

Universidade de São Paulo

Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas

Departamento de Geografia

ADRIANA MONTEIRO QUAINI

Análise comparativa de dados de qualidade de águas superficiais relacionadas ao uso da terra em duas sub-bacias do Rio Pará – MG: bacias do ribeirão da Fartura e do córrego do Buriti.

Comparative analysis of surface water quality data related to land use in two sub-basins of the Pará River – State of Minas Gerais: basins of Fartura stream and Buriti stream.

São Paulo

2019

ADRIANA MONTEIRO QUAINI

Análise comparativa de dados de qualidade de águas superficiais relacionadas ao uso da terra em duas sub-bacias do Rio Pará – MG: bacias do ribeirão da Fartura e do córrego do Buriti.

Trabalho de Graduação Individual (TGI) apresentado ao Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Área de Concentração: Geografia Física

Orientador: Prof. Dr. Fernando Nadal Junqueira Villela

São Paulo

2019

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na Publicação

Serviço de Biblioteca e Documentação

Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo

QA243a Quaini, Adriana Monteiro Quaini
Análise comparativa de dados de qualidade de
águas superficiais relacionadas ao uso da terra em
duas sub-bacias do Rio Pará - MG: bacias do ribeirão
da Partura e do córrego do Buriti. / Adriana Monteiro
Quaini Quaini ; orientador Fernando Nadal Junqueira
Villala Villala. - São Paulo, 2019.
89 f.

TGI (Trabalho de Graduação Individual) - Faculdade
de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da
Universidade de São Paulo. Departamento de
Geografia. Área de concentração: Geografia Física.

1. QUALIDADE DA ÁGUA. 2. USO DO SOLO. 3.
GEOMORFOLOGIA. 4. HIDROGRAFIA. 5. RIOS. I. Villala,
Fernando Nadal Junqueira Villala, orient. II. Título.

Dedico este trabalho à minha mãe, ao meu pai
e ao meu namorado.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pela dádiva da vida e pelo presente de cada dia.

Ao meu orientador Prof. Dr. Fernando Villela, pelo acolhimento do projeto e da pesquisa, bem como pelos direcionamentos e atenção neste trabalho.

À minha mãe Guaraci e ao meu pai Nelson pelo apoio e carinho em todos os momentos.

Mainha, você tem uma importância imensa na minha formação, da Educação Infantil até meu Ensino Superior. Muito obrigada por estar sempre ao meu lado em todos os momentos.

Ao Silvio, meu namorado, com quem tive o prazer de conhecer em uma das aulas da Geografia e de conviver com uma pessoa tão incrível e parceira.

Ao Rodrigo Zichelle, ex-chefe de estágio, por toda a sua atenção, paciência e ensinamentos diversos compartilhados diariamente na Novo Ambiente. O conhecimento adquirido lá foi imprescindível para a realização deste trabalho hoje.

À Mih, técnica do Laboratório de Cartografia, pelos seus auxílios no *software* ArcGIS nos momentos em que eu mais precisava. Ao Thiago no ciclo do nitrogênio.

À minha prima-irmã Paola. As minhas amigas e amigos da Geo: Ana, Laysinha, Suelen, Tati, Guigui e Claus; e o Madio, da Poli; e a Vê, das Artes Visuais. Aos amigos do Pedag, Yuki, Débora e Molnar pelas conversas, bons momentos e pelas inúmeras risadas.

À “amiga-terapeuta” Stella, por ter me ajudado em tantos aspectos da minha vida durante esses anos.

Ao Ivan Medeiros, pela doação de livros de Geografia tão importantes para a minha formação.

Ao pessoal do IGAM, em especial ao Sérgio Pimentel e à Mariana Elissa, por toda a atenção, eficiência e carinho nesses meses de trabalho.

“O rio chega ao oceano porque contorna os obstáculos”
(Lao Tsé, século VI a.C)

RESUMO

QUAINI, Adriana Monteiro. **Análise comparativa de dados de qualidade de águas superficiais relacionadas ao uso da terra em duas sub-bacias do Rio Pará (MG)** : bacias do ribeirão da Fartura e do córrego do Buriti. 2019.88f.Trabalho de Graduação Individual (TGI) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

O objetivo deste trabalho foi identificar em que medida o uso da terra das cidades mineiras de Nova Serrana e São Gonçalo do Pará, situadas nas bacias do ribeirão da Fartura (ponto PA020) e do córrego Buriti (ponto PA034), respectivamente, afetam os parâmetros de qualidade das águas superficiais pelo descarte de diversos efluentes de fontes domésticas, industriais e/ou agrícolas. Os parâmetros coliformes termotolerantes, *Escherichia coli*, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), fósforo total, mercúrio total, nitrogênio amoniacal total (NAT) e oxigênio dissolvido (OD), todos em desconformidade, são medidos pelo IGAM e foram associados ao uso da terra para as bacias no período de 2008 a 2016.

A análise comparativa entre glebas de uso e dados de pontos de monitoramento da qualidade de águas superficiais possibilitou verificar que a ocupação humana, com seu efluente doméstico não tratado e a concentração urbana, é a causa do maior impacto na poluição dos recursos hídricos, considerando as altíssimas ocorrências de violações nos parâmetros coliformes termotolerantes, E.coli, fósforo, NAT, DBO e OD. Praticamente todos os parâmetros de estudo se encontram em desconformidade devido aos efluentes domésticos, à exceção do mercúrio. Em segundo lugar quanto às causas da poluição há os efluentes industriais, depois efluentes agropecuários, e, por fim, os efluentes de mineração. Devido ao pequeno porte do ribeirão da Fartura e do córrego do Buriti e à diversidade de lançamento de efluentes sem tratamento, apresenta-se uma pequena capacidade de autodepuração de poluentes, em que destaca-se o mercúrio por ser cumulativo e desaguar no rio Pará e posteriormente no rio São Francisco, caracterizando possível contaminação.

Palavras-chave: Qualidade da água. Uso da terra. Bacia hidrográfica.

ABSTRACT

QUAINI, Adriana Monteiro. **Comparative analysis of surface water quality data related to land use in two sub-basins of the Pará River – State of Minas Gerais**: basins of Fartura stream and Buriti stream. 2019. 88f. Trabalho de Graduação Individual (TGI) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

The objective of this work was to identify to what extent the land use of the Minas Gerais cities of Nova Serrana and São Gonçalo do Pará, situated in the basins of the Fartura stream (PA020 point) and Buriti stream (PA034 point), respectively, affect the parameters of surface water quality by the disposal of various effluents from domestic, industrial and / or agricultural sources. The parameters such as thermotolerant coliform, *Escherichia coli*, biochemical oxygen demand (BOD), total phosphorus, total mercury, total ammoniacal nitrogen (NOD) and dissolved oxygen (OD), all in nonconformity, are measured by IGAM and were associated to land use for the basins from 2008 to 2016.

The comparative analysis between land use data and surface water quality monitoring data allowed us to verify that human occupation, with its untreated domestic effluent and urban concentration, is the cause of the greatest impact on water resources pollution, considering the high occurrence of breaches in parameters alike thermotolerant coliform, *E.coli*, phosphorus, NAT, BOD and OD. Almost all of the study parameters were in disconformity due to the domestic effluents, except for mercury. Secondly, on the causes of pollution, there are industrial effluents, then agricultural effluents, and, finally, mining effluents. Due to the small size of the Fartura stream and the Buriti stream and the diversity of untreated effluent discharge, there is a tiny capacity for self-purification of pollutants, in which mercury stands out because it is cumulative and flows into the Pará river and later on the São Francisco River, characterizing possible contamination.

Keywords: Water quality. Land use. River basin.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.	Esquema de uma rede e bacia hidrográfica.	04
Figura 2.	Esquema representativo de uma bacia hidrográfica, com seus divisores de água (interflúvios), vertentes e talvegue (leito fluvial).	05
Figura 3.	Tonalidade de cores, em São Gonçalo do Pará.	14
Figura 4.	Tamanho dos galpões agropecuários, em Nova Serrana.	15
Figura 5.	Forma regulares de novos arruamentos em Nova Serrana.	15
Figura 6.	Exemplo de “sombra” no limiar da bacia do ribeirão do Buriti, em São Gonçalo do Pará.	16
Figura 7.	Textura rugosa de mata nativa em Nova Serrana.	16
Figura 8.	Padrão urbano em Nova Serrana.	17
Figura 9.	Perfil longitudinal do ribeirão da Fartura.	20
Figura 10.	Perfil longitudinal do córrego do Buriti.	21
Figura 11.	Imagem de bactérias baciloformes da espécie E. Coli.	23
Figura 12.	Exemplo de eutrofização em lagoa no Rio de Janeiro.	27
Figura 13.	Ciclo do nitrogênio em ambiente terrestre.	28
Figura 14.	Ciclo do nitrogênio em ambiente aquático.	29
Figura 15.	Esquema de decomposição do despejo de matéria orgânica em ambiente aquoso por bactérias.	30
Figura 16.	Reação de decomposição da ureia.	30
Figura 17.	Bacia do rio São Francisco, suas seções e sub-bacia do rio Pará.	35
Figura 18.	Bacia do rio Pará e bacias vizinhas.	37
Figura 19.	Bacias de estudo nos seus respectivos municípios.	39
Figura 20.	Tipos de solos das bacias do ribeirão da Fartura e do córrego do Buriti.	40
Figura 21.	Tipos de vegetação das bacias do ribeirão da Fartura e do córrego do Buriti.	42
Figura 22.	Foto ilustrativa de uma área de tensão ecológica no contato savana e floresta estacional.	43
Figura 23.	Hierarquia fluvial da bacia do ribeirão da Fartura.	44
Figura 24.	Mapa de curvas de nível da bacia do ribeirão da Fartura.	45
Figura 25.	Espacialização das indústrias de Nova Serrana.	45
Figura 26.	Hierarquia fluvial da bacia do córrego do Buriti.	47

Figura 27.	Espacialização das indústrias de São Gonçalo do Pará.	48
Figura 28.	Mapa de curvas de nível da bacia do córrego do Buriti.	49
Figura 29.	Esquema teórico da construção de nomenclatura da cobertura terrestre.	50
Figura 30.	Classe área urbanizada em Nova Serrana (em rosa claro).	52
Figura 31.	Classe campo em São Gonçalo do Pará (em amarelo).	52
Figura 32.	Classe corpos hídricos em São Gonçalo do Pará (em azul).	53
Figura 33.	Classe mata em Nova Serrana (no verde escuro)	54
Figura 34.	Classe mata de várzea em São Gonçalo do Pará (em verde musgo)	54
Figura 35.	Classe mineração em Nova Serrana (em roxo)	55
Figura 36.	Classe silvicultura em Nova Serrana (em verde)	55
Figura 37.	Reflorestamento com eucalipto.	56
Figura 38.	Classe solo exposto em Nova Serrana (em laranja)	56
Figura 39.	Mapa de uso e ocupação da terra da bacia do ribeirão da Fartura em Nova Serrana – MG	58
Figura 40.	Mapa de uso e ocupação da terra da bacia do córrego do Buriti em São Gonçalo do Pará.	61
Figura 41.	Resíduos e carcaça de um carro à esquerda da foto	62
Figura 42.	Resíduos diversos às margens do ribeirão da Fartura.	62
Figura 43.	Área de medição da PA020 sobre a ponte da Siderúrgica Gafanhoto.	62
Figura 44.	Foto do IGAM da área de medição da PA020 sobre a ponte.	63
Figura 45.	Foto do IGAM a jusante a montante da área de medição da PA034 sobre a ponte.	63
Figura 46.	Rio Pará sob a rodovia BR-262.	64
Figura 47.	Extensão da Ponte sobre o Rio Pará: 230 metros.	64
Figura 48.	Rio Pará visto da ponte da rodovia.	64
Figura 49.	Série histórica do parâmetro coliformes termotolerantes e E.coli para os pontos de monitoramento PA020 e PA034 para o período do 1º trimestre de 2008 até 4º tri de 2016.	76
Figura 50.	Série histórica do parâmetro DBO para os pontos de monitoramento PA020 e PA034 para o período do 1º trimestre de 2008 até 4º tri de 2016.	77
Figura 51.	Série histórica do parâmetro fósforo total para os pontos de monitoramento PA020 e PA034 para o período do 1º trimestre de 2008 até 4º tri de	

2016.	79
Figura 52. Série histórica do parâmetro mercúrio total para os pontos de monitoramento PA020 e PA034 para o período do 1º trimestre de 2008 até 4º tri de 2016.	80
Figura 53. Série histórica do parâmetro NAT para o ponto de monitoramento PA020 para o período do 1º trimestre de 2008 até 4º trimestre de 2016.	81
Figura 54. Série histórica do parâmetro NAT para o ponto de monitoramento PA034 para o período do 1º trimestre de 2008 até 4º trimestre de 2016.	82
Figura 55. Série histórica do parâmetro OD e temperatura da água para o ponto de monitoramento PA020 para o período do 1º trimestre de 2008 até 4º trimestre de 2016.	83
Figura 56. Série histórica do parâmetro OD e temperatura da água para o ponto de monitoramento PA034 para o período do 1º trimestre de 2008 até 3º trimestre de 2016.	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Classificação da densidade de drenagem (Dd) de uma bacia.	18
Tabela 2.	Produto Interno Bruto dos municípios de Nova Serrana e São Gonçalo do Pará.	40
Tabela 3.	Soma e porcentagem de indústrias de calçado, têxtil e outras em Nova Serrana.	46
Tabela 4.	Soma e porcentagem de indústrias de calçado, têxtil e outras em São Gonçalo do Pará.	48
Tabela 5.	Quadro do sistema básico de classificação da cobertura e uso da terra – SCUT	51
Tabela 6.	Área e contagem de atributos das classes de uso da terra da bacia do ribeirão da Fartura.	57
Tabela 7.	Área e contagem de atributos das classes de uso da terra da bacia do córrego do Buriti.	59
Tabela 8.	Quantidade de carga poluidora gerada, lançada e removida pela população urbana nos corpos d'água do ribeirão da Fartura e do córrego do Buriti.	67
Tabela 9	Pontos de Lançamento de Efluentes da Indústria por Município – 2006	68
Tabela 10.	Pontos de efluentes agropecuários de Nova Serrana e São Gonçalo do Pará – 2006.	70
Tabela 11	Pontos de Lançamento de Efluentes da Mineração por Municípios – 2006.	70
Tabela 12.	Desconformidades dos parâmetros para a PA020	71
Tabela 13.	Desconformidades dos parâmetros para a PA034	72
Tabela 14.	Lista dos limites dos parâmetros em desconformidade legal nas bacias estudadas.	75
Tabela 15.	Correlação entre NAT e pH para os pontos de monitoramento PA020 e PA034	82
Tabela 16.	Correlação entre OD e temperatura para os pontos de monitoramento PA020 e PA034	84
Tabela 17.	Epidemias relacionadas ao saneamento básico nos últimos 12 meses para as cidades de Nova Serrana e São Gonçalo do Pará.	86

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Área total da bacia
ANA	Agência Nacional de Águas
BA	Bahia
°C	Grau Celsius
CBHSF	Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais S.A.
CERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CODEVASF	Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPAM	Conselho Estadual de Política Ambiental
COPASA	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
Dd	Densidade de drenagem
Dh	Densidade hidrográfica
DN	Deliberação Normativa
E.coli	<i>Escherichia coli</i>
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente
FUNASA	Fundação Nacional da Saúde
Hg	Mercúrio
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEF	Instituto Estadual de Florestas
IGAM	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
INPE	Instituto de Pesquisas Espaciais
IQA	Índice de Qualidade das Águas
km	quilômetros
Lt	Comprimento total dos canais
m	metros
MMA	Ministério do Meio Ambiente

N	Nitrogênio
n°	Número
N	Número total de cursos d'água
NAT	Nitrogênio amoniacal total
MG	Minas Gerais
OD	Oxigênio Dissolvido
O ₂	Oxigênio
P	Fósforo
pH	Potencial hidrogeniônico
PIB	Produto Interno Bruto
PIE-BHRPA	Plano para Incremento do Percentual de Tratamento dos Esgotos Sanitários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará
S	<i>South</i> (sul em inglês)
SEMAD	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SNIRH	Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UPGRH	Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos
W	<i>West</i> (oeste em inglês)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Água e ciclo hidrológico	
2	OBJETIVO	3
3	TEORIA	4
3.1	Bacias hidrográficas	
3.2	Rios e canais fluviais	
3.3	Classificação dos corpos de água	
3.4	Comprometimento da qualidade da água	
3.5	Uso da Terra	
4	MÉTODO	13
4.1	Sensoriamento Remoto e fotointerpretação	
4.1.1	Tonalidade/ cor	
4.1.2	Tamanho	
4.1.3	Forma	
4.1.4	Sombra	
4.1.5	Textura	
4.1.6	Padrão	
4.1.7	Localização	
4.2	Análise real/ quantitativa das bacias hidrográficas	
4.2.1	Densidade de drenagem (Dd) e densidade hidrográfica (Dh)	
4.2.1.1	<u>Dd e Dh da bacia do ribeirão da Fartura</u>	
4.2.1.2	<u>Dd e Dh da bacia do córrego do Buriti</u>	
4.2.2	Perfil longitudinal	
4.2.2.1	<u>Perfil longitudinal do ribeirão da Fartura</u>	
4.2.2.2	<u>Perfil longitudinal do córrego do Buriti</u>	
4.3	Parâmetros	
4.3.1	Coliformes Termotolerantes	
4.3.2	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	
4.3.3	Escherichia coli	
4.3.4	Fósforo total	

- 4.3.5 Mercúrio total
- 4.3.6 Nitrogênio amoniacal total
- 4.3.7 Oxigênio dissolvido (OD)
- 4.4 Procedimentos de obtenção e geração de dados

5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO 34

- 5.1 Bacia do rio São Francisco
- 5.2 Bacia do rio Pará
- 5.3 Bacias do ribeirão da Fartura e do córrego do Buriti/Pinto
- 5.4 Bacia do ribeirão da Fartura/ da Gama
- 5.5 Bacia do córrego do Buriti/ do Pinto

6 RESULTADOS 50

6.1 Mapeamento Uso da terra

6.1.1 Classes

- 6.1.1.1 Classe área urbanizada
- 6.1.1.2 Classe campo
- 6.1.1.3 Classe corpos hídricos
- 6.1.1.4 Classe mata
- 6.1.1.5 Classe mata de várzea
- 6.1.1.6 Classe mineração
- 6.1.1.7 Classe silvicultura
- 6.1.1.8 Classe solo exposto

6.1.2 Uso da terra da bacia do ribeirão da Fartura

6.1.3 Uso da terra da bacia do córrego do Buriti

6.2 Trabalho de campo

6.3 Monitoramento, captação e lançamento

6.3.1 Monitoramento de qualidade das águas superficiais

6.3.2 Lançamento de efluentes

- 6.3.2.1 Efluentes domésticos
- 6.3.2.2 Efluentes industriais
- 6.3.2.3 Efluentes agropecuários
- 6.3.2.4 Efluentes de mineração

6.3.3 Captação e abastecimento de água

6.4 Tabelas dos dados em desconformidade para os pontos de monitoramento

7	ANÁLISE DOS RESULTADOS	73
7.1	Análise dos mapeamentos de uso da terra	
7.1.1	Análise do mapeamento da bacia do ribeirão da Fartura	
7.1.2	Análise do mapeamento da bacia do córrego do Buriti	
7.2.1	Coliformes Termotolerantes e Escherichia coli	
7.2.2	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	
7.2.3	Fósforo total	
7.2.4	Mercúrio total	
7.2.5	Nitrogênio amoniacal total	
7.2.6	Oxigênio dissolvido (OD)	
7.3	Doenças de veiculação hídrica relacionadas ao saneamento básico	
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	87

1 INTRODUÇÃO

1.1 Água e ciclo hidrológico

A água é imprescindível e insubstituível para a maioria dos seres vivos do planeta. Ela é encontrada na superfície terrestre, sub-superfície e em profundidade sob formas extremamente variáveis. Segundo Suguio (2006) a água existente na natureza pode ser classificada de acordo com suas formas de ocorrência como: águas meteóricas (as das chuvas e neves); águas fluviais (as dos rios) e as subterrâneas (as de lençol freático e aquífero).

As águas oceânicas representam 97% do volume de água na Terra e apenas 3% são encontradas nos continentes ou na atmosfera. Desta porcentagem, as águas superficiais, ou seja, as águas dos rios, lagos, lagoas e da atmosfera perfazem apenas 0,5 a 3%. (BRANCO, 1983; SUGUIO, 2006; TUNDISI, 2003; VON SPERLING, 1996).

É importante a ciência de como a água se movimenta de um meio para outro no planeta. Toda água existente na natureza está em constante mutação de estado. A essa circulação da água dá-se o nome de ciclo hidrológico. Neste ciclo, diferenciam-se os seguintes mecanismos de transferência de água e de energia: precipitação, escoamento superficial, infiltração, evapotranspiração e transpiração. (VON SPERLING, 1996).

Segundo Christofolletti (1980) e Chorley (1969) tais relações entre as diversas formas de mudança de estado da água na Terra podem ser representadas pela equação:

$$\text{precipitação} = \text{escoamento} + \text{infiltração} + \text{evapotranspiração}$$

Desta equação acima, o componente mais influente na bacia hidrográfica é o escoamento, que corresponde à parcela da água da precipitação que flui pela superfície do terreno, seja em fluxos confinado ou não-confinado (SUGUIO, 2006; CHRISTOFOLETTI, 1974). Segundo Christofolletti (1974) o escoamento superficial começa a aparecer quando a quantidade de água precipitada é maior que a velocidade de infiltração. Além da própria água meteórica, é transportado até os canais fluviais a carga de sedimentos presentes nas vertentes da bacia.

A água é essencial também para muitos processos geomorfológicos. É essencial ao intemperismo, agindo como solvente de minerais das rochas e do solo; ou como um agente de transporte que carrega para longe materiais dissolvidos e alterados. (PRESS *et al*, 2006).

E a água em si é um recurso natural. Este pode ser definido como:

Recurso natural pode ser definido como qualquer elemento ou aspecto da natureza que esteja em demanda, seja passível de uso ou esteja sendo utilizado pelo Homem, direta ou indiretamente, como forma de satisfação de suas necessidades materiais e culturais em qualquer tempo e espaço. (VENTURI, 2007, p.15)

A compreensão do que se denomina recurso natural só é possível sob uma dupla perspectiva: a social e a natural. A social, pois o fato de ser algo recorrível implica a existência de uma demanda social. E a natural, pois, depende da existência de uma base natural para sua ocorrência e distribuição na superfície terrestre (VENTURI, 2015).

Porém, esta preciosa substância para humanos e outros seres, é encontrada na sua forma adequada ao consumo (como água líquida doce) em apenas 0,0001% de toda água superficial do nosso planeta. (SUGUIO, 2006).

Nesta pesquisa o recurso natural em questão é a água, estudada no âmbito das bacias hidrográficas e das águas superficiais, sob aquela dupla perspectiva, ainda que indiretamente.

2 OBJETIVO

Identificar em que medida o uso da terra dos municípios mineiros de Nova Serrana e São Gonçalo do Pará, situadas nas bacias do ribeirão da Fartura e do Córrego do Buriti, respectivamente, afetam os parâmetros de qualidade das águas superficiais pelo descarte de diversos efluentes de fontes industriais, agrícolas e/ou domésticas. Parâmetros químicos e biológicos são associados ao uso da terra por meio de análise comparativa entre glebas de uso e dados de pontos de monitoramento da qualidade de águas superficiais.

3 TEORIA

3.1 Bacias hidrográficas

Para Guerra & Guerra (2015), bacia hidrográfica é um conjunto de terras de drenadas por um rio principal e seus afluentes. Em todas elas deve existir uma hierarquização de rede e um escoamento, normalmente dos pontos mais altos para os mais baixos. Conforme observado na Figura 1, as nascentes localizam-se próximas do divisor topográfico (ou interflúvio ou crista) e fluem para as partes mais baixas da bacia, respeitando uma hierarquia fluvial.

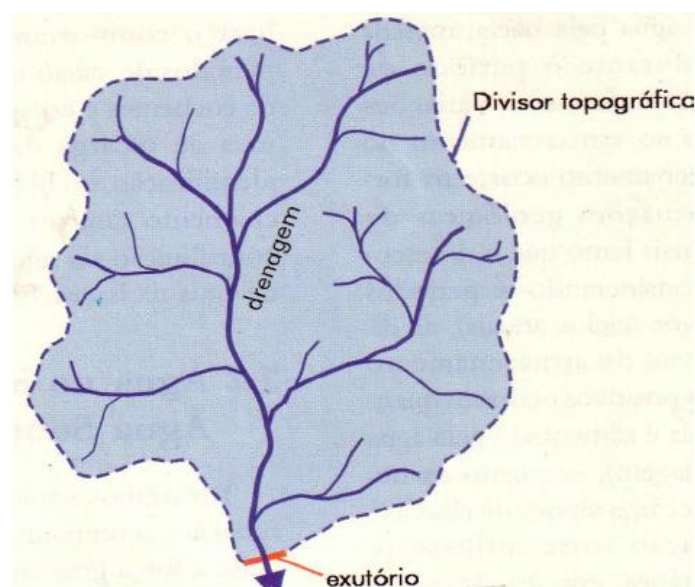


Figura 8.4 – Rede e bacia hidrográfica. Fonte: Teixeira, W. e outros. *Decifrando da Terra*. S. Paulo: Of.de Textos, 2000 (p.117)

Figura 1. Esquema de uma rede e bacia hidrográfica. Fonte: Venturi (2018).

Para Rodrigues (2011), bacia hidrográfica é um sistema que compreende todos os processos relativos ao funcionamento de uma rede fluvial, delimitado por todos os processos que, a partir da precipitação atmosférica, interferem no fluxo de matéria (sólida e líquida) e de energia de um rio ou de uma rede de canais fluviais. Canais fluviais são locais por onde fluem as águas fluviais.

Segundo Guerra & Guerra (2015), é comum o emprego da expressão bacia hidrográfica como sinônimo de vale, como por exemplo: bacia do São Francisco ou vale do São Francisco.

Segundo os autores, vale pode ser definido como uma forma topográfica

constituída por talvegues e duas vertentes com dois sistemas de declive convergentes. Vertentes, como planos de declives variados que divergem dos interflúvios (ou cristas), enquadrando o vale. Para Christofolletti (1974), vertente é entendida do interflúvio ao canal fluvial. E talvegue, por sua vez, como a linha de maior profundidade no leito fluvial e/ou a linha que une os pontos mais profundos num vale e/ou para onde se concentram as águas que descem das vertentes (FLORENZANO, 2008).

Segundo Christofolletti (1980, p.58) “[...] a sua dinâmica [da vertente] pode ser estudada como sistemas abertos, recebendo e perdendo tanto matéria como energia”

Uma elucidação simples e ilustrativa pode ser observada na Figura 2, onde os processos que ocorrem do interflúvio até as vertentes influenciarão no leito fluvial/talvegue por ação da gravidade.



Figura 2. Esquema representativo de uma bacia hidrográfica, com seus divisores de água (interflúvios), vertentes e talvegue (leito fluvial). Fonte: Site UFSCAR

Portanto, bacia hidrográfica inclui todos os espaços de circulação de água, bem como os de armazenamento e saídas de água e do material por ela transportado nas vertentes. Justamente por esta inter-relação entre vertentes e rios que Christofolletti (1974) afirma que é impossível considerá-los como entidades separadas, porque são membros do sistema aberto que é a bacia de drenagem e estão continuamente em interação.

As técnicas de análise de uma bacia destacam-se para as análises hidrológicas e geomorfológicas (ROGRIGUES, 2011). A área da ciência que se interessa pelo estudo dos processos e das formas relacionadas com o escoamento dos rios é a Geomorfologia fluvial (CHRISTOFOLETTI, 1974).

Todos os acontecimentos que ocorrem na bacia de drenagem repercutem direta ou indiretamente nos rios. Um dos processos que ocorre nas vertentes e influencia na Geomorfologia fluvial é o movimento de solo pouco intemperizado. Segundo Christofolletti (1974) de acordo com o tipo de material originado na fonte (vertente), será o tipo de material presente no ambiente de sedimentação.

Corresponde à movimentação de partículas ou partes do solo, considerando a gravidade como a única força importante e que nenhum meio de transporte esteja envolvido como: água em movimento, vento e etc. Embora alguns processos de movimentação de massa também sejam auxiliados pela presença da água em sua forma sólida ou líquida (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Estes movimentos, associados ao escoamento superficial, são processos que relacionam vertentes e ao movimento dos fluxos de águas fluviais e pluviais, que estão ligados à dinâmica de bacias e de rios.

