

Relatório Técnico Final

2018

Volume 1

MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUAS BRUTAS E EFLUENTES NO ESTADO DO TOCANTINS

Termo de Colaboração 01/2017

**FUNDAÇÃO DE APOIO CIENTÍFICO
E TECNOLÓGICO DO TOCANTINS**

**SECRETARIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE
E RECURSOS HÍDRICOS DO TOCANTINS**

**Palmas - TO
Novembro 2018**

TOCANTINS

Governo do Estado do Tocantins

Mauro Carlesse

Governador

Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMARH

Leonardo Sette Cintra

Secretário

Diretoria de Recursos Hídricos

Diretoria de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos

Aldo Araujo de Azevedo

Diretor

Gerência de Hidrometeorologia

Lorenzo Rigo Holsbach

Gerente

Djayson Thiago da Costa Alves – *Eng. Ambiental*

Mario Roberto Pombal Rebello – *Eng. Eletricista*

Rogério Noleto Passos – *Eng. Ambiental*

Erasmio Ferreira dos Santos

Gerência de Gestão de Recursos Hídricos

Maria Gorete dos Santos Cordeiro

Gerente

Maria Gorett dos Santos Braga – *Eng. Agrônoma*

Luzilene Dias Pereira

Gerência de Planejamento de Recursos Hídricos

Welica Rodrigues Barros

Gerente

Danielle Soares Magalhães – *Eng. Ambiental*

Thiago Oliveira Bandeira – *Eng. Ambiental*

Gerência de Revitalização de Bacias Hidrográficas

Graciela Ribeiro Pereira

Gerente

Jarllany Cirqueira Lopes – *Eng. Ambiental*

Francisco Donizeti de Medeiros Júnior

FAPTO

Fundação de Apoio Científico e Tecnológico do Estado do Tocantins-FAPTO

Leo Araújo da Silva

Diretor Executivo

EQUIPE TÉCNICA - LAPEQ

Coordenador Geral

Emerson Adriano Guarda – *Doutor em Química*

Coordenadora Analítica

Patrícia Martins Guarda – *Mestre em Química Analítica*

Pesquisadora

Paula Benevides de Moraes – *Doutora em Biodiversidade*

Coordenador Logístico

Álvaro Alves Martins – *Mestre em Eng. Ambiental*

Técnicos de Laboratório

Fabrcio de Oliveira Ramos – *Gestor Ambiental*

Larissa da Silva Gualberto – *Eng. De Alimentos*

Mayana Mendes Dias Machado – *Eng. Ambiental*

Alberico Sousa Rocha – *Técnico de Campo*

Raquel Souza Dominiciano - *Estagiária*

Filipy Ramos Silva – *Estagiário*

SUMÁRIO DOS DOCUMENTOS

Relatório técnico I: Monitoramento da bacia hidrográfica do rio Formoso	05
1.Apresentação	06
2.Metodologia	07
3.Coletas e análises	09
4.Resultados e discussão	10
5.Considerações finais	24
6. Referências bibliográficas	25
Anexos	29
Relatório técnico II: Monitoramento da bacia hidrográfica do rio Sono	32
1.Apresentação	33
2.Metodologia	34
3.Coletas e análises	36
4.Resultados e discussão	37
5.Considerações finais	51
6. Referências bibliográficas	52
Anexos	55
Relatório técnico III: Monitoramento da bacia hidrográfica do rio Manuel Alves Grande.....	57
1.Apresentação	58
2.Metodologia	59
3.Coletas e análises	61
4.Resultados e discussão	62
5.Considerações finais	76
6. Referências bibliográficas	77
Anexos	80



Relatório Técnico Final
2018
Volume 1

**MONITORAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIO FORMOSO**

PALMAS-TO
NOVEMBRO DE 2018

1. Apresentação Geral

A disponibilidade de água com qualidade e quantidade, é uma questão que preocupa o homem desde os primórdios da humanidade. Comunidades eram criadas em regiões cuja oferta de água potável era suficiente para atender às demandas da população. Contudo, as aglomerações de massas populacionais ao longo dos tempos acabaram interferindo de maneira significativa no meio ambiente principalmente no meio hídrico (MARTINS, 2015).

O progressivo desenvolvimento de tecnologia para a captação, o transporte, o tratamento e a distribuição da água, demonstrando a crescente consciência da humanidade para o papel da água no desenvolvimento das culturas e na proteção a saúde humana (HELLER & PÁDUA, 2010).

Devido ao crescimento demográfico e às mudanças nos padrões de consumo na segunda metade do século XX, o consumo de água por habitante aumentou em até seis vezes, o que gerou um aumento na demanda por infraestrutura para garantir disponibilidade hídrica em quantidade e qualidade, o que tem causado uma maior pressão e degradação nos corpos hídricos (MALHEIROS, 2005, p. 183).

Atualmente, o uso da água é atendido em sua maior parcela por meio dos rios, recurso hídrico que corresponde a uma parcela muito pequena do total de água no planeta, apenas 0,01%. Assim, diante da característica finita da água, do aumento na demanda em função do crescimento populacional, industrial e amplificação de outros usos, é importante planejar a administração da quantidade e qualidade dos recursos hídricos, principalmente dos superficiais (LEME, 2010).

O gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil foi desenvolvido com base na escassez e nos conflitos provocados pelos vários usos da água, de tal modo, que as políticas de recursos hídricos adotaram instrumentos de gerenciamento como a outorga pelo direito do uso da água e a cobrança pelo uso da água, como forma de promover seu uso racional (RODRIGUES et al., 2015, p. 01).

O monitoramento dos cursos d'água normalmente é realizado por meio da avaliação físico-química e bacteriológica para enquadramento utilizando parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (BRASIL, 2005).

Neste relatório, os resultados do programa de monitoramento liminológico da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, obtidos no ano de 2018, são apresentados e discutidos. Os parâmetros de clorofila, coliformes totais, E. Coli e cianobactérias só foram adicionados as rotinas de monitoramento a partir da 3ª campanha. Especificamente, os objetivos gerais desse programa consistem em: (i) caracterizar a variabilidade da qualidade da água; (ii) verificar possíveis alterações, tendo como padrão de qualidade os valores especificados na Resolução CONAMA N.º 357 de 17 de maio de 2005 (para águas da classe II).

2. Metodologia

2.1. Localização dos pontos de coleta

A Tabela 1 mostra as coordenadas dos pontos de coleta definidos no planejamento do monitoramento. Os pontos de coleta foram definidos pelos técnicos da SEMARH. A seguir são mostradas as fotos dos locais onde as coletas foram realizadas.

Tabela 1. Identificação dos pontos amostrais, sistema de coordenadas geográficas.

Bacia Hidrográfica	Nome dos Pontos	Pontos Correspondentes	Latitude	Longitude
Rio Formoso	BFOR01	P1	12°12'45.23"S	49°39'46.88"W
Rio Formoso	BFOR02	P2	12°00'40.35"S	49°42'57.29"W
Rio Formoso	BFOR03	P3	11°47'32.86"S	49°45'47.86"W
Rio Formoso	BFOR04	P4	11°40'42.09"S	49°38'58.25"W
Rio Formoso	BFOR05	P5	10°56'56.40"S	49°48'57.60"W
Rio Formoso	BFOR06	P6	10°54'02.49"S	49°50'08.25"W
Rio Formoso	BFOR07	P7	10°46'59.23"S	49°48'52.34"W
Rio Formoso	BFOR08	P8	10°44'05.04"S	49°51'15.65"W
Rio Formoso	BFOR09	P9	10°41'25.63"S	49°51'30.42"W

Figura 1 - Ponto amostral P1



Fonte: Autor (2018).

Figura 2 - Ponto amostral P2



Fonte: Autor (2018).

Figura 3 - Ponto Amostral P3



Fonte: Autor (2018).

Figura 4 - Ponto Amostral P4



Fonte: Autor (2018).

Figura 5 - Ponto Amostral P5



Fonte: Autor (2018).

Figura 6 - Ponto Amostral P6



Fonte: Autor (2018).

Figura 7- Ponto Amostral P7



Fonte: Autor (2018).

Figura 8 - Ponto Amostral P8



Fonte: Autor (2018)

Figura 9 - Ponto amostral P9.



Fonte: Autor (2018)

3. Coleta e Análise

O trabalho de campo foi realizado trimestralmente pela equipe do Laboratório de Pesquisas em Química Ambiental e de Biocombustíveis – LAPEQ/UFT, nas seguintes datas: 22 a 23 de janeiro, 20 a 21 de março, 25 a 26 de junho e 19 a 20 de setembro de 2018. Todas as amostras coletadas foram preservadas em caixa térmica, com gelo, até a chegada ao laboratório. Os parâmetros físicos e químicos foram analisados de acordo com a metodologia proposta pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* - APHA (2005), conforme demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros analisados nos pontos de amostragem do córrego na área de influência da bacia hidrográfica do Rio Formoso.

PARÂMETROS	TÉCNICA	REFERÊNCIA	
Turbidez (NTU)	Nefelometria	APHA (2005)	
Sólidos Totais Dissolvidos (mg.L ⁻¹)	Medida Direta	APHA (2005)	
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg.L ⁻¹)	Diferenciação	APHA (2005)	
Demanda Química de Oxigênio (mg.L ⁻¹)	Titulometria	APHA (2005)	
Óleos e Graxas (mg.L ⁻¹)	Extração de Soxhlet	APHA (2005)	
Fósforo total (mg.L ⁻¹)	Espectrofotometria	APHA (2005)	
Ortofosfato (mg.L ⁻¹)	Espectrofotometria	APHA (2005)	
Cloro Total (mg.L ⁻¹)	Espectrofotometria	APHA (2005)	
Dureza	Cálcio (mg.L ⁻¹)	Titulometria	APHA (2005)
	Magnésio (mg.L ⁻¹)	Titulometria	APHA (2005)
	Total (mg.L ⁻¹)	Titulometria	APHA (2005)
Nitrogênio	Amônia (mg.L ⁻¹)	Espectrofotometria	APHA (2005)
	Nitrito (mg.L ⁻¹)	Espectrofotometria	APHA (2005)
	Nitrato (mg.L ⁻¹)	Espectrofotometria	APHA (2005)
	Orgânico (mg.L ⁻¹)	Kjeldahl	APHA (2005)
	Total (mg.L ⁻¹)	Diferenciação	APHA (2005)
Sulfato (mg.L ⁻¹)	Espectrofotometria	APHA (2005)	
Cloreto Total (mg.L ⁻¹)	Espectrofotometria	APHA (2005)	
Fluoreto (mg. L ⁻¹)	Espectrofotometria	APHA (2005)	
Arsênio (mg. L ⁻¹)	ICP-MS	APHA (2005)	
Sulfeto (mg. L ⁻¹)	Espectrofotometria	APHA (2005)	
Fenóis Totais (mg. L ⁻¹)	ICP-MS	APHA (2005)	
Clorofila <i>a</i> (µg. L ⁻¹)	Espectrofotometria	APHA (2005)	
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	Colilert	APHA (2005)	
Escherichia coli (NMP/100 mL)	Colilert	APHA (2005)	
Cianobactérias (cels.m.L ⁻¹)	Contagem	APHA (2005)	

4. Resultados e Discussão

4.1. Parâmetros de Qualidade da Água do Rio Formoso

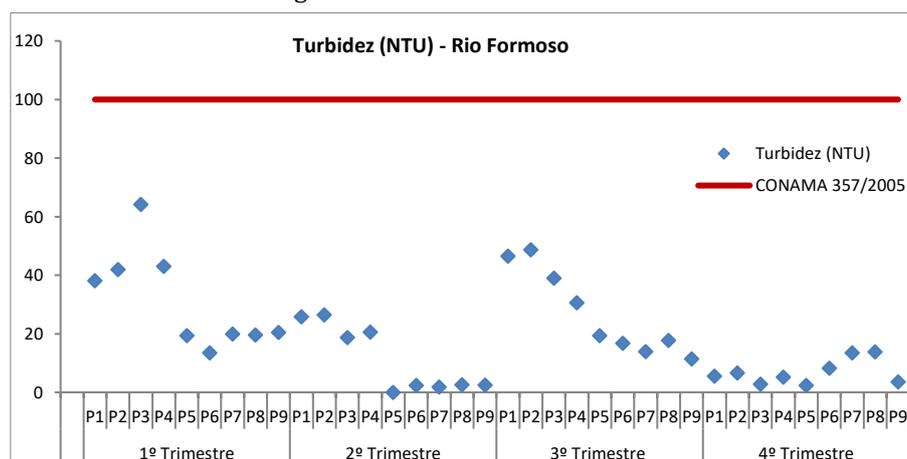
Turbidez (NTU)

A turbidez é causada pela presença de materiais em suspensão, tais como argila, sílica, matéria orgânica e inorgânica finamente dividida e organismos microscópicos. Como é a capacidade de ultrapassagem de luz na água, a turbidez em águas superficiais aumenta devido aos efeitos da erosão, das cheias, enxurradas e da poluição, relacionada aos despejos domésticos e industriais, os quais agregam à água materiais que servem de alimento para bactérias e outros organismos vivos que também vão contribuir com o aumento desse parâmetro (BRITO, 2008).

Segundo Farias (2006), quando a água recebe certa quantidade de partículas que permanecem por algum tempo em suspensão ela é considerada turva. Estas partículas podem ser oriundas do próprio solo quando não há mata ciliar ou proveniente de atividades minerais, como portos de areia, exploração de argila, indústrias, ou mesmo de esgoto das cidades.

Os resultados para este parâmetro variaram entre 1,81 NTU em P7 da 2ª coleta a 64,2 NTU em P3 na 1ª coleta, conforme Gráfico 1. Os valores obtidos encontram-se abaixo do estabelecido pela Resolução CONAMA N.º 357/2005 (100 NTU, para águas de classe II).

Gráfico 1 – Turbidez da água no ano de 2018



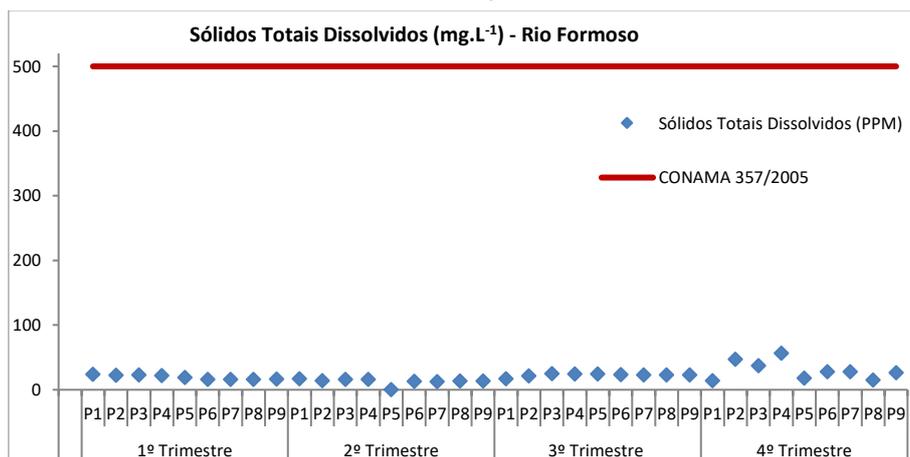
Fonte: dados da pesquisa (2018).

Sólidos Totais Dissolvidos (mg.L⁻¹)

Sólidos totais dissolvidos é o conjunto de todas as substâncias orgânicas e inorgânicas contidas num líquido sob formas moleculares ionizadas ou microgranulares (ARAÚJO; SANTOS; OLIVEIRA, 2013). Os sólidos agem de maneira indireta sobre a vida aquática, impedem a penetração da luz, induzem o aquecimento da água o que, conseqüentemente, diminui a quantidade de oxigênio dissolvido no meio (LOUGON, 2009).

As concentrações encontradas para sólidos totais dissolvidos foram de 12,4 mg.L⁻¹ em P7 da 2ª coleta a 56,5 mg.L⁻¹ em P4 da 4ª coleta, como mostra o Gráfico 2. Todos os valores estão dentro do limite estabelecido pela legislação. O limite máximo admitido pela Resolução CONAMA N.º 357/2005 de STD para águas de classe II é de 500 PPM (ou mg.L⁻¹).

Gráfico 2 – Sólidos Totais Dissolvidos da água ano 2018



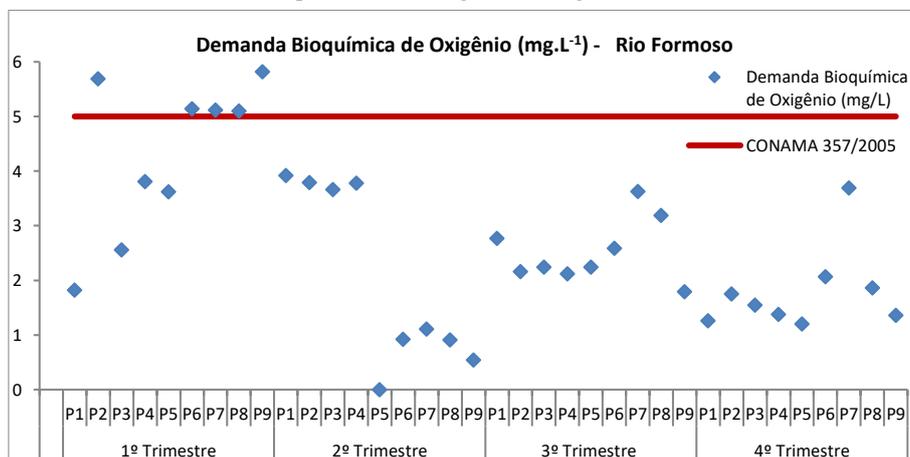
Fonte: dados da pesquisa (2018).

Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg.L⁻¹)

O teste de DBO é um bioensaio, procedimento no qual o resíduo é biologicamente oxidado sob condições controladas a fim de se estabelecer o consumo de oxigênio e, conseqüentemente, estimar, aproximadamente, a quantidade de matéria orgânica biodegradável presente em uma amostra de água (GASTALDINI & MENDONÇA, 2001).

A DBO5 calculada teve variação de 0,54 mg.L⁻¹ no ponto amostral P9 na 2ª coleta, a 5,82 mg.L⁻¹ no ponto amostral P9 na 1ª coleta (Gráfico 3), apresentando concentrações, na maioria dos pontos, de acordo com o recomendado pela Resolução CONAMA N.º 357/2005 (até 5,00 mg.L⁻¹). Excetuaram-se os pontos P2, P6, P7, P8 e P9 da 1ª coleta que ficaram acima do recomendado pelo Conama (com variação máxima de 0,82 mg.L⁻¹ no P9).

Gráfico 3 – Demanda Bioquímica de Oxigênio da água ano 2018



Fonte: dados da pesquisa (2018).

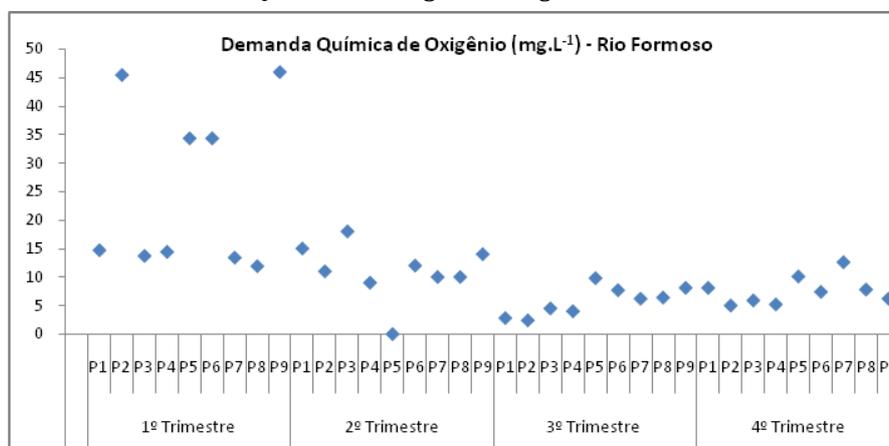
Demanda Química de Oxigênio (mg.L⁻¹)

O teste de DQO mede o consumo de oxigênio ocorrido em função da oxidação química da matéria orgânica. O valor obtido é, portanto, uma indicação indireta do teor de matéria orgânica presente (VON SPERLING, 2005).

O aumento da concentração da DQO em um corpo d'água deve-se principalmente a despejos de origem industrial. Assim, pode-se considerar que a DQO é demanda total de O₂, devido a substâncias recalcitrantes (não biodegradáveis) somadas à demanda de O₂ devido a substâncias biooxidáveis (ROCHA et al., 2009).

Os valores mensurados de DQO para o monitoramento 2018 oscilaram entre 2,4 mg.L⁻¹ em P2 da 3ª coleta a 45,9 mg.L⁻¹ em P9 da 1ª coleta, Gráfico 4. Não há referência à faixa de variação para esse parâmetro na Resolução CONAMA n.º 357/2005.

Gráfico 4 – Demanda Química de Oxigênio da água ano 2018.



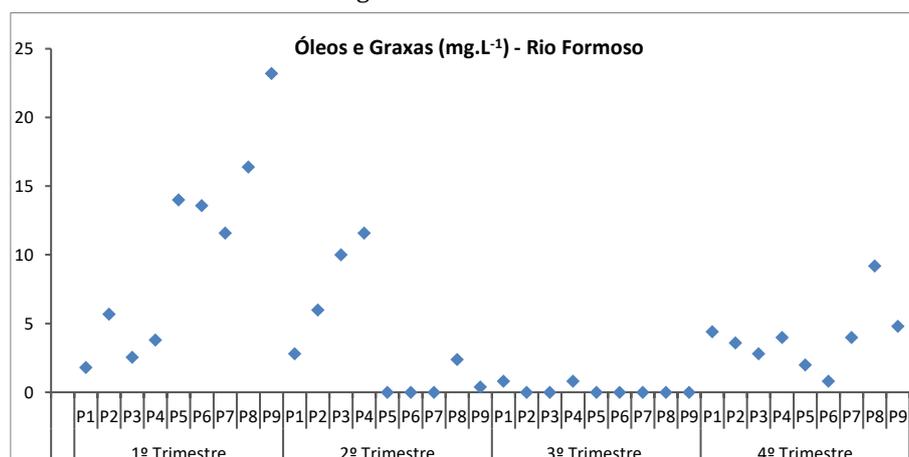
Fonte: dados da pesquisa (2018).

Óleos e Graxas (mg.L⁻¹)

Os óleos e graxas são substâncias orgânicas de origem mineral, vegetal ou animal. Essas substâncias geralmente são hidrocarbonetos, gorduras, ésteres, entre outros. Quando encontrados em águas naturais, são oriundos de despejos e resíduos industriais, esgotos domésticos, efluentes de oficinas mecânicas, postos de gasolina, estradas e vias públicas. A presença de óleos e graxas diminui a área de contato entre a superfície da água e o ar atmosférico, impedindo dessa forma, a transferência do oxigênio da atmosfera para a água (BERTI et al., 2009).

Os valores encontrados de óleos e graxas variaram entre o limite de detecção (<0,4 mg.L⁻¹) em vários pontos da 2ª coleta, da 3ª coleta e da 4ª coleta, até 23,2 mg.L⁻¹ em P9 da 1ª coleta (Gráfico 5). A recomendação é de que os óleos e as graxas sejam virtualmente ausentes para as classes II de águas doces.

Gráfico 5 – Óleos e Graxas da água ano 2018.



Fonte: dados da pesquisa (2018).

Fósforo (mg.L⁻¹)

O fósforo pode ser proveniente de fontes naturais (presente na composição de rochas, carregado pelo escoamento superficial da água da chuva, material particulado presente na atmosfera e resultante da decomposição de organismos de origem alóctone) e artificiais como esgotos domésticos e industriais,

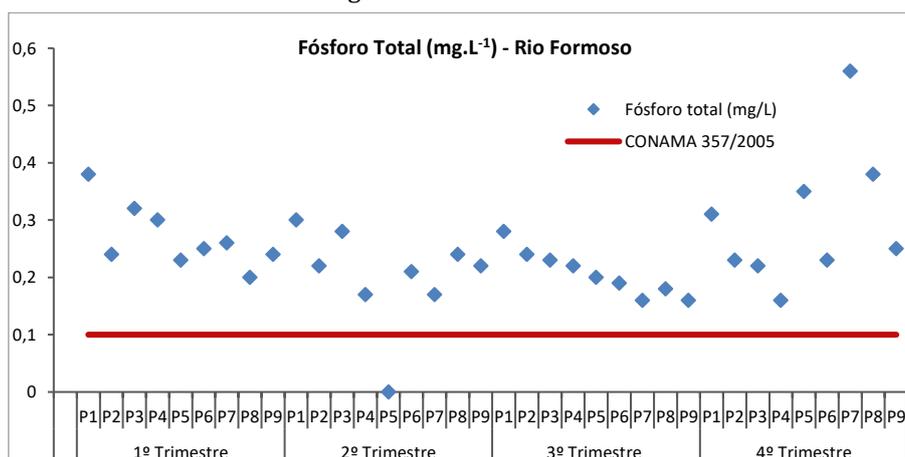
fertilizantes agrícolas e material particulado de origem industrial contido na atmosfera (ESTEVEZ, 1988; WETZEL, 2001).

O fósforo pode se apresentar nas águas sob três formas diferentes. Os fosfatos orgânicos são a forma em que o fósforo compõe moléculas orgânicas, como a de um detergente, por exemplo. Os ortofosfatos são representados pelos radicais, que se combinam com cátions, formando sais inorgânicos nas águas e os polifosfatos, ou fosfatos condensados, polímeros de ortofosfatos. Esta terceira forma não é muito importante nos estudos de controle de qualidade das águas, porque sofre hidrólise, convertendo-se rapidamente em ortofosfatos nas águas naturais (CETESB, 2004).

Bowes et al., (2008) relacionam as concentrações de fósforo total com o fluxo do corpo aquático, atribuindo o aumento nas concentrações deste parâmetro com o fluxo à presença de fontes difusas de poluição, sendo que a redução das concentrações de fósforo com o aumento do fluxo indica a predominância de fontes pontuais, como lançamento de esgoto doméstico e efluentes industriais. O fósforo na sua origem natural é proveniente da dissolução de compostos do solo e da decomposição da matéria orgânica.

As concentrações de fósforo total monitoradas foram de 0,16 mg.L⁻¹ em P9 na 3ª coleta, P7, P9 da 4ª coleta, a 0,56 mg.L⁻¹ para P7 da 4ª coleta (Gráfico 6). Todos os pontos amostrais estão acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA N.º 357/2005 (0,10 mg.L⁻¹ para águas de classe II). Esta é uma característica comumente encontrada em águas do estado do Tocantins, mesmo em regiões não antropizadas, o que leva a crer em uma contaminação natural.

Gráfico 6 - Fósforo total da água ano 2018



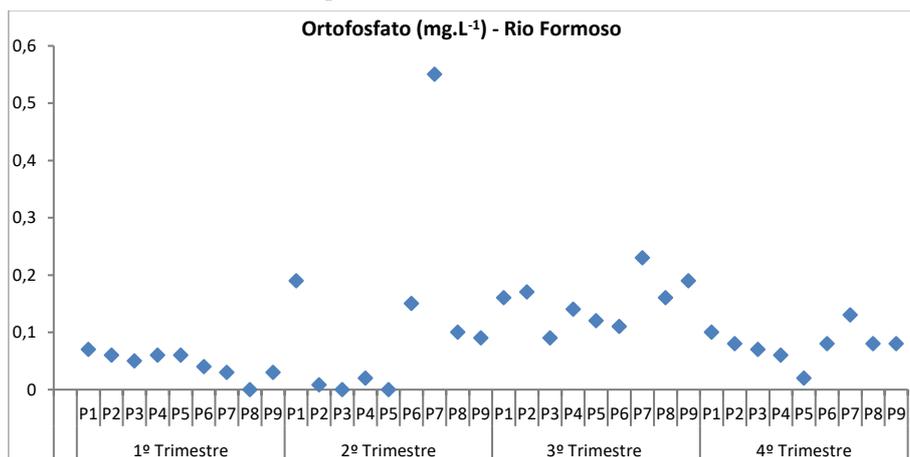
Fonte: dados da pesquisa (2018).

Ortofossato (mg.L⁻¹)

Os ortofosfatos, uma das formas de apresentação do fósforo em água, são representados pelos radicais livres, que quando combinados com os cátions, formam sais inorgânicos nas águas (NECKEL et al., 2013). Os ortofosfatos são diretamente disponíveis para o metabolismo biológico sem necessidade de conversões a forma mais simples. A forma em que os ortofosfatos se apresentam na água depende do pH (SPERLING, 2005).

As concentrações do parâmetro ortofossato variaram entre o limite de detecção (<0,02 mg.L⁻¹) em P8 da 1ª coleta e P3 da 2ª coleta, a 0,55 mg.L⁻¹ em P7 da 2ª coleta, como mostra o Gráfico 7. A Resolução CONAMA N.º 357/2005 não estabelece limite para este parâmetro.

Gráfico 7 - Ortofosfato nos pontos amostrais em setembro de 2018



Fonte: dados da pesquisa (2018).

Cloro Total (mg.L⁻¹)

Denomina-se cloro residual livre a quantidade de íons hipoclorito (OCl^-) e ácido hipocloroso (HOCl), e o cloro total como a quantidade de cloro reagida ou não com os elementos presentes na água. O cloro e seus compostos são utilizados como desinfetante pois causam a inativação, em um curto tempo, dos microrganismos até então conhecidos, presentes nas águas naturais. Além disto, pelas dosagens utilizadas, o cloro não é tóxico aos seres humanos, não conferindo odor ou sabor às águas. A facilidade de obtenção, transporte, armazenamento e aplicação são outros fatores que ajudaram na preferência para a utilização desse composto (BRASIL, 2006).

O cloro é o desinfetante mais utilizado em desinfecção de águas públicas, seja em forma líquida ou gasosa, como pré-desinfecção ou pós-cloração. São utilizados em menor escala como desinfetantes ainda o ozônio, o permanganato de potássio, a mistura de ozônio com peróxido de hidrogênio e íons ferro (DANIEL, 2001).

As concentrações encontradas variaram de $0,03 \text{ mg.L}^{-1}$ em P7 e P8 da 4ª coleta, até o limite de detecção do método, nos demais pontos ($0,02 \text{ mg.L}^{-1}$). Desta forma, excetuando-se os pontos P7 e P8 da 4ª coleta, não pode-se considerar os demais pontos como fora do valor permitido pela Resolução CONAMA N.º 357/2005 ($0,01 \text{ mg.L}^{-1}$).

