indicadores de contaminação fecal (VON SPERLING, 2005).

Os microrganismos comumente utilizados como indicadores de contaminação fecal são as bactérias do grupo coliforme. Este grupo é utilizado em razão da grande quantidade em que se apresentam nas fezes humanas, além de possuírem resistência ligeiramente superior aos organismos patogênicos, podendo ser detectados após serem excretados. Dentre os microrganismos do grupo dos coliformes destaca-se o gênero *Escherichia*, que são bactérias que predominantemente habitam o trato intestinal humano e de outros animais. A espécie *Escherichia coli* é a principal bactéria do grupo de coliformes que indica a contaminação exclusivamente fecal, não sendo exclusivamente humana, mas um indicador amplamente utilizado, com detecção laboratorial simples e realizado em análises rotineiras (VON SPERLING, 2007).

Conjuntos mais extensos de parâmetros físicos, químicos e biológicos, incluindo-se definições, importância e fontes prováveis, podem ser encontrados em Jordão e Pessoa (2009), CETESB (2018), Postolache et al. (2012), Metcalfe e Eddy (2013) e Libânio (2005).

No Brasil, a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/2005 dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Esta Resolução abarca mais de setenta parâmetros de qualidade de água, indicando os valores máximos permitidos em cada possível classe de enquadramento (BERNARDO; PAZ, 2008).

A Resolução CONAMA nº 357/2005 estabeleceu a divisão das águas superficiais brasileiras em doces (salinidade inferior a 0,5‰), salobras (salinidade entre 0,5 e 30‰) e salinas (salinidade superior a 30‰). Para cada divisão (doce, salobra e salina) há uma subdivisão em classes de enquadramento em função dos usos que se pretende dar para cada trecho de rio.

As águas doces, função dos usos possíveis, foram subdivididas em classe especial e classes 1, 2, 3 e 4. Já as águas salobras e salinas são individualmente classificadas em classe especial, 1, 2 e 3. (CONAMA, 2005). Von Sperling (2007) observa que “a cada uma das classes corresponde uma determinada qualidade a ser mantida no corpo d’água. Esta qualidade é expressa em forma de padrões, também estabelecidos por meio da referida Resolução CONAMA”.

Função do objeto e da área de estudo desta dissertação, apenas os usos e padrões de qualidade associados às águas doces serão brevemente discutidos. Não serão apresentados os padrões de qualidade para todos os parâmetros abarcados pela legislação, dando-se destaque àqueles cujas séries serão submetidas à análise de tendência conduzida nesta pesquisa.

A classe especial impõe que devem ser mantidas as condições naturais do corpo d’água. As águas desta classe de uso são destinadas à conservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas e preservação de ambientes aquáticos em unidades de conservação. Para abastecimento humano requerem como tratamento somente a desinfecção (CONAMA, 2005).

As águas da classe 1 são destinadas ao abastecimento público após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas e à proteção das águas em terras indígenas; ao contato primário em recreação como esqui aquático, natação e mergulho, devendo atender aos padrões de balneabilidade previstos na Resolução CONAMA nº 274/2000. Também se adequam à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rente ao solo e sejam ingeridas cruas sem remoção de película.

Para a classe 2 a resolução estabelece que o uso da água para consumo humano requer tratamento convencional. Águas desta classe também são destinadas à proteção das comunidades aquáticas, assim como à realização de atividades aquáticas de contato primário em recreação como esqui aquático, natação, mergulho, seguindo os padrões de balneabilidade previstos na Resolução CONAMA nº 274/2000. São águas que podem ser destinadas à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, nos quais o público possa ter contato direto, além de atividade de pesca e aquicultura (CONAMA, 2005).

As águas da classe 3 exigem o tratamento convencional ou avançado para abastecimento público; a irrigação não poderá se dar para a mesma tipologia das classes anteriores, podendo ser utilizada em culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras. Esta classe destina-se à recreação de contato secundário, à pesca amadora e à dessedentação de animais (CONAMA, 2005).

A última classe estabelecida para águas doces é a classe 4. A qualidade da água para esta classe de uso não atende aos usos determinados nas classes anteriores, restando somente navegação e harmonização paisagística (CONAMA, 2005).

Na Tabela 1 estão reunidos os padrões de qualidade de água estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para os parâmetros ferro dissolvido, fósforo total, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, oxigênio dissolvido, pH, sólidos dissolvidos e turbidez.

Tabela 1 – Padrões de qualidade estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para parâmetros selecionados.

Parâmetro (unidade)	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Ferro dissolvido (mg Fe/L)	≤0,3	≤0,3	≤5,0	
Fósforo total (mg P/L)	lêntico ≤ 0,02 intermediário e tributário de lêntico≤0,025 lótico e tributário de intermediário≤0,1	lêntico≤0,03 intermediário e tributário de lêntico≤0,05 lótico e tributário de intermediário≤0,1	lêntico≤0,05 intermediário e tributário de lêntico≤0,075 lótico e tributário de intermediário≤0,15	-
Nitrato (mg N-NO ₃ /L)	≤10	≤10	≤10	
Nitrito (mg N-NO ₂ /L)	≤1,0	≤1,0	≤1,0	
Nitrogênio amoniacal (mg N-NH ₃ /L)	3,0 para 7,0 pH ≤7,5 2,0 para 7,5<pH ≥8,0 1,0-8,0 para pH ≥8,5 0,5 para pH>8,5	3,0 para 7,0 pH ≤7,5 2,0 para 7,5<pH ≥8,0 1,0-8,0 para pH ≥8,5 0,5 para pH>8,5	13,3 para 7,0 pH ≤7,5 2,0 para 7,5<pH ≥8,0 1,0-8,0 para pH ≥8,5 0,5 para pH>8,5	-
OD (mg O ₂ /L)	≥6	≥5	≥4	≥2
pH	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Sólidos dissolvidos (mg/L)	≤500	≤500	≤500	-
Sulfato (mg/L SO ₄)	≤250	≤250	≤250	-
Turbidez (NTU)	≤40	≤100	≤100	-

Fonte: adaptado de BRASIL (2005).

O padrão de qualidade indicado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 se dá em razão dos usos pretendidos, evidenciando o aspecto de gestão da PNRH. Essa relação, conforme aponta Pessoa (2013), está para além dos aspectos estritamente relacionados à qualidade da água, uma vez que, por se tratar de uma expressão dos usos preponderantes no trecho enquadrado, os padrões adotados por meio do enquadramento, expressos nas metas de qualidade, refletem o aspecto de pacto social em que os conflitos de uso existentes sejam discutidos.

Do ponto de vista do abastecimento público, as classes de uso decorrentes do processo de enquadramento influenciam no grau de tratamento a ser adotado para tornar potável a água a ser distribuída, conforme os padrões de potabilidade determinados pela legislação brasileira e definidos pelo Ministério da Saúde por meio de portarias regulamentadoras.

O padrão de potabilidade brasileiro estabelece os valores máximos permitidos para cada parâmetro de qualidade, que incluem variáveis físico-químicas, substâncias orgânicas e inorgânicas para a água distribuída, como também controle microbiológico visando minimizar os riscos de contaminação da água para consumo humano. É estabelecido também que os responsáveis pelo tratamento e distribuição da água de sistemas para consumo humano, seja a partir de manancial superficial ou subterrâneo, devem coletar amostras semestrais da água bruta, no ponto de captação, para análise de acordo com os parâmetros exigidos nas legislações específicas, com a finalidade de avaliação de risco à saúde humana (BRASIL, 2017).

3.2 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

O monitoramento da qualidade da água permite sua caracterização e a análise de tendências em bacias hidrográficas (ANA, 2017). Há diversas formas de se avaliar a qualidade de um corpo hídrico, sendo os parâmetros físicos, químicos e biológicos, obtidos a partir de amostras colhidas nos rios e reservatórios, amplamente utilizados como indicadores de qualidade da água.

A respeito do mesmo tema, ANA (2013) aponta que,

a medição das características físicas, químicas e biológicas de águas superficiais e subterrâneas proporciona informações essenciais para identificação, abordagem e resolução de problemas de qualidade da água. Ao registrar dados básicos, torna-se possível identificar tendências temporais e realizar comparativos entre diferentes corpos de água. Dados sobre a qualidade da água ajudam: (1) determinar impactos de indústrias, atividades agrícolas e outras atividades humanas; (2) quantificar a efetividade de políticas e de ações de gestão; (3) desenvolver modelos para a gestão da água; (4) identificar áreas prioritárias para ações de gestão; e (5) comunicar com os principais interessados questões a respeito da poluição, da saúde humana e da degradação de ecossistemas (ANA, 2013, p 71-72).

Oliveira (2015) observa que o monitoramento constitui atividade prática que tem por objetivo fornecer informação essencial para programas de avaliação de recursos

hídricos, pois consubstancia coleção de informações significativas, padronizadas e sistemáticas ao longo do tempo e em pontos determinados no espaço. Desse modo, é possível acompanhar as condições do ambiente, suas alterações de qualidade, impacto de eventos extremos, dentre outros.

As coletas de dados de rede de monitoramento com a finalidade de garantir conformidade com padrões legais são a prática mais antiga associada à construção de uma rede de monitoramento. No entanto, essa prática vem sofrendo alterações, sendo voltados esforços para controle e gestão da qualidade de águas superficiais de uma área mais ampla ou uma bacia hidrográfica (HANNANCIOGLU et al., 1999).

O monitoramento contínuo de qualidade da água resulta em séries históricas de qualidade da água com dados de diferentes períodos e associados a condições ambientais diversas. Interpretar esse extenso conjunto de dados buscando estabelecer informações consistentes constitui relevante desafio. No entanto, o adequado monitoramento da qualidade de água pode fornecer informações que subsidiem a implementação dos instrumentos de gestão necessários para avaliação e garantia da disponibilidade hídrica para as atuais e futuras gerações (COELHO, 2013).

Séries temporais (como aquelas decorrentes do monitoramento sistemático da qualidade de água) caracterizam-se por conter o registro de observações e medições de determinada variável organizada de forma sequencial de sua ocorrência no tempo. Em geral, as variações de registro no tempo dessas variáveis ocorrem em intervalos regulares. Ao conjunto dos resultados obtidos em um determinado monitoramento, dá-se o nome de população. O subconjunto extraído dessa população recebe o nome de amostra, a partir da qual, com a aplicação de diferentes técnicas estatísticas, é possível extrair conclusões válidas sobre o comportamento populacional da variável sob análise (NAGUETTINI; PINTO, 2007).

Oliveira (2015) relaciona algumas características de dados de qualidade de água, comuns a diversos dados ambientais, dentre as quais merecem destaque: **a)** não apresentam valores negativos, pois são limitados inferiormente pelo valor zero; **b)** apresentam *outliers*, que são aqueles valores consideravelmente mais altos ou mais baixos que a maioria dos dados, seja por fatores ambientais ou erros de medição ou transcrição; **c)** apresentam valores “censurados”, reportados como “maior que” ou

“menor que” os limites de detecção ou quantificação; **d)** podem apresentar padrões sazonais, registrando valores maiores ou menores em certas estações do ano e **e)** dependem de variáveis não controladas, uma vez que dados hidrológicos podem variar intensamente em função de atividades antrópicas.

3.2.1 EMPREGO DE ANÁLISE DE TENDÊNCIA EM QUALIDADE DA ÁGUA.

Os dados obtidos pelo monitoramento de qualidade caracterizam-se como dados hidrológicos e, conforme destaca Helsel e Hirsch (2002), dados hidrológicos são tipicamente distorcidos, ou seja, seu conjunto de dados não é simétrico em torno da média; logo, não seguem uma distribuição normal. Para verificar se uma série de dados utilizada não segue a distribuição normal, é recomendada a utilização do teste Shapiro-Wilk (EPA, 2006). Os testes de tendência não paramétricos são adequados para conjunto de dados que não seguem a distribuição normal, como o teste de correlação de Spearman e o de Mann-Kendall.

O coeficiente de correção de Spearman é utilizado para se detectar a correlação monotônica em concentrações químicas com o tempo ou o espaço, sendo uma técnica estatística não-paramétrica para avaliar o grau de associação ou correlação entre duas variáveis independentes. Para o cálculo do coeficiente é utilizado o ranque dos dados, sendo relativamente insensível aos dados discrepantes da série histórica (*outliers*), além de não requerer que os dados sejam coletados num intervalo regular (GAUTHIER, 2001).

O teste estatístico Mann-Kendall é um teste não paramétrico baseado em ranque. É comumente usado para avaliar o significado da tendência em séries de dados hidro-meteorológicos como qualidade da água, vazão, temperatura e precipitação. A principal razão para o uso de testes não paramétricos, quando comparados com os testes paramétricos, é que os primeiros são pensados para serem mais adequados a séries de dados não normalizados e dados censurados² que, frequentemente, são os encontrados em séries temporais hidro-meteorológicas (YUE, 2001).

Diamantini et al. (2018) analisaram o comportamento dos indicadores de qualidade da água de três grandes bacias europeias (Adige, Ebro e Sava), utilizando o coeficiente de correlação de Spearman, a análise de componentes principais e o

² Dados reportados apenas abaixo ou acima de algum limite de detecção.

teste de tendência de Mann-Kendall em séries temporais de qualidade de água, com dados de 1990 a 2015, sendo utilizado o programa R para as análises estatísticas e gráficas. Os resultados obtidos mostraram as complexas relações entre as mudanças observadas nos parâmetros de qualidade da água que, complementadas com um conhecimento profundo das bacias observadas, constituem uma ferramenta para os gestores do planejamento das referidas bacias hidrográficas, fornecendo uma visão geral dos impactos sobre os sistemas aquáticos das três bacias.

Medeiros et al. (2018) avaliaram a qualidade de água da bacia do rio Longá, no estado do Piauí, por meio das variáveis oxigênio dissolvido, turbidez, temperatura, pH, condutividade elétrica, sólidos totais, fósforo total, nitrato, demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e *Escherichia coli*, numa região que não dispõe de uma rede de monitoramento, realizando campanhas mensais de monitoramento pelo período de um ano. O objetivo consistiu em avaliar a variação sazonal e espacial da qualidade de água da bacia em comparação com o padrão da classe 2 prevista na Resolução CONAMA nº 357/2005. Os autores aplicaram o teste de Kruskal-Wallis para identificar a existência de diferenças sazonais e o teste de Spearman para identificar a correlação entre os dados. Foram aplicadas análises multivariadas por meio de técnicas de agrupamento e o método de análise dos componentes principais. Os resultados obtidos indicaram as variações para os parâmetros avaliados, destacado DBO e *Escherichia coli* com os maiores percentuais de desacordo com a legislação, condição mais frequente nos períodos chuvosos.

Testes estatísticos não paramétricos foram utilizados por Santos (2018) para avaliar a tendência de chuva, de dias secos consecutivos e dias chuvosos consecutivos na Bacia do Alto São Francisco utilizando estimativa de chuva por imagem de satélite, com a série de dados de 1998 a 2015. Utilizou-se o teste não paramétrico de Mann-Kendall e o teste de Sen. Os resultados mostraram que, de maneira geral, as séries anuais não apresentaram tendência, ainda que tenham sido verificadas tendências negativas nas regiões Oeste e Sudoeste. Foram observadas ainda as tendências de cada estação do ano, concluindo-se que no verão a maior parte das áreas apresentou tendência negativa, enquanto no outono foram detectadas as tendências de aumento de precipitação. No inverno, apenas a região próxima ao reservatório de Três Marias (principal reservatório localizado na área de estudo) apresentou tendência e esta foi positiva. Já na primavera, o Norte e as regiões do Nordeste

registraram tendências negativas. Para os dias secos consecutivos, a maior parte das regiões Norte e Nordeste da bacia apresentou tendência positiva, com exceção da área sobre o reservatório, onde houve uma tendência negativa, ou seja, menos dias secos consecutivamente. Por fim, para os dias chuvosos consecutivos, a maior parte dos dados não apresentou tendência positiva sobre a área do reservatório, enquanto na região sudeste a tendência foi negativa.

Alves et al. (2018) realizaram estudo de caso na bacia do rio Sinos, no sul do Brasil, no período de 2013 a 2015, por meio de série de dados de monitoramento de qualidade da água bruta utilizada para atendimento da população no município de Novo Hamburgo. Os autores indicaram que técnicas estatísticas multivariadas são adequadas para avaliação da qualidade das águas superficiais, utilizando análise de cluster, análise do componente principal, matriz de fatorização positiva, teste de Kruskal-Wallis e análise de correlação de Spearman. A partir das análises aplicadas, foi possível identificar as variações sazonais por meio da análise de cluster, que indicou haver apenas três períodos robustos para análise de qualidade: verão-outono, inverno e primavera. A análise do componente principal foi utilizada para identificar qual parâmetro exercia maior influência na variação na qualidade da água em cada agrupamento das estações do ano.

A tendência temporal das cargas e concentrações de 11 (onze) parâmetros físicos, químicos e biológicos de qualidade de água foram analisadas na bacia do rio Verde, estado de Minas Gerais, localizado no sudeste do Brasil. Para a condução do estudo foram utilizadas séries históricas referentes ao período compreendido entre os anos de 2008 e 2014. As análises foram realizadas a partir da verificação da autocorrelação da série temporal por meio do teste de correlação de Spearman, teste de Kruskal-Wallis para verificação de diferenças significativas entre as estações do ano e os testes de Mann-Kendall e Sazonal Mann-Kendall para análises de tendência temporal. Os parâmetros estudados foram: cloreto total; clorofila a; coliformes termotolerantes; demanda bioquímica de oxigênio; demanda química de oxigênio; feofitina a; fósforo total; nitrato; nitrogênio amoniacal total; sólidos suspensos totais e sólidos totais. Os dados de vazão de 7 (sete) estações de monitoramento foram utilizados para cálculo de carga para os parâmetros analisados. Foram calculadas as tendências para cada parâmetro, em cada estação de medição, em termos de concentração e carga. Os resultados indicaram que, de

maneira geral, os parâmetros que apresentaram maior tendência de elevação dentre as estações estudadas foram nitrato, cloreto total e nitrogênio amoniacal total. Por outro lado, a tendência de redução mais expressiva se deu nas concentrações de parâmetros feofitina a, clorofila a e sólidos suspensos totais. Comparando-se as análises de tendência da concentração em relação à carga observou-se diferenças entre os resultados para o mesmo parâmetro. Dentre as análises de tendência de carga dos parâmetros apenas o nitrato apresentou tendência de elevação. O estudo aponta a redução de vazão nos diferentes pontos de monitoramento no período analisado, o que confirma os resultados de tendência de elevação das concentrações e redução de carga (PINTO et al., 2017).

Testes de tendência de Spearman e Mann-Kendall fizeram parte do estudo realizado por Costa et al. (2017) com dados de qualidade da bacia do rio São Francisco. Esse trabalho analisou o percentual de não atendimento dos padrões legais estabelecidos para a qualidade da água dos corpos d'água, a partir da série de dados do monitoramento realizado na parte mineira da bacia do rio São Francisco pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM). Foram analisadas séries históricas de 26 (vinte e seis) parâmetros de qualidade de água, registradas em 10 (dez) estações de monitoramento e com extensão de 14 (quatorze) anos, obtendo-se o percentual de violação do padrão para cada parâmetro de qualidade de água nas estações de monitoramento em que foram registrados valores acima dos padrões de qualidade ambiental. As análises de tendência revelaram que a maioria das estações de monitoramento não apresentou modificações significativas, de elevação ou redução ao longo do tempo, indicando a manutenção de um cenário de pressão sobre os recursos hídricos, em especial nas áreas mais urbanizadas.

Testes não paramétricos também se mostraram adequados para análise de dados de qualidade de água subterrânea. O estudo desenvolvido por Masoud et al. (2017) contou com informações de 55 (cinquenta e cinco) poços utilizados para abastecimento público no estado de Gharbiya, no Egito, utilizando os seguintes parâmetros: pH, sólidos dissolvidos totais, condutividade elétrica, cloreto, sulfato, sódio, alcalinidade total, dureza total, magnésio, cálcio, ferro, manganês, cobre, zinco, fluoreto, amônia, nitrato, nitrito, fosfato, oxigênio dissolvido e óxido de silício. Foram utilizados o teste de Mann-Kendall, o teste estatístico de Sen e a Análise Fatorial com o objetivo de se compreender espacialmente a tendência de evolução

da qualidade da água subterrânea e verificar os parâmetros que excediam os limites legais de qualidade. Os dados de qualidade de água subterrânea não seguiram uma distribuição normal e não foi observada homogeneidade na sua variação, bem como não foram realizados testes de tendência para os parâmetros cuja série de dados mantinha-se abaixo do limite de detecção. O estudo observou tendência de elevação para alguns poços e de redução para outros, tendência que variou de parâmetro para parâmetro e que não se mostrou homogênea para o conjunto de poços analisados. Os autores verificaram, adicionalmente, que diferentes parâmetros excederam o limite do padrão de qualidade em vários dos pontos analisados; foram eles o manganês (em 46% dos pontos analisados), ferro (35%), turbidez (39%), amônia (33%), dureza (11%), nitrito (4%) e sólidos dissolvidos totais (3%).

Shi et al. (2015) estudaram o padrão de mudança de precipitação no Sudoeste da China, utilizando os dados das estações meteorológicas geridas pela Administração Nacional Meteorológica da China. Foram utilizados dois índices para avaliação da chuva: um índice de concentração da precipitação, que avalia a sazonalidade, e um índice de concentração de precipitação, que avalia a variação diária. As tendências da precipitação anual e dos referidos índices foram apropriadas utilizando-se o teste não paramétrico de Mann-Kendall. Adicionalmente, utilizou-se a estimativa de expoente de Hurst visando a obtenção da tendência futura da precipitação. A área estudada compreendeu a extensão de várias províncias, perfazendo uma área de 1,13 milhões de km². O estudo conclui que média diária anual de precipitação entre 1951 e 2010 possui tendência heterogênea na área de estudo, havendo concentração de tendência de elevação em algumas áreas em comparação com outras, onde se observou redução. A análise de tendência por meio do índice do expoente de Hurst indicou a tendência de incremento na precipitação anual na parte oeste da região estudada e decréscimo na parte leste, sendo que a tendência de elevação prevalece na maior parte da área analisada.

A mudança de tendência temporal da série de precipitação e vazão foi estudada por Uliana et al. (2014) para o município de Alegre, no estado do Espírito Santo, utilizando teste não paramétrico de Pettit, que utiliza uma versão estatística do teste de Mann-Whitney, cuja hipótese nula admite a ausência de um ponto de inflexão na série analisada ao nível de significância de 5%. Os dados foram obtidos das estações de medição da ANA localizadas no município, com série de informações

para o período entre 1939 e 2005, resultando na observação de que a série de precipitação anual apresenta estacionariedade; já as médias de precipitação mensais apresentam tendência de elevação nos meses de agosto e setembro. Em relação às vazões médias foi identificado mudança de tendência nos meses de outubro, indicando aumento da vazão média, apontado pelos autores como possível consequência do aumento da precipitação média nos dois meses antecedentes.

Trindade (2013) realizou análise espacial e temporal da qualidade da água superficial da sub-bacia do rio das Velhas, estado de Minas Gerais, utilizando dados de 29 (vinte e nove) estações do programa de monitoramento de qualidade de águas do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) com séries históricas de 10 (dez) anos. O estudo teve como objetivo compreender a evolução e o comportamento dos poluentes, a partir dos dados de concentração, a fim de subsidiar os órgãos gestores para ações de manejo, com foco na melhoria da qualidade da água da bacia. Para as análises de tendência temporal a autora utilizou os testes de Spearman, Mann-Kendall e o sazonal de Mann-Kendall, quando aplicável. Também foi utilizada a Análise de Cluster para agrupar as estações utilizadas. O estudo permitiu observar que os parâmetros responderam aos testes estatísticos de forma diversa (apresentando tendências de elevação, redução ou ausência de tendência) e variável com a estação do ano. Os resultados indicaram que os parâmetros que mais apresentaram tendências de redução ou elevação foram demanda bioquímica de oxigênio (DBO), arsênio, manganês e coliformes termotolerante. Também foram aplicados os testes estatísticos ao Índice de Qualidade da Água (IQA), que indicaram tendências tanto positiva quanto negativa, variáveis conforme estação analisada.

Yenilmez et al. (2011) analisaram séries históricas de registros de qualidade da água no lago Eymir, corpo d'água localizado na capital da Turquia. As séries históricas apresentavam extensão de 10 (dez) anos. Foram avaliados os parâmetros oxigênio dissolvido, fósforo total, sólidos suspensos totais e profundidade do disco de secchi, e, adicionalmente, verificada a tendência de variação temporal de precipitação, volume do lago e temperatura ambiente e a correlação entre essas variáveis e os parâmetros de qualidade da água estudados. O teste de Mann-Kendall foi utilizado para verificar a tendência de cada parâmetro, enquanto o teste de Spearman avaliou a correlação entre os parâmetros de qualidade e a precipitação, volume do lago e

temperatura ambiente. Os resultados obtidos indicaram que o volume, a temperatura e a precipitação tiveram decréscimo no período avaliado, enquanto que oxigênio dissolvido e sólidos suspensos totais apresentaram tendência de crescimento. Já os parâmetros fósforo total e profundidade do disco de secchi apresentaram decréscimo. O estudo observou que, se as mesmas condições prevaleceram, a expectativa é que o volume do lago e a precipitação continuem a declinar e que a qualidade da água do lago piore.

Análises estatísticas e de tendência da qualidade de água e do escoamento superficial foram realizadas no rio Pínios, na região central da Grécia, utilizando o teste não paramétrico de correlação de Spearman e o teste t de Student. Foram utilizados dados mensais de vazão de cinco estações e dados de qualidade de seis estações. As análises indicaram que a qualidade da água se manteve razoável na maioria dos casos, quando considerados os padrões de referências adotados. Foram utilizados os padrões da Organização Mundial de Saúde, o padrão da União Europeia para qualidade de água associado à potabilidade e o padrão da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura como referência para os usos ligados à irrigação. As tendências de crescimento de pH, cloreto e mercúrio observadas no estudo indicaram a probabilidade de haver contaminação por efluentes industriais não controlados (LOUKAS, 2010).

Os dados de qualidade da água do rio Nakdong, na Coreia do Sul, um dos maiores sistemas hídricos da região de península coreana, coletados entre 1992 e 2000, foram analisados por meio de dois métodos estatísticos: o teste sazonal de Mann-Kendall e o método de regressão não paramétrica LOWESS. Foram estudados os parâmetros DBO, fósforo total e nitrogênio total, resultando em tabelas e gráficos que representaram especialmente a tendência de qualidade das estações monitoradas. O estudo associou os resultados de tendência obtidos a gráficos tridimensionais, sendo uma ferramenta que permitiu visualizar os pontos de melhoria e deterioração da qualidade da água ao longo do tempo (LEE et al., 2010).

Chang (2008) estudou a tendência de variação temporal da qualidade da água em 18 (dezoito) pontos de monitoramento na bacia do rio Han, na Coreia do Sul. A análise de tendência abarcou 8 (oito) parâmetros de qualidade de água (temperatura, pH, oxigênio dissolvido, DBO, DQO, sólidos suspensos, fósforo total e

nitrogênio total) e séries históricas associadas ao período compreendido entre os anos de 1993 e 2002. Foi utilizado o teste não paramétrico sazonal de Mann-Kendall para determinar a significância de tendência para cada parâmetro em cada ponto de monitoramento. Adicionalmente, foi utilizado um modelo de análise de regressão bivariada buscando correlacionar os dados de cobertura de terra com as tendências apresentadas. O estudo indicou que não há significativas variações nos valores de temperatura, pois a maior parte das estações não apresentou tendência, sendo observada, do conjunto de dezoito estações de monitoramento, tendência de elevação em cinco estações e de decréscimo em quatro. O nitrogênio total, por sua vez, apresentou aumento na maioria das estações estudadas. Os parâmetros pH, oxigênio dissolvido, DBO, DQO, sólidos suspensos, fósforo total apresentaram variações diferentes a depender da estação, o que revela a complexidade de influência geográfica local nos pontos monitorados.

Dados resultantes de monitoramento contínuo da qualidade da água à montante *Southern Indian River Lagoon*, um agrupamento de três lagoas localizadas na costa atlântica do sul da Flórida, Estados Unidos, foi analisado por Qian et al. (2007) com o objetivo de se verificar a tendência temporal dos parâmetros fósforo total, ortofosfato e a série nitrogenada. Analisou-se, adicionalmente, a tendência de variação temporal da vazão que entra no sistema lagunar. Fizeram parte do estudo dados provenientes de 06 (seis) estações de monitoramento entre o período de 1979 e 2004. Foram utilizados o teste paramétrico Tobit e o não paramétrico Sazonal de Mann-Kendall para a análise de tendência da concentração dos nutrientes. Para a análise de carga dos nutrientes utilizou-se regressão linear simples entre as cargas anuais e sazonais e o tempo. O estudo observou que na maior parte das estações (36%) houve padrão de aumento de tendência dos parâmetros, enquanto que tendência negativa dos parâmetros ocorreu em menor parte (19%) dos pontos monitorados. De modo similar, a carga dos parâmetros analisados mostrou tendência positiva na maior parte das estações estudadas. O estudo mostrou ainda que há uma variação sazonal da carga, de acordo com a época mais seca ou mais chuvosa.

Grosso et al. (2006) analisaram os parâmetros de qualidade da água da bacia do rio Piracicaba a partir dos dados gerados pelos postos de monitoramento da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) a fim de

caracterizar a qualidade das águas utilizando a análise de tendência temporal e a magnitude dos parâmetros oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio total, nitrato, fósforo total, cloreto, amônio e coliformes fecais. Foram utilizados os dados de 1979 e 2001 com frequência mensal. Os resultados do trabalho indicaram que houve degradação da qualidade da água no período e a análise de magnitude mostrou que algumas estações apresentaram variações mais acentuadas no período de estudo.

Psilovikos et al. (2006) analisaram séries históricas de quantidade e qualidade de água, entre os anos de 2000 e 2002, registradas por uma estação automática de monitoramento com envio de dados a cada duas horas, constituindo extensas séries temporais. O estudo foi realizado no rio Nestos, região transfronteiriça da Península dos Balcãs, entre Bulgária e Grécia, proveniente de um ponto de monitoramento à jusante de uma barragem de uso múltiplo. Foram aplicados o teste de Spearman para se analisar a tendência de evolução dos parâmetros que são monitorados – oxigênio dissolvido, temperatura do ar e da água, altura da lâmina d'água, condutividade elétrica, potencial redox. O estudo observou que há tendência de redução de oxigênio dissolvido, ainda que suas concentrações se apresentem dentro de uma faixa adequada para a preservação ecológica. A condutividade elétrica, por sua vez, apresentou decréscimo durante a maior parcela do período observado, com tendência de elevação no restante do período. O potencial redox apresentou tendência de redução à medida que diminuía a altura da lâmina d'água. Já a curva de temperatura da água apresentou similaridade com a temperatura do ar, apresentando picos e decréscimos nos mesmos períodos do ano.

Moraes et al. (1998) estudaram o comportamento temporal dos principais parâmetros hidrológicos da bacia do Rio Piracicaba utilizando testes estatísticos não paramétricos. Foram analisados os dados de precipitação, evapotranspiração e vazão, utilizando oito estações de medição e trinta e duas estações meteorológicas da bacia, distribuídas em cinco microbacias. As séries utilizadas no estudo cobriram o período de 1947 a 1991, utilizando-se para vazão e precipitação as médias anuais e os totais anuais, respectivamente, além das médias dos meses secos (junho a agosto) e chuvosos (dezembro a fevereiro) no caso da precipitação e as médias dos meses secos (julho a setembro) e os chuvosos (janeiro a março) no caso da vazão. Os testes não paramétricos utilizados foram Mann-Kendall e o teste de Pettit, que

utiliza a versão da estatística do teste de Mann-Whitney. Foi identificada tendência de elevação no total anual precipitado após o ano de 1975, tendo sido observada, adicionalmente, a tendência de elevação no total anual precipitado e no total precipitado no período seco; no entanto, não foram detectadas tendências nos meses relacionados ao período chuvoso, de modo que o resultado sugere que a elevação da precipitação anual se deve ao aumento que ocorreu nos períodos considerados secos. Sobre a evapotranspiração, foi observado incremento nas últimas décadas da série, sendo apontado pelos autores que o aumento de precipitação, o aumento da cultura irrigada e da superfície de reservatórios contribuírem para esta tendência, sendo o aumento de chuva a maior parcela de contribuição. Quanto à vazão, a maior parte das estações não apresentou tendência e, nas poucas estações em que se observou tendência, a tendência foi negativa. As estações que apresentaram tendência negativa eram influenciadas pelo sistema Cantareira.

4. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo objeto deste trabalho compreende a bacia hidrográfica do rio Jucu, localizada na região centro sul do Espírito Santo. A bacia possui área de drenagem de aproximadamente 2.032 km², abrangendo totalmente os municípios de Marechal Floriano, Domingos Martins e Viana, além de parcialmente os municípios de Vila Velha, Cariacica e Guarapari (AGERH, 2018). A bacia limita-se ao Norte e a Oeste com bacia dos Reis Magos e Doce, a Sudoeste com a bacia do rio Itapemirim, a Leste com a baía de Vitória, e ao Sul com as bacias do rio Benevente e Guarapari (DEINA, 2013).

O rio Jucu é formado por dois cursos d'água principais, o rio Jucu Braço Norte e o Jucu Braço Sul, cuja confluência se dá na divisa dos municípios de Viana e Domingos Martins e a foz se encontra na localidade de Barra do Jucu em Vila Velha, desaguando no Oceano Atlântico. O Braço Norte é o curso d'água de maior extensão, cujas nascentes se encontram na região serrana em cotas altimétricas de aproximadamente 1200 metros, próximo ao Parque Estadual de Pedra Azul, no limite entre os municípios de Domingos Martins e Vargem Alta. A extensão do Braço Norte é cerca de 123km até a confluência com o Braço Sul. Este por sua vez, nasce no interior do Parque Estadual de Pedra Azul, percorre um trecho de aproximadamente 67km até o encontro com o Braço Norte, passando pela área urbana do município de Marechal Floriano. Outros afluentes importantes compõem a malha hidrográfica desta bacia, como os córregos Melgaço, Barcelos, Biriricas, Pontes, D'antas, Jacarandá, Ribeirão Tijucu Preto, Santo Agostinho, Congo (IJSN, 2009; DEINA, 2013).

Quanto aos aspectos geomorfológicos, a bacia do rio Jucu apresenta os domínios morfoestruturais dos Depósitos Sedimentares e dos Dobramentos Remobilizados. O domínio dos Depósitos Sedimentares compreende a região das planícies costeiras, as várzeas nas proximidades com a foz, além dos tabuleiros costeiros localizados no litoral. Paralelamente ao litoral, sobre os domínios dos Dobramentos Remobilizados encontram-se as colinas e maciços costeiros. Quanto ao relevo, a variação de cotas altimétricas da maior parte da bacia fica entre 0 e 1500 metros. A bacia segue no sentido Oeste-Leste, sendo as regiões das nascentes as de maior altitude, a região da confluência dos braços Norte e Sul situados entre as cotas altimétricas de 150 a

500 metros, descendo progressivamente em direção à região da foz ao nível do mar (DEINA, 2013).

O clima da bacia do rio Jucu varia de acordo com as regiões, existindo nos alto e médio cursos a predominância do clima subtropical de altitude, que se apresenta com inverno seco e verão ameno. Nas partes mais baixas da bacia o clima é tropical. A época chuvosa típica acontece no verão e a estiagem no inverno, sendo que nas áreas mais centrais da bacia as chuvas são mais frequentes, havendo registro em todos os meses (IJSN, 2009).

Quanto ao uso e ocupação do solo na região³ hidrográfica do rio Jucu, o parcelamento se encontra da seguinte maneira: cobertura florestal de aproximadamente 42%; área de cultura agrícola 17,77%; pastagem 17,56%; silvicultura 16,09%; e área urbanizada 5,37%. Menos de 2% da região é dividida entre afloramento rochoso, restinga e faixa de praia, corpos d'água, área alagada, manguezal e mineração (NIP-SA; PROFILL 2015a). Quanto à cobertura vegetal, toda área da bacia apresenta predomínio de vegetação arbórea sem intervenção antrópica de expressiva, sendo que as áreas de mata nativa se encontram em maior parte nas unidades de preservação localizadas no Médio Jucu e no Jucu Braço Sul, seguidos pelas unidades do Baixo e Alto Jucu, Formate/Marinho e Costeira (NIP-SA; PROFILL 2015b).

A bacia hidrográfica do rio Jucu é fonte para abastecimento de boa parte dos municípios da região metropolitana de Vitória, atendendo 97,1% da população de Vila Velha, 91,10% de Viana, 95,3% Cariacica e 99% da população de Vitória. Isso representa o abastecimento de cerca 950 mil habitantes somente na região metropolitana de Vitória (NIP-SA; PROFILL 2015b). Observa-se a importância dos recursos hídricos nessa área de estudo para o abastecimento público, considerando a população concentrada na Grande Vitória, além das populações na região do interior do estado como as sedes dos municípios Marechal Floriano e Domingos Martins, bem como seus distritos.

³ No estudo realizado pelo IEMA foi adotada a terminologia de região hidrográfica pois as unidades de planejamento incluem alguns territórios adjacentes aos limites geográficos da bacia do rio Jucu, com características naturais, econômicas e sociais semelhantes.

O Comitê da Bacia hidrográfica do rio Jucu, durante a elaboração do Plano de Recursos Hídricos da Bacia, discutiu e apresentou uma proposta de enquadramento dos rios principais da bacia. Essa proposta foi submetida à aprovação do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, no entanto, ainda não homologado, situação existente até a finalização dessa pesquisa. Dessa forma, a classificação vigente para os mananciais da bacia do rio Jucu é classe 2.