3.2 Rios e Canais fluviais

Rios funcionam como canais de escoamento (CHRISTOFOLETTI, 1974). Segundo Venturi (2018) rio é tecnicamente chamado de *curso* ou *canal fluvial*. Possui várias cabeceiras que dão origem ao seu curso e recebem vários afluentes. Um curso de água pode, em toda sua extensão, ser dividido em três seções: 1 – curso superior; 2 – curso médio; 3 – curso inferior. No curso superior há geralmente grande predomínio do escavamento vertical, ou seja, erosão intensiva do vale; é a parte do rio mais próxima de suas nascentes e cabeceiras. No curso médio há um certo predomínio do transporte e um rebaixamento das encostas. No curso inferior há o fenômeno de aluvionamento. Canais fluviais são locais por onde fluem as águas fluviais. (GUERRA & GUERRA, 2015).

Segundo Christofolletti (1980) e Press *et al* (2006) os rios são um dos principais agentes geológicos que atuam na superfície da Terra. Os rios (e o gelo glacial) são os principais agentes de erosão, ajudando a esculpir a paisagem de todos os continentes.

São também os agentes mais importantes no transporte dos materiais intemperizados das áreas elevadas para as mais baixas, dos continentes para o mar, funcionando como canais de escoamento. O escoamento superficial faz parte integrante do ciclo hidrológico e sua alimentação se processa através das águas superficiais e subterrâneas. Sua importância é capital entre todos os processos morfogenéticos. (PRESS *et al*, 2006)

Mesmo sendo a mais importante fonte de água natural no Brasil, os rios vem sofrendo uma variedade de problemas ambientais devido a ações humanas descabidas. (MORAES & LORANDI, 2016. Em suma, como destaca Branco (1983, p.49) “um rio, além de fonte ideal de água e alimento, é também um veículo natural: transporta sedimentos,

embarcações, madeira e até imundícies”.

3.3 Classificação dos corpos de água

A Resolução CONAMA nº 357/ 2005 - que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento - considera o enquadramento como “estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser obrigatoriamente alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo”.

Ou seja, o enquadramento dos corpos de água deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveria possuir para atender às necessidades da comunidade.

Segundo Branco (1983), quaisquer que sejam os usos previstos para a água, de um modo geral deve-se procurar proteger a fauna e a flora naturais dos rios e lagos, principalmente visando o desenvolvimento de peixes.

A escala de prioridades básicas são para “abastecimento público de água potável, uso agrícola e pastoril e pesca fluvial” (BRANCO, 1983, p.87).

O artigo 8º (primeiro parágrafo) da Resolução nº 357/ 2005 menciona que o enquadramento do corpo hídrico é definido pelos usos preponderantes mais restritivos da água, sejam atuais ou pretendidos.

Tal documento também considera como classe de qualidade, um conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros. Segundo o artigo terceiro, “as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional são classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade”. No seu parágrafo único, menciona-se que as águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigente, desde que não prejudique a qualidade da água, atendidos outros requisitos pertinentes.

As águas doces são classificadas no artigo 4º, em classe especial, classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4.

A classe especial e classe 1 são as águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, mas aquela apenas com desinfecção e esta, após tratamento

simplificado. Também são destinadas à proteção das comunidades aquáticas, entre outras.

As águas de classe 2 são permitidas: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário; à aquicultura; à atividade de pesca, entre outras destinações.

Águas de classe 3 são águas que podem ser destinadas ao abastecimento humano, após tratamento convencional ou avançado e a dessedentação de animais (entre outras destinações).

Por fim, águas de classe 4 são destinadas à navegação e à harmonia paisagística.

3.4 Comprometimento da qualidade da água

A importância da água não impediu a sua degradação. Apesar de ser reconhecidamente essencial para a vida, a interferência do homem na natureza, sem respeitar suas limitações, resulta em sérios problemas ambientais que afetam diretamente na qualidade e na quantidade da água. (MORAES & LORANDI, 2016).

Segundo Von Sperling (1996, p.11) “a água, devido às suas propriedades de solvente e a sua capacidade de transportar partículas, incorpora a si diversas impurezas, as quais definem a qualidade da água”.

A qualidade da água é resultante de fenômenos naturais e da atuação do homem. É possível afirmar que a qualidade de qualquer água é função do uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica. As interferências humanas ocorrem por geração de despejos domésticos ou industriais, aplicação de defensivos agrícolas no solo e a introdução de substâncias e compostos na água, comprometendo sua qualidade. Ou seja, a forma que o homem usa e ocupa o solo tem um resultado direto na qualidade da água. (VON SPERLING, 1996).

Segundo Von Sperling (1996), os diversos componentes inseridos na água e que alteram o seu grau de pureza, poluindo-a, podem ser retratados em termos de suas características físicas, químicas e biológicas. Estas características podem ser traduzidas na forma de parâmetros de qualidade de água.

Como características físicas: alterações na cor, sabor ou odor da água. Como características químicas, as alterações na composição química da água, como presença de outros elementos ou de metais pesados. Como características biológicas, a presença

de seres vivos, pertencentes aos reinos animal, vegetal e protista. (VON SPERLING, 1996).

Entende-se por poluição das águas, por Von Sperling (1996, p.46):

“a adição de substâncias ou de formas de energia que direta ou indiretamente, alterem a natureza do corpo d'água de uma maneira tal que prejudique os legítimos usos que dele são feitos.”

Porém, a poluição das águas é um fenômeno conhecido de longa data. Aristóteles na antiga Macedônia já estudara com interesse alguns tipos de organismos que se desenvolviam nas águas poluídas. São os Sphaerotilus, bactérias “gigantes” (formando densas massas enoveladas, visíveis a olho nu, em córregos poluídos) e ainda hoje são reconhecidas como importantes indicadores de poluição. (BRANCO, 1983)

Mas a poluição generalizada de rios mais ou menos caudalosos só se iniciou com a introdução de sistemas de esgotos das cidades, tendo como origem uma diversidade de fontes, sejam pontuais ou difusas, e são associadas ao tipo de uso e ocupação da terra.

De acordo com Branco (1983), contaminação significa qualquer lançamento à água de elementos que sejam diretamente nocivos à saúde do homem ou de animais que consomem essa água, incluindo a presença de seres patogênicos ou de substâncias tóxicas.

Tucci (2002, p.411) afirma que a contaminação das águas superficiais, caracterizada pelos rios que atravessam cidades ocorre devido “a despejos de poluentes dos esgotos domésticos ou industriais, ao escoamento superficial das áreas agrícolas drenadas tratadas com pesticidas e outros compostos e entre outros”.

Para Branco (1983), um rio que recebe esgotos (domésticos ou industriais) tem uma alteração de natureza ecológica que na maioria das vezes é causada pela introdução de excesso de alimento. Isto eleva a demanda de oxigênio, consumida pelos organismos que leva à depressão do elemento do meio. O esgoto lançado também causa o escurecimento do ambiente líquido, dificultando ou mesmo impedindo a penetração dos raios luminosos indispensáveis à realização da fotossíntese, abolindo a possibilidade do desenvolvimento de algas.

Todavia, quanto maior a vazão de um rio, maior será a sua capacidade de diluir esgotos. Além disso, maior será a quantidade de oxigênio que o mesmo transporta por unidade de tempo, o que lhe dá maior capacidade de estabilizar aerobicamente compostos orgânicos. Justamente por isto, a capacidade do corpo d'água receptor deve estar ligada com o conhecimento prévio das cargas poluidoras a serem lançadas por uma

cidade ou por uma indústria, para que seja possível um planejamento adequado na disposição desses efluentes, sem causar prejuízos ecológicos, sanitários e econômicos ao mesmo. (BRANCO, 1983)

Para Von Sperling (1996, p. 93), através do fenômeno da autodepuração dos cursos d'água, estes se recuperam por mecanismos puramente naturais. A autodepuração está vinculada ao “restabelecimento do equilíbrio no meio aquático, por mecanismos essencialmente naturais, após as alterações induzidas pelos despejos de afluentes”. Assim, os compostos orgânicos são convertidos em compostos inertes e não prejudiciais, do ponto de vista ecológico.

Segundo o autor supracitado, à jusante do lançamento de um despejo predominantemente orgânico e biodegradável tem-se as quatro principais zonas de autodepuração: zona de degradação, zona de decomposição ativa, zona de recuperação e zona de águas limpas.

Logo após o lançamento de águas residuárias no curso d'água, inicia-se a zona de degradação. A principal característica é a alta concentração de matéria orgânica. A água apresenta-se turva, devido aos sólidos presentes nos esgotos. Após o período de adaptação, inicia-se a proliferação bacteriana, predominantemente das formas aeróbias decompositoras. (VON SPERLING, 1996).

Von Sperling (1996) afirma que a segunda etapa é a zona de decomposição ativa. Com a ação ativa dos micro-organismos em suas funções de decomposição da matéria orgânica, a qualidade da água apresenta-se em seu estado mais deteriorado. O oxigênio dissolvido atinge a sua menor concentração e, caso este se esgote totalmente pelo consumo dos micro-organismos, tem-se condições anaeróbias. Assim, ocorre o desaparecimento da vida aeróbia, dando lugar à predominância de organismos anaeróbios. Em caso de reações anaeróbias, os subprodutos das respectivas bactérias são, além do gás carbônico e da água: o metano; o gás sulfídrico; mercaptanas (tiois) e outros, sendo que vários destes são responsáveis pela geração de maus odores.

Na zona de recuperação (terceira etapa) inicia-se a etapa de recuperação. A matéria orgânica já se encontra grandemente estabilizada, ou seja, transformada em compostos inertes. Isso implica menor consumo de oxigênio pelos micro-organismos, aumentando os teores de oxigênio dissolvido, favorecendo as condições aeróbicas novamente. Assim, se a zona anterior estivesse em condições anaeróbias preponderantes, estas não mais ocorreriam na zona de recuperação. Por fim, na zona de águas limpas (quarta etapa) as águas retornam às suas condições normais anteriores à poluição, ao menos nos quesitos oxigênio dissolvido, matéria orgânica e teores de

bactérias. (VON SPERLING, 1996).

Porém, independentemente da autodepuração de canais fluviais, é importante o tratamento de efluentes e esgotos. Segundo Von Sperling (1996), a falta de tratamento e condições adequadas de saneamento podem contribuir para a proliferação de uma variedade de doenças infecciosas e parasitárias, além da degradação ambiental. A remoção dos poluentes no tratamento visa adequar o lançamento a uma qualidade desejada ou ao padrão de qualidade vigente no corpo d'água.

3.5 Uso da Terra

Na evolução do pensamento geográfico, foi constatado que o tema “Uso da Terra” não se constituiu como uma “abordagem metodológica específica e sistemática”; porém, devido às discussões paradigmáticas promovidas no âmbito das diferentes escolas de pensamento, a produção temática pode ser beneficiada, possibilitando sua própria evolução. (IBGE, 2013, p.20).

Segundo Lang & Blaschke (2009, glossário), uso da terra (*land use*) é a função socioeconômica de uma parte da superfície da terra. É um conceito complementar à cobertura da terra e muitas vezes não é observável diretamente através do sensoriamento remoto.

A informação do uso da terra é uma importante ferramenta para uma série de decisões de planejamento. Recentemente, o termo “cobertura da terra” (*land cover*) se tornou comumente usado e associação com o termo “uso da terra” (*land use*), mas os termos não são sinônimos. Uso da terra inclui “qualquer terra usada para moradores no país, de fazendas a campos de golfe, casas a lanchonetes, hospitais a cemitérios”. Cobertura da terra refere-se mais às “construções vegetais e artificiais que cobrem a superfície da terra”. (LINDGREN, 1985, p.101).

Segundo Manual IBGE (2013), o conhecimento sobre o uso da terra ganha notoriedade pela necessidade de “garantir sua sustentabilidade diante das questões ambientais, sociais e econômicas a ele relacionadas e trazidas à tona no debate sobre o desenvolvimento sustentável” (p.17). A análise do uso da terra inicia-se numa nova fase com a incorporação de técnicas de sensoriamento remoto.

Geralmente as atividades humanas estão diretamente relacionadas com o tipo de uso da terra, como residencial, industrial, florestal ou agrícola. Dados de sensoriamento remoto, como imagens de satélite e fotografias aéreas podem ser correlacionados com a cobertura da terra e utilizados no mapeamento do tema. (IBGE, 2013).

Para cada uma dessas atividades humanas diretamente relacionadas com o tipo de uso da terra corresponde a uma nomenclatura de uso e cobertura da terra. Tal nomenclatura foi concebida segundo sistema básico de classificação da cobertura e uso da terra (SCUT), no esquema teórico da cobertura terrestre. Divide-se inicialmente em dois níveis (classes) hierárquicos contrastantes: terra e água, e a partir destes, em outras subclasses (IBGE, 2013).

4 MÉTODO

4.1 SIG, Sensoriamento Remoto e fotointerpretação

Os sistemas de informações geográficas (SIG) constituem-se numa das principais técnicas no apoio de decisões que envolvem a análise integrada do espaço geográfico. (KAWAKUBO et al, 2011).

Os SIGs apoiam-se em diferentes opções de questionamento espacial. Uma das aplicações de SIG é no “desenvolvimento do uso do solo”, tendo como exemplos a “ detecção de uso e cobertura do solo por meio da classificação de fotos aéreas e imagens de satélite, bem como análise de mudanças (*change detection*) ”. (LANG & BLASCHKE, 2009, p.47). Uma das técnicas de mapeamento e acompanhamento das feições terrestres é através do sensoriamento remoto.

Segundo Jensen (2009), sensoriamento remoto é o registro da informação das regiões do ultravioleta ao infravermelho e micro-ondas do espectro magnético, sem contato, por meio de instrumentos, tais como: câmeras, escâneres e etc, localizados em plataformas, tais como: aeronaves ou satélites. E, a análise da informação adquirida acontece por meio visual ou por processamento digital de imagens. Nesta pesquisa, a análise será pelo meio visual de imagens.

Lindgren (1985) afirma que a análise efetiva de fotos aéreas requer uma dupla habilidade: detectar e identificar características individuais visíveis na foto, e tirar conclusões baseadas no que se observa. Para Marchetti (1977), a fotointerpretação é a arte de examinar as imagens dos objetos nas fotografias e de deduzir a sua significação.

A partir de elementos constantes nas imagens (que devem ser analisados em conjunto) a interpretação em si é realizada; isoladamente os elementos podem não traduzir a realidade com precisão. São, portanto, elementares na interpretação visual, sendo que é através deles que se torna possível a identificação de objetos representados na imagem (LUCHIARI et al , 2011).

Para Luchiari et al (2011), a experiência da interpretação visual é adquirida por meio da execução de trabalhos de longo tempo, ainda que há certo grau de subjetividade na atividade.

A experiência da graduanda foi adquirida pelas atividades e embasamento teóricos obtidos nas aulas de Sensoriamento Remoto deste Departamento, Bem como através de

experiência de estágio semestral em uma empresa de consultoria ambiental em São Paulo. Onde diariamente era necessário vetorizar rede hidrográfica, limites de bacias e de uso da terra de diversas regiões do Brasil.

Nesta pesquisa, foram levados em consideração os seguintes elementos de fotointerpretação: tonalidade/cor, tamanho, forma, sombra, textura, padrão e localização. (FLORENZANO, 2015 *apud* FLORENZANO, 2007; LUCHIARI et al, 2011)

As imagens correspondentes aos elementos abaixo foram extraídas da área de estudo e servem como ilustração dos mesmos.

4.1.1 Tonalidade/ cor

A tonalidade está relacionada à intensidade da energia eletromagnética refletida ou emitida por um objeto. Consiste em gradações de cinza (ou níveis de cinza), que variam do preto ao branco, a depender do comprimento de onda refletido por determinado objeto na superfície terrestre (LUCHIARI et al, 2011).



Figura 3. Tonalidade de cores, em São Gonçalo do Pará. Escala 1:9.000

4.1.2 Tamanho

O tamanho de um objeto representado em uma imagem deve ser considerado em função da sua escala, e é mais importante no sentido relativo do que no sentido absoluto. Um objeto pode ser distinguido pelo seu tamanho em relação a outros que estejam representados em uma imagem (LINDGREN, 1985 ; LUCHIARI et al, 2011; MARCHETTI, 1977).



Figura 4. Tamanho dos galpões agropecuários, em Nova Serrana. Escala 1:9.000

4.1.3 Forma

Este elemento refere-se à sua configuração e características geométricas, ou seja, suas características morfológicas de algum objeto.

De maneira geral, as formas irregulares correspondem às feições naturais como rios, rochas e vegetação. Já as formas regulares referem-se às obras artificiais criadas pelo homem como estradas, praças e edificações (LUCHIARI et al, 2011).



Figura 5. Forma regulares de novos arruamentos em Nova Serrana. Escala 1:9.000

4.1.4 Sombra

Consiste em fenômenos comuns em imagens fotográficas, resultante da ausência de energia refletida ou emitida. Possui a desvantagem de mascarar detalhes importantes de pequenas dimensões como campos de culturas agrícolas, cursos d'água e construções (LUCHIARI et al, 2011). Nesta pesquisa, felizmente, foram encontradas poucas sombras nas imagens.



Figura 6. Exemplo de “sombra” no limiar da bacia do ribeirão do Buriti, em São Gonçalo do Pará. Escala 1:9.000

4.1.5 Textura

Lindgren (1985), Luchiari (2011) e Marchetti e Garcia (1977) afirmam que textura pode ser definida como a frequência da variação de tons numa imagem, o que depende principalmente da escala e da resolução do produto. Em fotografias aéreas de média escala, é possível observar geralmente a textura, sendo como suave/fina ou rugosa. Areia, represas e açudes apresentam textura fina, por exemplo. Enquanto porções de vegetação natural apresentam textura rugosa, como na figura 7, abaixo.



Figura 7. Textura rugosa de mata nativa em Nova Serrana. Escala 1:9.000

4.1.6 Padrão

Padrão caracteriza-se pelo arranjo espacial entre objetos naturais ou antrópicos representados na imagem. A repetição entre os objetos formam um determinado padrão. Padrões naturais tendem a serem menos regulares do que padrões criados pelo homem. Por exemplo, o padrão urbano, define-se pelo arruamento, formado por quadras, com edificações. (LINDGREN, 1985; LUCHIARI et al, 2011).



Figura 8. Padrão urbano em Nova Serrana. Escala 1:9.000

4.1.7 Localização

Saber sobre a situação de um objeto em relação aos demais pode facilitar a sua identificação e o entendimento. Assim, em locais onde existe convergência de vias de transporte, pode haver aglomerações urbanas, bem como um edifício largo e térreo próximo de uma rodovia é mais apto a ser industrial do que comercial (LINDGREN, 1985; LUCHIARI et al, 2011).

4.2 Análise real/ quantitativa das bacias hidrográficas

4.2.1 Densidade de drenagem (Dd) e densidade hidrográfica (Dh)

As bacias de estudo possuem tipos de canais do tipo meandrante (curvas sinuosas e semelhantes entre si). Através de um trabalho contínuo de escavação na margem côncava (ponto de maior velocidade da corrente) e de deposição na margem convexa (ponto de menor velocidade). A bacia de drenagem, em relação ao escoamento global, é do tipo exorreica, desaguando no São Francisco com escoamento contínuo até Oceano Atlântico. O padrão de drenagem, correspondente ao arranjo espacial dos cursos fluviais pelo critério geométrico, é de uma drenagem dendrítica, ou arborescente. (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Existem vários tipos de análises quantitativas que podem ser realizadas em bacias hidrográficas. As principais delas são o cálculo da densidade de drenagem (Dd) e da densidade hidrográfica (Dh).

A Dd faz uma relação entre o comprimento total dos canais de escoamento com a

área da bacia hidrográfica. Este cálculo é importante na análise das bacias hidrográficas porque apresenta relação inversa com o comprimento de rios. Ou seja, à medida que aumenta o valor numérico da densidade, há diminuição quase proporcional do tamanho dos componentes fluviais das bacias de drenagem. (CHRISTOFOLETTI, 1974; RODRIGUES, 2011). Sua fórmula é:

Fórmula 1.
$$Dd = Lt / A$$
 onde:

Dd corresponde à densidade de drenagem, Lt ao comprimento total dos canais e A a área da bacia em questão.

Por sua vez, segundo Christofolletti (1974), a densidade hidrográfica (Dh) é a relação entre o número de cursos d'água e a área da bacia. Sua finalidade é comparar a frequência ou a quantidade de cursos d'água existentes em uma área de tamanho padrão, como por exemplo, o km². Sua fórmula é:

Fórmula 2.
$$Dh = N / A$$
 onde:

Dh corresponde à densidade hidrográfica, N ao número total de cursos d'água e A a área da bacia considerada.

Tabela 1. Classificação da densidade de drenagem (Df) de uma bacia.

Dd (km/km²)	Denominação
< 0,5	Baixa
0,5 – 2,00	Mediana
2,01 – 3,50	Alta
>3,50	Muito alta
Fonte: Beltrame (1994).	

4.2.1.1 Dd e Dh da bacia do ribeirão da Fartura

Em Nova Serrana, a bacia do ribeirão da Fartura corresponde a uma área de 86,6 km², com altitude máxima de 925m. O ribeirão da Fartura possui 22,8km de extensão. O comprimento total dos canais fluviais da bacia é de 114,4 km. Todos estes dados foram

obtidos da tabela de atributos dos *shapefiles* (formato de dados vetoriais).

Com esses dados, é possível descobrir a densidade de drenagem e a densidade de rios. Sua Dd é, portanto, resultante da divisão de 114,4 km por 86,6 km², que resulta em 1,32. É considerada uma densidade de drenagem mediana.

Sua densidade hidrográfica é obtida pela divisão de 71 canais por 86,6 km², que resulta em 0,81.

4.2.1.2 Dd e Dh da bacia do córrego do Buriti

Em São Gonçalo do Pará, a bacia do córrego do Buriti corresponde a uma área de 15,2 km² e com altitude máxima de 775m. O córrego do Buriti possui 9,3 quilômetros de extensão. O comprimento total dos canais fluviais bacia é de 24,0 quilômetros.

Pela divisão de 24,0 km por 15,2 km², tem-se a sua densidade de drenagem de 1,58, sendo mais bem drenada do que a bacia do ribeirão da Fartura (densidade de drenagem de 1,32).

Mas, assim como a bacia supracitada, a bacia do córrego do Buriti também é considerada com uma densidade de drenagem mediana.

Por sua vez, sua densidade hidrográfica é obtida da divisão de 17 canais por 15,2 km², que resulta em 1,1 km².

Ou seja, a bacia do córrego do Buriti tem uma densidade de drenagem e uma densidade hidrográfica maior do que a do ribeirão da Fartura.

4.2.2 Perfil longitudinal

Segundo Christofletti (1980, p.96), o perfil longitudinal de um rio “mostra a sua declividade (ou gradiente), sendo a representação visual da relação entre a altimetria e o comprimento de determinado curso d'água.” Ele resulta do trabalho que o rio executa para manter o equilíbrio entre a capacidade e a competência, com a quantidade e o calibre da carga.

O perfil característico é o côncavo para o céu (Chorley, 1969). A declividade maior é na parte da cabeceira, ou das nascentes, e os valores tendem a ser mais suaves em direção ao nível de base. Os canais fluviais que apresentam esse perfil são considerados

como equilibrados.

4.2.2.1 Perfil longitudinal do ribeirão da Fartura

A equidistância das curvas de nível é de 25 metros, as quais foram obtidas através do TOPODATA/INPE. O perfil longitudinal a seguir é o do ribeirão da Fartura (Figura 9). Observa-se uma acentuada concavidade na parte da cabeceira, indicando um perfil equilibrado. Neste perfil, cada centímetro vale 2 quilômetros na escala horizontal. E, na escala vertical, cada centímetro corresponde a 25 metros.

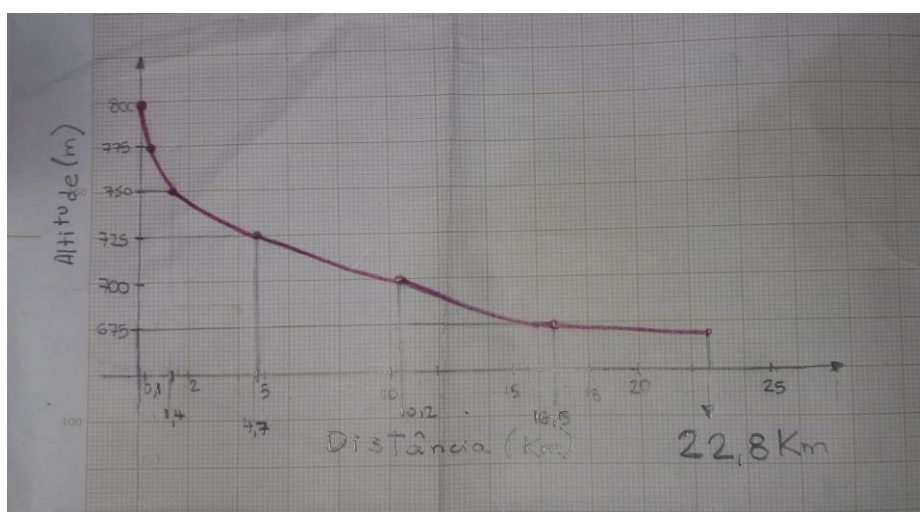


Figura 9. Perfil longitudinal do ribeirão da Fartura

O ribeirão emerge na cota 800m. De início, o curso d'água desce 25 metros de altitude em apenas 100 metros, interceptando assim a cota 775m. Posteriormente, com 1,4 km de extensão intercepta a curva seguinte, de 750m. Com 4,7 quilômetros ele atravessa a curva de 725m e, em seguida, com 10,2 km, a de 700.

A partir desta cota a declividade diminui bastante. A cota 675 é cruzada com 16,5 quilômetros e decresce levemente até chegar ao seu ponto exutório, na confluência com o rio Pará. A diferença altitudinal para o ribeirão da Fartura é de 125 metros.

4.2.2.2 Perfil longitudinal do córrego do Buriti

O perfil longitudinal do córrego do Buriti apresenta uma concavidade menor do que o perfil do ribeirão da Fatura (Figura 10). Neste perfil, a proporção é de um centímetro para cada quilômetro na escala horizontal. E, na escala vertical, um centímetro para cada 25 metros.

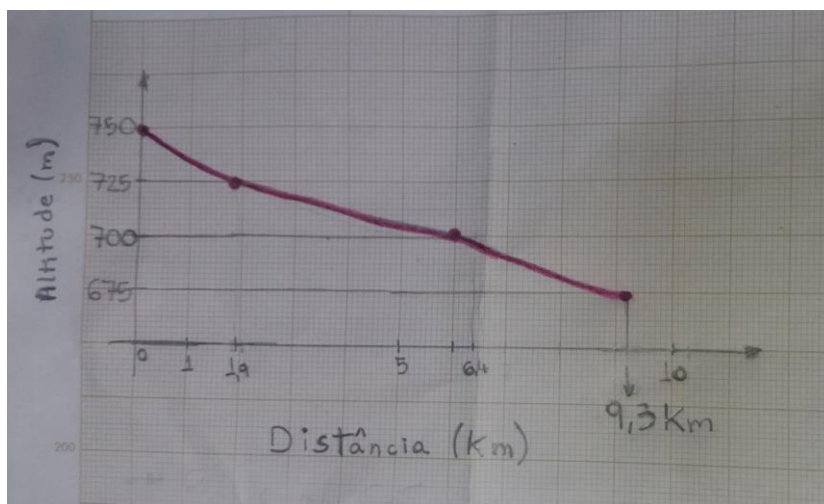


Figura 10. Perfil longitudinal do córrego do Buriti

Sua nascente é a 750 metros de altitude e percorre 1,9 quilômetros até decrescer 25 metros de altitude, ou seja, passando pela cota de 725 metros. Com 6,4 quilômetros intercepta a cota de 700 metros de altitude e, com 9,6 quilômetros cruza a cota de 675 metros, chegando na sua foz com o rio Pará. A diferença altitudinal para o córrego do Buriti é de 75 metros.

4.3 Parâmetros

O uso de parâmetros de qualidade de água consiste no emprego de variáveis que se correlacionam com as alterações ocorridas numa bacia, sejam de origem antrópica ou natural. (TOLEDO & NICOLELLA, 2002).