Dureza (mg.L⁻¹)

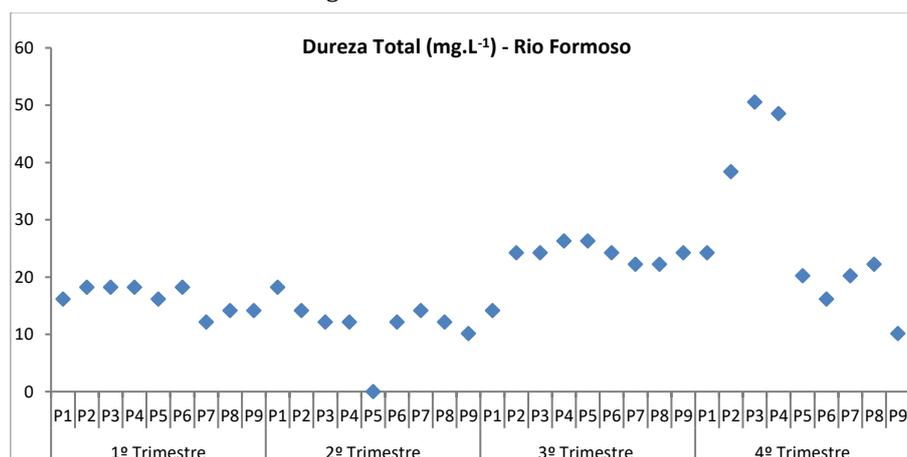
A dureza é caracterizada pela presença de sais de metais alcalinos terrosos (cálcio e magnésio), ferro e manganês, ou de outros metais bivalentes, em menor intensidade. Em teores elevados, causa sabor desagradável e efeitos laxantes (VASCONCELOS, 2011).

A dureza correspondente à alcalinidade é a dureza carbonato, enquanto que as demais formas são caracterizadas como dureza não carbonato (VON SPERLING, 2005).

De acordo com Gray (2008), a dureza da água varia significativamente, com a natureza geológica dos terrenos atravessados ou com a rocha que lhe deu origem. Normalmente as águas superficiais são mais macias que as águas subterrâneas.

Os resultados obtidos para dureza total nos pontos amostrais avaliados foram de $10,1 \text{ mg.L}^{-1}$ em P9 da 2ª e 4ª coletas a $50,5 \text{ mg.L}^{-1}$ em P3 e P5 da 4ª coleta (Gráfico 8). A Resolução CONAMA N.º 357/2005 não estabelece limites para este parâmetro.

Gráfico 8 - Dureza total da água ano de 2018



Fonte: dados da pesquisa (2018).

Nitrogênio (mg.L⁻¹)

O nitrogênio é um elemento químico fundamental na composição dos organismos vivos, presente nas proteínas, na clorofila, no DNA, nas vitaminas, entre outros compostos biológicos. Desta forma, participam de muitos processos vitais, como fotossíntese, respiração, síntese proteica e crescimento. Nos ecossistemas aquáticos é um importante nutriente que regula os processos ecológicos. EMBRAPA (2013)

Juntamente com o fósforo, o nitrogênio é um importante nutriente que regula os processos ecológicos que ocorrem nos ecossistemas aquáticos. Quando presente em baixas concentrações, este nutriente pode limitar a produção primária de ecossistemas aquáticos. O nitrogênio está presente nos ambientes aquáticos sob várias formas: nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), amônia (NH_3), íon amônio (NH_4^+), óxido nitroso (N_2O), nitrogênio molecular (N_2), nitrogênio orgânico dissolvido (peptídeos, fitoplâncton e detritos), etc. (ESTEVEZ, 1998).

O nitrogênio pode advir de uma fonte natural; constituinte de proteínas, clorofila e vários outros compostos biológicos, ou de uma fonte antropogênica proveniente de despejos domésticos, industriais, excrementos de animais e fertilizantes.

Das diversas formas de nitrogênio presentes no solo, à amônia (NH_3) e em especial o nitrato (NO_3^-), podem ser causas da perda de qualidade da água, sendo que a amônia, quando presente na água é altamente letal aos peixes, pela toxicidade que representa para este grupo da fauna. Quando originada no solo ou aplicada via fertilizantes essa molécula tende a ser convertida a amônio (NH_4^+) e este por sua vez é convertido a nitrato por meio de processos microbianos (BAIRD, 2002; FRANCA, 2006).

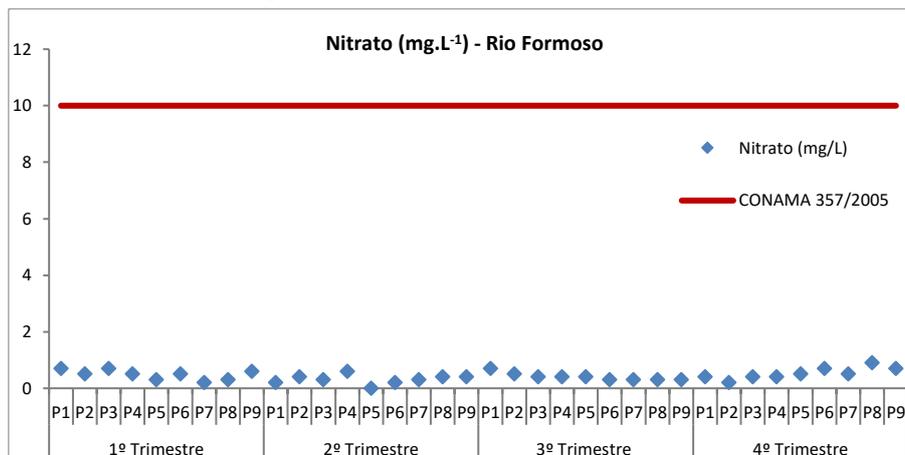
Dentre os poluidores das águas, salienta-se que fontes de água potável contendo altas concentrações de nitrato apresentam um grande risco para a saúde pública e animal, embora não apresente relativa toxidez para os adultos, por ser rapidamente excretado pelos rins. Entretanto, concentrações maiores que 10 mg.L^{-1} de nitrato, expresso como nitrogênio ($\text{NO}_3^- - \text{N}$), pode ser fatal para crianças com idades inferiores há seis meses e causar problemas na saúde dos animais (QUEIROZ, 2004).

Nitrato é a forma mais completamente oxidada do nitrogênio e é formado durante os estágios finais da decomposição biológica, tanto em estações de tratamento de água, como em mananciais de água natural. Sua presença não é estranha, principalmente em águas armazenadas em cisternas em comunidades rurais. Nitratos inorgânicos, assim como o nitrato de amônia, são largamente utilizados como fertilizantes. Salientando-se que baixas concentrações de nitrato podem estar presentes em águas naturais (ALMASRI, 2007).

O valor limite preconizado (para águas de classe II) para este parâmetro na Resolução CONAMA N.º 357/2005, é de 10 mg.L^{-1} . As concentrações encontradas para este parâmetro foram de $0,20 \text{ mg.L}^{-1}$ em P7

da 1ª coleta, P1 e P6 da 2ª coleta e P2 da 4ª coleta, a 0,90 mg.L⁻¹ em P8da 4ª coleta, como mostrado no Gráfico 9. Logo, os pontos amostrais estão abaixo dos limites preconizados pela Legislação.

Gráfico 9 - Nitrato da água ano de 2018



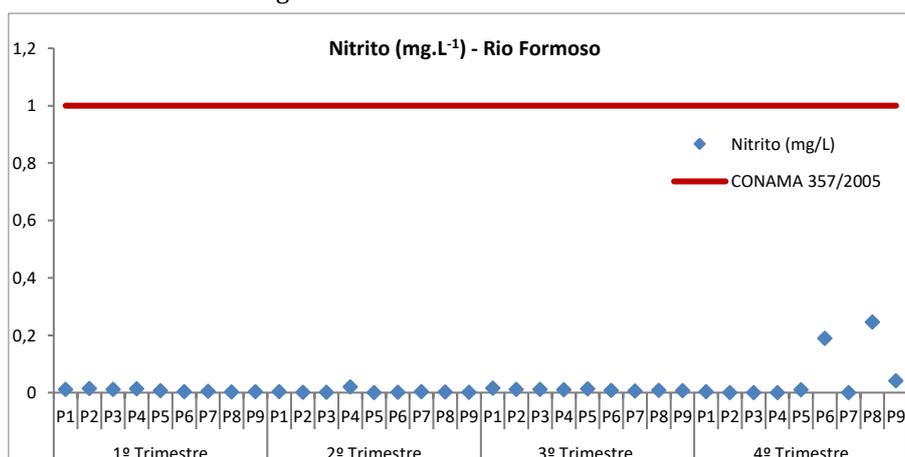
Fonte: dados da pesquisa (2018).

O Nitrito (NO₂⁻) é um composto resultante da redução do nitrato, mediante a atividade respiratória das bactérias, ou da oxidação do íon amônio que liberada do protoplasma do fitoplâncton reage com a água produzindo o íon amônio que, através do processo de nitrificação, forma o nitrito (SILVA, 2004).

A ausência de nitrito em águas superficiais normalmente ocorre, pela sua instabilidade na presença de oxigênio, tornando-o principalmente uma forma intermediária dos compostos nitrogenados. A sua presença indica processos biológicos ativos influenciados por poluição orgânica recente e apresenta toxicidade mais elevada que o nitrato (OLIVEIRA et al., 2010).

As concentrações de nitrito foram do limite de detecção do método (<0,002 mg.L⁻¹) em P2, P3 e P9 da 2ª coleta e P2, P3, P4 e P9 da 4ª coleta, a 0,246 mg.L⁻¹ em P8 da 4ª coleta (Gráfico 10). A Resolução CONAMA N.º 357/2005, preconiza um valor máximo deste parâmetro de 1,00 mg.L⁻¹, para águas de classe II. Desta maneira, todos os pontos encontram-se em acordo com a Legislação.

Gráfico 10 - Nitrito da água ano de 2018



Fonte: dados da pesquisa (2018).

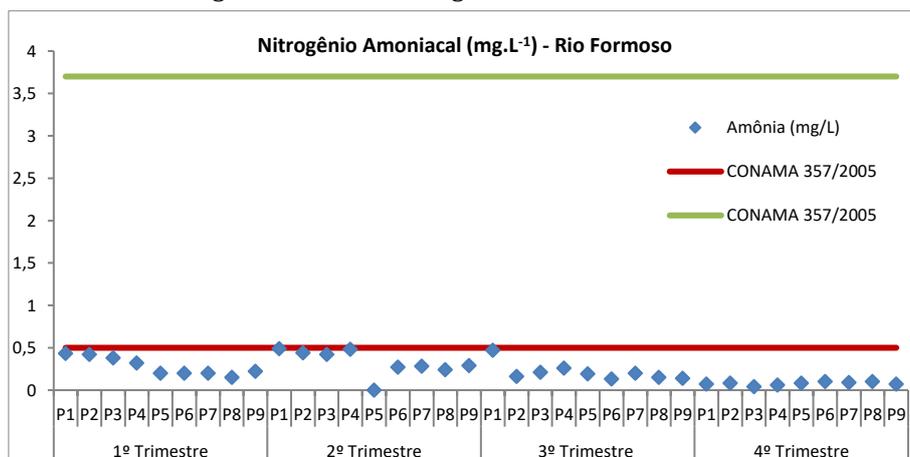
O nitrogênio amoniacal está presente na água na forma de amônia livre (NH₃) e do cátion amônio (NH₄⁺) sendo, portanto, sua concentração função da soma desses dois compostos (ESTEVES, 1998). O nitrogênio amoniacal é a forma reduzida do nitrogênio indicando poluição recente no corpo d'água.

Segundo Silva (2004), a fonte de amônia pode ser o processo biogeoquímico, tendo início na decomposição das células fitoplanctônicas que liberam para a coluna d'água os micronutrientes que compõem seus protoplasmas (nitrato) e podem ser convertidos em amônia por meio de reações químicas.

A amônia quando presente na água é altamente letal aos peixes, pela toxicidade que representa para este grupo da fauna; quando originada no solo ou aplicada via fertilizantes essa molécula tende a ser convertida a amônio (NH_4^+) e este por sua vez é convertido a nitrato por meio de processos microbianos (BAIRD, 2002; FRANCA, 2006).

Para o nitrogênio amoniacal os valores obtidos foram de $0,04 \text{ mg.L}^{-1}$ em P3 da 4ª coleta a $0,49 \text{ mg.L}^{-1}$ em P1 da 2ª coleta, como mostra o Gráfico 11. A Resolução CONAMA N.º 357/2005 preconiza uma concentração máxima de amônia de $3,70 \text{ mg.L}^{-1}$ para $7,50 < \text{pH}$ e $2,0 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$, para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$. Assim, todos os pontos estão em acordo com o estabelecido pela Legislação.

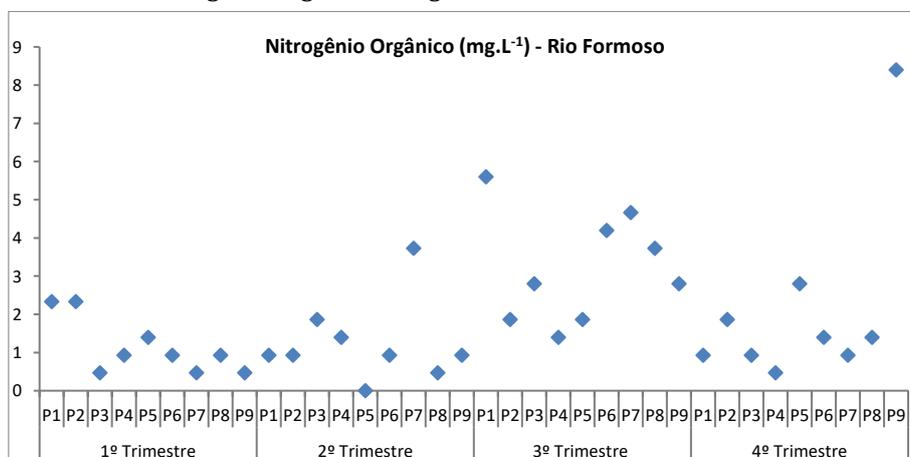
Gráfico 11 - Nitrogênio amoniacal da água ano de 2018



Fonte: dados da pesquisa (2018).

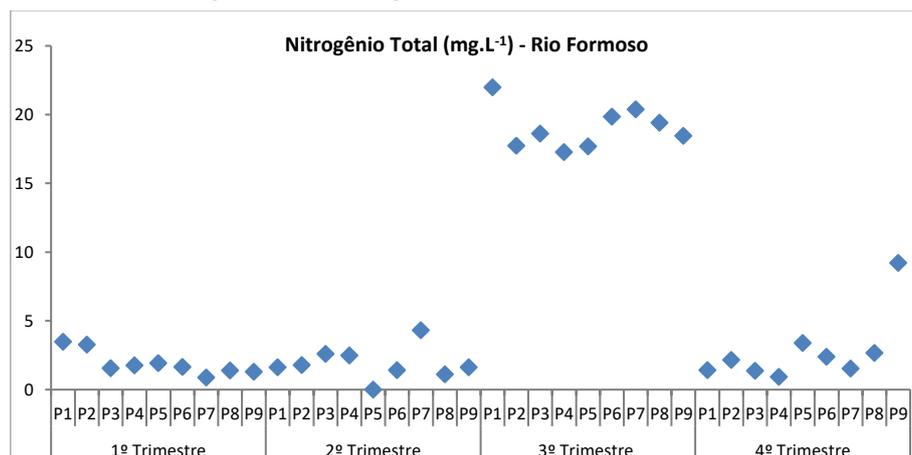
Quanto ao N-Orgânico e N-Total, a Resolução CONAMA N.º 357/2005 não estabelece padrões. Os resultados obtidos N-Orgânico oscilaram entre $0,467 \text{ mg.L}^{-1}$ P3, P7 e P9 da 1ª coleta a $8,4 \text{ mg.L}^{-1}$ P9 da 4ª coleta (Gráfico 12). As concentrações para Nitrogênio Total variaram entre $0,872 \text{ mg.L}^{-1}$ P7 da 1ª coleta a $21,986 \text{ mg.L}^{-1}$ P1 da 3ª e 4ª coletas, como mostrado no Gráfico 13.

Gráfico 12 - Nitrogênio orgânico da água ano de 2018



Fonte: dados da pesquisa (2018).

Gráfico 13 - Nitrogênio Total da água ano de 2018



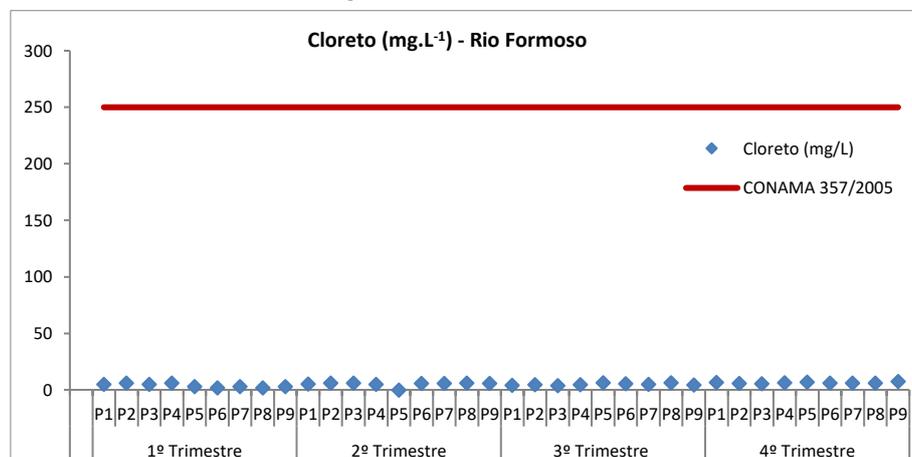
Fonte: dados da pesquisa (2018).

Cloreto Total (mg.L⁻¹)

Segundo Von Sperling (2005), todas as águas naturais contêm íons provenientes da dissolução de minerais dos solos e rochas. Os cloretos (Cl⁻) são provenientes da dissolução de sais, como sólidos dissolvidos advindos da dissolução de minerais ou pela intrusão de águas salinas que, em determinadas concentrações conferem um sabor salgado à água. Pode ter origem antropogênica, pelo contato com despejos domésticos e industriais ou com águas utilizadas em irrigação.

Os valores obtidos para o parâmetro cloreto total foram de 2,0 mg.L⁻¹ em P6, P8 da 1ª coleta a 7,51 mg.L⁻¹ em P9 da 4ª coleta, Gráfico 14. Deste modo, todos os pontos apresentaram valor abaixo do máximo preconizado pela Resolução CONAMA N.º 357/2005 para águas de classe II (250 mg.L⁻¹).

Gráfico 14 - Cloreto total da água ano de 2018



Fonte: dados da pesquisa (2018).

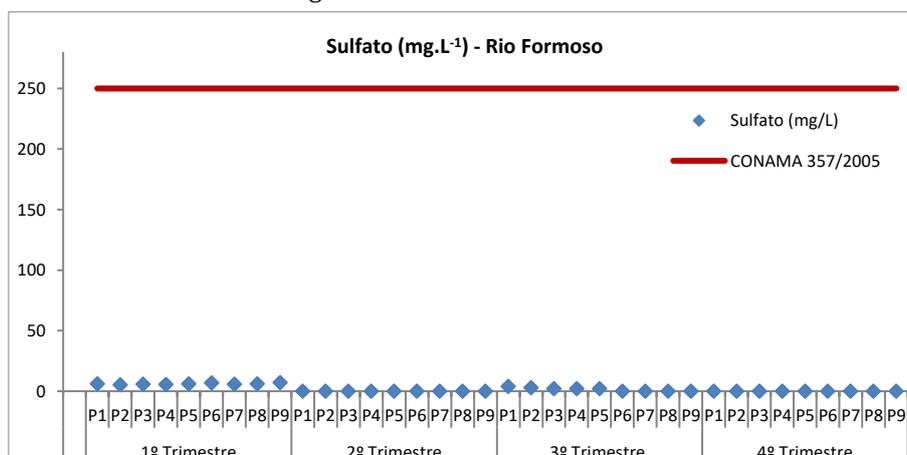
Sulfato (mg.L⁻¹)

O sulfato é um dos íons mais abundantes na natureza. Em águas naturais, a fonte de sulfato ocorre através da dissolução de solos e rochas e pela oxidação de sulfeto. As principais fontes antrópicas de sulfato nas águas superficiais são as descargas de esgotos domésticos e efluentes industriais (CAVALCANTI, 2010). O íon sulfato, quando presente na água, dependendo da concentração, pode ser um indicador de poluição de uma das fases da decomposição da matéria orgânica, no ciclo do enxofre (RICHTER; NETO, 2000).

Todos os resultados encontrados para este parâmetro variaram de <2,00 mg.L⁻¹ (limite de detecção do método) na maioria dos pontos, a 6,96 mg.L⁻¹ em P6 da 1ª coleta (Gráfico 15). A Resolução CONAMA N.º

357/2005 estabelece um limite de 250 mg.L⁻¹ para este parâmetro. Portanto os valores encontram-se abaixo do limite estabelecido pela Legislação vigente.

Gráfico 15 - Sulfato da água ano de 2018.



Fonte: dados da pesquisa (2018).

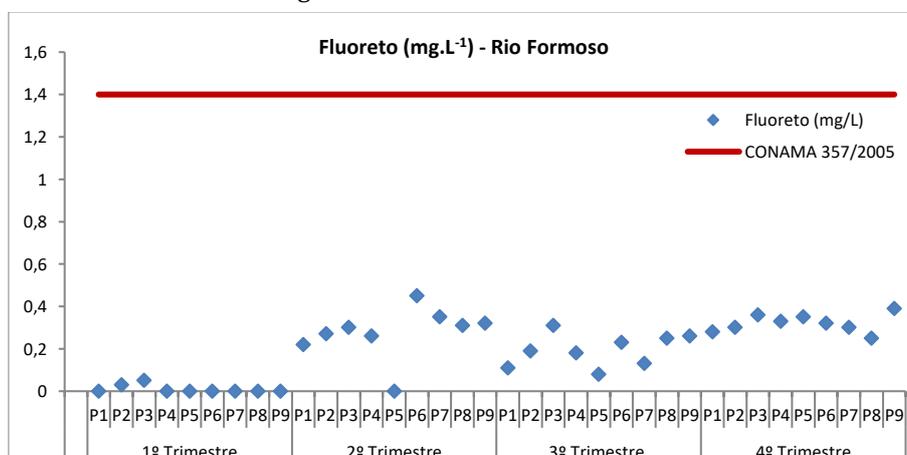
Fluoreto (mg.L⁻¹)

O fluoreto pode ocorrer naturalmente em águas naturais ou pode ser adicionado em quantidades controladas nas estações de tratamento de água. Em casos raros, a concentração de fluoreto natural pode aproximar-se dos 10 mg.L⁻¹, devendo essas águas ser desfluoretadas. A determinação exata do flúor é extremamente importante devido ao crescimento da prática de fluoretação da água como uma medida preventiva de saúde pública (PARRON, 2011).

As concentrações de fluoreto nas águas naturais são controladas por fatores como: temperatura, pH, presença de íons e coloides complexantes, solubilidade dos minerais que contém flúor, capacidade de troca iônica dos materiais do aquífero, tamanho e tipo de formações geológicas e tempo que as águas estão em contato com uma formação particular (AMPABIRE et al., 1997 apud ANDREAZZINI et al, 2014).

A Resolução CONAMA N.º 357/2005 estabelece um limite máximo de 1,40 mg.L⁻¹ de fluoreto. As concentrações dos pontos amostrais variaram entre <0,02 mg.L⁻¹ em todos os pontos amostrais da 1ª coleta a 0,45 mg.L⁻¹ em P6 da 2ª coleta, como mostra o Gráfico 16. Sendo assim, os valores encontram-se abaixo do limite estabelecido pela legislação.

Gráfico 16 - Fluoreto da água ano de 2018



Fonte: dados da pesquisa (2018).

Arsênio (mg.L⁻¹)

O Arsênio (As) encontra-se presente na natureza de várias formas químicas, sendo estas orgânicas e inorgânicas, resultado da participação do mesmo em complexos biológicos, químicos e aplicações na indústria (BORBA et al., 2004).

Nos últimos anos, a ingestão de Arsênio inorgânico através da água, tem emergido como uma importante questão de saúde pública. O elemento chega aos corpos d'água por fontes de depósitos naturais ou por práticas agrícolas e industriais, principalmente a mineração (RODRIGUES et al., 2017).

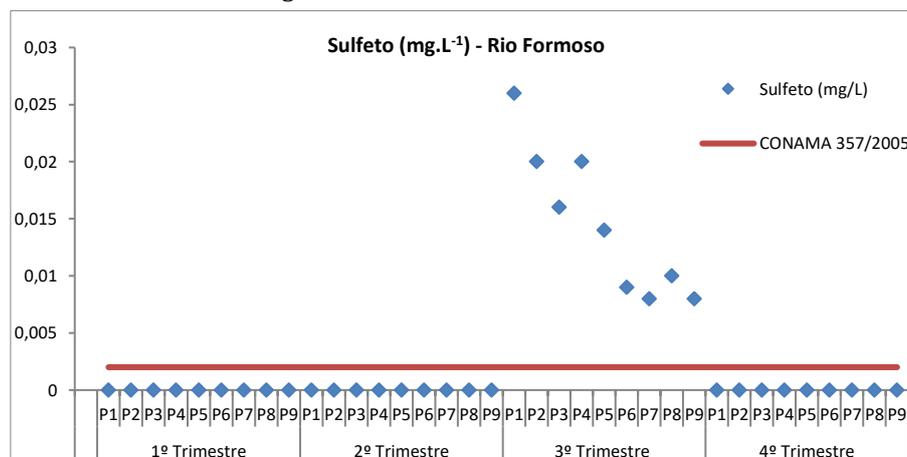
As concentrações de Arsênio encontradas neste monitoramento sempre ficaram abaixo do limite de detecção do método, que é o limite máximo da resolução CONAMA N.º 357/2005 (0,01 mg.L⁻¹). Desta forma podemos admitir que não há contaminação por este elemento nos pontos monitorados. Deve-se ressaltar que limite de quantificação (LQ) se alterou de 0,01 mg.L⁻¹ para 0,001 mg.L⁻¹ durante o período do monitoramento devido a mudança no método de detecção utilizado.

Sulfeto (mg.L⁻¹)

O nível de sulfeto de hidrogênio encontrado em águas consideradas oxidadas é geralmente muito baixo porque ele é convertido de forma rápida em sulfato (BOLINA, 2017).

Os valores obtidos para sulfetos em todos os pontos amostrais foi de < 0,005 mg.L⁻¹ (limite de detecção do método), até 0,026 mg.L⁻¹ em P1 da 3ª coleta (Gráfico 17). O limite de quantificação (LQ) se alterou 0,05 mg.L⁻¹ para 0,005 mg.L⁻¹ durante o período do monitoramento devido a mudança no método de detecção utilizado. A Resolução CONAMA N.º 357/2005 estabelece limite de 0,002 mg.L⁻¹ de sulfeto.

Gráfico 17 - Sulfeto da água ano de 2018



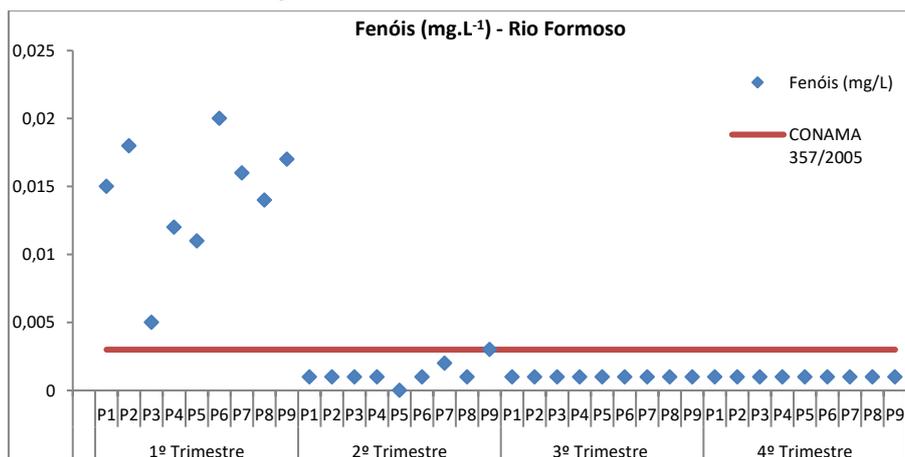
Fonte: dados da pesquisa (2018).

Fenóis Totais (mg.L⁻¹)

Os fenóis e seus derivados aparecem nas águas naturais através das descargas de efluentes de indústrias de processamento da borracha, colas e adesivos, resinas impregnantes, componentes elétricos (plásticos) e as siderúrgicas, entre outras. Os fenóis são tóxicos ao homem, aos organismos aquáticos e microrganismos que tomam parte nos sistemas de tratamento de esgotos sanitários e de efluentes industriais.

As concentrações nos pontos amostrais variaram de 0,001 mg.L⁻¹ em P1, P2, P3, P4 e P8 da 2ª coleta e todos os pontos da 3ª e 4ª coletas, a 0,02 mg.L⁻¹ em P6 da 1ª coleta (Gráfico 18). A Resolução CONAMA N.º 357/2005 estabelece limite de 0,002 mg.L⁻¹ de sulfeto.

Gráfico 18 - Fenóis da água ano de 2018



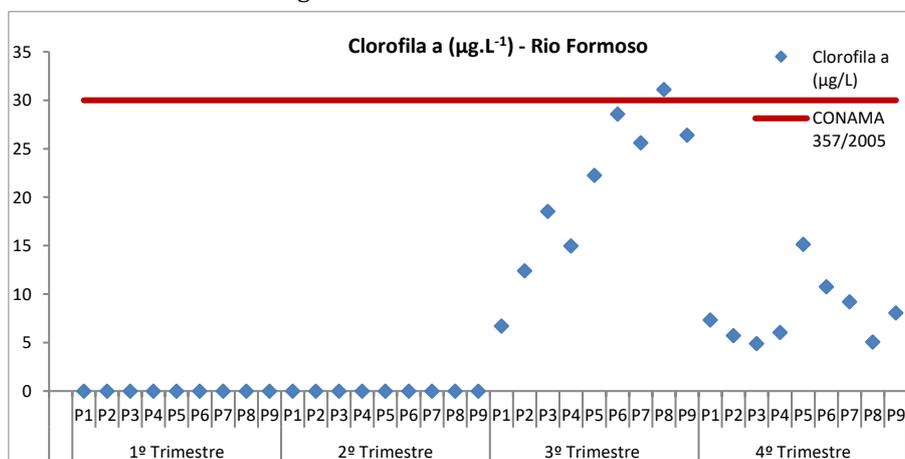
Fonte: dados da pesquisa (2018).