Os pontos de monitoramento cujas séries foram utilizadas neste estudo estão apresentados na Tabela 2, incluindo o nome do corpo hídrico, as coordenadas geográficas e a área de drenagem.

Tabela 2 – Localização dos pontos de monitoramento utilizados.

Manancial	Coordenada UTM WGS 84		Área de drenagem (km²)
Rio Jucu Braço Norte	284.850	7.746.187	56,0
Rio Areinha	308.246	7.756.120	11,2
Rio Jucu - Braço Sul	324.646	7.742.503	321,09
Rio Formate	341.690	7.749.985	11,22
Rio Santo Agostinho	341.831	7.746.556	30,31
Rio Jacarandá	344.371	7.737.667	171,63
Rio Jucu (Viana)	346.463	7.740.505	1690,42
Rio Jucu (Caçaroca)	358195	7.743.448	2000

A área de drenagem de cada ponto foi obtida no sistema de informações geográficas gratuito disponível na página eletrônica da AGERH. Os pontos listados na Tabela 2 foram organizados por localização geográfica, sendo o primeiro da lista o ponto mais à montante na bacia.

A Figura 1 apresenta a localização da bacia em relação ao estado do Espírito Santo e a localização dos pontos de captação e na Figura 2 é possível observar a imagem de satélite da bacia objeto de estudo.

Figura 1- Localização da bacia do rio Jucu e pontos de captação.

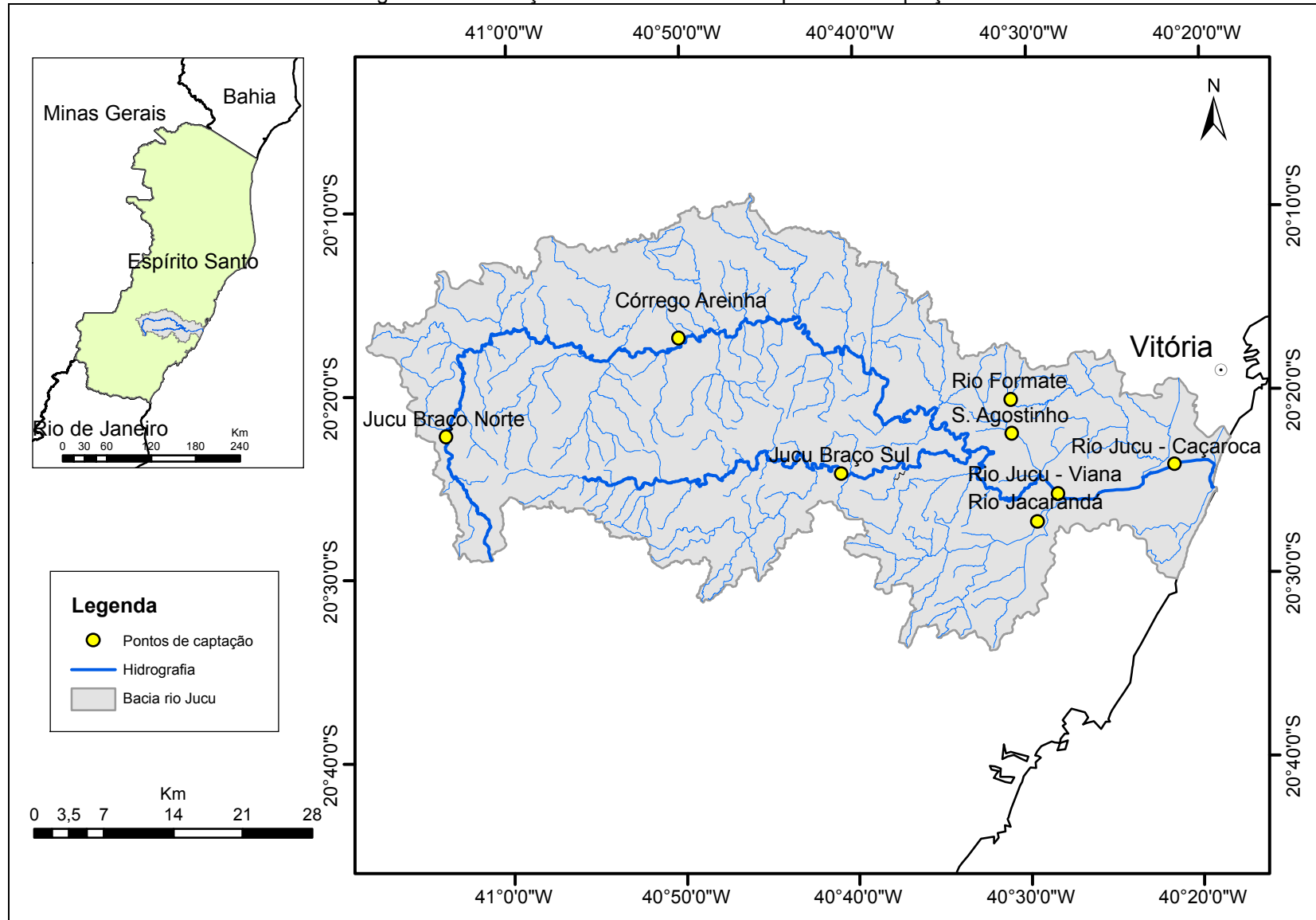
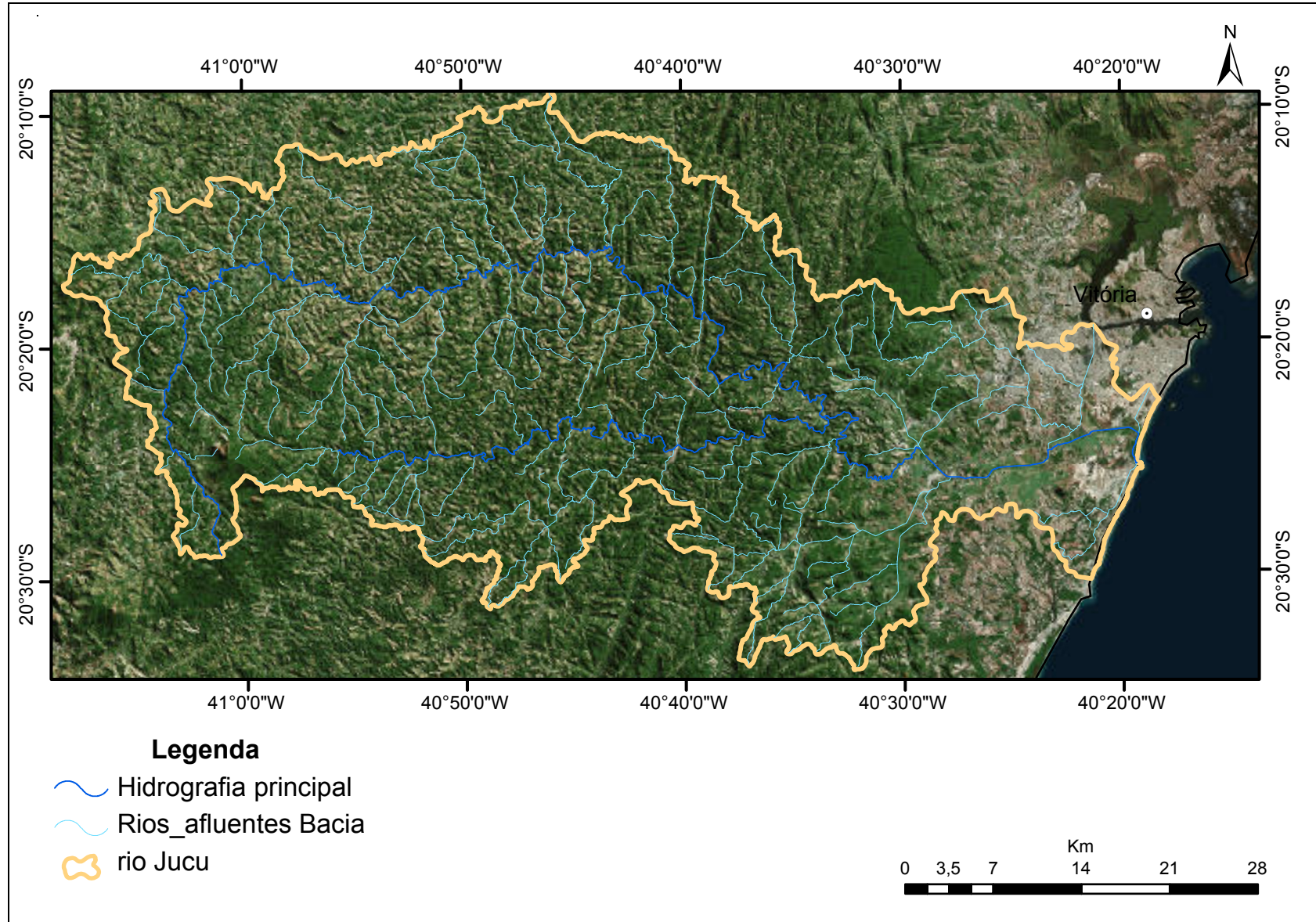


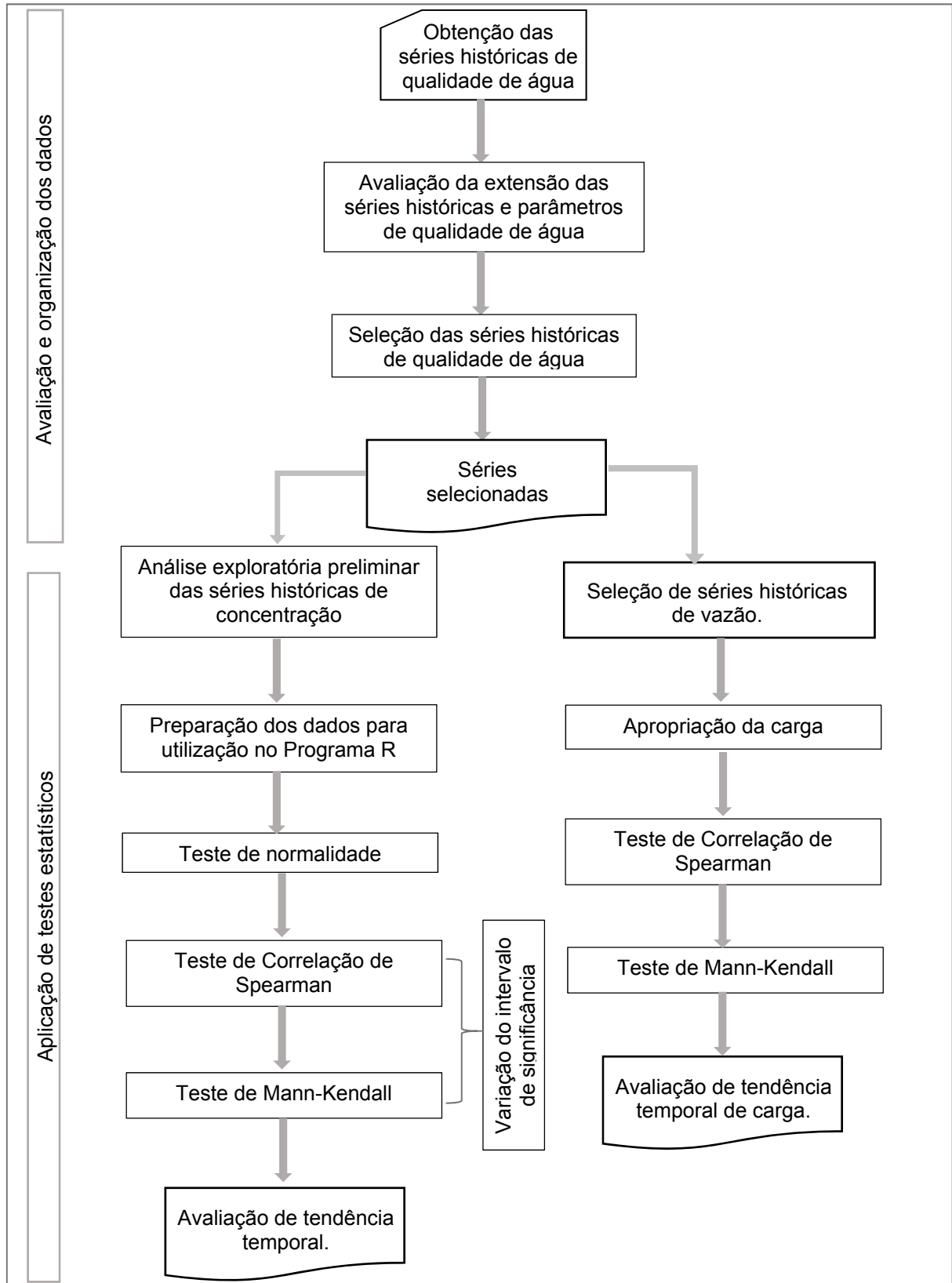
Figura 2- Imagem de satélite da região da bacia do rio Jucu.



5. METODOLOGIA

O presente estudo seguiu as etapas discriminadas no fluxograma da Figura 3.

Figura 3 - fluxograma da metodologia utilizada.



Os procedimentos adotados e a fundamentação de cada fase metodológica serão apresentados na sequência, nos itens de 5.1 a 5.3.

5.1 AVALIAÇÃO E ORGANIZAÇÃO DOS DADOS

Para o cumprimento dos objetivos deste estudo foram utilizadas as séries de dados de qualidade de água de mananciais superficiais do estado do Espírito Santo utilizados para abastecimento humano obtidas junto à Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN). Os dados disponibilizados pela companhia compreendem séries históricas de diferentes parâmetros analisados periodicamente, conforme exigência legal de monitoramento prevista no Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 do Ministério da Saúde⁴, referente à água bruta coletada diretamente nos rios e córregos de pontos de captação superficial.

A primeira etapa metodológica consistiu em sistematizar, por meio de planilhas eletrônicas, os dados recebidos da CESAN enumerando-se os pontos de captação monitorados, os parâmetros que foram medidos, a extensão da série de cada parâmetro disponível e o número de pontos monitorados por bacia hidrográfica. Foram disponibilizadas as séries de 98 pontos de captação de mananciais superficiais distribuídos em toda a área de atuação da companhia no Espírito Santo.

Dentre as bacias disponibilizadas, foi escolhida a bacia do rio Jucu como a área de estudo. A bacia hidrográfica foi selecionada para a condução da análise de tendência das condições de qualidade de água em função **a)** da extensão das séries históricas disponíveis, **b)** do número de postos de monitoramento da qualidade de água, **c)** da existência de estação fluviométrica nas proximidades do ponto de monitoramento de qualidade de água (condição que permite a apropriação de cargas de constituintes de qualidade de água) e **d)** função da relevância da bacia para o abastecimento da população da Região Metropolitana da Grande Vitória, além das populações dos municípios do interior do Estado abastecidas por seus afluentes.

No Quadro 3 estão listados os parâmetros cujas séries históricas foram disponibilizadas pela CESAN.

⁴ A portaria de consolidação nº 5 foi publicada em 03/10/2017, em seu anexo XX, trata da consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde, documento que incorporou a antiga Portaria nº 2914/2011.

Quadro 3 - Lista preliminar de parâmetros para análise de tendência.

Parâmetros disponibilizados	
Alumínio dissolvido	Níquel
Antimônio	Nitrato
Arsênio	Nitrito
Bário	Nitrogênio amoniacal
Cádmio	Nitrogênio total
Chumbo	Óleos e graxas
Cloro	Oxigênio Dissolvido
Cobre	Potencial hidrogeniônico
Cor verdadeira	Prata
Cromo	Selênio
Demanda bioquímica de oxigênio	Sódio
Dureza total	Sólidos dissolvidos totais
<i>Escherichia coli</i>	Sólidos totais
Ferro dissolvido	Sulfato
Ferro total	Agente tenso ativo
Fósforo total	Turbidez
Manganês	Zinco
Mercurio	

Dentre os parâmetros disponíveis, um grupo de parâmetros apresenta resultados, em quase sua totalidade, abaixo do limite de detecção dos métodos analíticos empregados pela empresa de saneamento, o que conseqüentemente não permitiu a condução de análise de tendência. Por esta razão, foram descartados da análise os parâmetros antimônio, arsênio, cádmio, chumbo, cobre, cromo, nitrito, manganês, mercúrio, níquel, prata, selênio, zinco e agente tenso ativo. Para o parâmetro óleos e graxas também não foi verificada a tendência de variação temporal, já que sua análise resulta, nas séries históricas recebidas, em registros de *presença* ou *ausência*. O parâmetro DBO também apresentou valores majoritariamente mínimos (usualmente censurados), sendo repetidamente apresentados como abaixo de 2 ou 3 mg/L, o que estabelece condição inadequada à aplicação dos testes associados à análise de tendência.

Na Tabela 3 estão apresentados os pontos de monitoramento na bacia do rio Jucu, incluindo-se a extensão da série histórica em cada ponto de monitoramento (estabelecida a partir do ano de início da série) e a quantidade de registros disponíveis para a análise de tendência.

Tabela 3 - Extensão das séries históricas dos parâmetros de qualidade de água da bacia do rio Jucu.

Manancial	Ano início da série	Número de registros para o parâmetro <i>E. Coli</i>	Número de registros para os demais parâmetros
Rio Jucu Braço Norte	2006	49	20
Rio Areinha	2006	55	19
Rio Jucu - Braço Sul	2005	55	20
Rio Formate	2006	28	43
Rio Santo Agostinho	2006	29	38
Rio Jacarandá	2006	30	44
Rio Jucu (Viana)	2012	29	31
Rio Jucu (Caçaroca)	2006	92	50

É relevante observar que a quantidade de amostras para o parâmetro *Escherichia coli* é substancialmente maior que a dos demais parâmetros de qualidade de água, o que é consequência do menor intervalo de tempo entre as coletas. A exigência de monitoramento deste parâmetro para água bruta é mensal, enquanto que para os demais parâmetros é semestral.

Na primeira etapa metodológica buscou-se identificar, adicionalmente, estações de monitoramento de vazão nos cursos d'água onde se localizam os pontos de monitoramento de qualidade de água reunidos na Tabela 2. Nos referidos cursos d'água foi identificada a estação fluviométrica Fazenda Jucuruaba, instalada na calha do rio Jucu e operada pela Agência Nacional das Águas (ANA). Esta estação encontra-se próxima ao ponto de monitoramento de qualidade de água Jucu (Viana), condição que permite análise de tendência da carga dos parâmetros monitorados.

Utilizou-se o portal Hidroweb da ANA - ferramenta integrante do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) - para obtenção da série histórica de vazões da estação fluviométrica Fazenda Jucuruaba.

5.2 ANÁLISE DESCRITIVA PRELIMINAR DOS REGISTROS DE QUALIDADE DE ÁGUA.

Para se realizar uma estatística descritiva dos dados é comum o emprego de medidas-resumo que sintetizam, de forma simples, o padrão de distribuição das variáveis (NAGUETTINI; PINTO, 2007). As técnicas de Estatística Descritiva podem ser, por exemplo, a organização tabular dos dados, o cálculo de medidas descritivas (média, desvio padrão, mediana, etc.) e ainda a descrição gráfica dos dados. Neste contexto, são habitualmente utilizadas medidas estatísticas que possam apresentar como estão distribuídos os dados amostrais, como mediana, média, moda, dispersão, medidas de assimetria, dentre outros.

Para sintetizar a distribuição dos dados das séries históricas selecionadas para a condução deste estudo foram utilizados os gráficos Box plot (também chamados de diagramas Box plot). Conforme Helsel e Hirsch (2002), o gráfico Box plot é um dispositivo conciso e útil para resumir um conjunto de dados, apresentando visualmente a mediana dos dados, o intervalo entre os quartis e os valores *outliers* presentes na série.

O Box plot torna-se adequado em situações em que uma imagem da distribuição é desejada, mas não é necessário ou viável para retratar todos os detalhes dos dados, de modo que, por ser compacto, permite que vários gráficos sejam apresentados em um único gráfico (EPA, 2006).

Os diagramas Box plot são muito úteis para fornecer uma visão geral do valor central da dispersão, da assimetria, das caudas e os pontos discordantes. A dispersão é observada pela amplitude inter-quartis e o valor central pela mediana. Os gráficos Box plot são úteis para comparar as características de duas ou mais amostras diferentes NAGUETTINI e PINTO (2007).

Para todas as séries de dados de qualidade de água foram gerados os gráficos Box plot. Os gráficos foram agrupados por parâmetro de modo que seja possível observar o comportamento do mesmo em todos os pontos de monitoramento de qualidade de água utilizados na bacia hidrográfica do rio Jucu.

5.3 APLICAÇÃO DOS TESTES ESTATÍSTICOS

Nesta etapa apresentam-se os testes estatísticos utilizados para a condução da análise de tendência. Conforme anteriormente mencionado, dados ambientais, como os de qualidade de água, usualmente não seguem uma distribuição Normal, característica que torna os testes não-paramétricos mais adequados para a análise de tendência. A perspectiva de que os registros de qualidade de água não se distribuíssem segundo a distribuição Normal foi verificada a partir do emprego do teste de normalidade Shapiro-Wilk (HELSEL; HIRSCH, 2002).

O teste de normalidade desenvolvido por Samuel Shapiro e Martin Wilk baseia-se na estatística W que é dada pela equação 1 (SAMPAIO, 2013):

$$w = \frac{b^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (1)$$

Na equação 1:

- x_i = valores da amostra ordenados
- \bar{x}_i = média dos valores da amostra
- b = constante determinada pela equação 2, quando n for par e pela equação 3 quando n for ímpar.

$$b = \sum_i^{n/2} a_{n-i+1} \times [x_{n-i+1} - x_i] \quad (2)$$

$$b = \sum_i^{(n+1)/2} a_{n-i+1} \times x_{n-i+1} - x_i \quad (3)$$

As constantes “a” são geradas pelas médias, variâncias e covariâncias das estatísticas de ordem de uma amostra de tamanho “n” de uma distribuição normal, sendo seus valores tabelados. A hipótese nula é que a amostra possui distribuição normal, sendo rejeitada se $w < w_\alpha$, onde α é o nível de significância.

Para avaliar a relação que a série de cada parâmetro possui em relação ao tempo foi aplicado um teste capaz de medir a existência dessa relação. Conforme indicam Helsel e Hirsch (2002), um coeficiente de correlação mede a força por meio da qual duas variáveis contínuas se associam, permitindo verificar se uma variável aumenta quando a outra aumenta, ou vice-versa, ou ainda se as variáveis não se relacionam. Para o caso deste estudo, foi avaliado se os valores medidos continuamente em

cada posto possuem algum tipo de relação entre si, ou seja, se há alguma tendência ao longo do tempo de monitoramento.

Os coeficientes *Rho* de *Spearman* (r_s) e *Tau* de *Kendall* (τ) são exemplos de medidas de correlação comumente utilizados. O coeficiente de correlação de ordem de classificação de Spearman avalia a hipótese de que a população representada por uma amostra possua significativa relação monotônica entre suas duas variáveis. A correlação entre variáveis também pode ser medida pelo coeficiente Tau de Kendall, sendo que diferentemente do coeficiente de Spearman, vai além, medindo o grau de dependência entre duas variáveis, uma vez que na apropriação do tau de Kendall é avaliado se há uma correlação positiva ou negativa entre os dados (SHESKIN, 2011).

Dessa forma, a tendência temporal em uma série hidrológica X_t ao longo do tempo pode ser detectada ao se aplicar o teste de correlação entre a série de dados e o tempo, sendo esta a ideia central do teste não paramétrico de Spearman, cuja base do coeficiente é a correlação entre as ordens de classificação da amostra estudada (NAGUETTINI; PINTO, 2007). Conforme descrito pelos autores, o coeficiente de Spearman é apropriado por meio da equação 4.

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{t=1}^N (m_t - T_t)^2}{(N^3 - N)} \quad (4)$$

Na equação (4):

- r_s : coeficiente de Spearman;
- N : tamanho da amostra;
- m_t : classificação da sequência X_t ;
- T_t : índice de tempo.

Para amostras $N > 10$ e sob a hipótese nula de que não há correlação entre m_t e T_t , a distribuição de r_s pode ser aproximada por uma Normal de média igual a zero. Tendo a variância determinada pela equação 5.

$$\text{Var}[r_s] = \frac{1}{N-1} \quad (5)$$

Portanto, se a hipótese nula é “ H_0 : a amostra não apresenta tendência temporal”, a estatística do teste não-paramétrico de Spearman pode ser formulada como a equação 6, a qual segue uma distribuição normal.

$$T = \frac{r_s}{\sqrt{\text{Var}[r_s]}} \quad (6)$$

Por ser um teste bilateral, a um nível de significância α , para se rejeitar a hipótese nula (h_0) deve-se observar se $|T| > Z_{1-\alpha/2}$, sendo que Z é a variável normal reduzida da distribuição normal padrão (NAGUETTINI; PINTO, 2007). Helsel e Hirsch (2002) apontam como padrão da estatística tradicional um nível de significância de 5%. Este será o valor α a ser adotado neste estudo. O mesmo valor de α é adotado pelos autores Trindade (2013), Naguettini e Pinto (2007) e Costa et al. (2017).

Para a utilização do teste de Spearman acrescenta-se ainda que, para o ranqueamento dos postos (m_t e T_t), é necessário observar quando há empates no valor do dado. Considerando que cada valor da série histórica é posicionado de forma crescente e cada posição é dada como o posto, quando ocorrem empates, o valor a ser utilizado na série será dado pela média dos postos repetidos, ou seja, pela média das posições ocupadas pelos valores repetidos da série. Para este teste de correlação foram utilizados os dados do monitoramento de cada parâmetro de qualidade de água ao longo do tempo.

Aliado ao teste de Spearman, adota-se o teste não-paramétrico de Mann-Kendall. Esse teste mede a relação de tendência monotônica entre as duas variáveis por meio da estatística S de Kendall. Pelo coeficiente de correlação Tau (τ) de Kendall mede-se a força da relação monotônica entre as variáveis estudadas. O cálculo de Tau de Kendall é baseado no ranqueamento dos dados, sendo por isso resistente a valores baixos de detecção, bem como a mudanças abruptas em séries não homogêneas. Esse é um fator importante para aplicação do teste em recursos hídricos (HELSEL; HIRSCH, 2002, DRÁPELA; DRÁPELOVÁ, 2011). Para este estudo, as variáveis foram os parâmetros de qualidade da água e o tempo.

Conforme observam Helsel e Hirsch (2002), a estatística de S é dada pela comparação dos dados tomados em pares, onde é atribuído valor +1 caso o parâmetro aumente com o tempo e o valor -1 caso o parâmetro diminua com o tempo. Ao final das comparações a estatística é dada por meio da equação 7.

$$S = P - M \quad (7)$$

Na equação (7):

- P = número de pares (x,y) em que x aumenta quando y aumenta, ou seja resultados positivos;
- M = número de pares (x,y) em que x diminui quando y diminui, ou seja resultados negativos.

O coeficiente de correlação de Kendall (τ) é obtido a partir da equação 8.

$$\tau = \frac{S}{\frac{n(n-1)}{2}} \quad (8)$$

Na equação (8) $\frac{n(n-1)}{2}$ representa o número de comparações possíveis entre os n pares de dados.

A hipótese nula (H_0) do teste é que “não há correlação existente entre os dados”, isto é, não há tendência ($\tau=0$). Enquanto a hipótese alternativa (H_1) mostra que as variáveis analisadas são dependentes, ou seja, há tendência ($\tau \neq 0$).

Helsel e Hirsch (2002) demonstram ainda que, para amostras com $N > 10$, a estatística do teste pode ser modificada para ser aproximada por uma distribuição normal, onde a estatística do teste (Z_s) padronizada, é dada pela equação 9.

$$Z_s = \begin{cases} \frac{S-1}{\sigma_s} \rightarrow S > 0 \\ 0 \rightarrow S = 0 \\ \frac{S+1}{\sigma_s} \rightarrow S < 0 \end{cases} \quad (9)$$

Na equação (9), $\sigma = \sqrt{\left(\frac{n}{18}\right)(n-1)(2n+5)}$.

Ao nível de significância α de 5%, a hipótese nula é rejeitada se $|Z_s| > Z_{\text{crít}}$, onde $Z_{\text{crít}}$ é o valor padrão da distribuição normal com a probabilidade de exceder $\alpha/2$. Valores positivos de Z indicam tendências crescentes, enquanto que os valores negativos indicam tendências decrescentes.

Conforme resumem Hollander e Wolf (1999), a estatística de Kendall demonstra se duas variáveis são ou não independentes, sendo que a hipótese nula do teste é que

as variáveis sejam independentes, sendo para isso o valor do coeficiente $\tau = 0$. Por outro lado, se $\tau > 0$ ou $\tau < 0$, é mais provável que as duas variáveis aumentem ou diminuam da mesma forma, apresentando assim dependência uma da outra. É razoável interpretar esse tipo de relação entre as variáveis como indicativo de uma associação positiva ou negativa, conforme medido por tau (τ). Além disso, conforme sugerido por Mann (1945), apud Hollander e Wolf, (1999), o teste de Kendall pode ser usado como um teste de tendência temporal para amostras aleatórias.

Após a aplicação dos testes de Spearman e Mann-Kendall, passa-se para a interpretação conjugada dos mesmos para cada parâmetro de qualidade de água analisado. Quando o teste de Spearman mostra que existe correlação e para o mesmo conjunto de dados o teste de Mann-Kendall aponta tendência (positiva ou negativa), evidencia-se que determinado parâmetro vem apresentado tendência temporal de acréscimo ou decréscimo.

Destaca-se que é possível avaliar a influência da sazonalidade na série de dados hidrológicos/ambientais por meio da utilização de testes não paramétricos adequados. Essa avaliação poderia ser realizada por meio do teste Kruskal-Wallis, que identifica a variação dos valores medidos entre as estações do ano e o teste Sazonal de Mann-Kendall que verifica a tendência (TRINDADE, 2013). Neste estudo, em função das amostragens majoritariamente semestrais, o teste de tendência sazonal não foi aplicado.

Para a análise de cada teste de hipótese dos testes estatísticos adotados, além do nível de significância de 5% recomendado por diferentes autores (MEDEIROS et al., 2018; COSTA et al., 2017; PINTO et al., 2017; OLIVEIRA, 2015; TRINDADE, 2013; NAGUETTINI E PINTO, 2007; PSILOVIKOS et al., 2005), foram avaliadas a correlação e a tendência a níveis de significância menos e mais restritivos, respectivamente, 10% e 1%. Para avaliação das hipóteses nulas dos testes estatísticos utilizou-se o resultado do p-value a cada teste, associado ao nível de significância adotado.

Para a aplicação dos testes estatísticos Shapiro-Wilk, Spearman e Mann-Kendall foi utilizado o Programa R, um software livre que permite a realização de análises estatísticas, disponibilizado pela *The R Foundation for Statistical Computing* no endereço eletrônico www.r-project.org. Neste trabalho foi utilizada a versão 3.4.2 do

programa R, que permite a execução do teste Shapiro-Wilk, além do pacote *Introductory Statistics with R* (ISwR) para a realização dos testes de Spearman e Mann-Kendall.

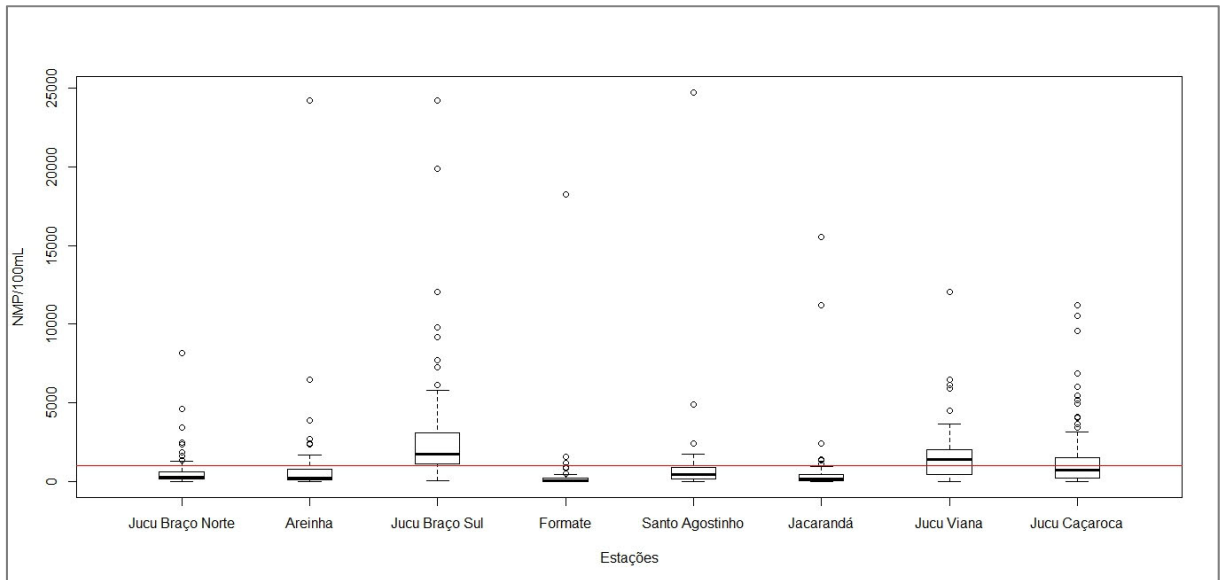
O programa R apresenta como resultado de cada teste seus coeficientes estatísticos, bem como o p-value, o que permite sua utilização para avaliar as hipóteses dos testes estatísticos, considerando-se o nível de significância adotado.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 ANÁLISE DESCRITIVA PRELIMINAR

Para todas as séries dos parâmetros de qualidade utilizados para a realização deste estudo foram gerados gráficos Box plot, agrupando-se todos os pontos de monitoramento por parâmetro analisado. As figuras de 3 a 7 apresentam os gráficos Box plot para os parâmetros *Escherichia coli* (Figura 4), nitrogênio amoniacal (Figura 5), oxigênio dissolvido (Figura 6), sólidos totais (Figura 7) e turbidez (Figura 8) como exemplo do que foi obtido. Gráficos semelhantes, produzidos para os demais parâmetros de qualidade de água analisados, estão reunidos no Apêndice A.

Figura 4 – Gráficos Box plot para o parâmetro *Escherichia coli* para o conjunto de pontos de monitoramento da área de estudo.



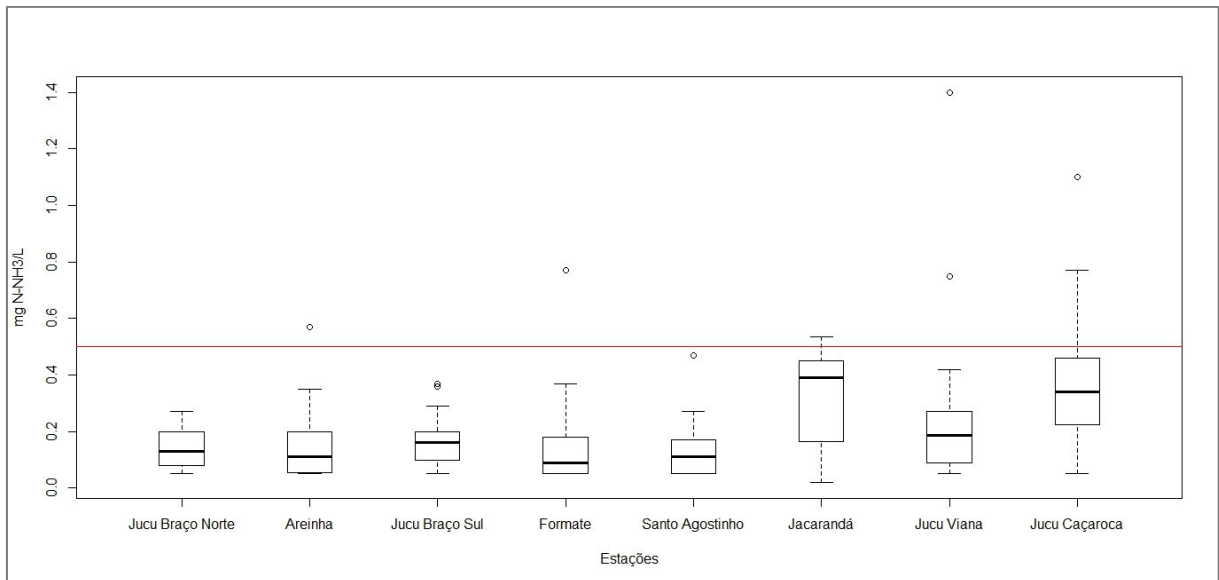
A partir da Figura 4 é possível verificar que os valores encontrados nos pontos de monitoramento apresentam valores medianos diferentes entre si, embora permaneçam invariavelmente abaixo de 1400 NMP/100 ml. A linha vermelha apresenta o limite máximo permitido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas de classe 2 para coliformes termotolerantes⁵. Observa-se que os pontos Jucu Braço Sul, Jucu Viana e Caçaroca são aqueles que apresentam maiores caudas entre o conjunto de pontos estudados, o que indica maior dispersão entre os resultados disponíveis para *Escherichia coli*. Para os demais pontos de

⁵ Embora a Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas de classe 2 não estabeleça o padrão específico para *Escherichia coli*, este é o principal parâmetro do grupo coliformes monitorado em qualidade de água para abastecimento público e padrão de efluentes domésticos.

monitoramento, nota-se menor dispersão dos dados, com concentrações mínimas e máximas bem próximos entre si e caudas curtas (algumas inexistentes).