Os parâmetros alterados nos pontos de monitoramento selecionados são:

coliformes termotolerantes, *Escherichia coli*, DBO, fósforo total, mercúrio total, nitrogênio amoniacal total e OD.

Em decorrência da substituição adotada pelo IGAM da medição de coliformes termotolerantes por *Escherichia coli*, a partir da primeira campanha de 2013, os parâmetros foram analisados no mesmo tópico.

Os parâmetros a seguir serão analisados conforme o lançamento de quatro tipos de efluentes antrópicos: efluentes domésticos, efluentes industriais, efluentes agropecuários e efluentes de mineração.

4.3.1 Coliformes Termotolerantes e *Escherichia coli*

Um rio que recebe os esgotos domésticos de uma cidade acolhe também as doenças da mesma. Assim, ao recebê-los de toda uma comunidade, torna-se invariavelmente contaminado pela presença de bactérias coliformes presentes na matéria fecal de animais homeotermos (organismos de “sangue quente”, mamíferos em geral, inclusive humanos). Se suas águas forem ingeridas por uma pessoa ou comunidade sadia, podem transmitir doenças de forma generalizada. (BRANCO, 1983).

Conforme Branco (1983), normalmente as bactérias do grupo coliformes não causam doenças, mas elas indicam obrigatoriamente a presença de resíduos fecais e, por conseguinte, a possibilidade da existência de germes causadores de doenças. Por isso, há uma correlação (nos esgotos de origem doméstica) entre o número de coliformes e o número de patogênicos. Admite-se que em um litro de água que contenha 10 ou 20 coliformes tem a possibilidade de possuir também 1 germe patogênico, ou seja, uma possibilidade teórica de transmitir doença.

Em consonância, Von Sperling (1996, p.37) afirma que: “a determinação da potencialidade de uma água transmitir doenças pode ser efetuada de maneira indireta, através dos organismos indicadores de contaminação fecal, pertencentes principalmente ao grupo coliformes.

Ainda que os coliformes não sejam causadores de dano algum se ingeridos, sua presença está ligada à existência de agentes causadores de doenças tais como: febre-tifoide, cólera-morbo, hepatite infecciosa, poliomielite, diarreias etc. (BRANCO, 1983).

De acordo com Rebouças (1999), estas doenças de veiculação hídrica (ou seja,

transmitidas pela água) permeiam ambientes com deficiência de saneamento, no meio urbano ou no meio rural e são propícias para a transmissão das mesmas.

A contagem dos mesmos é realizada através do teste chamado número mais provável de bactérias coliformes – NMP. Este teste procura evidenciar quantitativamente a presença de certos micro-organismos de origem intestinal, atestando a presença de fezes na água. (REBOUÇAS, 1999)

Vale ressaltar que as bactérias do grupo coliforme são exclusivas do ambiente intestinal de mamíferos. Ou seja, paralelamente aos efluentes domésticos, os efluentes agropecuários também podem influenciar na presença de coliformes termotolerantes, pois nos dejetos fecais de bovinos, suínos, caprinos, equinos e etc também é constatada presença de bactérias do grupo coliformes.

Segundo FUNASA (2013) coliformes totais são bactérias do grupo coliforme, em formas de bacilos, e fermentam a lactose a aproximadamente 35,0 °C em 24 a 48 horas.(Figura 11). Coliformes termotolerantes são um subgrupo das bactérias do grupo coliforme, mas que fermentam a lactose a aproximadamente 44,5 °C em 24 horas, tendo como principal representante a *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal.



Figura 11. Imagem de bactérias baciloformes da espécie E. Coli. Fonte: Livemint (2017).

Em suma, a presença de coliformes fecais é usada como indicador sanitário, pois apesar de não serem patogênicas em sua maioria, indicam que o ecossistema foi contaminado com esgoto. Com isso, outros patógenos podem estar presentes, causando transmissão de doenças à comunidade. (CBHRP, 2006)

A E. Coli é considerada como a mais específica indicadora de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos. (Resolução CONAMA nº 357/ 2005).

Justamente por isto, salienta-se que o parâmetro *Escherichia coli* substituiu a avaliação de coliformes termotolerantes a partir da primeira campanha de 2013. Este fato

se deve a estudos atuais que indicam a espécie *E. Coli* como sendo a única indicadora inequívoca de contaminação fecal - humana ou animal. Além de que, foram identificadas algumas poucas espécies de coliformes termotolerantes habitando em ambientes naturais. Ou seja, a medição de coliformes apresenta limitações como indicadores de contaminação fecal. (Resumo Executivo IGAM, 2015).

Portanto, em suma, o parâmetro *E. coli* em corpos hídricos é devido a efluentes domésticos e a efluentes agropecuários, não estando presente em efluentes industriais.

4.3.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Segundo Von Sperling (1996), a matéria orgânica nos corpos de água e no esgoto é a principal causadora do problema de poluição das águas. Através dos processos metabólicos dos micro-organismos, o consumo de oxigênio dissolvido aumenta em ambientes aquáticos. A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é o parâmetro tradicionalmente mais utilizado para medir o consumo de oxigênio. (BRANCO, 1983; VON SPERLING, 1996).

Para Branco (1983), o excesso dessa demanda de oxigênio é causado pelo excesso de alimentos consumidos pelos organismos, que leva à depressão do conteúdo de oxigênio do meio. Assim, esgotos domésticos, bem como muitos tipos de resíduos industriais, são constituídos preponderantemente de matérias orgânicas, isto é, servem de alimento a animais, fungos e bactérias. Quanto maior o volume de esgotos lançado a um determinado rio, maior será o consumo de oxigênio provocado neste (em decorrência da maior proliferação de bactérias e da maior atividade total de respiração).

Vale ressaltar que, como essa demanda é provocada sempre por intermédio de uma atividade biológica ou bioquímica (atividade bacteriana), fala-se em demanda bioquímica de oxigênio. Segundo Branco (1983, p.57) “a alimentação de um rio deve ser proporcional à sua capacidade de assimilação. Caso contrário, ele se asfixia.”

A técnica mais usada para a medida da DBO consiste, conforme Branco (1983, p.58) em:

“adicionar pequenas quantidades do esgoto ou resíduo orgânico a um determinado volume de água saturada de oxigênio, deixar essa solução em frasco fechado, em uma incubadeira a 20° C, durante certo número de dias, e medir quimicamente a quantidade de oxigênio que restou após esse período de incubação.”

Durante esse período, que geralmente é de 5 ou 20 dias, ocorre a proliferação das

bactérias aeróbias. Consome-se a matéria orgânica presente e respira-se parte do oxigênio existente naquele volume de água. A concentração inicial de oxigênio, a 20° C, é de aproximadamente 9 miligramas por litro de água (ao nível do mar). Através do cálculo da diferença entre este valor e a quantidade de oxigênio consumida, obtém-se o valor da DBO para aquele lapso de tempo, de acordo com o volume de esgoto ali adicionado. (BRANCO, 1983)

Ainda segundo o autor acima, a importância das medidas de DBO, do ponto de vista ecológico, é muito importante. Através delas é possível prever o quanto de oxigênio será “roubado” ao rio, por determinada quantidade de um certo tipo de esgoto ou resíduo industrial. A DBO, por si mesma, não é nociva à saúde do homem e não deve ser, pois, considerada como um “veneno”. Mas é nociva aos peixes e aos seres aeróbios que habitam o meio aquático, ou seja, que dependem do oxigênio da água para sua respiração. Tem valor ponto de vista ecológico e não propriamente sanitário.

Em suma, é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica biodegradável sob condições aeróbicas, pelos organismos aeróbios. Suas causas são despejos de origem predominantemente orgânica.(CBHRP, 2006).

Os esgotos de origem doméstica possuem uma DBO da ordem de 200 a 300 miligramas por litro. Significa que cada litro deste esgoto, ao ser lançado ao corpo d'água, rouba-lhe 200 a 300 miligramas de oxigênio. Segundo Branco (1983) é praticamente constante, nos povos civilizados, a carga diária de DBO por pessoa, e equivale a aproximadamente 54 gramas de DBO.

Mas com relação aos resíduos industriais, o valor da carga varia conforme o tipo de indústria considerado. O destaque vai os efluentes industriais das indústrias de tecidos, curtume, papel, ferro e açúcar e álcool. A DBO das águas industriais pode ser dezenas ou centenas de vezes maior que a dos esgotos domiciliares.(BRANCO, 1983; CBHRP, 2006).

Sobre os efluentes agropecuários, Rebouças (1999, p.334) afirma que “o poder poluente dos dejetos de suínos em volume é de 10 a 12 vezes superior ao de esgoto humano, sendo que em alguns aspectos, 100 vezes mais forte, como é o caso da DBO”.

Devido ao confinamento dos suínos e à uma concentração de grande número de animais em pequenas áreas, como consequência tem-se uma produção muito grande em volume de dejetos num mesmo lugar. E o tratamento dos rejeitos aquosos dos frigoríficos é tarefa complexa, variando conforme a unidade industrial. São caracterizados por elevados DBO (de 800 a 23 mil mg/L). Entende-se por indústria frigorífica aquela na qual se promove o abate de animais, tendo em vista a produção de carnes (REBOUÇAS, 1999).

Segundo Rebouças (2002), uma das mais graves consequências da poluição das águas provocadas pela introdução de esgotos domiciliares e despejos orgânicos em geral, consiste no apodrecimento desses materiais. Causando um decréscimo dos teores de oxigênio dissolvido na água, podendo induzir à completa extinção do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e de outras formas de vida aquática.

Portanto, o parâmetro DBO se relaciona com efluentes domésticos, industriais e agropecuários.

4.3.3 Fósforo total

O fósforo é um metal multivalente pertencente ao grupo do nitrogênio e é muito reativo. (CBHRP, 2006).

Segundo Von Sperling (1996, p.32), a origem antropogênica de fósforo na água é devido a “despejos industriais, domésticos, detergentes, excrementos de animais e fertilizantes”. E é um dos nove parâmetros do IQA, com peso de 0,10.

Rebouças (2002, p.332) declara que a prática agrícola moderna pressupõe o envolvimento de “inúmeros produtos químicos, sejam nutrientes ou defensivos agrícolas”. Graças à procura da alta produtividade no campo, sérios problemas de qualidade das águas superficiais ocorreram, principalmente devido à perda de nutrientes (nitrogênio e fósforo), amplamente utilizados no acréscimo da fertilidade do solo.

Dos elementos que organismos fotossintetizantes necessitam, em geral são os que se encontram em quantidades deficitárias no solo e na água, como o nitrogênio, fósforo e potássio. Por essa razão, costuma-se adubar o solo em que se cultivam as plantas com compostos ricos nestes três elementos. Como geralmente só podem ser assimilados na forma de sais, costuma-se adicionar nitratos e fosfatos (BRANCO, 1983).

Branco (1983) e Rebouças (2002) afirmam que a presença desses nutrientes nas águas, ainda que em pequeno grau, colaboram para a poluição das águas, pois são agentes eutrofizantes, ou seja, fertilizam a água, podendo causar o fenômeno da eutrofização, uma excessiva proliferação de algas e organismos fotossintetizantes. (Figura 12).



Figura 12. Exemplo de eutrofização em lagoa no Rio de Janeiro. Fonte: Ecologia IB - USP (2018).

No ambiente aquático ocorre fenômeno idêntico. O acréscimo da concentração de elementos como nitrogênio e fósforo produz aumento da concentração de algas, a menos que falte luz no ambiente. Além da possibilidade da adição diretamente dos mesmos na forma de sais, esses elementos podem ser adicionados indiretamente na forma de compostos orgânicos (matéria fecal, que também é adubo orgânico), os quais, por decomposição biológica, dão lugar à formação de amônia ou nitratos e fostatos.(BRANCO, 1983).

Para SANTOS(2016), o fósforo também é um nutriente presente em alta concentração em efluentes da indústria frigorífica.

Ou seja, o fósforo total na água, assim como o parâmetro DBO, é influenciado por efluentes domésticos, industriais e agropecuários.

4.3.4 Mercúrio total

É um metal líquido à temperatura ambiente. (CBHRP, 2006).

Rebouças (2002, p. 253) afirma que metais na água podem ocorrer sob forma “dissolvida, coloidal e particulada”. O mercúrio faz parte dos metais pesados que se dissolvem na água e é um poluente inorgânico tóxico (VON SPERLING, 1996). Esse composto tem um longo tempo de residência na biota aquática e causa severas contaminações em seres humanos.

Entre os casos mais representativos de danos ambientais regionais, têm-se como exemplo os causados por elementos metálicos pesados como mercúrio (Hg), chumbo (Pb) e cádmio (Cd). Esses elementos são muito reativos, pois de algum modo combinam facilmente com substâncias orgânicas, como o metano (CH₄) e também pode ser transformado em gás. (SUGUIO, 2006).

Para Rebouças (2002), a presença de certas atividades industriais (mesmo artesanais e primitivas ou extrativas) que lancem às águas princípios tóxicos pode comprometer a qualidade da água de um manancial caudaloso.

Entre as fontes antropogênicas do mercúrio no meio aquático, destacam-se vários processos de mineração e fundição, indústrias de tintas, produção e fundição de ferro e aço e formulação e produção de pesticidas. Além das indústrias têxteis, que geram como resíduo efluentes com a presença do metal pesado.(CBHRP, 2006).

Não há contaminação de mercúrio por efluentes domésticos, sendo então um parâmetro praticamente relacionado na água à despejos industriais e mineração. Mas também pode ocorrer parcialmente em efluentes agropecuários devido aos pesticidas.

4.3.5 Nitrogênio amoniacal total (NAT)

O nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico (N), amoniacal (NH_3), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-). É possível associar as etapas de degradação da poluição orgânica por meio da relação entre as formas de nitrogênio. Assim, para cada uma das quatro zonas de autodepuração natural em rios, caracteriza-se um composto do hidrogênio. Ou seja, na zona de degradação (com alta concentração de matéria orgânica) observa-se a presença de nitrogênio orgânico. Em seguida, na zona de decomposição ativa, nitrogênio amoniacal e nitrito na zona de recuperação. Por fim, na zona de águas limpas, o nitrato. (CETESB, 2014; VON SPERLING, 1996).

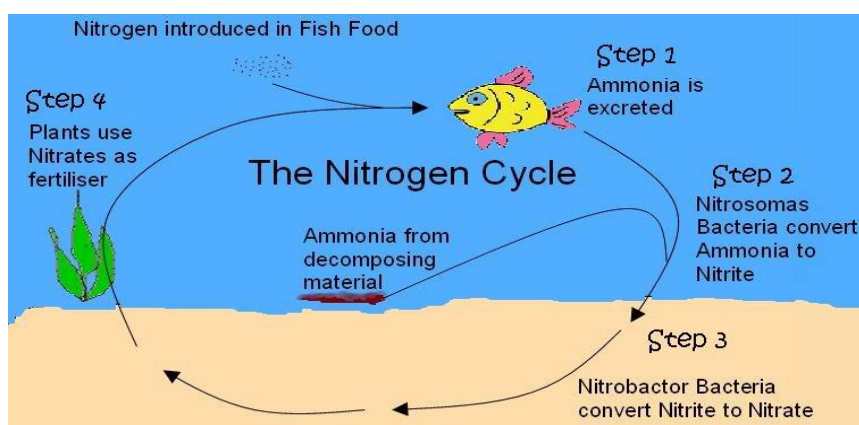


Figura 13. Ciclo do nitrogênio em ambiente terrestre. Disponível em: <<http://aquaponicsideasonline.com/nitrogen-cycle-from-fish-excretion-in-an-aquaponics->

systems>. Acesso em: 06/12/2018.

A Figura 13 mostra o ciclo do nitrogênio no solo (destaque para os compostos em vermelho) e a Figura 14 o ciclo do elemento em ambiente aquático. Observa-se que a sequência de conversão de nitrogênio orgânico para amônia e, posteriormente desta para nitrito e, depois deste em nitrato é a mesma.

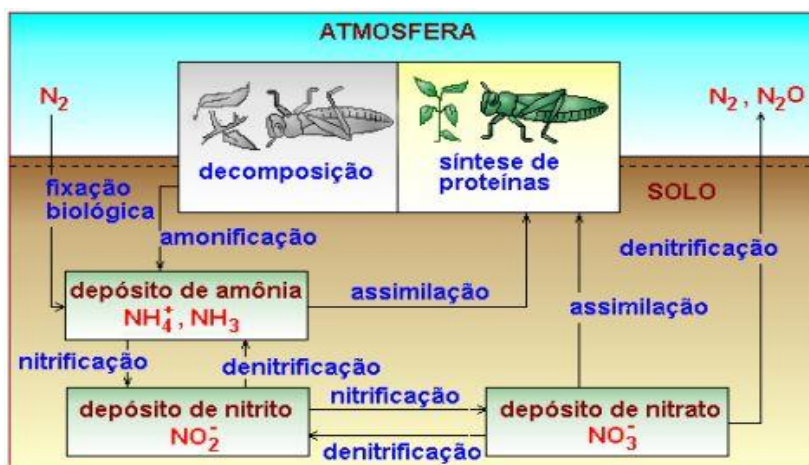


Figura 14. Ciclo do nitrogênio em ambiente aquático. Disponível em: <http://www.ib.usp.br/ecologia/ciclo_biogeoquimicos_print> Acesso em: 06/12/2018.

O nitrogênio é um dos nove parâmetros do cálculo de IQA, com peso de 0,10. Para Von Sperling (1996, p.31) a origem antropogênica do nitrogênio na água pode ser causada por “despejos industriais, despejos domésticos, excrementos de animais e fertilizantes”.

Os despejos industriais de nitrogênio podem ser oriundos de indústria têxtil e frigorífica, por exemplo. Na indústria têxtil, os efluentes gerados nos setores da tinturaria, engomagem e acabamento têm como principal característica a elevada concentração de matéria orgânica. Esta precisa ser reduzida antes do seu lançamento no meio ambiente (FERRARI, 2016).

A indústria frigorífica também apresenta despejos com uma elevada carga orgânica, que são altamente decomponíveis. Os principais nutrientes nesses efluentes são nitrogênio e fósforo. (SANTOS, 2016).

Além da adição de despejos industriais, pela adição de compostos orgânicos de despejos domésticos e excrementos de animais, estes compostos “por decomposição biológica dão lugar à formação de amônia (NH_3) ou nitratos (NO_3^-) e fosfatos ($(\text{PO}_4)_3$)”,

conforme figura 15. (BRANCO, 1983, p.119).

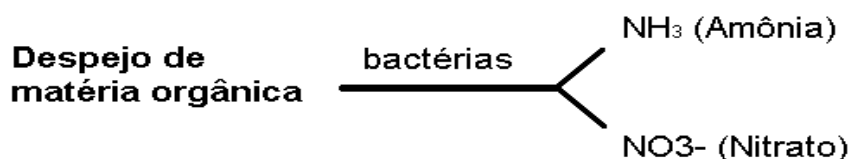


Figura 15. Esquema de decomposição do despejo de matéria orgânica em ambiente aquoso por bactérias.

Segundo Reis & Mendonça (2009, p. 353) amônia está presente naturalmente nos corpos d'água como:

“produto da degradação de compostos orgânicos e inorgânicos do solo e da água, resultado da excreção da biota, redução do nitrogênio gasoso da água por micro-organismos ou por trocas gasosas com a atmosfera”.

Mas, a amônia também está presente na água em descargas de efluentes industriais, que contêm amônia como subproduto ou que usam “águas amoniacais” no processo industrial. Destaque para os efluentes de indústrias de bebidas fermentadas ou destiladas, de produtos de carne e de açúcar e álcool. Além da presença também em esgoto doméstico fresco, pela hidrólise da ureia (de excremento de animais) na água (Figura 16). (CETESB, 2014, CBHRP, 2006; REIS & MENDONÇA, 2009).

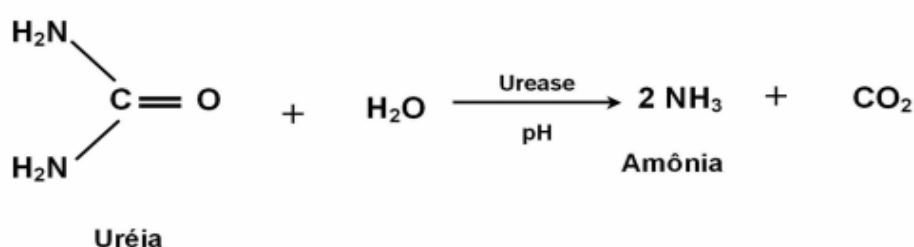


Figura 16. Reação de decomposição da ureia. Fonte: ALMEIDA, V.V.de et al. Catalisando a hidrólise da uréia em urina. Química nova na escola. Experimentação no ensino de Química. N.28. Maio 2008. <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc28/10-EEQ-5506.pdf>>

Lembrando que ureia (CO(H₂N)) é o produto final da degradação de moléculas nitrogenadas (como proteínas e aminoácidos, por exemplo) para maioria dos vertebrados terrestres, não somente humanos. É excretada principalmente pela urina por estes organismos (USBERCO & SALVADOR). Ou seja, a urina de humanos e de animais de

pecuária também pode contribuir para um acréscimo dos valores de nitrogênio na água.

Sob ambiente aquoso, o composto amoniacal pode se apresentar sob duas formas: sob a forma ionizada (NH_4^+), (também denominado cátion amônio, ou amônio); ou sob a forma não ionizada (NH_3) (também denominado amoníaco ou amônia). Essas espécies de amônia são intercambiáveis, pois estão em equilíbrio químico (Equação 1). O cálculo da soma de suas concentrações constitui a amônia total ou o nitrogênio amoniacal total. (BORGES et al, 2014; REIS & MENDONÇA, 2009).



Ou seja, o nitrogênio amoniacal total significa que é a soma das concentrações do cátion amônio (NH_4^+) e da amônia (NH_3), sendo que tais compostos podem ser oriundos de uma decomposição do nitrogênio orgânico (N_2) (oriundo principalmente de esgotos domésticos) ou da hidrólise da ureia (oriunda da urina de animais terrestres).

Por outro lado, através da adição de fertilizante nitrogenado, conforme Branco (1983) e Rebouças (2002) destacam (na forma de nitrato) pode acarretar numa fertilização das águas fluviais, por ser um agente indispensável ao crescimento de algas (eutrofizantes). Porém, devido ao ciclo do nitrogênio, a adição de fertilizantes na forma de nitrato ou nitrito na água não interfere nos valores de nitrogênio amoniacal total, pois o nitrato e nitrito são compostos decorrentes da amônia, tornando-se, assim, um parâmetro indicador exclusivo de amônia.

Além disso, grandes quantidades de amônia podem causar sufocamento de peixes. (CBHRP, 2006).

Em síntese, o parâmetro NAT na água, assim como o fósforo total, é influenciado por efluentes domésticos, industriais e agropecuários.

4.3.6 Oxigênio dissolvido (OD)

O oxigênio é indispensável à quase totalidade das funções vitais e encontra-se na água em quantidade variável. Geralmente suas concentrações são bem maiores do que a dos demais gases dissolvidos na água. O oxigênio na água é proveniente principalmente de duas fontes: da atmosfera e da assimilação das plantas submersas clorofiladas. (KLEEREKOPER, 1944).

Conforme Von Sperling (1996), o oxigênio dissolvido (OD) é essencial para os

organismos aeróbios, ou seja, que vivem na presença de oxigênio. O OD faz parte do cálculo de IQA, com maior peso (0,17).

Ou seja, é um dos parâmetros mais importantes na manutenção da vida aquática. Valores menores que 2mg/L (correspondente ao limite mínimo para a classe 4) podem representar o comprometimento da integridade ecológica dos ecossistemas aquáticos. O valor do OD é afetado por fatores físicos, químicos e biológicos, sendo que um dos determinantes físicos principais é a temperatura. (FUNASA, 2013).

Além disso, o OD é fundamental para a manutenção de processos de autodepuração em corpos hídricos. Assim, o rio consegue através da atividade bacteriológica decompor a matéria orgânica e se purificar novamente. (CBHRP, 2006).

Conforme visto, o parâmetro OD na água está relacionado intimamente com o parâmetro DBO, que por sua vez, está relacionado diretamente com efluentes domésticos, industriais e agropecuários.

Porém são parâmetros inversamente proporcionais, ou seja, quando aumenta a DBO diminui OD, e vice-versa.

4.4 Procedimentos de obtenção e geração de dados

Foi realizada a análise comparativa dos dados dos pontos de monitoramento de qualidade de água para os pontos de monitoramento PA020 e PA034 para o período de 2008 a 2016. Tais dados foram obtidos pelo IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas) que coletam trimestralmente os dados in loco e os analisam em laboratório.

Escolheu-se o período em questão pois foi o maior período sem carência de medições nas campanhas. O ponto de monitoramento da PA020 foi criado em agosto de 2005 e da PA034 em novembro de 2007. Optou-se por delimitar o tempo em comum entre as estações, considerando o início de um ano em comum. Portanto, a partir do início de 2008. A partir do 4º semestre de 2016 até o 3º trimestre de 2017 o ponto da PA034 também apresentou lacunas de medições e, portanto, a pesquisa se estendeu até 2016. No último trimestre deste ano ocorreu uma ausência de medição para a PA034.

Para cada parâmetro de qualidade de água de cada ponto foi realizada uma comparação do valor obtido na água com o limite estabelecido por lei. Tais limites encontram-se na Resolução do CONAMA nº 357/ 2005 e pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH - MG nº 1/ 2008.

Realização de mapas baseados nas imagens de satélite do *software* ArcGIS 10 (*Imagery*) com escolha de escala de trabalho de 1:20.000, com dados primários de *shapefile* obtidos através de órgãos oficiais como IBGE, IGAM, CPRM e MMA.

Delimitação de limite de bacia e vetorização das mesmas através das cartas do IBGE 1:100.000 com nomenclaturas SE-23-Z-C-IV Pará de Minas, uma pequena parte a leste da carta SE-23-Y-D-VI Bom Despacho, e uma pequena parte ao norte da carta 1:50.000 de SF-23-X-A-I-3 Divinópolis.

Foram utilizadas as informações do TOPODATA/ INPE para geração de curvas de nível para uma melhor vetorização de rede hidrográfica e interflúvios, com espaçamento de 25 metros entre cada curva.

Foi realizada a hierarquia fluvial, através do método de Horton – Strahler, que permite uma melhor compreensão da dinâmica das bacias hidrográficas. (CHRISTOFOLETTI, 1974; RODRIGUES, 2011).

Como análise real das bacias, foi efetuado o cálculo da densidade de drenagem e de densidade de rio. Bem como realização de perfil topográfico, levando em consideração o ponto de convergência das curvas de nível com os canais fluviais. (CHRISTOFOLETTI, 1974; RODRIGUES, 2011).

Escolheram-se os parâmetros em desconformidade com a legislação levando-se em consideração as maiores violações e/ou a presença de bibliografia relevante relacionada com o parâmetro.

Por fim, utilização de imagem de satélite do *Google Earth* para possibilitar uma visualização da distribuição de indústrias nas cidades de Nova Serrana e São Gonçalo do Pará, através da escrita do termo “indústria” na ferramenta de pesquisa.

5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

5.1 Bacia do Rio São Francisco

A bacia hidrográfica do São Francisco está entre as doze regiões hidrográficas instituídas pela Resolução nº 32/ 2003, que definiu a divisão hidrográfica nacional (CNRH, 2003).

A bacia hidrográfica abrange mais de 600.000 km² de área de drenagem, correspondendo a 7,5% do território nacional. Seu rio homônimo tem 2.700 km de extensão. (CBHSF, 2018). O São Francisco possui 36 afluentes de porte significativo, sendo 19 perenes. Os principais são, pela margem direita, os rios Pará, Paraopeba, das Velhas, Jequitaí, Pacuí e Verde Grande (CEMIG, 2018).

Devido à sua grande dimensão territorial motivou-se sua divisão por seções, que se fizeram de acordo com o sentido do curso do rio. Assim, o rio foi dividido em quatro seções: Alto, Médio, Submédio e Baixo, sendo que as cidades incumbidas de suas divisões foram: Pirapora – MG, Remanso – BA e Paulo Afonso – BA, nesta ordem, considerando-se as divisões dos rios (Figura 17).