Clorofila a ($\mu\text{g.L}^{-1}$)

A clorofila é importante indicador de qualidade de água, visto que sua concentração aumenta em episódios de proliferação de algas em fenômenos conhecidos como eutrofização de corpos d'água. A eutrofização pode causar efeitos bastante deletérios à vida aquática, visto que uma proliferação de algas leva a um consequente aumento de zooplâncton consumidor de oxigênio dissolvido, acarretando a depleção de oxigênio dissolvido, podendo levar à morte organismos aquáticos (BENITES, 2014).

Os valores encontrados foram de $4,9 \mu\text{g.L}^{-1}$ em P1 da 3ª coleta a $31,13 \mu\text{g.L}^{-1}$ em P7 da 3ª coleta, como mostrado no Gráfico 19. Assim, excetuando-se um ponto, os valores encontrados estão abaixo do máximo preconizado pela resolução CONAMA N.º 357/2005, para águas de classe II ($30 \mu\text{g.L}^{-1}$).

Gráfico 19 - Clorofila da água ano de 2018.



Fonte: dados da pesquisa (2018).

Coliformes Totais e *Escherichia coli* (NMP.100 mL⁻¹)

Os coliformes totais são bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a $35,0 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima β -galactosidase (Brasil, 2004).

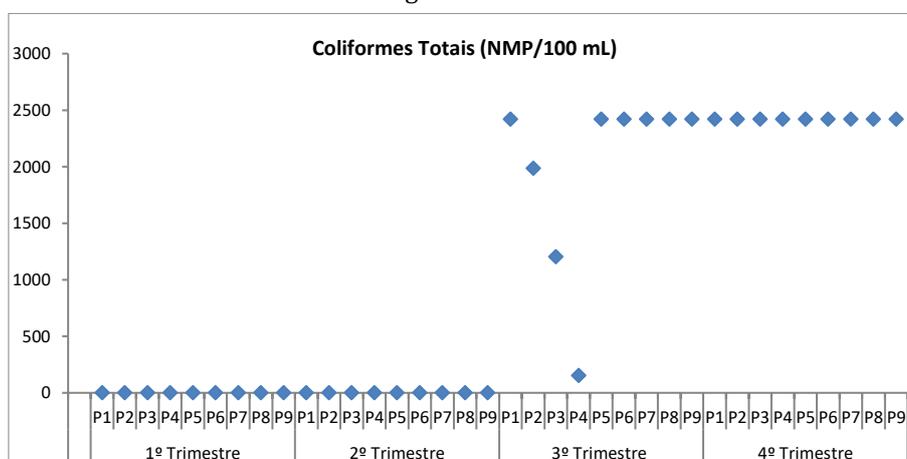
A maioria das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, embora vários outros gêneros e espécies pertençam ao grupo. Os coliformes termotolerantes são um subgrupo das bactérias do grupo coliforme que fermentam a lactose a $44,5 \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$ em 24 horas, tendo como principal representante a *Escherichia coli* (*E. coli*), de origem exclusivamente fecal

(Brasil, 2004). Deve-se salientar que a resolução Conama 357/2005 não apresenta parâmetros limites para coliformes totais.

As bactérias usadas como indicadores de poluição da água por matéria fecal são os coliformes fecais, que vivem normalmente no organismo humano e no dos animais de sangue quente, existindo em grande quantidade nas fezes. Embora não sejam patogênicas, a presença dessas bactérias na água indica que ela recebeu matéria fecal e pode, portanto, conter microrganismos patogênicos. Entre as bactérias do grupo coliforme, a mais usada como indicadora de poluição fecal é a *Escherichia coli* (BRAGA et al., 2005).

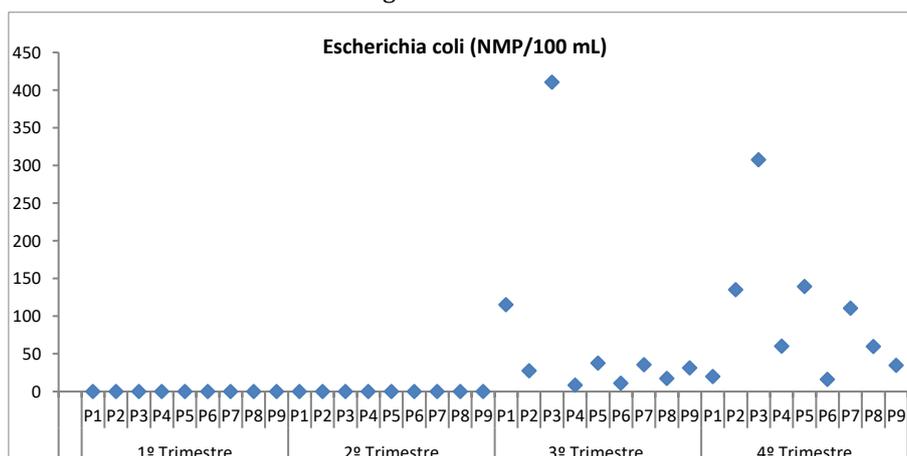
A resolução Conama 357/2005 estabelece que não deva ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A resolução também afirma que a *E. coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes. Os resultados encontram-se apresentados nos Gráficos 20 e 21.

Gráfico 20 – Coliformes Totais da água ano de 2018



Fonte: dados da pesquisa (2018).

Gráfico 21 – Escherichia coli da água ano de 2018



Fonte: dados da pesquisa (2018).

Cianobactérias (mg.L⁻¹)

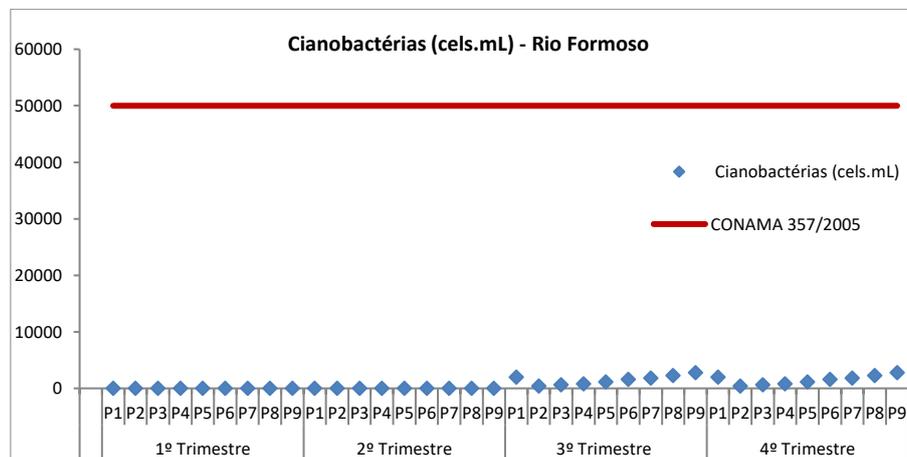
As cianobactérias são micro-organismos procariotos, fotossintetizantes e que estão presentes na maioria dos ecossistemas do nosso planeta. Dentre os aproximadamente 150 gêneros descritos, 40 estão relacionados com a produção de algum tipo de toxina. Entretanto, à medida que novas pesquisas são feitas tem sido relativamente comum o fato de gêneros descritos como não produtores de cianotoxinas serem

relatados como produtores. Deste modo, a princípio, qualquer cianobactéria pode ser considerada como potencialmente produtora de cianotoxinas.

As cianobactérias presentes em grande número modificam a qualidade da água, por potencialmente produzirem toxinas, odores ou uma espuma densa de cor verde azulada na superfície da água, chamada de floração. Essas florações podem ocorrer quando há um excesso de nutrientes (como o nitrogênio e o fósforo) na água, oriundos de esgotos não tratados, arrastados pelas chuvas de terras agricultáveis ricas em nutrientes e elevada insolação na água. Além da aparência desagradável, as substâncias decorrentes da presença de cianobactérias podem ser tóxicas para os humanos e mortais para a maioria dos animais selvagens e domésticos. Quando elas se decompõem, podem esgotar o oxigênio da água e causar a morte de peixes. Por isso, quando existe a suspeita de cianobactérias, a água deve ser submetida à análise antes de qualquer tipo de uso.

Os valores encontrados nos pontos monitorados, foram de 353,41 cel/mL⁻¹ em P2 da 3ª coleta a 2.762,52 cel/mL⁻¹ em P9 da 3ª e 4ª coleta (Gráfico 22). Assim, todos os pontos encontram-se abaixo do valor máximo preconizado pela resolução CONAMA N.º 357/2005 para águas de classe II (50.000 cel/mL⁻¹).

Gráfico 22 - Cianobactérias da água ano de 2018



Fonte: dados da pesquisa (2018).

5 Considerações Finais

De acordo com os resultados obtidos das análises dos pontos amostrais da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso (enquadrado como classe II pela Resolução CONAMA N.º 357, de maio de 2005), alguns parâmetros, não estão em acordo com o enquadramento exigido para este corpo hídrico. Logo se faz necessário observar alguns questionamentos apontados abaixo:

- Os parâmetros: turbidez, sólidos totais dissolvidos, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, cloreto, sulfato, fluoreto, arsênio, clorofila e cianobactérias apresentaram valores abaixo dos estabelecidos pela Resolução do Conama.
- A quantidade de fósforo total está acima no limite preconizado pela legislação em quase todos os pontos amostrais. Concentrações elevadas de fósforo na água poderão, junto com outras condições levar a proliferação excessiva de algas que estão associadas com a eutrofização. Apesar disto não se pode afirmar que o corpo hídrico se encontra em um processo de eutrofização, já que as concentrações de nitrogênio se encontram dentro do normal.
- A concentração do Cloro Total apresentou-se acima do limite permitido pela legislação na 1ª, 2ª e 3ª coletas e nos pontos amostrais P7 e P8 da 4ª coleta.

A continuidade do monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso é imprescindível para avaliação e acompanhamento dos parâmetros que se apresentam em desconformidade, a fim de identificar com maior segurança, tais concentrações e identificar a origem das alterações.

6 Referências Bibliográficas

ANDREAZZINI, M.J.; FIGUEIREDO, B.R.; LICHT, O.A.B. Geoquímica do flúor em águas e sedimentos fluviais da região de Cerro Azul, estado do Paraná: Definição de áreas de risco para consumo humano. CPRM. 2014. Disponível em: < http://www.cprm.gov.br/publique/media/liv_geol_med6.pdf >. Acesso em: 14 mar. 2018.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21. ed. Washington: APHA/WEF/AWWA, 2005.

ARAÚJO, M. C. de; SANTOS, F. M. da S.; OLIVEIRA, M. B. M. de. **Análise da qualidade da água do riacho Cavouco** - UFPE. Recife, PE. 2012/2013.

ALMASRI, M. N. Nitrate contamination of groundwater: A conceptual management framework. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 27, p. 220- 242. 2007.

BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BENITES, C, M. Estudo sobre a proposta de metodologia para ensaios de determinação de fósforo e clorofila 'a' para emprego nos exames periciais de unidades de criminalística da Polícia Federal. Florianópolis, SC, 64p. 2014.

BERTI, A. P.; DÜSMAN, E.; SOARES, L. C.; GRASSI, L. E. A. Efeitos da contaminação do ambiente aquático por óleos e agrotóxicos. **SaBios: Rev. Saúde e Biol.**, v. 4, n. 1, p. 45-51, jan./jun. 2009.

BRASIL. Portaria nº 518, de 25 de novembro de 2004: Normas de qualidade da água para consumo humano. Ministério da Saúde, Brasília, 15p. 2004.

BRASIL - Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA Resolução N.º 357 de 17 de novembro de 2005: que 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. Brasília, 2005.

BRASIL, Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Boas Práticas no Abastecimento de Água: Procedimentos para minimização de riscos à Saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

BRITO, D. C. Aplicação do sistema de modelagem da qualidade da água Qual2kw em grandes rios: o caso do alto e médio o Rio Araguari – AP. Dissertação de mestrado do PPGBio/UNIFAP, 130 p. Macapá – AP: 2008.

BOLINA, C. C., RODRIGUES, A. L. Reuso de água de dreno de ar condicionado para fins não potáveis. **Engevista**, V.19, nº5, p.1387-1400, 2017.

BOWES, M. J.; SMITH, J. T.; JARVIE, H. P.; NEAL, C. Modelling of phosphorus inputs to rivers from diffuse and point sources. **Sci. Total Environ**. 2008, 395, 125.

BUZALAF, M. A. R. **Fluoretos e Saúde Bucal**. São Paulo: Santos, 2008.

- CALLISTO, M. & GONÇALVES, J. F. Jr. A vida nas águas das montanhas. **Ciência Hoje** 31(182):68-71p, 2002.
- CAVALCANTI, Daniella da Silva Porto. Qualidade físico-química da água da bacia no alto do rio Paraná/Go. 2010. 80 f. Tese (Doutorado) - Curso de Mestrado em Ecologia e Produção Sustentável, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Rio Paraná/Go, 2010. Disponível em: <<http://tede2.pucgoias.edu.br:8080/bitstream/tede/2489/1/>>. Acesso em: 14 mar. 2018.
- DANIEL, L. A. Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável. São Carlos: Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – PROSAB, 2001.
- DUARTE, A. S. Reuso de água residuária tratada na irrigação da cultura do pimentão (*Capsicum annun L.*). Tese (doutorado em agronomia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. São Paulo, 2006.
- EMBRAPA. **Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos**. Brasília-DF: Embrapa, 2013. 440 p.
- ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Setembro: Editora Interciência/FINEP, 575p. 1988.
- FARIAS, M. S. S. Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Cabelo. 153 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade de Campina Grande, Paraíba, 2006.
- FRANCA, R.M.; FRISCHKORN, H.. SANTOS, M.R.P.; MENDONÇA, L.A.R.; BESERRA, M.C. Contaminação de poços tubulares em Juazeiro do Norte/CE. **Engenharia Sanitária Ambiental**, 2006.
- GRAY, N. F. **Drinking Water Quality, Problems and Solutions**. Second Edition, Cambridg University Press, UK, ISBN: 978-0-511-39371-6.2008.
- 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 (Orgs.) **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, p. 428 - 451. 2001.
- HELLER, L., PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. Editora UFMG. Belo Horizonte – MG. 2ª ed., Pag. 33 – 50. 2010.
- LEME, E. J. A. **Manual prático de tratamento de águas residuárias**. Ed. Universidade Federal de São Carlos – Ed. UFSCAR. São Carlos – SP, Brasil. 595 p. 2010.
- LOUGON, M. S. et al. Caracterização dos sólidos totais, fixos e voláteis nas águas residuais geradas pela lavagem dos frutos do cafeeiro. UFES - Departamento Engenharia Florestal, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. Jerônimo Monteiro, ES. 2009 a 2010.
- MARTINS, A. A.; **APLICAÇÃO E EFICIÊNCIA DE GEL DE QUITOSANA COMO COAGULANTE NO TRATAMENTO DE EFLUENTES EM FRIGORÍFICO BOVINO**. Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Federal do Tocantins –Campus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) Profissional em Engenharia Ambiental. Palmas, TO.71f.

MALHEIROS, T. F. **Águas Residuárias: Visão de Saúde Pública e Ambiental**. In: JN., A. P. Saneamento, Saúde e Ambiente. Barueri: Manole. 842 p. 2005.

OLIVEIRA, C. N.; CAMPOS, V. P.; MEDEIROS, Y. D. P. Avaliação e identificação de parâmetros importantes para a qualidade de corpos d'água no semiárido baiano. Estudo de caso: bacia hidrográfica do Rio Salitre. **Química Nova**, v. 33, n. 5, p. 1059-1066, 2010.

PARRON, L. M., MUNIZ, D. H. de F., PEREIRA, C. M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água** [recurso eletrônico]. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. Acessado em <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/921050/1/Doc232ultimaversao.pdf>.

PAIVA, J.B.D.; CAUDURO, E.M.D.P. Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas.

PINTO, M. C. F. **Manual Medição in loco: Temperatura, pH. Manual Medição in loco: Temperatura, pH**, Serviço Geológico do Brasil, 2007, 44p.

QUEIROZ, E.T. Diagnóstico de águas minerais e potáveis de mesa do Brasil. In: Anais. Congresso Brasileiro De Águas Subterrâneas, 13., Cuiabá, 2004. Cuiabá: ABAS, 2004.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. **Introdução a química ambiental**. 2ª ed. Porto alegre: Bookman, 2009.

RODRIGUES, T. F.; PONTES, A. S.; et al., A ação dos metais pesados originários de rejeitos de mineração sobre a saúde humana e seu impacto ao meio ambiente. **Revista Semioses**. V.11, nº02, 2017.

RODRIGUES, M. V. S.; AQUINO, M. D.; THOMAZ, A. C. F. **Análise por Envoltória de Dados Utilizados para Medir o Desempenho Relativo da Cobrança pelo Uso da Água nas Bacias Hidrográficas do Estado do Ceará**. Revista de Gestão de Água da América Latina. Porto Alegre, v. 12, n.1, p. 15 – 29, jan/jun, 2015.

RICHTER, C A.; NETO, J. M. A. **Tratamento de Água** – Tecnologia Atualizada – São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2000.

SILVA, C. D. F. Aplicação do Índice de Estado Trófico (IET) para avaliação do grau de trófia do reservatório da UHE Luís Eduardo Magalhães, verificando a influência das ETes de Palmas – TO. 2000. 64 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Tocantins – UFT, Palmas, TO, 2004.

SOUZA, D. F.; PINTO, A. L.; MENDES, A. M. S. Qualidade, enquadramento e limitações de uso das águas superficiais da Lagoa Maior 2011 e 2012 em Três Lagoas – MS. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**. v. 8, n. 2, p. 151-159,2012.

USEPA. US Environmental Protection Agency. Basic Information about Regulated Drinking Water Contaminants and Indicators. 2012.

VASCONCELOS, V. de M. M.; SOUZA, C. F. Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém, PA, Brasil. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 6, n. 2, p. 305-324, 2011.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**: 3 ed. – Belo Horizonte Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005.

WETZEL, R. G. **Limnology: Lake and River Ecosystems**. San Diego: Academic Press, 2001. 1006 pp.

ANEXOS

ANEXO 1: Tabela dos valores obtidos para todos os parâmetros monitorados no 1º e 2º trimestres 2018.

PARÂMETROS	1º Trimestre - Rio Formoso 2018									2º Trimestre - Rio Formoso 2018									
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	
Turbidez (NTU)	38,1	42	64,2	43,1	19,4	13,5	19,9	19,6	20,5	25,8	26,5	18,7	20,6	0,0	2,41	1,81	2,65	2,54	
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	23,9	22,4	22,6	21,5	18,9	15,7	15,9	15,8	16,4	16,7	13,9	16	16	0,0	13	12,4	13,51	13,39	
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L)	1,82	5,69	2,56	3,81	3,62	5,14	5,12	5,1	5,82	3,92	3,79	3,66	3,78	0,0	0,92	1,11	0,91	0,54	
Demanda Química de Oxigênio (mg/L)	14,7	45,4	13,7	14,4	34,3	34,3	13,4	11,9	45,9	15	11,0	18,0	9,0	0,0	12,0	10,0	10,0	14,0	
Óleos e Graxas (mg/L)	1,82	5,69	2,56	3,81	14	13,6	11,6	16,4	23,2	2,8	6,0	10	11,6	0,0	<0,4	<0,4	2,4	0,4	
Fósforo total (mg/L)	0,38	0,24	0,32	0,3	0,23	0,25	0,26	0,2	0,24	0,3	0,22	0,28	0,17	0,0	0,21	0,17	0,24	0,22	
Ortofosfato (mg/L)	0,07	0,06	0,05	0,06	0,06	0,04	0,03	<0,02	0,03	0,19	0,008	<0,02	0,02	0,0	0,15	0,55	0,1	0,09	
Cloro Total (mg/L)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,0	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	
Dureza	Cálcio (mg/L)	14,14	8,08	10,1	10,1	8,08	6,06	7,07	9,09	6,06	16,16	10,1	8,08	0,0	0,0	6,06	8,08	10,1	8,08
	Magnésio (mg/L)	2,02	10,1	8,08	8,08	8,08	12,12	5,05	8,08	8,08	2,02	4,04	4,04	0,0	0,0	6,06	6,06	2,02	2,02
	Dureza Total (mg/L)	16,16	18,18	18,18	18,18	16,16	18,18	12,12	14,14	14,14	18,18	14,14	12,12	0,0	0,0	12,12	14,14	12,12	10,1
Nitrogênio	Amônia (mg/L)	0,43	0,42	0,38	0,32	0,2	0,2	0,2	0,15	0,22	0,49	0,44	0,42	0,0	0,0	0,27	0,28	0,24	0,29
	Nitrito (mg/L)	0,012	0,015	0,011	0,014	0,007	0,004	0,005	0,003	0,004	0,004	0,002	<0,002	0,0	0,0	0,002	0,004	0,003	<0,002
	Nitrato (mg/L)	0,7	0,5	0,7	0,5	0,3	0,5	0,2	0,3	0,6	0,2	0,4	0,3	0,0	0,0	0,2	0,3	0,4	0,4
	Nitrogênio Orgânico (mg/L)	2,333	2,333	0,467	0,933	1,4	0,933	0,467	0,933	0,467	0,933	0,933	1,867	0,0	0,0	0,933	3,73	0,467	0,933
	Nitrogênio Total (mg/L)	3,475	3,268	1,558	1,767	1,907	1,637	0,872	1,386	1,291	1,627	1,775	2,587	0,0	0,0	1,405	4,314	1,11	1,623
Cloreto (mg/L)	5,0	6,0	5,0	6,0	3,0	2,0	3,0	2,0	3,0	5,37	5,97	5,97	4,97	0,0	5,77	5,77	6,17	5,77	
Sulfato (mg/L)	5,97	5,37	5,77	5,57	5,97	6,96	5,77	6,17	7,16	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	0,0	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	
Fluoreto (mg/L)	< 0,02	0,03	0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,22	0,27	0,3	0,26	0,0	0,45	0,35	0,31	0,32	
Arsênio (mg/L)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,0	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
Sulfeto (mg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,0	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	
Fenóis (mg/L)	0,015	0,018	0,005	0,012	0,011	0,02	0,016	0,014	0,017	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,0	0,001	0,002	<0,001	0,003	
Clorofila a (µg/L)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Escherichia coli (NMP/100 mL)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Cianobactérias (cels.mL)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	

ANEXO 2: Tabela dos valores obtidos para todos os parâmetros monitorados no 3º e 4º trimestres 2018.

PARÂMETROS		3º Trimestre - Rio Formoso 2018									4º Trimestre - Rio Formoso 2018								
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Turbidez (NTU)		46,6	48,7	39,0	30,6	19,4	16,8	13,9	17,8	11,4	5,55	6,61	2,9	5,23	2,34	8,23	13,5	13,8	3,64
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)		17	21,2	24,8	24	24,4	23,0	22,9	22,8	22,6	13,62	46,7	36,8	56,5	17,6	27,6	27,7	14,62	26,4
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L)		2,77	2,16	2,24	2,12	2,24	2,59	3,63	3,19	1,79	1,26	1,75	1,55	1,38	1,2	2,07	3,69	1,86	1,36
Demanda Química de Oxigênio (mg/L)		2,8	2,4	4,5	4,0	9,8	7,7	6,2	6,4	8,1	8,1	5,0	5,9	5,2	10,1	7,4	12,6	7,8	6,2
Óleos e Graxas (mg/L)		0,8	<0,4	<0,4	0,8	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	4,4	3,6	2,8	4	2	0,8	4	9,2	4,8
Fósforo total (mg/L)		0,28	0,24	0,23	0,22	0,20	0,19	0,16	0,18	0,16	0,31	0,23	0,22	0,16	0,35	0,23	0,56	0,38	0,25
Ortofosfato (mg/L)		0,16	0,17	0,09	0,14	0,12	0,11	0,23	0,16	0,19	0,1	0,08	0,07	0,06	0,02	0,08	0,13	0,08	0,08
Cloro Total (mg/L)		<0,02	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,03	0,03	<0,02
Dureza	Cálcio (mg/L)	10,1	10,1	16,16	14,14	12,12	12,12	12,12	12,12	12,12	10,1	24,24	32,32	30,3	12,12	8,08	10,1	10,1	10,1
	Magnésio (mg/L)	4,04	14,14	8,08	12,12	14,14	12,12	10,1	10,1	12,12	14,14	14,14	18,18	18,18	8,08	8,08	10,1	12,12	10,1
	Dureza Total (mg/L)	14,14	24,24	24,24	26,26	26,26	24,24	22,22	22,22	24,24	24,24	38,38	50,5	48,48	20,2	16,16	20,2	22,22	10,1
Nitrogênio	Amônia (mg/L)	0,47	0,16	0,21	0,26	0,19	0,13	0,2	0,15	0,14	0,07	0,08	0,04	0,06	0,08	0,1	0,09	0,1	0,07
	Nitrito (mg/L)	0,016	0,011	0,011	0,01	0,014	0,008	0,006	0,008	0,007	0,004	<0,002	<0,002	<0,002	0,01	0,189	<0,002	0,246	0,042
	Nitrato (mg/L)	0,7	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,2	0,4	0,4	0,5	0,7	0,5	0,9	0,7
	Nitrogênio Orgânico (mg/L)	5,6	1,867	2,8	1,4	1,87	4,2	4,667	3,733	2,8	0,933	1,867	0,933	0,467	2,8	1,4	0,933	1,4	8,4
	Nitrogênio Total (mg/L)	6,786	2,538	3,421	2,07	2,474	4,638	5,173	4,191	3,247	1,41	2,15	1,37	0,93	3,39	2,39	1,52	2,65	9,21
Cloreto (mg/L)		4,18	4,77	3,98	4,77	6,36	5,57	4,97	6,36	4,38	6,57	5,87	5,63	6,34	7,04	6,1	6,1	6,1	7,51
Sulfato (mg/L)		4,0	3,0	2,0	2,0	2,0	< 2,0	< 2,00	< 2,0	< 2,00	< 2,0	< 2,00	< 2,0	< 2,00	< 2,0	< 2,00	< 2,0	< 2,00	< 2,0
Fluoreto (mg/L)		0,11	0,19	0,31	0,18	0,08	0,23	0,13	0,25	0,26	0,28	0,3	0,36	0,33	0,35	0,32	0,3	0,25	0,39
Arsênio (mg/L)		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Sulfeto (mg/L)		0,026	0,02	0,016	0,02	0,014	0,009	0,008	0,01	0,008	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Fenóis (mg/L)		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Clorofila a (µg/L)		6,7	12,41	18,52	14,97	22,27	28,57	25,61	31,13	26,4	7,35	5,72	4,9	6,04	15,14	10,77	9,22	5,05	8,05
Coliformes Totais (NMP/100 mL)		>2419,6	1986,3	1203,3	153,9	>2419,6	2419,6	>2419,6	>2419,6	>2419,6	>2419,6	2419,6	>2419,6	>2419,6	2419,6	123,9	>2419,6	2419,6	>2419,6
Escherichia coli (NMP/100 mL)		115,3	27,5	410,6	8,6	37,9	11,0	35,9	17,3	31,5	20,1	135,4	307,6	60,5	139,6	16,1	110,6	59,8	35,0
Cianobactérias (cels.mL)		1953,3	353,41	593,88	793,1	1133,16	1591,18	1819,2	2268,66	2762,52	1953,3	353,41	593,88	793,1	1133,16	1591,18	1819,2	2268,66	2762,52



**Relatório Técnico Final
2018
Volume 1**

**MONITORAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIO SONO**

PALMAS-TO
NOVEMBRO DE 2018

1 Apresentação Geral

A disponibilidade de água com qualidade e quantidade, é uma questão que preocupa o homem desde os primórdios da humanidade. Comunidades eram criadas em regiões cuja oferta de água potável era suficiente para atender às demandas da população. Contudo, as aglomerações de massas populacionais ao longo dos tempos acabaram interferindo de maneira significativa no meio ambiente principalmente no meio hídrico (MARTINS, 2015).

O progressivo desenvolvimento de tecnologia para a captação, o transporte, o tratamento e a distribuição da água, demonstrando a crescente consciência da humanidade para o papel da água no desenvolvimento das culturas e na proteção à saúde humana (HELLER & PÁDUA, 2010).

Devido ao crescimento demográfico e às mudanças nos padrões de consumo na segunda metade do século XX, o consumo de água por habitante aumentou em até seis vezes, o que gerou um aumento na demanda por infraestrutura para garantir disponibilidade hídrica em quantidade e qualidade, o que tem causado uma maior pressão e degradação nos corpos hídricos (MALHEIROS, 2005, p. 183).

Atualmente, o uso da água é atendido em sua maior parcela por meio dos rios, recurso hídrico que corresponde a uma parcela muito pequena do total de água no planeta, apenas 0,01%. Assim, diante da característica finita da água, do aumento na demanda em função do crescimento populacional, industrial e amplificação de outros usos, é importante planejar a administração da quantidade e qualidade dos recursos hídricos, principalmente dos superficiais (LEME, 2010).

O gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil foi desenvolvido com base na escassez e nos conflitos provocados pelos vários usos da água, de tal modo, que as políticas de recursos hídricos adotaram instrumentos de gerenciamento como a outorga pelo direito do uso da água e a cobrança pelo uso da água, como forma de promover seu uso racional (RODRIGUES et al., 2015, p. 01).

O monitoramento dos cursos d'água normalmente é realizado por meio da avaliação físico-química e bacteriológica para enquadramento utilizando parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (BRASIL, 2005).

Neste relatório, os resultados do programa de monitoramento liminológico da Bacia Hidrográfica do Rio Sono, obtidos no ano de 2018, são apresentados e discutidos. Os parâmetros de clorofila, coliformes totais, E. Coli e cianobactérias só foram adicionados as rotinas de monitoramento a partir da 3ª campanha. Especificamente, os objetivos gerais desse programa consistem em: (i) caracterizar a variabilidade da qualidade da água; (ii) verificar possíveis alterações, tendo como padrão de qualidade os valores especificados na Resolução CONAMA N.º 357 de 17 de maio de 2005 (para águas da classe II).

2. Metodologia

2.1. Localização dos pontos de coleta

A Tabela 3 mostra as coordenadas dos pontos de coleta definidos no planejamento do monitoramento. Os pontos de coleta foram definidos pelos técnicos da SEMARH. A seguir são mostradas as fotos dos locais onde as coletas foram realizadas.

Tabela 3. Identificação dos pontos amostrais, sistema de coordenadas geográficas

Bacia Hidrográfica	Pontos de Coleta	Pontos Correspondentes	Latitude	Longitude
Rio Sono	BSON-01	P1	08°57'20.10"S	47°54'09.00"W
Rio Sono	BSON-02	P2	09°18'32.41"S	47°55'55.50"W
Rio Sono	BSON-03	P3	09°51'30.70"S	47°51'53.25"W
Rio Sono	BSON-04	P4	09°59'27.60"S	47°28'44.40"W
Rio Sono	BSON-05	P5	10°02'24.00"S	47°15'00.00"W

Figura 7- Ponto amostral P1



Fonte: Autor (2018).