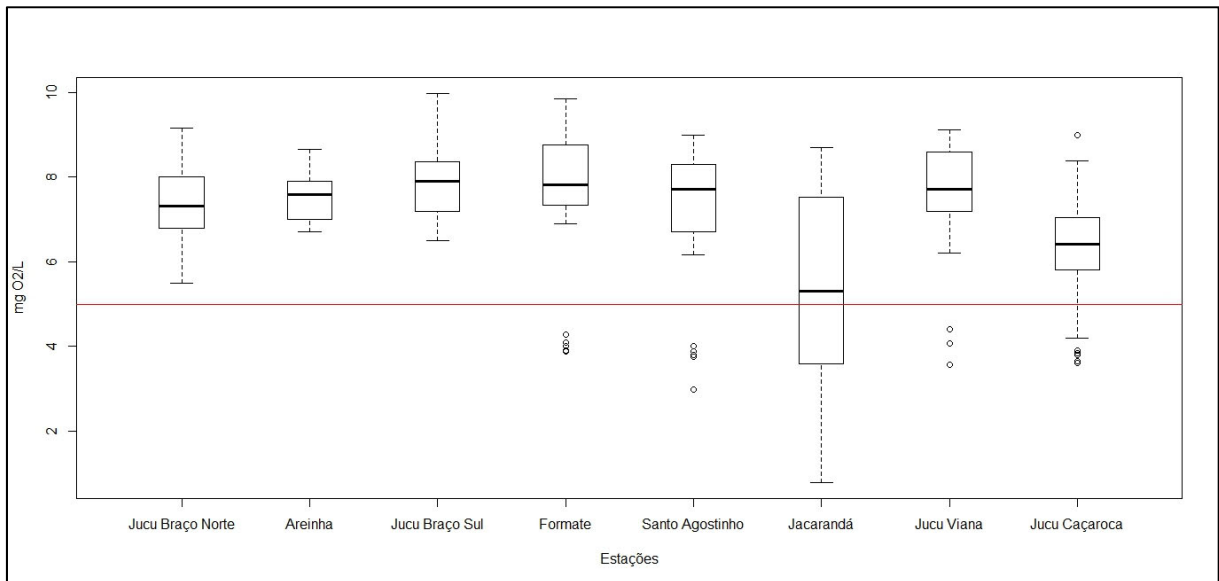
Observa-se, adicionalmente, a presença de *outliers* na maioria dos pontos de monitoramento, fato que pode ser consequência tanto das condições do local de amostragem quanto das condições ambientais, hidrológicas e climatológicas do dia da coleta ou dos dias que antecederam o dia de monitoramento. Os valores medianos das séries encontram-se, na quase totalidade dos pontos de monitoramento, abaixo de 1000NMP/100ml, valor limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas de classe 2. Valores das medianas superiores ao referido padrão foram observadas nos pontos de monitoramento localizados em Jucu Braço Sul e Jucu Viana.

Figura 5 - Gráficos Box plot para o parâmetro Nitrogênio Amoniacal para o conjunto de pontos de monitoramento da área de estudo.



Os gráficos Box plot das séries de nitrogênio amoniacal apresentados na Figura 5 indicam que as medianas das séries históricas aumentam no sentido da foz da bacia hidrográfica. No entanto, os valores medianos das concentrações de nitrogênio amoniacal não superam o padrão de qualidade (linha vermelha no gráfico) mais rigoroso estabelecido para os rios classe 2 (0,5 mg/L) associado às águas básicas (pH > 8,5). Os *outliers* apresentam-se em quantidade reduzida para o nitrogênio amoniacal total, não tendo sido observados valores anômalos de concentração nos postos Jucu Braço Norte e Jacarandá.

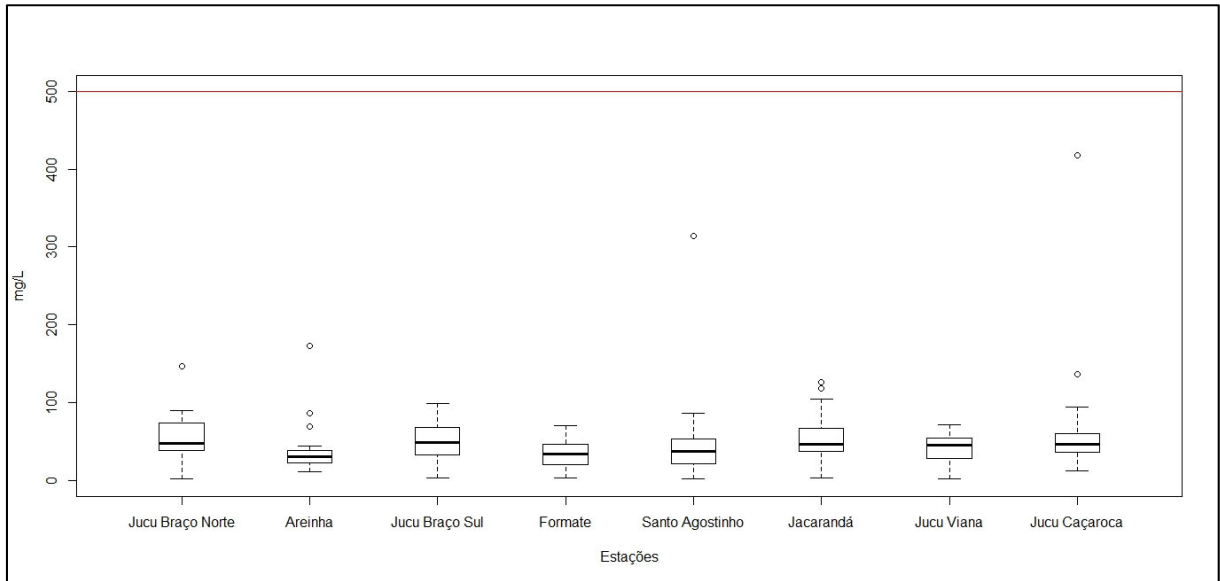
Figura 6 - Gráficos Box plot para o parâmetro Oxigênio Dissolvido para o conjunto de pontos de monitoramento da área de estudo.



Na Figura 6 observa-se que os pontos de monitoramento Jucu Braço Norte, Areinha e Jucu Braço Sul e Jacarandá não apresentam *outliers* e que todos os registros que conformam as séries históricas destes pontos de monitoramento apresentam-se acima do padrão ambiental mínimo estabelecido para rios classe 2, indicado pela linha vermelha no gráfico, com valores medianos superiores a 7 mg/L. O ponto de monitoramento Jacarandá também possui uma série histórica de dados sem *outliers*; no entanto, foi o que apresentou maior distribuição entre os quartis e também maior amplitude entres os valores de OD. Ainda que no ponto de monitoramento Jacarandá o valor mediano da série histórica apresente-se abaixo do padrão ambiental estabelecido para rios classe 2, foram observados valores mínimos de OD de 0,78 mg/L, condição de qualidade extremamente severa para a biota aquática.

É relevante ressaltar que para os pontos de monitoramento Formate, Santo Agostinho e Jucu Viana, excluindo-se os outliers, todos os registros atendem ao padrão de qualidade definido para rios classe 2, com valores medianos superiores a 7 mg/L.

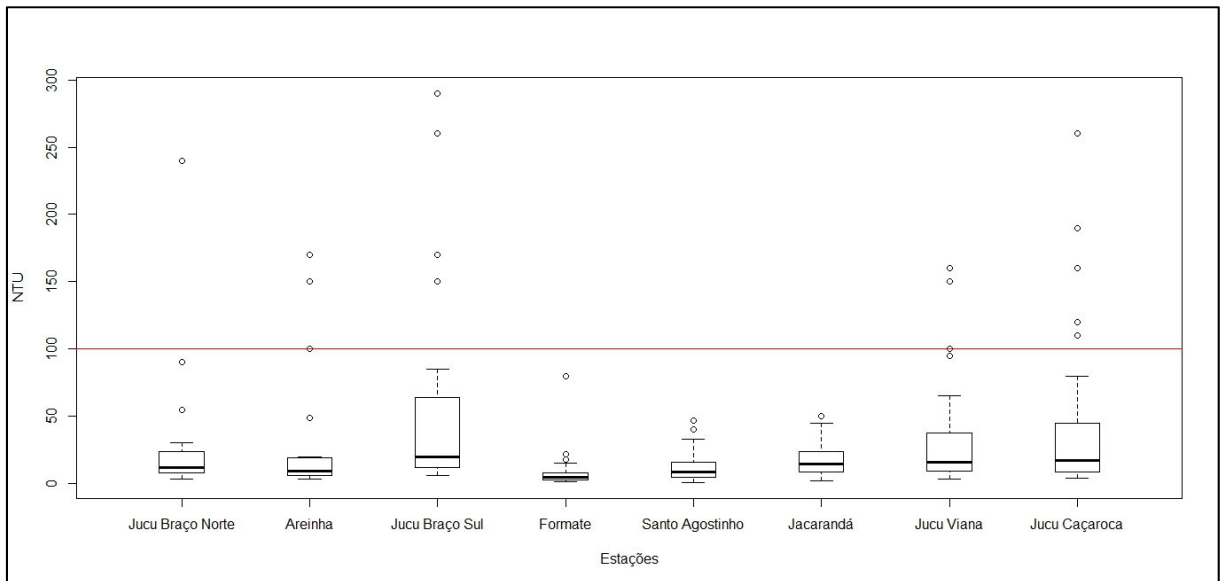
Figura 7 - Gráficos Box plot para o parâmetro Sólidos Dissolvidos para o conjunto de pontos de monitoramento da área de estudo.



A Figura 7 indica que as séries históricas de sólidos dissolvidos apresentam concentrações majoritariamente abaixo de 100mg/L e que metade das séries analisadas (Jucu Braço Sul, Areinha, Formate, Santo Agostinho e Jucu Caçaroca) apresentam dados que se distribuem de forma simétrica em relação à mediana. O ponto de monitoramento Areinha se destaca dentre os demais por apresentar pequena amplitude para a variação das concentrações de sólidos dissolvidos.

É relevante observar que, excluindo-se um *outlier* associado ao ponto Jucu Braço Norte, todos os demais registros que constituem as séries históricas analisadas apresentam valores inferiores ao padrão ambiental definido para rios classe 2, máximo de 500mg/L, conforme indicado pela linha vermelha no gráfico. É importante registrar que o referido *outlier* (concentração de 927 mg/L) foi suprimido apenas na etapa de confecção do gráfico Box plot, tendo sido considerado quando da análise de tendência, uma vez que os testes não paramétricos utilizados não são influenciados pela presença de outliers.

Figura 8 - Gráficos Box plot para o parâmetro Turbidez para o conjunto de pontos de monitoramento da área de estudo.



Nota-se que para o parâmetro turbidez (gráficos Box plot apresentados na Figura 8) todos os pontos de monitoramento possuem medianas invariavelmente abaixo do valor máximo estabelecido para classe 2 (100mg/L), sinalizado no gráfico pela linha vermelha. Observa-se, adicionalmente, que todos os pontos de monitoramento apresentam *outliers*; no entanto, não há padrão quanto à forma de distribuição das séries de dados, com valores frequentemente dispersos em relação a mediana e com grande amplitude de variação. Alguns pontos possuem características específicas, como Formate, cujos dados se concentram em torno da mediana. O ponto Jucu Braço Sul, por sua vez, possui relevante amplitude para o 3º quartil, bem como expressivos valores para os *outliers*. O ponto Jucu Caçaroca também se destaca pela assimetria dos dados, com maior amplitude para o 3º quartil e o maior afastamento entre mediana e o valor máximo.

É relevante observar que para a elaboração dos gráficos Box plot para o parâmetro turbidez foi suprimido o valor de *outlier* de 1400 NTU do ponto de monitoramento Santo Agostinho. Este valor de *outlier* foi considerado quando da análise de tendência, sendo suprimido apenas para permitir melhor visualização dos gráficos Box plot para o conjunto de pontos de monitoramento.

Os resultados associados aos parâmetros dureza, ferro dissolvido e total, fósforo, nitrato, nitrogênio total, pH, sólidos totais, sulfato, reunidos no Apêndice A, também não permitiram estabelecer padrão de variação temporal entre os pontos de

monitoramento. Acerca dos referidos parâmetros são consideradas relevantes as seguintes considerações:

- Para o parâmetro dureza notou-se que não há grande variação entre as medianas de todos os pontos e as caudas são, usualmente, pouco expressivas;
- Para o parâmetro ferro total, o ponto de monitoramento Jacarandá foi aquele que apresentou maior número de *outliers*, enquanto o ponto Jucu Caçaroca apresentou o *outlier* de maior valor (23,2 mg/L) dentre todos os pontos de monitoramento. A mediana em todos os pontos ficou abaixo de 1,3 mg/L. Em relação ao ferro dissolvido, destaca-se que, à exceção dos *outliers* dos pontos Jacarandá e Jucu Caçaroca, o conjunto de dados de todos os pontos de monitoramento manteve-se totalmente invariavelmente abaixo de 2,0 mg/L;
- A distribuição das séries históricas de fósforo foi a que apresentou maior variabilidade entre os pontos de monitoramento, com alguns gráficos apresentando-se achatados em torno de suas medianas e com pouca amplitude entre os quartis. As séries de Jucu Viana e Jucu Caçaroca foram aquelas que se mostraram mais simétricas. Todas as séries históricas do parâmetro fósforo apresentaram *outliers*;
- A distribuição gráfica das séries históricas de nitrato indicou que todas as concentrações se encontram abaixo do padrão de qualidade (10mg/L) estabelecido para as classes 1, 2 e 3. Notou-se ainda que as séries históricas na maioria dos pontos de monitoramento apresentaram-se assimétricas;
- A confecção dos gráficos Box plot para o parâmetro sólidos totais foi realizada retirando-se um outlier da série histórica do ponto Jucu Caçaroca. Não há presença de *outlier* nos pontos Jucu Braço Sul, Formate e Jucu Viana. Para esse parâmetro, as estações de monitoramento não apresentam padrão de distribuição entre os quartis ou padrão de variação espacial;
- A quase totalidade de concentrações do parâmetro nitrogênio total apresentou-se abaixo de 3,0 mg/L, à exceção de um outlier no ponto de monitoramento Jucu Viana;
- Para o pH foram registradas medianas variando em 6,0 e 7,0 para todos os pontos e caudas pouco relevantes;

- Para o parâmetro sulfato, a assimetria dos gráficos Box plot foi acentuada, assim como se observou nos parâmetros fósforo e ferro total. O ponto de monitoramento Jacarandá apresentou relevante amplitude do 3º quartil e a maior cauda dentre os gráficos produzidos para o referido parâmetro de qualidade de água.

6.2 TESTE DA NORMALIDADE

Neste item estão apresentados os resultados obtidos no teste de normalidade aplicado a cada série histórica dos parâmetros de qualidade avaliadas em cada pontos de monitoramento estudados. Após a análise preliminar dos dados e após a supressão dos registros de parâmetros de qualidade cujos valores apresentaram-se abaixo do limite de detecção e das séries históricas dos parâmetros óleos e graxas e DBO, conforme estabelecido na metodologia, a análise de tendência foi conduzida para os demais parâmetros de qualidade de água disponíveis.

Esses parâmetros, os símbolos empregados para a sua identificação e as unidades de referência são apresentados no Quadro 4.

Quadro 4 - Parâmetros utilizados no estudo para cada ponto de monitoramento selecionado.

Parâmetros	Simbologia	Unidade
Dureza total	DUR(tot)	mg CaCO ₃ /L
<i>Escherichia coli</i>	EschColi	NMP/100 mL
Ferro dissolvido	Fe(dis)	mg Fe/L
Ferro total	Fe(tot)	mg Fe/L
Fósforo total	P(tot)	mg P/L
Nitrato	N_NO ₃ ⁻	mg N-NO ₃ /L
Nitrogênio amoniacal	N_NH ₃	mg N-NH ₃ /L
Nitrogênio total	N_KJD	mg N/L
Oxigênio Dissolvido	OD	mg O ₂ /L
Potencial hidrogeniônico	pH	pH
Sólidos dissolvidos	SD	mg/L
Sólidos totais	ST	mg/L
Sulfato	SO ₄	mg SO ₄ /L
Turbidez	Turb	NTU

Os valores das concentrações de cada parâmetro, por ponto de monitoramento e a data de coleta da amostra, estão apresentados no Apêndice B. Os valores referentes aos parâmetros ferro total e pH, função da quantidade substancialmente maior de registros, estão separadamente apresentados nas tabelas do Apêndice B.

Para todos os parâmetros das séries históricas aplicou-se o teste de normalidade Shapiro-Wilk, cujos resultados para as estações estudadas estão apresentados na Tabela 4. Aproximadamente 85% dos testes realizados, considerados os diferentes parâmetros de qualidade de água e postos de monitoramento, rejeitaram a hipótese que os dados seriam normalmente distribuídos, conformando conjuntos de dados que, majoritariamente, não seguem uma distribuição normal (os valores de p-value nos referidos testes apresentaram-se inferiores a 0,05, valor do nível de significância abaixo do qual rejeita-se a hipótese nula de normalidade). Este resultado é similar àqueles obtidos por Alves (2018), Trindade (2013), Groppo et al. (2006).

Neste contexto, os testes não paramétricos de Spearman e Mann-Kendall constituem alternativa metodológica adequada para a análise de tendência de variação temporal dos parâmetros de qualidade da água disponíveis.

Tabela 4 - Testes de normalidade Shapiro-Wilk a um nível de significância de 5% para as estações estudadas.

Parâmetro	p value							
	Rio Jucu Braço Norte	Rio Areinha	Rio Jucu Braço Sul	Rio Santo Agostinho	Rio Formate	Rio Jacarandá	Rio Jucu (Viana)	Rio Jucu (Caçaroça)
Dureza	$1,69 \times 10^{-2}$	$1,35 \times 10^{-01}$	$3,27 \times 10^{-08}$	$2,01 \times 10^{-07}$	$2,80 \times 10^{-05}$	$1,00 \times 10^{-08}$	$9,64 \times 10^{-08}$	$8,61 \times 10^{-04}$
Ecoli	$8,91 \times 10^{-13}$	$2,51 \times 10^{-16}$	$3,10 \times 10^{-12}$	$1,39 \times 10^{-15}$	$3,32 \times 10^{-16}$	$2,84 \times 10^{-15}$	$5,83 \times 10^{-09}$	$2,20 \times 10^{-16}$
Ferro dissolvido	$1,35 \times 10^{-08}$	$1,54 \times 10^{-01}$	$2,87 \times 10^{-02}$	$5,18 \times 10^{-02}$	$9,668 \times 10^{-06}$	$6,59 \times 10^{-07}$	$1,79 \times 10^{-04}$	$4,60 \times 10^{-05}$
Ferro total	$3,44 \times 10^{-09}$	$2,74 \times 10^{-05}$	$3,21 \times 10^{-02}$	$1,45 \times 10^{-09}$	$2,30 \times 10^{-09}$	$2,20 \times 10^{-16}$	$4,85 \times 10^{-09}$	$2,73 \times 10^{-09}$
Fósforo	$4,46 \times 10^{-07}$	$1,36 \times 10^{-07}$	$3,10 \times 10^{-07}$	$1,20 \times 10^{-09}$	$3,22 \times 10^{-10}$	$4,57 \times 10^{-10}$	$1,31 \times 10^{-03}$	$3,87 \times 10^{-10}$
Nitrato	$1,63 \times 10^{-02}$	$1,50 \times 10^{-01}$	$3,02 \times 10^{-01}$	$4,14 \times 10^{-11}$	$3,77 \times 10^{-04}$	$2,25 \times 10^{-04}$	$1,04 \times 10^{-01}$	$3,10 \times 10^{-11}$
Nitrogênio amoniacal	$1,75 \times 10^{-01}$	$1,32 \times 10^{-03}$	$5,19 \times 10^{-08}$	$7,17 \times 10^{-05}$	$2,54 \times 10^{-08}$	$5,94 \times 10^{-04}$	$1,44 \times 10^{-07}$	$1,72 \times 10^{-04}$
Nitrogênio total	$1,90 \times 10^{-03}$	$2,12 \times 10^{-04}$	$1,67 \times 10^{-06}$	$4,35 \times 10^{-03}$	$4,34 \times 10^{-03}$	$5,72 \times 10^{-04}$	$3,32 \times 10^{-09}$	$1,30 \times 10^{-15}$
Oxigênio dissolvido	$8,64 \times 10^{-01}$	$2,70 \times 10^{-01}$	$6,50 \times 10^{-01}$	$3,12 \times 10^{-04}$	$4,23 \times 10^{-07}$	$4,66 \times 10^{-02}$	$1,52 \times 10^{-04}$	$4,61 \times 10^{-02}$
pH	$6,35 \times 10^{-02}$	$4,97 \times 10^{-01}$	$1,36 \times 10^{-01}$	$1,09 \times 10^{-01}$	$7,88 \times 10^{-03}$	$2,93 \times 10^{-08}$	$2,78 \times 10^{-02}$	$1,86 \times 10^{-03}$
Sólidos dissolvidos	$3,51 \times 10^{-02}$	$1,73 \times 10^{-05}$	$9,93 \times 10^{-01}$	$3,32 \times 10^{-10}$	$2,79 \times 10^{-01}$	$1,07 \times 10^{-02}$	$3,54 \times 10^{-01}$	$3,93 \times 10^{-14}$
Sólidos totais	$5,66 \times 10^{-09}$	$5,32 \times 10^{-06}$	$1,67 \times 10^{-03}$	$5,67 \times 10^{-13}$	$1,54 \times 10^{-06}$	$2,13 \times 10^{-09}$	$4,42 \times 10^{-02}$	$6,19 \times 10^{-13}$
Sulfato	$3,24 \times 10^{-08}$	$4,83 \times 10^{-04}$	$3,51 \times 10^{-02}$	$5,28 \times 10^{-11}$	$1,48 \times 10^{-05}$	$8,83 \times 10^{-08}$	$1,27 \times 10^{-08}$	$6,08 \times 10^{-08}$
Turbidez	$2,31 \times 10^{-07}$	$4,29 \times 10^{-06}$	$1,22 \times 10^{-05}$	$2,91 \times 10^{-13}$	$7,25 \times 10^{-12}$	$1,86 \times 10^{-04}$	$1,60 \times 10^{-06}$	$1,83 \times 10^{-10}$

6.3 ANÁLISE DE TENDÊNCIA TEMPORAL NAS SÉRIES DE DADOS

Neste item estão apresentados os resultados dos testes de Spearman e Mann-Kendall aplicados às séries históricas de concentração dos diferentes parâmetros de qualidade de água analisados, assumindo-se nível de significância de 5%.

Resultados estatisticamente significativos ($p < 0,05$) nos testes de correlação de Spearman e Mann-Kendall indicam que existe uma tendência de variação do parâmetro analisado ao longo do tempo e em determinada estação de monitoramento. Os valores de Tau de Kendall, por sua vez, indicam o sentido da tendência do parâmetro ao longo do tempo (quando os valores são positivos há tendência de elevação e, quando os valores são negativos, tendência de redução).

As tabelas de 5 a 12 apresentam os valores obtidos em cada ponto de monitoramento para os testes não paramétricos aplicados às séries históricas dos diferentes parâmetros de qualidade de água analisadas.

Tabela 5 – Resultado das análises de tendência temporal ponto rio Jucu Braço Norte.

Parâmetro	Spearman		Mann-Kendall			
	p value	significado	p value	tau de kendall	significado	tendência
DUR(tot)	0,01099	há correlação	0,02816	0,365352	há tendência	positiva
EschColi	9,79E-05	há correlação	0,000391	-0,31448	há tendência	negativa
Fe(dis)	0,1262	não há correlação	0,07872	0,288807	não há tendência	-
Fe(tot)	0,5889	não há correlação	0,7702	-0,04749	não há tendência	-
P(tot)	0,714	não há correlação	0,6585	0,07818	não há tendência	-
N_NO ₃ ⁻	0,3371	não há correlação	0,3808	0,142481	não há tendência	-
N_NH ₃	0,04273	há correlação	0,04009	-0,35885	há tendência	negativa
N_KJD	0,2238	não há correlação	0,3058	0,177635	não há tendência	-
OD	2,2E-16	há correlação	2,66E-09	0,997072	há tendência	positiva
pH	0,9091	não há correlação	0,9442	-0,01173	não há tendência	-
SD	0,6083	não há correlação	0,5803	-0,09067	não há tendência	-
ST	0,3693	não há correlação	0,4171	-0,13193	não há tendência	-
SO ₄	0,000956	há correlação	0,007112	-0,452028	há tendência	negativa
Turb	0,7097	não há correlação	0,7453	0,052911	não há tendência	-

Tabela 6 – Resultado das análises de tendência temporal ponto córrego Areinha.

Parâmetro	Spearman		Mann-Kendall			
	p value	significado	p value	tau de kendall	significado	tendência
DUR(tot)	0,2478	não há correlação	0,2902	-0,18137	não há tendência	-
EschColi	1,17E-08	há correlação	1,99E-08	-0,47394	há tendência	negativa
Fe(dis)	0,02772	há correlação	0,04114	0,348476	há tendência	positiva
Fe(tot)	0,02522	há correlação	0,03539	-0,354	há tendência	negativa
P(tot)	0,3202	não há correlação	0,317	0,188096	não há tendência	-
N_NO ₃ ⁻	0,04125	há correlação	0,05871	0,316717	não há tendência	-
N_NH ₃	0,1859	não há correlação	0,2428	-0,20013	não há tendência	-
N_KJD	0,9545	não há correlação	0,8336	-0,03519	não há tendência	-
OD	0,1291	não há correlação	0,2775	0,182356	não há tendência	-
pH	0,5812	não há correlação	0,5286	-0,10557	não há tendência	-
SD	0,2455	não há correlação	0,2202	-0,20589	não há tendência	-
ST	0,3283	não há correlação	0,262	-0,1888	não há tendência	-
SO ₄	0,000587	há correlação	0,003958	-0,505197	há tendência	negativa
Turb	0,7757	não há correlação	0,73	-0,06433	não há tendência	-

Tabela 7 – Resultado das análises de tendência temporal ponto rio Jucu Braço Sul.

Parâmetro	Spearman		Mann-Kendall			
	p value	significado	p value	tau de kendall	significado	tendência
DUR(tot)	0,002657	há correlação	0,005063	0,462473	há tendência	positiva
EschColi	0,08305	não há correlação	0,07838	-0,14863	não há tendência	-
Fe(dis)	0,02239	há correlação	0,02799	0,367434	há tendência	positiva
Fe(tot)	0,362	não há correlação	0,3138	-0,16446	não há tendência	-
P(tot)	0,01765	há correlação	0,03348	0,370071	há tendência	positiva
N_NO ₃ ⁻	0,06475	não há correlação	0,04677	0,326316	há tendência	positiva
N_NH ₃	0,009559	há correlação	0,0147	-0,40004	há tendência	negativa
N_KJD	0,5582	não há correlação	0,495	-0,11141	não há tendência	-
OD	0,07647	não há correlação	0,09196	0,284898	não há tendência	-
pH	0,07331	não há correlação	0,08507	-0,27208	não há tendência	-
SD	0,8427	não há correlação	0,9741	0,005277	não há tendência	-
ST	0,6426	não há correlação	0,5811	0,08971	não há tendência	-
SO ₄	0,1145	não há correlação	0,09014	-0,284610	não há tendência	-
Turb	0,5973	não há correlação	0,4744	0,117028	não há tendência	-

Tabela 8 – Resultado das análises de tendência temporal ponto rio Formate.

Parâmetro	Spearman		Mann-Kendall			
	p value	significado	p value	tau de kendall	significado	tendência
DUR(tot)	0,000731	há correlação	0,001796	0,338406	há tendência	positiva
EschColi	0,1125	não há correlação	0,1044	-0,14689	não há tendência	-
Fe(dis)	0,5057	não há correlação	0,4849	-0,08046	não há tendência	-
Fe(tot)	0,01889	há correlação	0,02527	-0,15257	há tendência	negativa
P(tot)	0,2562	não há correlação	0,2789	0,130958	não há tendência	-
N_NO ₃ ⁻	0,06567	não há correlação	0,0478	0,210471	há tendência	positiva
N_NH ₃	0,5946	não há correlação	0,6185	-0,05574	não há tendência	-
N_KJD	0,4063	não há correlação	0,4158	0,087929	não há tendência	-
OD	0,8735	não há correlação	0,6245	0,053985	não há tendência	-
pH	0,8823	não há correlação	0,7826	0,018695	não há tendência	-
SD	0,6789	não há correlação	0,6004	0,0559	não há tendência	-
ST	0,6408	não há correlação	0,496	0,072547	não há tendência	-
SO ₄	0,009132	há correlação	0,02977	-0,23517	há tendência	negativa
Turb	0,1378	não há correlação	0,1213	-0,16435	não há tendência	-

Tabela 9 – Resultados das análises de tendência temporal ponto rio Santo Agostinho.

Parâmetro	Spearman		Mann-Kendall			
	p value	significado	p value	tau de kendall	significado	tendência
DUR(tot)	0,001648	há correlação	0,001383	0,372272	há tendência	positiva
EschColi	0,0289	há correlação	0,03021	-0,19612	há tendência	negativa
Fe(dis)	0,03337	há correlação	0,03079	0,261765	há tendência	positiva
Fe(tot)	0,09679	não há correlação	0,1045	-0,18789	não há tendência	-
P(tot)	0,06507	não há correlação	0,08368	-0,2195	não há tendência	-
N_NO ₃ ⁻	0,1718	não há correlação	0,125	-0,17391	não há tendência	-
N_NH ₃	0,4595	não há correlação	0,4631	-0,08796	não há tendência	-
N_KJD	0,3078	não há correlação	0,2038	-0,14731	não há tendência	-
OD	0,7757	não há correlação	0,9348	-0,00957	não há tendência	-
pH	0,01509	há correlação	0,009195	0,296569	há tendência	positiva
SD	0,5899	não há correlação	0,6057	0,058997	não há tendência	-
ST	0,4642	não há correlação	0,4885	-0,07926	não há tendência	-
SO ₄	0,09839	não há correlação	0,08903	-0,195489	não há tendência	-
Turb	0,02558	há correlação	0,02435	-0,25572	há tendência	negativa

Tabela 10 – resultados das análises de tendência temporal ponto rio Jacarandá.

Parâmetro	Spearman		Mann-Kendall			
	p value	significado	p value	tau de kendall	significado	tendência
DUR(tot)	0,1449	não há correlação	0,3351	0,102559	não há tendência	-
EschColi	0,08088	não há correlação	0,1322	-0,13364	não há tendência	-
Fe(dis)	0,1289	não há correlação	0,1046	-0,18113	não há tendência	-
Fe(tot)	0,4088	não há correlação	0,5416	0,041262	não há tendência	-
P(tot)	0,1732	não há correlação	0,2057	0,146724	não há tendência	-
N_NO ₃ ⁻	0,002604	há correlação	0,009035	0,273888	há tendência	positiva
N_NH ₃	0,5063	não há correlação	0,446	0,083309	não há tendência	-
N_KJD	0,6897	não há correlação	0,6411	0,050058	não há tendência	-
OD	0,03936	há correlação	0,04584	0,220551	há tendência	positiva
pH	0,02384	há correlação	0,02675	-0,14919	há tendência	negativa
SD	0,8648	não há correlação	0,8238	-0,02335	não há tendência	-
ST	0,5682	não há correlação	0,6487	-0,048	não há tendência	-
SO ₄	0,4877	não há correlação	0,408	-0,0912	não há tendência	-
Turb	0,839	não há correlação	0,8634	0,018115	não há tendência	-

Tabela 11 – resultados das análises de tendência temporal ponto rio Jucu Viana.

Parâmetro	Spearman		Mann-Kendall			
	p value	significado	p value	tau de kendall	significado	tendência
DUR(tot)	0,02318	há correlação	0,04793	0,260534	há tendência	positiva
EschColi	2,49E-05	há correlação	4,6E-05	-0,3654	há tendência	negativa
Fe(dis)	0,1639	não há correlação	0,1272	0,201517	não há tendência	-
Fe(tot)	0,4429	não há correlação	0,4754	-0,09206	não há tendência	-
P(tot)	0,09396	não há correlação	0,05216	0,26032	não há tendência	-
N_NO ₃ ⁻	0,00027	há correlação	0,000671	0,431502	há tendência	positiva
N_NH ₃	0,08258	não há correlação	0,09983	-0,21473	não há tendência	-
N_KJD	0,7383	não há correlação	0,7345	-0,04378	não há tendência	-
OD	0,4322	não há correlação	0,4151	-0,10805	não há tendência	-
pH	0,9493	não há correlação	0,9187	0,012973	não há tendência	-
SD	0,2531	não há correlação	0,261	0,143645	não há tendência	-
ST	0,8001	não há correlação	0,825	-0,02814	não há tendência	-
SO ₄	0,181	não há correlação	0,1295	0,20197	não há tendência	-
Turb	0,4501	não há correlação	0,3676	-0,11422	não há tendência	-

Tabela 12 – Resultado das análises de tendência temporal ponto rio Jucu Caçaroca.

Parâmetro	Spearman		Mann-Kendall			
	p value	significado	p value	tau de kendall	significado	tendência
DUR(tot)	0,005756	há correlação	0,006555	0,271362	há tendência	positiva
EschColi	1,31E-14	há correlação	4,12E-13	-0,42355	há tendência	negativa
Fe(dis)	0,001145	há correlação	0,000816	-0,33816	há tendência	negativa
Fe(tot)	0,001322	há correlação	0,001993	-0,20285	há tendência	negativa
P(tot)	0,7574	não há correlação	0,6069	0,052055	não há tendência	-
N_NO ₃ ⁻	3,89E-07	há correlação	3,27E-07	0,497849	há tendência	positiva
N_NH ₃	0,2669	não há correlação	0,2418	0,113792	não há tendência	-
N_KJD	0,5868	não há correlação	0,5082	0,065131	não há tendência	-
OD	0,002473	há correlação	0,001801	-0,3127	há tendência	negativa
pH	0,1575	não há correlação	0,2382	-0,07585	não há tendência	-
SD	0,2392	não há correlação	0,2121	-0,12016	não há tendência	-
ST	0,000273	há correlação	0,000462	-0,33964	há tendência	negativa
SO ₄	0,7612	não há correlação	0,9058	0,011316	não há tendência	-
Turb	3,03E-06	há correlação	1,19E-05	-0,40854	há tendência	negativa

A partir dos resultados dos testes de Spearman e de Mann-Kendall apresentados nas tabelas de 5 a 12 é possível observar a não uniformidade no comportamento das séries históricas dos parâmetros de qualidade de água. Os resultados dos referidos testes indicam que não há um parâmetro que apresente correlação com o tempo em todos os pontos estudados ou que apresente sistematicamente tendência homogênea de acréscimo ou decréscimo.

Da análise dos resultados reunidos nas tabelas de 5 a 12 são adicionalmente relevantes as seguintes considerações:

- No ponto Jucu Braço Norte (resultados apresentados na Tabela 5), os parâmetros dureza, *Escherichia coli*, nitrogênio amoniacal, oxigênio dissolvido e sulfato apresentaram correlação ao longo do tempo, conforme resultados dos testes de Spearman e Mann-Kendall. A presença de carbonato de cálcio, que se traduz em dureza da água, apresentou tendência de elevação ao longo do tempo, assim como parâmetro oxigênio dissolvido. Em contrapartida, o teste de Spearman revelou que os parâmetros ferro dissolvido e total, fósforo, nitrato, nitrogênio total, pH, sólidos dissolvidos e total e turbidez não apresentam correlação com o tempo. Para estes mesmos parâmetros o teste de Mann-Kendall revelou que não havia tendência, corroborando os resultados produzidos a partir do teste de Spearman.

- Na Tabela 6, que apresenta os resultados para o ponto de monitoramento instalado no córrego Areinha, o teste de Spearman indicou que os parâmetros dureza, fósforo, nitrogênio amoniacal e total, pH, sólidos dissolvidos e total e turbidez não apresentam correlação com o tempo. No córrego Areinha, o único parâmetro que apresentou tendência de elevação foi o ferro dissolvido. Já os parâmetros ferro total, *Escherichia coli* e sulfato apresentaram tendência de redução.
- Os resultados dos testes não-paramétricos referentes ao ponto no rio Jucu Braço Sul (Tabela 7) indicam que a maior parte dos parâmetros não apresenta tendência temporal. O teste de Spearman apontou que há correlação entre os dados da série histórica e o tempo apenas para dureza, ferro dissolvido, fósforo, fósforo, nitrato e nitrogênio amoniacal, dentre os quais somente nitrogênio amoniacal apresenta tendência negativa.
- No ponto de monitoramento Formate somente os parâmetros dureza, nitrato, ferro total e sulfato apresentaram tendência de variação com o tempo, sendo a tendência positiva para dureza e nitrato e negativa para os demais.
- Na Tabela 9, onde estão reunidos os resultados referentes ao ponto de monitoramento no rio santo Agostinho, a correlação temporal foi indicada pelo teste de Spearman para os parâmetros dureza, *Escherichia coli*, ferro dissolvido, pH e turbidez. Este ponto de monitoramento foi o único em que se observou tendência de elevação para o parâmetro pH. No entanto, nem mesmo o outlier do conjunto de dados objeto da análise de tendência representava valor de pH superior a 8,0.
- No ponto de monitoramento Jacarandá (Tabela 10), a quantidade de parâmetros que estabeleceu correlação com o tempo foi pequena, (nitrato, oxigênio dissolvido e pH). Os parâmetros nitrato e oxigênio dissolvido apresentaram tendência de elevação das suas concentrações ao longo do tempo. O pH, por sua vez, apresentou tendência negativa.
- Outro ponto de monitoramento em que poucos parâmetros apresentaram tendência de variação temporal foi Jucu Viana, cujos resultados decorrentes da aplicação dos testes de Spearman e de Mann-Kendall estão reunidos na Tabela 11. As séries históricas de dureza e nitrato apresentaram tendência positiva e a de *Escherichia coli* indicou tendência negativa.