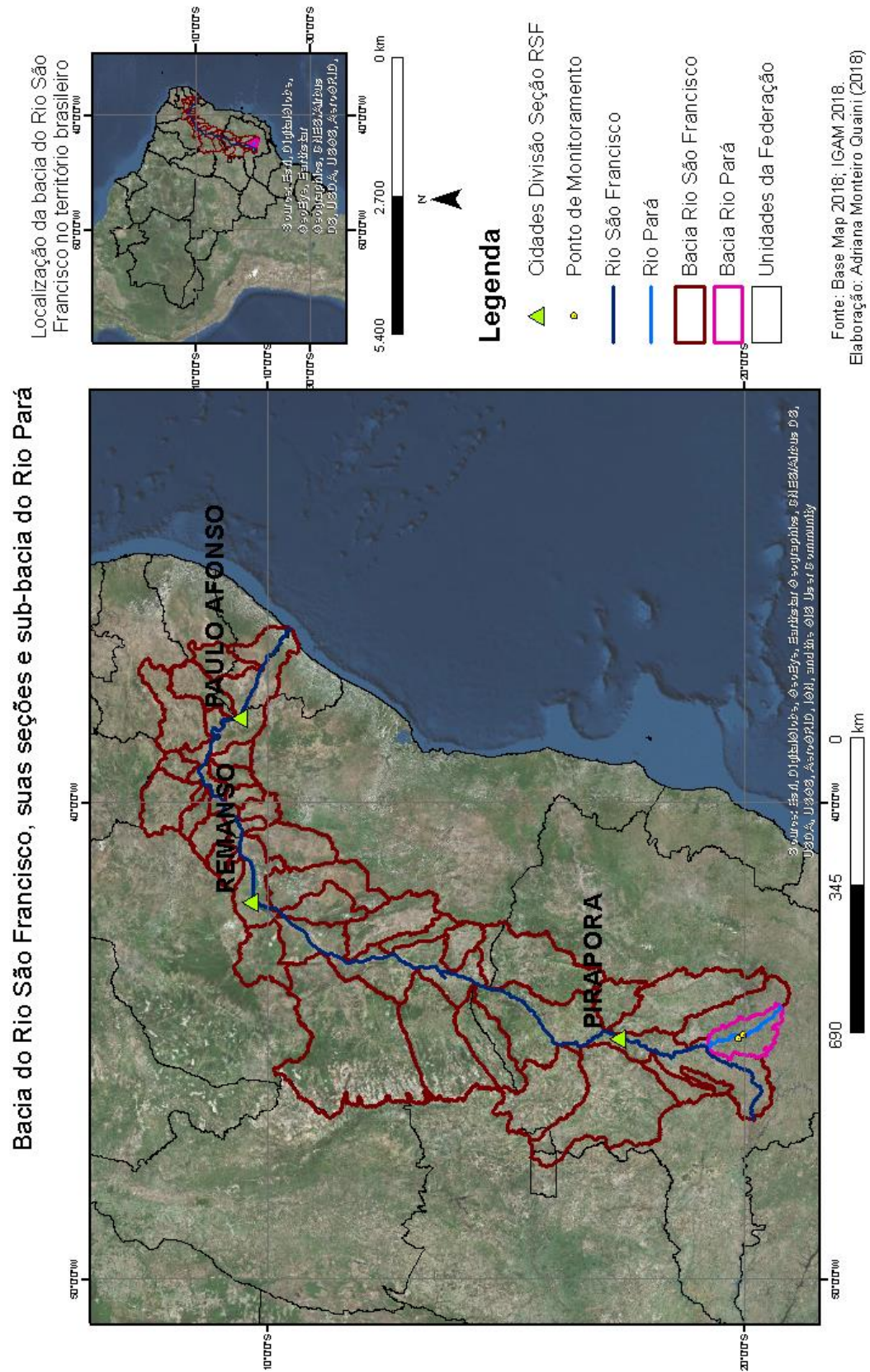


Figura 17. Bacia do Rio São Francisco, suas seções e sub-bacia do rio Pará.

Sua parte inicial, na área montanhosa da Serra da Canastra, a 1.280 km de altitude, ganhou a denominação de Alto São Francisco. Tal seção estende-se até a cidade de Pirapora, no centro-norte de Minas Gerais (Figura 17). Segundo Ab' Sáber (2006, p.11), “em função de seu longo traçado sul-norte no Brasil tropical centro oriental, o rio São Francisco atravessa quatro setores de domínios da natureza do território brasileiro”.

Nas suas cabeceiras, no altiplano cristalino da Serra da Canastra, até algumas centenas de quilômetros, existem condições tropicais úmidas de planalto com precipitações relativamente bem distribuídas, totalizando de 1.100 a 1.400 mm anuais. (AB' SÁBER, 2006). Além do clima predominante tropical úmido, tem-se também o subtropical (Site CBHSF, 2018).

Sobre a região, Ab Sáber (2006, p.11) afirma:

“o 'Velho Chico' [...] nasce em um altiplano dotado de campestres e matilhas biodiversas de cimeira, passando logo a percorrer regiões tropicais úmidas de planalto, outrora recobertas por matas biodiversas de transição, hoje dominadas por atividades agrárias diversificadas.”

E é na parte do Alto São Francisco que se localiza a área de estudo em questão, a bacia do Rio Pará.

5.2 Bacia do Rio Pará

A Bacia Hidrográfica do Rio Pará localiza-se no centro-sul do Estado de Minas Gerais, e é uma das menores sub-bacias do Alto São Francisco, conforme Figura 17. A bacia corresponde a 5,2% do território da bacia, com uma área de 12.233,06 km². (IGAM, 2018). Abrange 34 municípios, todos pertencentes ao Estado de Minas Gerais.

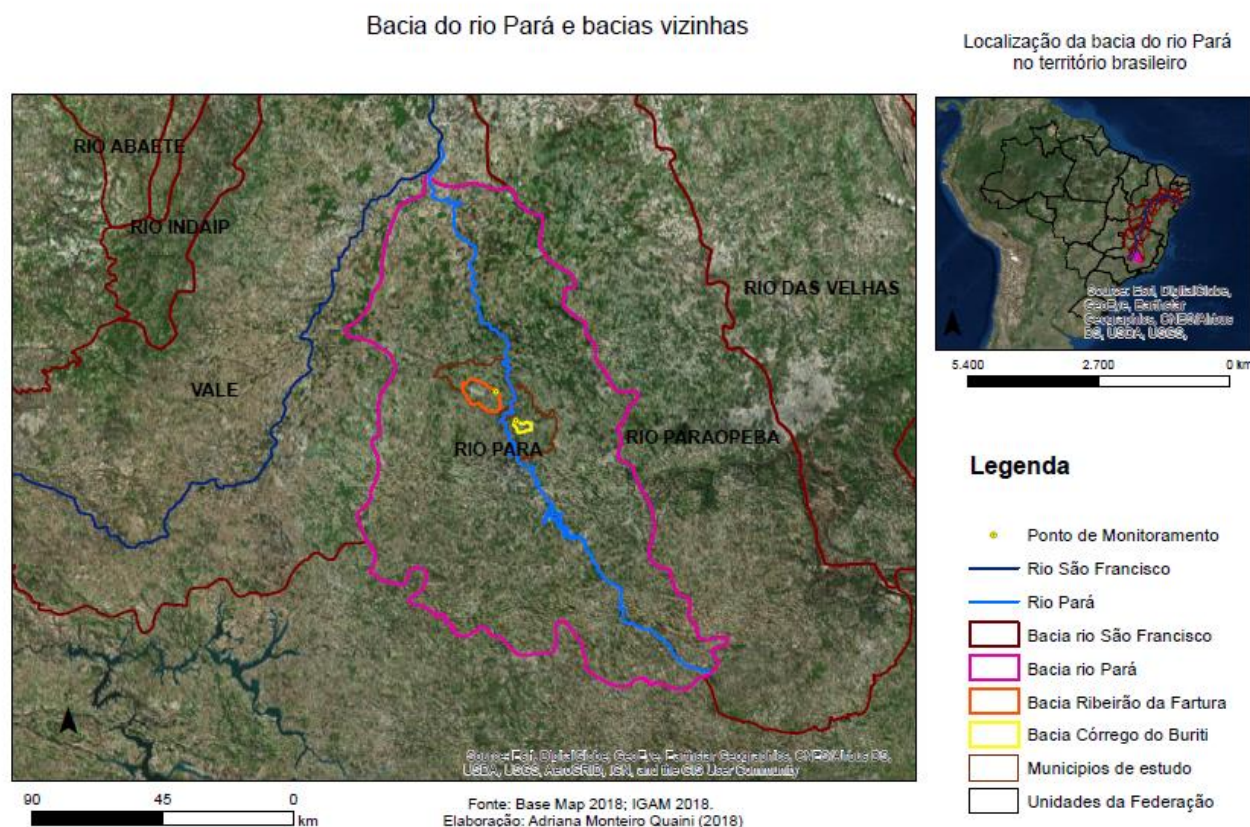


Figura 18. Bacia do Rio Pará e bacias vizinhas

O Rio Pará é um rio perene, afluente da margem direita do Alto São Francisco e nasce no município de Resende Costa - MG. Apesar de ser relativamente curto em relação aos outros afluentes, com extensão de 310 quilômetros, é um dos principais afluentes da margem direita do Rio São Francisco. (CEMIG, 2018)

A bacia abrange 34 municípios. A principal cidade da bacia é Divinópolis, com mais de 200 mil habitantes. (CBHSF, 2018; CODEVASF, 2018).

As águas da bacia do Rio Pará se enquadram segundo a Deliberação Normativa COPAM nº 28 1988 sobre o rio Pará.

Para os cursos d'água analisados nesta pesquisa, seus respectivos enquadramentos são pertencentes à Classe 2, pois não foram citados especificamente no documento e, portanto, correspondem ao artigo 2º da DN 28/1988, em que se constata que: “os corpos d'água da bacia do rio Pará não mencionados nesta proposta recebem o enquadramento correspondente ao trecho de ordem superior onde deságuam”. Ou seja, como ambas as bacias são de classe 2, a classe do rio Pará para onde deságuam é de

classe 1.

Segundo Plano Diretor do Rio Pará (2006), diversos contaminantes tóxicos vem ocorrendo em concentrações elevadas na bacia hidrográfica do Rio Pará ao longo dos anos.

A motivação deste estudo é descobrir os usos e cobertura da terra associados à inadequação de parâmetros de qualidade de água superficial anualmente excedidos para seus limites, nas pequenas áreas das sub-bacias.

Optou-se por estudar duas bacias de áreas relativamente pequenas. Pois, conforme afirma o Plano Diretor do Rio Pará (2006), quanto menor a bacia de contribuição do ponto de monitoramento em relação à bacia hidrográfica como um todo, maior a possibilidade de se poder afirmar onde está a fonte contaminante.

5.3 Bacias do ribeirão da Fartura e do córrego do Buriti

A área de estudo compreende duas sub-bacias do rio Pará: a bacia do ribeirão da Fartura, na cidade de Nova Serrana e a bacia do córrego do Buriti, em São Gonçalo do Pará. Localiza-se entre as longitudes 45° 3' 0" W e 44° 49' 0" W e as latitudes 19° 49' 0"S e 20° 0' 00" S. (Figura 19)

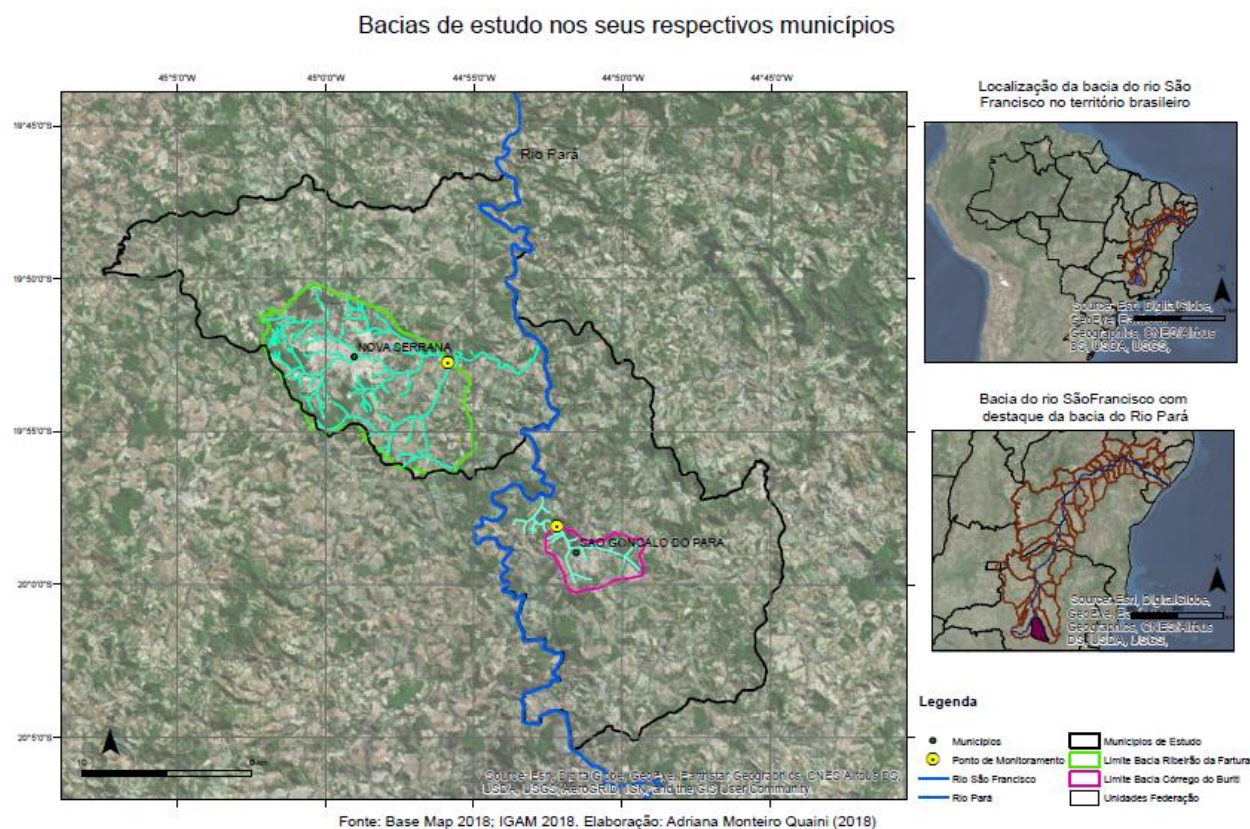


Figura 19. Bacias hidrográficas de estudo nos seus respectivos municípios.

Os municípios da área de estudo tiveram seu início como vilarejos no século XVIII, no começo da colonização de Minas Gerais, na época da busca de ouro e de metais preciosos. Atualmente, a economia das duas cidades é predominantemente industrial, com destaque para indústrias calçadista, têxtil e curtumes. (NOVA SERRANA, 2018; SÃO GONÇALO DO PARÁ, 2018; SUZIGAN, 2005). A tabela a seguir (tabela 1) ilustra o Produto Interno Bruto dos Municípios. Observa-se que para ambas as cidades o setor secundário (industrial) prevalece sobre o terciário (comércio e serviços) e sobre o primário (agropecuária).

Tabela 2. Produto Interno Bruto dos municípios de Nova Serrana e São Gonçalo do Pará. Fonte: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/nova-serrana/pesquisa/38/46996?localidade1=316180&localidade2=0>>

PIB dos Municípios	Nova Serrana	São Gonçalo do Pará	Unidades
Agropecuária	10.392	9.336	(x 1000) R\$
Indústria	744.655	52.214	(x 1000) R\$
Serviços – Exclusive Adm., defesa, educação e saúde públicas e seguridade social	651.798	48.190	(x 1000) R\$
Fonte: IBGE, em parceria com os Órgãos Estaduais de Estatística, Secretarias Estaduais de Governo e Superintendência da Zona Franca de Manaus - SUFRAMA			

Nova Serrana possui população estimada em 99.770 pessoas em 2018 e São Gonçalo do Pará 12.218 habitantes para o mesmo período. (IBGE, 2018 a; IBGE, 2018 b).

Segundo Ab'Sáber (2003, p.47), a porção sul e sul-oriental de Minas Gerais foi denominada Zona da Mata mineira, pois apresentava um quadro contínuo de florestas tropicais em áreas geomorfológicas típicas de “mares de morros”. O domínio de “mares de morros” “corresponde à área de mais profunda decomposição de rochas e de máxima presença de mamelonização topográfica em caráter regional de todo país” (p.55).

Segundo os dados da classificação de pedologia do IBGE (2018) 1:1.000.000, a figura 20, a bacia do ribeirão da Fartura está parcialmente sobre o solo Podzólico vermelho-amarelo e Latossolo vermelho-amarelo. A bacia do córrego do Buriti está inteiramente inserida sobre o solo Latossolo vermelho-escuro.

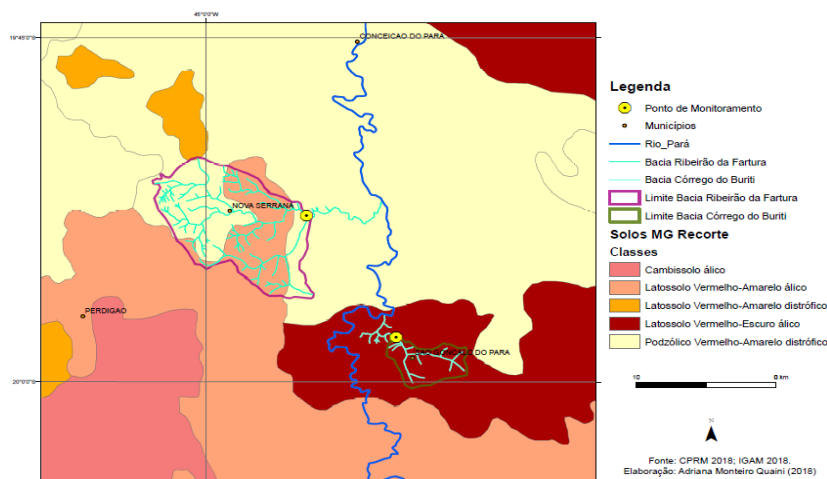


Figura 20. Tipos de solos das bacias do ribeirão da Fartura e do córrego do Buriti.

Conforme a figura 20 e o manual IBGE (2007), observa-se que a região de estudo está localizada sobre os seguintes solos: cambissolo álico, latossolo vermelho-amarelo álico, latossolo vermelho-escuro álico e podzólico vermelho-amarelo distrófico.

Cambissolos apresentam grande variação de profundidade, ocorrendo desde rasos a profundos. Ocorrem disseminados em todas as regiões brasileiras, mas preferencialmente em regiões serranas ou montanhosas.

Latossolos são solos muito intemperizados, profundos e de boa drenagem. Assim como os Cambissolos, também ocorrem em todas as regiões do Brasil. Variam principalmente pela coloração e teores de óxidos de ferro, que determinam em uma diferenciação de quatro classes distintas de Latossolos. Latossolos vermelhos quase sempre tem baixa fertilidade natural e “necessitam de correções químicas para aproveitamento agrícola”. (p. 289).

Os solos podzólicos, ou os argissolos, tem como característica um aumento de argila do horizonte A para o subsuperficial B. O atributo álico significa o indicativo de saturação por alumínio igual ou superior a 50%. O atributo saturação por bases (para distinguir eutrofia e distrofia) refere-se à porcentagem de cátions básicos trocáveis em relação à capacidade de troca de cátions. Valores de saturação por bases iguais ou superiores a 50% são eutróficos (mais férteis) e menores que este valor são distróficos (menos férteis).

Conforme a figura 21 e o manual IBGE (2012) tem-se que a região de estudo localiza-se sobre as seguintes classes fisionômica-ecológicas:

- floresta estacional semidecidual,
- savana e
- área de tensão ecológica.

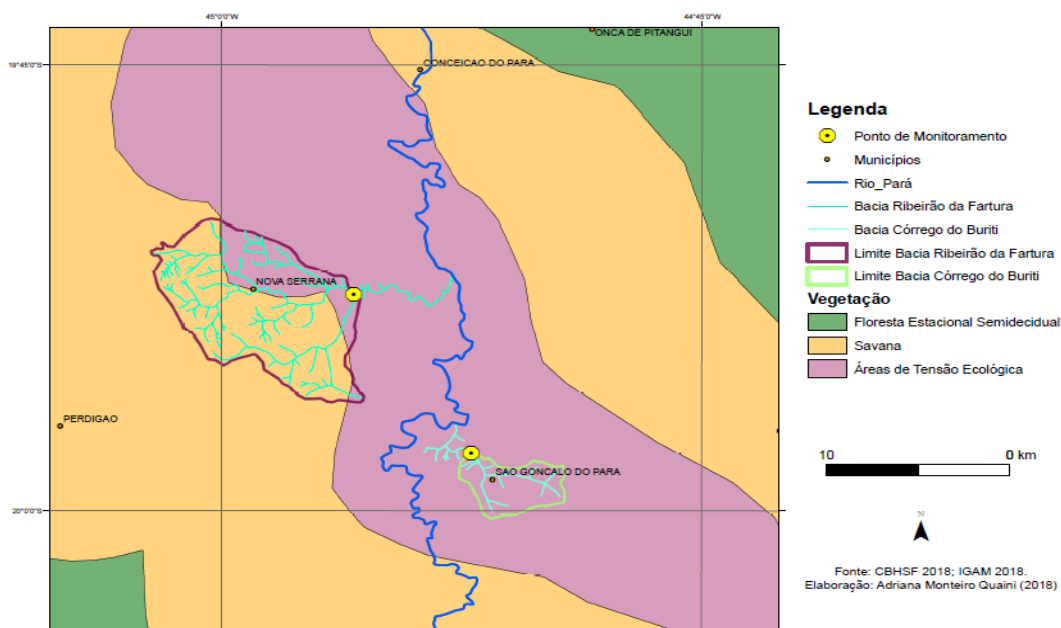


Figura 21. Tipos de vegetação das bacias do ribeirão da Fartura e do córrego do Buriti.

Segundo IBGE (2012), o conceito de floresta estacional semidecidual é estabelecido em função da ocorrência de clima estacional, que determina semideciduidade da folhagem florestal.

Savanas caracterizam-se pela “dominância compartilhada das sinúsias arbórea e herbácea” (p. 49), com árvores de porte médio ou baixo (de 3 a 10m). É conceituada como uma vegetação xeromorfa, que ocorre sob uma variedade de climas. (IBGE, 2012)

Vale destacar que o IBGE (2012) optou por adotar o termo savana como prioritário e cerrado como “sinônimo regionalista”, pois apresenta uma fitofisionomia ecológica homóloga à da África e Ásia.

Como área de tensão ecológica ou sistema de transição, caracterizam-se duas ou mais regiões fitoecológicas ou com tipos de vegetações, onde existam sempre comunidades indiferenciadas, onde as vegetações se interpenetram, constituindo as transições florísticas ou contatos edáficos. (IBGE, 2012). A figura 22 ilustra uma área de tensão ecológica no contato savava e floresta estacional.

Foto 68 - Área de Tensão Ecológica. Contato Savana/Floresta Estacional na forma de enclave. O Cerrado, com as tipologias de Savana Parque e Savana Arborizada, ocupa os topos e encostas superiores, e a Floresta Estacional Semidecidual, os fundos de vale (Monte do Carmo-TO, 1995)



Foto: Luiz Alberto Dambrós.

Figura 22. Foto de uma área de tensão ecológica no contato savana e floresta estacional. (Fonte: IBGE, 2012, p.143)

Destaca-se que os limites de ambas as bacias foram delimitados até o ponto de monitoramento do IGAM, sendo que ambos localizam-se próximo do seu ponto exutório, mas não exatamente nele. Conforme Rodrigues (2011), é possível delimitar a área comprometida na produção de água e sedimentos de qualquer ponto de um canal fluvial, inclusive estações de medições, barragens, usinas hidrelétricas e etc.

A finalidade é levar em consideração apenas o uso e ocupação da terra da porção do território à montante do ponto de monitoramento das PA020 e PA034, pois o uso e a ocupação da terra da parte à jusante do ponto de monitoramento não influencia na qualidade do mesmo.

5.4 Bacia do ribeirão da Fartura/ da Gama

Existem diversos procedimentos para o estabelecimento da hierarquia da rede fluvial. Dos procedimentos mais difundidos e utilizados, tem-se o esquema inicial de Horton associado com o de Strahler que, combinados, permitem a identificação do canal principal.

A bacia do ribeirão da Fartura é situada no lado esquerdo do rio Pará. Apresenta uma hierarquia de quinta ordem, conforme figura 23. Conforme Rodrigues (2011), a definição da hierarquia, bem como de outros levantamentos de dados morfométricos dependerá da fonte utilizada para identificação dos elementos base, que apresentam escalas e qualidades diversas. Por este motivo, para o estudo das bacias optou-se pelo

embasamento de imagens de satélite do próprio software ArcGIS, com uma melhor resolução espectral e de qualidade superior aos demais satélites de sensoriamento remoto como Landsat e CBERs.

Segundo Christofolletti (1980, p.106) hierarquia fluvial “consiste no processo de estabelecer a classificação de determinado curso d'água (ou da área drenada que lhe pertence) no conjunto total da bacia hidrográfica na qual se encontra.” Isso é realizado com a função de facilitar e tornar mais objetivo os estudos morfométricos, ou seja, a análise linear areal e hipsométrica, sobre as bacias hidrográficas.

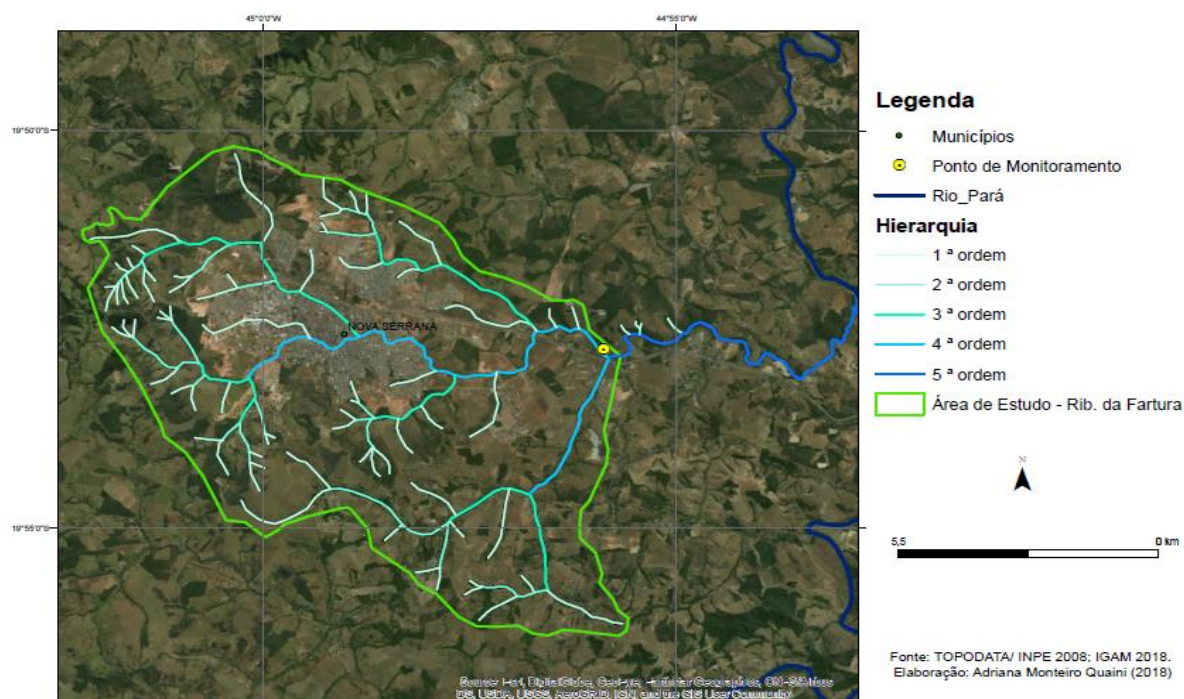


Figura 23. Hierarquia fluvial da bacia do ribeirão da Fartura.

A hierarquização foi realizada sobre o Imagery do ArcGIS, com auxílio de carta topográfica da região de estudo e com curvas de nível de equidistância de 25 metros criadas pelo TOPODATA/ INPE, segundo a classificação de Horton-Strahler.

Os canais sem tributários, ou seja, sem afluentes, são considerados como de primeira ordem, permanecendo assim até a sua primeira confluência. E, apenas na confluência de canais de igual ordem, acrescenta-se mais um à ordenação, ou seja, dois canais de mesma ordem hierárquica formam um canal de ordem hierárquica superior (CHRISTOFOLETTI, 1974; RODRIGUES, 2011).