Figura 8- Ponto amostral P2



Fonte: Autor (2018).

Figura 9- Ponto amostral P3



Fonte: Autor (2018).

Figura 10- Ponto amostral P4



Fonte: Autor (2018).

Figura 11- Ponto amostral P5



Fonte: Autor (2018).

3. Coleta e Análise

O trabalho de campo foi realizado trimestralmente pela equipe do Laboratório de Pesquisas em Química Ambiental e de Biocombustíveis – LAPEQ, nas seguintes datas: 24 e 25 de janeiro, 24 e 25 de março, 28 e 29 de junho e 24 e 25 de setembro de 2018. As amostras foram preservadas em caixa com gelo até a chegada ao laboratório. Os parâmetros físicos e químicos foram analisados de acordo com a metodologia proposta pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* - APHA (2005), conforme demonstrado na Tabela 4.

Tabela 4. Parâmetros analisados nos pontos de amostragem do córrego na área de influência da bacia hidrográfica do Rio Sono.

PARÂMETROS	TÉCNICA	REFERÊNCIA	
Turbidez (NTU)	Nefelometria	APHA (2005)	
Sólidos Totais Dissolvidos (mg.L ⁻¹)	Medida Direta	APHA (2005)	
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg.L ⁻¹)	Diferenciação	APHA (2005)	
Demanda Química de Oxigênio (mg.L ⁻¹)	Titulometria	APHA (2005)	
Óleos e Graxas (mg.L ⁻¹)	Extração de Soxhlet	APHA (2005)	
Fósforo total (mg.L ⁻¹)	Espectrofotometria	APHA (2005)	
Ortofosfato (mg.L ⁻¹)	Espectrofotometria	APHA (2005)	
Cloro Livre (mg.L ⁻¹)	Espectrofotometria	APHA (2005)	
Dureza	Cálcio (mg.L ⁻¹)	Titulometria	APHA (2005)
	Magnésio (mg.L ⁻¹)	Titulometria	APHA (2005)
	Total (mg.L ⁻¹)	Titulometria	APHA (2005)
Nitrogênio	Amônia (mg.L ⁻¹)	Espectrofotometria	APHA (2005)
	Nitrito (mg.L ⁻¹)	Espectrofotometria	APHA (2005)
	Nitrato (mg.L ⁻¹)	Espectrofotometria	APHA (2005)
	Orgânico (mg.L ⁻¹)	Kjeldahl	APHA (2005)
	Total (mg.L ⁻¹)	Diferenciação	APHA (2005)
Sulfato (mg.L ⁻¹)	Espectrofotometria	APHA (2005)	
Cloreto Total (mg.L ⁻¹)	Espectrofotometria	APHA (2005)	
Fluoreto (mg.L ⁻¹)	Espectrofotometria	APHA (2005)	
Arsênio (mg.L ⁻¹)	ICP-MS	APHA (2005)	
Sulfeto (mg.L ⁻¹)	ICP-MS	APHA (2005)	
Fenóis Totais (mg.L ⁻¹)	ICP-MS	APHA (2005)	
Clorofila <i>a</i> (µg.L ⁻¹)	Espectrofotometria	APHA (2005)	
Coliformes Totais (NMP.100 mL ⁻¹)	Colilert	APHA (2005)	
Escherichia coli (NMP.100 mL ⁻¹)	Colilert	APHA (2005)	
Cianobactérias (cels.mL ⁻¹)	Contagem	APHA (2005)	

4. Resultados e Discussão

4.1 Parâmetros de Qualidade da Água do Rio Sono

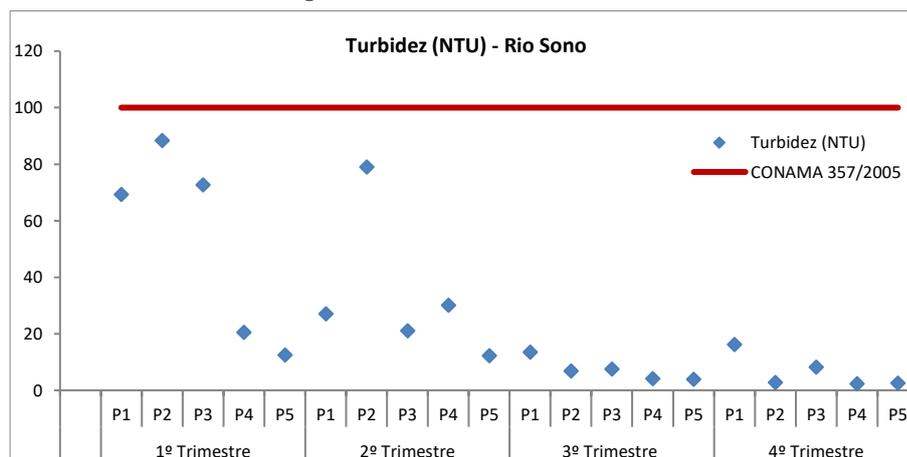
Turbidez (NTU)

A turbidez é causada pela presença de materiais em suspensão, tais como argila, sílica, matéria orgânica e inorgânica finamente dividida e organismos microscópicos. Como é a capacidade de ultrapassagem de luz na água, a turbidez em águas superficiais aumenta devido aos efeitos da erosão, das cheias, enxurradas e da poluição, relacionada aos despejos domésticos e industriais, os quais agregam à água materiais que servem de alimento para bactérias e outros organismos vivos, que também vão contribuir com o aumento desse parâmetro (BRITO, 2008).

Segundo Farias (2006), quando a água recebe certa quantidade de partículas que permanecem por algum tempo em suspensão ela é considerada turva. Estas partículas podem ser oriundas do próprio solo quando não há mata ciliar ou proveniente de atividades minerais, como portos de areia, exploração de argila, indústrias, ou mesmo de esgoto das cidades.

Os resultados para este parâmetro variaram entre 2,37 NTU em P4 da 4ª coleta a 88,4 NTU em P2 na 1ª coleta, conforme o Gráfico 23. Os valores obtidos encontram-se abaixo do estabelecido pela Resolução CONAMA N.º 357/2005 (100 NTU, para águas de classe II).

Gráfico23 – Turbidez da água ano 2018.



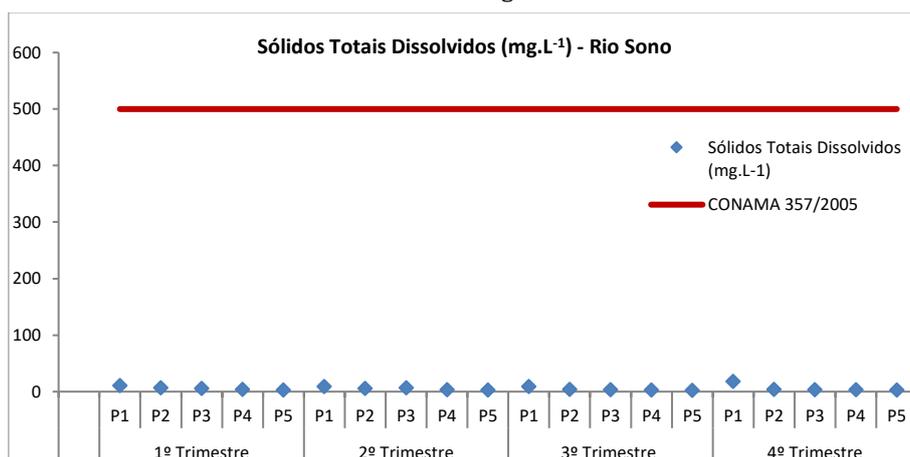
Fonte: dados da pesquisa (2018).

Sólidos Totais Dissolvidos (mg.L⁻¹)

Sólidos totais dissolvidos é o conjunto de todas as substâncias orgânicas e inorgânicas contidas num líquido sob formas moleculares ionizadas ou microgranulares (ARAÚJO; SANTOS; OLIVEIRA, 2013). Os sólidos agem de maneira indireta sobre a vida aquática, impedem a penetração da luz, induzem o aquecimento da água o que, conseqüentemente, diminui a quantidade de oxigênio dissolvido no meio (LOUGON, 2009).

As concentrações encontradas para sólidos totais dissolvidos foram de 2,31 mg.L⁻¹ em P5 da 2ª coleta a 17,8 mg.L⁻¹ em P1 da 4ª coleta (Gráfico 24). Desse modo, todos os pontos se encontram dentro do limite estabelecido pela legislação. O limite máximo admitido pela Resolução CONAMA N.º 357/2005 de STD para águas de classe II é de 500 PPM.

Gráfico 24 – Sólidos Totais Dissolvidos da água ano 2018.



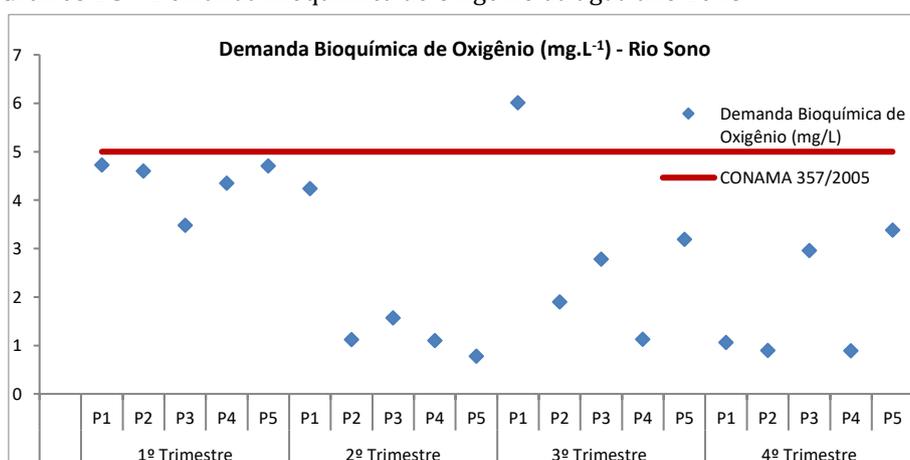
Fonte: dados da pesquisa (2018).

Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg.L⁻¹)

O teste de DBO é um bioensaio, procedimento no qual o resíduo é biologicamente oxidado sob condições controladas a fim de se estabelecer o consumo de oxigênio e, conseqüentemente, estimar, aproximadamente, a quantidade de matéria orgânica biodegradável presente em uma amostra de água (GASTALDINI & MENDONÇA, 2001).

A DBO5 calculada teve variação de 0,78 mg.L⁻¹ no ponto amostral P5 da 2ª coleta a 6,01 mg.L⁻¹ no ponto amostral P1 na 3ª coleta, como mostra o Gráfico 25. A maioria dos pontos apresenta concentrações de acordo com o recomendado pela Resolução CONAMA N.º 357/2005 (até 5,00 mg.L⁻¹), exceto pelo ponto P1 da 3ª coleta que apresentou resultado acima do recomendado pelo Conama.

Gráfico 25 – Demanda Bioquímica de Oxigênio da água ano 2018.



Fonte: dados da pesquisa (2018).

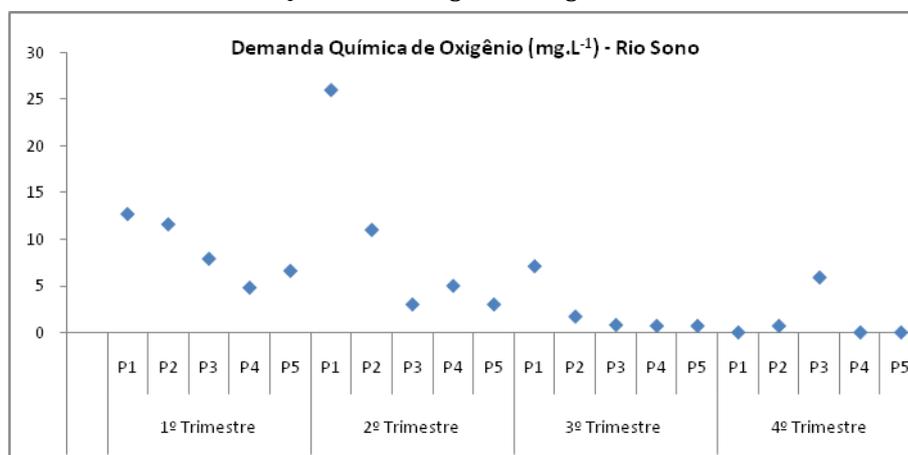
Demanda Química de Oxigênio (mg.L⁻¹)

O teste de DQO mede o consumo de oxigênio ocorrido em função da oxidação química da matéria orgânica. O valor obtido é, portanto, uma indicação indireta do teor de matéria orgânica presente (VON SPERLING, 2005).

O aumento da concentração da DQO em um corpo d'água deve-se principalmente a despejos de origem industrial. Assim, pode-se considerar que a DQO é demanda total de O₂, devido a substâncias recalcitrantes (não biodegradáveis) somadas à demanda de O₂ devido a substâncias biooxidáveis (ROCHA et al., 2009).

Os valores mensurados de DQO para o monitoramento 2018 oscilaram entre $< 0,7 \text{ mg.L}^{-1}$ em P4 e P5 da 3ª coleta e P1, P4 e P5 da 4ª coleta, a $26,0 \text{ mg.L}^{-1}$ em P1 da 2ª coleta (Gráfico 26). Não há referência à faixa de variação para esse parâmetro na Resolução CONAMA n.º 357/2005.

Gráfico 26 – Demanda Química de Oxigênio da água ano 2018.



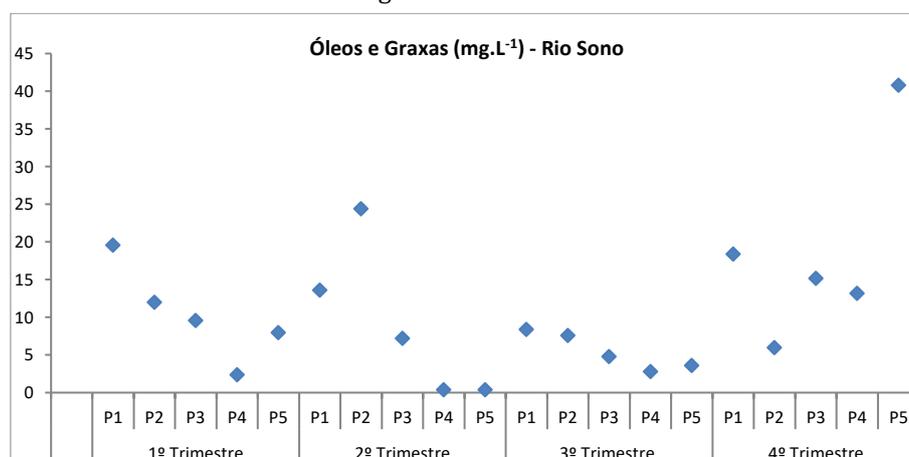
Fonte: dados da pesquisa (2018).

Óleos e Graxas (mg.L^{-1})

Os óleos e graxas são substâncias orgânicas de origem mineral, vegetal ou animal. Essas substâncias geralmente são hidrocarbonetos, gorduras, ésteres, entre outros. Quando encontrados em águas naturais, são oriundos de despejos e resíduos industriais, esgotos domésticos, efluentes de oficinas mecânicas, postos de gasolina, estradas e vias públicas. A presença de óleos e graxas diminui a área de contato entre a superfície da água e o ar atmosférico, impedindo dessa forma, a transferência do oxigênio da atmosfera para a água (BERTI et al., 2009).

Os valores encontrados de óleos e graxas variaram entre $0,4 \text{ mg.L}^{-1}$ em P4 e P5 da 2ª coleta a $40,8 \text{ mg.L}^{-1}$ em P5 da 4ª coleta, mas a recomendação é de que os óleos e as graxas sejam virtualmente ausentes para as classes II de águas doces. O Gráfico 27 mostra que apenas poucos pontos apresentaram valores próximo a zero, na bacia monitorada.

Gráfico 27 – Óleos e Graxas da água ano 2018.



Fonte: dados da pesquisa (2018).

Fósforo (mg.L^{-1})

O fósforo pode ser proveniente de fontes naturais (presente na composição de rochas, carregado pelo escoamento superficial da água da chuva, material particulado presente na atmosfera e resultante da

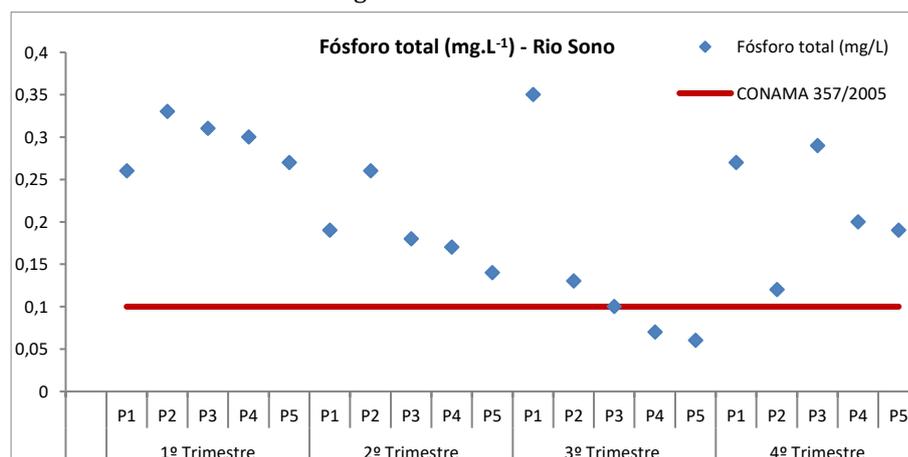
decomposição de organismos de origem alóctone) e artificiais, como esgotos domésticos e industriais, fertilizantes agrícolas e material particulado de origem industrial contido na atmosfera (ESTEVEES, 1988; WETZEL, 2001).

O fósforo pode se apresentar nas águas sob três formas diferentes. Os fosfatos orgânicos são a forma em que o fósforo compõe moléculas orgânicas, como a de um detergente, por exemplo. Os ortofosfatos são representados pelos radicais, que se combinam com cátions, formando sais inorgânicos nas águas e os polifosfatos, ou fosfatos condensados, são polímeros de ortofosfatos. Esta terceira forma não é muito importante nos estudos de controle de qualidade das águas, porque sofre hidrólise, convertendo-se rapidamente em ortofosfatos nas águas naturais (CETESB, 2004).

Bowes et al., (2008) relacionam as concentrações de fósforo total com o fluxo do corpo aquático, atribuindo o aumento nas concentrações deste parâmetro com o fluxo à presença de fontes difusas de poluição, sendo que a redução das concentrações de fósforo com o aumento do fluxo indica a predominância de fontes pontuais, como lançamento de esgoto doméstico e efluentes industriais. O fósforo na sua origem natural é proveniente da dissolução de compostos do solo e da decomposição da matéria orgânica.

As concentrações de fósforo total monitoradas foram de 0,06 mg.L⁻¹ em P5 da 3ª coleta a 0,35 mg.L⁻¹ para P1 da 3ª coleta, como mostra o Gráfico 28. Grande maioria (cerca de 85%) dos pontos amostrais estão acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA N.º 357/2005 (0,10 mg.L⁻¹ para águas de classe II).

Gráfico 28 - Fósforo total da água ano 2018



Fonte: dados da pesquisa (2018).

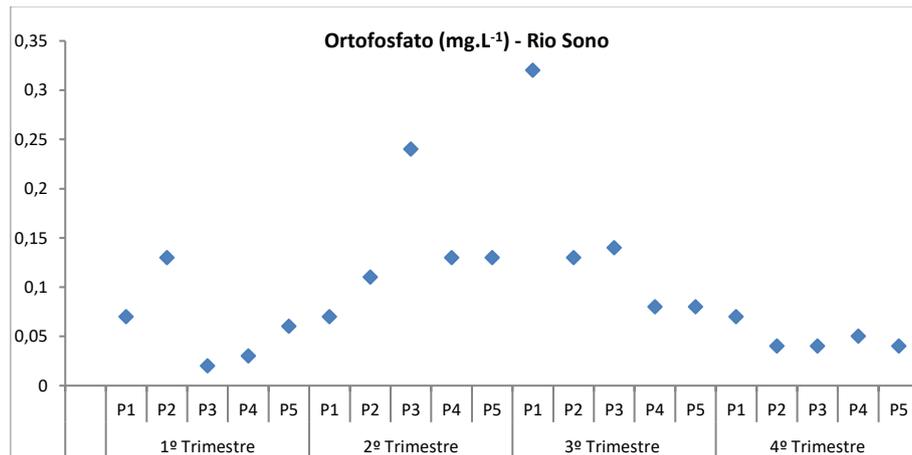
Ortofossato (mg.L⁻¹)

Nas águas superficiais o fósforo pode aparecer de três formas diferentes, sendo eles, fosfatos orgânicos, ortofosfatos e polifosfatos. Os fosfatos orgânicos são a forma em que o fósforo compõe uma molécula orgânica. Os ortofosfatos são representados pelos radicais livres, que quando combinados com os cátions, formam sais inorgânicos nas águas. Os polifosfatos ou fosfatos condensados são polímeros de ortofosfatos (NECKEL et al., 2013).

Os ortofosfatos são diretamente disponíveis para o metabolismo biológico sem necessidade de conversões a forma mais simples. A forma em que os ortofosfatos se apresentam na água depende do pH (SPERLING, 2005).

As concentrações do parâmetro ortofossato variaram entre 0,02 mg.L⁻¹ em P3 da 1ª coleta a 0,32 mg.L⁻¹ em P1 da 3ª coleta, conforme o Gráfico 29. A Resolução CONAMA N.º 357/2005 não estabelece limite para este parâmetro.

Gráfico 29 - Ortofosfato nos pontos amostrais em setembro de 2018.



Fonte: dados da pesquisa (2018).

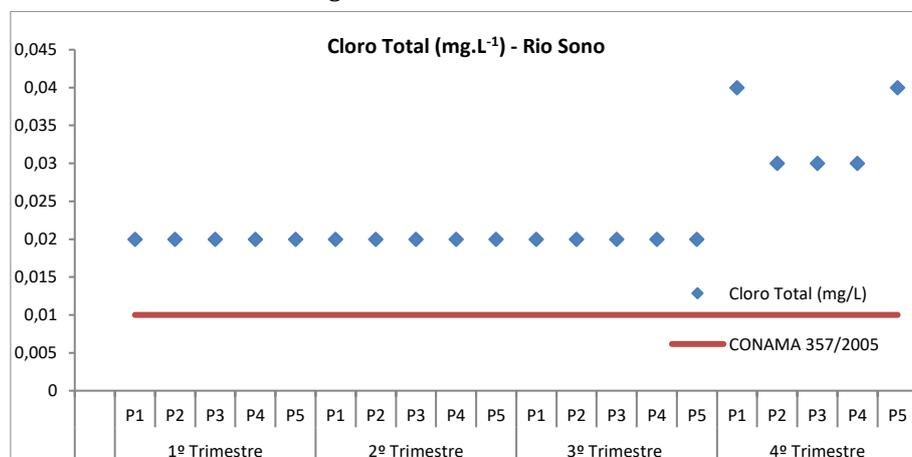
Cloro Total (mg.L⁻¹)

Denomina-se cloro residual livre a quantidade de íons hipoclorito (OCl) e ácido hipocloroso (HOCl), e o cloro total como a quantidade de cloro reagida ou não com os elementos presentes na água. O cloro e seus compostos são utilizados como desinfetante pois causam a inativação, em um curto tempo, dos microrganismos até então conhecidos, presentes nas águas naturais. Além disto, pelas dosagens utilizadas, o cloro não é tóxico aos seres humanos, não conferindo odor ou sabor às águas. A facilidade de obtenção, transporte, armazenamento e aplicação são outros fatores que ajudaram na preferência para a utilização desse composto (BRASIL, 2006).

O cloro é o desinfetante mais utilizado em desinfecção de águas públicas, seja em forma líquida ou gasosa, como pré-desinfecção ou pós-cloração. São utilizados em menor escala como desinfetantes ainda o ozônio, o permanganato de potássio, a mistura de ozônio com peróxido de hidrogênio e íons ferro (DANIEL, 2001).

As concentrações de cloro total variaram de <0,02 mg.L⁻¹ (menor que o limite de detecção do método), a 0,04 mg.L⁻¹ em P1 e P5 da 4ª coleta, como mostra o Gráfico 30. Desta forma, excetuando-se os pontos da 4ª coleta, não pode-se considerar os demais pontos como fora do valor permitido pela Resolução CONAMA N.º 357/2005 (0,01 mg.L⁻¹).

Gráfico 30 - Cloro Total da água ano de 2018



Fonte: dados da pesquisa (2018).

Dureza (mg.L⁻¹)

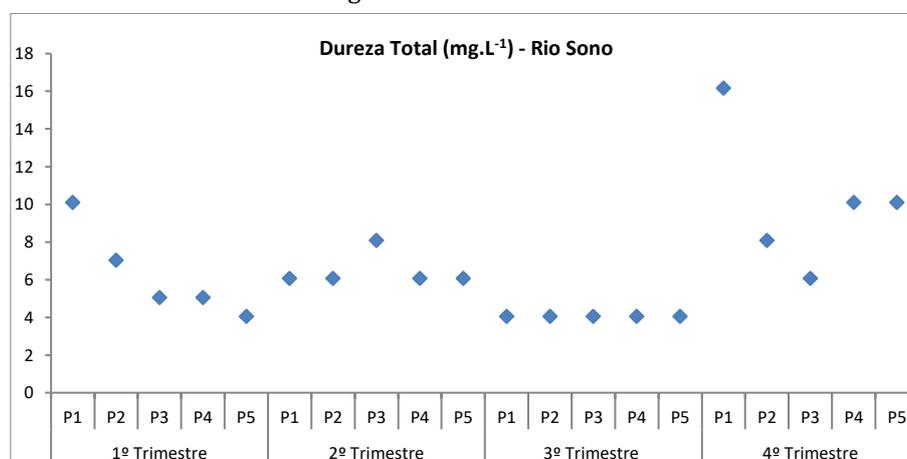
A dureza é caracterizada pela presença de sais de metais alcalinos terrosos (cálcio e magnésio), ferro e manganês, ou de outros metais bivalentes, em menor intensidade. Em teores elevados, a dureza causa sabor desagradável e efeitos laxantes (VASCONCELOS, 2011).

A dureza correspondente à alcalinidade é a dureza carbonato, enquanto que as demais formas são caracterizadas como dureza não carbonato (VON SPERLING, 2005).

De acordo com Gray (2008), a dureza da água varia significativamente, com a natureza geológica dos terrenos atravessados ou com a rocha que lhe deu origem. Normalmente as águas superficiais são mais macias que as águas subterrâneas.

Os resultados obtidos para dureza total nos pontos amostrais avaliados foram de 4,04 mg.L⁻¹ em P5 da 2ª coleta e todos os pontos amostrais da 3ª coleta, a 16,16 mg.L⁻¹ em P1 da 4ª coleta (Gráfico 31). A Resolução CONAMA N.º 357/2005 não estabelece limites para este parâmetro.

Gráfico 31 - Dureza total da água ano de 2018



Fonte: dados da pesquisa (2018).

Nitrogênio (mg.L⁻¹)

O nitrogênio é um elemento químico fundamental na composição dos organismos vivos, presente nas proteínas, na clorofila, no DNA, nas vitaminas, entre outros compostos biológicos. Desta forma participam de muitos processos vitais, como fotossíntese, respiração, síntese proteica e crescimento. Nos ecossistemas aquáticos é um importante nutriente que regula os processos ecológicos. EMBRAPA (2013)

Juntamente com o fósforo, o nitrogênio é um importante nutriente que regula os processos ecológicos que ocorrem nos ecossistemas aquáticos. Quando presente em baixas concentrações, este nutriente pode limitar a produção primária de ecossistemas aquáticos. O nitrogênio está presente nos ambientes aquáticos sob várias formas: nitrato (NO₃⁻), nitrito (NO₂⁻), amônia (NH₃), íon amônio (NH₄⁺), óxido nitroso (N₂O), nitrogênio molecular (N₂), nitrogênio orgânico dissolvido (peptídeos, fitoplâncton e detritos), etc. (ESTEVEES, 1998).

O nitrogênio pode advir de uma fonte natural; constituinte de proteínas, clorofila e vários outros compostos biológicos, ou de uma fonte antropogênica proveniente de despejos domésticos, industriais, excrementos de animais e fertilizantes.

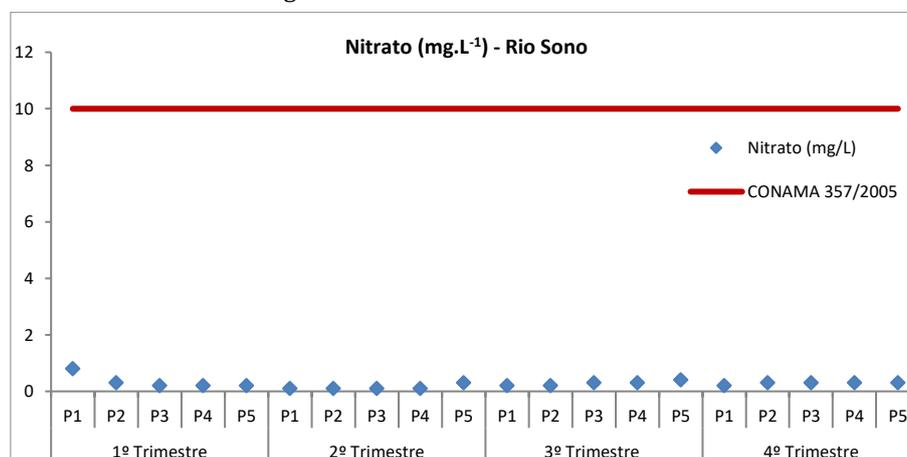
Das diversas formas de nitrogênio presentes no solo, à amônia (NH₃) e em especial o nitrato (NO₃⁻), podem ser causas da perda de qualidade da água. Sendo que, a amônia quando presente na água é altamente letal aos peixes, pela toxicidade que representa para este grupo da fauna; quando originada no solo ou aplicada via fertilizantes essa molécula tende a ser convertida a amônio (NH₄⁺) e este por sua vez é convertido a nitrato por meio de processos microbianos (BAIRD, 2002; FRANCA, 2006).

Dentre os poluidores das águas, salienta-se que fontes de água potável contendo altas concentrações de nitrato apresentam um grande risco para a saúde pública e animal, embora não apresente relativa toxidez para os adultos, por ser rapidamente excretado pelos rins. Entretanto, concentrações maiores que 10 mg.L^{-1} de nitrato, expresso como nitrogênio ($\text{NO}_3\text{-N}$), pode ser fatal para crianças com idades inferiores há seis meses e causar problemas na saúde dos animais (QUEIROZ, 2004).