- No ponto de monitoramento Jucu Caçaroca (Tabela 12), houve correlação temporal apontada pelo teste de Spearman em 8 (oito) parâmetros de qualidade de água. Observou-se tendência de redução na concentração dos parâmetros *Escherichia coli*, ferro dissolvido e total, oxigênio dissolvido, sólidos totais e turbidez. Dureza e nitrato apresentaram tendência de elevação das concentrações com o tempo. Os demais parâmetros não apresentaram tendência a partir das séries históricas estudadas.

Os resultados da análise de tendência para os parâmetros dureza, turbidez, oxigênio dissolvido, fósforo, nitrogênio amoniacal e *Escherichia coli* estão sumarizados, para a bacia hidrográfica do rio Jucu, por meio dos mapas apresentados nas figuras de 9 a 14. Os mapas gerados para os demais parâmetros de qualidade de água estão reunidos no Apêndice C.

Figura 9 - Tendência temporal do parâmetro Dureza.

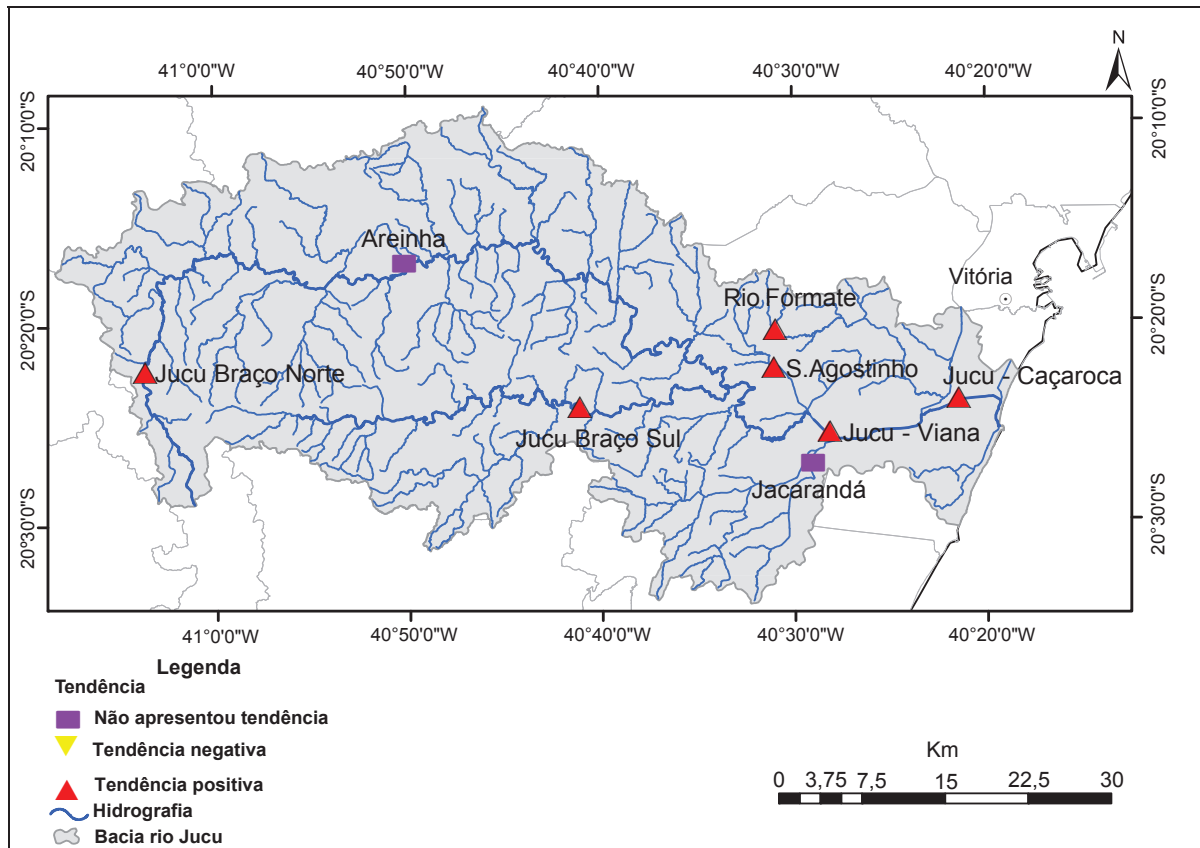


Figura 10 - Tendência temporal do parâmetro Fósforo.

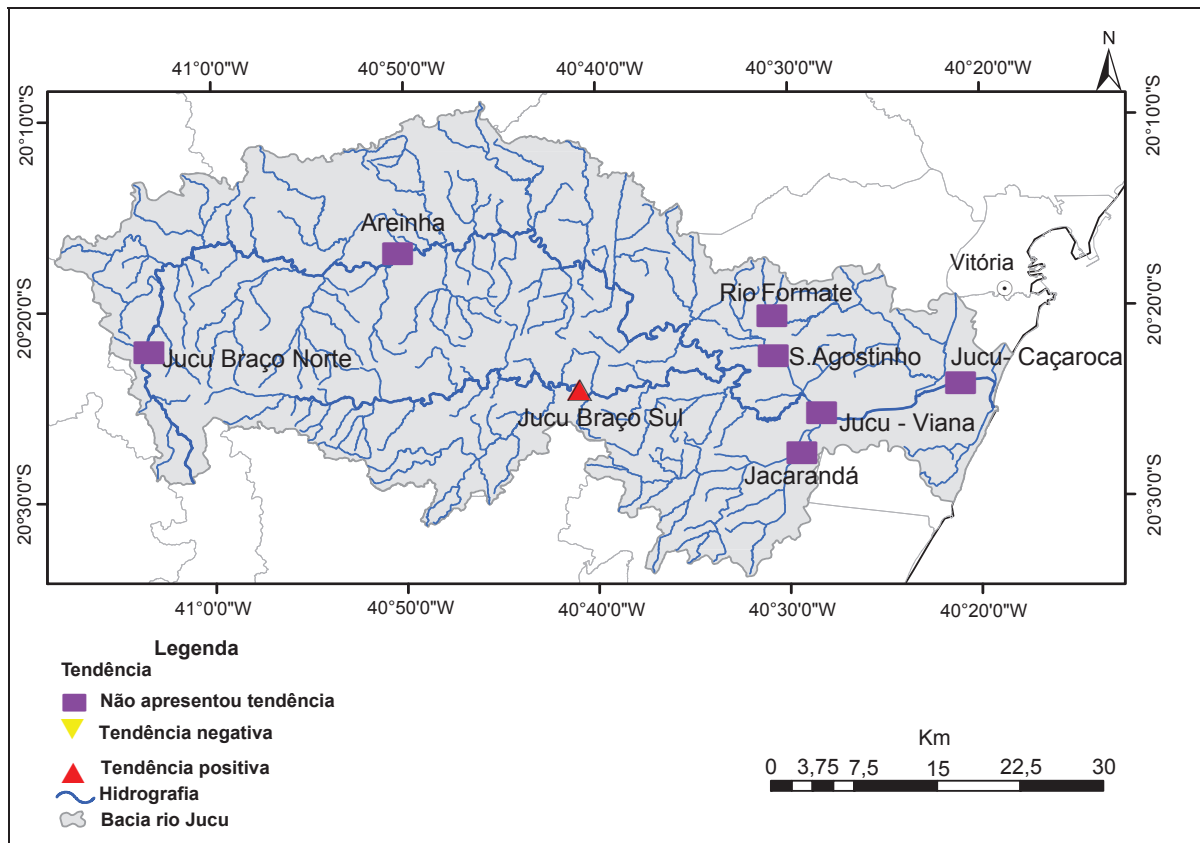


Figura 11 - Tendência temporal do parâmetro Turbidez.

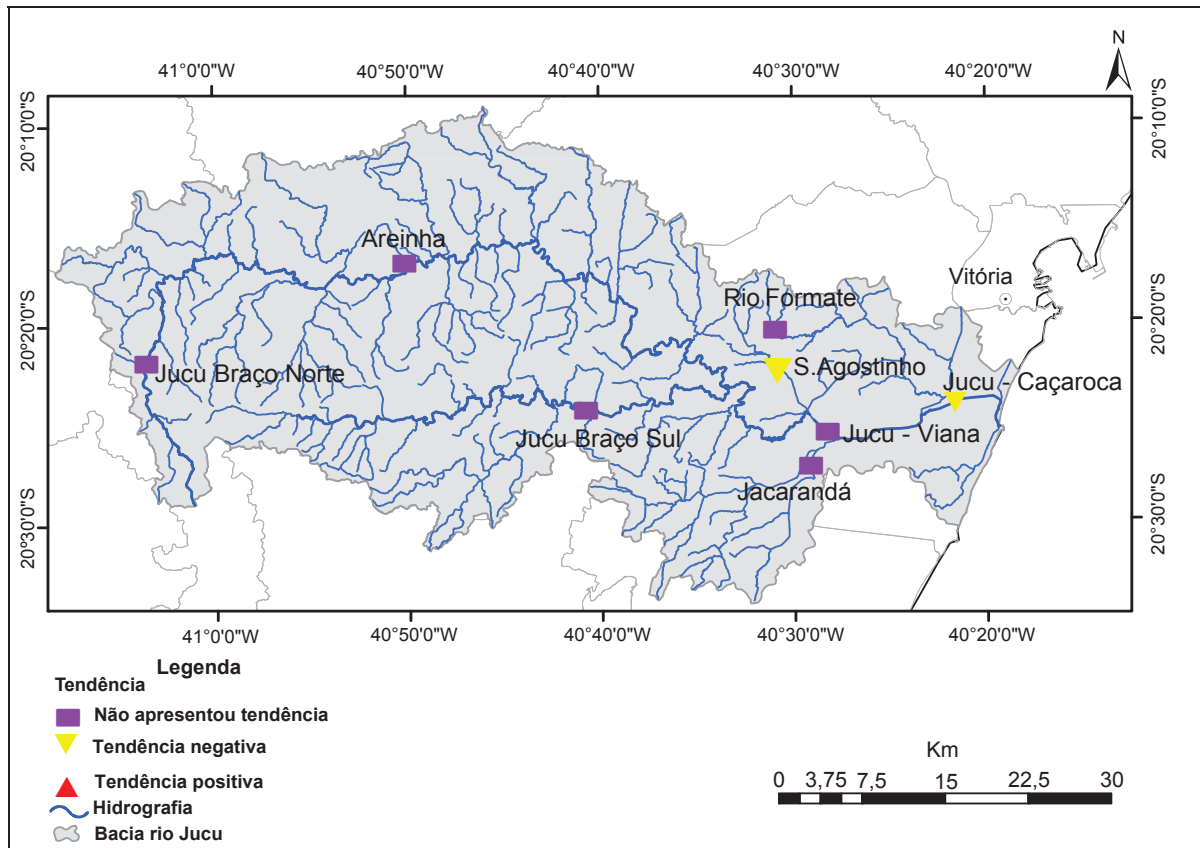


Figura 12 - Tendência temporal do parâmetro Nitrogênio amoniacal.

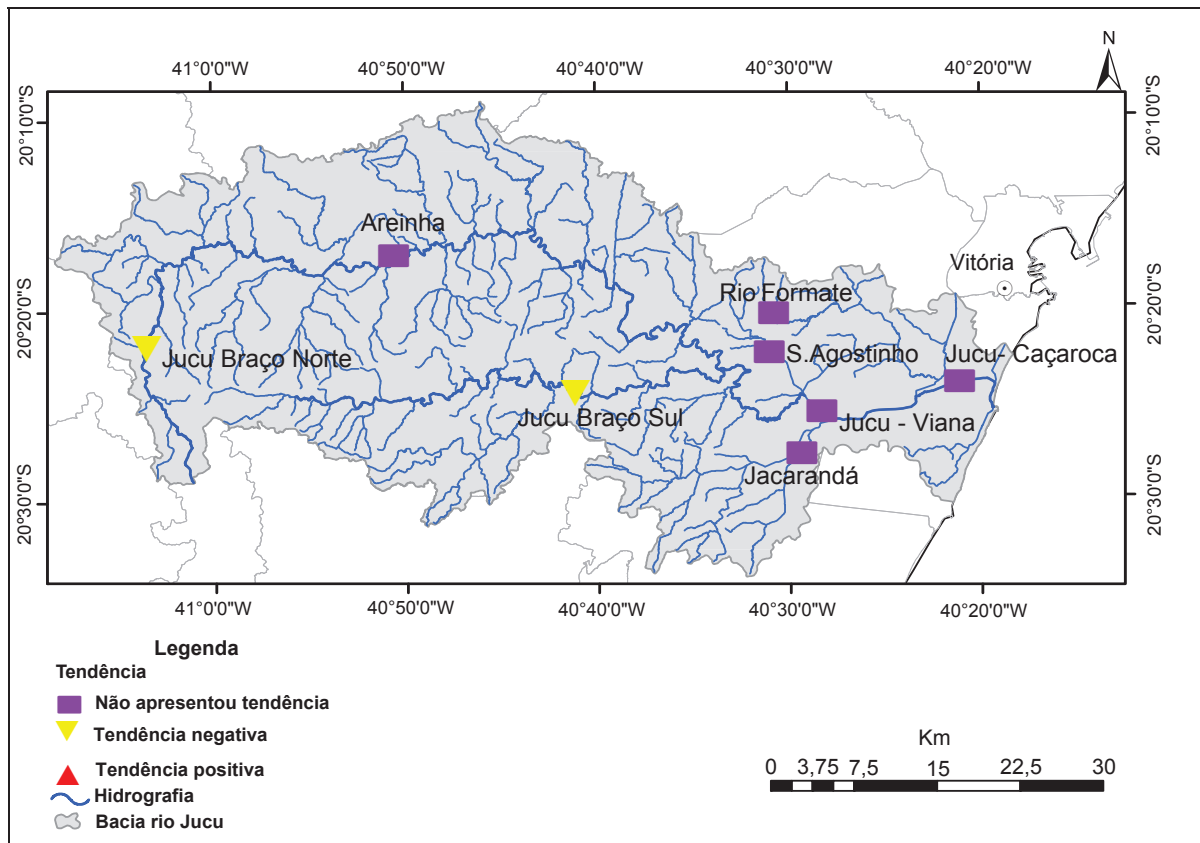
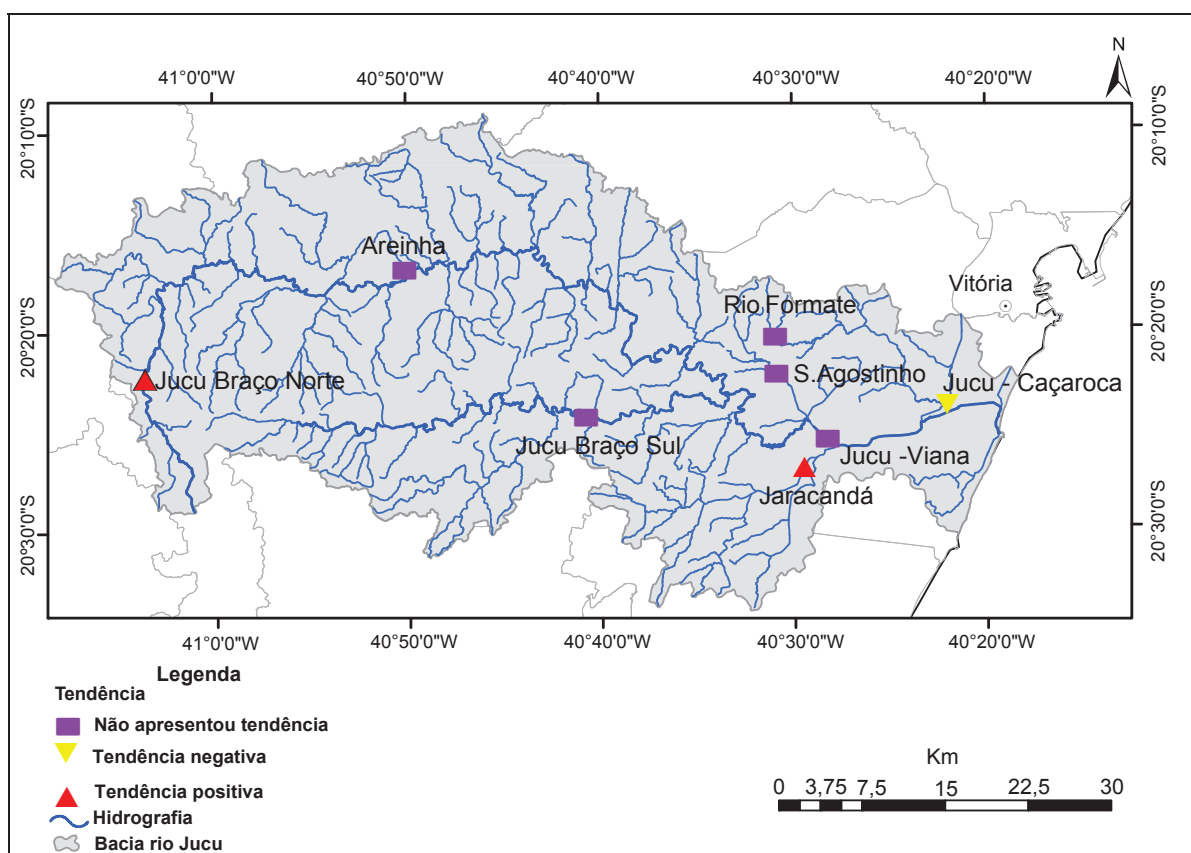
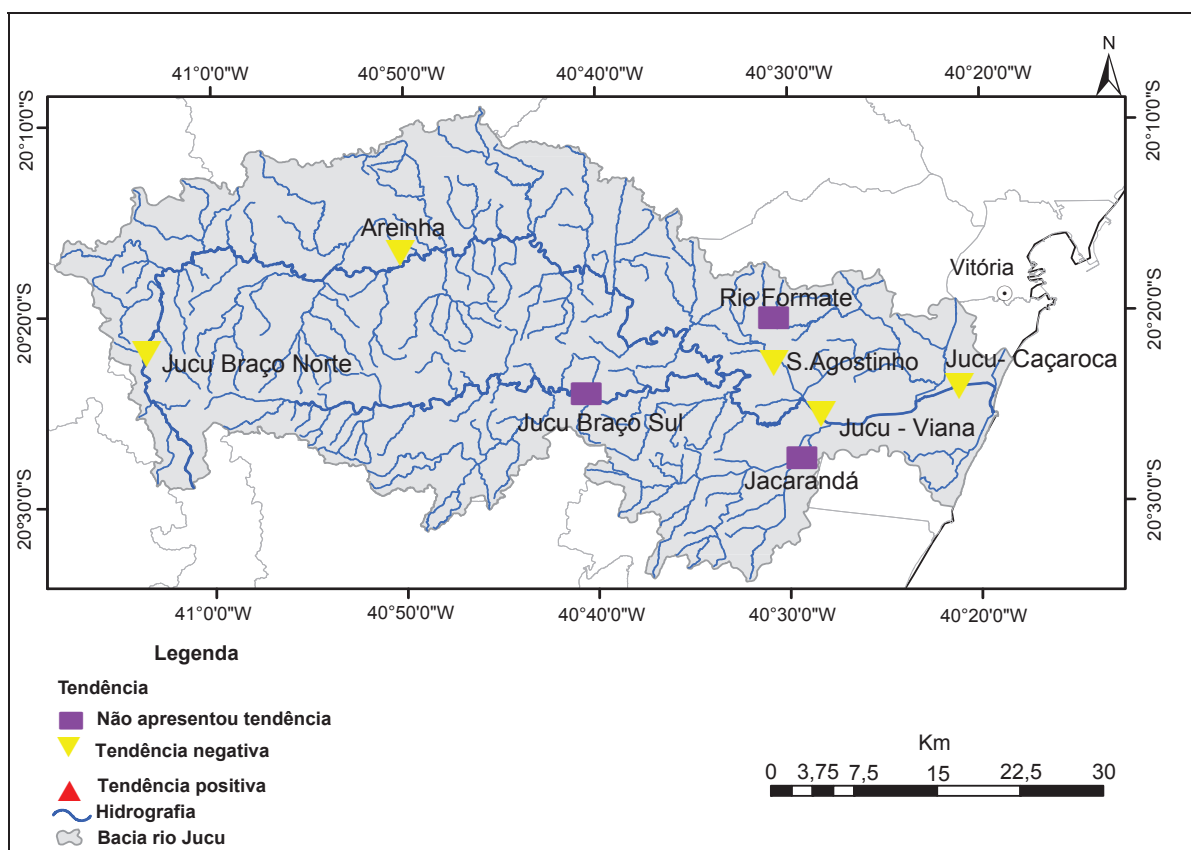


Figura 13 - Tendência temporal do parâmetro Oxigênio Dissolvido.

Figura 14 - Tendência temporal do parâmetro *Escherichia coli*.

O parâmetro dureza, conforme apresentado por meio da Figura 9, não apresentou tendência de variação em apenas dois pontos de monitoramento, Areinha e Jacarandá. Para os demais pontos observou-se tendência de elevação. A dureza na água está associada principalmente à presença de cálcio e magnésio, sendo a principal origem ligada aos componentes do solo por onde a água passa, havendo pouca relação com atividades industriais (CETESB, 2018).

Na Figura 10 está apresentada a tendência da evolução temporal das concentrações do parâmetro fósforo. É relevante observar que o fósforo é um parâmetro de qualidade de água usualmente associado à presença de esgoto doméstico em razão de matéria orgânica fecal e detergentes. As séries históricas de fósforo não apresentaram tendência na quase totalidade das estações de monitoramento, à exceção do ponto Jucu Braço Sul, onde se observou tendência de elevação.

A Figura 11 indica que, na maioria dos pontos de monitoramento, o parâmetro turbidez não apresentou tendência de evolução temporal, seja de elevação ou de redução. Exceção foi observada nos pontos Santo Agostinho e Jucu Caçaroca, que apresentaram tendência de redução. A turbidez é um importante parâmetro do ponto de vista do abastecimento de água, já que valores elevados dificultam ou inviabilizam o tratamento convencional da água.

Para nitrogênio amoniacal (Figura 12) não foi verificada qualquer tendência na maioria dos pontos de monitoramento. Apenas as séries históricas associadas às estações de monitoramento de Jucu Braço Norte e Jucu Braço Sul indicaram tendência de redução das concentrações de nitrogênio amoniacal ao longo do tempo.

Os resultados obtidos para oxigênio dissolvido (Figura 13) indicaram comportamento diversificado nos diferentes pontos de monitoramento evidenciando a inexistência de padrão de comportamento do referido parâmetro de qualidade de água na área de estudo. Nos pontos de monitoramento localizados nos rios Jucu Braço Norte (ponto mais à montante na bacia) e Jacarandá (ponto localizado na porção de jusante da bacia) foram observadas tendências de elevação das concentrações de oxigênio dissolvido com o tempo. No ponto de monitoramento mais próximo da foz do rio Jucu (Jucu Caçaroca) foi observada tendência de redução das concentrações de

oxigênio dissolvido. Nos demais pontos de monitoramento não foram observadas tendências de variação para as concentrações de oxigênio.

Na Figura 14 estão apresentados os resultados para *Escherichia coli*, por meio da qual se pode verificar tendências negativas para a maior parte das estações (Jucu Braço Norte, Areinha, Santo Agostinho, Jucu Viana, Jucu Caçaroca), ou ausência de tendências nas demais estações (Jucu Braço Sul, Formate e Jacarandá). A presença de *Escherichia coli* é um indicativo de contaminação por esgotos domésticos e o fato das séries analisadas não apontarem tendência de elevação na concentração deste parâmetro constitui aspecto sanitário positivo para a bacia hidrográfica do rio Jucu.

Para os demais parâmetros de qualidade de água, cujos mapas estão reunidos no Apêndice C, são consideradas relevantes as seguintes considerações:

- Os parâmetros ferro total e ferro dissolvido apresentaram diferentes comportamentos ao longo da bacia. Para ferro total, os pontos Areinha, Formate e Jucu Caçaroca apresentaram tendência de redução das concentrações com o tempo, não sendo verificada qualquer tendência nos demais pontos de monitoramento. Já o parâmetro ferro dissolvido não apresentou qualquer tendência nos pontos Jucu Braço Norte, Formate, Santo Agostinho, Jacarandá e Jucu Viana, enquanto que nos pontos Areinha, Jucu Braço Sul e Santo Agostinho apresentou tendência de elevação.
- O parâmetro nitrato apresentou tendência de elevação de concentração nos pontos Jucu Braço Sul, Formate, Jacarandá, Jucu Viana e Jucu Caçaroca. No entanto, apesar da indicação de piora das condições de qualidade associadas ao parâmetro nitrato, suas concentrações apresentaram-se invariavelmente abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/05 para cursos d'água classes 1, 2 e 3 (10 mg/l).
- Os parâmetros nitrogênio total e sólidos dissolvidos não apresentaram correlação com o tempo em nenhuma das séries históricas analisadas. O parâmetro sólidos totais apresentou tendência de redução de suas concentrações em apenas um ponto de monitoramento (Jucu Caçaroca).
- A maior parte dos pontos de monitoramento estudados não apresentou tendências de variação com o tempo para o parâmetro pH. Exceções foram

observadas apenas no ponto do rio Jacarandá (que apresentou tendência negativa) e Santo Agostinho (tendência positiva).

- Para o parâmetro sulfato, três pontos indicaram tendência de redução das concentrações (Jucu Braço Norte, córrego Areinha e Formate). Os demais pontos não apresentaram qualquer tendência. A presença desse íon por conta de fatores antrópicos é atribuída às descargas de esgotos domésticos e efluentes industriais, enquanto a presença natural ocorre pela dissolução de solos e rochas e pela oxidação de sulfeto. Desse modo, a manutenção das condições de qualidade ou a tendência de redução de concentração no conjunto das estações de monitoramento constitui aspecto sanitário e ambiental positivo para a área de estudo.

6.4 ANÁLISE DE TENDÊNCIA TEMPORAL DE CARGA DOS PARÂMETROS

Em função da indisponibilidade de registros de vazão, a análise de tendência de cargas dos parâmetros de qualidade de água ficou limitada ao ponto de monitoramento do Jucu Viana.

Os valores de vazão na estação fluviométrica Fazenda Jucuruaba (estação instalada e em operação a pouco menos de 2km do posto de monitoramento Jucu Viana), referentes aos dias para os quais se dispõe de registros de qualidade de água, estão reunidos na Tabela 13. Os referidos registros de vazão, que fazem parte das séries históricas consistidas pela ANA, apresentaram-se disponíveis em mais de 90% dos dias em que se dispunha também dos registros de qualidade de água.

Tabela 13 – Vazões utilizadas para o cálculo de carga dos parâmetros do ponto Jucu Viana.

Data	Vazão média (m ³ /s)	Data	Vazão média (m ³ /s)	Data	Vazão média (m ³ /s)	Data	Vazão média (m ³ /s)
17/04/2012	17,5	10/12/2013	29,8	14/04/2015	10,1	19/07/2016	*
14/06/2012	24,4	15/01/2014	34	12/05/2015	14,1	09/08/2016	5,79
17/07/2012	17,4	18/03/2014	16	02/06/2015	14,6	13/09/2016	*
13/08/2012	15,6	08/04/2014	26,1	16/07/2015	10,5	18/10/2016	*
02/10/2012	14,6	20/05/2014	16,9	04/08/2015	9,56	09/11/2016	8,98
20/11/2012	31,2	03/06/2014	14,6	30/09/2015	*	20/12/2016	31,1
29/01/2013	40,9	02/07/2014	13,8	13/10/2015	*	05/01/2017	12,4
19/02/2013	18,1	05/08/2014	13,5	19/11/2015	11,8	14/02/2017	10,9
28/03/2013	44,5	09/09/2014	13,4	15/12/2015	12	28/03/2017	10,4
02/04/2013	42,8	07/10/2014	13,8	05/01/2016	24,3	11/04/2017	8,75
15/05/2013	21,2	19/11/2014	13,2	16/02/2016	14,6	02/05/2017	7,97
10/07/2013	24,8	09/12/2014	19,9	22/03/2016	15,9	06/06/2017	6,93
17/09/2013	13,6	21/01/2015	7,8	12/04/2016	*	11/07/2017	19,1
08/10/2013	17,4	10/02/2015	23,5	11/05/2016	*	15/08/2017	8,75
07/11/2013	16,7	24/03/2015	17,3	14/06/2016	7,07	11/09/2017	8,64

*Sem valor registrado de vazão para os dias indicados.

A partir dos valores de vazão apresentados na Tabela 13 foram estabelecidas as séries de cargas dos diferentes parâmetros de qualidade de água analisados. Não foi realizada a carga para turbidez, uma vez que este parâmetro indica material sólido em suspensão, expresso em NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez). Da mesma forma, a série de pH não foi objeto de análise, por sua característica de indicador do nível de acidez da água. Todas as séries de cargas geradas para a estação Jucu Viana estão reunidas no Apêndice D.

Obtidas as séries de carga para os parâmetros de qualidade de água aplicou-se a mesma metodologia utilizada para avaliação de tendência de evolução temporal das concentrações, empregando-se os testes de normalidade, teste de Spearman e o teste de Mann-Kendall. Os resultados obtidos nesta etapa do trabalho estão apresentados nas tabelas 14 e 15.

Tabela 14 - Testes de normalidade Shapiro-Wilk a um nível de significância de 5% para Jucu Viana.

Parâmetro	p-value
Dureza	$1,07 \times 10^{-03}$
Ecoli	$1,24 \times 10^{-11}$
Ferro dissolvido	$2,16 \times 10^{-04}$
Ferro total	$3,37 \times 10^{-06}$
Fósforo	$3,96 \times 10^{-03}$
Nitrato	$1,74 \times 10^{-03}$
Nitrogênio amoniacal	$1,22 \times 10^{-08}$
Nitrogênio total	$9,60 \times 10^{-06}$
Oxigênio dissolvido	$4,35 \times 10^{-04}$
Sólidos dissolvidos	$1,49 \times 10^{-01}$
Sólidos totais	$7,38 \times 10^{-04}$
Sulfato	$5,31 \times 10^{-08}$

Tabela 15 - Resultados das análises de tendência temporal de carga dos parâmetros do ponto de monitoramento Jucu Viana.

Parâmetro	Spearman		Mann-Kendall			
	p value	significado	p value	tau de kendall	significado	tendência
DUR(tot)	0,173	não há correlação	0,1704	-0,19088	não há tendência	-
EschColi	$2,87 \times 10^{-05}$	há correlação	$5,06 \times 10^{-05}$	-0,39137	há tendência	negativa
Fe(dis)	0,8385	não há correlação	0,8273	-0,03385	não há tendência	-
Fe(tot)	0,3207	não há correlação	0,3817	-0,12615	não há tendência	-
P(tot)	0,7157	não há correlação	0,8044	-0,03704	não há tendência	-
N_NO ₃ ⁻	0,07114	não há correlação	0,07275	-0,24786	não há tendência	-
N_NH ₃	$1,15 \times 10^{-02}$	há correlação	$8,34 \times 10^{-03}$	-0,36615	há tendência	negativa
N_KJD	0,1936	não há correlação	0,2545	-0,16308	não há tendência	-
OD	$7,35 \times 10^{-04}$	há correlação	$7,76 \times 10^{-04}$	-0,45846	há tendência	negativa
SD	0,1651	não há correlação	0,1456	-0,20228	não há tendência	-
ST	0,09541	não há correlação	0,1343	-0,20798	não há tendência	-
SO ₄	0,7969	não há correlação	1,00	0,003077	não há tendência	-

Os resultados obtidos quando da análise das séries de carga do ponto de monitoramento Jucu Viana, que notadamente não são normalmente distribuídas (Tabela 14), não apresentaram diferenças relevantes em relação àqueles obtidos por meio da análise de tendência temporal das concentrações dos parâmetros de qualidade da água, conforme indica o Quadro 5. Para a maior parte dos parâmetros

(Ecoli, ferro dissolvido, ferro total, fósforo, nitrogênio total, sólidos dissolvidos, sólidos totais e sulfato) foi mantido o resultado obtido quando da aplicação dos testes estatísticos sobre as séries de concentrações. Diferenças entre os resultados de análise de tendência conduzida para as séries de concentrações e de carga foram observadas para os parâmetros dureza, nitrato, nitrogênio amoniacal e oxigênio dissolvido. Resultados semelhantes foram obtidos por Pinto et al. (2017), que indicaram que para determinados parâmetros de qualidade de água, as tendências de variação temporal dos valores de concentração e carga não se conservavam similares.

É relevante ressaltar, adicionalmente, que quando as séries de cargas de Jucu Viana apresentaram alguma tendência, estas foram negativas.

Quadro 5 - Comparação da tendência da concentração e da carga.

Parâmetro	CONCENTRAÇÃO		CARGA	
	Correlação - Spearman	Tendência - Mann-Kendall	Correlação - Spearman	Tendência - Mann-Kendall
Dureza		+		
Ecoli		-		-
Ferro dissolvido				
Ferro total				
Fósforo				
Nitrato		+		
Nitrogênio amoniacal				-
Nitrogênio total				
Oxigênio dissolvido				-
Sólidos dissolvidos				
Sólidos totais				
Sulfato				

Legenda: cor verde – há correlação/tendência; cor vermelha – não há correlação/tendência.

sinal positivo (+) – tendência de elevação; sinal negativo (-) – tendência de redução;

Nota: o teste de Spearman e Mann-Kendall para carga também utilizou o nível de significância de 5%.

Foram aplicados os testes não paramétricos de Spearman e Mann-kendall para a série de vazões utilizada para apropriação das cargas, a fim de verificar se a mesma apresentava alguma tendência de variação temporal. Os resultados (Tabela 16) indicam que as vazões apresentaram tendência de redução no período objeto de avaliação, resultado que acompanha as tendências que foram observadas para as

cargas associadas aos parâmetros *Escherichia coli*, nitrogênio amoniacal e oxigênio dissolvido no ponto Jucu Viana.

Tabela 16 - Resultados das análises de tendência temporal da série de vazões do ponto de monitoramento Jucu Viana.

Parâmetro	Spearman		Mann-Kendall			
	p value	significado	p value	tau de kendall	significado	tendência
Vazões	$1,54 \times 10^{-04}$	há correlação	$1,34 \times 10^{-04}$	-0,5042735	há tendência	negativa

6.5 ANÁLISE DE TENDÊNCIA POR NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA

Conforme apresentado no capítulo de metodologia, os testes não paramétricos, assim como outros testes estatísticos, adotam níveis de significância para a avaliação das hipóteses de cada teste, a partir das quais se aceita ou rejeita a hipótese nula do teste. Neste contexto, foram assumidos diferentes valores para o nível de significância buscando-se avaliar sua influência sobre os resultados da análise de tendência.

Além do nível de significância de 5%, valor usualmente empregado, como indicam os trabalhos de Medeiros et al. (2018), Costa et al.(2017), Pinto et al.(2017), Oliveira (2015), Trindade (2013), Naguettini e Pinto (2007) e Psilovikos et al. (2005), os testes não paramétricos utilizados neste trabalho foram também conduzidos aos níveis de significância de 1% e 10%. Os resultados obtidos foram sintetizados nos quadros 6, 7 e 8, respectivamente para os níveis de significância 1%, 5% e 10%. Nestes quadros, quando o resultado do teste Mann-Kendall indicou tendência, considerando o nível de significância adotado, foi empregada a cor verde; ao contrário, empregou-se a cor vermelha. Quando se observou tendência (cor verde) informou-se ainda qual o seu sentido, positivo (acréscimo) ou negativo (decréscimo).

Função da similaridade de resultados com o teste de Spearman, os quadros 6, 7 e 8 agrupam somente os resultados obtidos a partir do teste de Mann-Kendall. Os resultados obtidos por meio do teste de Spearman encontram-se integralmente reunidos nos quadros apresentados no Apêndice E.

Quadro 6 – Teste de Mann-Kendall ao nível de significância de 5%.

Parâmetro	Jucu Braço Norte	Rio Areinha	Jucu Braço Sul	Rio Formate	Rio Santo Agostinho	Rio Jacarandá	Rio Jucu (Viana)	Jucu (Caçaroca)
Dureza	+		+	+	+		+	+
Ecoli	-	-			-		-	-
Ferro dissolvido		+	+		+			-
Ferro total		-		-				-
Fósforo			+					
Nitrato			+	+		+	+	+
Nitrogênio amoniacal	-		-					
Nitrogênio total								
Oxigênio dissolvido	+					+		-
pH					+	-		
Sólidos dissolvidos								
Sólidos totais								-
Sulfato	-	-		-				
Turbidez					-			-

Legenda: cor verde –tendência; cor vermelha – não há tendência.

sinal positivo (+) – tendência de elevação; sinal negativo (-) – tendência de redução;

O Quadro 6 sumariza os resultados do teste de Mann-Kendall ao nível de significância de 5%, padrão adotado para este estudo, cujos resultados foram previamente apresentados e discutidos no item 6.2. É possível observar que para todos os parâmetros de qualidade de água, e em todos os pontos de monitoramento, foi observada tanto a ocorrência de tendência de variação temporal dos parâmetros (células em verde) quanto a ausência de tendência (cor vermelha). Quando se observam tendências num determinado ponto de monitoramento, não se estabelece uma perspectiva majoritária de aumento ou redução nas concentrações do conjunto de parâmetros analisados.

Para avaliação da influência do nível de significância sobre os resultados obtidos, as hipóteses nulas dos testes de Spearman e Mann-Kendall foram também avaliadas ao nível de significância de 1%. O Quadro 7 agrupa a representação gráfica dos resultados associados a este nível de significância.