Foi criado também um mapa de curvas de nível com as mesmas fontes acima, com a finalidade de observar com mais clareza os interflúvios e o gradiente altitudinal das bacias,

conforme figura 24.

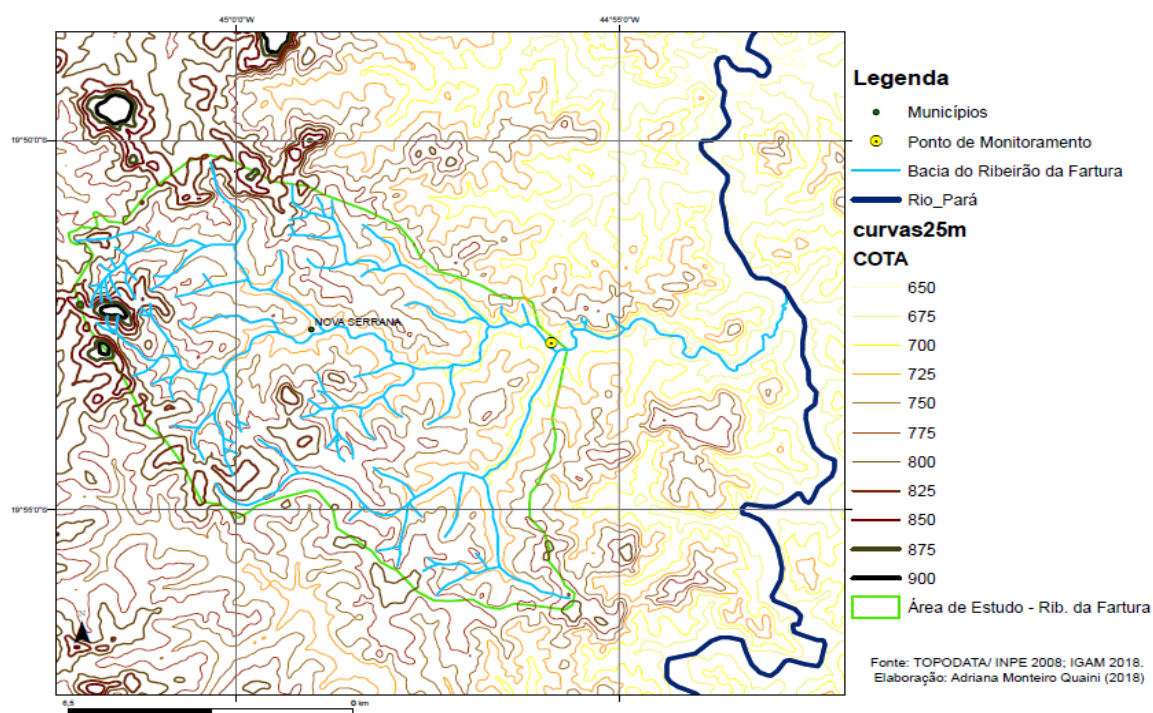


Figura 24. Mapa de curvas de nível da bacia do ribeirão da Fartura.

A figura 25 possibilita uma ilustração sobre a distribuição das indústrias da cidade de Nova Serrana, através da digitação da palavra “indústria” no *Software Google Earth* para a cidade. De fato, o maior resultado é o do ramo da indústria têxtil-calçadista.

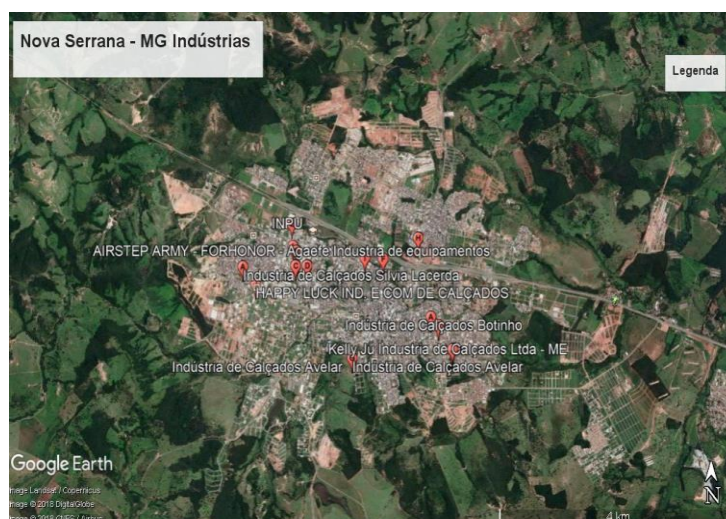


Figura 25. Espacialização das indústrias de Nova Serrana.

Pelo site do Sindicato das Indústrias de Minas Gerais, foram constatadas 486

indústrias em Nova Serrana, sendo que 423 são do ramo de indústria calçadista e 8 delas são de indústria têxtil, ou seja, correspondem respectivamente a 87% e 1,6%.

A indústria de fabricação de artigos de couros merece destaque neste setor a nível de lançamento de efluentes, sendo registradas 18 indústrias do setor no município. Deste número, 11 são de fabricação de calçados de couro e 7 de acabamento de calçados de couro.

Tabela 3. Soma e porcentagem de indústrias de calçado, têxtil e outras em Nova Serrana. Fonte: <<https://www.cadastroindustrialmg.com.br:449/industria/resultadobusca?K=NOVA+SERRANA>>. Acesso em 19/11/2018.

	Calçado	Têxtil	Outros	Frigorífico	Total de indústrias
Soma	423	8	54	1	486
Porcentagem	87,04	1,65	11,11	0,21	100,00

Os restantes das indústrias são de ramos diversos. Como exemplos, tem-se siderúrgica (fabricação de ferro gusa), fabricação de artefatos de material plástico para usos industriais, fabricação de produtos químicos.

Na cidade foi constatada uma indústria frigorífica, com abate de bovinos.

No setor alimentício, para a cidade foi encontrada apenas a fabricação de produtos de padaria e confeitaria com predominância de produção própria, com 5 fábricas.

Em Nova Serrana foi constatada uma área de mineração de brita (extração de britamento), de pedras e outros materiais para construção civil.

5.5 Bacia do córrego do Buriti/ do Pinto

A bacia do córrego Buriti é situada no lado direito do rio Pará. Apresenta uma hierarquia de terceira ordem, conforme figura 26. É, portanto, uma bacia de menor ordem do que a bacia do ribeirão da Fartura, que é de quinta ordem.

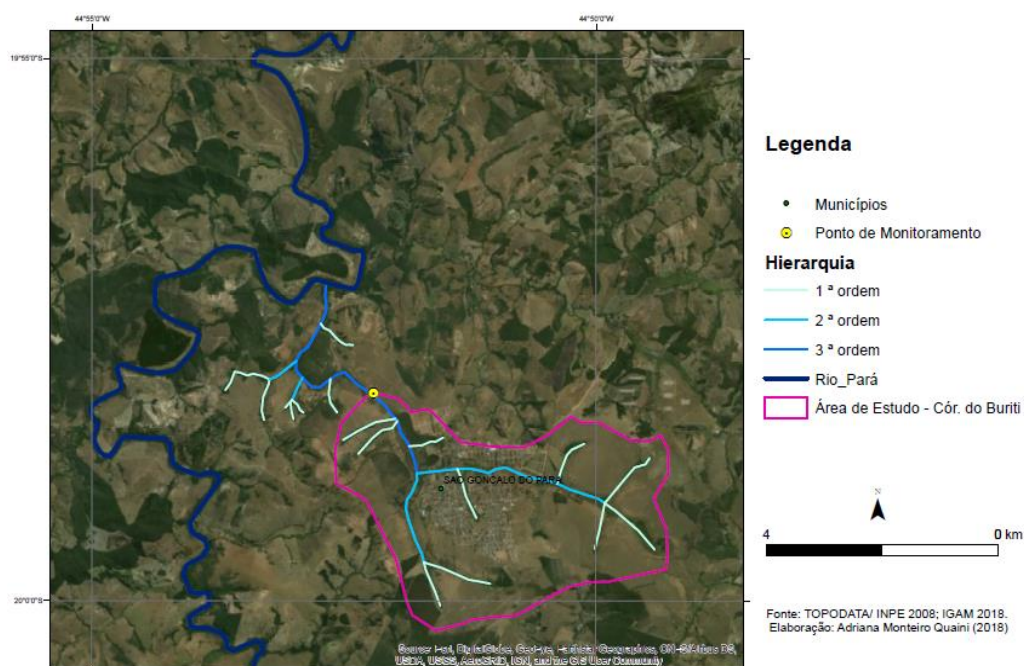


Figura 26. Hierarquia fluvial da bacia do córrego do Buriti.



Figura 27. Espacialização das indústrias de São Gonçalo do Pará.

A figura 27 possibilita uma ilustração sobre a distribuição das indústrias da cidade de São Gonçalo do Pará, através da digitação da palavra “indústria” no Software Google Earth para a cidade. Também o maior resultado do ramo industrial é o da indústria têxtil-calçadista.

Pelo site do Sindicato das Indústrias de Minas Gerais, foram constatadas 28 indústrias em São Gonçalo do Pará, sendo que 12 delas são de indústria calçadista e 4 de indústria têxtil, ou seja, correspondem respectivamente a 42,8% e a 12,3%.

A indústria de couro também está presente no município de São Gonçalo do Pará. Foram identificadas 4 indústrias do ramo, sendo 2 de curtimento (e outras preparações de couro) e 2 de fabricação de calçados de couro.

A siderúrgica também, com a fabricação de ferro gusa.

Tabela 4. Soma e porcentagem de indústrias de calçado, têxtil e outras em São Gonçalo do Pará. Fonte: <https://www.cadastroindustrialmg.com.br:449/industria/resultadobusca?K=S%C3%83O+GON%C3%87ALO+DO+PAR%C3%81>

	Calçado	Têxtil	Outros	Total de indústrias
Soma	12	4	12	28
Porcentagem	42,86	14,29	42,86	100,00

O restante das indústrias em São Gonçalo do Pará também são diversos. Segundo o Plano Diretor do Rio Pará (2006), a cidade possui também indústrias no setor

alimentício.

Por último, destaca-se o setor madeireiro, com a fabricação de celulose e papel, fabricação de móveis com predominância de madeira e de esquadrias de madeira para instalações industriais e comerciais.

Tal setor se relaciona diretamente com a produção de eucalipto (silvicultura), pois são destas áreas que se obtém a matéria-prima para tais atividades industriais.

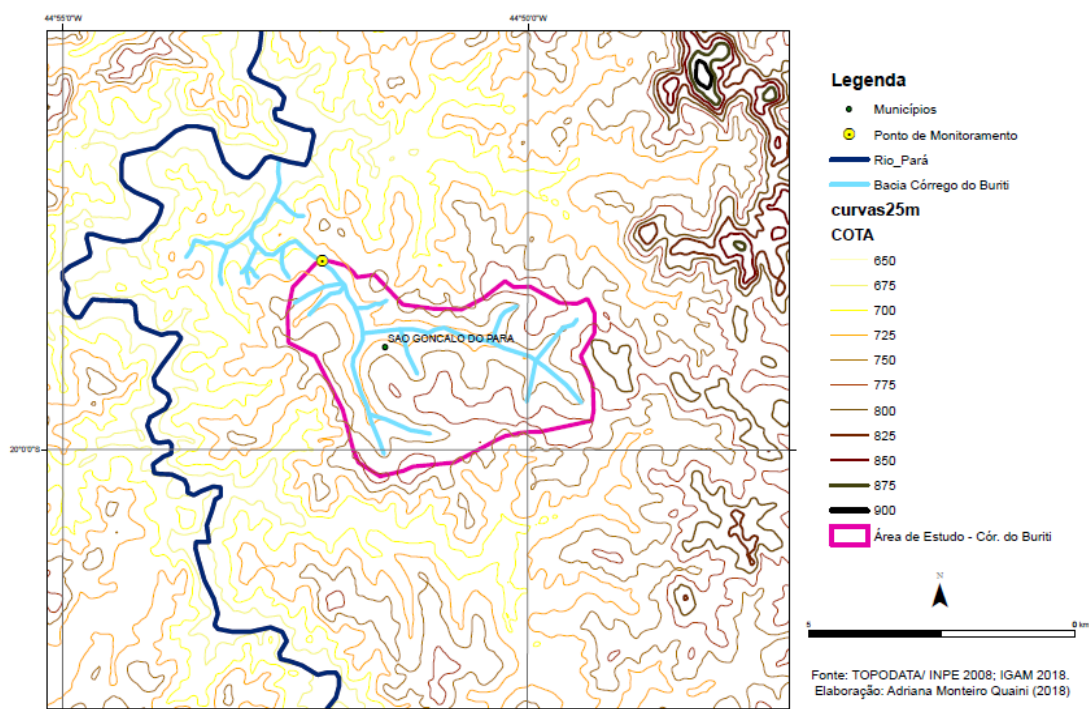


Figura 28. Mapa de curvas de nível da bacia do córrego do Buriti.

Diferentemente de Nova Serrana, em São Gonçalo do Pará não foi encontrada atividade mineradora.

6 RESULTADOS

6.1 Mapeamento Uso da Terra

Na análise e no exercício de fotointerpretação, foram levados em consideração os elementos: tonalidade/cor, tamanho, forma, sombra, textura, padrão e localização. (FLORENZANO, 2015 *apud* FLORENZANO, 2007; LUCHIARI et al, 2011).

Para os mapeamentos em questão, optou-se por utilizar a escala de trabalho de 1:20.000, para uma melhor identificação dos elementos no mapa. Entende-se como escala “a proporção entre a representação gráfica de um objeto e a medida correspondente de sua dimensão real” (IBGE, 2013, p. 37).

Figura 1 - Esquema teórico de construção de uma nomenclatura da cobertura terrestre

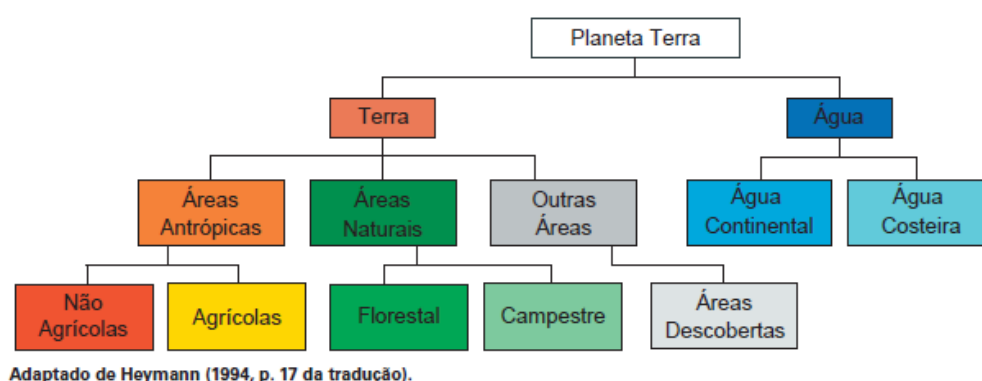


Figura 29. Esquema teórico da construção de nomenclatura da cobertura terrestre. Fonte: IBGE, 2013.

De acordo com a fotointerpretação e com o sistema básico de classificação da cobertura e uso da terra (SCUT), foram criadas as classes de uso da terra com as seguintes nomenclaturas: área urbanizada, campo, corpos hídricos, mata, mata de várzea, mineração, silvicultura e solo exposto. Como se observa na Tabela 4, a nomenclatura das classes muitas vezes se equipara à coluna subclasse. Como: área urbanizada, mineração e silvicultura.

Porém, em alguns casos, optou-se por utilizar termos mais genéricos e abrangentes, com a finalidade de evitar ambiguidades na interpretação.

Assim, as classes culturas temporárias, culturas permanentes, pastagens e área campestre abrangeram a classe campo. O termo área florestal foi substituído por mata.

A classe água subdivide-se em duas subclasses: corpo d'água continental e corpo

d'água costeiro. Esta pesquisa não abrange a área costeira, portanto, refere-se apenas aos corpos d'água naturais e artificiais que não são de origem marinha, tais como: rios, canais, lagos e lagoas de água doce, represas, açudes e etc.

Foi criada a classe solo exposto, para abranger as áreas descobertas com nítida revelação da camada externa do solo, além da criação da classe mata de várzea, que margeia os canais fluviais.

Tabela 5. Quadro do sistema básico de classificação da cobertura e uso da terra – SCUT (IBGE, 2013, p.46).

Classe	Subclasse
1 – Áreas Antrópicas Não Agrícolas	Área Urbanizada
	Área de Mineração
2 - Áreas Antrópicas Agrícolas	Culturas Temporárias
	Culturas Permanentes
	Pastagens
	Silvicultura
3 – Áreas de Vegetação Natural	Área Florestal
	Área Campestre
4 - Água	Águas Continentais

6.1.1 Classes

6.1.1.1 Classe área urbanizada

De acordo com praticamente todos os elementos de fotointerpretação, conforme Florenzano (2015) e Luchiari et al (2011): padrão, forma, tamanho, textura, localização e cor, foi criada a classificação denominada “área urbanizada”.

Segundo o IBGE (2013), na classe área urbanizada estão incluídas “as metrópoles, cidades, vilas, áreas de rodovias, serviços e transporte, energia, comunicações e

terrenos associados, áreas ocupadas por indústrias, complexos industriais e comerciais e instituições”. (p. 49).



Figura 30. Classe área urbanizada em Nova Serrana (em rosa claro).

6.1.1.2 Classe campo

Levando-se em consideração a tonalidade, textura, tamanho e localização da imagem, foram identificadas culturas temporárias, culturas permanentes, pastagens e área campestre, que abrangeram a classe campo.

Foi a classe com maior área nas duas sub-bacias.

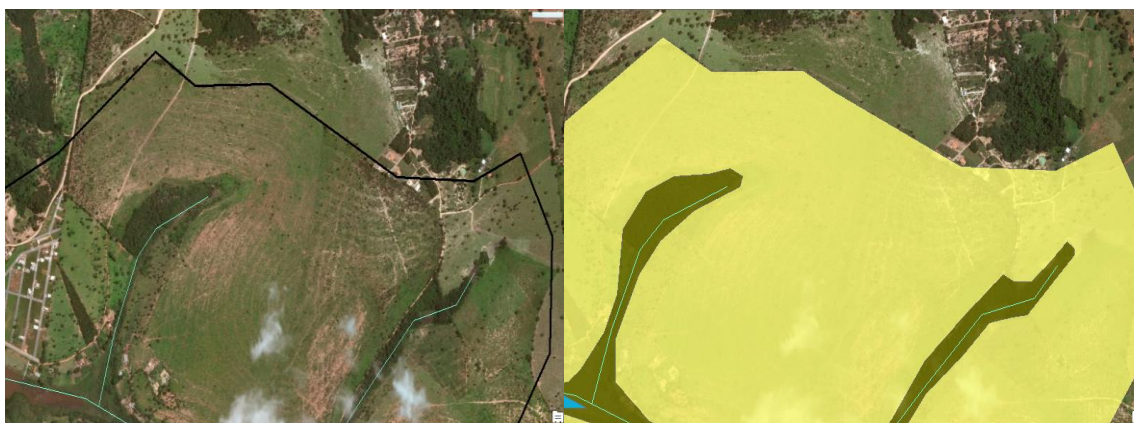


Figura 31. Classe campo em São Gonçalo do Pará (em amarelo).

6.1.1.3 Classe corpos hídricos

De acordo com a localização, textura, tamanho e cor, foram identificados corpos hídricos, correspondentes a represas e lagos na área de estudo. Estes foram englobados na classe de nome “corpos hídricos”.



Figura 32. Classe corpos hídricos em São Gonçalo do Pará (em azul)

6.1.1.4 Classe mata

Considerando os elementos textura, padrão, forma, tonalidade e localização, criou-se a classe "mata", correspondente à mata nativa preservada, a floresta estacional semidecidual (IBGE, 2012).

Corresponde à classe "área de vegetação natural", e à subclasse "florestal" do IBGE (2013), pois se considera como florestais as formações arbóreas com porte superior a 5 m, incluindo-se dentre as fisionomias, a Floresta Estacional (estrutura florestal com perda das folhas durante a estação desfavorável (seca e frio)).



Figura 33. Classe mata em Nova Serrana (no verde escuro)

6.1.1.5 Classe mata de várzea

Considerando principalmente o elemento localização, textura e forma, foi criada a classe denominada “mata de várzea”, pois é uma vegetação característica das várzeas de canais fluviais e depende da presença e da localização destes para existirem.

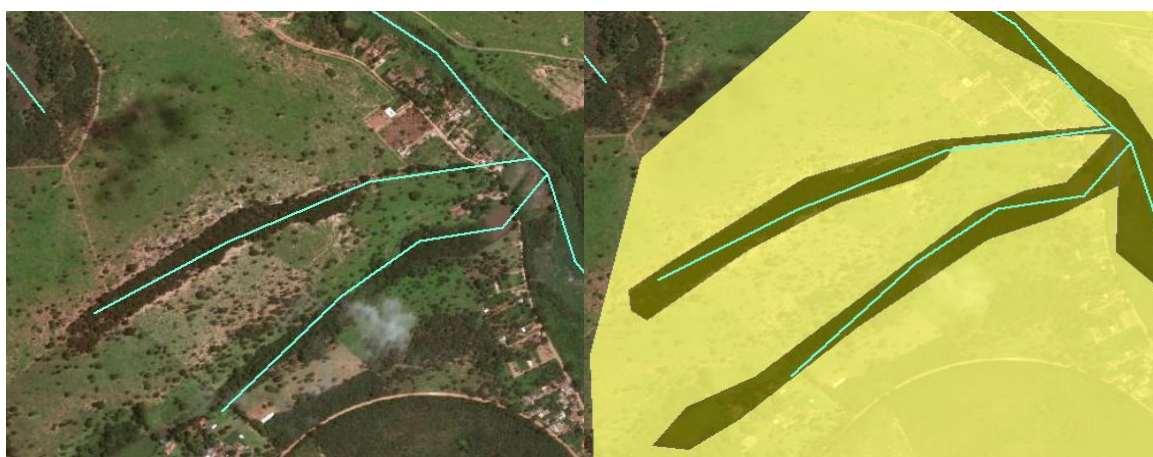


Figura 34. Classe mata de várzea em São Gonçalo do Pará (em verde musgo) Reflorestamento com eucalipto.

6.1.1.6 Classe mineração

Os padrões de uso das atividades de mineração podem ser distinguidos pela morfologia e pelos sistemas de mineração adotados. (IBGE, 2013).

De acordo com os elementos de fotointerpretação conforme Florenzano (2015) e Luchiari et al (2011): padrão, forma, tamanho, textura, localização e cor, foi criada a classificação denominada “mineração”, encontrada exclusivamente em Nova Serrana.

Provavelmente, é uma área de extração de brita em decorrência da coloração e curvas de nível.



Figura 35. Classe mineração em Nova Serrana (em roxo)

6.1.1.7 Classe silvicultura

Considerando os elementos da imagem, forma, padrão, textura, cor e localização criou-se a classe denominada "silvicultura".

É uma área antrópica agrícola, que corresponde ao reflorestamento e ao cultivo agroflorestal.

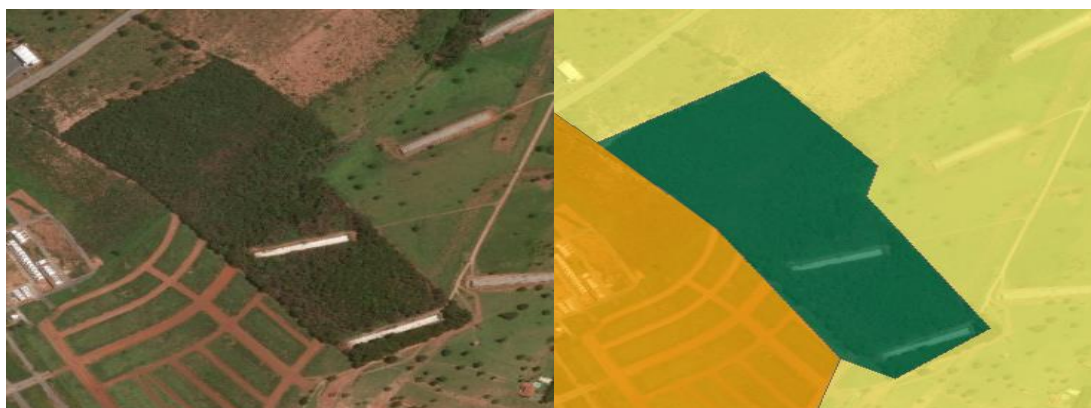


Figura 36. Classe silvicultura em Nova Serrana (em verde)

A figura 37 ilustra o reflorestamento com eucalipto com uma foto tirada na terra. A altura da copa das árvores é a mesma, pois demonstra o mesmo tempo de plantio para as culturas.



Figura 37. Reflorestamento com eucalipto. Fonte: (IBGE, 2013 p. 58)

6.1.1.8 Classe solo exposto

De acordo com os elementos cor, forma, padrão, textura e localização foi criada a classe "solo exposto".



Figura 38. Classe solo exposto em Nova Serrana (em laranja)

6.1.2 Uso da terra da bacia do ribeirão da Fartura

Conforme a Tabela 5, as classes de uso da terra para a bacia do ribeirão da Fartura são as seguintes: área urbanizada, campo, corpos hídricos, mata, mata de várzea, mineração, silvicultura e solo exposto.

A classe com maior área é a campo, correspondente a quase 45 km², e a praticamente 52% da bacia do ribeirão da Fartura. A segunda classe é área urbanizada, com 16% da área. Praticamente com mesma área tem-se solo exposto (11,5%) e mata nativa (11,3%). Mata de várzea apresenta 8,8% da área. As seguintes classes apresentam menos de 1% de cobertura da terra para a bacia: 0,26% para corpos hídricos, 0,23% silvicultura e por fim, com a menor porcentagem (e área), mineração com 0,15% de cobertura.

Tabela 6. Área e contagem de atributos das classes de uso da terra da bacia do ribeirão da Fartura

Uso da terra bacia do ribeirão da Fartura			
Classe	Área (km²)	Contagem	%
Área urbanizada	13,86	8	16,00
Campo	44,86	36	51,79
Corpos hídricos	0,23	9	0,26
Mata	9,80	54	11,31
Mata de várzea	7,61	66	8,79
Mineração	0,13	1	0,15
Silvicultura	0,19	1	0,23
Solo exposto	9,94	29	11,47
TOTAL	86,63	204	100,00

Pela figura 39, observa-se que a classe predominante de fato é a classe campo, de cor amarela. Ao centro-noroeste da figura observa uma predominância da classe área urbanizada (cor rosa), onde localiza-se a cidade de Nova Serrana.