Nitrato é a forma mais completamente oxidada do nitrogênio e é formado durante os estágios finais da decomposição biológica, tanto em estações de tratamento de água, como em mananciais de água natural. Sua presença não é estranha, principalmente em águas armazenadas em cisternas em comunidades rurais. Nitratos inorgânicos, assim como o nitrato de amônia, são largamente utilizados como fertilizantes. Salientando-se que baixas concentrações de nitrato podem estar presentes em águas naturais (ALMASRI, 2007).

O valor limite preconizado (para águas de classe II) para este parâmetro na Resolução CONAMA N.º 357/2005, é de 10 mg.L^{-1} , (Gráfico 32). As concentrações encontradas para este parâmetro foram de $0,10 \text{ mg.L}^{-1}$ em P1, P2, P3 e P4 da 2ª coleta, a $0,40 \text{ mg.L}^{-1}$ em P5 da 3ª coletas. Logo, os pontos amostrais estão abaixo dos limites preconizados pela Legislação.

Gráfico 32 - Nitrato da água ano de 2018



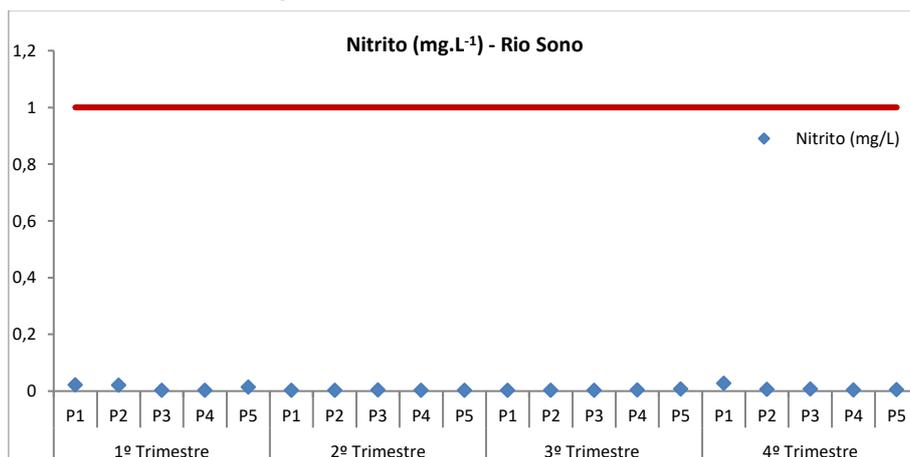
Fonte: dados da pesquisa (2018).

O Nitrito (NO_2^-) é um composto resultante da redução do nitrato, mediante a atividade respiratória das bactérias, ou da oxidação do íon amônio que liberada do protoplasma do fitoplâncton reage com a água produzindo o íon amônio que, através do processo de nitrificação, forma o nitrito (SILVA, 2004).

A ausência de nitrito em águas superficiais normalmente ocorre, pela sua instabilidade na presença de oxigênio, tornando-o principalmente uma forma intermediária dos compostos nitrogenados. A sua presença indica processos biológicos ativos influenciados por poluição orgânica recente e apresenta toxidez mais elevada que o nitrato (OLIVEIRA et al., 2010).

As concentrações de nitrito foram de $0,002 \text{ mg.L}^{-1}$ (menor limite de detecção do método que é de $0,002 \text{ mg.L}^{-1}$) em P1, P2, P4 e P5 da 1ª coleta a $0,027 \text{ mg.L}^{-1}$ em P1 da 4ª coleta (Gráfico 33). A Resolução CONAMA N.º 357/2005, preconiza um máximo de $1,00 \text{ mg.L}^{-1}$ de nitrito para águas de classe II. Desta maneira, todos os pontos encontram-se em acordo com a Legislação.

Gráfico 33 - Nitrito da água ano de 2018



Fonte: dados da pesquisa (2018).

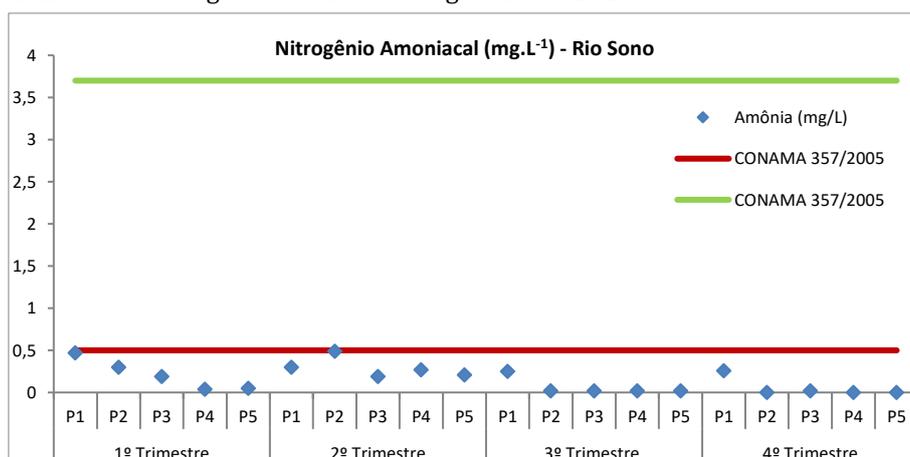
O nitrogênio amoniacal está presente na água na forma de amônia livre (NH_3) e do cátion amônio (NH_4^+) sendo, portanto, sua concentração função da soma desses dois compostos (ESTEVES, 1998). O nitrogênio amoniacal é a forma reduzida do nitrogênio indicando poluição recente no corpo d'água.

Segundo Silva (2004), a fonte de amônia pode ser o processo biogeoquímico, tendo início na decomposição das células fitoplanctônicas que liberam para a coluna d'água os micronutrientes que compõem seus protoplasmas (nitrato) e podem ser convertidos em amônia por meio de reações químicas.

A amônia quando presente na água é altamente letal aos peixes, pela toxicidade que representa para este grupo da fauna; quando originada no solo ou aplicada via fertilizantes essa molécula tende a ser convertida a amônio (NH_4^+) e este por sua vez é convertido a nitrato por meio de processos microbianos (BAIRD, 2002; FRANCA, 2006).

Para o nitrogênio amoniacal os valores obtidos foram de $<0,02 \text{ mg.L}^{-1}$ em P2, P3, P4 e P5 da 3ª coleta e todos os pontos amostrais da 4ª coleta, a $0,49 \text{ mg.L}^{-1}$ em P2 da 2ª coleta (Gráfico 34). A Resolução CONAMA N.º 357/2005 preconiza uma concentração máxima de amônia de $3,70 \text{ mg.L}^{-1}$ para $7,50 < \text{pH}$ e $2,0 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$, para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$. Assim, todos os pontos estão em acordo com o estabelecido pela Legislação.

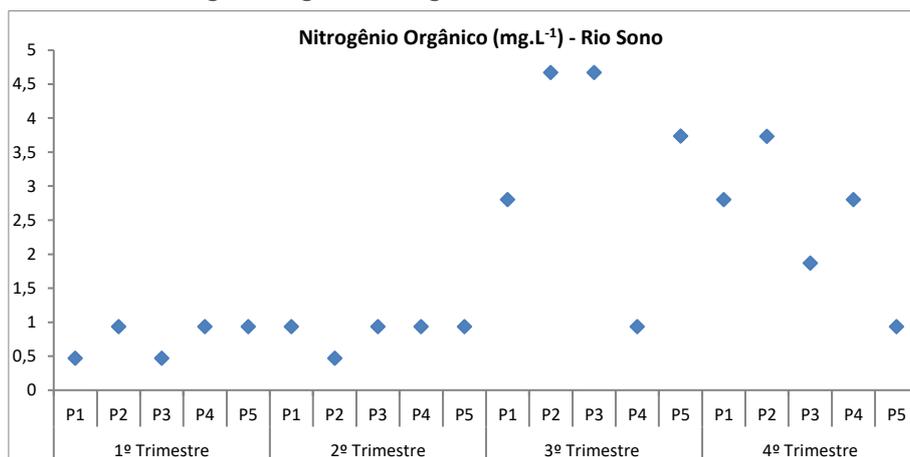
Gráfico 34 - Nitrogênio amoniacal da água ano de 2018



Fonte: dados da pesquisa (2018).

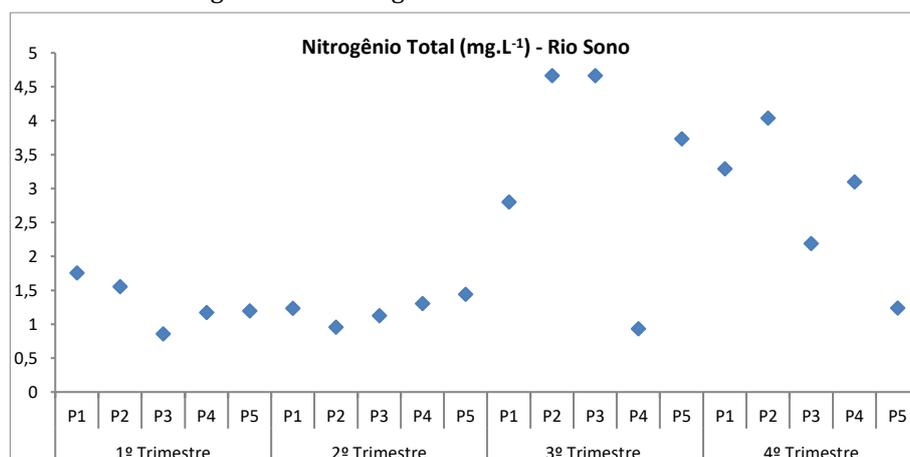
Quanto ao N-Orgânico e N-Total, a Resolução CONAMA N.º 357/2005 não estabelece padrões. Os resultados obtidos N-Orgânico oscilaram entre $0,467 \text{ mg.L}^{-1}$ P1, P3 da 1ª coleta e $4,667 \text{ mg.L}^{-1}$ P2 e P3 da 3ª coleta como mostra o Gráfico 35. As concentrações para Nitrogênio Total variaram entre $0,86 \text{ mg.L}^{-1}$ P3 da 1ª coleta a $4,667 \text{ mg.L}^{-1}$ P2 e P3 da 3ª coleta (Gráfico 36).

Gráfico 35 - Nitrogênio orgânico da água ano de 2018



Fonte: dados da pesquisa (2018).

Gráfico 36 - Nitrogênio Total da água ano de 2018



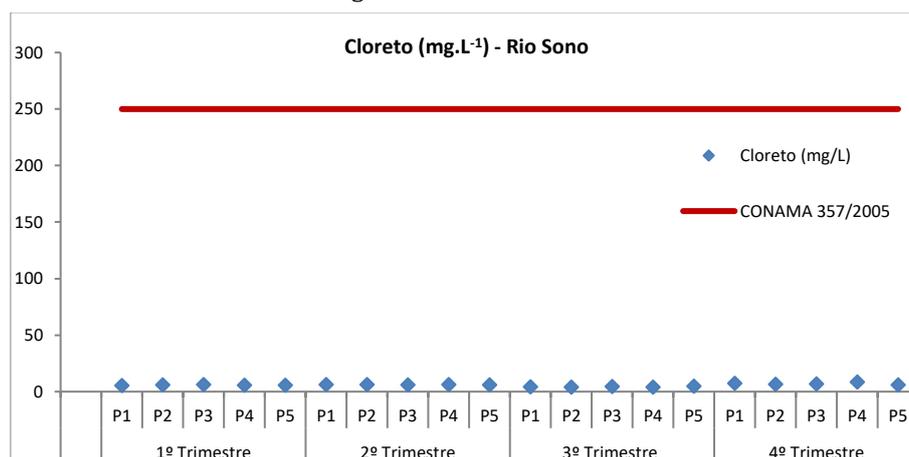
Fonte: dados da pesquisa (2018).

Cloreto Total (mg.L⁻¹)

Segundo Von Sperling (2005), todas as águas naturais contêm íons provenientes da dissolução de minerais dos solos e rochas. Os cloretos (Cl⁻) são provenientes da dissolução de sais, como sólidos dissolvidos advindos da dissolução de minerais ou pela intrusão de águas salinas que, em determinadas concentrações conferem um sabor salgado à água. Pode ter origem antropogênica, pelo contato com despejos domésticos e industriais ou com águas utilizadas em irrigação.

Os valores obtidos para o parâmetro cloreto total foram de 3,98 mg.L⁻¹ em P2 e P4 da 2ª coleta a 8,45 mg.L⁻¹ em P4 da 4ª coleta, Gráfico 37. Todos os pontos apresentaram concentração de cloreto total muito abaixo do valor máximo preconizado pela Resolução CONAMA N.º 357/2005 para águas de classe II (250 mg.L⁻¹).

Gráfico 37 - Cloreto Total da água ano de 2018



Fonte: dados da pesquisa (2018).

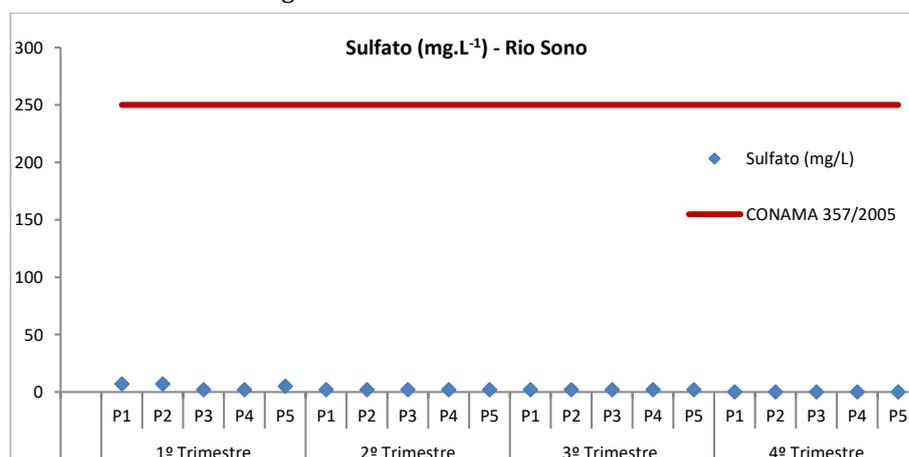
Sulfato (mg.L⁻¹)

O sulfato é um dos íons mais abundantes na natureza. Em águas naturais, a fonte de sulfato ocorre através da dissolução de solos e rochas e pela oxidação de sulfeto. As principais fontes antrópicas de sulfato nas águas superficiais são as descargas de esgotos domésticos e efluentes industriais (CAVALCANTI, 2010).

O íon sulfato, quando presente na água, dependendo da concentração, pode ser um indicador de poluição de uma das fases da decomposição da matéria orgânica, no ciclo do enxofre (RICHTER; NETO, 2000).

Todos os resultados encontrados variaram de <2,00 mg.L⁻¹ (menor limite de detecção do método que é de 2,00 mg.L⁻¹) em todos os pontos da 4ª coleta a 7,0 mg.L⁻¹ em P1 e P2 da 1ª coleta (Gráfico 38). A Resolução CONAMA N.º 357/2005 estabelece um limite de 250 mg.L⁻¹ para este parâmetro. Portanto os valores encontram-se abaixo do limite estabelecido pela Legislação vigente.

Gráfico 38 - Sulfato da água ano de 2018



Fonte: dados da pesquisa (2018).

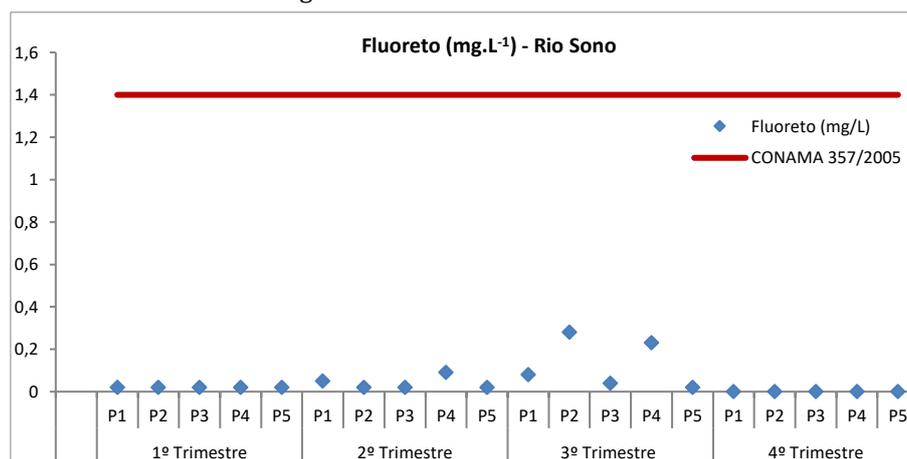
Fluoreto (mg.L⁻¹)

O fluoreto pode ocorrer naturalmente em águas naturais ou pode ser adicionado em quantidades controladas nas estações de tratamento de água. Em casos raros, a concentração de fluoreto natural pode aproximar-se dos 10 mg.L⁻¹, devendo essas águas ser desfluoretadas. A determinação exata do flúor é extremamente importante devido ao crescimento da prática de fluoretação da água como uma medida preventiva de saúde pública (PARRON, 2011).

As concentrações de fluoreto nas águas naturais são controladas por fatores como: temperatura, pH, presença de íons e coloides complexantes, solubilidade dos minerais que contém flúor, capacidade de troca iônica dos materiais do aquífero, tamanho e tipo de formações geológicas e tempo que as águas estão em contato com uma formação particular (AMPABIRE et al., 1997 apud ANDREAZZINI et al, 2014).

A Resolução CONAMA N.º 357/2005 estabelece um limite máximo de $1,40 \text{ mg.L}^{-1}$ de fluoreto. As concentrações dos pontos amostrais variaram entre $<0,02 \text{ mg.L}^{-1}$ em todos os pontos amostrais da 1ª e 4ª coleta, em P2, P3 e P5 da 2ª coleta e P5 da 3ª coleta, a $0,28 \text{ mg.L}^{-1}$ em P2 da 3ª coleta, como mostra o Gráfico 39. Sendo assim, os valores encontram-se abaixo do limite estabelecido pela legislação.

Gráfico 39 - Fluoreto da água ano de 2018



Fonte: dados da pesquisa (2018).

Arsênio (mg.L^{-1})

O Arsênio (As) encontra-se presente na natureza de várias formas químicas, sendo estas orgânicas e inorgânicas, resultado da participação do mesmo em complexos biológicos, químicos e aplicações na indústria (BORBA et al., 2004).

Nos últimos anos, a ingestão de Arsênio inorgânico através da água, tem emergido como uma importante questão de saúde pública. O elemento chega aos corpos d'água por fontes de depósitos naturais ou por práticas agrícolas e industriais, principalmente a mineração (RODRIGUES et al., 2017).

As concentrações de Arsênio encontradas neste monitoramento sempre ficaram abaixo do limite de detecção do método, que é o limite máximo da resolução CONAMA N.º 357/2005 ($0,01 \text{ mg.L}^{-1}$). Desta forma podemos admitir que não há contaminação por este elemento nos pontos monitorados. Deve-se ressaltar que limite de quantificação (LQ) se alterou de $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$ para $0,001 \text{ mg.L}^{-1}$ durante o período do monitoramento devido a mudança no método de detecção utilizado.

Sulfeto (mg.L^{-1})

O nível de sulfeto de hidrogênio encontrado em águas consideradas oxidadas é geralmente muito baixo porque ele é convertido de forma rápida em sulfato (BOLINA, 2017).

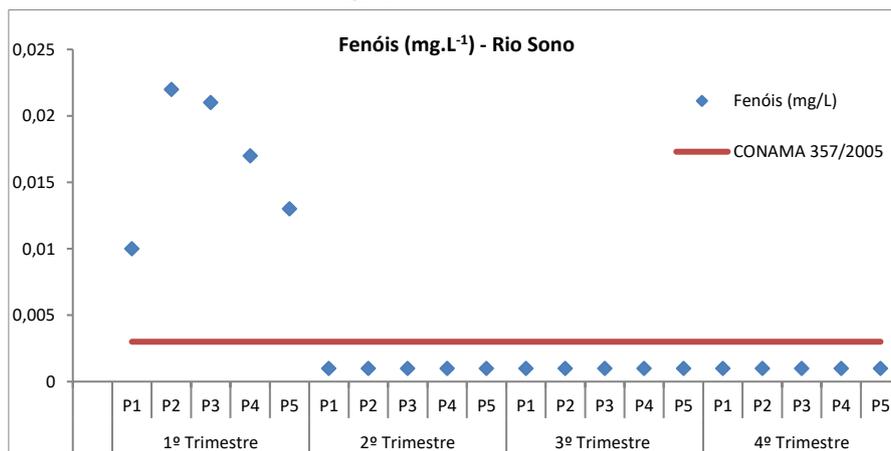
Os valores obtidos para sulfetos em todos os pontos amostrais se mantiveram abaixo do limite de detecção do método $<0,05 \text{ mg.L}^{-1}$ e $<0,005 \text{ mg.L}^{-1}$. O limite de quantificação (LQ) se alterou $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$ para $0,005 \text{ mg.L}^{-1}$ durante o período do monitoramento devido a mudança no método de detecção utilizado. A Resolução CONAMA N.º 357/2005 estabelece limite de $0,002 \text{ mg.L}^{-1}$ de sulfeto. Uma exceção ocorreu no ponto P1 da 3ª coleta que apresentou concentração de 11 mg.L^{-1} de sulfeto. Não foi observado um motivo para a alteração da concentração neste ponto.

Fenóis Totais (mg.L⁻¹)

Os fenóis e seus derivados aparecem nas águas naturais através das descargas de efluentes de indústrias de processamento da borracha, colas e adesivos, resinas impregnantes, componentes elétricos (plásticos) e as siderúrgicas, entre outras, são responsáveis pela presença de fenóis nas águas naturais. Os fenóis são tóxicos ao homem, aos organismos aquáticos e microrganismos que tomam parte dos sistemas de tratamento de esgotos sanitários e de efluentes industriais.

As concentrações nos pontos amostrais variaram de <0,001 mg.L⁻¹ em todos os pontos amostrais da 2ª, 3ª e 4ª coletas a 0,022 mg.L⁻¹ em P2 da 1ª coleta (Gráfico 40). A Resolução CONAMA N.º 357/2005 estabelece limite de 0,002 mg.L⁻¹ de sulfeto.

Gráfico 40 – Fenóis Totais da água, ano de 2018.



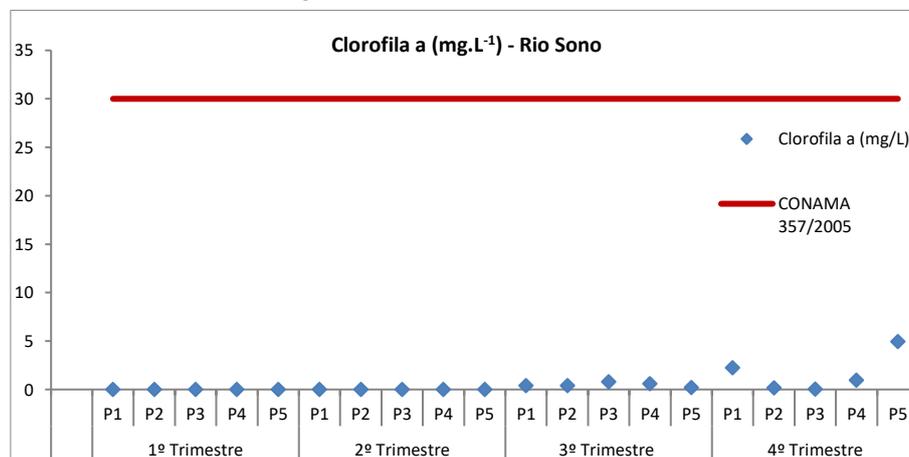
Fonte: dados da pesquisa (2018).

Clorofila a (µg.L⁻¹)

A clorofila é importante indicador de qualidade de água, visto que sua concentração aumenta em episódios de proliferação de algas em fenômenos conhecidos como eutrofização de corpos d'água. A eutrofização pode causar efeitos bastante deletérios à vida aquática, visto que uma proliferação de algas leva a um consequente aumento de zooplâncton consumidor de oxigênio dissolvido, acarretando a depleção de oxigênio na água e podendo levar à morte organismos aquáticos (BENITES, 2014).

Os valores encontrados foram de 0,03 µg.L⁻¹ em P3 da 4ª coleta a 4,92 µg.L⁻¹ em P5 da 4ª coleta, como mostra o Gráfico 41. Todos os pontos encontram-se abaixo do valor máximo preconizado pela Resolução CONAMA N.º 357/2005 para águas de classe II (30 µg.L⁻¹).

Gráfico 41 - Clorofila da água ano de 2018



Fonte: dados da pesquisa (2018).

Coliformes Totais e *Escherichia coli* (NMP.100 mL⁻¹)

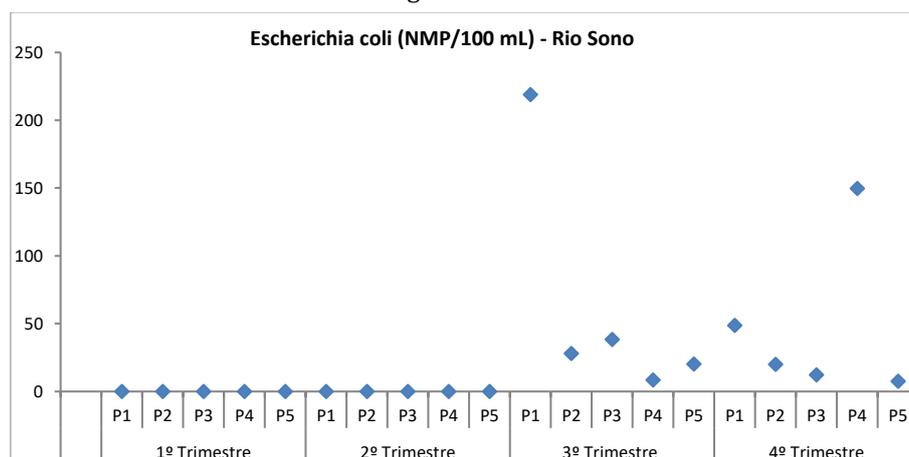
Os coliformes totais são bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a $35,0 \pm 0,5$ °C em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima β -galactosidase (Brasil, 2004).

A maioria das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, embora vários outros gêneros e espécies pertençam ao grupo. Os coliformes termotolerantes é um subgrupo das bactérias do grupo coliforme que fermentam a lactose a $44,5 \pm 0,2$ °C em 24 horas, tendo como principal representante da *Escherichia coli* (*E. coli*), de origem exclusivamente fecal (Brasil, 2004).

As bactérias usadas como indicadores de poluição da água por matéria fecal são os coliformes fecais, que vivem normalmente no organismo humano e no dos animais de sangue quente, existindo em grande quantidade nas fezes. Embora não sejam patogênicas, a presença dessas bactérias na água indica que ela recebeu matéria fecal e pode, portanto, conter microrganismos patogênicos. Entre as bactérias do grupo coliforme, a mais usada como indicadora de poluição fecal é a *Escherichia coli* (BRAGA et al., 2005).

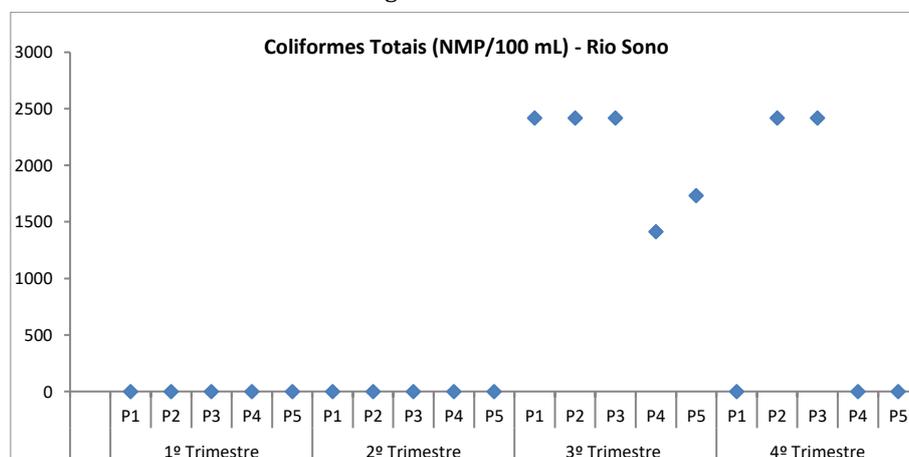
A resolução Conama 357/2005 estabelece que não deva ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes, os resultados encontram-se apresentados nos Gráficos 42 e 43.

Gráfico 42 – Coliformes Totais da água ano de 2018



Fonte: dados da pesquisa (2018).

Gráfico 43 – *Escherichia coli* da água ano de 2018



Fonte: dados da pesquisa (2018).

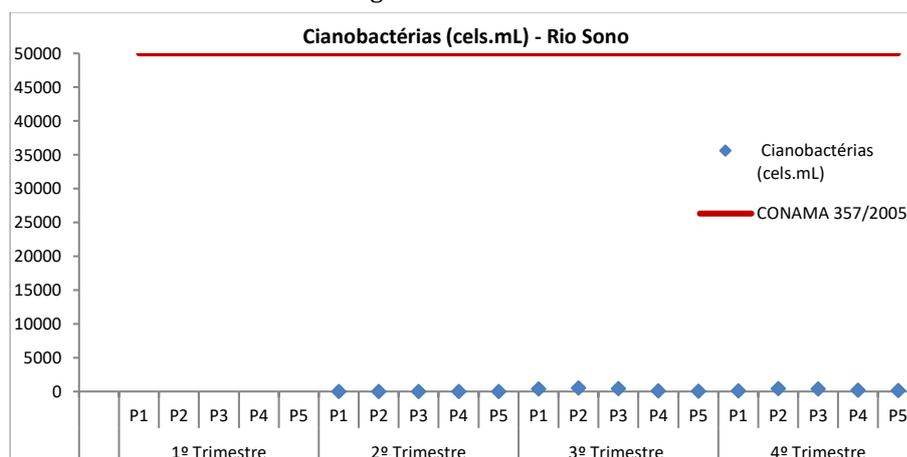
Cianobactérias (mg.L⁻¹)

As cianobactérias são micro-organismos procariotos, fotossintetizantes e que estão presentes na maioria dos ecossistemas do nosso planeta. Dentre os aproximadamente 150 gêneros descritos, 40 estão relacionados com a produção de algum tipo de toxina. Entretanto, à medida que novas pesquisas são feitas tem sido relativamente comum o fato de gêneros descritos como não produtores de cianotoxinas serem relatados como produtores. Deste modo, a princípio, qualquer cianobactéria pode ser considerada como potencialmente produtora de cianotoxinas.