Quadro 7 - Teste de Mann-Kendall ao nível de significância de 1%.

Parâmetro	Jucu Braço Norte	Rio Areinha	Jucu Braço Sul	Rio Formate	Rio Santo Agostinho	Rio Jacarandá	Rio Jucu (Viana)	Jucu (Caçaroca)
Dureza			+	+	+			+
Ecoli	-	-					-	-
Ferro dissolvido								-
Ferro total								-
Fósforo								
Nitrato						+	+	+
Nitrogênio amoniacal								
Nitrogênio total								
Oxigênio dissolvido	+							-
pH					+			
Sólidos dissolvidos								
Sólidos totais								-
Sulfato	-	-						
Turbidez								-

Legenda: cor verde –tendência; cor vermelha – não há tendência.

sinal positivo (+) – tendência de elevação; sinal negativo (-) – tendência de redução;

O quadro 7 revela que a mudança de significância exerce influência sobre a tendência de variação temporal de alguns parâmetros de qualidade de água, quando assumidos como referência os resultados reunidos no Quadro 6. O nível de significância mais restritivo aumenta a incidência de séries nas quais não se observam tendências (células em vermelho) indicando que determinados parâmetros, a este nível, não apresentam tendência temporal em alguns pontos de monitoramento. Por outro lado, mesmo com a redução do nível de significância, determinados parâmetros mantiveram a resposta observada quando da aplicação do teste de Mann-Kendall ao nível de 5%, como a dureza (nos pontos de monitoramento Jucu Braço Sul, Formate, Santo Agostinho e Jucu Caçaroca) e *Escherichia coli* (Jucu Braço Norte, Areinha, Jucu Viana e Jucu Caçaroca), dentre outros.

Aqueles parâmetros que ao nível de significância 5% já não apresentaram tendência temporal, naturalmente mantiveram o comportamento quando se diminuiu o nível de significância.

Algumas séries de parâmetros de qualidade apresentam valores da estatística de teste p-value que, mesmo com a redução do nível de confiança, não permitiram

indicar mudanças na tendência de evolução temporal. Esta condição foi observada, por exemplo, para o ponto de Jucu Caçaroca, no qual as séries históricas dos parâmetros de qualidade de água apresentaram a mesma tendência independentemente do nível de significância adotado.

O terceiro nível de significância avaliado corresponde ao valor 10%, cujos resultados obtidos estão dispostos no Quadro 8.

Quadro 8 - Teste de Mann-Kendall ao nível de significância de 10%.

Parâmetro	Jucu Braço Norte	Rio Areinha	Jucu Braço Sul	Rio Formate	Rio Santo Agostinho	Rio Jacarandá	Rio Jucu (Viana)	Jucu (Caçaroca)
Dureza	+		+	+	+		+	+
Ecoli	-	-	-		-		-	-
Ferro dissolvido	+	+	+		+			-
Ferro total		-		-				-
Fósforo			+		-		+	
Nitrato		+	+	+		+	+	+
Nitrogênio amoniacal	-		-				-	
Nitrogênio total								
Oxigênio dissolvido	+		+			+		-
pH			-		+	-		
Sólidos dissolvidos								
Sólidos totais								-
Sulfato	-	-	-	-	-			
Turbidez					-			-

Legenda: cor verde –tendência; cor vermelha – não há tendência.

sinal positivo (+) – tendência de elevação; sinal negativo (-) – tendência de redução;

Ao se elevar o nível percentual de significância, reduzindo-se assim o nível de restrição a ser aplicado nos testes, o p-valor a ser observado para cada teste de hipótese passa a ser igual a 0,10. Com esta mudança, o quadro que sumariza as tendências de evolução temporal das concentrações dos parâmetros de qualidade apresentou-se com características distintas daquelas associadas aos dois primeiros níveis de significância discutidos.

Ao nível de 10% passa-se, naturalmente, a observar maior quantidade de séries que sugerem apresentar tendências na área de estudo. Apesar do aumento de parâmetros que apresentaram alguma tendência, destaca-se que, para algumas séries, mesmo com a mudança do nível de significância, não se pode observar

correlação com o tempo. A manutenção da tendência, independentemente do nível de significância, foi observada nas séries históricas de sólidos totais e dissolvidos em todos os pontos de monitoramento, bem como nas séries de turbidez e nitrogênio total em 7 dos 8 pontos de monitoramento. Já as séries históricas dos parâmetros OD, dureza, ferro total e *Escherichia coli* não sofreram variação em 6 dos 8 pontos de monitoramento estudados. As tendências dos demais parâmetros de qualidade (ferro dissolvido, fósforo, nitrato, nitrogênio amoniacal, pH e sulfato), a depender do ponto de monitoramento, apresentaram mudanças eventuais com a variação do nível de significância; no entanto, não se observou comportamento padrão para este subconjunto de parâmetros de qualidade de água.

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os parâmetros de qualidade monitorados nos mananciais superficiais utilizados para abastecimento público conformam séries históricas que podem ser utilizadas para avaliar a tendência de evolução temporal da qualidade da água, considerada a frequência regular de monitoramento da qualidade dos mananciais superficiais, face ao atendimento da legislação federal referente à potabilidade da água para consumo humano. Este estudo avaliou séries de parâmetros de qualidade de 8 (oito) pontos de monitoramento na bacia hidrográfica do rio Jucu, indicando que o monitoramento realizado pela companhia de saneamento pode ter seu potencial de uso ampliado.

A análise descritiva dos dados, por meio de gráficos Box plot, permitiu observar **a)** que as séries históricas dos parâmetros de qualidade não apresentam simetria em relação aos valores medianos de concentração, **b)** que a presença de outliers é recorrente e **c)** que não há padrão de distribuição dos dados entre os pontos de monitoramento, qualquer que seja o parâmetro de qualidade de água analisado. Adicionalmente, permitiu observar que os parâmetros fósforo, nitrato, nitrogênio amoniacal *Escherichia coli*, oxigênio dissolvido, turbidez, sólidos dissolvidos e pH possuem medianas usualmente abaixo dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05 para cursos d'água classe 2, atendendo-se ao padrão ambiental estabelecido na quase totalidade dos pontos estudados.

Os testes estatísticos não paramétricos de Spearman e Mann-Kendall mostraram-se adequados à análise de tendência das séries históricas de parâmetros de qualidade de água utilizadas, constituindo abordagem simples e capaz de apontar a tendência de evolução temporal de diferentes parâmetros e uma ferramenta acessível para subsidiar os instrumentos de gestão de recursos hídricos.

Os resultados obtidos para um conjunto de 14 (quatorze) parâmetros de qualidade de água avaliados (dureza total, *Escherichia coli*, ferro dissolvido, ferro total, fósforo total, nitrato, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total, oxigênio dissolvido, potencial hidrogeniônico, sólidos dissolvidos, sólidos totais, sulfato e turbidez) indicaram que não há uma tendência uniforme de variação temporal na área de estudo não sendo possível amplo juízo de valor acerca da evolução das condições da qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio Jucu. Enquanto que para o parâmetro *Escherichia coli* boa parte dos pontos de monitoramento apresentou tendência de evolução

temporal negativa (o que demonstra melhoria do ponto de vista sanitário). Para outros parâmetros, como sólidos dissolvidos e nitrogênio total, não há correlação da série histórica com o tempo em todas as estações de monitoramento consideradas no estudo. Outros relevantes parâmetros de qualidade de água também não apresentaram tendência na maior parte dos pontos estudados, como turbidez, pH, fósforo e sólidos totais. No entanto, o parâmetro dureza apresentou tendência de elevação em 6 (seis) dos 8 (oito) pontos analisados.

Para o ponto de monitoramento Jucu Viana foi analisada a tendência de evolução temporal das cargas associadas aos diferentes parâmetros de qualidade de água. Os resultados indicaram a mesma tendência observada para a evolução temporal da concentração dos parâmetros *Escherichia coli*, ferro dissolvido, ferro total, fósforo, nitrogênio total, sólidos dissolvidos, sólidos totais, sulfato. Os parâmetros cujas cargas apresentaram mudança de tendência em relação a concentração foram nitrogênio amoniacal e oxigênio dissolvido (para concentração não apresentaram tendência e para carga apresentou tendência negativa).

A avaliação da influência do nível de significância adotado nos testes estatísticos demonstrou como a mudança em relação ao nível usualmente adotado (5%) pode gerar alterações nas tendências de evolução temporal encontradas. Por outro lado, também reforçou a perspectiva de que existem séries históricas que não apresentam tendência de evolução temporal, independentemente do nível de significância adotado (situação observada para todas as séries históricas do ponto de monitoramento (Jucu Caçaroca). No entanto, considerando-se o recorrente emprego no nível de significância de 5%, a sua adoção facilita o estabelecimento de avaliação crítica da análise de tendência dos parâmetros de qualidade de água, considerando os trabalhos disponíveis na literatura técnica corrente.

Função dos resultados obtidos e das discussões estabelecidas ao longo do texto, são consideradas relevantes recomendações:

- Utilizar a análise de tendência como uma ferramenta para acompanhamento da evolução temporal da qualidade da água associando, quando possível, uma avaliação do uso e ocupação do solo no âmbito da bacia hidrográfica;

- Avaliar o emprego da metodologia adotada neste trabalho em bacias hidrográficas que possuam maior densidade de estações fluviométricas, permitindo a análise de tendência temporal de carga para os diferentes parâmetros de qualidade de água em demais porções do sistema hídrico;
- Avaliar o emprego da metodologia adotada neste trabalho em bacias hidrográficas que possuam maior densidade de estações de monitoramento de qualidade e maior frequência de coleta, permitindo a análise sazonal da tendência de evolução temporal dos parâmetros de qualidade;
- Avaliar o emprego de diferentes testes aplicáveis à análise de tendência temporal de registros hidrológicos, com particular atenção para os de qualidade de água, permitindo o estabelecimento de eventuais aprimoramentos em relação à metodologia empregada no presente estudo;
- Avaliar a replicação deste trabalho considerando a possibilidade de integração de diferentes redes de monitoramento de qualidade de água eventualmente disponíveis na área de estudo.

8. CONSIDERAÇÕES PARA O SINGREH

O desenvolvimento desta dissertação foi decorrente das perspectivas de pesquisas associadas às áreas de concentração do Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (ProfÁgua), Curso promovido pela Agência Nacional das Águas em parceria com a CAPES⁶ e diversas universidades brasileiras, dentre elas a Universidade Federal do Espírito Santo. Regulação e Governança de Recursos Hídricos é uma das áreas de concentração desse Programa, sendo o Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos uma de suas linhas de pesquisa, na qual se busca o desenvolvimento de pesquisas sobre metodologias, modelos, instrumentos legais e institucionais, aplicados de forma flexível e integrada e adaptados à realidade, que permitam uma atuação regulatória mais efetiva do Estado.

Além disso, o desenvolvimento deste trabalho também se aproxima das diretrizes presentes na linha de concentração sobre metodologias para implementação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos, uma vez que as conclusões obtidas podem subsidiar as tomadas de decisão em uma região hidrográfica de interesse a partir do acompanhamento da tendência ou não de alterações nos parâmetros de qualidade de água em uma bacia hidrográfica.

A gestão de recursos hídricos para um país de extensão territorial como o Brasil depende, dentre outros elementos, de informação básica do estado de qualidade das águas, sendo a necessidade do aporte de recursos financeiros para a geração contínua de informações usualmente significativo e oneroso. É de amplo conhecimento, conforme apontado na introdução e na revisão bibliográfica deste trabalho, que a rede de monitoramento de qualidade de água no território brasileiro ainda é insuficiente quanto a sua abrangência espacial. Em razão disso, há territórios de interesse para gestão de recursos hídricos com baixa disponibilidade de dados sobre a qualidade dos corpos d'água.

Nesse sentido, ao se propor a utilização dos dados de monitoramento de qualidade de mananciais realizado por usuários responsáveis pelo abastecimento público, abre-se a oportunidade de se obter séries históricas de informações de qualidade de

⁶ CAPES - Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

água em regiões que podem não dispor de uma rede de monitoramento regular mantida por algum ente do SINGREH.

A implementação da PNRH demanda que se ponha em prática o conceito de integração entre setores, de modo a otimizar recursos e preencher lacunas de informações básicas utilizadas para a promoção da gestão de recursos hídricos.

A avaliação de tendência temporal de qualidade de água apresenta-se como perspectiva interessante neste contexto, uma vez que fornece, por meio de uma metodologia consistente e de fácil implementação, o acompanhamento do cenário de qualidade tanto para um ponto de monitoramento quanto para vários pontos numa bacia hidrográfica.

Os resultados obtidos, a depender da série histórica existente, podem ser utilizados por gestores de bacia hidrográfica para planejamento de políticas locais ou regionais, podem apoiar instrumentos de gestão como plano de recursos hídricos e enquadramento dos corpos d'água, bem como também podem apoiar tomada de decisão sobre mudança de pontos de captação existentes.

A implementação de qualquer que seja o instrumento da PNRH (plano de recursos hídricos, enquadramento, outorga, cobrança e sistema de informações) depende de articulação política, participação dos entes do SINGREH e sobretudo de informações básicas dos recursos hídricos do qual se esteja realizando qualquer planejamento. Nesta perspectiva, a análise de tendência de qualidade de água torna-se uma ferramenta técnica para avaliação dos recursos hídricos que estejam sob planejamento e gestão.

Os testes estatísticos empregados no estudo indicaram que não houve padrão na tendência na evolução temporal dos diferentes parâmetros de qualidade de água disponíveis para a área de estudo. Esse resultado evidencia a necessidade de acompanhamento contínuo da evolução temporal dos diferentes parâmetros de qualidade de água no conjunto de pontos de monitoramento utilizados para a caracterização de uma área de interesse sob o ponto de vista da gestão dos recursos hídricos, de modo que se agreguem dados e informações à tomada de decisão.

Os resultados também deixaram claro que, para o conjunto de séries históricas utilizadas, não foi possível estabelecer juízo de valor uniforme acerca do estado de qualidade dos pontos de monitoramento. Informações semelhantes que sejam entregues aos gestores de recursos hídricos podem agregar valor às ações que estejam desenvolvendo. É comum que o imaginário popular possa acreditar que o estado de qualidade das águas esteja sempre com tendência de degradação, tendo em vista os noticiários e o constante contato visual nas cidades com corpos hídricos degradados. No entanto, para validar essa afirmativa, é preciso que se avalie os parâmetros que indicam piora ou melhora. A tendência de evolução temporal da qualidade de água pode contribuir nessa perspectiva de modo que, para os pontos que estejam sendo avaliados, possa se observar se houve ou não tendência de modificação das condições de qualidade de água.

A utilização da metodologia utilizada nesta dissertação é aplicável tanto para pequenas quanto para grandes bacias e não se constitui numa ferramenta única, mas pode ser vista como uma contribuição para um conjunto de informações que possam subsidiar os entes gestores de recursos hídricos. Entretanto, as grandes bacias hidrográficas são comumente prioritárias para o gerenciamento e conseqüentemente possuem mais dados de monitoramento dos corpos hídricos. Por esta razão, nas pequenas bacias hidrográficas, onde não exista rede de monitoramento ou se a rede existente seja de baixa densidade, a aplicação dessa ferramenta pode ganhar maior relevância.

Desenvolver um trabalho com o escopo da presente dissertação, que integra dados existentes a metodologias estatísticas de fácil aplicação, pode fortalecer a gestão de recursos hídricos, uma vez que permite apresentar um panorama de qualidade de determinado local. A integração de séries históricas de qualidade de água geradas pelos responsáveis pelo abastecimento público pode se tornar uma opção para ampliação da base de dados aplicável ao gerenciamento dos recursos hídricos no âmbito do SINGERH.

É relevante relatar que o estabelecimento de rede de monitoramento (quali e/ou quantitativa) planejada para uma bacia hidrográfica é uma ação importante para o gerenciamento de recursos hídricos e que a utilização da metodologia proposta

neste trabalho é complementar, não prescindindo do esforço de monitoramento dos corpos d'água.

Destaca-se para o SINGREH como um todo é que, diante do cenário ideal ainda não alcançado no Brasil, o qual deveria dispor de redes de monitoramento em quantidade e regularidade satisfatórias, esta lacuna poderia ser complementada, onde couber, com a utilização de outra fonte de dados hidrológicos.

9. REFERÊNCIAS

AGERH, Agência Estadual de Recursos Hídricos. **CBH Jucu**. 2018. Disponível em: <<https://agerh.es.gov.br/cbh-jucu>>. Acesso em: 06 jun 2018.

ALVES, D. D. et al. Seasonal assessment and apportionment of surface water pollution using multivariate statistical methods: Sinos River, southern Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, [s. l.], 2018. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s10661-018-6759-3>>. Acesso em: 16 jul 2018.

ANA, Agência Nacional das Águas. **Cuidando das águas: soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos**. 2. ed. Brasília: ANA, 2013. 157p. Disponível em: <http://biblioteca.ana.gov.br/index.asp?codigo_sophia=60542>. Acesso em: 18 jul. 2018.

_____. Agência Nacional das Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: relatório pleno**. Brasília: ANA, 2017. 169 p.

ARAÚJO, J. C. de; SANTAELLA, S. T. Gestão da qualidade. In: CAMPOS, Nilson; STUDART, Ticiania. **Gestão das águas: princípios e práticas**. 2. ed. Porto Alegre: ABRH, 2003. Cap. 10. p. 159-165.

BERNARDO, L. D.; PAZ, L. P. S. **Seleção de tecnologias de tratamento de água**. São Carlos: Editora LDIBE, 2008. v 1, Cap. 3.

BRAGA, B.; PORTO, M.; TUCCI, C. E. M. Monitoramento de quantidade e qualidade das águas. In: REBOUÇAS, Aldo da Cunha; BRAGA, Benedito; TUNDIZI, José Galizia. **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3. ed. São Paulo: Escritura Editora, 2006. Cap. 5. p. 145-160.

BRASIL. Lei nº 9433, de 8 de janeiro de 1997. **Política Nacional de Recursos Hídricos**. Brasília, 08 jan. 1997.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 357 de 17 de março de 2005**. Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 13 out 2017.

_____. Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 de 13 de outubro de 2017. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, 13 out 2017. Seção 1, p.360.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Apêndice E - Significado Ambiental das Variáveis de Qualidade In: **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo**. São Paulo, 2018. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>>. Acesso em: 10 out 2018.

CESAN - COMPANHIA ESPIRITO SANTENSE DE SANEAMENTO. **Relatório de sustentabilidade 2017**. Vitória, ES. Disponível em:

<<https://www.cesan.com.br/relatorio-2017/relatorio-sustentabilidade/relatorio/?id=373&ind=374>>. Acesso em: 05 set 2018.

CHANG, H. Spatial analysis of water quality trends in the Han River basin, South Korea. **Water Research**, [S.l.], v. 42, n. 13, p.3285-3304, 2008. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2008.04.006>>. Acesso em 28 dez 2018.

COELHO, M. **Estratégia de monitoramento da qualidade da água para a gestão de recursos hídricos em bacias urbanas**. 2013. 163 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013. Cap. 5. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1884/36356>>. Acesso em: 12 set. 2017.

COSTA, E. P. et al. Evaluation of violations in water quality standards in the monitoring network of São Francisco River basin, the third largest in Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, [S.l.], v. 189, n. 11, p. 1-16, 2017. Springer Nature. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s10661-017-6266-y>>. Acesso em 08 jan 2018.

DEINA, M. A. **Alterações hidrogeomorfológicas no baixo curso do rio Jucu (ES)**. 2013. 187 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2013. Cap. 3. Disponível em: <<http://repositorio.ufes.br/handle/10/3597>>. Acesso em: 12 jan. 2018.

DIAMANTINI, E. et al. Driver detection of water quality trends in three large European river basins. **Science of the Total Environment**, [S.l.], v. 612, p.49-62, 2018. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.172>. Acesso em 12 jan 2018.

DRÁPELA, K.; DRÁPELOVÁ, I. **Application of Mann-Kendall test and the Sen's slope estimates for trend detection in deposition data from Bílý Kríz (Beskydy Mts., the Czech Republic) 1997-2010**. *Beskydy, Mendelova univerzita v Brne*, v.4, n. 2, p. 133-146, 2011.

EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Data Quality Assessment: Statistical Methods for Practitioners**. Whashington D.C.: Office Environmental Information. 2006. Disponível em: < <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-08/documents/g9s-final.pdf>>. Acesso em 12 jan. 2018.

GAUTHIER, T. D. Detecting trends using Spearman's Rank Correlation Coefficient. **Environmental Forensics**, [S.l.], v. 2, p. 359-362, 2001.

GASTALDINI, M. C. C.; MENDONÇA, A. S. F. Conceitos para avaliação da qualidade da água. In: PAIVA, J. B. D.de; PAIVA, E. M. C. D.de. **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, 2001. Cap. 15, p. 429-432.

GROPPO, J. D. et al. Estudo de Tendência de Parâmetros de Qualidade de Água na Bacia do Rio Piracicaba. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.

11, n. 3, p.79-87, 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v11n3.p79-87>>. Acesso em: 17 jan 2018.

HANNANCIUGLU et al. **Water Quality Monitoring Network Design**. [S.l.]: Springer Netherlands, 1999. p. 2-4. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/978-94-015-9155-3>>. Acesso em: 14 jul 2018.

HELSEL, D.R.; HIRSCH, R. M. **Statistical Methods in Water Resources Techniques of Water Resources Investigations**, U.S. Geological Survey, 2002. 522 p.

HOLLANDER, M.; WOLFE, D. A. **Nonparametric statistical methods**. Wiley series in probability and statistics. 2 ed. [S.l.], Wile Interscience, 1999. p. 368-369.

IJSN – INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES. **Estudos elaboração dos estudos para desassoreamento e regularização dos leitos e margens dos rios Jucu, Formate e Marinho na região metropolitana da grande Vitória: Relatório final de consolidação**. 2009. 219p.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 5. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2009. p. 19

KAHYA, E.; KALAYCI, S. Trend analysis of streamflow in Turkey. **Journal of Hydrology**, [s.l.], v. 289, n. 1-4, p. 128-144, 2004. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2003.11.006>>. Acesso em: 12 jan 2018.

LEE, H. W.; BHANG, K. J.; PARK, S. S. Effective visualization for the spatiotemporal trend analysis of the water quality in the Nakdong River of Korea. **Ecological Informatics**, [s.l.], v. 5, n. 4, p.281-292, 2010. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoinf.2010.05.004>>. Acesso em: 05 dez 2017.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas, SP: Átomo, 2005. 444 p.

LOUKAS, A. Surface water quantity and quality assessment in Pinios River, Thessaly, Greece. **Desalination**, [s.l.], v. 250, n. 1, p. 266-273, 2010. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.desal.2009.09.043>>. Acesso em: 10 jan 2018.

MASOUD, A. A. et al. Spatiotemporal evaluation of the groundwater quality in Gharbiya Governorate, Egypt. **Environmental Science and Pollution Research**, [s.l.], v. 24, n. 9, p.8256-8278, 2017. Springer Nature. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11356-017-8445-3>>. Acesso em: 14 jan 2018.

MEDEIROS, W. M. V. et al. Avaliação sazonal e espacial da qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Longá, Piauí, Brasil. **Revista Ambiente e Água**. Taubaté, v. 13, n.2, p. 82-88, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.2054>>. Acesso em: 15 jul 2018.

METCALFE, L.; EDDY, H. P. Wastewater engineering: **treatment and reuse**. 4 ed. New York: McGraw-Hill, 2003. 1819 p.

MORAES, J. M.; PELLEGRINO, G. Q.; BALLESTER, L. A.; VICTORIA, R. L.; KRUSCHE, A. V. Trends in Hydrological Parameters of a Southern Brazilian Watershed and its Relation to Human Induced Changes. **Water Resources Management**. Netherlands, v 12, p. 295-311, 1998. Kluwer Academic Publishers. Disponível em: <<https://doi.org/10.1023/A:1008048212420>>. Acesso em: 15 jul 2018.

NAGHETTINI, M.; PINTO, É. J. de A. **Hidrologia Estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 522 p.

NIP-SA; PROFILL. **Elaboração de projeto executivo para enquadramento de corpos de água em classes e plano de bacia para os rios Santa Maria da Vitória e Jucu**. Relatório da Etapa A. Vitória, 2015a.

_____. **Elaboração de projeto executivo para enquadramento de corpos de água em classes e plano de bacia para os rios Santa Maria da Vitória e Jucu**. Relatório técnico 2. Volume I. Vitória, 2015b.

OLIVEIRA, E. M. de. **Desafios e perspectivas para a recuperação da qualidade das águas do rio Tietê na Região Metropolitana de São Paulo**. 2015. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.11606/T.6.2015.tde-16102015-094150>>. Acesso em: 09 jan 18.

PESSÔA, Z. B. Efetivação do enquadramento de corpos d'água para fins de consumo humano em regiões semiáridas: **avaliação conforme Resolução CONAMA 357/2005 e Portaria MS 2914/2011**. 2013. 123 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

PINTO, C. C. et al. Trend analysis of the load and concentration of physical, chemical and biological parameters in the Verde River Basin. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 22, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/2318-0331.0117160030>>. Acesso em: 14 jan 2018.

POSTOLACHE, O.; GIRÃO, P. S.; PEREIRA, J. M. D. Water Quality Monitoring and Associated Distributed Measurement Systems: An Overview. In: **Water Quality Monitoring and Assessment**. In Tech (Ed) p. 25-27. Disponível em: <<https://doi.org/10.5772/32159>> Acesso em: 18 out 2018.

PSILOVIKOS, A.; MARGONI, S.; PSILOVIKOS, A. Simulation and trend analysis of the water quality monitoring daily data in Nestos river delta: contribution to the sustainable management and results for the years 2000–2002. **Environmental Monitoring and Assessment**, [s.l.], v. 116, p. 543-562, 2006. Kluwer Academic Publishers. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10661-006-7671-9>. Acesso em: 15 fev 2018.

QIAN, Y. et al. Trend Analysis of Nutrient Concentrations and Loads in Selected Canals of the Southern Indian River Lagoon, Florida. **Water Air and Soil Pollution**,

[s.l.], v. 186, p. 195-208, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/0.1007/s11270-007-9477-y>>. Acesso em: 13 fev 2018.

SALATI, E.; LEMOS, H. M. de; SALATI, E. Água e o desenvolvimento sustentável. In: BRAGA, B.; PORTO, M.; TUCCI, C. E. M. **Águas Doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação**. 3. ed. São Paulo: Escritura Editora, 2006. Cap. 2, p. 39.

SANTOS, C. A. G. et al. Integrated spatiotemporal trends using TRMM 3B42 data for the Upper São Francisco River basin, Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, [s. l.], v. 190, n. 3, 2018.

SHEKIN, D. J. **Handbook of Parametric and Nonparametric Statistical Procedures**. 5nd ed. Boca Raton, FL. CRC Press, 2011. Cap 29 e 30, p. 1375-1396.

SHI, P. et al. Spatial Distribution and Temporal Trends in Precipitation Concentration Indices for the Southwest China. **Water Resources Management**, [s. l.], v. 29, n. 11, p. 3941–3955, 2015.

TELLES, D. D'A. Água e Meio ambiente. In: TELLES, Dirceu D'Alkmin (Org). **Ciclo ambiental da água: da chuva à gestão**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 2013. Cap., 1, p 32.

TRINDADE, A. L. **Aplicação de técnicas estatísticas para avaliação de dados de monitoramento de qualidade das águas superficiais da porção mineira da bacia do rio São Francisco**. 2013. 165 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

TOSUNOGLU, F.; KISI, O. Trend Analysis of Maximum Hydrologic Drought Variables Using Mann-Kendall and Şen's Innovative Trend Method. **River Research and Applications**, [s.l.], v. 33, n. 4, p.597-610, 2016. Wiley-Blackwell. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1002/rra.3106>>. Acesso em: 12 jan 2018.

TUCCI, C. E. M. Desenvolvimento institucional dos recursos hídricos no Brasil. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, Porto Alegre, v 2, n. 2, p. 81-93, 2005. Disponível em: < <https://goo.gl/NifGV5>>. Acesso em: 10 fev 2018.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; NETTO, O. M. C. Cenários da Gestão da Água no Brasil: uma contribuição para a “visão mundial da água”. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 5, n. 3, p.31-43, 2000. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v5n3.p31-43>>. Acesso em: 08 jan 2018.

ULIANA, E. M. et al. Análise de tendência em séries históricas de vazão e precipitação: uso de teste estatístico não paramétrico. **Revista Ambiente e Água**. Taubaté, v. 10, n.1, p. 82-88, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1427>>. Acesso em: 15 jul 2018.

VON SPERLING, M. Noções de qualidade da água. In: VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005. Cap. 1. p. 15-17.

_____. Introdução à qualidade da água. In: VON SPERLING, Marcos. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. Belo Horizonte: UFMG, 2007. Cap. 1, p. 26.

YENILMEZ, F.; KESKIN, F.; AKSOY, A. Water quality trend analysis in Eymir Lake, Ankara. **Physics and Chemistry of The Earth**, Parts A/b/c, [s.l.], v. 36, n. 5-6, p.135-140, 2011. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.pce.2010.05.005>>. Acesso em: 03 jan 2018.

YUE, S.; PILON, P.; CAVADIAS, G. Power of the Mann–Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. **Journal of Hydrology**, [s.l.], v. 259, n. 1-4, p.254-271, 2001. Elsevier BV. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/s0022-1694\(01\)00594-7](http://dx.doi.org/10.1016/s0022-1694(01)00594-7)>. Acesso em: 15 dez 2017.

APÊNDICE A – GRÁFICOS BOX PLOT DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA UTILIZADOS.

Figura 15 - Gráficos Box plot para o parâmetro Dureza para o conjunto de pontos de monitoramento da área de estudo.

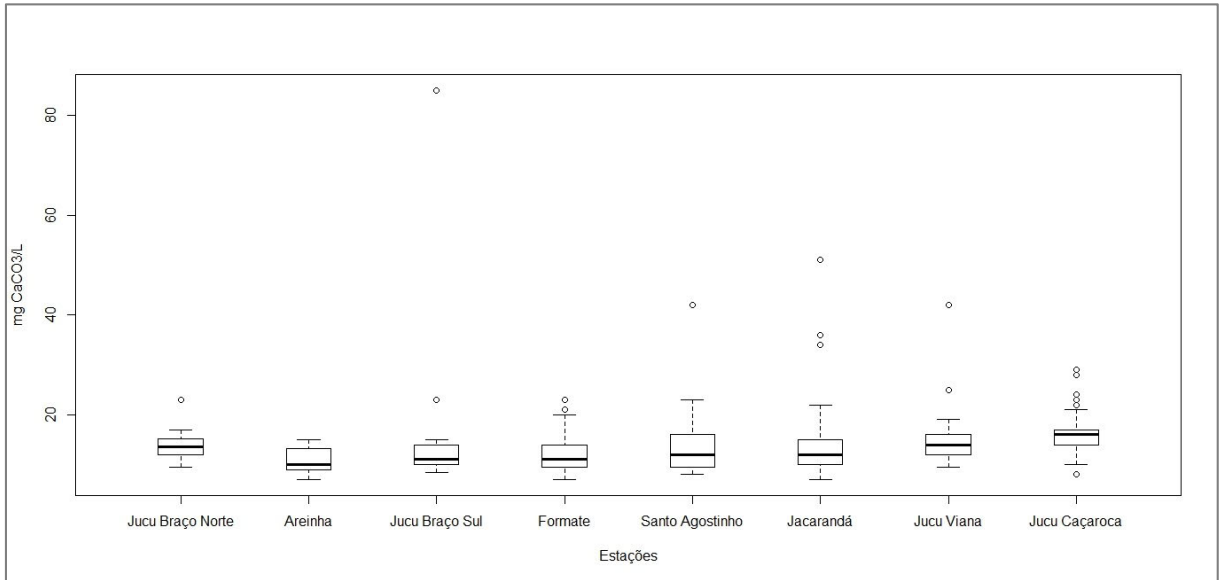
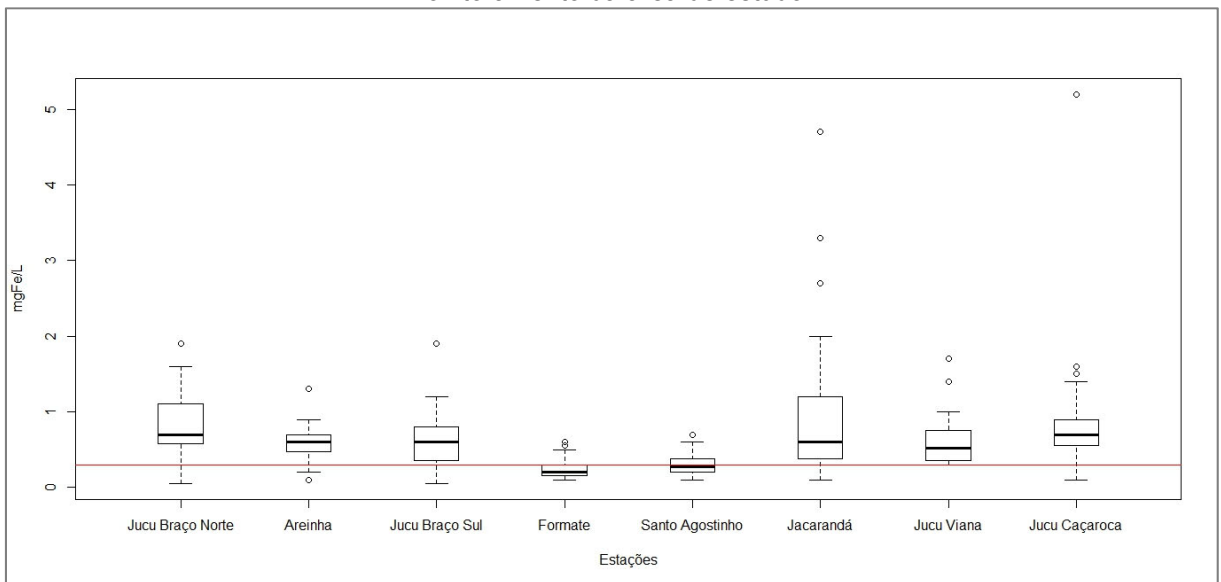


Figura 16 - Gráficos Box plot para o parâmetro Ferro Dissolvido para o conjunto de pontos de monitoramento da área de estudo.



A linha vermelha indica o limite máximo de ferro dissolvido para a classe 2, de acordo com a Resolução Conama nº 357/2005.

Figura 17 - Gráficos Box plot para o parâmetro Ferro Total para o conjunto de pontos de monitoramento da área de estudo.

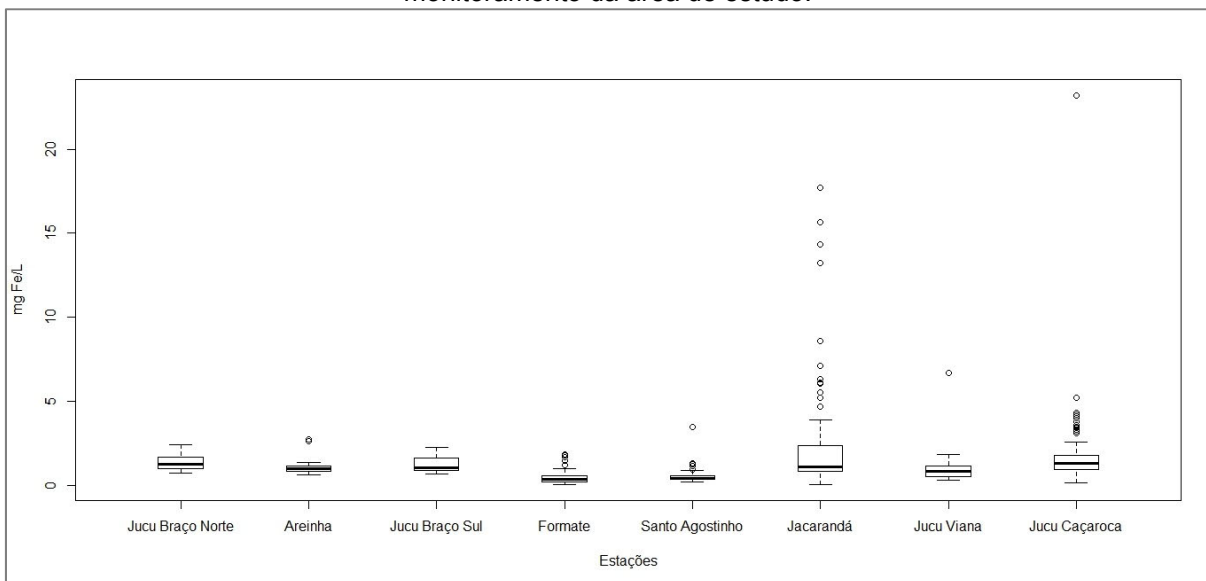
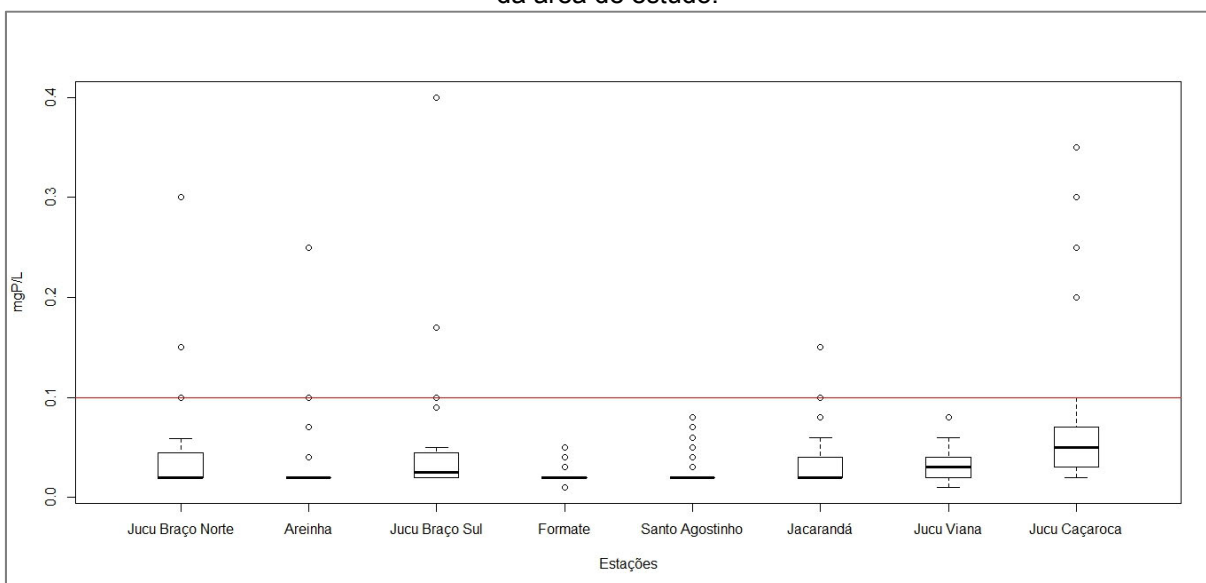


Figura 18 - Gráficos Box plot para o parâmetro Fósforo para o conjunto de pontos de monitoramento da área de estudo.