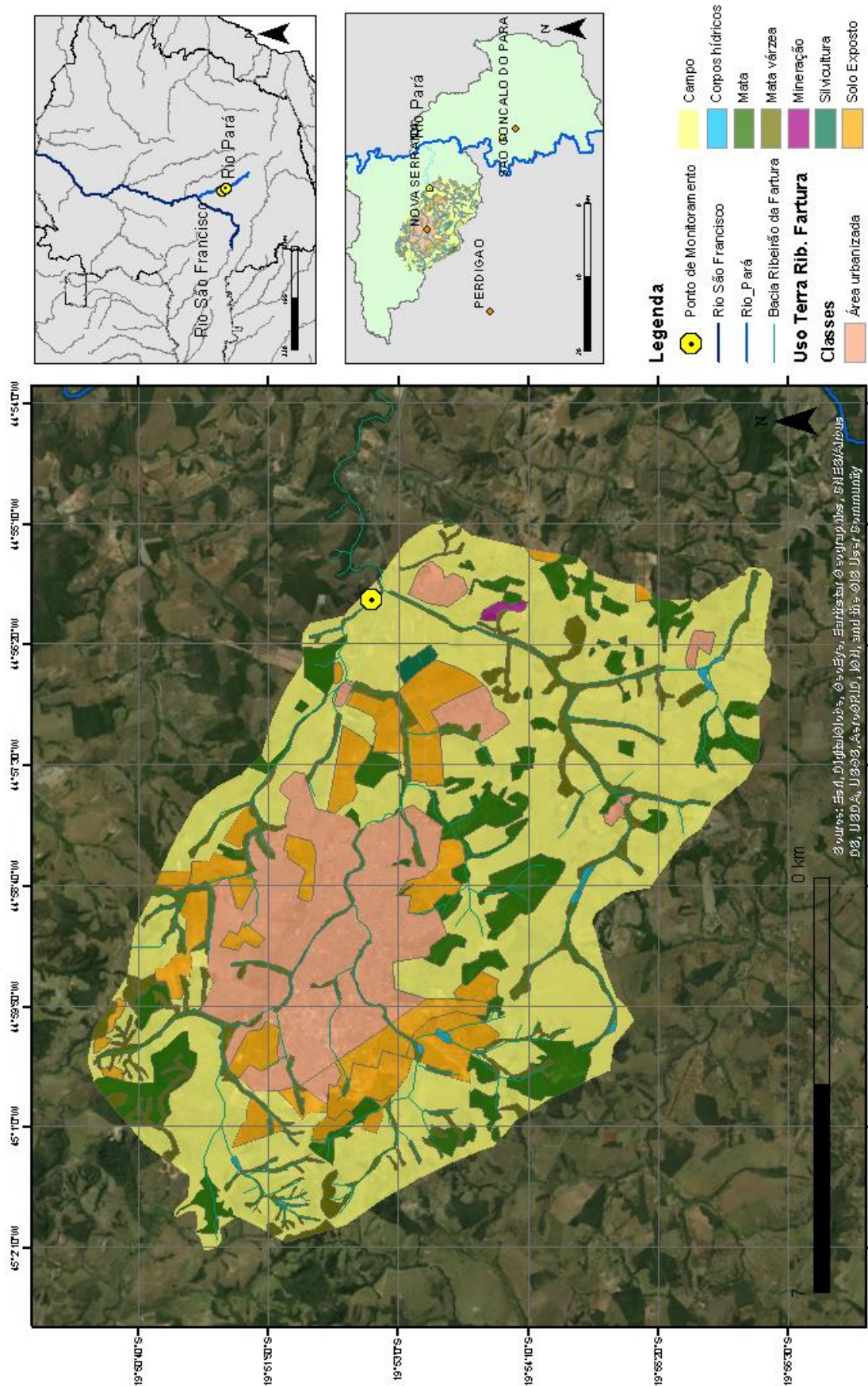


Figura 39. Mapa de uso e ocupação da terra da bacia do ribeirão da Fartura em Nova Serrana – MG.

Às margens da área urbanizada encontrou-se grande área de solo exposto (cor

laranja), com supressão de mata nativa e ausência de construções, mas com alguns pontos de inícios de arruamentos.

Ao longo da bacia foram encontrados pequenos corpos hídricos, principalmente na parte sul da mesma. Ao redor de alguns canais fluviais foi encontrada mata de várzea, a qual foi representada pela cor verde musgo.

A classe de coloração verde é correspondente a classe mata nativa, ou seja, a floresta estacional semidecidual (cor verde bandeira).

A leste da bacia foi encontrada uma atividade mineradora, provavelmente de brita, na qual foi atribuída a coloração roxa.

A classe silvicultura (cor verde pavão) foi pouco encontrada nesta bacia, em apenas uma região, a noroeste da atividade mineradora e a sudoeste do ponto de monitoramento.

6.1.3 Uso da terra da bacia do córrego do Buriti

Conforme a Tabela 6, as classes de uso da terra para a bacia do córrego do Buriti são: área urbanizada, campo, corpos hídricos, mata, mata de várzea, silvicultura e solo exposto. As colorações para as classes da bacia anterior são as mesmas para esta bacia.

Tabela 7. Área e contagem de atributos das classes de uso da terra da bacia do córrego do Buriti

Uso da terra bacia córrego do Buriti			
Classe	Área (km ²)	Contagem	%
Área urbanizada	2,75	2	18,13
Campo	9,81	2	64,65
Corpos hídricos	0,08	1	0,51
Mata	0,06	1	0,41
Mata de várzea	1,51	6	9,95
Silvicultura	0,83	2	5,48
Solo exposto	0,13	2	0,87
TOTAL	15,18	16	100,00

Assim como na bacia anterior, na bacia do córrego do Buriti a maior classe corresponde também à classe campo, com quase 65% da área em questão, equivalente a quase 10 km². A segunda maior classe também é área urbanizada, correspondente a 18% da bacia.

Em seguida, tem-se a classe mata de várzea, com praticamente 10% da bacia, e silvicultura, com 5%.

As seguintes classes apresentam menos de 1% de cobertura da terra para a bacia: solo exposto, com 0,87%, corpos hídricos com 0,51%. Por fim, a classe mata nativa, com apenas 0,41%, equivalente a 0,06 km² ou a 60.000 m².

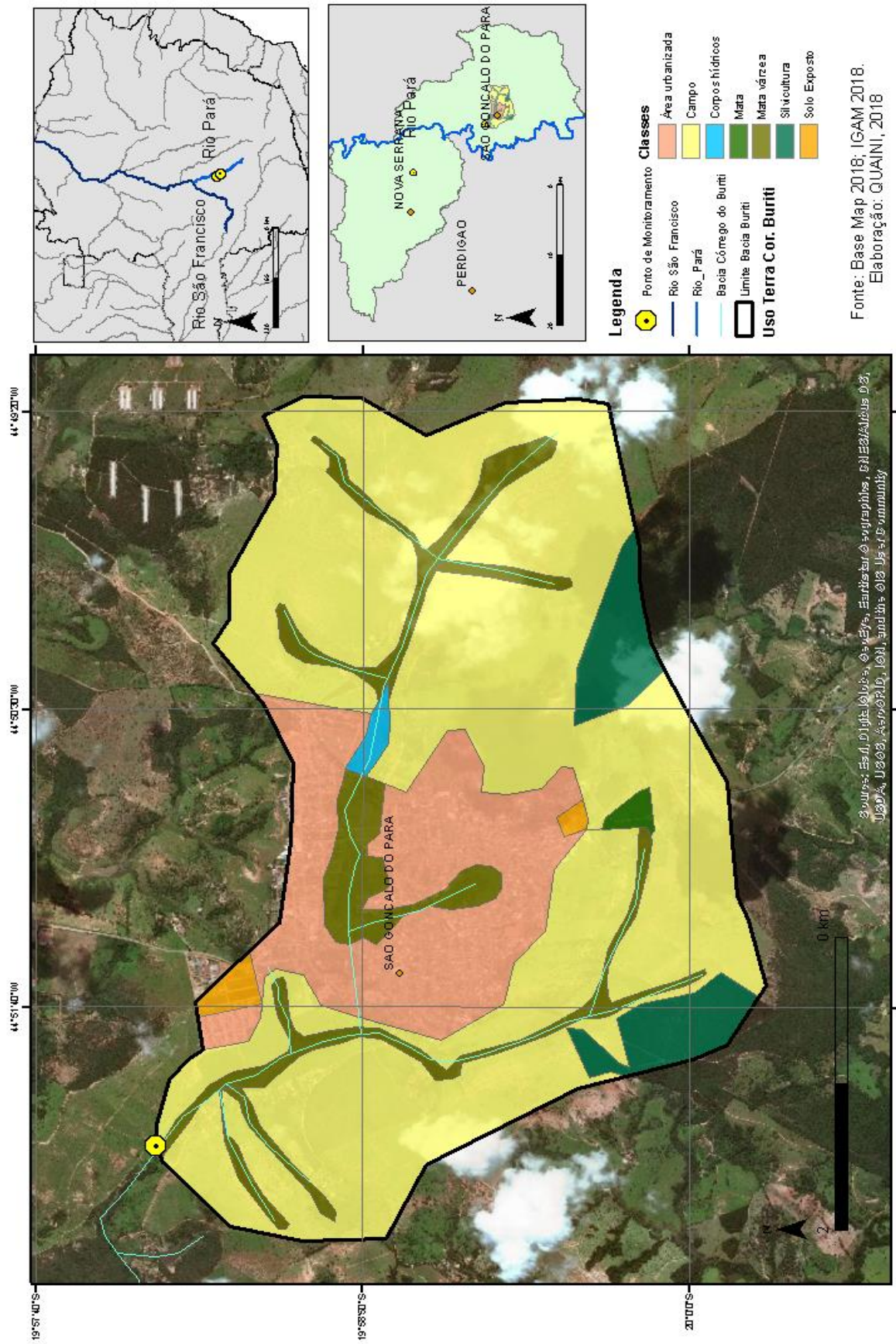


Figura 40. Mapa de uso e ocupação da terra da bacia do córrego do Buriti em São Gonçalo do Pará

6.2 Trabalho de campo

O trabalho de campo ocorreu nos dias 09 e 10 de abril de 2018 para a área de estudo, a fim de conhecer melhor a realidade local das bacias do ribeirão da Fartura e córrego do Buriti.

No dia 09 visitou-se a cidade de Nova Serrana e foi possível observar as condições locais do ribeirão da Fartura. O mesmo atravessa a cidade e é nítida a poluição de suas águas, bem como de seu leito. Com diversos materiais como pneus, sacos de lixo doméstico, sobras de materiais de construção civil e até mesmo carcaça de um carro (Figuras 41 e 42). Vale ressaltar que foi identificado no leito também a presença de *Sphaerotilus*, massas enoveladas de bactérias, visíveis a olho nu, comum em córregos poluídos (BRANCO, 1983), além do forte odor de esgoto às margens do ribeirão da Fartura.



Figura 41. Resíduos e carcaça de um carro à esquerda da foto Figura 42. Resíduos diversos às margens do ribeirão da Fartura. Fotos: Adriana M. Quaini (2018)



Figura 43. Área de medição da PA020 sobre a ponte da Siderúrgica Gafanhoto. Foto: Adriana M. Quaini (2018).

Em seguida foi feito o reconhecimento do ponto de medição da PA020. O mesmo

encontra-se numa propriedade de área de industrial, na siderúrgica Gafanhoto, a 6 quilômetros do centro da cidade.

Neste ponto, o ribeirão encontra-se com menos dejetos lançados no seu leito, bem como foi constatada a ausência de odor desagradável, porém ainda com a presença de *Sphaerotilus*. Também é visível banco de areia, com a acumulação de aluviões e seixos no leito e nas margens do canal (GUERRA & GUERRA, 2015).



Figura 44. Foto do IGAM da área de medição da PA020 sobre a ponte. Foto: IGAM, 2005.

O dia 10 de abril seria o dia reservado para conhecimento do ponto de medição da PA034, no córrego do Buriti. Porém, como o ponto está localizado em uma propriedade privada, o acesso torna-se mais difícil e não obtivemos autorização para entrada na mesma. Com isto, a parte do registro fotográfico deste córrego, bem como uma maior noção do local ficou comprometida. Porém, foram obtidas fotos do IGAM que ilustram parcialmente o córrego (Figura 45). Detalhe para a presença de pneu na foto da jusante da ponte, bem como a cor do canal fluvial muito alterada, com uma coloração azul escura, nitidamente por influência antrópica.



Figura 45. Foto do IGAM a jusante a montante da área de medição da PA034 sobre a ponte. Foto: IGAM, 2007.

Vale ressaltar que o próprio funcionário do IGAM explicou que até mesmo os técnicos de medição do SENAI (que são os prestadores de serviço) estavam com dificuldades de acesso ao local em questão e por isso os dados de medição de qualidade da água de 2017 foram comprometidos.

Pela dificuldade de acesso aos locais de afluição do ribeirão da Fartura e do córrego do Buriti no rio Pará, ambos os registros fotográficos não ocorreram. Porém foi possível ter acesso ao rio Pará, sob a ponte da rodovia BR-262 (que liga Nova Serrana a Belo Horizonte), bem como sobre a ponte da rodovia (Figuras 46, 47 e 48). Tal ponto situa-se a 13 quilômetros da cidade de Nova Serrana. É um ponto a jusante da contribuição de ambos os canais fluviais de estudo.

Neste ponto do campo, tornou-se tangível a noção da grande capacidade de autodepuração, em função da sua grande vazão.



Figura 46. Rio Pará sob a rodovia BR-262. Figura 47. Extensão da Ponte sobre o Rio Pará: 230 metros. Figura 48. Rio Pará visto da ponte da rodovia. Fotos: Adriana M. Quaini (2018)

6.3 Monitoramento, captação e lançamento

6.3.1 Monitoramento de qualidade das águas superficiais

No Estado de Minas Gerais, o monitoramento da qualidade das águas superficiais é realizado pelo IGAM, Instituto Mineiro de Gestão das Águas, pelo Programa Águas de Minas, que está em execução desde 1997 (IGAM Resumo Executivo, 2016).

O órgão adotou parâmetros de monitoramento que permitem caracterizar a qualidade da água e o grau de contaminação dos corpos de água. As campanhas de amostragem são trimestrais para as estações de monitoramento, com um total anual de 4

campanhas.

Para as estações localizadas nas calhas do rio Pará são avaliados 54 parâmetros comuns ao conjunto de pontos de amostragem. O limite foi adotado pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM / CERH nº 01/2008, baseada na Resolução CONAMA nº 357/ 2005.

Destes 54 parâmetros, 20 foram alterados para os pontos de monitoramento da PA020 e da PA034 para o período 2008-2016 em comum.

Estes parâmetros em desconformidade para ambos são: alumínio dissolvido, cianeto livre, cloreto total, clorofila a, cor verdadeira, coliformes termotolerantes, cromo total, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), *Escherichia coli*, fenóis totais, ferro dissolvido, fósforo total, manganês total, mercúrio total, nitrogênio amoniacal total, oxigênio dissolvido (OD), sólidos dissolvidos totais, sólidos em suspensão totais e sulfeto e turbidez.

Nesta comparação, isoladamente a PA020 não excedeu em nenhum parâmetro e a PA034 nos parâmetros cloreto, nitrato e zinco total. Escolheu-se não analisá-los, pois a intenção é encontrar semelhanças entre ambas as bacias.

As variáveis alumínio dissolvido e ferro dissolvido não foram contempladas nesta pesquisa, devido à ocorrência natural em grandes quantidades no solo mineiro. O próprio IGAM não considera o excedente de tais parâmetros.

E, devido à ausência de bibliografia consistente correlacionada ao uso da terra, não foram contemplados os seguintes parâmetros: cianeto livre, clorofila a, cor verdadeira, cromo total, fenóis totais, sólidos dissolvidos totais, sólidos em suspensão totais, sulfeto e turbidez. Tais parâmetros também apresentaram violações menores que 50% do total das campanhas.

Portanto, dentre aqueles parâmetros em desconformidade, foram selecionados sete parâmetros: coliformes termotolerantes, *Escherichia coli*, DBO, fósforo total, mercúrio total, nitrogênio amoniacal total e OD.

Optou-se por analisá-los um a um, ao invés de utilizar cálculo de IQA, pois ele possui restrições e pode mascarar resultados alterados ocorridos na bacia, ainda que seja utilizado em muitos estados brasileiros como o principal índice de qualidade de água, pela sua praticidade. Conforme Toledo e Nicolella (2002), todos os índices de qualidade de água “contemplam um grau de subjetividade”, pois dependem da escolha dos parâmetros que fazem parte da sua fórmula.

Dentre estes oito parâmetros, cinco são componentes do IQA. São eles: coliformes

termotolerantes, DBO, fósforo total, nitrogênio (relacionado com o nitrogênio amoniacal total) e OD.

6.3.2 Lançamento de efluentes

Os serviços de coleta e tratamento de esgotos no Brasil infelizmente ainda são muito deficientes, o que leva a degradação dos corpos d'água e aumento da incidência de doenças de veiculação hídrica. No estado de Minas Gerais, a situação não é diferente, tornando-se necessários programas e ações governamentais para reverter esse quadro. (FEAM, 2013).

A ETE de Nova Serrana está funcionando parcialmente. A de São Gonçalo do Pará ainda não possui ao menos uma formalização para se obter o licenciamento da construção da ETE para o município.

Em Nova Serrana o esgoto é lançado *in natura* nos córregos Pavão, Cachoeira, Barretos, Morro Vermelho e no ribeirão Fartura. Todos os córregos supracitados são afluentes do ribeirão Fartura, (ponto PA020) que por sua vez desemboca no rio Pará.

Conforme Feam (2013), a rede coletora presente no município atende aproximadamente 95% da população urbana total. E, o restante da população possui sistema individual (fossa negra). O órgão responsável pela coleta do esgoto sanitário da área urbana e do tratamento de efluentes de Nova Serrana é a COPASA.

Já em São Gonçalo do Pará o esgoto gerado pela população e pelas indústrias (curtumes, laticínios, indústria de doces e indústria de produção de fraldas) da área urbana é lançado nas margens de três córregos que entrecortam a cidade (córregos Biquinhas, “sem nome” e do Buriti). Os córregos Biquinhas e “sem nome” são afluentes do córrego do Buriti, onde se localiza o ponto de monitoramento PA034.

De acordo com Feam (2013), a rede coletora presente no município atende aproximadamente 92% da população urbana total. O restante da população possui sistema individual (fossa negra). A prefeitura municipal é o órgão responsável pela coleta do esgoto sanitário da área urbana de São Gonçalo do Pará, mas a COPASA faz o tratamento de efluentes. (FEAM, 2013).

6.3.2.1 Efluentes domésticos

Para Feam (2013), o fator que mais contribui para a poluição dos cursos d'água na bacia do Rio Pará é o lançamento do esgoto doméstico sem tratamento, principalmente pelos maiores municípios da bacia, como em Nova Serrana. Esta cidade, por ser um dos principais aglomerados urbanos e industriais e o tratamento de esgoto ser ausente ou insignificante, a qualidade dos cursos d'água apresenta IQA ruim. Sendo que para a maioria dos outros cursos d'água da bacia apresentam IQA médio.

Tabela 8. Quantidade de carga poluidora gerada, lançada e removida pela população urbana nos corpos d'água do ribeirão da Fartura e do córrego do Buriti. Fonte: Feam (2013).

	Carga poluidora gerada e lançada (kg/ DBO/d)	Carga removida (kg/ DBO/d)
Nova Serrana	3763,5	0
São Gonçalo do Pará	429,8	0

Pela tabela acima (tabela 7), é possível notar a quantidade de carga poluidora gerada, lançada e removida pela população urbana nos corpos d'água do ribeirão da Fartura e do córrego do Buriti. Como tal dado é de 2013, os valores da carga removida para Nova Serrana não estão presentes, mas segundo FEAM (2013), a eficiência da ETE é de 85%, portanto, é de se esperar que ao menos a ETE funcionaria com uma remoção de ao menos 3200 kg/DBO/dia.

Como o município de São Gonçalo do Pará não possui ETE, o valor da carga removida é de 0 kg/DBO/dia.

A seguir, serão elucidados a variedade de efluentes industriais, agropecuários e de mineração. É importante considerar que os mesmos foram obtidos através do Plano Diretor do Rio Pará de 2006, há portanto 12 anos. E que os números de efluentes para o ano de 2018 seguramente não serão exatamente os mesmos do que os de 2006, porém é o documento mais recente para a bacia do Rio Pará.

Além disso, vale lembrar que a análise de uso e cobertura da terra abrangeu apenas a área a montante dos pontos de monitoramento e não a área total dos municípios. E que, os dados de efluentes industriais, agropecuários e de mineração são

para os municípios como um todo, e não apenas para a delimitação da área de estudo.

6.3.2.2 Efluentes industriais

Conforme se observa na tabela 8, os tipos de indústria registrados no Plano Diretor do Rio Pará para Nova Serrana são da metalurgia, com 5 pontos de lançamento, correspondentes a uma vazão de 17,4 m³/dia, e da preparação de couros e artigos, com 6 pontos de lançamento e uma vazão de 122 m³/dia. O total da vazão industrial de Nova Serrana é de quase 140 m³/dia. (CBHRP, 2006).

Observa-se que o lançamento da indústria de couros é 7 vezes maior do que dos efluentes de metalurgia.

Como visto, existem indústrias do setor têxtil e calçadista em Nova Serrana, porém as mesmas não foram contempladas no cálculo de vazão e não se sabe o motivo.

Tabela 9 – Pontos de Lançamento de Efluentes da Indústria por Município – 2006

Municípios	Tipo Indústria	Ptos. de Lançamento	Vazão (m³/dia)
Nova Serrana	Metalurgia	5	17,42
	Prep. couros e artigos	6	122,06
	Sub-total Nova Serrana	11	139,48
São Gonçalo do Pará	Fab. alimentícios	1	3,44
	Fab. celulose e papel	1	196
	Fab. prod. minerais não-metálicos	1	2,24
	Fab. têxteis	1	16,8
	Metalurgia	3	14,88
	Prep. couros e artigos	4	134,56
	Sub-total São Gonçalo do Pará	11	367,92

Pela tabela 8, é possível ainda obter uma elucidação dos tipos de indústria de São Gonçalo do Pará. Assim como em Nova Serrana, em São Gonçalo do Pará também há

presença de metalurgia e preparação de couros e artigos, correspondendo, respectivamente, a 3 e 4 pontos de lançamento, com uma vazão de praticamente 15 m³/dia, e 135 m³/dia.

Porém, o ramo com maior efluentes para a cidade é o de fabricação de celulose e papel, com uma vazão de quase 200 m³/dia. Segundo CBHRP (2006), durante o cultivo de eucalipto, vem a contaminação do solo pelo uso intensivo de agrotóxicos, que se transfere para córregos e riachos.

Tem-se também os efluentes da fabricação têxtil, com 16,8 m³/dia, e os da fabricação de alimentícios, com 3,44 m³/dia. Por fim, os da fabricação de minerais não-metálicos, com 2,24 m³/dia.

6.3.2.3 Efluentes agropecuários

Conforme consta na tabela 9, tem-se quatro tipos de fontes de efluentes agropecuários: agroindústria, avicultura, suinocultura. No documento também consta a produção de bovinocultura, porém, infelizmente sem valores mensurados para os municípios. O que não implica que nos municípios não tenha criação de bovinos.

No setor de agroindústria, São Gonçalo se destaca, com 9 pontos de lançamento e uma vazão de 59,2 m³/dia. Tal desempenho é devido à produção de eucaliptos (silvicultura) no município. Nova Serrana apresenta um lançamento mais tímido, com apenas um ponto de lançamento e praticamente 5 m³/dia.

Porém, no setor de avicultura Nova Serrana apresenta um maior lançamento, com 23 pontos de lançamento, correspondentes a 386 m³/dia. Para São Gonçalo não há mensuração dos efluentes de avicultura.

No setor de suinocultura, Nova Serrana não demonstra nenhum ponto de lançamento. São Gonçalo do Pará, por sua vez, 5, correspondentes a 77,5 m³/dia.

Nestes três parâmetros analisados, Nova Serrana apresentou maiores valores de pontos de lançamentos bem como de vazão: 24 e 390,9 m³/dia. São Gonçalo do Pará apresentou 14 pontos de lançamento e 136,7 m³/dia.

Tabela 10. Pontos de efluentes agropecuários de Nova Serrana e São Gonçalo do Pará – 2006.

Tipo	Municípios	Pontos de Lançamento	Vazão
Agroindústria	Nova Serrana	1	4,88
	São Gonçalo do Pará	9	59,23
Avicultura	Nova Serrana	23	386
	São Gonçalo do Pará	d/a	d/a
Suinocultura	Nova Serrana	0	0
	São Gonçalo do Pará	5	77,48
Total	Nova Serrana	24	390,88
	São Gonçalo do Pará	14	136,71

6.3.2.4 Efluentes de mineração

Pela tabela abaixo (tabela 10), observa-se que Nova Serrana possui um ponto de lançamento correspondente a uma vazão de 23,3 m³/dia. São Gonçalo do Pará não constou nenhum ponto de lançamento nesta tabela, tendo portanto uma vazão de lançamento de 0 m³/dia.

Tabela 11 – Pontos de Lançamento de Efluentes da Mineração por Municípios – 2006

Municípios	Ptos. de Lançamento	Vazão de Lançamento (m³/dia)
Nova Serrana	1	23,28
São Gonçalo do Pará	0	0

6.3.3 Captação e abastecimento de água

O abastecimento público de água dos municípios de estudo estão a cargo da

COPASA. (FEAM, 2013).

A captação de água de Nova Serrana é 100% realizada no Rio Pará, próximo à ETE. Uma adutora atravessa a cidade e a leva para a parte alta da cidade e posteriormente para um reservatório. Mas no Ribeirão da Fartura não tem captação conforme chamada telefônica com funcionária da COPASA.

A captação de água em São Gonçalo do Pará é feita nas margens do ribeirão dos Moraes, em outra bacia do município, a quatro quilômetros da sede municipal, conforme chamada telefônica com funcionário da COPASA.

6.4 Tabelas dos dados em desconformidade para os pontos de monitoramento

Tabela 12. Desconformidades dos parâmetros para a PA020.

Limite (Classe 2) - Parâmetros		Coliformes termotolerantes	DBO	Escherichia coli	Fósforo total	Mercúrio total	Nitrogênio amoniacoal total	Oxigênio dissolvido	pH in loco	Temperatura da água
Estação	Data de Amostragem	1.000 NMP/100 mL	3 mg/L O ₂	1.000 NMP/100 mL	0,1 mg/L P fósforo total	0,0002 mg/L Hg	3,7mg/L N p/pH ≤ 7,5	Não inferior a 5 mg/L O ₂	6,0 a 9,0	
PA020	22/02/2008	30000	10		0,22	0,2	4,6	1,8	6,2	23,9
PA020	09/05/2008	9000	8		0,59	0,2	7,6	2	6,5	17,2
PA020	08/08/2008	160000	27		1,09	0,2	12,8	1,2	6,6	19,6
PA020	07/11/2008	22000	15		0,48	0,2	2,98	3,6	6,4	23,7
PA020	13/02/2009	30000	7,7		0,34	0,2	0,54	5,7	6,3	21
PA020	08/05/2009	350	19		0,54	0,2	5,06	1,9	6,4	18,3
PA020	07/08/2009	90000	15		0,87	0,2	10,1	1,7	6,6	19
PA020	09/11/2009	160000	11		0,52	0,2	10,16	1,2	7,1	24,1
PA020	22/02/2010	1700	7,3		0,59	0,2	9,5	2,4	7	24,4
PA020	14/05/2010	30000	4,6		0,36	0,2	6,41	3,9	6,4	16
PA020	13/08/2010	160000	57		1,18	0,2	15,3	1,8	6,7	16
PA020	12/11/2010	160000	6,1		0,29	0,2	6,09	2,4	6,5	21,5
PA020	18/02/2011	3500	26		0,84	0,2	9,6	1,4	6,4	23,1
PA020	13/05/2011	160000	11		0,33	0,2	7,83	2,1	6,5	20
PA020	05/08/2011	13000	52		0,13	0,2	14,2	2,8	6,5	14,3
PA020	04/11/2011	160000	26		0,7	0,2	13,6	1,6	6,5	19,4
PA020	10/02/2012	160000	21		0,25	0,2	1,76	3,6	7	23,5
PA020	11/05/2012	160000	20		0,73	0,2	10,5	1,8	7,2	20
PA020	10/08/2012	160000	66		1,27	0,2	14,2	1,5	7,3	15,7
PA020	02/11/2012	160000	48,8		0,68	0,2	21	0,5	7,3	23,7
PA020	22/02/2013		45	160000	0,36	0,2	11,2	0,8	7,2	22,5
PA020	10/05/2013		37	160000	0,9	0,2	14,2	1,3	7,3	17,3
PA020	01/08/2013		74	160000	1,47	0,2	19,9	1,1	7,3	14,3
PA020	31/10/2013		68	160000	1,04	0,2	13,9	0,5	6,7	23
PA020	13/02/2014		39	160000	1,06	0,2	17,8	1,8	7,4	21,5
PA020	08/05/2014		44	160000	0,83	0,2	12,8	1,5	7,3	20,7
PA020	07/08/2014		24	57940	1,38	0,2	11,2	2,3	7,3	14,1
PA020	30/10/2014		33	24196	1,16	0,2	16	2,4	7,4	22,2
PA020	05/02/2015		20	241960	0,49	0,2	8,55	4	7,4	22,1
PA020	07/05/2015		9,7	241960	0,34	0,2	8,07	3,8	7	21,8
PA020	06/08/2015		27	92084	0,88	0,2	6,15	4,6	7,6	16
PA020	12/11/2015		56	241960	1,22	0,2	5,07	1,4	7,2	24,3
PA020	18/02/2016		28	241960	0,51	0,2	5,54	0,5	7,1	23,2
PA020	05/05/2016		18	241960	1,45	0,2	13,8	1,7	7,2	19,7
PA020	04/08/2016		13	1137	0,87	0,2	14,3	2,8	7,5	17,6
PA020	17/11/2016		3,4	24196	0,15	0,2	2,24	6	7,2	23,1

Tabela 13. Desconformidades dos parâmetros para a PA034.