As cianobactérias presentes em grande número modificam a qualidade da água, por potencialmente produzirem toxinas, odores ou uma espuma densa, de cor verde azulada, na superfície da água, chamada de floração. Essas florações podem ocorrer quando há um excesso de nutrientes (como o nitrogênio e o fósforo) na água, oriundos de esgotos não tratados, arraste pelas chuvas de terras agricultáveis ricas em nutrientes e elevada insolação na água. Além da aparência desagradável, as substâncias decorrentes da presença de cianobactérias podem ser tóxicas para os humanos e mortais para a maioria dos animais selvagens e domésticos. Quando elas se decompõem, podem esgotar o oxigênio da água e causar a morte de peixes. Por isso, quando existe a suspeita de cianobactérias, a água deve ser submetida à análise antes de qualquer tipo de uso.

Os valores encontrados foram de 117,4 cel/mL⁻¹ em P5 da 4ª coleta a 513,52 cel/mL⁻¹ em P2 da 3ª coleta (Gráfico 44). Todos os pontos encontram-se abaixo do valor máximo preconizado pela Resolução CONAMA N.º 357/2005 para águas de classe II (50.000 cel/mL⁻¹).

Gráfico 44 - Cianobactérias da água ano de 2018



Fonte: dados da pesquisa (2018).

5. Considerações Finais

De acordo com os resultados obtidos das análises dos pontos amostrais da Bacia Hidrográfica do Rio Sono (enquadrado como classe II pela Resolução CONAMA N.º 357, de maio de 2005), alguns parâmetros, não se encontraram em acordo com o enquadramento exigido para este corpo hídrico. Logo se faz necessário observar alguns questionamentos apontados abaixo:

- A quantidade de fósforo total está acima no limite preconizado pela legislação em todos os pontos amostrais. Concentrações elevadas de fósforo na água poderão, junto com outras condições levar a proliferação excessiva de algas que estão associadas com a eutrofização. Apesar disto não se pode afirmar que o corpo hídrico se encontra em um processo de eutrofização, já que as concentrações de nitrogênio se encontram dentro do normal.
- Os resultados de Cloro Total relativos a 4ª campanha, apresentaram valores acima do estabelecido pela legislação.
- As concentrações de Fenóis da 1ª coleta ficaram acima dos limites máximos recomendados pelo Conama.
- A continuidade do monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio Sono é imprescindível para avaliação e acompanhamento dos parâmetros que se apresentam em desconformidade a fim de identificar com maior segurança, tais concentrações e as causas das alterações observadas.

6. Referências Bibliográficas

ANDREAZZINI, M.J.; FIGUEIREDO, B.R.; LICHT, O.A.B. Geoquímica do flúor em águas e sedimentos fluviais da região de Cerro Azul, estado do Paraná: Definição de áreas de risco para consumo humano. CPRM. 2014. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/liv_geol_med6.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2018.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21. ed. Washington: APHA/WEF/AWWA, 2005.

ARAÚJO, M. C. de; SANTOS, F. M. da S.; OLIVEIRA, M. B. M. de. **Análise da qualidade da água do riacho Cavouco** - UFPE. Recife, PE. 2012/2013.

ALMASRI, M. N. Nitrate contamination of groundwater: A conceptual management framework. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 27, p. 220- 242. 2007.

BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BENITES, C, M. Estudo sobre a proposta de metodologia para ensaios de determinação de fósforo e clorofila 'a' para emprego nos exames periciais de unidades de criminalística da Polícia Federal. Florianópolis, SC, 64p. 2014.

BERTI, A. P.; DÜSMAN, E.; SOARES, L. C.; GRASSI, L. E. A. Efeitos da contaminação do ambiente aquático por óleos e agrotóxicos. **SaBios: Rev. Saúde e Biol.**, v. 4, n. 1, p. 45-51, jan./jun. 2009.

BRASIL. Portaria nº 518, de 25 de novembro de 2004: Normas de qualidade da água para consumo humano. Ministério da Saúde, Brasília, 15p. 2004.

BRASIL - Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA Resolução N.º 357 de 17 de novembro de 2005: que 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. Brasília, 2005.

BRASIL, Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Boas Práticas no Abastecimento de Água: Procedimentos para minimização de riscos à Saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

BRITO, D. C. Aplicação do sistema de modelagem da qualidade da água Qual2kw em grandes rios: o caso do alto e médio o Rio Araguari – AP. Dissertação de mestrado do PPGBio/UNIFAP, 130 p. Macapá – AP: 2008.

BOLINA, C. C., RODRIGUES, A. L. Reuso de água de dreno de ar condicionado para fins não potáveis. **Engvista**, V.19, nº5, p.1387-1400, 2017.

BOWES, M. J.; SMITH, J. T.; JARVIE, H. P.; NEAL, C. Modelling of phosphorus inputs to rivers from diffuse and point sources. **Sci. Total Environ**. 2008, 395, 125.

BUZALAF, M. A. R. **Fluoretos e Saúde Bucal**. São Paulo: Santos, 2008.

CALLISTO, M. & GONÇALVES, J. F. Jr. A vida nas águas das montanhas. **Ciência Hoje** 31(182):68-71p, 2002.

CAVALCANTI, Daniella da Silva Porto. Qualidade físico-química da água da bacia no alto do rio Paraná/Go. 2010. 80 f. Tese (Doutorado) - Curso de Mestrado em Ecologia e Produção Sustentável, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Rio Paraná/Go, 2010. Disponível em: <<http://tede2.pucgoias.edu.br:8080/bitstream/tede/2489/1/>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

DANIEL, L. A. Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável. São Carlos: Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – PROSAB, 2001.

DUARTE, A. S. Reuso de água residuária tratada na irrigação da cultura do pimentão (*Capsicum annun L.*). Tese (doutorado em agronomia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. São Paulo, 2006.

EMBRAPA. **Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos**. Brasília-DF: Embrapa, 2013. 440 p.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Setembro: Editora Interciência/FINEP, 575p. 1988.

FARIAS, M. S. S. Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Cabelo. 153 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)- Universidade de Campina Grande, Paraíba, 2006.

FRANCA, R.M.; FRISCHKORN, H.. SANTOS, M.R.P.; MENDONÇA, L.A.R.; BESERRA, M.C. Contaminação de poços tubulares em Juazeiro do Norte/CE. **Engenharia Sanitária Ambiental**, 2006.

GRAY, N. F. **Drinking Water Quality, Problems and Solutions**. Second Edition, Cambridg University Press, UK, ISBN: 978-0-511-39371-6.2008.

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 (Orgs.) **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, p. 428 - 451. 2001.

LOUGON, M. S. et al. Caracterização dos sólidos totais, fixos e voláteis nas águas residuais geradas pela lavagem dos frutos do cafeeiro. UFES - Departamento Engenharia Florestal, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. Jerônimo Monteiro, ES. 2009 a 2010.

OLIVEIRA, C. N.; CAMPOS, V. P.; MEDEIROS, Y. D. P. Avaliação e identificação de parâmetros importantes para a qualidade de corpos d'água no semiárido baiano. Estudo de caso: bacia hidrográfica do Rio Salitre. **Química Nova**, v. 33, n. 5, p. 1059-1066, 2010.

PARRON, L. M., MUNIZ, D. H. de F., PEREIRA, C. M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água** [recurso eletrônico]. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. Acessado em <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/921050/1/Doc232ultimaversao.pdf>.

PAIVA, J.B.D.; CAUDURO, E.M.D.P. Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas.

PINTO, M. C. F. **Manual Medição in loco: Temperatura, pH. Manual Medição in loco: Temperatura, pH**, Serviço Geológico do Brasil, 2007, 44p.

QUEIROZ, E.T. Diagnóstico de águas minerais e potáveis de mesa do Brasil. In: Anais. Congresso Brasileiro De Águas Subterrâneas, 13., Cuiabá, 2004. Cuiabá: ABAS, 2004.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. **Introdução a química ambiental**. 2ª ed. Porto alegre: Bookman, 2009.

RODRIGUES, T. F.; PONTES, A. S.; et al., A ação dos metais pesados originários de rejeitos de mineração sobre a saúde humana e seu impacto ao meio ambiente. **Revista Semioses**. V.11, nº02, 2017.

RICHTER, C A.; NETO, J. M. A. **Tratamento de Água** – Tecnologia Atualizada – São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2000.

SILVA, C. D. F. Aplicação do Índice de Estado Trófico (IET) para avaliação do grau de trofia do reservatório da UHE Luís Eduardo Magalhães, verificando a influência das ETes de Palmas – TO. 2000. 64 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Tocantins – UFT, Palmas, TO, 2004.

SOUZA, D. F.; PINTO, A. L.; MENDES, A. M. S. Qualidade, enquadramento e limitações de uso das águas superficiais da Lagoa Maior 2011 e 2012 em Três Lagoas – MS. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**. v. 8, n. 2, p. 151-159, 2012.

USEPA. US Environmental Protection Agency. Basic Information about Regulated Drinking Water Contaminants and Indicators. 2012.

VASCONCELOS, V. de M. M.; SOUZA, C. F. Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém, PA, Brasil. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 6, n. 2, p. 305-324, 2011.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**: 3 ed. – Belo Horizonte Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005.

WETZEL, R. G. **Limnology: Lake and River Ecosystems**. San Diego: Academic Press, 2001. 1006 pp.

ANEXOS

ANEXO 1: Tabela dos valores obtidos para todos os parâmetros monitorados no 1º, 2º, 3º e 4º trimestres 2018.

PARÂMETROS		1º Trimestre - Rio Sono 2018					2º Trimestre - Rio Sono 2018					3º Trimestre - Rio Sono 2018					4º Trimestre - Rio Sono 2018				
		P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Turbidez (NTU)		69,3	88,4	72,7	20,6	12,5	27,1	79	21,1	30,1	12,3	13,57	6,88	7,54	4,2	3,98	16,2	2,85	8,21	2,37	2,59
Sólidos Totais Dissolvidos (PPM)		10,69	6,61	5,15	3,95	2,75	8,79	5,33	6,61	3,15	2,84	8,71	3,76	3,39	2,42	2,31	17,8	3,93	3,35	2,95	2,59
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L)		4,73	4,6	3,48	4,35	4,71	4,24	1,12	1,57	1,1	0,78	6,01	1,9	2,78	1,13	3,19	1,06	0,9	2,96	0,89	3,38
Demanda Química de Oxigênio (mg/L)		12,7	11,6	7,9	4,8	6,6	26	11,0	3,0	5,0	3,0	7,1	1,7	0,8	<0,7	<0,7	<0,7	0,7	5,9	<0,7	<0,7
Óleos e Graxas (mg/L)		19,6	12	9,6	2,4	8	13,6	24,4	7,2	<0,4	0,4	8,4	7,6	4,8	2,8	3,6	18,4	6	15,2	13,2	40,8
Fósforo total (mg/L)		0,26	0,33	0,31	0,3	0,27	0,19	0,26	0,18	0,17	0,14	0,35	0,13	0,10	0,07	0,06	0,27	0,12	0,29	0,2	0,19
Ortofosfato (mg/L)		0,07	0,13	0,02	0,03	0,06	0,07	0,11	0,24	0,13	0,13	0,32	0,13	0,14	0,08	0,08	0,07	0,04	0,04	0,05	0,04
Cloro Total (mg/L)		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04
Dureza	Cálcio (mg/L)	6,06	2,02	2,02	2,02	2,02	4,04	4,04	6,06	4,04	4,04	2,02	1,01	1,01	1,01	1,01	8,08	2,02	4,04	2,02	4,04
	Magnésio (mg/L)	4,04	5,05	3,03	3,03	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	3,03	3,03	3,03	3,03	8,08	6,06	2,02	8,08	6,06
	Dureza Total (mg/L)	10,1	7,02	5,05	5,05	4,04	6,06	6,06	8,08	6,06	6,06	4,04	4,04	4,04	4,04	4,04	16,16	8,08	6,06	10,1	10,1
Nitrogênio	Amônia (mg/L)	0,47	0,3	0,19	0,04	0,05	0,3	0,49	0,19	0,27	0,21	0,25	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,26	<0,02	0,02	<0,02	<0,02
	Nitrito (mg/L)	0,022	0,021	0,003	0,002	0,014	<0,002	<0,002	0,004	<0,002	<0,002	0,002	0,002	0,002	0,004	0,007	0,027	0,006	0,007	0,004	0,005
	Nitrato (mg/L)	0,8	0,3	0,2	0,2	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3
	Nitrogênio Orgânico (mg/L)	0,467	0,933	0,467	0,933	0,933	0,933	0,467	0,933	0,933	0,933	2,8	4,667	4,667	0,933	3,733	2,8	3,73	1,867	2,8	0,933
	Nitrogênio Total (mg/L)	1,759	1,554	0,86	1,175	1,197	1,233	0,957	1,127	1,303	1,443	2,8	4,667	4,667	0,933	3,733	3,29	4,04	2,19	3,1	1,24
Cloreto (mg/L)		5,37	5,77	5,97	5,57	5,57	5,97	5,97	5,77	5,97	5,77	4,18	3,98	4,38	3,98	4,77	7,28	6,34	6,57	8,45	5,87
Sulfato (mg/L)		7,0	7,0	2,0	2,0	5,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Fluoreto (mg/L)		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,05	<0,02	<0,02	0,09	<0,02	0,08	0,28	0,04	0,23	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Arsênio (mg/L)		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Sulfeto (mg/L)		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	11,0	<0,005	<0,0005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,005	<0,005	<0,005
Fenóis (mg/L)		0,01	0,022	0,021	0,017	0,013	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Clorofila a (mg/L)		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,39	0,39	0,79	0,59	0,2	2,24	0,15	0,03	0,96	4,92
Coliformes Totais (NMP/100 mL)		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2420	2420	2420	1414	1733	>2419,6	2420	2420	>2419,6	>2419,6
Escherichia coli (NMP/100 mL)		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	218,7	27,9	38,3	8,4	20,1	48,7	19,9	12,2	149,7	7,5
Cianobactérias (cels.mL)		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	355,4	513,5	435,0	69,9	46,6	70,7	411,3	387,4	182,4	117,4



Relatório Técnico Final
2018
Volume 1

MONITORAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIO MANUEL ALVES GRANDE

PALMAS-TO
NOVEMBRO DE 2018

1 Apresentação Geral

A disponibilidade de água com qualidade e quantidade, é uma questão que preocupa o homem desde os primórdios da humanidade. Comunidades eram criadas em regiões cuja oferta de água potável era suficiente para atender às demandas da população. Contudo, as aglomerações de massas populacionais ao longo dos tempos acabaram interferindo de maneira significativa no meio ambiente principalmente no meio hídrico (MARTINS, 2015).

O progressivo desenvolvimento de tecnologia para a captação, o transporte, o tratamento e a distribuição da água, demonstrando a crescente consciência da humanidade para o papel da água no desenvolvimento das culturas e na proteção a saúde humana (HELLER & PÁDUA, 2010).

Devido ao crescimento demográfico e às mudanças nos padrões de consumo na segunda metade do século XX, o consumo de água por habitante aumentou em até seis vezes, o que gerou um aumento na demanda por infraestrutura para garantir disponibilidade hídrica em quantidade e qualidade, o que tem causado uma maior pressão e degradação nos corpos hídricos (MALHEIROS, 2005, p. 183).

Atualmente, o uso da água é atendido em sua maior parcela por meio dos rios, recurso hídrico que corresponde a uma parcela muito pequena do total de água no planeta, apenas 0,01%. Assim, diante da característica finita da água, do aumento na demanda em função do crescimento populacional, industrial e amplificação de outros usos, é importante planejar a administração da quantidade e qualidade dos recursos hídricos, principalmente dos superficiais (LEME, 2010).

O gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil foi desenvolvido com base na escassez e nos conflitos provocados pelos vários usos da água, de tal modo, que as políticas de recursos hídricos adotaram instrumentos de gerenciamento como a outorga pelo direito do uso da água e a cobrança pelo uso da água, como forma de promover seu uso racional (RODRIGUES et al., 2015, p. 01).

O monitoramento dos cursos d'água normalmente é realizado por meio da avaliação físico-química e bacteriológica para enquadramento, utilizando parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (BRASIL, 2005).

Neste relatório, os resultados do programa de monitoramento limnológico da Bacia Hidrográfica do Rio Manuel Alves Grande, obtidos no mês de outubro de 2018, são apresentados e discutidos. Os parâmetros de clorofila, coliformes totais, E. Coli e cianobactérias só foram adicionados as rotinas de monitoramento a partir da 3ª campanha. Especificamente, os objetivos gerais desse programa consistem em: (i) caracterizar a variabilidade da qualidade da água; (ii) verificar possíveis alterações, tendo como padrão de qualidade os valores especificados na Resolução CONAMA N.º 357 de 17 de maio de 2005 (para águas da classe II).

2. Metodologia

A Tabela 5 mostra as coordenadas dos pontos de coleta definidos no planejamento do monitoramento. Os pontos de coleta foram definidos pelos técnicos da SEMARH. A seguir são mostradas as fotos dos locais onde as coletas foram realizadas.

2.1. Localização dos pontos de coleta

Tabela 5. Identificação dos pontos amostrais, sistema de coordenadas geográficas

Bacia Hidrográfica	Nome do Pontos	Pontos Correspondentes	Latitude	Longitude
Rio Manuel Alves Grande	BMAG-01	P1	08°11'42.00"S	46°41'42.00"W
Rio Manuel Alves Grande	BMAG-02	P2	08°09'36.00"S	46°36'54.00"W
Rio Manuel Alves Grande	BMAG-03	P3	08°00'46.80"S	46°28'36.20"W
Rio Manuel Alves Grande	BMAG-04	P4	08°00'40.98"S	46°43'19.49"W
Rio Manuel Alves Grande	BMAG-05	P5	07°57'09.32"S	46°48'36.74"W
Rio Manuel Alves Grande	BMAG-06	P6	08°08'24.00"S	46°38'16.80"W

Figura 9 - Ponto amostral P1.



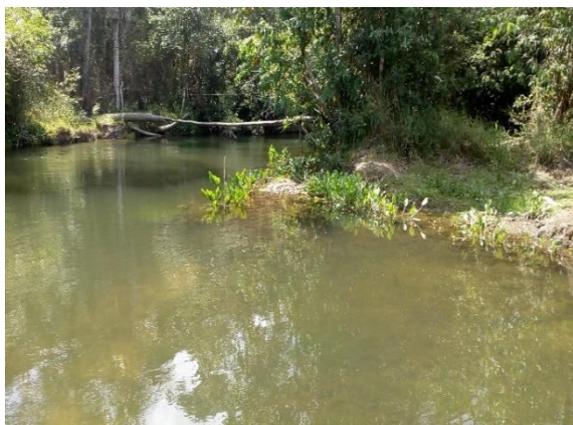
Fonte: Autor (2018).

Figura 10 - Ponto amostral P2.



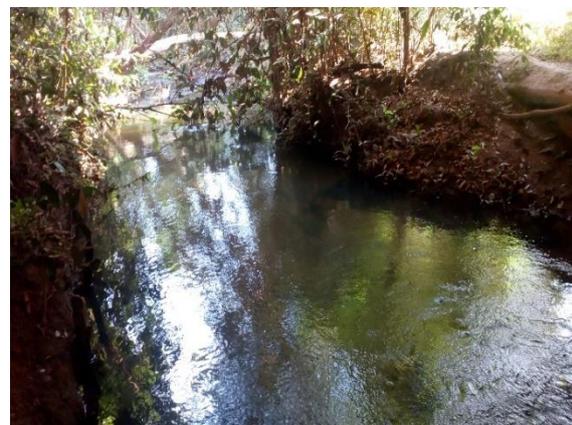
Fonte: Autor (2018).

Figura 11 - Ponto amostral P3.



Fonte: Autor (2018).

Figura 12 - Ponto amostral P4.



Fonte: Autor (2018).

Figura 13 - Ponto amostral P5.



Fonte: Autor (2018).

Figura 14 - Ponto amostral P6.



Fonte: Autor (2018).

3. Coleta e Análise

O trabalho de campo foi realizado trimestralmente pela equipe do Laboratório de Pesquisas em Química Ambiental e de Biocombustíveis – LAPEQ, nas seguintes datas: 30 de janeiro a 02 de fevereiro, 03 e 04 de abril, 19 e 20 de junho e 02 e 03 de outubro de 2018. As amostras foram preservadas em caixa com gelo até a chegada ao laboratório. Os parâmetros físicos e químicos foram analisados de acordo com a metodologia proposta pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* - APHA (2005), conforme demonstrado na Tabela 6.

Tabela 6. Parâmetros analisados nos pontos de amostragem do córrego na área de influência da bacia hidrográfica do Manuel Alves Grande

PARÂMETROS	TÉCNICA	REFERÊNCIA	
Turbidez (NTU)	Nefelometria	APHA (2005)	
Sólidos Totais Dissolvidos (mg.L ⁻¹)	Medida Direta	APHA (2005)	
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg.L ⁻¹)	Diferenciação	APHA (2005)	
Demanda Química de Oxigênio (mg.L ⁻¹)	Titulometria	APHA (2005)	
Óleos e Graxas (mg.L ⁻¹)	Extração de Soxhlet	APHA (2005)	
Fósforo total (mg.L ⁻¹)	Espectrofotometria	APHA (2005)	
Ortofosfato (mg.L ⁻¹)	Espectrofotometria	APHA (2005)	
Cloro Livre (mg.L ⁻¹)	Espectrofotometria	APHA (2005)	
Dureza	Cálcio (mg.L ⁻¹)	Titulometria	APHA (2005)
	Magnésio (mg.L ⁻¹)	Titulometria	APHA (2005)
	Total (mg.L ⁻¹)	Titulometria	APHA (2005)
Nitrogênio	Amônia (mg.L ⁻¹)	Espectrofotometria	APHA (2005)
	Nitrito (mg.L ⁻¹)	Espectrofotometria	APHA (2005)
	Nitrato (mg.L ⁻¹)	Espectrofotometria	APHA (2005)
	Orgânico (mg.L ⁻¹)	Kjeldahl	APHA (2005)
	Total (mg.L ⁻¹)	Diferenciação	APHA (2005)
Sulfato (mg.L ⁻¹)	Espectrofotometria	APHA (2005)	
Fluoreto (mg.L ⁻¹)	Espectrofotometria	APHA (2005)	
Arsênio (mg.L ⁻¹)	ICP-MS	APHA (2005)	
Sulfeto (mg.L ⁻¹)	ICP-MS	APHA (2005)	
Fenóis (mg.L ⁻¹)	ICP-MS	APHA (2005)	
Clorofila <i>a</i> (µg.L ⁻¹)	Espectrofotometria	APHA (2005)	
Coliformes Totais (NMP.100 mL ⁻¹)	Colilert	APHA (2005)	
Escherichia coli (NMP.100 mL ⁻¹)	Colilert	APHA (2005)	
Cianobactérias (cels.mL ⁻¹)	Contagem	APHA (2005)	

4 Resultados e Discussão

4.3 Qualidade da Água Manuel Alves Grande

Turbidez (NTU)

A turbidez é causada pela presença de materiais em suspensão, tais como argila, sílica, matéria orgânica e inorgânica finamente dividida e organismos microscópicos. Como é a capacidade de ultrapassagem de luz na água, a turbidez em águas superficiais aumenta devido aos efeitos da erosão, das cheias, enxurradas e da poluição, relacionada aos despejos domésticos e industriais, os quais agregam à água materiais que servem de alimento para bactérias e outros organismos vivos que também vão contribuir com o aumento desse parâmetro (BRITO, 2008).

Segundo Farias (2006), quando a água recebe certa quantidade de partículas que permanecem por algum tempo em suspensão ela é considerada turva. Estas partículas podem ser oriundas do próprio solo quando não há mata ciliar ou proveniente de atividades minerais, como portos de areia, exploração de argila, indústrias, ou mesmo de esgoto das cidades.

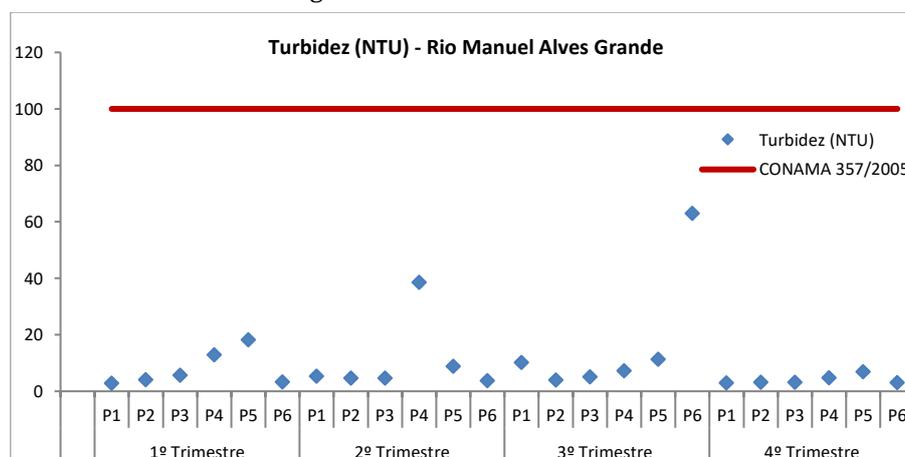
Os resultados para este parâmetro variaram entre 2,79 NTU em P1 da 1ª coleta a 63,0 NTU em P6 na 3ª coleta, conforme Gráfico 45. Os valores obtidos encontram-se abaixo do estabelecido pela Resolução CONAMA N.º 357/2005 (100 NTU, para águas de classe II).

Sólidos Totais Dissolvidos (mg.L⁻¹)

Sólidos totais dissolvidos é o conjunto de todas as substâncias orgânicas e inorgânicas contidas num líquido sob formas moleculares ionizadas ou microgranulares (ARAÚJO; SANTOS; OLIVEIRA, 2013). Os sólidos agem de maneira indireta sobre a vida aquática, impedem a penetração da luz, induzem o aquecimento da água o que, conseqüentemente, diminui a quantidade de oxigênio dissolvido no meio (LOUGON, 2009).

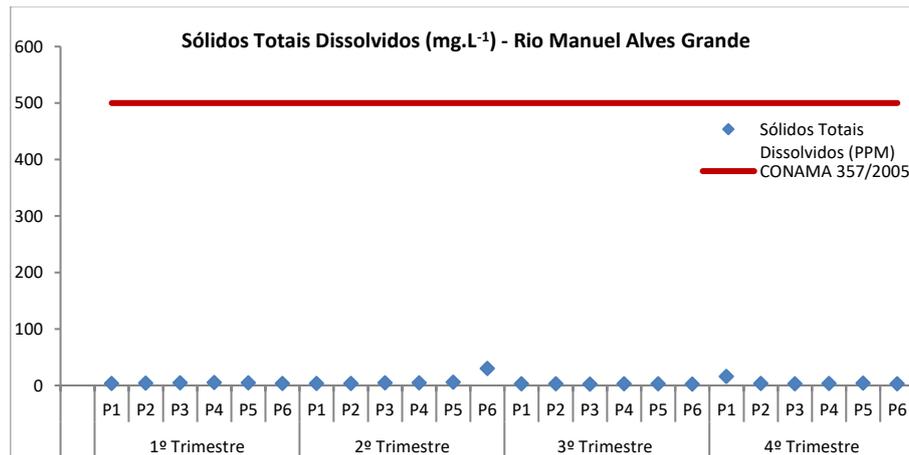
As concentrações encontradas para sólidos totais dissolvidos foram de 1,96 mg.L⁻¹ em P6 da 3ª coleta a 30,0 mg.L⁻¹ em P6 da 2ª coleta, conforme Gráfico 46. Desse modo, estão dentro do limite estabelecido pela legislação. O limite máximo admitido pela Resolução CONAMA N.º 357/2005 de STD para águas de classe II é de 500 PPM (ou mg.L⁻¹).

Gráfico 45 – Turbidez da água ano 2018



Fonte: dados da pesquisa (2018).

Gráfico 46 – Sólidos Totais Dissolvidos da água ano 2018



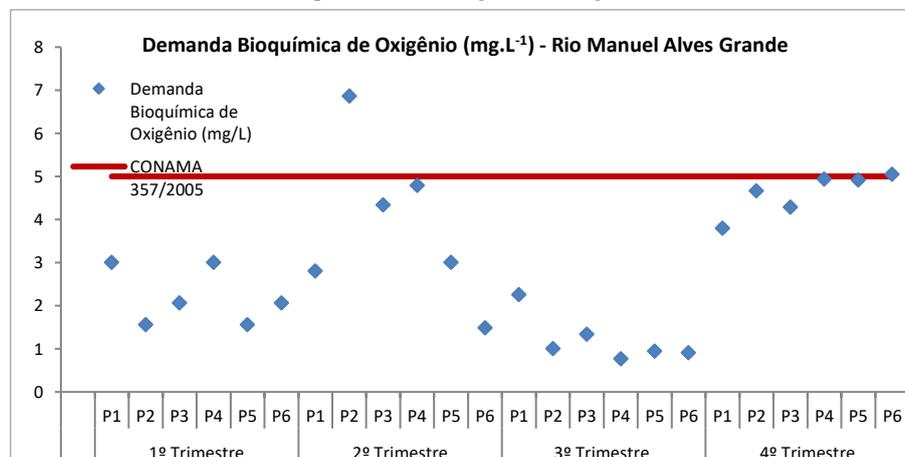
Fonte: dados da pesquisa (2018).

Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg.L⁻¹)

O teste de DBO é um bioensaio, procedimento no qual o resíduo é biologicamente oxidado sob condições controladas a fim de se estabelecer o consumo de oxigênio e, conseqüentemente, estimar, aproximadamente, a quantidade de matéria orgânica biodegradável presente em uma amostra de água (GASTALDINI & MENDONÇA, 2001).

A DBO5 calculada teve variação de 0,77 mg.L⁻¹ no ponto amostral P4 na 3ª coleta a 6,87 mg.L⁻¹ no ponto amostral P2 na 2ª coleta, (Gráfico 47). A concentração na maioria dos pontos apresenta-se de acordo com o recomendado pela Resolução CONAMA N.º 357/2005 (até 5,00 mg.L⁻¹), exceto pelo ponto P2 da 2ª coleta que ficou acima do recomendado pelo Conama.

Gráfico 47 – Demanda Bioquímica de Oxigênio da água ano 2018



Fonte: dados da pesquisa (2018).