A linha vermelha indica o limite máximo de fósforo na classe 2 para corpo d'água lótico e tributário de intermediário de acordo com a Resolução Conama nº 357/2005.

Figura 19 - Gráficos Box plot para o parâmetro Nitrato para o conjunto de pontos de monitoramento da área de estudo.

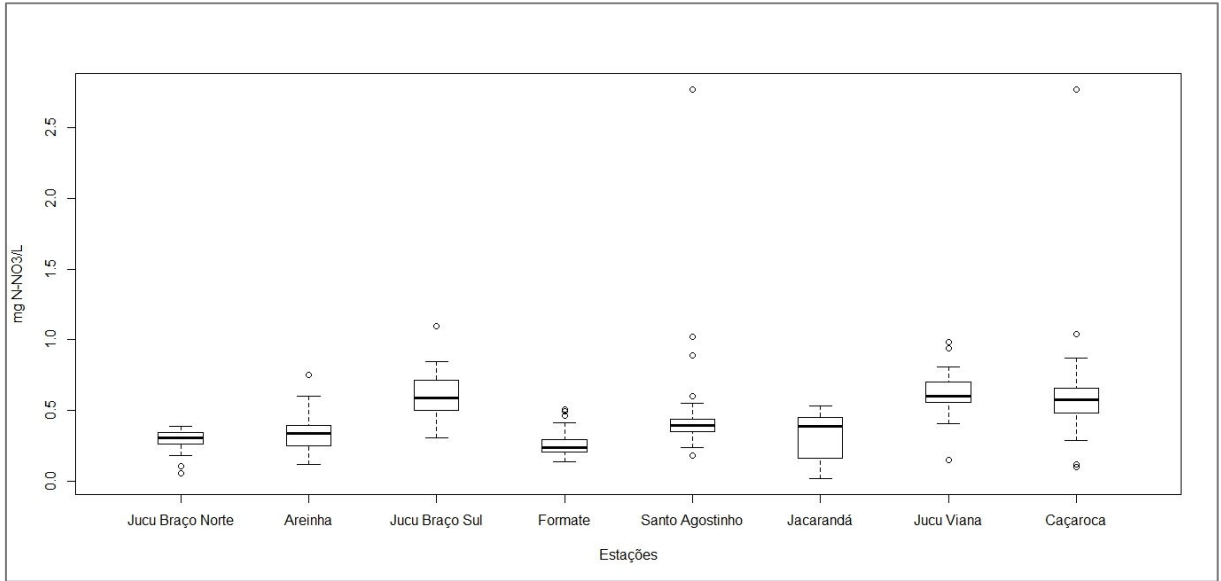


Figura 20 - Gráficos Box plot para o parâmetro Nitrogênio Total para o conjunto de pontos de monitoramento da área de estudo.

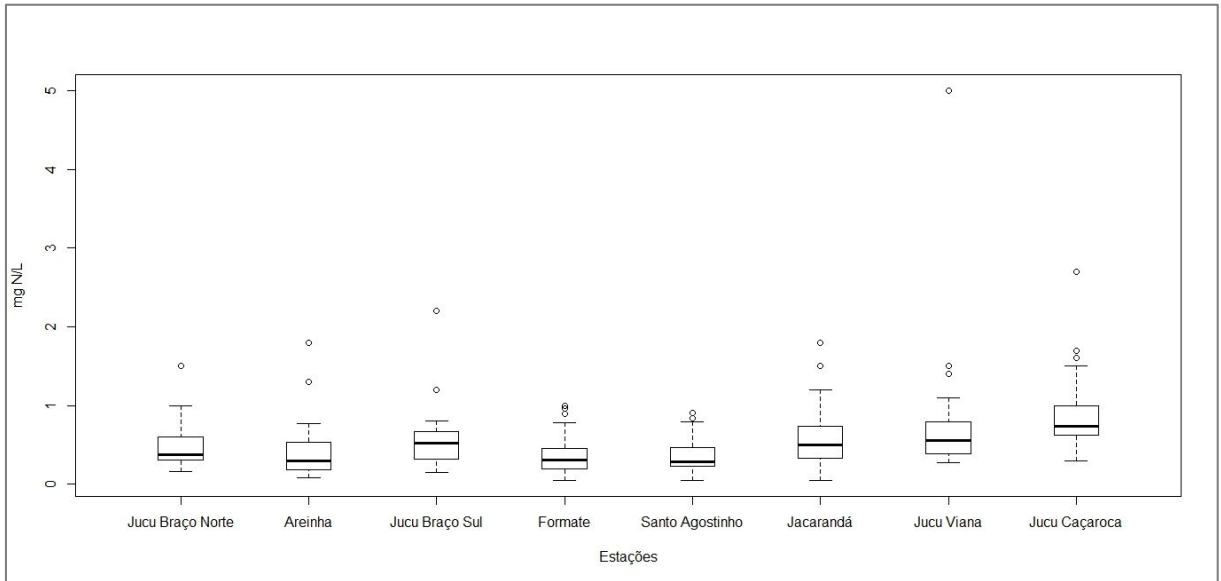
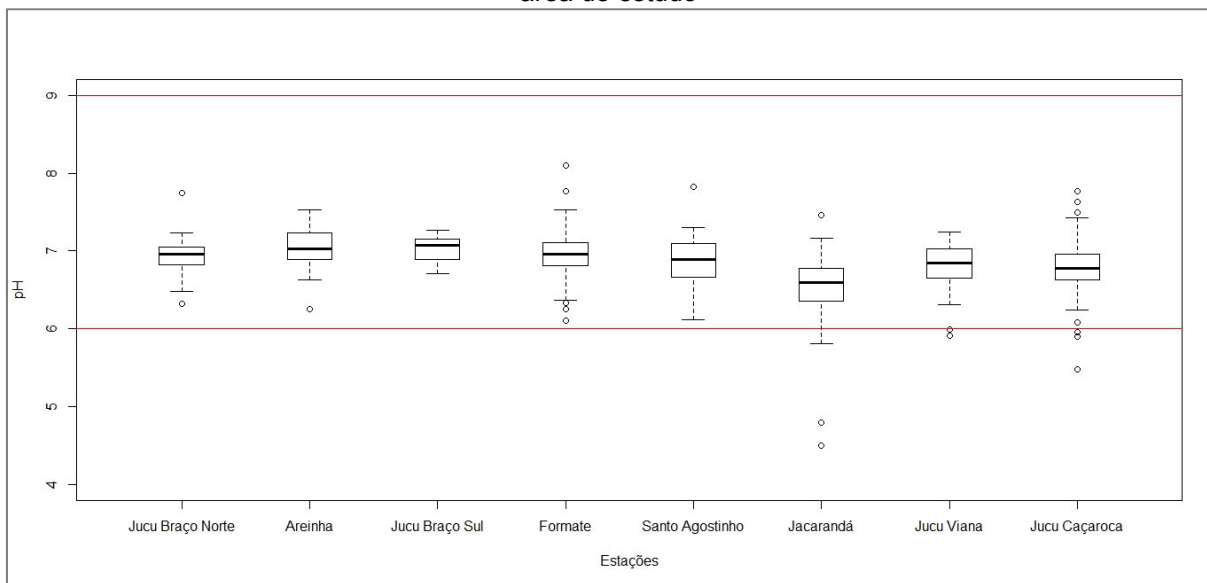


Figura 21 - Gráficos Box plot para o parâmetro pH para o conjunto de pontos de monitoramento da área de estudo



A linha vermelha indica a faixa de pH para rio classe 2 de acordo com a Resolução Conama nº 357/2005.

Figura 22 - Gráficos Box plot para o parâmetro Sólidos Totais para o conjunto de pontos de monitoramento da área de estudo

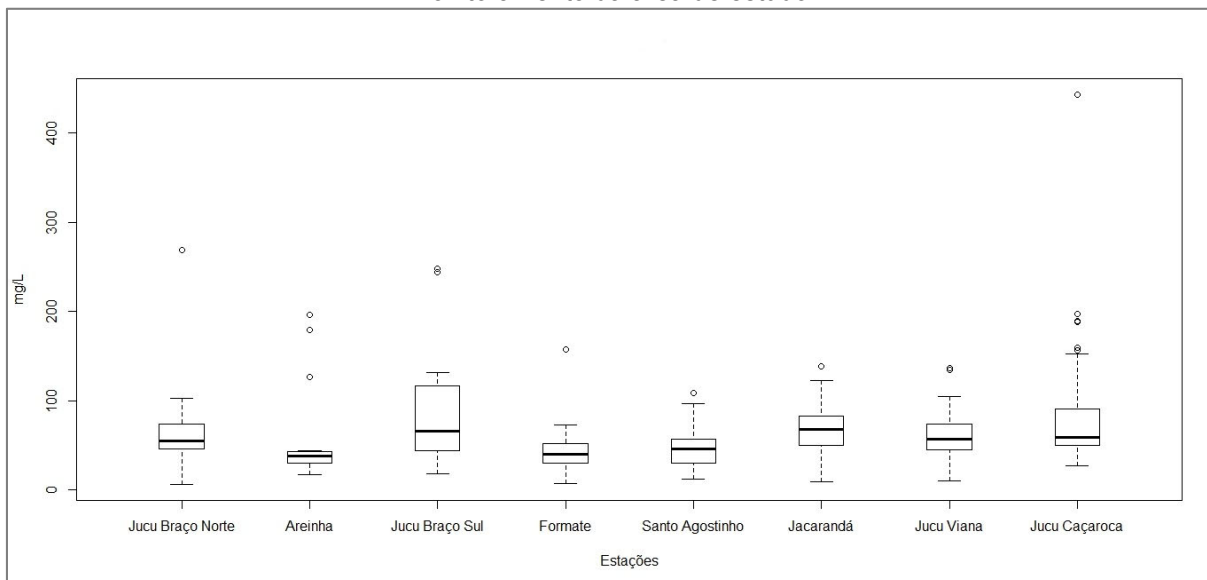
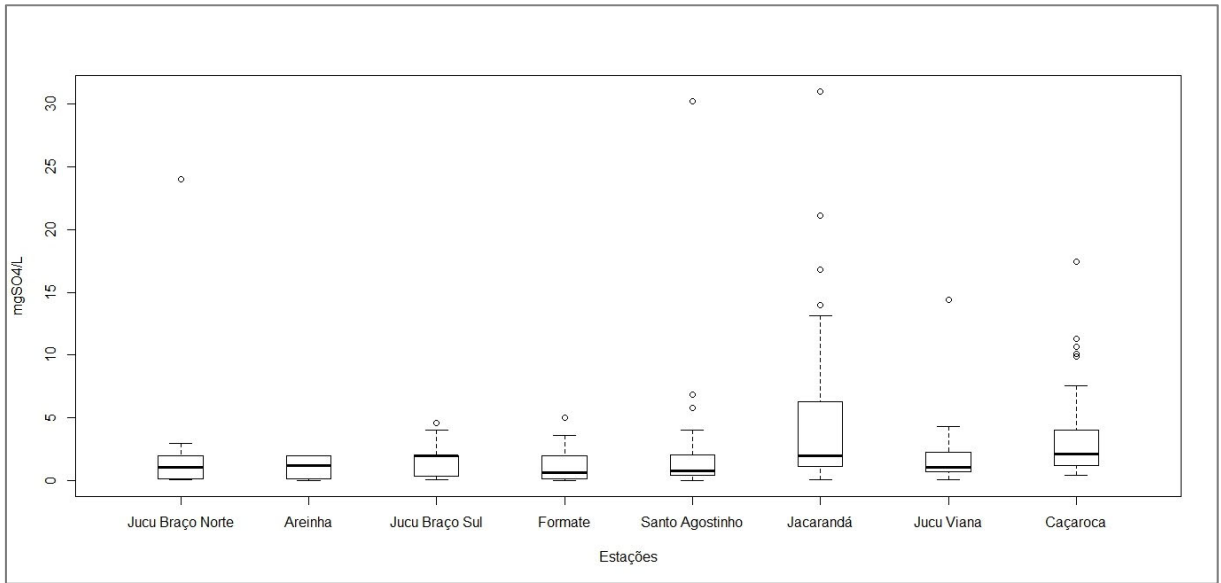


Figura 23 - Gráficos Box plot para o parâmetro Sulfato para o conjunto de pontos de monitoramento da área de estudo



APÊNDICE B – SÉRIES HISTÓRICAS DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA DOS PONTOS DE MONITORAMENTO.

Tabela 17 - Valores associados aos parâmetros de qualidade de água no ponto de monitoramento Jucu Braço Norte.

Data	Turbidez (NTU)	Dureza (mg CaCO ₃ /L)	Fósforo (mg P/L)	Ferro Dissolvido (mg Fe/L)	Ferro total (mg Fe/L)	Nitrato (mg N-NO ₃ /L)	Nitrogênio amoniacal (mg N-NH ₃ /L)	Nitrogênio total (mg N/L)	Oxigênio dissolvido (mg O ₂ /L)	Sólidos dissolvidos (mg/L)	Sólidos totais (mg/L)	Sulfato (mg SO ₄ /L)	pH
10/05/06	7,6	12,71	0,02	0,05	1,2	0,33	<5,0	<5,0	6,9	77	89	2	6,94
17/10/06	90	9,56	0,1	20,1	108,36	0,18	<5,0	<5,0	5,5	147	3338	24	6,48
12/06/07	5,25	12,05	0,02	0,45	0,77	0,35	0,15	0,24	8	35	39	2	7,06
11/12/07	14	15,31	0,02	1,1	1,76	0,06	0,21	0,4	-	90	103	2	7
07/07/09	9,2	11	0,02	0,65	1,27	0,34	0,12	0,5	8	35	46	3	6,8
12/01/10	22	14	0,15	0,1	1,83	0,27	0,2	0,41	7,05	4	18	2	7,74
21/12/10	13	14	0,03	1,5	1,57	0,29	0,14	0,35	6,39	47	51	2	7,02
09/08/11	7,8	12	0,02	0,6	2,41	0,38	0,09	0,21	6,53	49	56	2	7,1
13/12/11	25	12	0,02	0,9	0,97	0,3	0,27	0,35	6,7	47	58	2	6,86
19/06/12	8	12	0,02	0,1	1	0,23	0,14	0,2	7,67	42	45	0,18	6,96
27/11/12	17	14	0,04	0,85	1,18	0,11	0,08	0,43	7,32	36	47	0,07	6,74
25/06/13	7,3	12	0,02	0,55	0,78	0,31	0,07	0,31	8,92	77	82	0,15	6,84
17/12/13	240	10	0,3	0,6	1	0,31	0,12	1	5,6	89	269	0,12	6,76
03/06/14	11	14	0,02	0,7	1,24	0,37	0,22	0,6	8,22	46	55	0,35	7,04
18/11/14	13	13	0,05	1,1	1,49	0,33	0,24	0,32	7,93	70	75	0,14	7,23
02/06/15	11	23	0,02	1,1	1,53	0,29	0,15	0,16	7,2	52	55	0,47	7,05
08/12/15	55	16	0,02	1,6	1,81	0,27	0,06	1,5	9,15	51	72	0,25	-
14/06/16	3,2	17	0,02	0,7	0,72	0,25	<0,05	0,32	7,18	42	43	0,17	6,93
06/12/16	30	16	0,059	1	1,02	0,39	0,08	0,81	8,1	2	6	0,33	7,05
06/06/17	10	15	0,024	1,9	1,92	0,37	0,06	0,76	7,31	51	54	1,60	6,32

Tabela 18 - Valores associados ao parâmetro *Escherichia Coli* (E. coli) no ponto de monitoramento Jucu Braço Norte.

Data	E. coli (NMP/100ml)	Data	E. coli (NMP/100ml)	Data	E. coli (NMP/100ml)	Data	E. coli (NMP/100ml)	Data	E. coli (NMP/100ml)	Data	E. coli (NMP/100ml)
14/06/12	703	11/04/13	520	08/04/14	393	09/04/15	276	07/01/16	279	03/11/16	225
19/06/12	1850	25/06/13	557	22/05/14	933	07/05/15	2382	04/02/16	160	06/12/16	387
10/07/12	650	22/08/13	120	03/06/14	627	02/06/15	115	03/03/16	150	05/01/17	328
16/08/12	1354	10/09/13	1112	05/06/14	256	09/06/15	276	12/04/16	260	09/03/17	488
13/09/12	520	10/10/13	591	12/08/14	613	09/07/15	96	14/06/16	48	06/04/17	236
18/10/12	211	26/11/13	2481	06/11/14	139	11/08/15	613	23/06/16	172	04/05/17	210
27/11/12	573	17/12/13	4611	18/11/14	275	08/09/15	1291	07/07/16	114	06/06/17	186
11/12/12	1616	21/01/14	3448	09/12/14	880	06/10/15	816	04/08/16	80	11/07/17	204
08/01/13	521	11/02/14	250	23/02/15	109	05/11/15	88	13/09/16	291	10/08/17	96
26/02/13	135	13/03/14	228	10/03/15	75	08/12/15	8164	06/10/16	345	21/09/17	6

Tabela 19 – Valores associados ao parâmetro *Escherichia Coli* (E. coli) no ponto de monitoramento córrego Areinha.

Data	E. coli (NMP/100ml)	Data	E. coli (NMP/100ml)	Data	E. coli (NMP/100ml)	Data	E. coli (NMP/100ml)	Data	E. coli (NMP/100ml)	Data	E. coli (NMP/100ml)
14/06/12	2382	11/04/13	554	13/05/14	275	19/02/15	30	15/12/15	345	03/11/16	119
26/06/12	689	28/05/13	327	05/06/14	1137	10/03/15	878	07/01/16	91	12/12/16	770
10/07/12	548	02/07/13	6488	10/06/14	183	09/04/15	228	04/02/16	1211	05/01/17	2419,2
16/08/12	1670	22/08/13	318	12/08/14	63	07/05/15	776	03/03/16	105	07/02/17	56
20/09/12	241	10/09/13	199	09/09/14	627	09/06/15	76	12/04/16	142	09/03/17	70
18/10/12	1223	10/10/13	546	07/10/14	231	09/06/15	110	05/05/16	86	06/04/17	276
04/12/12	1119	26/11/13	2723	06/11/14	110	09/07/15	231	21/06/16	58	04/05/17	115
11/12/12	1720	17/12/13	3873	25/11/14	785	11/08/15	160	07/07/16	17	13/06/17	56
08/01/13	520	11/02/14	272	09/12/14	148	08/09/15	399	04/08/16	38	11/07/17	30
26/02/13	262	13/03/14	1014	13/01/15	211	06/10/15	210	13/09/16	33	10/08/17	17
14/03/13	24196	22/04/14	331	15/01/15	213	05/11/15	697	20/10/16	17	21/09/17	17

Tabela 20 - Valores associados aos parâmetros de qualidade de água no ponto de monitoramento córrego Areinha.

Data	Turbidez (NTU)	Dureza (mg CaCO ₃ /L)	Fósforo (mg P/L)	Ferro Dissolvido (mg Fe/L)	Ferro total (mg Fe/L)	Nitrato (mg N-NO ₃ /L)	Nitrogênio amoniacal (mg N-NH ₃ /L)	Nitrogênio total (mg N/L)	Oxigênio dissolvido (mg O ₂ /L)	Sólidos dissolvidos (mg/L)	Sólidos totais (mg/L)	Sulfato (mg SO ₄ /L)	pH
07/06/06	4,15	13,6	0,02	0,5	1,16	0,23	0,23	0,56	7,5	24	28	2,00	7,23
14/11/06	170	14,0	0,25	0,5	2,72	0,32	0,28	0,44	7,4	70	196	2,00	6,72
19/06/07	6,2	15,1	0,02	0,45	0,82	0,15	0,16	0,2	7,7	173	179	2,00	7,12
21/07/09	18	9	0,02	0,6	1,26	0,32	0,05	0,15	7,8	16	22	2,00	7,24
19/01/10	13	12	0,02	0,1	1,39	0,25	0,17	0,4	7	35	39	2,00	7,32
28/12/10	16	10	0,02	0,6	1,06	0,12	0,19	0,32	6,78	37	42	2,00	7,02
17/08/11	4	7	0,02	0,45	0,62	0,41	0,05	0,12	7	31	33	2,00	6,93
13/12/11	49	15	0,02	1,3	2,63	0,6	0,21	0,24	6,7	20	32	2,00	6,99
26/06/12	9	8	0,02	0,55	1,01	0,34	0,09	0,2	8,65	44	44	0,09	6,85
04/12/12	20	13	0,02	0,8	1,01	0,44	0,57	1,3	6,73	29	43	0,30	7,24
02/07/13	3,5	13	0,02	0,2	1,12	0,30	0,05	0,5	8,47	23	28	0,54	7,28
17/12/13	150	8	0,1	0,55	0,83	0,49	0,35	0,61	8	87	126	0,09	6,67
10/06/14	9,3	7	0,02	0,4	0,81	0,38	0,05	0,08	7,8	39	43	0,05	7,09
25/11/14	7,4	9	0,04	0,7	0,85	0,25	0,11	0,3	7,58	14	17	0,20	6,63
09/06/15	5,9	12	0,02	0,65	0,73	0,34	0,19	0,21	7,55	35	36	0,54	7,03
15/12/15	4,8	10	0,02	0,6	0,86	0,25	0,1	1,8	7,9	39	40	0	6,95
21/06/16	11	9	0,02	0,7	0,75	0,35	0,05	0,1	6,95	30	32	0,05	6,25
12/12/16	100	14	0,07	0,9	1,01	0,75	0,06	0,77	8,6	11	38	1,34	7,1
13/06/17	7	10	0,02	0,7	0,89	0,39	0,11	0,16	7,91	22	23	1,23	7,53

Tabela 21 - Valores associados aos parâmetros de qualidade de água no ponto de monitoramento Jucu Braço Sul.

Data	Turbidez (NTU)	Dureza (mg CaCO ₃ /L)	Fósforo (mg P/L)	Ferro Dissolvido (mg Fe/L)	Ferro total (mg Fe/L)	Nitrato (mg N-NO ₃ /L)	Nitrogênio amoniacal (mg N-NH ₃ /L)	Nitrogênio total (mg N/L)	Oxigênio dissolvido (mg O ₂ /L)	Sólidos dissolvidos (mg/L)	Sólidos totais (mg/L)	Sulfato (mg SO ₄ /L)	pH
13/12/05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,18
10/05/06	14	10,21	0,02	0,05	1,59	0,49	<5,0	<5,0	7,3	99	116	2,00	7,02
17/10/06	43	9,17	0,02	0,6	1,79	0,31	<5,0	<5,0	6,5	85	85	2,00	7,09
12/06/07	12	13,05	0,02	0,35	0,88	1,1	0,2	0,55	8,4	28	39	2,00	7,17
11/12/07	20	10,85	0,02	0,85	1,36	0,41	0,37	0,52	-	90	117	4,00	7,15
07/07/09	7,85	10	0,03	0,65	1,69	0,64	0,09	0,22	7,9	24	46	3,00	6,9
12/01/10	28	9,5	0,1	0,1	1,63	0,51	0,37	0,81	6,86	3	18	2,00	7,25
21/12/10	9,55	10	0,02	0,6	0,88	0,83	0,17	0,32	6,97	31	37	2,00	7,13
09/08/11	16	8,5	0,02	0,35	0,92	0,57	0,17	0,24	8,15	54	62	2,00	7,26
13/12/11	170	15	0,02	0,85	1,54	0,52	0,36	0,64	7,1	54	131	2,00	7,13
19/06/12	20	10	0,02	0,45	0,69	0,48	0,1	0,15	8,33	40	52	0,28	6,8
27/11/12	27	11	0,09	0,6	0,92	0,36	0,11	0,58	7,9	11	42	0,08	6,89
25/06/13	27	11	0,02	0,35	0,75	0,64	0,1	0,53	9,24	65	130	0,48	6,86
17/12/13	260	9,5	0,4	0,75	1,45	0,63	0,15	1,2	6,5	70	248	1,92	6,71
03/06/14	12	12	0,02	0,35	0,72	0,57	0,19	0,46	8,85	43	50	0,21	7,04
18/11/14	16	12	0,05	0,65	0,95	0,58	0,12	0,22	8,15	57	70	0,26	7,27
02/06/15	85	23	0,03	1,2	2,29	0,79	0,13	0,78	7,93	67	102	0,71	7,07
08/12/15	290	85	0,04	1,9	2,29	0,60	0,29	2,2	9,98	74	244	3,08	7,05
14/06/16	5,7	14	0,04	0,6	0,66	0,85	0,2	0,46	7,74	35	37	0,06	6,81
06/12/16	150	14	0,17	1,1	1,2	0,62	0,05	0,67	9,2	42	110	4,56	7,12
06/06/17	9,2	15	0,03	0,75	0,91	0,85	0,07	0,43	7,9	45	49	1,73	6,73

Tabela 22 - Valores associados ao parâmetro *Escherichia Coli* (E. coli) no ponto de monitoramento Jucu Braço Sul.

Data	E. coli (NMP/100ml)	Data	E. coli (NMP/100ml)	Data	E. coli (NMP/100ml)	Data	E. coli (NMP/100ml)	Data	E. coli (NMP/100ml)	Data	E. coli (NMP/100ml)
14/06/12	2224	11/04/13	1259	11/02/14	1014	18/11/14	1918	08/09/15	2723	03/11/16	866
19/06/12	1354	28/05/13	1201	13/03/14	1723	09/12/14	9804	06/10/15	548	06/12/16	4106
10/07/12	1529	25/06/13	3448	08/04/14	1301	08/01/15	733	05/11/15	921	05/01/17	73
16/08/12	12033	30/07/13	1090	13/05/14	2909	19/02/15	1576	08/12/15	19863	07/02/17	4106
20/09/12	1483	06/08/13	563	03/06/14	1935	10/03/15	1725	07/01/16	1374	09/03/17	2282
18/10/12	1723	22/08/13	1334	05/06/14	3076	09/04/15	1439	04/02/16	1720	06/04/17	1785
27/11/12	4611	10/09/13	2187	09/07/14	5475	07/05/15	6131	03/03/16	2420	04/05/17	1120
11/12/12	7270	10/10/13	4611	12/08/14	677	02/06/15	9208	14/06/16	880	06/06/17	1553
08/01/13	1169	26/11/13	7701	09/09/14	1607	09/06/15	2359	04/08/16	866	11/07/17	2420
26/02/13	1354	17/12/13	5794	07/10/14	1354	09/07/15	1725	13/09/16	308	10/08/17	1046
14/03/13	24196	21/01/14	5794	06/11/14	663	11/08/15	2481	06/10/16	649	21/09/17	649

Tabela 23 - Valores associados ao parâmetro *Escherichia Coli* (E. coli) no ponto de monitoramento Formate.

Data	E. coli (NMP/100ml)	Data	E. coli (NMP/100ml)	Data	E. coli (NMP/100ml)	Data	E. coli (NMP/100ml)	Data	E. coli (NMP/100ml)	Data	E. coli (NMP/100ml)
14/06/12	59	17/09/13	20	05/08/14	201	02/06/15	39	12/04/16	29	14/02/17	23
13/08/12	3	08/10/13	77	09/09/14	71	16/07/15	124	11/05/16	921	28/03/17	13
02/10/12	34	07/11/13	365	07/10/14	35	04/08/15	10	14/06/16	33	11/04/17	437
20/11/12	68	10/12/13	199	19/11/14	16	30/09/15	866	19/07/16	11	02/05/17	20
29/01/13	18266	15/01/14	50	09/12/14	488	13/10/15	1203	09/08/16	399	06/06/17	162
19/02/13	152	18/03/14	51	21/01/15	102	19/11/15	93	13/09/16	3	11/07/17	25
28/03/13	1553	08/04/14	44	10/02/15	387	15/12/15	29	18/10/16	6	15/08/17	12
02/04/13	99	20/05/14	28	24/03/15	1553	05/01/16	172	09/11/16	921	11/09/17	54
15/05/13	35	03/06/14	488	14/04/15	96	16/02/16	69	20/12/16	73		
10/07/13	435	02/07/14	39	12/05/15	28	22/03/16	64	05/01/17	20		

Tabela 24 - Valores associados aos parâmetros de qualidade de água no ponto de monitoramento Formate.

(continua)

Data	Turbidez (NTU)	Dureza (mg CaCO ₃ /L)	Fósforo (mg P/L)	Ferro Dissolvido (mg Fe/L)	Nitrato (mg N-NO ₃ /L)	Nitrogênio amoniacal (mg N-NH ₃ /L)	Nitrogênio total (mg N/L)	Oxigênio dissolvido (mg O ₂ /L)	Sólidos dissolvidos (mg/L)	Sólidos totais (mg/L)	Sulfato (mg SO ₄ /L)
26/04/06	8	9,2	0,02		0,17	0,05	0,05	7,3	52	58	2,00
03/10/06	5,6	9,5	0,02	0,3	0,23	0,05	0,05	7,4	47	52	2,00
27/03/07	5,15	10,4	0,02	0,45	0,39	0,37	0,78	7,9	31	34	2,00
02/10/07	2,5	9,8	0,02	0,15	0,2	0,18	0,41	8,2	47	47	2,00
15/04/08	7,75	13	0,02	0,3	0,18	0,09	0,69	7,22	51	54	2,00
20/10/09	4,75	9,5	0,02	0,1	0,37	0,14	0,28	4	46	49	5,00
19/07/10	22	12	0,03	0,3	0,3	0,06	0,28	9,05	27	35	3,00
09/11/10	9,45	14	0,02	0,15	0,21	0,14	0,2	7,36	64	70	2,00
06/06/11	2	11	0,02	0,2	0,22	0,15	0,4	7,77	17	18	2,00
15/11/11	4,5	8	0,02	0,1	0,23	0,05	1	3,89	19	22	0,96
17/01/12	11	9,5	0,02	0,2	0,28	0,05	0,2	-	24	29	1,27
13/03/12	3,85	9,5	0,02	0,2	0,18	0,05	0,05	7,8	20	23	0,04
17/04/12	3,35	8,5	0,02	0,1	0,51	0,12	0,2	7,96	16	18	3,63
14/06/12	8,9	10	0,02	0,25	0,17	0,05	0,05	7,72	21	31	0,14
13/08/12	6,1	8,5	0,02	0,15	0,36	0,19	0,29	8,2	53	55	0,16
02/10/12	2,85	8,5	0,02	0,15	0,28	0,16	0,43	8,08	34	36	2,59
20/11/12	5,65	8,5	0,02	0,2	0,14	0,77	0,89	-	33	35	0,03
29/01/13	80	21	0,02	0,6	0,16	0,11	0,55	9,2	35	157	0,41
02/04/13	5,25	12	0,02	0,25	0,2	0,13	0,21	8,52	10	16	0,23
15/05/13	2,25	11	0,02	0,2	0,21	0,27	0,36	8,92	18	22	0,15
10/07/13	15	10	0,05	0,3	0,24	0,05	0,37	8,98	21	31	0,19
17/09/13	2,6	11	0,02	0,1	0,21	0,2	0,39	8,98	45	49	2,06
07/11/13	14	9	0,03	0,5	0,22	-	-	9	54	63	0,20
15/01/14	5,75	8,5	0,02	0,35	0,24	0,15	0,21	7,36	12	19	-
18/03/14	3,4	9	0,02	0,15	0,24	0,35	0,5	6,9	47	49	0,32
20/05/14	2,3	9,5	0,02	0,2	0,26	0,25	0,34	4,28	33	35	0,80

Tabela 24 - Valores associados aos parâmetros de qualidade de água no ponto de monitoramento Formate.

(conclusão)

Data	Turbidez (NTU)	Dureza (mg CaCO ₃ /L)	Fósforo (mg P/L)	Ferro Dissolvido (mg Fe/L)	Nitrato (mg N-NO ₃ /L)	Nitrogênio amoniacal (mg N-NH ₃ /L)	Nitrogênio total (mg N/L)	Oxigênio dissolvido (mg O ₂ /L)	Sólidos dissolvidos (mg/L)	Sólidos totais (mg/L)	Sulfato (mg SO ₄ /L)
02/07/14	2,7	7	0,03	0,1	0,25	0,06	0,96	9,14	37	38	0,18
09/09/14	2,2	10	0,02	0,15	0,20	0,09	0,19	9,84	16	20	0,42
19/11/14	1,5	12	0,02	0,1	0,22	0,06	0,3	8,71	24	25	0,22
24/03/15	11	14	0,02	0,25	0,50	0,05	0,3	-	53	58	0,64
12/05/15	2,5	23	0,02	0,1	0,22	0,05	0,25	8,82	42	46	0,40
16/07/15	5,4	15	0,04	0,15	0,26	0,05	0,28	3,91	31	32	0,02
30/09/15	3,35	18	0,02	0,1	0,41	0,31	0,46	6,95	45	46	0,02
19/11/15	3,9	18	0,02	0,15	0,31	0,05	0,15	7,2	20	42	1,19
05/01/16	4,85	12	0,02	0,35	0,17	0,18	0,36	7,63	46	50	0,14
22/03/16	5,5	11	0,02	0,25	0,24	0,05	0,58	7,72	29	31	0,09
11/05/16	1,8	20	0,02	0,1	0,37	0,06	0,08	8,02	50	50	0,25
19/07/16	2,95	19	0,02	0,1	0,29	0,05	0,18	8,1	54	60	0,61
13/09/16	2	21	0,03	0,15	0,42	0,08	0,34	7,83	71	73	0,17
09/11/16	18	11	0,05	0,6	0,27	0,08	0,56	7,7	34	40	0,94
05/01/17	3,4	21	0,02	0,55	0,46	0,13	0,31	4,1	49	53	0,61
28/03/17	3,2	16	0,01	0,15	0,21	0,27	0,7	7,76	3	7	1,76
11/09/17	9,7	11	0,02		0,28	0,05	-	8,91	47	51	2,28

Tabela 25 - Valores associados ao parâmetro pH e Ferro total no ponto de monitoramento Formate.

Data	pH	Ferro total (mg Fe/L)	Data	pH	Ferro total (mg Fe/L)	Data	pH	Ferro total (mg Fe/L)	Data	pH	Ferro total (mg Fe/L)	Data	pH	Ferro total (mg Fe/L)
26/04/06	7,02	0,54	20/07/06	7,09	0,32	03/10/06	6,82	0,54	20/10/09	6,78	0,2	02/07/14	6,85	0,14
09/05/06	7,77	1,19	25/07/06	6,97	0,3	03/10/06	6,99	0,48	19/07/10	7,3	0,64	09/09/14	6,93	0,17
11/05/06	6,25	0,35	27/07/06	6,93	0,27	05/10/06	7,05	0,5	09/11/10	6,64	0,4	19/11/14	7,22	0,08
16/05/06	6,73	0,45	01/08/06	6,91	0,35	10/10/06	7,2	0,63	06/06/11	7,08	0,22	24/03/15	7,33	0,6
18/05/06	7,08	0,6	03/08/06	7,09	0,25	12/10/06	7,47	0,42	15/11/11	8,1	0,28	12/05/15	6,98	0,1
23/05/06	6,79	0,72	08/08/06	7,53	0,38	17/10/06	6,86	1,82	17/01/12	6,88	0,31	16/07/15	7,08	0,19
25/05/06	6,8	0,9	10/08/06	7,19	0,36	19/10/06	6,97	0,49	13/03/12	6,92	0,36	30/09/15	6,96	0,12
30/05/06	6,87	0,56	15/08/06	7,23	0,31	24/10/06	6,72	0,9	17/04/12	7,3	0,12	19/11/15	6,41	0,21
01/06/06	7,01	0,25	17/08/06	7,09	0,25	26/10/06	7,01	0,43	14/06/12	6,77	0,42	05/01/16	7,12	0,37
06/06/06	6,94	0,23	22/08/06	7,28	0,26	31/10/06	6,85	0,35	13/08/12	6,73	0,23	22/03/16	6,37	0,65
08/06/06	7,15	0,26	24/08/06	6,95	0,31	02/11/06	6,55	0,97	02/10/12	7,22	0,18	11/05/16	6,11	0,09
13/06/06	7	0,99	29/08/06	6,95	0,46	07/11/06	7,05	0,68	20/11/12	6,72	0,28	19/07/16	6,76	0,05
15/06/06	6,82	0,3	31/08/06	7,18	1,47	09/11/06	6,95	0,6	29/01/13	6,7	0,85	13/09/16	7,07	0,16
20/06/06	6,8	0,47	05/09/06	7,03	0,73	14/11/06	6,98	0,05	02/04/13	6,81	0,35	09/11/16	7,34	0,67
22/06/06	6,92	0,37	07/09/06	7,35	0,26	16/11/06	6,4	1,79	15/05/13	6,33	0,22	05/01/17	6,89	0,69
29/06/06	6,94	0,28	12/09/06	7,03	0,58	21/11/06	6,9	0,83	10/07/13	7,32	0,61	28/03/17	7,43	0,22
04/07/06	6,81	0,21	14/09/06	6,98	0,34	23/11/06	7,31	0,71	17/09/13	7,33	0,15	11/09/17	7,28	-
06/07/06	6,56	0,05	19/09/06	7,1	0,05	28/11/06	6,73	1,2	07/11/13	7,06	0,55			
11/07/06	6,84	0,45	22/09/06	7,36	0,46	27/03/07	6,76	0,94	15/01/14	6,93	0,6			
13/07/06	6,89	0,32	26/09/06	6,73	1,68	02/10/07	7,11	0,21	18/03/14	6,81	0,22			
18/07/06	7,03	0,42	28/09/06	6,79	0,7	15/04/08	6,39	0,46	20/05/14	7,12	0,2			

Tabela 26 - Valores associados aos parâmetros de qualidade de água no ponto de monitoramento Santo Agostinho.