Limite (Classe 2) - Parâmetros		Coliformes termotolerantes	DBO	Escherichia coli	Fósforo total	Mercúrio total	Nitrogênio amoniacoal total	Oxigênio dissolvido	pH in loco	Temperatura da água
Estação	Data de Amostragem	1.000 NMP/100 mL	3 mg/L O2	1.000 NMP/100 mL	0,1 mg/L P	0,0002 mg/L Hg	3,7mg/L N p/pH ≤ 7,5	Não inferior a 5 mg/L O2	6,0 a 9,0	
PA034	21/02/2008	90000	16		0,21	0,2	1,8	1	6	26,7
PA034	08/05/2008	160000	19		0,39		7,4	1,1	6,1	22,4
PA034	07/08/2008	160000	16		0,24	0,2	5,1	0,5	6,3	23,9
PA034	06/11/2008	160000	35		1,17		13	1,1	6,6	28,8
PA034	12/02/2009	160000	24		0,24	0,2	1,54	0,9	6	29,4
PA034	07/05/2009	90000	35		0,33		4,04	1,4	6,1	25,4
PA034	06/08/2009	90000	35		0,97	0,2	9,78	1,5	6,5	26,1
PA034	06/11/2009	160000	48		0,58		6,4	0,7	6,8	27,8
PA034	19/02/2010	160000	24		0,6	0,2	6,09	0,6	6,8	26,6
PA034	13/05/2010	160000	33		0,86		2,42	1,6	5,9	22,5
PA034	12/08/2010	160000	90		1,01	0,2	13,7	1,2	6,5	21,6
PA034	11/11/2010	160000	8,6		0,01		0,62	2,3	5,6	24,6
PA034	17/02/2011	160000	26		0,38	0,2	10,1	0,8	6,4	26,5
PA034	12/05/2011	160000	13		0,17		8,92	1,3	6,3	24,6
PA034	04/08/2011	160000	30		0,39	0,2	6,96	2	6,2	19,6
PA034	09/02/2012	160000	15		0,49	0,2	12,8	1,6	7,1	27,2
PA034	10/05/2012	160000	15		0,59		15,9	0,9	7,1	22,8
PA034	09/08/2012	160000	34		0,36	0,2	4,71	0,7	7	19,4
PA034	01/11/2012	160000	143,1		0,71		21,3	0,5	7,3	28,4
PA034	21/02/2013		75	160000	0,39	0,2	11,1	0,5	7	27,4
PA034	09/05/2013		100	160000	1,32		10,6	1,6	6,8	22,3
PA034	02/08/2013		122	92000	0,22	0,2	19,9	0,6	7,5	17,1
PA034	01/11/2013		68	160000	0,89		13,8	0,6	7,3	24,6
PA034	14/02/2014		99	160000	0,64	0,2	21,2	0,5	7,3	24,2
PA034	09/05/2014		116	160000	1,18		16,1	0,5	7,2	23,5
PA034	08/08/2014		39	198630	1,14	0,2	9,08	0,8	7,1	17,2
PA034	31/10/2014		16	24196	0,47		8,16	2,5	6,9	22,7
PA034	06/02/2015		10	51721	0,1	0,2	1,84	2,2	6,8	22,5
PA034	08/05/2015		38	241960	0,81		6,98	2,6	7	21,7
PA034	07/08/2015		196	241960	3,92	0,2	6,38	1,9	7,4	22,7
PA034	13/11/2015		62	24196	0,13		6,77	0,5	7,3	25,3
PA034	19/02/2016		30	241960	0,51	0,2	2,74	3,3	6,8	25,1
PA034	06/05/2016		139	24196	0,02		18,5	2,1	7,4	22,8
PA034	05/08/2016		383	24196	1,81	0,2	62,4	0,5	7,4	21,6

7 ANÁLISE DOS RESULTADOS

7.1 Análise dos mapeamentos de uso da terra

Através dos mapeamentos de uso da terra (Figuras 39 e 40), observa-se que a classe predominante em área para ambas as bacias de estudo é a classe campo, que possui como potencial classe poluidora de efluentes agropecuários (assim como a classe silvicultura).

Em segundo lugar no quesito área, tem-se a classe área urbanizada, com seus lançamentos de efluentes domésticos e industriais concentrados.

Apenas Nova Serrana consta com atividade mineradora, com o lançamento de efluentes de mineração.

As classes de mata (nativa), mata de várzea e corpos hídricos não são consideradas como classes de potencial à poluição, pois são classes consideradas naturais e não antrópicas. Ainda que a classe de corpos hídricos inclua o represamento antrópico, ele em si não é considerado um agente causador à poluição de águas fluviais.

7.1.1 Análise do mapeamento da bacia do ribeirão da Fartura

A classe área urbanizada localiza-se abaixo da cota de 800m. A maior parte da área urbana de Nova Serrana situa-se ao redor da sede da cidade, mas à leste da cidade também são encontradas algumas vilas e vilarejos. Tal classe é a de maior potencial à poluição, pois apresenta lançamento de efluentes domésticos e industriais concentrados.

Uma pequena parte de solo exposto é localizada dentro da área urbanizada, mas as maiores áreas de solo exposto localizam-se imediatamente ao lado da área urbanizada. Assim, é possível constatar a expansão e verificar o direcionamento do crescimento da área urbana. Certamente, daqui a alguns anos as áreas de solo exposto se tornarão área urbanizada. Tal crescimento é devido principalmente ao crescimento do setor industrial do ramo têxtil-calçadista do município.

A classe campo localiza-se em todas as altitudes, e é a classe de maior área pra bacia. A classe silvicultura foi encontrada em apenas um local e com uma área pouco expressiva. Ainda assim, ambas as classes campo e eucalipto possuem como potencial à poluição seus efluentes agropecuários.

A área de mata nativa para o ribeirão da Fartura é localizada predominantemente nas partes de maior altitude na bacia e em áreas de mananciais. Nas partes de menor

altitude provavelmente a mata nativa foi suprimida e substituída pela classe campo ou área urbanizada.

Observa-se uma vegetação preservada de mata de várzea ao longo dos corpos hídricos de toda a bacia, a exceção principalmente dentro da classe área urbanizada.

Para a bacia foram encontradas sete áreas de represamento de águas fluviais, sendo que todas estão localizadas próximas da classe campo ou solo exposto.

Foi identificada uma área de mineração, a qual é responsável pelo lançamento de efluentes de mineração.

7.1.2 Análise do mapeamento da bacia do córrego do Buriti

A área urbana de São Gonçalo do Pará localiza-se ao centro-norte da bacia, e sem identificação de vilas e vilarejos além da própria mancha urbana.

A classe solo exposto localiza-se apenas dentro da classe área urbanizada, diferentemente da cidade anteriormente estudada, em que a maior parte da classe solo exposto encontra-se nas franjas da área urbanizada de Nova Serrana. O que indica um crescimento espacial mais moroso de São Gonçalo do Pará em relação à outra cidade.

Observa-se a predominância da classe campo na bacia do córrego do Buriti. As áreas de cultivo de eucaliptos, juntamente com a classe campo, são responsáveis pelo lançamento de efluentes agropecuários, e localizam-se apenas nas partes mais altas da bacia.

A classe de vegetação de mata nativa aparece em apenas uma pequena parte da bacia, no centro-sul da mesma.

A classe mata de várzea também acompanha os corpos hídricos, mas com maior preservação da mesma em toda a bacia, exceto em parte da área urbanizada.

Não foram identificadas atividades mineradoras nesta bacia.

7.2 Parâmetros

O período de análise inicia no primeiro trimestre de 2008 e se estende até o quarto trimestre de 2016 para a PA020 e PA034. Para esta última, em duas campanhas para o período não foram constatadas medições de qualidade de água, em decorrência do acesso ao ponto de monitoramento. As duas campanhas sem medições foram o quarto trimestre de 2011 e de 2016. Portanto, o total de campanhas para a PA020 para o período

foi de 36 campanhas. Para PA020, devido à ausência de duas campanhas, o total para o ponto foi de 34 campanhas de medições.

As campanhas geralmente ocorrem nos meses de fevereiro, maio, agosto e novembro, relacionadas respectivamente com o primeiro, segundo, terceiro e quarto trimestre, conforme tabelas 8 e 9.

Tabela 14. Lista dos limites dos parâmetros em desconformidade legal nas bacias estudadas

Parâmetros	Limite (Classe 2)
Coliformes termotolerantes	1000 NMP/100 mL
DBO	3 mg/L O ₂
E.coli	1000 NMP/100 mL
Fósforo total	0,030 mg/L
Mercurio total	0,0002 mg/L Hg
Nitrogênio amoniacal total	3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5; 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0; 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5; 0,5 mg/L N, para pH > 8,5
Oxigênio dissolvido	Não inferior a 5 mg/L O ₂
Fonte: Resolução CONAMA n.357/2005 e Deliberação Normativa COPAM/CERH n.1/2008	

7.2.1 Coliformes Termotolerantes e *Escherichia coli*

O limite legal para cursos d'água de classe 2 para coliformes termotolerantes e para *Escherichia coli* é de 1.000 NMP/100 mL (Tabela 14). Porém o valor máximo registrado foi de 241.960 para ambas as estações, correspondente a uma violação de 24.196% do limite.

Como se observa pela tabela 12, a desconformidade para os parâmetros da PA020 é de praticamente 100% (exceto para o 2º trimestre de 2009 onde a medição foi de 350 NMP/100 mL). Pela tabela 13, observa-se que em 100% das medições para PA034 os parâmetros coliformes termotolerantes e *Escherichia coli* foram alterados.

Tal alteração de coliformes e E.coli é seguramente devido aos efluentes domésticos e efluentes agropecuários, pois as bactérias do grupo coliformes são uns dos principais indicadores de contaminações fecais originadas do trato intestinal do homem e de outros animais. Tal parâmetro, portanto, não se relaciona à efluentes industriais.

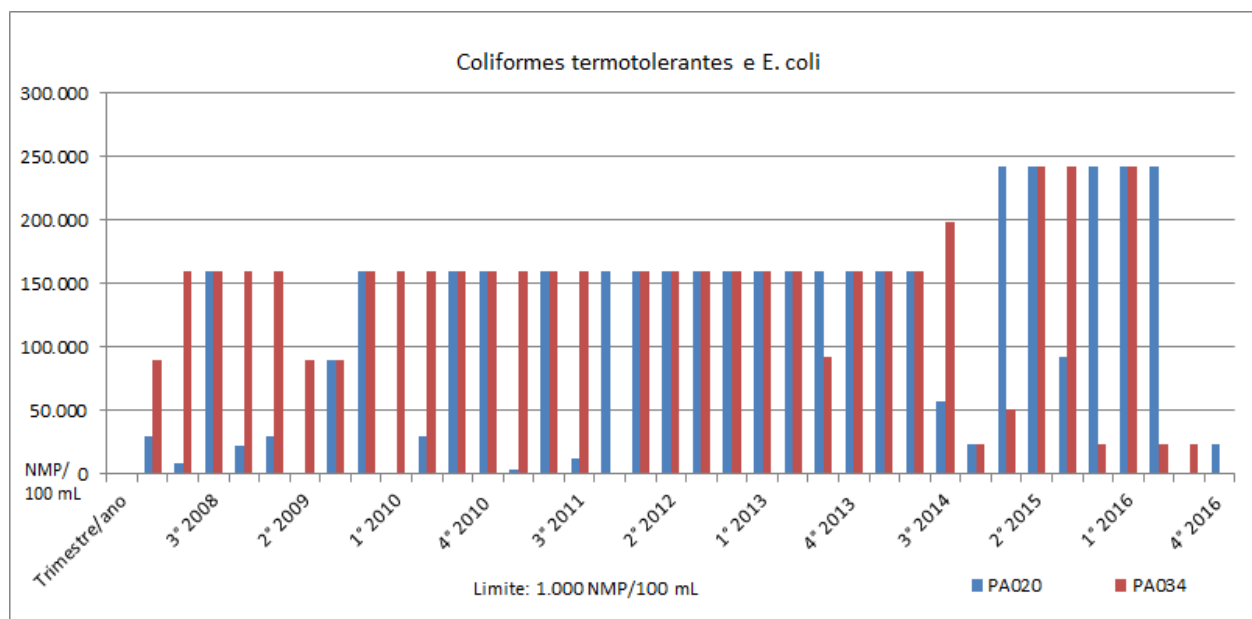


Figura 49. Série histórica do parâmetro coliformes termotolerantes e E.coli para os pontos de monitoramento PA020 e PA034 para o período do 1º trimestre de 2008 até 4º tri de 2016.

Os pontos de monitoramento recebem todo o esgoto sanitário proveniente das áreas urbanas dos municípios. Segundo Igam e Semad (2013), os resultados encontrados para esse parâmetro indicam que as águas dos pontos avaliados apresentam condições sanitárias ruins.

Conforme chamada telefônica com funcionário do IGAM, o limite de quantificação do método analítico para tal parâmetro é de 160.000NMP/100mL, porém em alguns casos o aparelho consegue medir até pouco mais de 240.000. Como foi o caso a partir do terceiro trimestre de 2014 para PA034 e, depois disto, recorrente para os dois pontos. Conforme tabela 14, 65,7% dos resultados atingiram valores iguais ou maiores que o limite para o total das 70 campanhas.

Estes altos resultados estão relacionados aos efluentes domésticos e agropecuários não tratados dos municípios.

7.2.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

O limite legal para cursos d'água de classe 2 para DBO é de 3 mg/L O₂. Porém, para o período, observou-se que o parâmetro foi violado em 100% das medições para PA020 e PA034, nas 36 e nas 34 campanhas respectivamente (Tabela 14).

O menor valor para PA020 foi próximo do limite, excedendo em apenas 0,4 mg/L de oxigênio, ou seja, apresentou valor de 3,4 mg/L, na última campanha de 2016. O menor valor para PA034 foi de 8,6.

De acordo com o gráfico da Figura 50, a maior demanda foi no córrego da do Buriti (PA034), com destaque para o último trimestre de 2016 e 2017, com respectivamente valores de 200 e praticamente 400, correspondendo uma violação de mais de 12.700%.

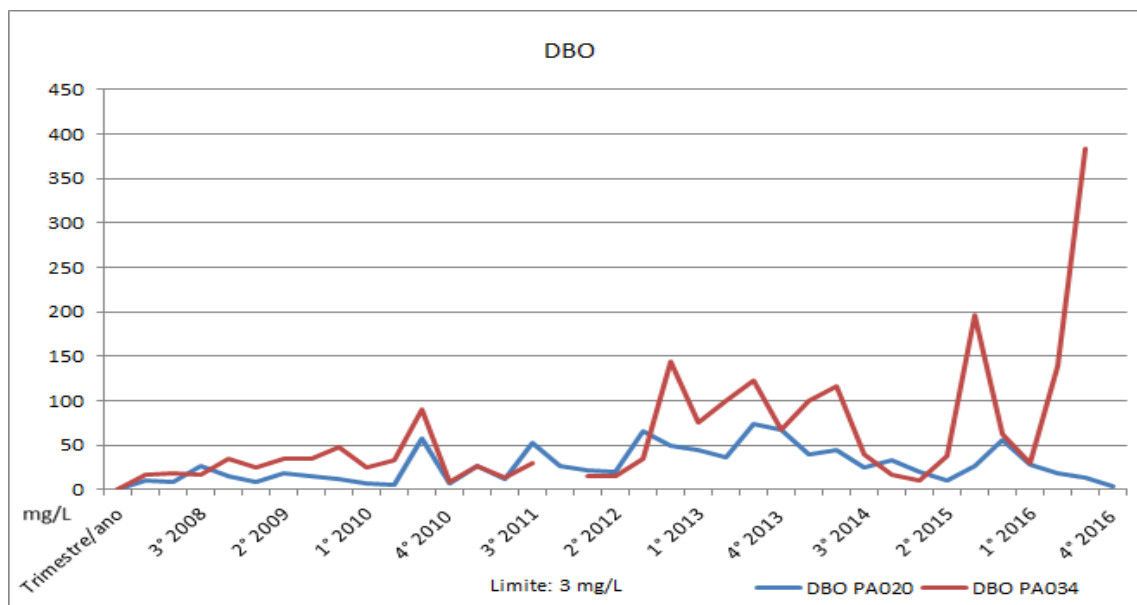


Figura 50. Série histórica do parâmetro DBO para os pontos de monitoramento PA020 e PA034 para o período do 1º trimestre de 2008 até 4º tri de 2016.

Na Figura 50, observa-se para os pontos uma semelhança de acréscimo e decréscimo de DBO do 4º trimestre de 2008 até o 4º de 2011. Porém os valores da PA020 mostraram-se ligeiramente menores do que da PA034.

Outro destaque para figura é que a partir do 1º semestre de 2016 os valores se distanciam e para a última campanha do período em questão para a PA034 ocorre um pico praticamente 100% em relação ao maior valor anterior.

Os altos valores de DBO para cidade de Nova Serrana são atribuídos aos lançamentos de esgotos domésticos gerados pela população, pelos efluentes industriais com matéria orgânica (curtumes principalmente). E de efluentes agropecuários, como da criação de bovinos, aves e suínos e das áreas de pasto e silvicultura.

Por sua vez, em São Gonçalo do Pará os altos valores do parâmetro são atribuídos

também aos esgotos domésticos, bem como aos efluentes industriais com matéria orgânica (curtumes, alimentícios, fabricação de papel e celulose). Além de efluentes agropecuários, como da bovinocultura, avinocultura e suinocultura e das grandes áreas de silvicultura de eucalipto e pasto.

O parâmetro DBO está diretamente relacionado com os parâmetros coliformes termotolerantes, E. coli, fósforo total, NAT e OD, sendo diretamente proporcionais aos mesmos. O aumento dos parâmetros citados acima geram um aumento da demanda de oxigênio, diminuindo os valores do gás na água.

7.2.3 Fósforo total

Conforme tabela 12, o parâmetro fósforo sofreu desconformidade em 100% das campanhas na PA020 e na PA034 em 91% das campanhas (3 campanhas em conformidade, pela Tabela 13).

O menor valor para PA020 foi próximo do limite, mas ainda superior ao mesmo, excedendo-o em apenas 0,03, ou seja, o menor valor foi de 0,013. Para PA034 o menor valor foi de 0,01, dentro do limite.

De acordo com a figura 51, os valores de fósforo total oscilaram principalmente ao redor da linha horizontal de valor equivalente a 0,5 mg/L. Assim, de um trimestre para outro, para ambas as estações, há um padrão de ascensão e de declínio do fósforo, muitas vezes cruzando a linha do valor 0,5 mg/L.

Observa-se uma tendência para um acréscimo dos valores de fósforo nas primeiras campanhas dos anos das medições. Mas o pico do elemento na figura 51 foi para PA034 no 3o trimestre de 2015.

Conforme abordado, o fósforo aparece nos cursos de água, principalmente devido a efluentes domésticos, efluentes agropecuários (devido aos excrementos de animais e ao uso de fertilizantes e adubos).

Ambos os efluentes são presentes nas cidades em questão sendo que em Nova Serrana, devido à sua maior população, possui uma carga poluidora de fósforo (e de outros compostos) maior do que em São Gonçalo do Pará. Esta cidade, por sua vez, possui uma área maior de plantação de eucaliptos, que pode influenciar nos altos índices de fósforo no córrego em decorrência do uso de nutrientes e defensivos agrícolas.

Pelo gráfico da figura 51, os valores do parâmetro para PA020 e PA034 se intercalam entre maiores e menores valores ao longo da série histórica. E tal pico do

parâmetro da PA034 provavelmente é devido aos efluentes agropecuários da silvicultura.

Em Nova Serrana foi constatada indústria frigorífica e, conforme visto, o fósforo na água também pode ser causado pelos efluentes da indústria frigorífica.

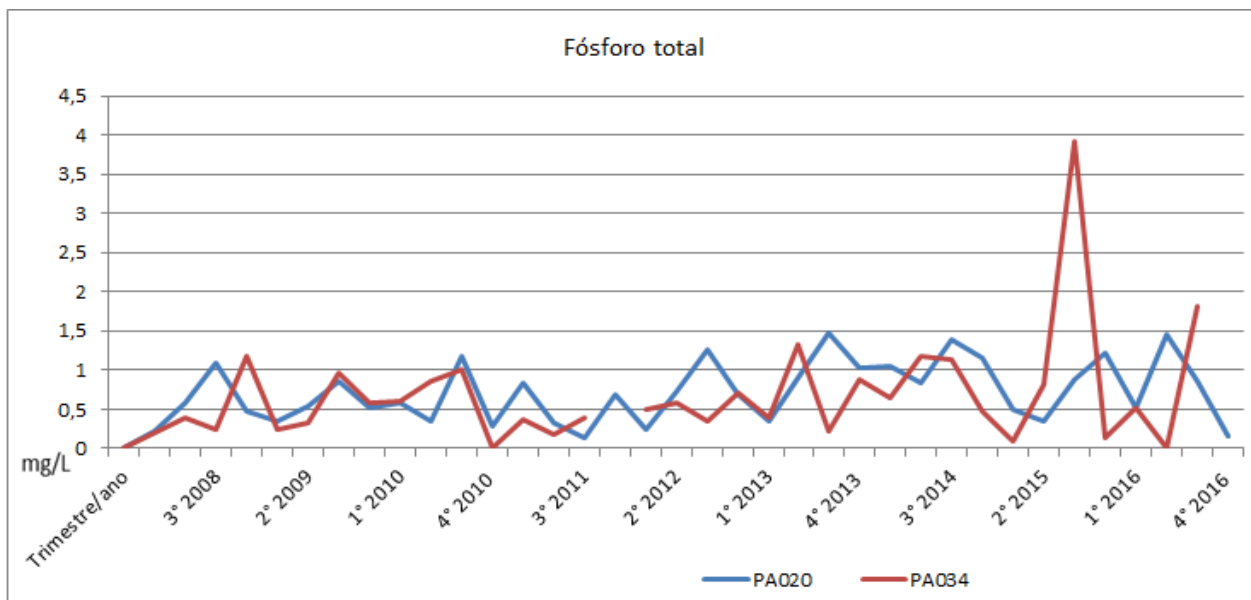


Figura 51. Série histórica do parâmetro fósforo total para os pontos de monitoramento PA020 e PA034 para o período do 1º trimestre de 2008 até 4º tri de 2016.

7.2.4 Mercúrio total

O limite legal para cursos d'água de classe 2 para mercúrio total é de 0,0002 mg/L Hg (Tabela 14), porém para ambos os pontos de monitoramento as concentrações do metal pesado foram de 0,2, correspondentes a 100.000% de violação.

Conforme figura 52, os valores das concentrações de mercúrio total para os pontos de monitoramento se demonstraram constantes para o período. Tal constância é devido ao limite do aparelho de medição para o metal. Ou seja, para ambos os casos, as concentrações de mercúrio na água são superiores ao limite legal bem como superiores ao limite do próprio aparelho.

Como os valores das concentrações de mercúrio foram os mesmos para os pontos da PA020 e PA034, os valores apresentaram o mesmo valor, de 0,2 mg/L de mercúrio (Figura 52).

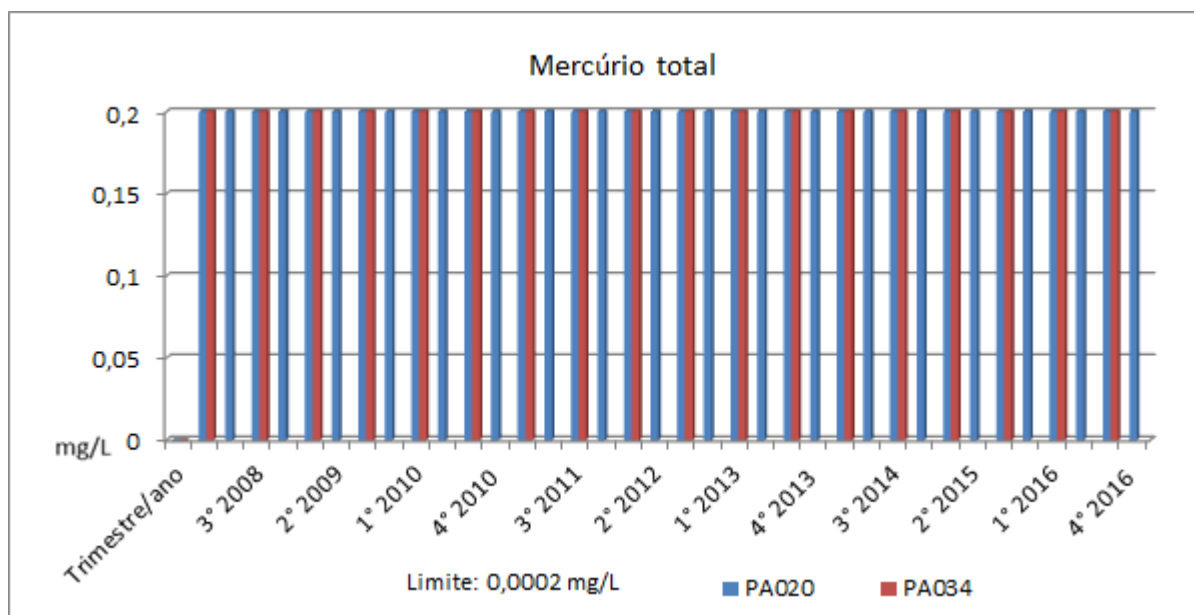


Figura 52. Série histórica do parâmetro mercúrio total para os pontos de monitoramento PA020 e PA034 para o período do 1º trimestre de 2008 até 4º tri de 2016.

Conforme abordado, as altas concentrações de mercúrio são associadas principalmente ao setor industrial e de mineração. Apenas em Nova Serrana foi constatada uma área de mineração, de britamento.

No que diz respeito ao setor industrial, as indústrias têxteis, de fundição e de produção e fundição de ferro e aço estão presentes nas cidades de Nova Serrana e de São Gonçalo do Pará. E, provavelmente são as mesmas que causam tal contaminação nos ribeirão da Fartura e no córrego do Buriti, respectivamente.

7.2.5 Nitrogênio amoniacal total (NAT)

O limite legal para NAT em cursos d'água de classe 2 é de 3,7 mg/L N para pH menor do que 7,5. Ou seja, existe uma relação entre NAT e pH. Conforme observado nas tabelas 8 e 9, o pH das águas superficiais em questão é menor do que 7,5 (excedeu em 0,1 apenas em uma campanha de 2015 na PA020 do total de 70 campanhas para os dois pontos).

O número de campanhas em conformidade para PA020 foram 4. (Tabela 12) Sendo assim, a porcentagem em desconformidade para o ponto é de 88,9%.

O número de campanhas em conformidade para PA034 foram 5 (Tabela 13). Então,

a porcentagem em desconformidade para o ponto é de 82,3%.

Em decorrência do parâmetro NAT ser relacionado com o pH dos corpos d'água segundo a Resolução CONAMA n357/2005, optou-se por analisar o gráfico da série histórica nos pontos de monitoramento separadamente.

Observa-se a série histórica do NAT e pH para a PA020 pela figura 53. O pH mantém-se praticamente constante, entre 6,2 a 7,6. Porém o NAT varia de no mínimo 0,54 para 23,6.

Destacam-se os picos do parâmetro NAT para o último trimestre (correspondentes às medições de novembro) dos anos de estudo para PA020. Isto se deve provavelmente ao aumento da produção de final de ano para as indústrias têxteis e frigoríficas de Nova Serrana.