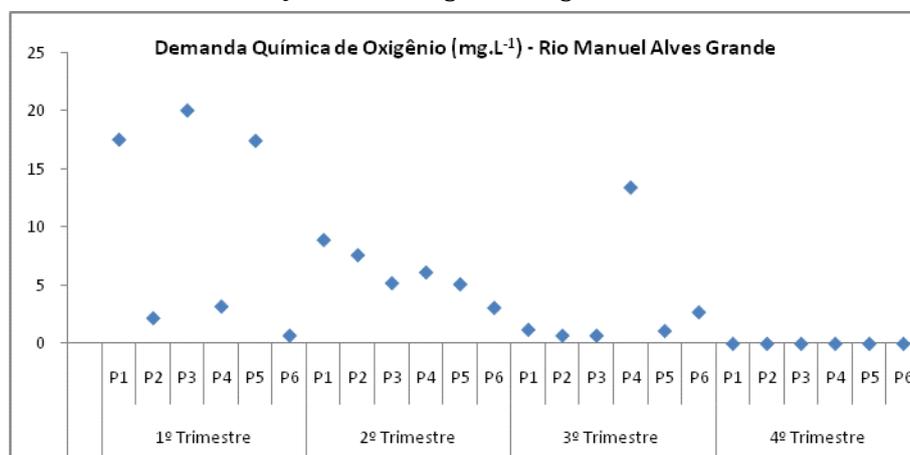
Demanda Química de Oxigênio (mg.L⁻¹)

O teste de DQO mede o consumo de oxigênio ocorrido em função da oxidação química da matéria orgânica. O valor obtido é, portanto, uma indicação indireta do teor de matéria orgânica presente (VON SPERLING, 2005).

O aumento da concentração da DQO em um corpo d'água deve-se principalmente a despejos de origem industrial. Assim, pode-se considerar que a DQO é demanda total de O₂, devido a substâncias recalcitrantes (não biodegradáveis) somadas à demanda de O₂ devido a substâncias biooxidáveis (ROCHA et al., 2009).

Os valores mensurados de DQO para o monitoramento 2018 oscilaram entre $<0,7 \text{ mg.L}^{-1}$ em P2 e P3 da 3ª coleta e todos os pontos amostrais da 4ª coleta, a $20,0 \text{ mg.L}^{-1}$ em P3 da 1ª coleta, Gráfico 48. Não há referência à faixa de variação para esse parâmetro na Resolução CONAMA n.º 357/2005.

Gráfico 48 – Demanda Química de Oxigênio da água ano 2018.



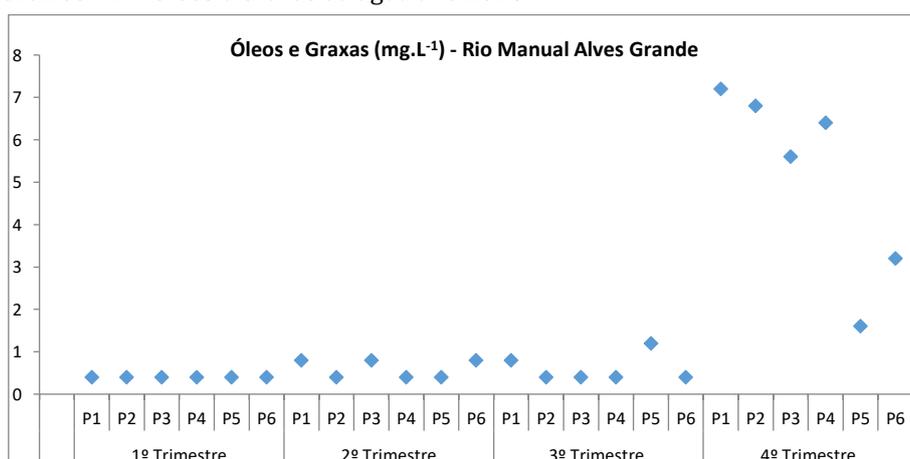
Fonte: dados da pesquisa (2018).

Óleos e Graxas (mg.L^{-1})

Os óleos e graxas são substâncias orgânicas de origem mineral, vegetal ou animal. Essas substâncias geralmente são hidrocarbonetos, gorduras, ésteres, entre outros. Quando encontrados em águas naturais, são oriundos de despejos e resíduos industriais, esgotos domésticos, efluentes de oficinas mecânicas, postos de gasolina, estradas e vias públicas. A presença de óleos e graxas diminui a área de contato entre a superfície da água e o ar atmosférico, impedindo dessa forma, a transferência do oxigênio da atmosfera para a água (BERTI et al., 2009).

Os valores encontrados de óleos e graxas variaram entre $<0,4 \text{ mg.L}^{-1}$ em P2 da 2ª coleta, P2, P3 e P6 da 3ª coleta a $7,2 \text{ mg.L}^{-1}$ em P1 da 4ª coleta (Gráfico 49). A recomendação é de que os óleos e as graxas sejam virtualmente ausentes para as classes II de águas doces.

Gráfico 49 – Óleos e Graxas da água ano 2018.



Fonte: dados da pesquisa (2018).

Fósforo (mg.L^{-1})

O fósforo pode ser proveniente de fontes naturais (presente na composição de rochas, carregado pelo escoamento superficial da água da chuva, material particulado presente na atmosfera e resultante da decomposição de organismos de origem alóctone) e artificiais como esgotos domésticos e industriais,

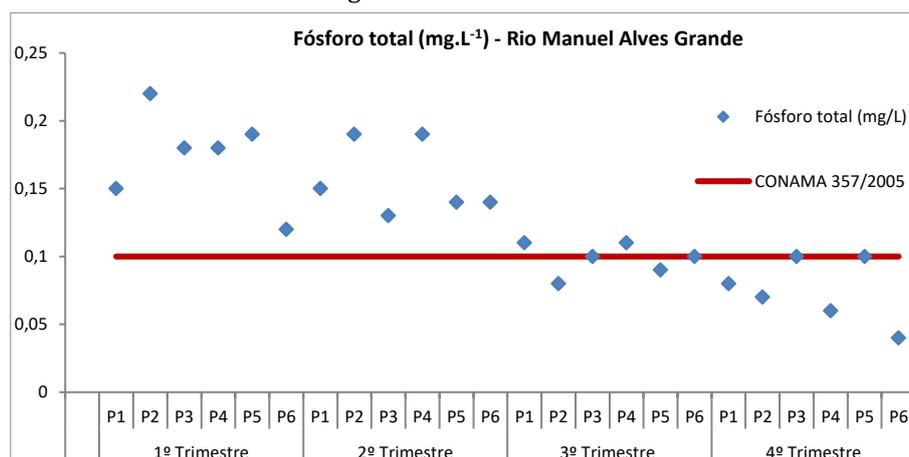
fertilizantes agrícolas e material particulado de origem industrial contido na atmosfera (ESTEVES, 1988; WETZEL, 2001).

O fósforo pode se apresentar nas águas sob três formas diferentes. Os fosfatos orgânicos são a forma em que o fósforo compõe moléculas orgânicas, como a de um detergente, por exemplo. Os ortofosfatos são representados pelos radicais, que se combinam com cátions, formando sais inorgânicos nas águas e os polifosfatos, ou fosfatos condensados, polímeros de ortofosfatos. Esta terceira forma não é muito importante nos estudos de controle de qualidade das águas, porque sofre hidrólise, convertendo-se rapidamente em ortofosfatos nas águas naturais (CETESB, 2004).

Bowes et al., (2008) relacionam as concentrações de fósforo total com o fluxo do corpo aquático, atribuindo o aumento nas concentrações deste parâmetro com o fluxo à presença de fontes difusas de poluição, sendo que a redução das concentrações de fósforo com o aumento do fluxo indica a predominância de fontes pontuais, como lançamento de esgoto doméstico e efluentes industriais. O fósforo na sua origem natural é proveniente da dissolução de compostos do solo e da decomposição da matéria orgânica.

As concentrações de fósforo total monitoradas foram de 0,04 mg.L⁻¹ em P6 da 4ª coleta a 0,22 mg.L⁻¹ para P2 da 1ª coleta, Gráfico 50. A maioria dos pontos amostrais estão acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA N.º 357/2005 (0,10 mg.L⁻¹ para águas de classe II). As coletas feitas na 4ª campanha mostram valores menores para o fósforo total, o que pode indicar uma sazonalidade na distribuição do parâmetro.

Gráfico 50 - Fósforo total da água ano 2018



Fonte: dados da pesquisa (2018).

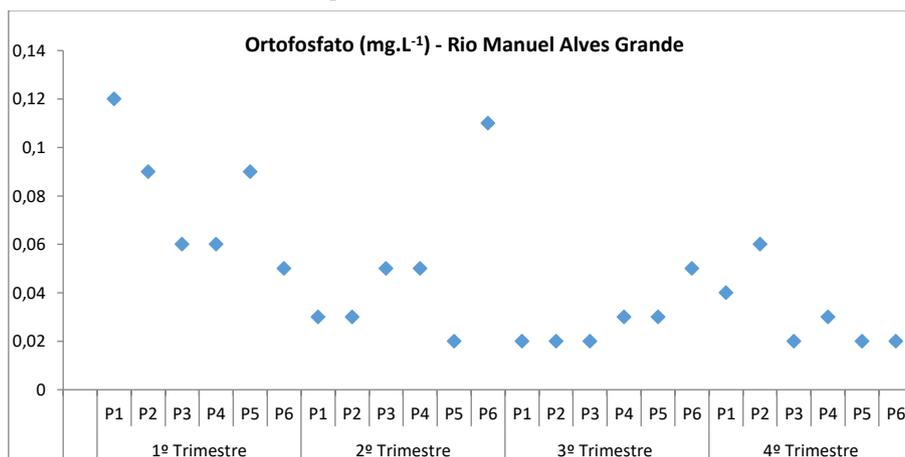
Ortofossato (mg.L⁻¹)

Nas águas superficiais os ortofosfatos são representados pelos radicais livres, que quando combinados com os cátions, formam sais inorgânicos nas águas. (NECKEL et al., 2013).

Os ortofosfatos são diretamente disponíveis para o metabolismo biológico sem necessidade de conversões a forma mais simples. A forma em que os ortofosfatos se apresentam na água depende do pH (SPERLING, 2005).

As concentrações do parâmetro ortofossato variaram entre 0,02 mg.L⁻¹ em P5 da 2ª coleta, P1, P2, P3 da 3ª coleta e P3 e P6 da 4ª coleta, a 0,12 mg.L⁻¹ em P1 da 1ª coleta, como mostra o Gráfico 51. A Resolução CONAMA N.º 357/2005 não estabelece limite para este parâmetro.

Gráfico 51 - Ortofosfato nos pontos amostrais em setembro de 2018



Fonte: dados da pesquisa (2018).

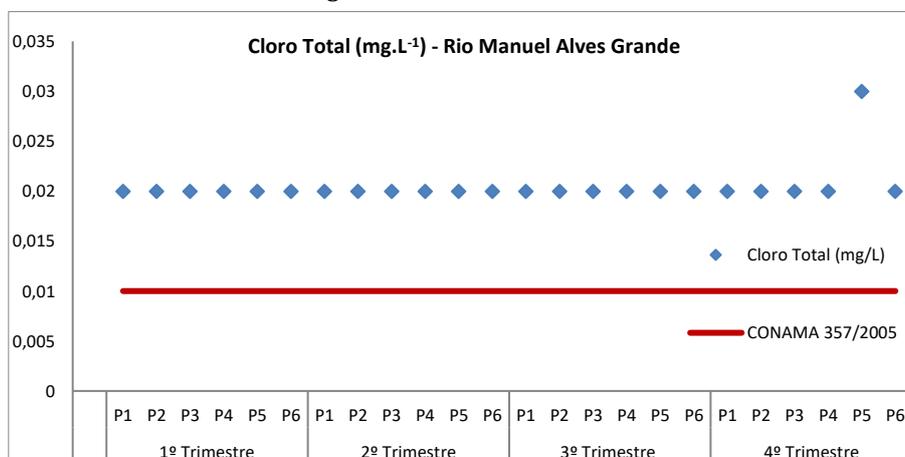
Cloro Total (mg.L⁻¹)

Denomina-se cloro residual livre a quantidade de íons hipoclorito (OCl) e ácido hipocloroso (HOCl), e o cloro total como a quantidade de cloro reagida ou não com os elementos presentes na água. O cloro e seus compostos são utilizados como desinfetante devido a causar a inativação em um curto tempo, dos microrganismos até então conhecidos, presentes nas águas naturais. Pelas dosagens utilizadas, o cloro não é tóxico aos seres humanos, não conferindo odor ou sabor às águas. A facilidade de obtenção, transporte, armazenamento e aplicação são outros fatores que ajudaram na preferência para a utilização desse composto (BRASIL, 2006).

O cloro é o desinfetante mais utilizado em desinfecção de águas públicas, seja em forma líquida ou gasosa, como pré-desinfecção ou pós-cloração. São utilizados em menor escala como desinfetantes ainda o ozônio, o permanganato de potássio, a mistura de ozônio com peróxido de hidrogênio e íons ferro (DANIEL, 2001).

As concentrações deste parâmetro estiveram abaixo do limite de detecção do método (<0,02 mg.L⁻¹), exceto em P5 da 4ª coleta que teve resultado e 0,03 mg.L⁻¹ (Gráfico 52). A Resolução CONAMA N.º 357/2005 estabelece um padrão para este parâmetro de 0,01 mg.L⁻¹. Dessa forma podemos afirmar que o ponto P5 da 4ª coleta está acima do recomendado pela legislação.

Gráfico 52 - Cloro Total da água ano de 2018



Fonte: dados da pesquisa (2018).

Dureza (mg.L⁻¹)

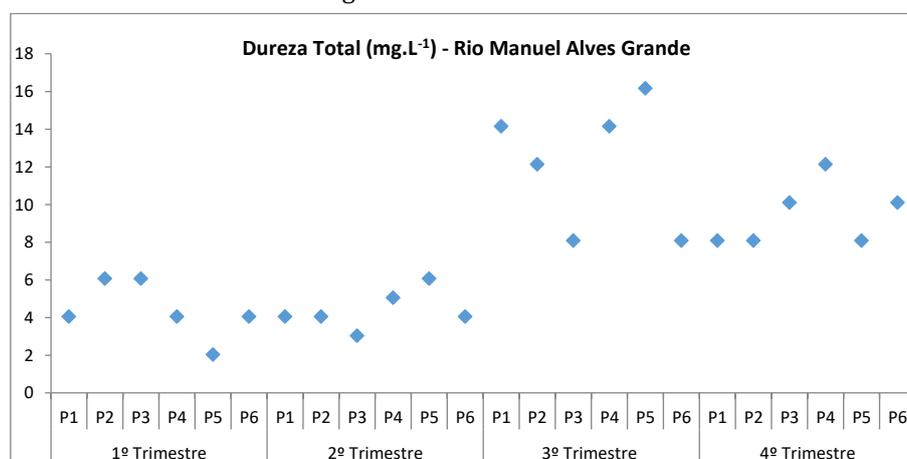
A dureza é caracterizada pela presença de sais de metais alcalinos terrosos (cálcio e magnésio), ferro e manganês, ou de outros metais bivalentes, em menor intensidade. Em teores elevados, causa sabor desagradável e efeitos laxantes (VASCONCELOS, 2011).

A dureza correspondente à alcalinidade é a dureza carbonato, enquanto que as demais formas são caracterizadas como dureza não carbonato (VON SPERLING, 2005).

De acordo com Gray (2008), a dureza da água varia significativamente, com a natureza geológica dos terrenos atravessados ou com a rocha que lhe deu origem. Normalmente as águas superficiais são mais macias que as águas subterrâneas.

Os resultados obtidos para dureza total nos pontos amostrais avaliados foram de 2,02 mg.L⁻¹ em P5 da 1ª coleta a 16,16 mg.L⁻¹ em P5 da 1ª coleta, mostrado no Gráfico 53. A Resolução CONAMA N.º 357/2005 não estabelece limites para este parâmetro.

Gráfico 53 - Dureza total da água ano de 2018



Fonte: dados da pesquisa (2018).

Nitrogênio (mg.L⁻¹)

Segundo EMBRAPA (2013), o nitrogênio é um elemento químico fundamental na composição dos organismos vivos, presente nas proteínas, na clorofila, no DNA, nas vitaminas, entre outros compostos biológicos. Desta forma participam de muitos processos vitais, como fotossíntese, respiração, síntese proteica e crescimento. Nos ecossistemas aquáticos é um importante nutriente que regula os processos ecológicos.

Juntamente com o fósforo, o nitrogênio é um importante nutriente que regula os processos ecológicos que ocorrem nos ecossistemas aquáticos. Quando presente em baixas concentrações, este nutriente pode limitar a produção primária de ecossistemas aquáticos. O nitrogênio está presente nos ambientes aquáticos sob várias formas: nitrato (NO₃⁻), nitrito (NO₂⁻), amônia (NH₃), íon amônio (NH₄⁺), óxido nitroso (N₂O), nitrogênio molecular (N₂), nitrogênio orgânico dissolvido (peptídeos, fitoplâncton e detritos), etc. (ESTEVEZ, 1998).

O nitrogênio pode advir de uma fonte natural; constituinte de proteínas, clorofila e vários outros compostos biológicos, ou de uma fonte antropogênica proveniente de despejos domésticos, industriais, excrementos de animais e fertilizantes.

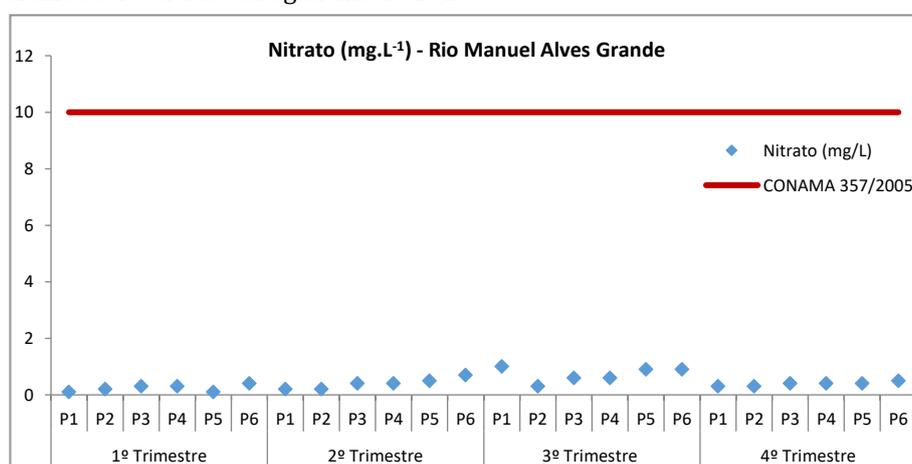
Das diversas formas de nitrogênio presentes no solo, à amônia (NH₃) e em especial o nitrato (NO₃⁻), podem ser causas da perda de qualidade da água. Sendo que, a amônia quando presente na água é altamente letal aos peixes, pela toxicidade que representa para este grupo da fauna; quando originada no solo ou aplicada via fertilizantes essa molécula tende a ser convertida a amônio (NH₄⁺) e este por sua vez é convertido a nitrato por meio de processos microbianos (BAIRD, 2002; FRANCA, 2006).

Dentre os poluidores das águas, salienta-se que fontes de água potável contendo altas concentrações de nitrato apresentam um grande risco para a saúde pública e animal, embora não apresente relativa toxidez para os adultos, por ser rapidamente excretado pelos rins. Entretanto, concentrações maiores que 10 mg.L^{-1} de nitrato, expresso como nitrogênio ($\text{NO}_3\text{-N}$), pode ser fatal para crianças com idades inferiores há seis meses e causar problemas na saúde dos animais (QUEIROZ, 2004).

Nitrato é a forma mais completamente oxidada do nitrogênio e é formado durante os estágios finais da decomposição biológica, tanto em estações de tratamento de água, como em mananciais de água natural. Sua presença não é estranha, principalmente em águas armazenadas em cisternas em comunidades rurais. Nitratos inorgânicos, assim como o nitrato de amônia, são largamente utilizados como fertilizantes. Salientando-se que baixas concentrações de nitrato podem estar presentes em águas naturais (ALMASRI, 2007).

O valor limite preconizado (para águas de classe II) para este parâmetro na Resolução CONAMA N.º 357/2005, é de 10 mg.L^{-1} . As concentrações encontradas para este parâmetro foram de $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ em P1 e P4 da 1ª coleta, P1 e P6 da coleta a $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$ em P1 da 3ª coleta, como visto no Gráfico 54. Logo, os pontos amostrais estão abaixo dos limites preconizados pela Legislação.

Gráfico 54 - Nitrato da água ano de 2018



Fonte: dados da pesquisa (2018).

O Nitrito (NO_2^-) é um composto resultante da redução do nitrato, mediante a atividade respiratória das bactérias, ou da oxidação do íon amônio que liberada do protoplasma do fitoplâncton reage com a água produzindo o íon amônio que, através do processo de nitrificação, forma o nitrito (SILVA, 2004).

A ausência de nitrito em águas superficiais normalmente ocorre, pela sua instabilidade na presença de oxigênio, tornando-o principalmente uma forma intermediária dos compostos nitrogenados. A sua presença indica processos biológicos ativos influenciados por poluição orgânica recente e apresenta toxidez mais elevada que o nitrato (OLIVEIRA et al., 2010).

As concentrações de nitrito máximas encontradas foram de $0,003 \text{ mg.L}^{-1}$ em P1, P3 e P5 da 3ª coleta, P1 e P4 da 4ª coleta (Gráfico 55). A Resolução CONAMA N.º 357/2005, preconiza um limite máximo de $1,00 \text{ mg.L}^{-1}$ para águas de classe II. Desta maneira, todos os pontos se encontram de acordo com a Legislação.

Gráfico 55 - Nitrito da água ano de 2018



Fonte: dados da pesquisa (2018).

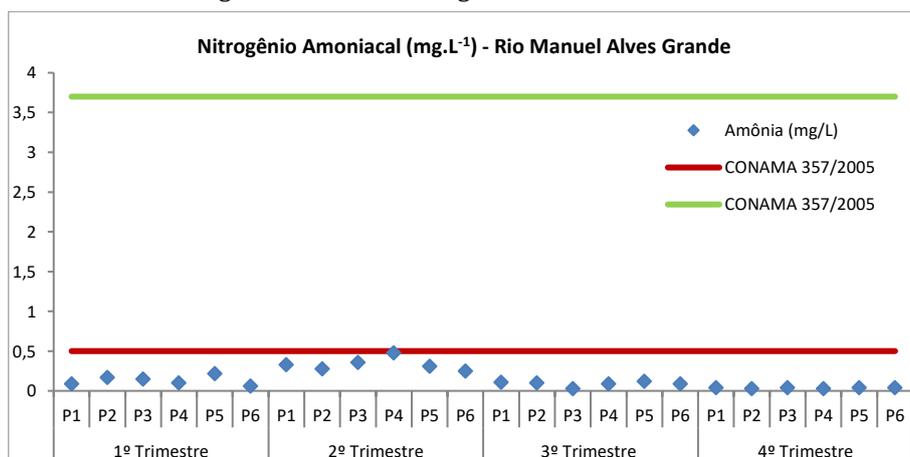
O nitrogênio amoniacal está presente na água na forma de amônia livre (NH_3) e do cátion amônio (NH_4^+) sendo, portanto, sua concentração função da soma desses dois compostos (ESTEVES, 1998). O nitrogênio amoniacal é a forma reduzida do nitrogênio indicando poluição recente no corpo d'água.

Segundo Silva (2004), a fonte de amônia pode ser o processo biogeoquímico, tendo início na decomposição das células fitoplanctônicas que liberam para a coluna d'água os micronutrientes que compõem seus protoplasmas (nitrato) e podem ser convertidos em amônia por meio de reações químicas.

A amônia quando presente na água é altamente letal aos peixes, pela toxicidade que representa para este grupo da fauna; quando originada no solo ou aplicada via fertilizantes essa molécula tende a ser convertida a amônio (NH_4^+) e este por sua vez é convertido a nitrato por meio de processos microbianos (BAIRD, 2002; FRANCA, 2006).

Para o nitrogênio amoniacal os valores obtidos foram de $0,03 \text{ mg.L}^{-1}$ em P3 da 3ª coleta e P2 da 4ª coleta, a $0,48 \text{ mg.L}^{-1}$ em P4 da 2ª coleta (Gráfico 56). A Resolução CONAMA N.º 357/2005 preconiza uma concentração máxima de amônia de $3,70 \text{ mg.L}^{-1}$ para $7,50 < \text{pH}$ e $2,0 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$, para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$. Assim, todos os pontos estão em acordo com o estabelecido pela Legislação.

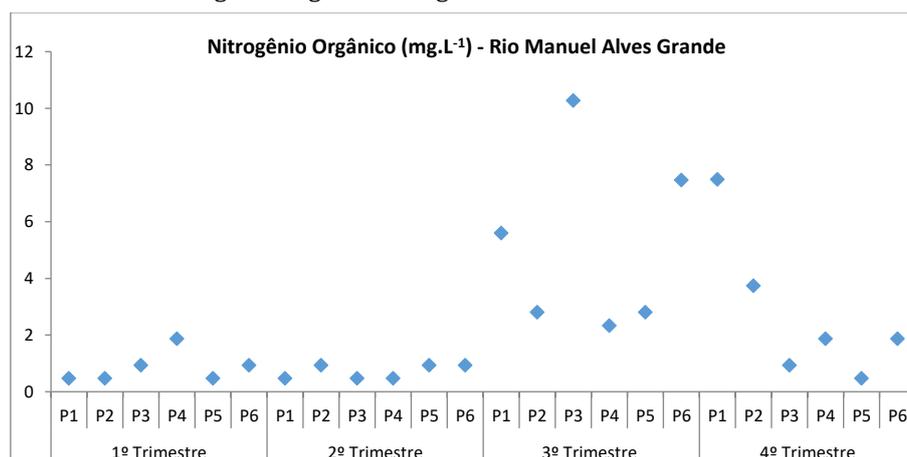
Gráfico 56 - Nitrogênio amoniacal da água ano de 2018



Fonte: dados da pesquisa (2018).

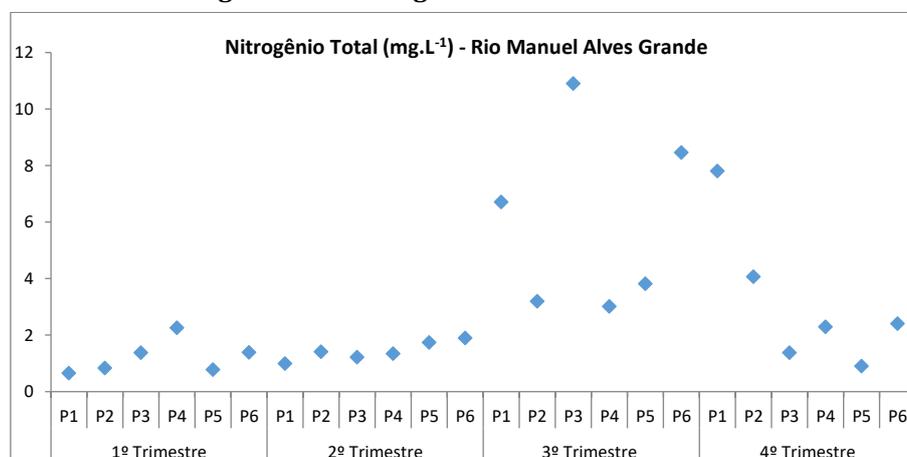
Quanto ao N-Orgânico e N-Total, a Resolução CONAMA N.º 357/2005 não estabelece padrões. Os resultados obtidos N-Orgânico oscilaram entre $0,467 \text{ mg.L}^{-1}$ P1, P2 e P5 da 1ª coleta, P1, P3 e P4 da 2ª coleta e P5 da 4ª coleta a $10,27 \text{ mg.L}^{-1}$ P3 da 3ª coleta (Gráfico 57). As concentrações para Nitrogênio Total variaram entre $0,657 \text{ mg.L}^{-1}$ P1 da 1ª coleta a $10,9 \text{ mg.L}^{-1}$ P3 da 3ª coleta (Gráfico 58).

Gráfico 57 - Nitrogênio orgânico da água ano de 2018.



Fonte: dados da pesquisa (2018).

Gráfico 58 - Nitrogênio Total da água ano de 2018



Fonte: dados da pesquisa (2018).

Cloreto Total (mg.L⁻¹)

Segundo Von Sperling (2005), todas as águas naturais contêm íons provenientes da dissolução de minerais dos solos e rochas. Os cloretos (Cl⁻) são provenientes da dissolução de sais, como sólidos dissolvidos advindos da dissolução de minerais ou pela intrusão de águas salinas que, em determinadas concentrações conferem um sabor salgado à água. Pode ter origem antropogênica, pelo contato com despejos domésticos e industriais ou com águas utilizadas em irrigação.

Os valores obtidos para o parâmetro cloreto total foram de 4,46 mg.L⁻¹ em P2, P5 e P6 da 4ª coleta a 20,88 mg.L⁻¹ em P1 da 3ª coleta, visto no Gráfico 59. Deste modo, todos os pontos encontram-se abaixo do valor máximo preconizado pela Resolução CONAMA N.º 357/2005 para águas de classe II (250 mg.L⁻¹).

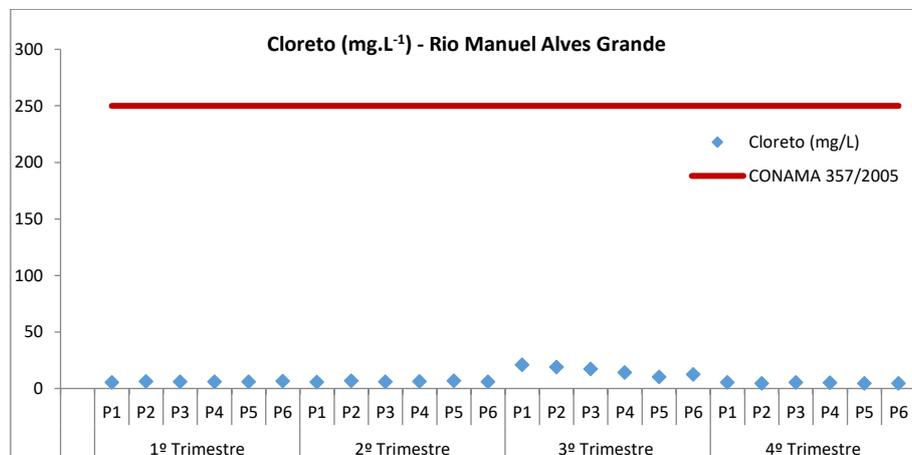
Sulfato (mg.L⁻¹)

O sulfato é um dos íons mais abundantes na natureza. Em águas naturais, a fonte de sulfato ocorre através da dissolução de solos e rochas e pela oxidação de sulfeto. As principais fontes antrópicas de sulfato nas águas superficiais são as descargas de esgotos domésticos e efluentes industriais (CAVALCANTI, 2010).