(continua)

Data	Turbidez (NTU)	Dureza (mg CaCO ₃ /L)	Fósforo (mg P/L)	Ferro Dissolvido (mg Fe/L)	Ferro total (mg Fe/L)	Nitrato (mg N-NO ₃ /L)	Nitrogênio amoniacal (mg N-NH ₃ /L)	Nitrogênio total (mg N/L)	Oxigênio dissolvido (mg O ₂ /L)	Sólidos dissolvidos (mg/L)	Sólidos totais (mg/L)	Sulfato (mg SO ₄ /L)	pH
20/10/09	8,55	23	0,05	0,1	0,53	0,44	0,25	0,47	3,8	53	61	4,0	6,42
19/07/10	47	12	0,06	0,35	1,24	0,55	0,05	0,46	8,29	38	68	3,0	6,12
09/11/10	40	16	0,08	0,2	1,17	0,6	0,1	0,53	7,17	66	108	3,0	6,59
06/06/11	4,1	9,2	0,02	0,15	0,34	0,47	0,25	0,75	7,78	25	30	2,0	6,99
15/11/11	9,25	8	0,02	0,2	0,46	0,35	0,17	0,91	3,76	21	30	1,17	7,82
17/01/12	18	8	0,02	0,2	0,44	0,45	0,11	0,34	-	2	39	1,41	6,64
13/03/12	11	9	0,02	0,25	0,96	0,32	0,26	0,32	6,28	28	38	0,37	6,8
17/04/12	5,7	9	0,02	0,25	0,26	0,18	0,14	0,2	7,17	21	24	5,83	7,08
14/06/12	19	10	0,02	0,6	0,59	0,35	0,14	0,27	7,17	50	63	0,78	6,65
13/08/12	13	9,5	0,02	0,25	0,38	0,47	0,05	0,34	7,78	49	55	0,15	6,78
02/10/12	4,5	9	0,02	0,25	0,4	0,36	0,05	0,35	7,89	41	46	3,70	7,1
20/11/12	16	9,5	0,02	0,35	0,59	0,44	0,05	0,46	-	36	46	0,42	6,72
29/01/13	1400	15	0,04	-	3,47	0,48	0,07	0,19	8,3	314	1507	30,20	6,76
02/04/13	15	10	0,02	0,45	0,54	0,43	0,16	0,26	8,4	22	36	0,80	6,66
15/05/13	5,7	12	0,02	0,15	0,37	0,4	0,17	0,27	8,3	21	27	0,41	6,42
10/07/13	27	11	0,05	0,3	0,78	0,40	0,05	0,29	8,64	23	46	0,43	7,13
17/09/13	3,6	9	0,02	0,25	0,44	0,35	0,12	0,24	8,18	53	57	0,67	7,17
07/11/13	33	13	0,02	0,7	0,88	0,34	0,11	0,23	8,08	64	88	0,60	6,8
15/01/14	11	10	0,02	0,45	0,86	0,41	0,19	0,26	6,52	16	28	0,67	6,61
18/03/14	5,4	10	0,02	0,1	0,39	0,37	0,11	0,26	7	49	54	2,07	6,95
20/05/14	5	10	0,02	0,25	0,3	0,39	0,17	0,05	3,89	27	30	0,67	7,08
02/07/14	5,5	8	0,02	0,15	0,28	0,42	0,27	0,48	8,62	45	46	0,45	6,91
09/09/14	5,5	11	0,02	0,25	0,47	0,36	0,05	0,05	9	16	22	0,22	6,74
19/11/14	2,2	12	0,02	0,2	0,32	0,29	0,13	0,79	8,71	22	24	0,87	6,96
24/03/15	29	19	0,02	0,55	1,33	1,02	0,05	0,2	8,65	70	80	1,83	6,9
12/05/15	6	19	0,02	0,2	0,41	0,31	0,14	0,2	7,87	49	52	0,25	6,89

Tabela 26 - Valores associados aos parâmetros de qualidade de água no ponto de monitoramento Santo Agostinho.

(conclusão)

Data	Turbidez (NTU)	Dureza (mg CaCO ₃ /L)	Fósforo (mg P/L)	Ferro Dissolvido (mg Fe/L)	Ferro total (mg Fe/L)	Nitrato (mg N-NO ₃ /L)	Nitrogênio amoniacal (mg N-NH ₃ /L)	Nitrogênio total (mg N/L)	Oxigênio dissolvido (mg O ₂ /L)	Sólidos dissolvidos (mg/L)	Sólidos totais (mg/L)	Sulfato (mg SO ₄ /L)	pH
16/07/15	4,2	17	0,03	0,3	0,4	0,39	0,47	0,65	4	36	38	0,16	7,1
30/09/15	3,2	16	0,02	0,35	0,38	0,35	0,26	0,84	7,69	33	35	6,84	6,89
19/11/15	22	20	0,02	0,5	0,58	0,89	0,09	0,2	6,4	86	97	0,61	6,39
05/01/16	11	15	0,02	0,5	0,54	0,44	0,05	0,1	7,08	42	47	0,00	6,99
22/03/16	5,9	12	0,02	0,4	0,43	0,33	0,05	0,36	6,16	22	24	0,47	6,14
11/05/16	1,9	16	0,02	0,15	0,19	0,28	0,05	0,27	7,74	38	39	0,09	7,11
19/07/16	9,8	11	0,03	0,3	0,39	2,77	0,08	0,25	7,79	53	64	0,24	6,89
13/09/16	0,65	16	0,07	0,35	0,44	0,26	0,26	0,6	7,15	67	68	2,87	7,15
09/11/16	20	15	0,03	0,4	0,41	0,40	0,05	0,14	6,9	48	52	1,21	7,05
05/01/17	3,7	42	0,02	0,35	0,47	0,42	0,2	0,4	2,99	55	57	1,88	7,1
28/03/17	3,2	15	0,02	0,35	0,38	0,24	0,05	0,77	7	8	12	2,18	7,3
11/09/17	12	12	0,02	-	-	0,41	-	-	8,95	23	27	-	7,16

Tabela 27 - Valores associados ao parâmetro *Escherichia Coli* (E. coli) no ponto de monitoramento Santo Agostinho.

Data	E. coli (NMP/100ml)	Data	E. coli (NMP/100ml)	Data	E. coli (NMP/100ml)	Data	E. coli (NMP/100ml)	Data	E. coli (NMP/100ml)	Data	E. coli (NMP/100ml)
14/06/12	548	10/07/13	1733	02/07/14	579	12/05/15	299	12/04/16	27	14/02/17	151
13/08/12	6	17/09/13	240	05/08/14	461	02/06/15	167	11/05/16	488	28/03/17	48
02/10/12	365	08/10/13	575	09/09/14	613	16/07/15	882	14/06/16	22	11/04/17	1046
09/10/12	774	07/11/13	488	07/10/14	1354	04/08/15	308	19/07/16	179	02/05/17	42
20/11/12	354	10/12/13	921	19/11/14	219	30/09/15	548	09/08/16	72	06/06/17	866
29/01/13	24732	15/01/14	345	09/12/14	411	13/10/15	921	13/09/16	921	11/07/17	49
19/02/13	749	18/03/14	93	21/01/15	435	19/11/15	2419,2	18/10/16	71	15/08/17	86
28/03/13	4884	08/04/14	87	10/02/15	1300	15/12/15	1046	09/11/16	866	11/09/17	133
02/04/13	1046	20/05/14	435	24/03/15	2419,2	05/01/16	1539	20/12/16	326		
15/05/13	272	03/06/14	1300	14/04/15	10	16/02/16	517	05/01/17	238		

Tabela 28 - Valores associados aos parâmetros de qualidade de água no ponto de monitoramento Jacarandá.

(continua)

Data	Turbidez (NTU)	Dureza (mg CaCO ₃ /L)	Fósforo (mg P/L)	Ferro Dissolvido (mg Fe/L)	Nitrato (mg N-NO ₃ /L)	Nitrogênio amoniacal (mg N-NH ₃ /L)	Nitrogênio total (mg N/L)	Oxigênio dissolvido (mg O ₂ /L)	Sólidos dissolvidos (mg/L)	Sólidos totais (mg/L)	Sulfato (mg SO ₄ /L)
26/04/06	12	9,8	0,02	-	0,11	0,05	0,05	3,1	69	75	8
03/10/06	15	10,5	0,02	0,85	0,42	0,2	0,4	4,3	69	81	5
27/03/07	14	11,6	0,03	1,6	0,41	0,28	0,58	6,5	47	69	2
02/10/07	8,45	10,5	0,1	0,35	0,43	0,16	0,47	7,8	50	72	2
15/04/08	35	15	0,02	-	0,22	0,08	0,5	3,71	75	87	4
21/11/08	18	17	0,02	-	0,17	-	-	-	118	122	14
20/10/09	20	10	0,04	0,1	0,45	0,18	0,51	3,8	66	84	3
19/07/10	18	16	0,02	1,3	0,11	0,05	0,27	5,33	45	51	6
09/11/10	27	14	0,02	4,7	0,08	0,31	1,8	1,55	126	138	12
06/06/11	4,05	13,2	0,03	0,6	0,02	0,25	0,7	2,92	42	50	2
15/11/11	16	14	0,02	1,8	0,06	0,07	0,45	0,78	31	52	0,42
17/01/12	25	14	0,04	3,3	0,16	0,19	0,96	-	38	41	2,10
13/03/12	16	10	0,02	0,85	0,06	0,07	0,35	3,22	36	47	1,51
17/04/12	8,8	11	0,02	0,9	0,52	0,16	0,33	3,63	27	31	0,06
14/06/12	8,6	10	0,02	1,2	0,02	0,33	0,76	2,64	55	59	3,79
13/08/12	5,6	9,5	0,02	0,45	0,12	0,05	0,46	5,18	63	68	2,03
02/10/12	4,9	9	0,02	0,7	0,19	0,08	0,33	4,47	46	50	3,05
20/11/12	11	14	0,02	1,2	0,02	0,14	0,74	-	38	42	0,82
29/01/13	26	11	0,05	1,2	0,06	0,29	0,52	3,55	35	71	0,87
02/04/13	37	12	0,02	1,8	0,3	0,14	0,6	6,53	40	89	1,86
15/05/13	2,2	8,5	0,02	0,4	0,5	0,3	0,86	7,91	30	44	1,22
10/07/13	50	14	0,03	0,45	0,53	0,05	0,26	7,95	32	110	1,92
17/09/13	11	10	0,03	0,4	0,49	0,39	0,82	6,94	63	75	1,00
07/11/13	9,7	12	0,02	0,85	0,43	-	-	4,7	84	92	6,54
15/01/14	7,4	11	0,02	0,5	0,39	0,3	0,37	5,86	37	51	-
18/03/14	40	8,5	0,05	0,3	0,41	0,34	0,44	7,45	55	108	-

Tabela 28 - Valores associados aos parâmetros de qualidade de água no ponto de monitoramento Jacarandá.

(conclusão)

Data	Turbidez (NTU)	Dureza (mg CaCO ₃ /L)	Fósforo (mg P/L)	Ferro Dissolvido (mg Fe/L)	Nitrato (mg N-NO ₃ /L)	Nitrogênio amoniacal (mg N-NH ₃ /L)	Nitrogênio total (mg N/L)	Oxigênio dissolvido (mg O ₂ /L)	Sólidos dissolvidos (mg/L)	Sólidos totais (mg/L)	Sulfato (mg SO ₄ /L)
20/05/14	45	8,5	0,04	0,45	0,48	0,31	0,55	4,15	35	72	-
02/07/14	8,6	7	0,02	0,25	0,45	0,26	0,78	7,99	49	52	1,17
09/09/14	9,7	8,5	0,02	0,35	0,43	0,13	0,16	8,7	24	31	0,81
19/11/14	4,2	9,5	0,02	0,2	0,31	0,18	0,2	7,84	29	31	1,09
25/03/15	7,6	22	0,02	0,3	0,35	0,25	0,39	-	45	46	-
12/05/15	5,2	36	0,02	0,2	0,30	0,05	0,22	6,45	76	78	16,78
16/07/15	19	34	0,03	1,8	0,51	0,44	0,51	3,51	89	97	21,14
30/09/15	8,8	18	0,02	0,55	0,34	0,59	0,62	7,9	43	49	1,54
19/11/15	16	20	0,02	0,75	0,49	0,66	0,63	5,7	59	68	8,42
05/01/16	22	15	0,02	0,9	0,39	0,05	0,26	7,03	43	52	2,72
22/03/16	20	18	0,05	2	0,45	0,05	1,2	3,02	77	80	12,28
11/05/16	6,9	13	0,02	0,35	0,43	0,28	0,29	4,1	47	52	1,12
19/07/16	3,8	7,5	0,02	0,3	0,44	0,05	0,15	7,88	44	46	0,22
13/09/16	16	11	0,15	0,4	0,36	0,12	0,68	7,81	65	81	0,54
09/11/16	50	14	0,06	0,5	0,46	0,19	1,5	5,9	51	60	1,81
05/01/17	33	51	0,08	2,7	0,50	0,29	1	1,41	105	121	31,02
28/03/17	12	12	0,04	0,6	0,32	0,27	0,76	5,3	3	9	1,17
11/09/17	37	19	0,05	-	0,45	0,07	0,3	7,6	78	97	13,17

Tabela 29 - Valores associados ao parâmetro pH e Ferro total no ponto de monitoramento Jacarandá.

Data	pH	Ferro total (mg Fe/L)	Data	pH	Ferro total (mg Fe/L)	Data	pH	Ferro total (mg Fe/L)	Data	pH	Ferro total (mg Fe/L)	Data	pH	Ferro total (mg Fe/L)
26/04/06	6,59	1,73	20/07/06	6,68	0,98	03/10/06	6,49	1,53	21/11/08	5,98	5,53	20/05/14	6,86	0,97
09/05/06	6,98	1,38	25/07/06	6,78	1,21	03/10/06	6,48	1,96	20/10/09	6,8	0,85	02/07/14	6,88	0,48
11/05/06	6,36	0,12	27/07/06	6,41	0,96	05/10/06	6,61	1,6	19/07/10	6,7	3,44	09/09/14	6,78	0,62
16/05/06	6,43	1,03	01/08/06	6,69	0,86	10/10/06	6,64	2,71	09/11/10	6,33	6,11	19/11/14	6,98	0,45
18/05/06	6,58	0,99	03/08/06	6,84	0,86	12/10/06	6,44	13,25	06/06/11	6,89	1,12	25/03/15	5,83	0,71
23/05/06	6,33	1,23	08/08/06	6,68	0,71	17/10/06	6,62	2,69	15/11/11	6,36	3,68	12/05/15	6,27	0,43
25/05/06	6,56	2,58	10/08/06	6,79	0,86	19/10/06	6,29	4,67	17/01/12	6,1	3,92	16/07/15	5,81	2,74
30/05/06	6,51	0,71	15/08/06	7,09	0,88	24/10/06	6,38	0,7	13/03/12	6,19	0,88	30/09/15	7,13	0,58
01/06/06	6,69	1,01	17/08/06	6,65	0,58	26/10/06	6,89	15,67	17/04/12	6,47	1,37	19/11/15	6,41	74,96
06/06/06	6,57	0,53	22/08/06	6,88	0,74	31/10/06	6,62	6,32	14/06/12	6,09	2,32	05/01/16	6,49	0,92
08/06/06	6,64	0,8	24/08/06	6,84	0,95	02/11/06	6,45	5,19	13/08/12	6,51	0,72	22/03/16	4,8	2,04
13/06/06	6,92	0,93	29/08/06	6,84	0,81	07/11/06	6,72	17,69	02/10/12	6,46	1,26	11/05/16	5,86	0,35
15/06/06	6,84	0,85	31/08/06	6,95	0,68	09/11/06	6,75	3,06	20/11/12	6,37	2,37	19/07/16	6,6	0,33
20/06/06	6,28	1,27	05/09/06	7,46	0,07	14/11/06	6,02	8,6	29/01/13	6,23	2,73	13/09/16	6,5	1,09
22/06/06	6,35	1,19	07/09/06	6,9	0,94	16/11/06	5,89	6,06	02/04/13	6,3	2,32	09/11/16	6,63	0,7
29/06/06	6,93	0,99	12/09/06	6,8	0,77	21/11/06	6,76	14,31	15/05/13	7,17	0,89	05/01/17	4,5	3,52
04/07/06	6,02	0,44	14/09/06	6,68	1,58	23/11/06	6,14	7,1	10/07/13	6,59	1,94	28/03/17	6,63	0,62
06/07/06	6,13	1,44	19/09/06	6,51	1,82	28/11/06	6,4	3,31	17/09/13	6,71	1,12	11/09/17	5,9	-
11/07/06	6,48	1,23	22/09/06	6,66	0,91	27/03/07	6,7	2,93	07/11/13	6,35	1,04			
13/07/06	6,76	1,21	26/09/06	6,75	0,84	02/10/07	6,97	0,7	15/01/14	6,5	1,18			
18/07/06	6,52	1,24	28/09/06	6,67	0,82	15/04/08	6,32	2,31	18/03/14	6,85	1,13			

Tabela 30 - Valores associados ao parâmetro *Escherichia Coli* (E. coli) no ponto de monitoramento Jacarandá.

Data	E. coli (NMP/100ml)	Data	E. coli (NMP/100ml)	Data	E. coli (NMP/100ml)	Data	E. coli (NMP/100ml)	Data	E. coli (NMP/100ml)
14/06/12	55	17/09/13	162	07/10/14	135	13/10/15	1354	18/10/16	10
17/07/12	78	08/10/13	61	19/11/14	435	19/11/15	308	09/11/16	2420
13/08/12	8	07/11/13	222	09/12/14	727	15/12/15	15	20/12/16	106
02/10/12	50	10/12/13	435	21/01/15	345	05/01/16	771	05/01/17	214
09/10/12	131	15/01/14	345	10/02/15	15531	16/02/16	479	14/02/17	114
20/11/12	139	18/03/14	76	25/03/15	203	22/03/16	73	28/03/17	137
29/01/13	82	08/04/14	261	14/04/15	83	12/04/16	11	11/04/17	1120
19/02/13	625	20/05/14	411	12/05/15	140	11/05/16	365	02/05/17	37
28/03/13	11199	03/06/14	299	02/06/15	96	14/06/16	13	06/06/17	115
02/04/13	816	02/07/14	345	16/07/15	435	19/07/16	4	11/07/17	47
15/05/13	461	05/08/14	613	04/08/15	387	09/08/16	7	15/08/17	10
10/07/13	2419,2	09/09/14	980	30/09/15	1414	13/09/16	7	11/09/17	30

Tabela 31 - Valores associados ao parâmetro *Escherichia Coli* (E. coli) no ponto de monitoramento Jucu Viana.

Data	E. coli (NMP/100ml)	Data	E. coli (NMP/100ml)	Data	E. coli (NMP/100ml)	Data	E. coli (NMP/100ml)	Data	E. coli (NMP/100ml)	Data	E. coli (NMP/100ml)
14/06/12	3654	10/07/13	6488	02/07/14	1106	12/05/15	411	22/03/16	1553	05/01/17	411
17/07/12	780	17/09/13	1120	05/08/14	2909	02/06/15	638	12/04/16	980	14/02/17	1986
13/08/12	1393	08/10/13	1989	09/09/14	422	16/07/15	1720	11/05/16	1120	28/03/17	457
02/10/12	776	07/11/13	2064	07/10/14	1376	04/08/15	1553	14/06/16	33	11/04/17	1986
20/11/12	3255	10/12/13	3255	19/11/14	3076	30/09/15	1986	19/07/16	187	02/05/17	261
29/01/13	5912	15/01/14	1780	09/12/14	2481	13/10/15	145	09/08/16	112	06/06/17	308
19/02/13	4513	18/03/14	388	21/01/15	770	19/11/15	1414	13/09/16	13	11/07/17	1414
28/03/13	12033	08/04/14	3448	10/02/15	1259	15/12/15	1120	18/10/16	91	15/08/17	33
02/04/13	3654	20/05/14	809	24/03/15	6131	05/01/16	1872	09/11/16	2419,2	11/09/17	435
15/05/13	1741	03/06/14	2014	14/04/15	158	16/02/16	866	20/12/16	1733		

Tabela 32 - Valores associados aos parâmetros de qualidade de água no ponto de monitoramento Jucu Viana.

(continua)

Data	Turbidez (NTU)	Dureza (mg CaCO ₃ /L)	Fósforo (mg P/L)	Ferro Dissolvido (mg Fe/L)	Ferro total (mg Fe/L)	Nitrato (mg N-NO ₃ /L)	Nitrogênio amoniacal (mg N-NH ₃ /L)	Nitrogênio total (mg N/L)	Oxigênio dissolvido (mg O ₂ /L)	Sólidos dissolvidos (mg/L)	Sólidos totais (mg/L)	Sulfato (mg SO ₄ /L)	pH
17/04/12	15	12	0,02	0,5	1,12	0,43	0,21	0,31	7,39	21	35	14,43	7,14
14/06/12	55	12	0,02	0,65	1,26	0,49	0,27	0,6	7,19	65	104	0,96	6,51
13/08/12	8,8	12	0,02	0,3	0,47	0,73	0,08	0,4	8,07	55	59	0,06	6,85
02/10/12	16	10	0,02	0,4	0,56	0,48	0,17	0,39	7,61	50	59	0,85	6,89
20/11/12	50	16	0,02	0,65	1,22	0,41	1,4	1,5	-	40	75	0,88	6,61
29/01/13	95	16	0,02	0,75	1,72	0,42	0,34	0,65	8,9	20	105	1,40	6,75
02/04/13	26	12	0,02	0,35	0,69	0,6	0,2	0,77	8,6	33	67	2,24	6,6
15/05/13	9,8	11	0,02	0,35	0,54	0,62	0,22	0,38	8,61	20	29	0,36	6,31
10/07/13	26	16	0,05	0,35	0,9	0,15	0,22	1,1	8,69	33	54	0,71	7,21
17/09/13	6,5	11	0,04	0,35	0,6	0,53	0,24	0,27	8,53	47	51	1,82	7,19
07/11/13	34	15	0,04	0,8	1,16	0,68	0,09	-	7,51	62	86	4,34	6,77
15/01/14	11	13	0,05	0,7	1,18	0,59	0,42	0,43	6,88	16	56	-	6,72
18/03/14	14	11	0,02	0,4	0,54	0,51	0,07	0,55	7,4	15	24	0,19	6,86
20/05/14	9,1	11	0,03	0,45	0,55	0,58	0,16	0,46	4,07	23	33	1,07	7,03
02/07/14	8,7	9,5	0,03	0,3	0,46	0,63	0,33	5	9,11	50	52	0,48	6,86
09/09/14	9,5	12	0,02	0,45	0,86	0,59	0,1	0,76	8,7	25	35	0,62	6,77
19/11/14	35	12	0,06	0,65	0,98	0,59	0,31	0,58	8,55	42	56	0,70	6,94
24/03/15	160	17	0,03	0,9	6,68	0,62	0,05	1	8,65	69	136	1,07	7,03
12/05/15	40	25	0,03	0,9	1,35	0,78	0,27	0,57	8,12	57	72	1,35	6,78
16/07/15	6,8	19	0,05	0,6	0,7	0,59	0,75	0,4	4,41	45	46	1,16	7,02
30/09/15	5,7	17	0,03	0,5	0,53	0,61	0,3	0,84	7,56	38	43	0	7,11
19/11/15	65	15	0,02	0,8	0,92	0,81	0,12	0,79	6,2	55	86	3,53	6,45

Tabela 32 - Valores associados aos parâmetros de qualidade de água no ponto de monitoramento Jucu Viana.

(conclusão)

Data	Turbidez (NTU)	Dureza (mg CaCO ₃ /L)	Fósforo (mg P/L)	Ferro Dissolvido (mg Fe/L)	Ferro total (mg Fe/L)	Nitrato (mg N-NO ₃ /L)	Nitrogênio amoniacal (mg N-NH ₃ /L)	Nitrogênio total (mg N/L)	Oxigênio dissolvido (mg O ₂ /L)	Sólidos dissolvidos (mg/L)	Sólidos totais (mg/L)	Sulfato (mg SO ₄ /L)	pH
05/01/16	150	16	0,04	1,7	1,84	0,77	0,09	0,83	7,72	72	134	0,70	6,86
22/03/16	100	14	0,08	1,4	1,62	0,60	0,05	1,4	7,04	55	98	1,00	5,99
11/05/16	5,7	14	0,04	0,4	0,41	0,59	0,05	0,44	7,69	38	41	1,03	5,91
19/07/16	3,4	12	0,03	0,3	0,32	0,98	0,05	0,34	7,88	55	58	0,68	6,71
13/09/16	3,6	13	0,04	0,35	0,39	0,94	0,15	0,34	7,6	59	60	2,46	6,7
09/11/16	24	15	0,06	0,65	0,65	0,64	0,27	0,7	6,7	48	56	3,61	7,1
05/01/17	19	42	0,04	1	1,1	0,58	0,15	0,29	3,57	57	63	1,26	6,55
28/03/17	22	15	0,01	0,55	0,78	0,74	0,12	0,32	8,52	2	10	2,51	7,01
11/09/17	13	15	0,02	-	-	0,74	-	0,53	8,92	44	57	3,15	7,24

Tabela 33 - Valores associados aos parâmetros de qualidade de água no ponto de monitoramento Jucu Caçaroca.

(continua)

Data	Turbidez (NTU)	Dureza (mg CaCO ₃ /L)	Fósforo (mg P/L)	Ferro Dissolvido (mg Fe/L)	Nitrato (mg N-NO ₃ /L)	Nitrogênio amoniacal (mg N-NH ₃ /L)	Nitrogênio total (mg N/L)	Oxigênio dissolvido (mg O ₂ /L)	Sólidos dissolvidos (mg/L)	Sólidos totais (mg/L)	Sulfato (mg SO ₄ /L)
19/04/06	60	15,42	0,1	5,2	0,44	0,22	-	7	53	125	2,68
26/09/06	70	10,2	0,02	1,5	0,49	0,32	0,54	7,4	44	80	0,91
19/03/07	29	15,76	0,35	0,85	0,12	0,37	0,48	6,7	418	443	0,75
09/10/07	8,9	14,53	0,02	0,4	0,51	0,23	0,46	7,6	47	71	1,53
26/02/08	160	16	0,3	0,8	0,29	0,26	1,5	-	88	197	10,08
22/04/08	50	15	0,02	1,1	0,57	0,36	0,67	6,8	927	964	17,47
15/12/08	50	16	0,2	0,7	0,10	0,31	0,73	6,7	93	121	5,7
28/04/09	23	16	0,02	0,8	0,47	0,05	0,47	6,5	40	57	4,52
27/10/09	50	12	0,09	< 0,10	0,58	0,48	0,64	3,8	35	56	3,5
19/04/10	260	12	0,1	-	0,38	0,15	0,73	8,3	91	189	-

Tabela 33 - Valores associados aos parâmetros de qualidade de água no ponto de monitoramento Jucu Caçaroca.

(continuação)

Data	Turbidez (NTU)	Dureza (mg CaCO ₃ /L)	Fósforo (mg P/L)	Ferro Dissolvido (mg Fe/L)	Nitrato (mg N-NO ₃ /L)	Nitrogênio amoniacal (mg N-NH ₃ /L)	Nitrogênio total (mg N/L)	Oxigênio dissolvido (mg O ₂ /L)	Sólidos dissolvidos (mg/L)	Sólidos totais (mg/L)	Sulfato (mg SO ₄ /L)
21/06/10	8	17	0,05	0,25	0,59	0,4	1,6	7,5	61	67	4,37
02/08/10	11	14	0,03	0,65	0,55	0,24	0,81	7,1	75	80	4
02/11/10	110	8	0,1	0,75	0,80	1,1	2,7	-	64	156	10,64
08/02/11	11	20	0,05	0,7	0,46	0,33	0,71	5,8	34	43	1,23
16/05/11	8,45	16,4	0,05	0,7	0,53	0,65	0,82	5,9	60	74	1,12
08/11/11	20	14	0,03	0,7	2,80	0,59	0,67	6,5	43	52	2,31
17/01/12	40	16	0,07	1,4	0,44	0,18	0,53	4,2	40	72	2,59
12/03/12	190	12	0,35	0,5	0,55	0,21	0,7	7,4	63	188	1,11
10/04/12	40	12	0,03	0,55	0,58	0,29	0,45	7,2	29	56	0,45
16/07/12	12	15	0,02	0,65	0,58	0,6	0,73	-	24	37	1,67
20/08/12	-	-	-	-	-	0,21	0,75	6,1	-	-	-
25/09/12	16	14	0,02	0,7	0,36	0,42	1	6,7	33	42	0,83
19/11/12	55	16	0,03	0,9	0,49	0,19	1,1	5,8	30	69	3,22
29/01/13	75	19	0,03	0,8	0,37	0,31	0,38	6,4	12	110	1,89
26/03/13	120	16	0,09	1,1	0,53	0,26	1,1	6,8	92	152	1,27
06/05/13	19	14	0,04	0,6	0,58	0,37	1,1	6,5	44	63	4,03
15/07/13	11	16	0,05	0,55	0,47	0,21	0,84	7,18	52	61	1,51
10/09/13	5,9	12	0,04	0,45	0,53	0,48	0,9	-	43	49	0,4
27/11/13	75	21	0,25	1,6	0,53	0,49	1	5,64	88	159	6,81
29/01/14	25	17	0,06	0,75	0,58	0,45	0,8	6,88	12	32	1,64
12/02/14	18	14	0,02	0,7	0,48	0,62	1,1	6,3	34	42	0,68
11/03/14	18	23	0,06	0,75	0,51	0,36	1	5,95	38	52	0,93
12/05/14	80	13	0,02	0,5	0,64	0,24	0,67	6,65	52	91	3,09
28/07/14	20	10	0,07	0,35	0,69	0,36	0,45	9	95	109	1,1
02/09/14	14	14	0,02	0,6	0,61	0,17	0,41	7,21	38	48	1,87
15/09/14	-	-	-	-	-	-	-	-	29	-	0,55

Tabela 33 - Valores associados aos parâmetros de qualidade de água no ponto de monitoramento Jucu Caçaroca.

(conclusão)

Data	Turbidez (NTU)	Dureza (mg CaCO ₃ /L)	Fósforo (mg P/L)	Ferro Dissolvido (mg Fe/L)	Nitrato (mg N-NO ₃ /L)	Nitrogênio amoniacal (mg N-NH ₃ /L)	Nitrogênio total (mg N/L)	Oxigênio dissolvido (mg O ₂ /L)	Sólidos dissolvidos (mg/L)	Sólidos totais (mg/L)	Sulfato (mg SO ₄ /L)
10/11/14	6,2	15	0,07	0,65	0,51	0,34	1,2	6,13	39	50	2,58
11/11/14	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12/01/15	5	14	0,06	0,3	0,59	0,32	0,66	6,44	28	40	1,95
17/03/15	16	14	0,06	0,8	0,62	0,06	0,87	6,39	52	58	0,71
18/05/15	21	16	0,05	0,9	0,68	0,53	0,63	3,84	51	62	2,02
27/07/15	12	20	0,05	0,65	0,63	0,36	0,7	3,9	54	59	0,72
22/09/15	8,8	18	0,05	0,55	0,70	0,77	0,94	8,38	51	58	3,1
09/11/15	4	17	0,06	0,9	0,31	0,38	1,1	3,66	34	37	4,51
11/01/16	19	28	0,05	0,9	0,74	0,2	0,9	6,1	52	59	3,12
14/03/16	5,3	14	0,05	0,6	0,64	0,33	1,2	5,31	43	48	2,09
14/03/16	6,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23/05/16	4,4	16	0,07	0,3	0,69	0,71	0,78	5,9	48	50	1,28
04/07/16	5	13	0,05	0,4	0,72	0,43	0,68	5,96	45	47	1,35
05/09/16	3,7	16	0,09	0,2	1,04	0,45	0,57	5	48	50	2,52
28/11/16	34	24	0,06	1,3	0,77	0,54	1,7	6,12	18	27	11,31
02/01/17	10	29	0,05	1,3	0,62	0,18	0,3	5,32	48	53	7,11
27/03/17	17	23	0,07	0,65	0,85	0,2	0,4	4,8	46	51	3,22
09/05/17	7,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
09/05/17	7,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19/06/17	9,2	22	0,06	0,9	0,87	0,47	0,8	3,6	65	67	9,9
04/09/17	5	18	0,04	-	0,78	-	-	7,34	137	138	7,55

Tabela 34 - Valores associados aos parâmetros pH e ferro total no ponto de monitoramento Jucu Caçaroca.

Data	pH	Ferro total	Data	pH	Ferro total	Data	pH	Ferro total	Data	pH	Ferro total	Data	pH	Ferro total
19/04/06	6,8	-	21/07/06	6,9	1,12	06/10/06	7,1	1,36	19/04/10	7,03	2,4	28/07/14	7,43	0,87
09/05/06	6,52	2,16	25/07/06	7,01	1,28	10/10/06	7,35	4,31	21/06/10	6,95	0,6	02/09/14	6,67	0,86
12/05/06	6,67	1,97	28/07/06	6,84	1,2	13/10/06	6,9	0,97	02/08/10	6,73	1,25	15/09/14	6,83	0,74
15/05/06	6,55	1	01/08/06	7,13	1,29	17/10/06	6,98	3,17	02/11/10	5,48	2,46	10/11/14	6,78	0,94
16/05/06	6,5	1,36	04/08/06	6,9	1,33	20/10/06	6,87	2,36	08/02/11	6,82	1,32	12/01/15	7	0,39
17/05/06	6,55	1,81	08/08/06	7,02	2,37	24/10/06	7,5	0,15	16/05/11	7,25	1,13	17/03/15	7,05	1,9
19/05/06	6,59	1,56	11/08/06	6,88	1,69	27/10/06	6,4	1,74	08/11/11	6,86	1,18	18/05/15	6,77	1,22
23/05/06	6,72	1,5	15/08/06	6,99	1,53	31/10/06	6,64	1,53	17/01/12	6,42	3,05	27/07/15	7,12	0,92
26/05/06	6,76	0,6	18/08/06	6,78	0,93	03/11/06	7,77	2,64	12/03/12	6,68	1,42	22/09/15	6,97	0,58
30/05/06	6,83	0,93	22/08/06	6,67	0,93	07/11/06	6,45	3,5	10/04/12	6,94	1,03	09/11/15	6,71	0,9
02/06/06	6,7	0,96	25/08/06	6,72	0,85	10/11/06	7,17	3,34	16/07/12	6,72	1,19	11/01/16	6,24	0,93
06/06/06	6,83	0,82	29/08/06	6,84	1,2	14/11/06	6,59	23,23	25/09/12	6,7	0,73	14/03/16	6,41	0,63
09/06/06	6,98	1,14	01/09/06	6,7	1,52	17/11/06	6,28	3,81	19/11/12	6,3	1,67	23/05/16	6,4	0,32
13/06/06	6,69	0,53	05/09/06	6,85	1,31	21/11/06	6,45	4,2	29/01/13	6,76	1,61	04/07/16	5,96	0,59
16/06/06	6,78	1,29	08/09/06	7,18	1,51	24/11/06	7,09	5,21	26/03/13	6,57	1,83	05/09/16	6,38	0,25
20/06/06	6,7	1,42	12/09/06	6,88	1,53	28/11/06	6,66	4,14	06/05/13	6,62	1,17	28/11/16	6,36	1,35
23/06/06	6,69	1,45	15/09/06	7,07	0,62	19/03/07	6,71	1,55	15/07/13	7,19	0,99	02/01/17	6,65	1,4
30/06/06	7,5	1,21	19/09/06	6,82	1,61	09/10/07	7,03	0,84	10/09/13	6,64	0,78	27/03/17	6,87	0,65
04/07/06	6,64	3,8	22/09/06	6,85	1,1	26/02/08	7,63	1,54	27/11/13	6,64	2,38	19/06/17	6,08	0,9
07/07/06	5,9	4,05	26/09/06	6,63	3,36	22/04/08	6,77	1,14	29/01/14	6,65	1,04	04/09/17	6,33	-
11/07/06	6,8	1,48	26/09/06	6,64	4,22	15/12/08	6,5	-	12/02/14	6,88	1,24			
14/07/06	6,87	1,25	29/09/06	7,04	2,5	28/04/09	6,55	1,85	11/03/14	6,56	0,77			
18/07/06	6,95	1,53	03/10/06	6,78	2,03	27/10/09	6,97	0,15	12/05/14	6,98	0,68			

Tabela 35 - Valores associados ao parâmetro *Escherichia Coli* (E. coli) no ponto de monitoramento Jucu Caçaroca.