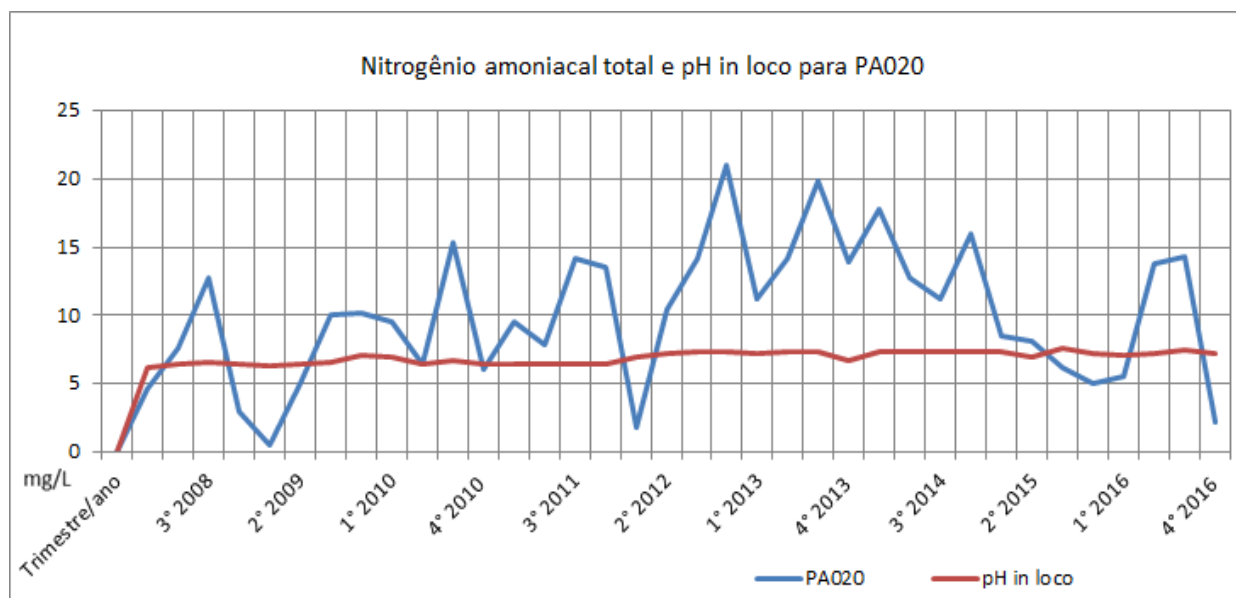


Figura 53. Série histórica do parâmetro NAT para o ponto de monitoramento PA020 para o período do 1º trimestre de 2008 até 4º trimestre de 2016.

Observa-se a série histórica do NAT e pH para a PA034 através da figura 54. O pH mantém-se entre 5,6 a 7,5. Porém o NAT para este ponto varia de no mínimo 0,62 para até 62,4. Sua variação é bem maior do que a variação do ponto anterior. Conforme mencionado previamente, devido à ausência de medição no 4º trimestre de 2011, a figura 54 apresenta tal descontinuidade de dados de NAT e pH.

Pela tabela 15, observa-se que a correlação entre NAT e pH é baixa, com 0,38 na

PA020 e 0,54 na PA034. Ou seja, a correlação é maior no córrego do Buriti do que no ribeirão da Fartura.

Tabela 15. Correlação entre NAT e PH para os pontos de monitoramento PA020 e PA034

Correlação	PA020	PA034
NAT e pH	0,38	0,54

Como os valores de efluentes domésticos costumam ser relativamente constantes, provavelmente este pico de 62,4 é proveniente de efluentes industriais.

Os picos do parâmetro NAT para o último trimestre dos anos de estudo também ocorreram na PA034. Os motivos são os mesmos, devido ao aumento da produção de final de ano para as indústrias alimentícias e têxteis. Não foram constatadas indústrias frigoríficas para o município de São Gonçalo do Pará.

Conforme visto, os efluentes agropecuários (excrementos de animais) também influenciam na quantidade de NAT na água, podendo ser provenientes de ambos os municípios mineiros.

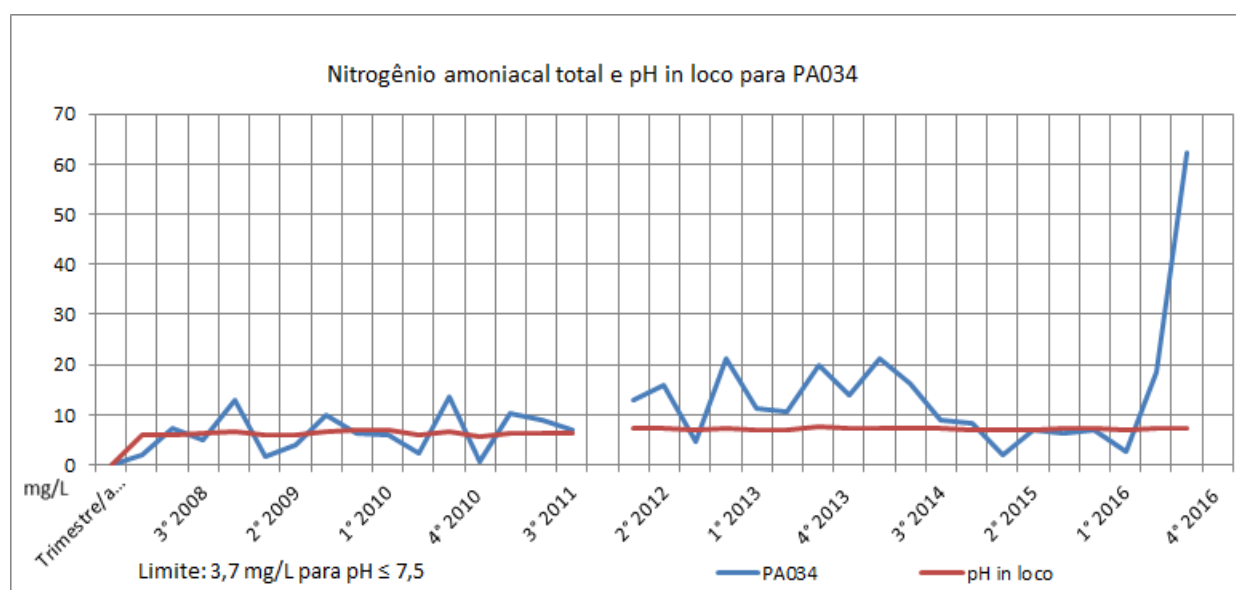


Figura 54. Série histórica do parâmetro NAT para o ponto de monitoramento PA034 para o período do 1º trimestre de 2008 até 4º trimestre de 2016.

Em suma, os resultados podem ser explicados pelos lançamentos de esgotos domésticos, efluentes agropecuários e industriais (têxteis, alimentícias e frigorífica) dos

municípios de Nova Serrana e São Gonçalo do Pará.

7.2.6 Oxigênio dissolvido (OD)

O limite legal para cursos d'água de classe 2 para OD é de não ser inferior a 5 mg/L O₂, ou seja, ser maior do que 5 mg/L O₂. (Tabela 14).

Todavia, os menores valores para ambos os pontos foram de 0,5, correspondendo a uma violação de 10% cada.

Os maiores valores, significando também os melhores valores de oxigênio, são de 6,0 para PA020 e de apenas 3,3 para a PA034. Para este ponto de monitoramento, não houve nenhuma campanha em conformidade legal. Para aquele ponto, em 94,4% das campanhas estavam em desconformidade (34 de 36 campanhas).

Em decorrência do parâmetro OD ser relacionado com a temperatura dos corpos d'água (pela solubilidade dos gases) optou-se por analisar o gráfico da série histórica nos pontos de monitoramento separadamente.

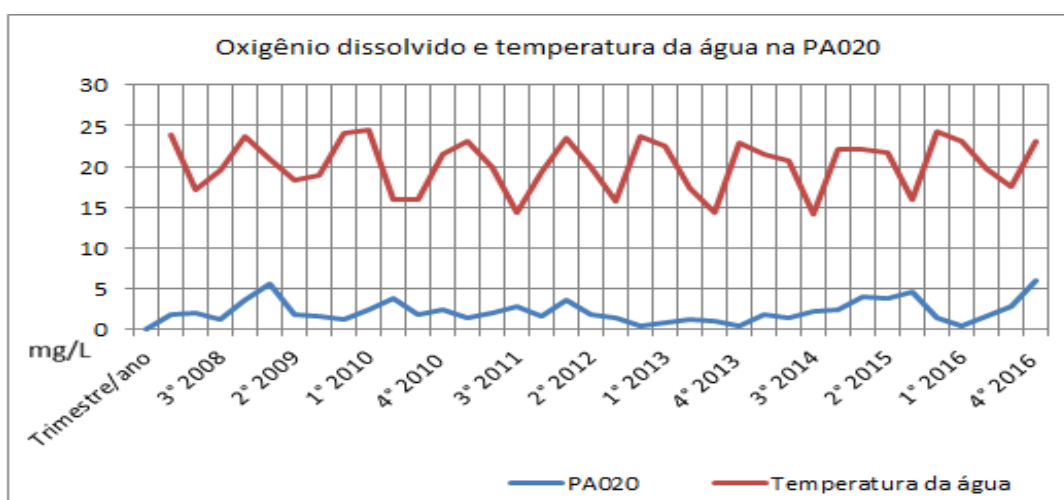


Figura 55. Série histórica do parâmetro OD e temperatura da água para o ponto de monitoramento PA020 para o período do 1º trimestre de 2008 até 4º trimestre de 2016.

Conforme a figura 55, a linha de OD para a PA020 (linha azul) cruzou a linha do limite de 0,5 mg/L apenas em duas campanhas. Em vários períodos a concentração de oxigênio beirou a linha do 0,0, como se observa a partir do 1º trimestre de 2013 até o 4º

trimestre deste ano.

Pela tabela 16, constam os valores de correlação entre OD e temperatura para os pontos da PA020 e PA034. Como são parâmetros inversamente proporcionais, as correlações deveriam aparecer com o sinal de negativo (-). Mas apenas para a PA034 os valores são negativos. Para a PA020 o valor é de 0,10. Porém para em ambos os casos as correlações são fracas.

Tabela 16. Correlação entre OD e temperatura para os pontos de monitoramento PA020 e PA034

Correlação	PA020	PA034
OD e T	0,1	-0,15

Na figura 56, os valores de OD para PA034 são ainda menores do que para PA020. Apresenta valores mais baixos de OD, bem como em nenhuma das campanhas a concentração de OD se mantém acima do limite mínimo.

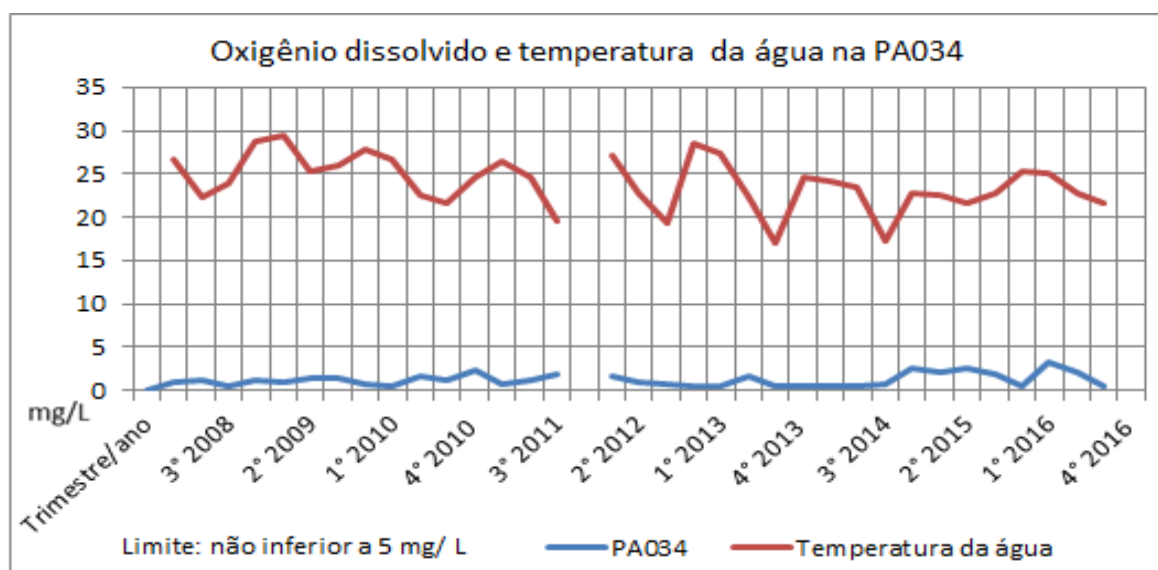


Figura 56. Série histórica do parâmetro OD e temperatura da água para o ponto de monitoramento PA034 para o período do 1º trimestre de 2008 até 3º trimestre de 2016.

Através das figuras 55 e 56, observa-se que a linha de temperatura (linha vermelha) não está diretamente correlacionada com a concentração de OD. Conforme mencionado previamente, devido à ausência de medição no 4º trimestre de 2011, a figura 56 apresenta tal descontinuidade de dados de OD e temperatura para PA034.

Os valores de OD para ambos os pontos foram muito baixos, e sob tais condições, a vida aquática aeróbica fica muito prejudicada.

Conforme visto, a concentração de OD na água é inversamente proporcional à DBO. Como os valores da DBO foram altos para os pontos da PA020 e PA034, consequentemente os valores de OD para os pontos seriam baixos.

Os resultados em desconformidade com a legislação para os pontos indicam que o baixo OD é resultante da decomposição de efluentes com matéria orgânica. Sendo que estes são advindos principalmente de efluentes domésticos dos municípios de Nova Serrana e São Gonçalo do Pará. Efluentes industriais também são ricos em matéria orgânica, com destaque para as indústrias de curtumes e têxteis, presentes em ambos os municípios. E frigoríficas, presentes em Nova Serrana, e alimentícias em São Gonçalo do Pará.

Mas os valores de OD também podem baixar devido aos efluentes agropecuários de excrementos de animais e os efluentes ricos em fósforo e nitrogênio, por serem elementos eutrofizantes.

7.3 Doenças de veiculação hídrica relacionadas ao saneamento básico

Para ambos os municípios, a doença de veiculação hídrica mais frequente é a diarreia, que pode ser causada por água ou alimento contaminado. Como as águas de abastecimento para os municípios são em outras bacias que não as deste estudo, é difícil afirmar que tais casos de diarreia sejam causados pela contaminação de tais bacias contaminadas.

Tabela 17. Epidemias relacionadas ao saneamento básico nos últimos 12 meses para as cidades de Nova Serrana e São Gonçalo do Pará. Fonte: BGE, Pesquisa de Informações Básicas Municipais Saneamento – 2017 Disponível em :<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/nova-serrana/pesquisa/10087/76819?localidade1=316180>>. Acesso em 19/11/2018.

	Nova Serrana	São Gonçalo do Pará
ENDEMIAS OU EPIDEMIAS		
A prefeitura tem conhecimento da ocorrência de endemia(s) ou epidemia(s) associada(s) ao saneamento básico, nos últimos 12 meses	Não	Sim
<i>Doença(s)</i>		
<i>DIARREIA</i>	-	Sim
<i>LEPTOSPIROSE</i>	-	Não
<i>VERMINOSES</i>	-	Sim
<i>CÓLERA</i>	-	Não
<i>HEPATITE</i>	-	Não
<i>OUTRAS</i>	-	Não

Não houve casos de cólera, nem de febre-tifoide nos municípios. No período de um ano, ocorreram menos de cinco casos de hepatite infecciosa para ambos os municípios, não se enquadrando como epidemias/ endemias.

Foi realizado contato via telefone e e-mail com ofício da universidade, com solicitação do número de casos ocorrentes para as doenças de veiculação hídrica nos dois municípios, mas não se obteve resposta.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do mapeamento, constatou-se que a classe predominante em área para ambas as bacias de estudo é a campo (como potencial classe poluidora de efluentes agropecuário), porém foi a segunda maior classe em área, com a área urbanizada, que maior impactou a qualidade dos cursos d'água em questão.

A ocupação humana, com seu efluente doméstico não tratado e a concentração urbana, é a causa do maior impacto na poluição dos recursos hídricos, considerando as altíssimas ocorrências de violações nos parâmetros coliformes termotolerantes, E.coli, fósforo, NAT, DBO e OD. Ou seja, são seis parâmetros em desconformidade para PA020 e PA034, praticamente todos os parâmetros de estudo, a exceção do mercúrio, relacionados à efluentes domésticos.

Em segundo lugar, têm-se os efluentes industriais (na área urbanizada), alterando os parâmetros de mercúrio, fósforo, NAT, DBO e OD. São cinco parâmetros em desconformidade.

Em terceiro lugar, têm-se os efluentes agropecuários (dentro da classe campo), alterando os mesmos parâmetros do lançamento anterior: mercúrio, fósforo, NAT, DBO e OD, porém em menor intensidade.

Por fim, têm-se os efluentes de mineração (na classe mineração), alterando os parâmetros de mercúrio em Nova Serrana.

Devido ao pequeno porte do ribeirão da Fartura e do córrego do Buriti, ambas as bacias apresentam uma pequena capacidade de autodepuração de poluentes dos seus corpos hídricos, frente a grande quantidade de uma diversidade de efluentes.

Considerou-se que apesar da qualidade das águas superficiais das bacias do ribeirão da Fartura e do córrego do Buriti estarem comprometidas em decorrência dos diversos lançamentos de efluentes, em nível de matéria orgânica, muito provavelmente o rio Pará não é afetado. Devido à sua grande capacidade autodepuradora e diluidora do Rio Pará. Todavia, é sabido que a qualidade das águas superficiais não deve ser comprometida, pois acarretam prejuízos ecológicos, sanitários e econômicos.

Porém no que concerne a metais pesados, como o mercúrio, que é cumulativo e não se degrada através dos processos de autodepuração, no rio Pará possivelmente consta contaminações por metais pesados.

Além disso, seria importante haver levantamento sedimentológico e levantamento de parâmetros no rio Pará à jusante da contribuição das bacias dos canais fluviais supracitados, com a finalidade de um aferimento da capacidade de autodepuração do mesmo, adicionando-se a medição de metais pesados, igualmente.

Assim, conclui-se que os objetivos da pesquisa foram alcançados pois foi possível associar o uso da terra da área de estudo com seus respectivos efluentes e descobrir que o principal fator de poluição dos corpos d'água em questão é o lançamento de efluentes domésticos sem tratamento, mas que os outros tipos de efluentes também influenciam na qualidade da água da rede hidrográfica.

REFERÊNCIAS

AB' SÁBER, Aziz Nacib. **A transposição de águas do São Francisco: análise crítica.** Revistaa USP. São Paulo, n.70 Junho/ agosto. 2006. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/13527/15345>>. Acesso em 29/11/2018.

_____. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas.** São Paulo: Ateliê, 2003.

BELTRAME, Angela da Veiga. **Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas: modelo** de aplicação. Florianópolis: UFSC, 1994.

BORGES, J.A; SILVA, G.G.A; NUNES, G.B; BERGOZZA, P; COSTA, J.A.V; SOUZA, M.R.A.Z. **Determinação de nitrogênio amoniacal em efluente líquido da digestão anaeróbia de macro e microalgas.** Universidade Federal do Rio Grande, Escola de Química e Alimentos. COBEQ Congresso Brasileiro de Engenharia Química. Florianópolis: COBEQ, 2014. Disponível em: <<http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/chemicalengineeringproceedings/cobeq2014/0129-26897-164228.pdf>>. Acesso em 06/12/2018

BRANCO, Samuel Murgel. **Poluição: a morte de nossos rios.** 2ª ed. São Paulo: ASCETESB, 1983.

CADASTRO INDUSTRIAL DE MINAS GERAIS. Disponível em: <<https://www.cadastroindustrialmg.com.br:449/industria/resultadobusca?K=NOVA+SERRANA>>. Acesso em 17/11/2018.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO (CBHSF). **Shapefiles CBHSF.** Disponível em: <<https://sosgisbr.com/2011/07/11/shapes-disponibilizados-pelo-comite-da-bh-do-rio-sao-francisco/>>. Acesso em: 07/08/2018.

_____. **CBH Rio Pará.** Disponível em: <<http://cbhsaofrancisco.org.br/2017/comites-de-afluentes/cbh-do-rio-para-minas-gerais/>>. Acesso em: 07/08/2018.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ (CBHRP). **Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.** Etapa 3 – Avaliação e Análise Ambiental. Belo Horizonte: 2016.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS S.A (CEMIG). Página da web. **Bacia do Rio São Francisco.** Disponível em: <http://www.cemig.com.br/pt-br/A_Cemig_e_o_Futuro/sustentabilidade/nossos_programas/ambientais/peixe_vivo/Paginas/rio_sao_francisco.aspx>. Acesso em 17/11/2018.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade (Apêndice D).** Águas Interiores. 2014. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/Ap%C3%AAndice-D-Significado-Ambiental-e-Sanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-29-04-2014.pdf>>. Acesso em 17/11/2018.

CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS (CERH). Deliberação Normativa

Conjunta CERH - MG nº 01/2008.

CHORLEY, Richard. **Water, Earth and Man**. A sinthesis of Hidrology, Geomorphology and Socio-Economic Geography. London: Lane, 1969.

CRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Blucher, 1981

CRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia**. São Paulo: Blucher, 1974

_____. _____. 2ª edição. São Paulo: Blucher, 1980.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E DO PARNAÍBA (CODEVASF). Página da web. **Preservação do Rio Pará**. Disponível em:<<http://www.codevasf.gov.br/noticias/2007/preservacao-do-rio-para/>>. Acesso em 17/11/2018.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 357/ 2005.

CONSELHO NACIONAL DOS RECURSOS HÍDRICOS (CNRH). Resolução nº 32, de 15 de outubro de 2003 (Publicado no DOU em 17/12/2003). 2003

FEAM, Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Plano para Incremento do Percentual de Tratamento de Esgotos Sanitários na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (PITE - BHRPA)**. Belo Horizonte: 2013.

FERRARI, Lucila Ramos. **O papel da indústria têxtil na gestão dos recursos hídricos através da implementação de medidas de prevenção à poluição**. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. 2016. Disponível em:<https://cetesb.sp.gov.br/escolasuperior/wp-content/uploads/sites/30/2016/06/Lucila_Ramos_Ferrari.pdf>. Acesso em 07/12/2018.

FLORENZANO, Teresa Galotti. **Geomorfologia: Conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual prático de análise de água**. Fundação Nacional de Saúde. 4ed. Brasília: Funasa, 2013.

GUERRA, Antônio Teixeira; GUERRA, Antônio José Teixeira. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 11ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). a. Página da web. **IBGE Cidades: Nova Serrana**. 2018 . Disponível em:<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/nova-serrana/panorama>>. Acesso em: 09/11/2018.

_____. b. Página da web. **IBGE Cidades: São Gonçalo do Pará**. Disponível em:<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/sao-goncalo-do-para/panorama>>. Acesso em: 09/11/2018.

_____. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2ª edição. Manuais Técnicos em Geociências número 1. Rio de Janeiro: 2012.

_____. **Manual Técnico de Pedologia**. 2ª edição. Manuais Técnicos em Geociências número 4. Rio de Janeiro: 2007.

_____. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3ª edição. Manuais Técnicos em Geociências número 7. Rio de Janeiro: 2013.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (IGAM). **Qualidade das águas superficiais de Minas Gerais em 2014**: resumo executivo. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, 2015.

_____. Página da Web. Bacia Hidrográfica do Rio Pará (SF2). Disponível em: <<http://comites.igam.mg.gov.br/conheca-a-bacia-sf2>> Acesso em: 19/02/2018.

IGAM; SEMAD. **Identificação de municípios com condição crítica para a qualidade de água na bacia do rio Pará**. Relatório 2013. IGAM e SEMAD. Belo Horizonte, 2013.

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS USP. Página da web. **Conservação para o Ensino Médio**. 2018. Disponível em: <http://ecologia.ib.usp.br/lepac/conservacao/ensino/des_eutro.htm> Acesso em: 28/11/2018.

JENSEN, John. **Sensoriamento remoto do ambiente: Uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução da segunda edição. University of South Carolina. São José dos Campos: Parêntese, 2009.

KAWAKUBO, Fernando Shinji. MORATO, Rúbia Gomes. MACHADO, Reinaldo Raul Pérez. **Sistema de Informação Geográfica. Capítulo 11**. In: BITTAR, L.A.B. Geografia. Práticas de campo, laboratório e sala de aula. São Paulo: Editora Sarandi, 2011.

KLEEREKOPER, Herman. **Introdução ao Estudo da Limnologia I**. Série Didática nº 4. Serviço de Informação Agrícola - Ministério da Agricultura. Rio de Janeiro Brasil, 1944.

LANG, Stefan. BLASCHKE, Thomas. **Análise da paisagem com SIG**. Tradução Hermann Kux. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

LINDGREN, David T. **Land use planning and remote sensing**. Hanover: Martinus Nijhoff Publishers, 1985.

LIVEMINT. Página da web. **E. coli: Why so famous?** The Escherichia coli, or E. coli, is undoubtedly the most studied bacterium on our planet today and our planet is a better place for humans, as a result. Disponível em: <<https://www.livemint.com/Sundayapp/YdjZePiAoMu17o2AtipqgL/E-coli-Why-so-famous.html>> Acesso em: 19/11/2018.

LUCHIARI, Ailton; KAWAKUBO, Fernando Shinji; MORATO, Rúbia Gomes. **Técnicas de Sensoriamento Remoto (Capítulo 9)**. In: BITTAR, L.A.B. Geografia. Práticas de campo, laboratório e sala de aula. São Paulo: Editora Sarandi, 2011.

MARCHETTI, Delmar Antônio Bandiera; GARCIA, Gilberto J. **Princípios de fotogrametria e fotointerpretação**. São Paulo: Nobel, 1977.

MORAES, Maria Eugênia Bruck de; LORANDI, Reinaldo (organizadores). **Métodos e técnicas de pesquisa em bacias hidrográficas**. Ilhéus, Bahia: Editus, 2016.

NOVA SERRANA. **Dados demográficos.** Disponível em: <https://www.novaserrana.mg.gov.br/portal/servicos/57/A-Cidade/Dados-Demogr%C3%A1ficos>>. Acesso em: 05/11/2018

_____. **História de Nova Serrana.** Disponível em: <https://www.novaserrana.mg.gov.br/portal/servicos/67/A-Cidade/Hist%C3%B3ria-de-Nova-Serrana>>. Acesso em: 05/11/2018

PRESS, Frank [et al]. **Para entender a Terra.** Tradução Rualdo Menegat [et al]. 4ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

REBOUÇAS, Aldo da Cunha; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galizia. **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação.** São Paulo: Escrituras Editora, 1999.

_____. _____. 2ª edição. São Paulo: Editora Escrituras, 2002.

REIS, José Antonio Tosta dos Reis; MENDONÇA, Antônio Sérgio Ferreira. Análise técnica dos novos padrões brasileiros para amônia em efluentes e corpos d'água. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental v.14.n.3. Jul/Set 2009. <http://www.abes-dn.org.br/publicacoes/engenharia/resaonline/v14n03/RESAv14n3_p353-62.pdf> Acesso em 05/12/2018.

RODRIGUES, Cleide; ADAMI, Samuel Fernando. **Técnicas de Hidrografia (Capítulo 3).** In: BITTAR, L.A.B. Geografia. Práticas de campo, laboratório e sala de aula. São Paulo: Editora Sarandi, 2011.

SANTOS, Natália Martelo. **Remoção de nitrogênio amoniacal e fósforo de efluente de abatedouro de bovinos, utilizando carvão ativado.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Trabalho de Conclusão de Curso. Campo Mourão: 2016. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5073/1/CM_COEAM_2016_1_14.pdf>. Acesso em: 05/11/2018

SÃO GONÇALO DO PARÁ. **Perfil da cidade.** Disponível em: <<https://www.saogoncalodopara.mg.gov.br/conteudo/perfil-da-cidade-540>>. Acesso em: 05/11/2018

_____. **História de São Gonçalo do Pará.** Disponível em: <https://www.saogoncalodopara.mg.gov.br/conteudo/historia>>. Acesso em: 05/11/2018

SUGUIO, Kenitiro. **Água.** Ribeirão Preto: Holos Editora, 2006.

SUZIGAN, Wilson; FURTADO, João; GARCIA, Renata; SAMPAIO, Sérgio E. K. **A indústria de calçados de Nova Serrana (MG).** Nova Economia, vol.15. Belo Horizonte: 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-63512005000300004>. Acesso em: 07/11/2018.

TOLEDO, Luís Gonzaga de; NICOLELLA, Gilberto. **Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano.** *Scientia Agricola*, v.59, n.1, p.181-186, jan./mar. 2002.

TUCCI, Carlos E. M. Capítulo 12. Água no meio urbano. In: **Águas Doces no Brasil:**

capital ecológico, uso e conservação. São Paulo: Escrituras Editora, 2002.

TUNDISI, José Galizia. **Água no Século XXI: Enfrentando a escassez.** São Carlos: RiMa, IIE, 2003

VENTURI, Luis Antonio Bittar. **Recurso Natural: a construção de um conceito.** Revista Geosp, n20, 2007

_____. **Água no Oriente Médio: o fluxo da paz.** 1ª ed. São Paulo: Editora Sarandi, 2015.

_____. (org). **Geografia: práticas de campo, laboratório e sala de aula.** São Paulo: Editora Sarandi, 2011.

VON SPERLING. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 1996.