O íon sulfato, quando presente na água, dependendo da concentração, além de outras propriedades laxativas mais acentuadas que outros sais, associado a íons cálcio e magnésio, promove dureza permanente e pode ser um indicador de poluição de uma das fases da decomposição da matéria orgânica, no ciclo do enxofre (RICHTER; NETO, 2000).

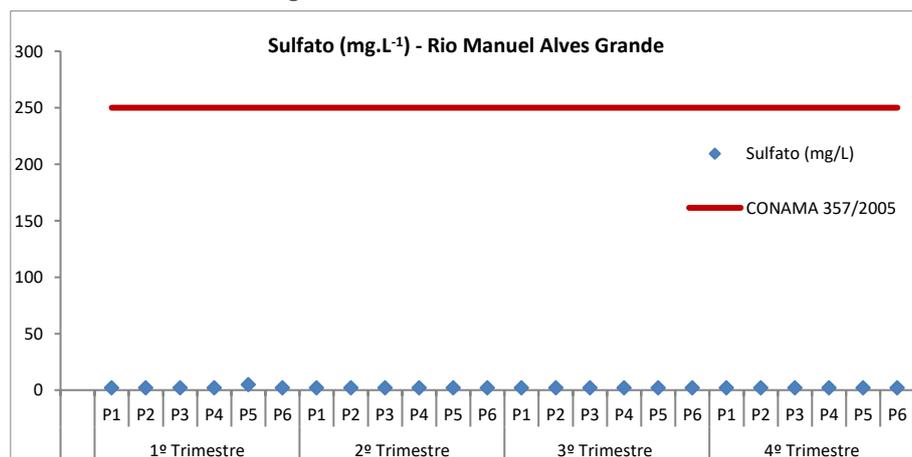
A maioria dos resultados encontrados ficaram abaixo do limite de detecção do método ($<2,00 \text{ mg.L}^{-1}$), exceto no ponto P5 da 1ª coleta, que teve resultado de $5,00 \text{ mg.L}^{-1}$, conforme Gráfico 60 . A Resolução CONAMA N.º 357/2005 estabelece um limite de 250 mg.L^{-1} para este parâmetro, portanto os valores encontram-se abaixo do limite estabelecido pela Legislação vigente.

Gráfico 59 - Cloreto total da água ano de 2018



Fonte: dados da pesquisa (2018).

Gráfico 60 - Sulfato da água ano de 2018



Fonte: dados da pesquisa (2018).

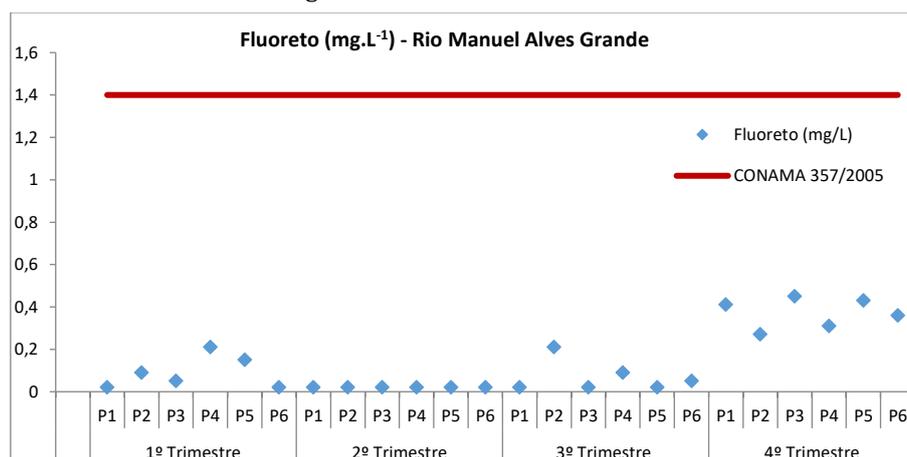
Fluoreto (mg.L^{-1})

O fluoreto pode ocorrer naturalmente em águas naturais ou pode ser adicionado em quantidades controladas nas estações de tratamento de água. Em casos raros, a concentração de fluoreto natural pode aproximar-se dos 10 mg.L^{-1} , devendo essas águas ser desfluoretadas. A determinação exata do flúor é extremamente importante devido ao crescimento da prática de fluoretação da água como uma medida preventiva de saúde pública (PARRON, 2011).

As concentrações de fluoreto nas águas naturais são controladas por fatores como: temperatura, pH, presença de íons e colóides complexantes, solubilidade dos minerais que contêm flúor, capacidade de troca iônica dos materiais do aquífero, tamanho e tipo de formações geológicas e tempo que as águas estão em contato com uma formação particular (AMPABIRE et al., 1997 apud ANDREAZZINI et al, 2014).

A Resolução CONAMA N.º 357/2005 estabelece um limite máximo de $1,40 \text{ mg.L}^{-1}$ de fluoreto. As concentrações dos pontos amostrais variaram entre $<0,02 \text{ mg.L}^{-1}$ em P1 da 1ª coleta, todos os pontos amostrais da 2ª coleta e P5 da 3ª coleta, a $0,45 \text{ mg.L}^{-1}$ em P3 da 4ª coleta (Gráfico 61). Sendo assim, os valores encontram-se abaixo do limite estabelecido pela legislação.

Gráfico 61 - Fluoreto da água ano de 2018.



Fonte: dados da pesquisa (2018).

Arsênio (mg.L⁻¹)

O Arsênio (As) encontra-se presente na natureza de várias formas químicas, sendo estas orgânicas e inorgânicas, resultado da participação do mesmo em complexos biológicos, químicos e aplicações na indústria (BORBA et al., 2004).

Nos últimos anos, a ingestão de Arsênio inorgânico através da água, tem emergido como uma importante questão de saúde pública. O elemento chega aos corpos d'água por fontes de depósitos naturais ou por práticas agrícolas e industriais, principalmente a mineração (RODRIGUES et al., 2017).

As concentrações de Arsênio encontradas neste monitoramento sempre ficaram abaixo do limite de detecção do método, que é o limite máximo da resolução CONAMA N.º 357/2005 (0,01 mg.L⁻¹). Desta forma podemos admitir que não há contaminação por este elemento nos pontos monitorados. Deve-se ressaltar que limite de quantificação (LQ) se alterou de 0,01 mg.L⁻¹ para 0,001 mg.L⁻¹ durante o período do monitoramento devido a mudança no método de detecção utilizado.

Sulfeto (mg.L⁻¹)

O nível de sulfeto de hidrogênio encontrado em águas consideradas oxidadas é geralmente muito baixo porque ele é convertido de forma rápida em sulfato (BOLINA, 2017).

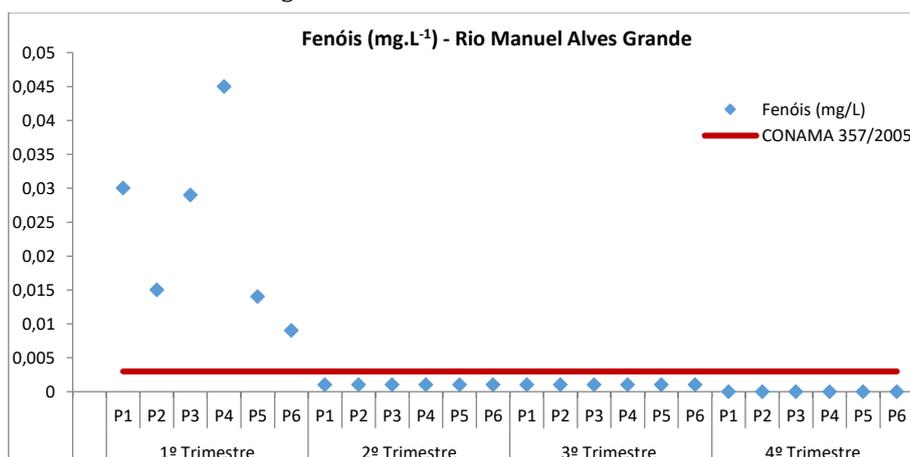
Os valores obtidos para sulfetos em todos os pontos amostrais se mantiveram abaixo do limite de detecção do método <0,05 mg.L⁻¹ e <0,005 mg.L⁻¹. O limite de quantificação (LQ) se alterou 0,05 mg.L⁻¹ para 0,005 mg.L⁻¹ durante o período do monitoramento devido a mudança no método de detecção utilizado. A Resolução CONAMA N.º 357/2005 estabelece limite de 0,002 mg.L⁻¹ de sulfeto.

Fenóis Totais (mg.L⁻¹)

Os fenóis e seus derivados aparecem nas águas naturais através das descargas de efluentes de indústrias de processamento da borracha, colas e adesivos, resinas impregnantes, componentes elétricos (plásticos) e as siderúrgicas, entre outras, são responsáveis pela presença de fenóis nas águas naturais. Os fenóis são tóxicos ao homem, aos organismos aquáticos e microrganismos que tomam parte dos sistemas de tratamento de esgotos sanitários e de efluentes industriais.

As concentrações nos pontos amostrais variaram de <0,001 mg.L⁻¹ em todos os pontos da 2ª e 3ª coletas a 0,045 mg.L⁻¹ em P4 da 1ª coleta, como mostra o Gráfico 62. A Resolução CONAMA N.º 357/2005 estabelece limite de 0,002 mg.L⁻¹ de sulfeto.

Gráfico 62 - Fenóis da água ano de 2018



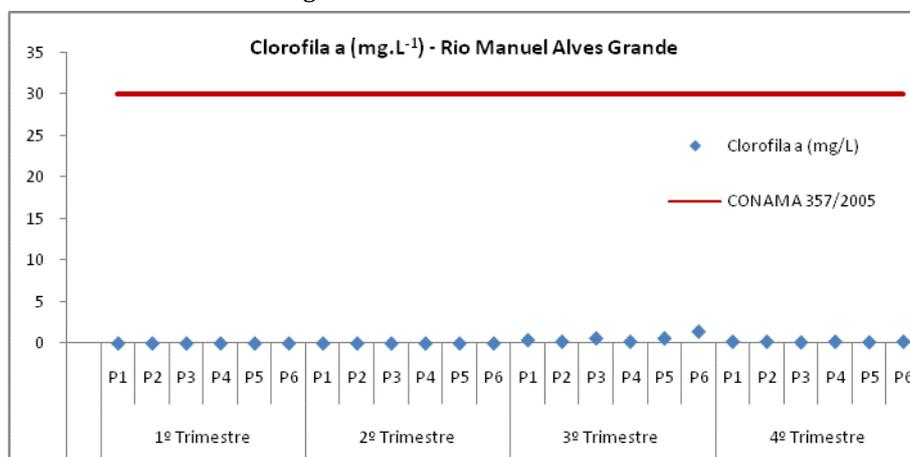
Fonte: dados da pesquisa (2018).

Clorofila a ($\mu\text{g.L}^{-1}$)

A clorofila é importante indicador de qualidade de água, visto que sua concentração aumenta em episódios de proliferação de algas em fenômenos conhecidos como eutrofização de corpos d'água. A eutrofização pode causar efeitos bastante deletérios à vida aquática, visto que uma proliferação de algas leva a um conseqüente aumento de zooplâncton, consumidor de oxigênio dissolvido, acarretando a depleção de oxigênio na água e podendo levar à morte organismos aquáticos (BENITES, 2014).

O valor máximo encontrado para este parâmetro foi de $1,38 \mu\text{g.L}^{-1}$ em P6 da 3ª coleta (Gráfico 63). Assim os pontos monitorados apresentaram um valor abaixo do máximo preconizado pela Resolução CONAMA N.º 357/2005, para águas de classe II ($30 \mu\text{g.L}^{-1}$).

Gráfico 63 - Clorofila da água ano de 2018



Fonte: dados da pesquisa (2018).

Coliformes Totais e Escherichia coli (NMP.100 mL⁻¹)

Os coliformes totais são bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a $35,0 \pm 0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima β -galactosidase (Brasil, 2004).

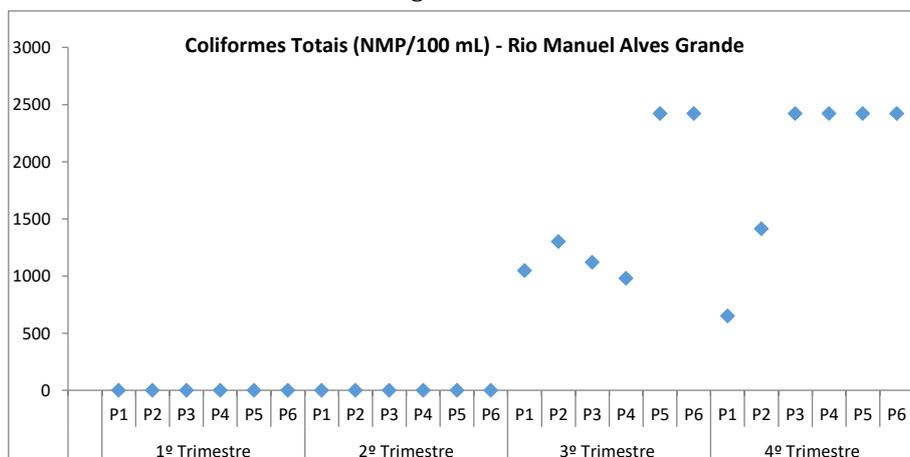
A maioria das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros Escherichia, Citrobacter, Klebsiella e Enterobacter, embora vários outros gêneros e espécies pertençam ao grupo. Os coliformes termotolerantes é um subgrupo das bactérias do grupo coliforme que fermentam a lactose a $44,5 \pm 0,2 \text{ } ^\circ\text{C}$

em 24 horas, tendo como principal representante a *Escherichia coli* (E. coli), de origem exclusivamente fecal (Brasil, 2004).

As bactérias usadas como indicadores de poluição da água por matéria fecal são os coliformes fecais, que vivem normalmente no organismo humano e no dos animais de sangue quente, existindo em grande quantidade nas fezes. Embora não sejam patogênicas, a presença dessas bactérias na água indica que ela recebeu matéria fecal e pode, portanto, conter microrganismos patogênicos. Entre as bactérias do grupo coliforme, a mais usada como indicadora de poluição fecal é a *Escherichia coli* (BRAGA et al., 2005).

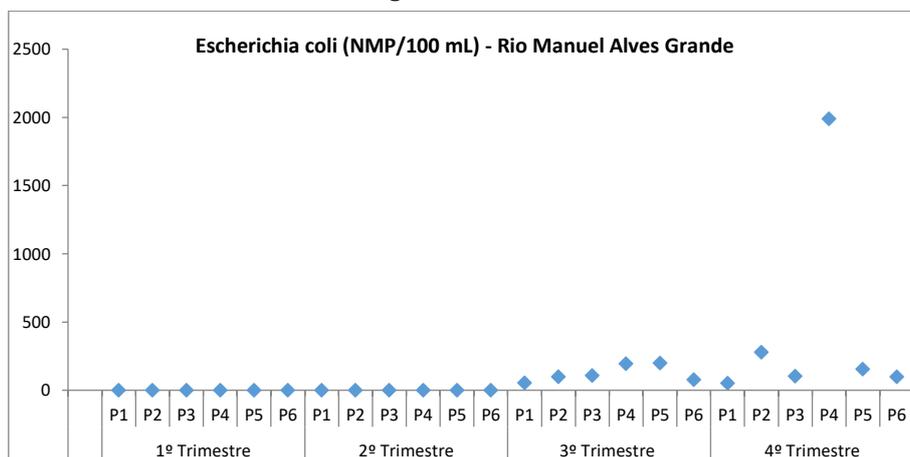
A resolução Conama 357/2005 estabelece que não deva ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A E. coli poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes, os resultados encontram-se apresentados nos Gráficos 64 e 65.

Gráfico 64 – Coliformes Totais da água ano de 2018



Fonte: dados da pesquisa (2018).

Gráfico 65 – Escherichia coli da água ano de 2018



Fonte: dados da pesquisa (2018).

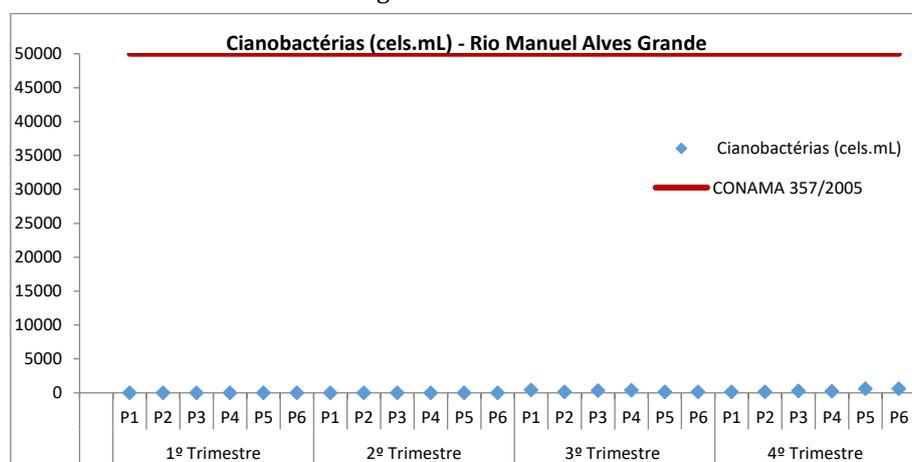
Cianobactérias (mg.L⁻¹)

As cianobactérias são micro-organismos procariotos, fotossintetizantes e que estão presentes na maioria dos ecossistemas do nosso planeta. Dentre os aproximadamente 150 gêneros descritos, 40 estão relacionados com a produção de algum tipo de toxina. Entretanto, à medida que novas pesquisas são feitas tem sido relativamente comum o fato de gêneros descritos como não produtores de cianotoxinas serem relatados como produtores. Deste modo, a princípio, qualquer cianobactéria pode ser considerada como potencialmente produtora de cianotoxinas.

As cianobactérias presentes em grande número modificam a qualidade da água, por potencialmente produzirem toxinas, odores ou uma espuma densa de cor verde - azulada na superfície da água, chamada de floração. Essas florações podem ocorrer quando há um excesso de nutrientes (como o nitrogênio e o fósforo) na água, oriundo de esgotos não tratados arraste pelas chuvas de terras agricultáveis ricas em nutrientes e elevada insolação na água. Além da aparência desagradável, as substâncias decorrentes da presença de cianobactérias podem ser tóxicas para os humanos e mortais para a maioria dos animais selvagens e domésticos. Quando elas se decompõem, podem esgotar o oxigênio da água e causar a morte de peixes. Por isso, quando existe a suspeita de cianobactérias, a água deve ser submetida à análise antes de qualquer tipo de uso.

Os valores encontrados foram de 112,05 cel/mL⁻¹ em P6 da 3ª coleta a 599,34 cel/mL⁻¹ em P5 da 4ª coleta (Gráfico 66). Assim, todos pontos se apresentam abaixo do valor máximo preconizado pela Resolução CONAMA N.º 357/2005 para águas de classe II (50.000 cel/mL⁻¹).

Gráfico 66 - Cianobactérias da água ano de 2018



Fonte: dados da pesquisa (2018).

5. Considerações Finais

De acordo com os resultados obtidos das análises dos pontos amostrais da Bacia Hidrográfica do Rio Manuel Alves Grande (enquadrado como classe II pela Resolução CONAMA N.º 357, de maio de 2005), alguns parâmetros não estão em acordo com o enquadramento exigido para este corpo hídrico. Logo se faz necessário observar alguns questionamentos apontados abaixo:

- Os parâmetros Cloro Total e Demanda Bioquímica de Oxigênio apresentaram apenas um ponto desconforme com a legislação. Isto pode estar relacionado a descargas pontuais de contaminação, mas que não se repetiram em outras coletas.
- Os resultados de todos os pontos amostrais da 1ª coleta para Fenóis ultrapassaram os máximos preconizados na legislação. Isto pode indicar algum tipo de contaminação naquele período.

A continuidade do monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio Manuel Alves Grande é imprescindível para avaliação e acompanhamento dos parâmetros que se apresentam em desconformidade a fim de identificar com maior segurança, tais concentrações e as causas destas alterações.

6. Referências Bibliográficas

ALVES, E.; FLORES, C.; SALA, E.; GRANHENTAVARES, C. DE.; E. CARNIEL, A. Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Pirapó- Maringá, Estado do Paraná, por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. **Act Scientiarum. Technology**. 30 (1): 39-48, 2008.

ANDREAZZINI, M.J.; FIGUEIREDO, B.R.; LICHT, O.A.B. Geoquímica do flúor em águas e sedimentos fluviais da região de Cerro Azul, estado do Paraná: Definição de áreas de risco para consumo humano. CPRM. 2014. Disponível em: < http://www.cprm.gov.br/publique/media/liv_geol_med6.pdf >. Acesso em: 14 mar. 2018.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21. ed. Washington: APHA/WEF/AWWA, 2005.

ARAÚJO, M. C. de; SANTOS, F. M. da S.; OLIVEIRA, M. B. M. de. **Análise da qualidade da água do riacho Cavouco** - UFPE. Recife, PE. 2012/2013.

ALMASRI, M. N. Nitrate contamination of groundwater: A conceptual management framework. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 27, p. 220- 242. 2007.

BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BENITES, C, M. Estudo sobre a proposta de metodologia para ensaios de determinação de fósforo e clorofila 'a' para emprego nos exames periciais de unidades de criminalística da Polícia Federal. Florianópolis, SC, 64p. 2014.

BERTI, A. P.; DÜSMAN, E. ; SOARES, L. C.; GRASSI, L. E. A. Efeitos da contaminação do ambiente aquático por óleos e agrotóxicos. **SaBios: Rev. Saúde e Biol.**, v. 4, n. 1, p. 45-51, jan./jun. 2009.

BRASIL. Portaria nº 518, de 25 de novembro de 2004: Normas de qualidade da água para consumo humano. Ministério da Saúde, Brasília, 15p. 2004.

BRASIL - Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA Resolução N.º 357 de 17 de novembro de 2005: que 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. Brasília, 2005.

BRASIL, Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Boas Práticas no Abastecimento de Água: Procedimentos para minimização de riscos à Saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

BRITO, D. C. Aplicação do sistema de modelagem da qualidade da água Qual2kw em grandes rios: o caso do alto e médio o Rio Araguari – AP. Dissertação de mestrado do PPGBio/UNIFAP, 130 p. Macapá – AP: 2008.

BOLINA, C. C., RODRIGUES ,A. L. Reuso de água de dreno de ar condicionado para fins não potáveis. **Engevista**, V.19, nº5,p.1387-1400, 2017.

BOWES, M. J.; SMITH, J. T.; JARVIE, H. P.; NEAL, C. Modelling of phosphorus inputs to rivers from diffuse and point sources. **Sci. Total Environ.** 2008, 395, 125.

BUZALAF, M. A. R. **Fluoretos e Saúde Bucal**. São Paulo: Santos, 2008.

CALLISTO, M. & GONÇALVES, J. F. Jr. A vida nas águas das montanhas. **Ciência Hoje** 31(182):68-71p, 2002.

CAVALCANTI, Daniella da Silva Porto. Qualidade físico-química da água da bacia no alto do rio Paraná/Go. 2010. 80 f. Tese (Doutorado) - Curso de Mestrado em Ecologia e Produção Sustentável, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Rio Paraná/Go, 2010. Disponível em: <<http://tede2.pucgoias.edu.br:8080/bitstream/tede/2489/1/>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

DANIEL, L. A. Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável. São Carlos: Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – PROSAB, 2001.

DUARTE, A. S. Reuso de água residuária tratada na irrigação da cultura do pimentão (*Capsicum annun L.*). Tese (doutorado em agronomia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. São Paulo, 2006.

EMBRAPA. **Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos**. Brasília-DF: Embrapa, 2013. 440 p.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Setembro: Editora Interciência/FINEP, 575p. 1988.

FARIAS, M. S. S. Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Cabelo. 153 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)- Universidade de Campina Grande, Paraíba, 2006.

FRANCA, R.M.; FRISCHKORN, H.. SANTOS, M.R.P.; MENDONÇA, L.A.R.; BESERRA, M.C. Contaminação de poços tubulares em Juazeiro do Norte/CE. **Engenharia Sanitária Ambiental**, 2006.

GRAY, N. F. **Drinking Water Quality, Problems and Solutions**. Second Edition, Cambridg University Press, UK, ISBN: 978-0-511-39371-6.2008.

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 (Orgs.) **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, p. 428 - 451. 2001.

LOUGON, M. S. et al. Caracterização dos sólidos totais, fixos e voláteis nas águas residuais geradas pela lavagem dos frutos do cafeeiro. UFES - Departamento Engenharia Florestal, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. Jerônimo Monteiro, ES. 2009 a 2010.

OLIVEIRA, C. N.; CAMPOS, V. P.; MEDEIROS, Y. D. P. Avaliação e identificação de parâmetros importantes para a qualidade de corpos d’água no semiárido baiano. Estudo de caso: bacia hidrográfica do Rio Salitre. **Química Nova**, v. 33, n. 5, p. 1059-1066, 2010.

PARRON, L. M., MUNIZ, D. H. de F., PEREIRA, C. M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água** [recurso eletrônico]. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. Acessado em <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/921050/1/Doc232ultimaversao.pdf>.

PAIVA, J.B.D.; CAUDURO, E.M.D.P. Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas.

PINTO, M. C. F. **Manual Medição in loco: Temperatura, pH. Manual Medição in loco: Temperatura, pH**, Serviço Geológico do Brasil, 2007, 44p.

QUEIROZ, E.T. Diagnóstico de águas minerais e potáveis de mesa do Brasil. In: Anais. Congresso Brasileiro De Águas Subterrâneas, 13., Cuiabá, 2004. Cuiabá: ABAS, 2004.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. **Introdução a química ambiental**. 2ª ed. Porto alegre: Bookman, 2009.

RODRIGUES, T. F.; PONTES, A. S.; et al., A ação dos metais pesados originários de rejeitos de mineração sobre a saúde humana e seu impacto ao meio ambiente. **Revista Semioses**. V.11, nº02, 2017.

RICHTER, C A.; NETO, J. M. A. **Tratamento de Água – Tecnologia Atualizada – São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2000.**

SILVA, C. D. F. Aplicação do Índice de Estado Trófico (IET) para avaliação do grau de trofia do reservatório da UHE Luís Eduardo Magalhães, verificando a influência das ETes de Palmas – TO. 2000. 64 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Tocantins – UFT, Palmas, TO, 2004.

SOUZA, D. F.; PINTO, A. L.; MENDES, A. M. S. Qualidade, enquadramento e limitações de uso das águas superficiais da Lagoa Maior 2011 e 2012 em Três Lagoas – MS. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**. v. 8, n. 2, p. 151-159,2012.

USEPA. US Environmental Protection Agency. Basic Information about Regulated Drinking Water Contaminants and Indicators. 2012.

VASCONCELOS, V. de M. M.; SOUZA, C. F. Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém, PA, Brasil. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 6, n. 2, p. 305-324, 2011.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**: 3 ed. – Belo Horizonte Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005.

WETZEL, R. G. **Limnology: Lake and River Ecosystems**. San Diego: Academic Press, 2001. 1006 pp.

ANEXOS

Anexo 2 – Tabela com os resultados obtidos 3º, 4º, trimestres 2018.

PARÂMETROS		3º Trimestre - Rio Manuel Alves Grande						4º Trimestre - Rio Manuel Alves Grande					
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Turbidez (NTU)		10,2	4,01	5,16	7,21	11,3	63	3,01	3,22	3,16	4,77	6,95	3,05
Sólidos Totais Dissolvidos (PPM)		2,45	2,89	2,24	2,94	2,88	1,96	15,8	3,23	2,84	3,47	3,97	2,67
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L)		2,26	1,01	1,34	0,77	0,95	0,91	3,8	4,67	4,29	4,94	4,92	5,05
Demanda Química de Oxigênio (mg/L)		1,2	<0,7	<0,7	13,4	1,1	2,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7
Óleos e Graxas (mg/L)		0,8	<0,4	<0,4	0,4	1,2	<0,4	7,2	6,8	5,6	6,4	1,6	3,2
Fósforo total (mg/L)		0,11	0,08	0,1	0,11	0,09	0,1	0,08	0,07	0,1	0,06	0,1	0,04
Ortofosfato (mg/L)		0,02	<0,02	<0,02	0,03	0,03	0,05	0,04	0,06	0,02	0,03	0,02	0,02
Cloro Total (mg/L)		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,03	<0,02
Dureza	Cálcio (mg/L)	3,03	2,02	3,03	4,04	5,05	2,02	6,06	6,06	4,04	2,02	3,03	4,04
	Magnésio (mg/L)	11,11	10,1	5,05	10,1	11,11	6,06	2,02	2,02	6,06	10,1	5,05	6,06
	Dureza Total (mg/L)	14,14	12,12	8,08	14,14	16,16	8,08	8,08	8,08	10,1	12,12	8,08	10,1
Nitrogênio	Amônia (mg/L)	0,11	0,1	0,03	0,09	0,12	0,09	0,04	0,03	0,04	0,03	0,04	0,04
	Nitrito (mg/L)	0,003	0,005	0,003	<0,002	0,003	<0,002	0,003	0,004	0,004	0,003	0,004	0,004
	Nitrato (mg/L)	1	0,3	0,6	0,6	0,9	0,9	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5
	Nitrogênio Orgânico (mg/L)	5,6	2,8	10,27	2,33	2,8	7,47	7,487	3,733	0,933	1,867	0,467	1,867
	Nitrogênio Total (mg/L)	6,71	3,2	10,9	3,02	3,82	8,46	7,81	4,07	1,38	2,3	0,91	2,41
Cloreto (mg/L)		20,88	18,69	17,1	13,92	10,14	12,33	5,4	4,46	5,4	4,93	4,46	4,46
Sulfato (mg/L)		<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Fluoreto (mg/L)		<0,02	0,21	0,02	0,09	<0,02	0,05	0,41	0,27	0,45	0,31	0,43	0,36
Arsênio (mg/L)		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Sulfeto (mg/L)		<0,005	<0,005	<0,005	0,005	0,006	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Fenóis (mg/L)		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Clorofila a (mg/L)		0,39	0,2	0,59	0,2	0,59	1,38	<0,2	<0,2	0,13	<0,2	0,14	<0,2
Coliformes Totais (NMP/100 mL)		1046	1300	1120	980,4	<2420	2420	648,8	1414	>2420	>2420	>2420	>2420
Escherichia coli (NMP/100 mL)		53,4	98,7	108,1	195,6	198,9	77,6	52,1	278,9	103,9	1990	155,3	98,0
Cianobactérias (cels.mL)		424,6	134,5	296,3	355,3	134,5	112,1	129,2	125,7	283,4	231,6	599,3	577,6



Secretaria do
Meio Ambiente e Recursos Hídricos



GOVERNO DO
TOCANTINS