Data	E. coli (NMP/100ml)	Data	E. coli (NMP/100ml)	Data	E. coli (NMP/100ml)	Data	E. coli (NMP/100ml)	Data	E. coli (NMP/100ml)	Data	E. coli (NMP/100ml)
18/10/10	216	14/01/11	450	08/04/11	1340	19/11/12	1511	28/07/14	857	14/03/16	114
22/10/10	563	17/01/11	1374	11/04/11	2280	19/11/12	1957	11/08/14	426	08/04/16	18
25/10/10	3654	21/01/11	594	15/04/11	970	24/12/12	934	02/09/14	327	23/05/16	3
29/10/10	1460	24/01/11	435	18/04/11	960	29/01/13	1918	06/10/14	373	06/06/16	26
01/11/10	5200	28/01/11	683	22/04/11	3010	04/02/13	1467	10/11/14	97	04/07/16	32
02/11/10	10540	31/01/11	323	25/04/11	2489	26/03/13	11199	11/11/14	110	01/08/16	435
08/11/10	4960	04/02/11	1010	02/05/11	860	22/04/13	1112	01/12/14	2613	05/09/16	26
12/11/10	1450	08/02/11	644	06/05/11	750	22/04/13	1222	01/12/14	3130	07/10/16	16
15/11/10	2010	11/02/11	118	09/05/11	1090	06/05/13	259	12/01/15	14	28/11/16	179
19/11/10	4040	14/02/11	657	13/05/11	970	15/07/13	288	02/02/15	67	05/12/16	579
22/11/10	630	18/02/11	754	16/05/11	520	12/08/13	298	17/03/15	74	02/01/17	816
26/11/10	1658	21/02/11	459	20/05/11	393	10/09/13	387	06/04/15	86	27/03/17	211
29/11/10	988	25/02/11	474	23/05/11	1314	23/09/13	62	06/04/15	86	03/04/17	20
03/12/10	1904	28/02/11	2254	30/05/11	670	14/10/13	134	18/05/15	308	19/06/17	74
08/12/10	5475	04/03/11	2130	06/06/11	670	27/11/13	6867	08/06/15	50	26/06/17	56
10/12/10	1850	07/03/11	4140	18/06/12	546	02/12/13	529	27/07/15	1071	10/07/17	101
13/12/10	315	11/03/11	1600	16/07/12	1664	29/01/14	845	10/08/15	770	07/08/17	34
17/12/10	816	14/03/11	3450	16/07/12	1354	10/02/14	441	22/09/15	84	04/09/17	32
20/12/10	256	21/03/11	933	06/08/12	1057	12/02/14	860	05/10/15	9	13/09/17	32
24/12/10	2851	25/03/11	373	20/08/12	3654	11/03/14	676	09/11/15	42		
27/12/10	2280	28/03/11	1782	25/09/12	1515	21/04/14	1267	07/12/15	148		
03/01/11	1220	01/04/11	9590	08/10/12	772	12/05/14	1624	11/01/16	79		
07/01/11	842	04/04/11	6020	08/10/12	1015	09/06/14	537	01/02/16	291		

APÊNDICE C – MAPAS TEMÁTICOS DE TENDÊNCIA TEMPORAL POR PARÂMETRO.

Figura 24 - Tendência temporal do parâmetro Ferro Dissolvido.

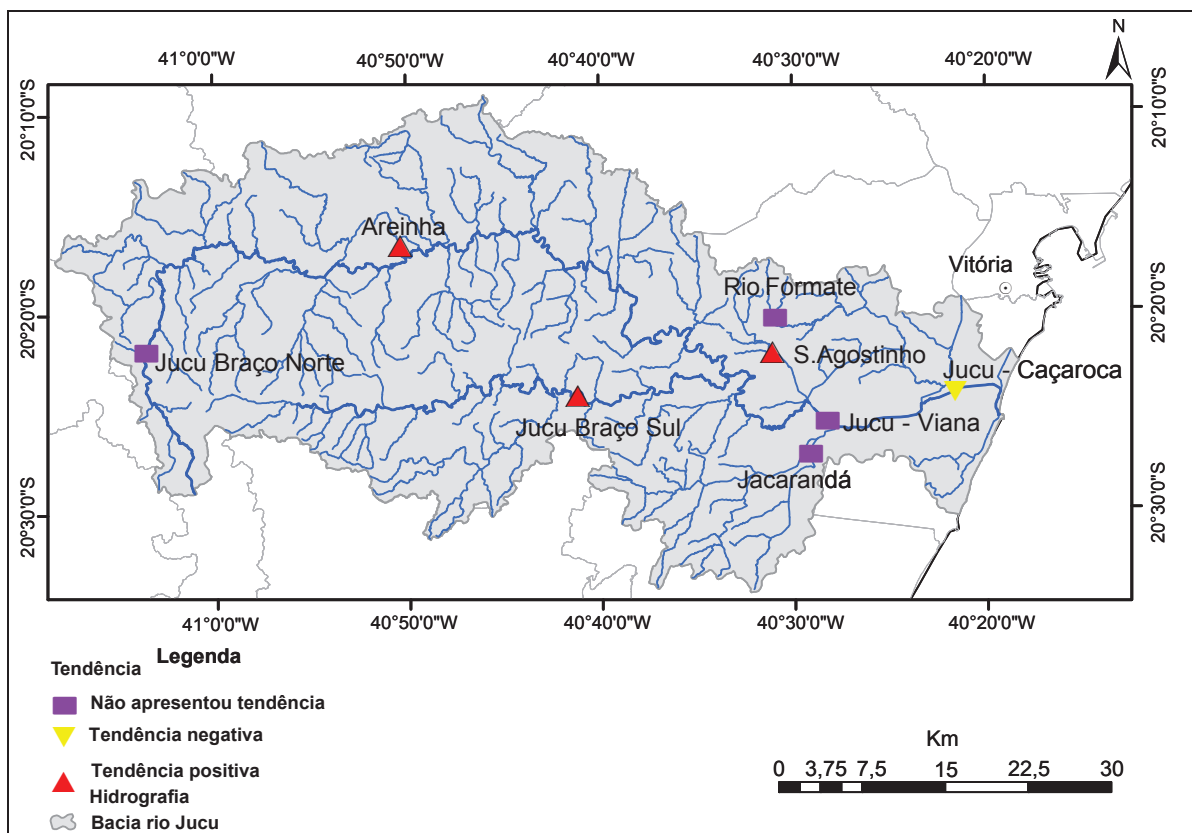


Figura 25 - Tendência temporal do parâmetro Ferro Total.

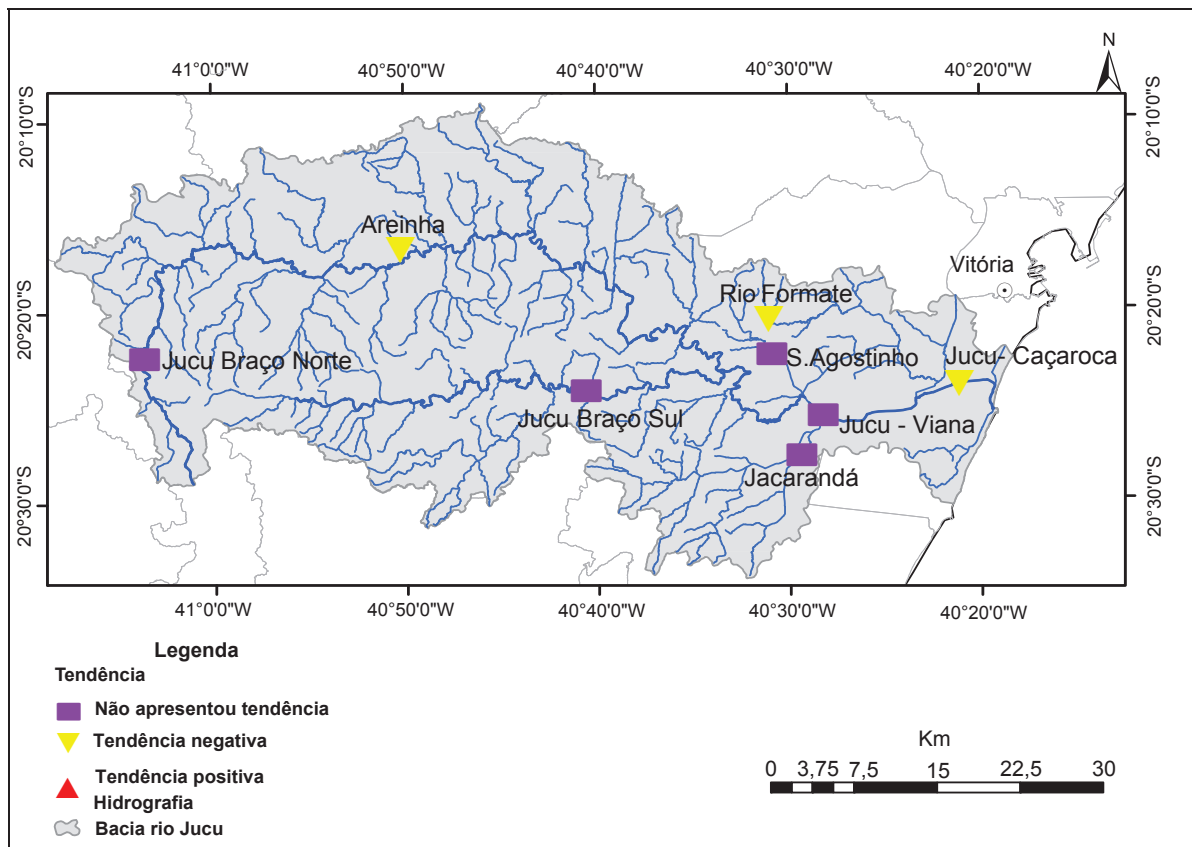


Figura 26 - Tendência temporal do parâmetro Nitrato.

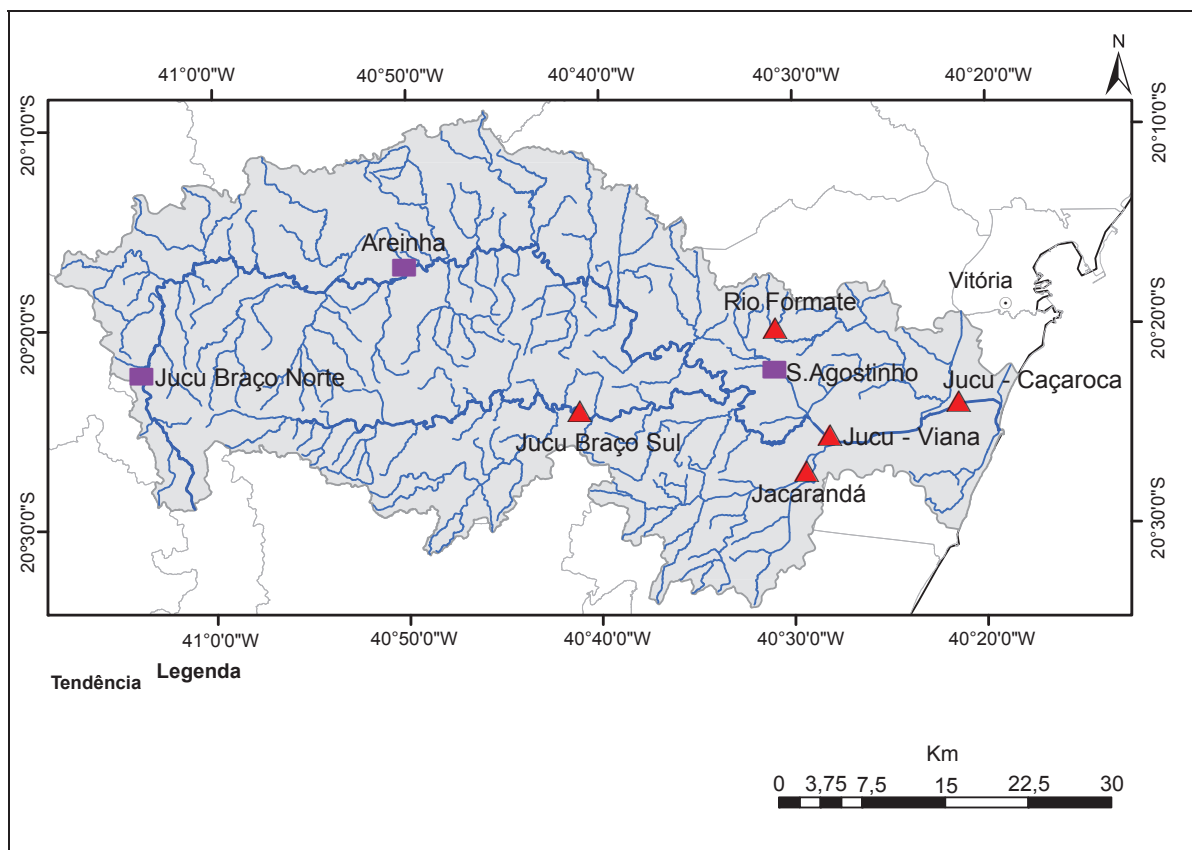


Figura 27 - Tendência temporal do parâmetro Nitrogênio total.

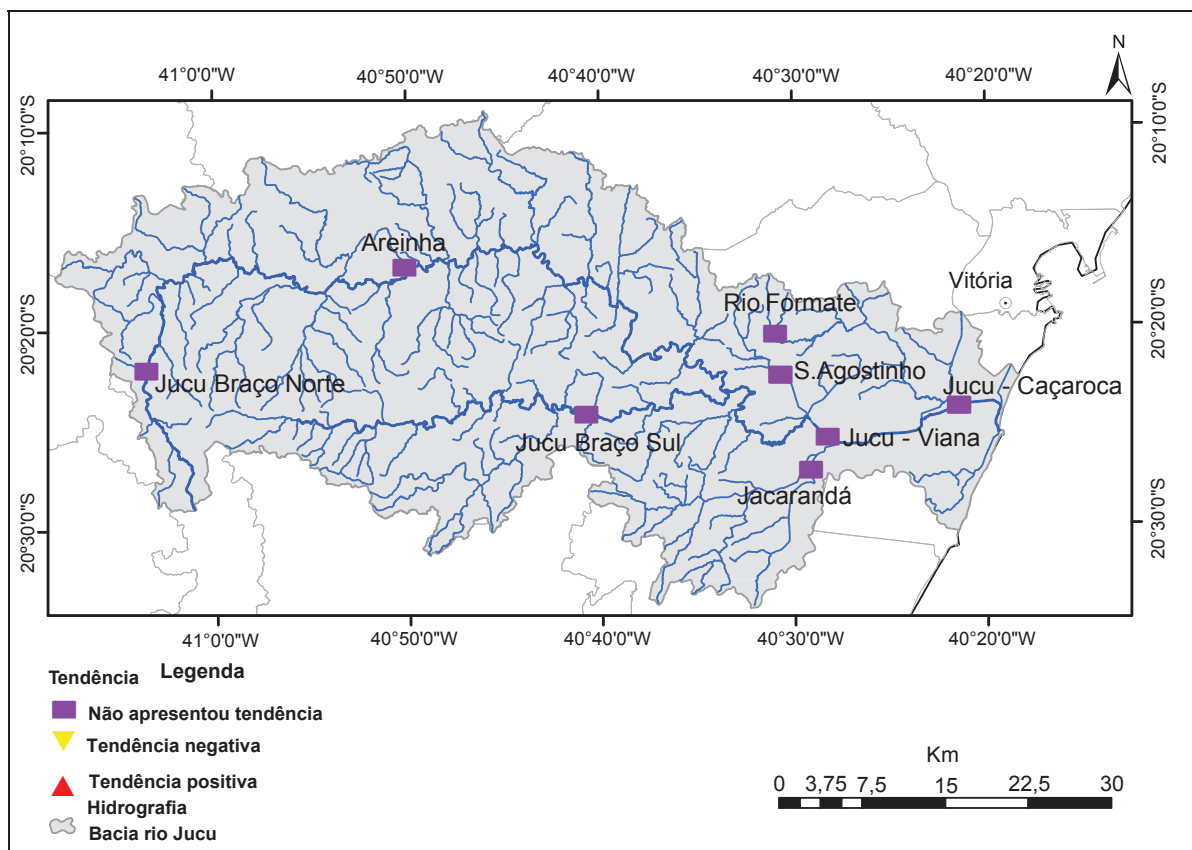


Figura 28 - Tendência temporal do parâmetro pH.

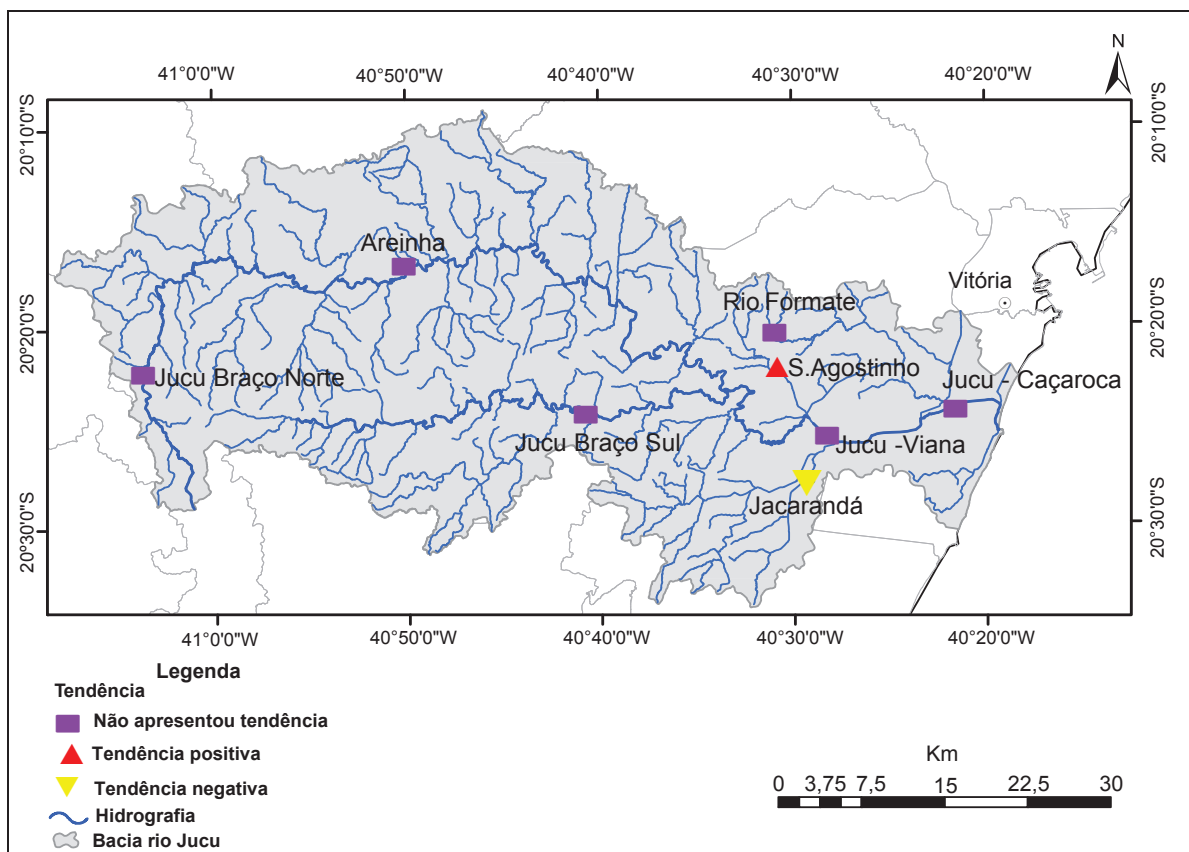


Figura 29 - Tendência temporal do parâmetro Sólidos Dissolvidos.

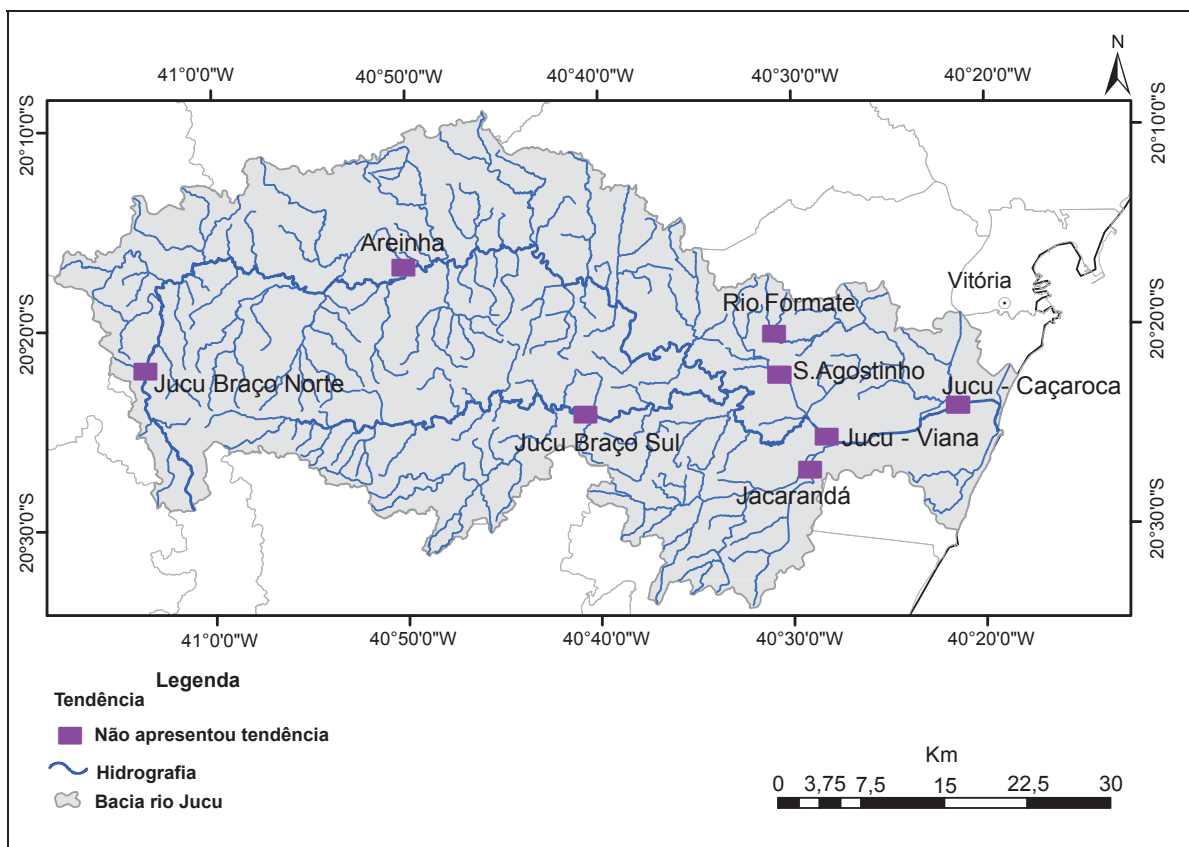


Figura 30 - Tendência temporal do parâmetro Sólidos Totais.

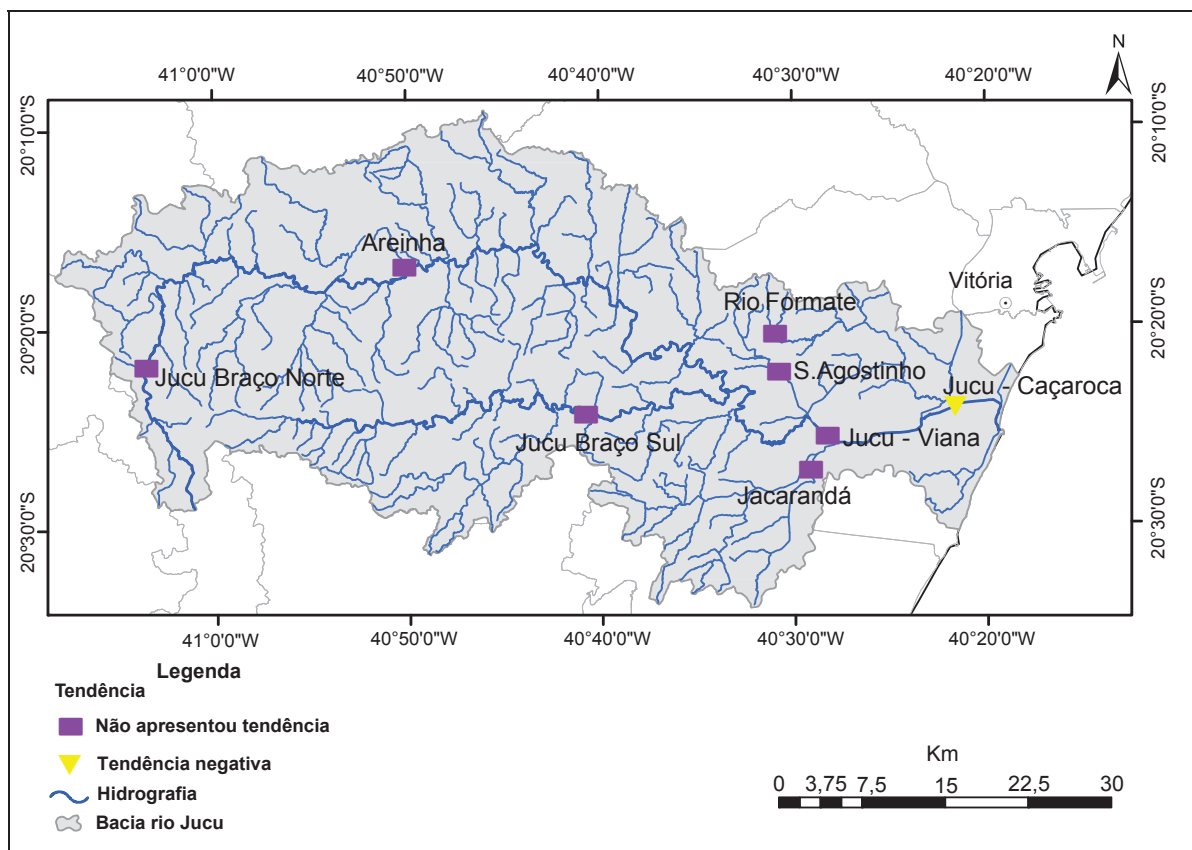
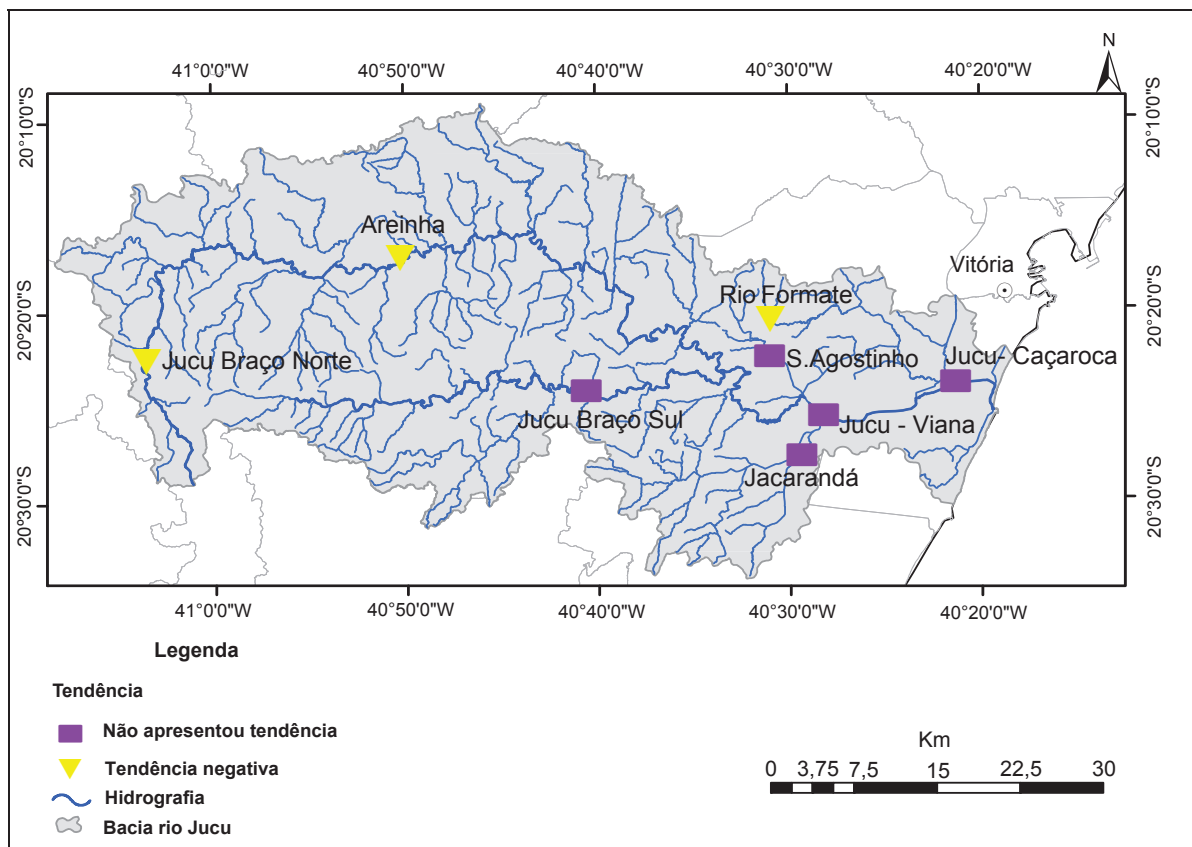


Figura 31 - Tendência temporal do parâmetro Sulfato.



APÊNDICE D – SÉRIE DE CARGA DOS PARÂMETROS – PONTO JUCU VIANA.

Tabela 36 – valores de carga (kg/dia) associada para cada parâmetro de qualidade do ponto de monitoramento Jucu Viana.

Dureza	Fósforo	Ferro Dissolvido	Ferro total	Nitrato	Nitrogênio amoniacal	Nitrogênio total	Oxigênio dissolvido	Sólidos dissolvidos	Sólidos totais	Sulfato
18144,00	30,24	756,00	1693,44	650,16	317,52	468,72	11173,68	31752,00	52920,00	21824,70
25297,92	42,16	1370,30	2656,28	1033,00	569,20	1264,90	15157,67	137030,40	219248,64	2019,15
16174,08	26,96	404,35	633,48	983,92	107,83	539,14	10877,07	74131,20	79522,56	84,66
12614,40	25,23	504,58	706,41	605,49	214,44	491,96	9599,56	63072,00	74424,96	1073,63
43130,88	53,91	1752,19	3288,73	1105,23	3773,95	4043,52	31450,46	107827,20	202176,00	2385,50
56540,16	70,68	2650,32	6078,07	1484,18	1201,48	2296,94	31802,11	70675,20	371044,80	4947,47
44375,04	73,96	1294,27	2551,56	2218,75	739,58	2847,40	15770,76	122031,36	247760,64	8265,55
20148,48	36,63	641,09	989,11	1135,64	402,97	696,04	18620,24	36633,60	53118,72	667,84
34283,52	107,14	749,95	1928,45	321,87	471,40	2356,99	10023,09	70709,76	115706,88	1528,24
12925,44	47,00	411,26	705,02	627,50	282,01	317,26	10836,03	55226,88	59927,04	2137,31
21643,20	57,72	1154,30	1673,74	981,16	264,38	620,44	20210,69	89458,56	124087,68	6258,24
38188,80	146,88	2056,32	3466,37	1737,86	580,61	760,32	10229,76	47001,60	164505,60	258,57
15206,40	27,65	552,96	746,50	711,70	102,21	671,67	5942,85	20736,00	33177,60	1566,98
16061,76	43,80	657,07	803,09	849,81	190,77	5961,60	10862,04	33583,68	48185,28	576,25
11327,04	35,77	357,70	548,47	751,13	382,06	879,90	10072,51	59616,00	62000,64	712,66
13893,12	23,16	520,99	995,67	684,92	114,05	661,48	9751,10	28944,00	40521,60	801,58
13685,76	68,43	741,31	1117,67	674,70	463,36	1494,72	12929,33	47900,16	63866,88	1592,13
25410,24	44,84	1345,25	9984,73	929,30	60,91	694,40	9892,11	103135,68	203281,92	1646,44
30456,00	36,55	1096,42	1644,62	944,40	244,94	362,88	4000,75	69439,68	87713,28	1049,96
17236,80	45,36	544,32	635,04	537,91	305,86	805,42	6321,02	40824,00	41731,20	3602,32
15292,80	20,39	815,62	937,96	826,25	251,94	1742,60	16208,29	56073,60	87678,72	1475,89
33592,32	83,98	3569,18	3863,12	1625,01	123,64	1923,26	9671,27	151165,44	281335,68	1369,44
19232,64	109,90	1923,26	2225,49	825,05	116,38	543,11	5198,34	75556,80	134628,48	2804,57
11638,08	47,64	504,32	504,32	497,42	289,27	310,69	3824,76	37241,86	43448,83	1353,77
44997,12	47,53	1071,36	1178,50	626,38	134,78	287,54	7655,73	61067,52	67495,68	2255,46
13478,40	11,77	494,21	700,88	669,06	89,58	395,64	6658,74	1797,12	8985,60	2349,86
11197,44	14,40			548,81				32845,82	42550,27	

APÊNDICE E - RESULTADOS DO TESTE DE SPEARMAN PARA DIFERENTES NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA.

Quadro 9 - Teste de Spearman ao nível de significância de 1%.

Parâmetro	Jucu Braço Norte	Rio Areinha	Jucu Braço Sul	Rio Formate	Rio Santo Agostinho	Rio Jacarandá	Rio Jucu (Viana)	Jucu (Caçaroça)
dureza	vermelha	vermelha	verde	verde	verde	vermelha	vermelha	verde
Ecoli	verde	verde	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	verde	verde
ferro dissolvido	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	verde
ferro total	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	verde
fósforo	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha
nitrato	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	verde	verde	verde
nitrogênio amoniacal	vermelha	vermelha	verde	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha
nitrogênio total	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha
oxigênio dissolvido	verde	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	verde
pH	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha
sólidos dissolvidos	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	verde
sólidos totais	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	verde
sulfato	verde	verde	vermelha	verde	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha
turbidez	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	verde

Legenda: cor verde – apresenta correlação com o tempo; cor vermelha – não apresenta correlação com o tempo.

Quadro 10 - Teste de Spearman ao nível de significância de 5%.

Parâmetro	Jucu Braço Norte	Rio Areinha	Jucu Braço Sul	Rio Formate	Rio Santo Agostinho	Rio Jacarandá	Rio Jucu (Viana)	Jucu (Caçaroça)
dureza	verde	vermelha	verde	verde	verde	vermelha	verde	verde
Ecoli	verde	verde	vermelha	vermelha	verde	vermelha	verde	verde
ferro dissolvido	vermelha	verde	verde	verde	verde	vermelha	vermelha	verde
ferro total	vermelha	verde	vermelha	verde	vermelha	vermelha	vermelha	verde
fósforo	vermelha	vermelha	verde	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha
nitrato	vermelha	verde	vermelha	vermelha	vermelha	verde	verde	verde
nitrogênio amoniacal	verde	vermelha	verde	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha
nitrogênio total	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha
oxigênio dissolvido	verde	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	verde	vermelha	verde
pH	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	verde	vermelha	vermelha
sólidos dissolvidos	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	verde
sólidos totais	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	verde
sulfato	verde	verde	vermelha	verde	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha
turbidez	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha	verde	vermelha	vermelha	verde

Legenda: cor verde – apresenta correlação com o tempo; cor vermelha – não apresenta correlação com o tempo.

Quadro 11 - Teste de Spearman ao nível de significância de 10%.

Parâmetro	Jucu Braço Norte	Rio Areinha	Jucu Braço Sul	Rio Formate	Rio Santo Agostinho	Rio Jacarandá	Rio Jucu (Viana)	Jucu (Caçaroca)
dureza	Verde	Vermelha	Verde	Verde	Verde	Vermelha	Verde	Verde
Ecoli	Verde	Verde	Verde	Vermelha	Verde	Verde	Verde	Verde
ferro dissolvido	Vermelha	Verde	Verde	Vermelha	Verde	Vermelha	Vermelha	Verde
ferro total	Vermelha	Verde	Vermelha	Verde	Verde	Vermelha	Verde	Verde
fósforo	Vermelha	Vermelha	Verde	Vermelha	Verde	Verde	Verde	Vermelha
nitrato	Vermelha	Verde	Verde	Verde	Vermelha	Verde	Verde	Verde
nitrogênio amoniacal	Verde	Vermelha	Verde	Vermelha	Vermelha	Vermelha	Verde	Vermelha
nitrogênio total	Vermelha	Vermelha	Vermelha	Vermelha	Vermelha	Vermelha	Vermelha	Vermelha
oxigênio dissolvido	Verde	Vermelha	Verde	Vermelha	Vermelha	Verde	Vermelha	Verde
pH	Vermelha	Vermelha	Verde	Vermelha	Verde	Verde	Vermelha	Vermelha
sólidos dissolvidos	Vermelha	Vermelha	Vermelha	Vermelha	Vermelha	Vermelha	Vermelha	Verde
sólidos totais	Vermelha	Vermelha	Vermelha	Vermelha	Vermelha	Vermelha	Vermelha	Verde
sulfato	Verde	Verde	Vermelha	Verde	Verde	Vermelha	Vermelha	Vermelha
turbidez	Vermelha	Vermelha	Vermelha	Vermelha	Verde	Vermelha	Vermelha	Verde

Legenda: cor verde – apresenta correlação com o tempo;
 cor vermelha – não apresenta correlação com o tempo.