

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAROLINA MARQUES MARTINS

**ANÁLISE QUANTITATIVA DA CONTRIBUIÇÃO ANTRÓPICA DE DRENAGEM
FLUVIAL NA LAGOA DA CONCEIÇÃO - SC**

Florianópolis
2016

CAROLINA MARQUES MARTINS

**ANÁLISE QUANTITATIVA DA CONTRIBUIÇÃO ANTRÓPICA DE DRENAGEM
FLUVIAL NA LAGOA DA CONCEIÇÃO – SC**

Monografia apresentada ao curso de Bacharelado em Oceanografia da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. Davide Franco.

Coorientadora: Prof. Dr.^a Alessandra Larissa D Oliveira Fonseca.

Florianópolis
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Martins, Carolina Marques

Análise quantitativa da contribuição antrópica de drenagem fluvial na Lagoa da Conceição - SC / Carolina Marques Martins ; orientador, Davide Franco ; coorientadora, Alessandra Larissa D Oliveira Fonseca. - Florianópolis, SC, 2016.

91 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Graduação em Oceanografia.

Inclui referências

1. Oceanografia. 2. Cargas de nutrientes. 3. Drenagem fluvial. I. Franco, Davide. II. Fonseca, Alessandra Larissa D Oliveira. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Oceanografia. IV. Título.

Carolina Marques Martins

**ANÁLISE QUANTITATIVA DA CONTRIBUIÇÃO ANTRÓPICA DE DRENAGEM
FLUVIAL NA LAGOA DA CONCEIÇÃO – SC**

Monografia apresentada ao curso de Bacharelado em Oceanografia da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

Florianópolis, 05 de julho de 2016.

Prof. Carla Van Der Haagen Custodio Bonetti, Dr.^a
Coordenadora do Curso

Prof.^a Davide Franco, Dr.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Alessandra Larissa D Oliveira Fonseca, Dr.^a
Coorientadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Banca Examinadora:

Prof.^a Davide Franco, Dr.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Erico Porto Filho, Ms.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Luis Hamilton Pospissil Garbosa, Dr.
Epagri

Este trabalho é dedicado à minha mãe.

AGRADECIMENTOS

Na minha humilde opinião esta é uma das partes mais difíceis do trabalho. Dá um medo de deixar pra trás alguém importante.... Caso seu nome não esteja aqui, me perdoe, sou muito grata a você! De todo meu coração! Mas, professor Davide, seu nome não poderia faltar! Muitíssimo obrigada! Nesses dois anos de laboratório e trabalho com o senhor cresci e aprendi muito. Definitivamente o senhor fala depressa demais, coisas demais para um cérebro comum como o meu acompanhar, mas ainda assim, pelas beiradas aproveitei o que estava pronta para aproveitar em cada um dos esquemas das suas maravilhosas folhinhas. Novamente, muito obrigada. Foi um prazer! “Oki doki”.

Victor, meu grande parceiro, que lindo, conseguimos! Obrigada! Seu sorriso fácil (me irritou muito) facilitou bastante o trabalho e a convivência. Só você conhece todos os pormenores envolvidos nesses dois anos de trabalho, e isto é muito importante pra mim, muito! Você foi essencial para o meu aprendizado mental, intelectual e pessoal. Muito obrigada. Foi um prazer!

Professora Alessandra, obrigada por sempre aparecer sorrindo no laboratório e nos dizer com todo carinho possível “não ficou bom, vai ter que fazer de novo”. Obrigada por estar sempre acessível e disponível a me auxiliar. Obrigada também pelos convites a confraternizações... seu jeito mãezona me fez muito bem na falta da minha maravilhosa mãe. Foi um prazer!

Clube do brócolis / turma do calabouço, mais especificamente Bárbara, Gandra e Geórgia, suas lindas, TA FICANDO AZUL! Foi excelente trabalhar com vocês, e sem vocês, o que está aqui não estaria. Muuuuuito obrigada. Foi um prazer!

Mãe, oi. Eu consegui mãe. Tá acabando. E agora? kkkk Muito obrigada, mãe. A senhora é a razão do meu viver, do meu dedicar, sou o que sou por você.... Este trabalho dedico à senhora como mostra do que a sua perseverança, a sua crença é capaz: você acreditou, incentivou, chorou, sofreu tudo isso comigo, e está aqui: conseguimos. Parabéns, dona Dulce! É fruto do que projetamos, do que sonhamos... Obrigada mãe, te amo.

Ícaro, meu anjo, obrigada, cara! Te amo.

Tio Hércules, agradeço ao senhor também. Meu tio, meu amigo, meu ombro, meu coração! Agradeço pela oportunidade de aprender a estudar, agradeço pelas lágrimas que me arrancou: “Aprender dói”. Hoje, continua doendo, não se iluda! Mas taí, mais uma etapa! Agradeço por compartilhar da sua vida, da sua família e da sua mesa, sempre terá tudo isso comigo também! Te amo.

Ian, tá feliz, tá? Te incomodei nesse último mês, né? kkkk Obrigada, love! Seu suporte, compreensão e paciência foram imprescindíveis – principalmente – nesses últimos tempos. Mas pronto, bora pra próxima etapa!!! Te amo.

Iza, obrigada por ter feito amizade com a louca que correu do trote. Obrigada por ter abrigado a goiana sem internet traumatizada com a chuva de Flonópx. Obrigada por ter me deixado ir, e mais ainda por ter me deixado voltar!!! Obrigada pelas pizzas, pelas séries, pelas baladas, pelos choros e, no singular, pela briga! Te amo.

Marci, obrigada por confiar a mim muitas das suas dúvidas. Obrigada por perguntar “como anda tal coisa” sempre no dia que a coisa estava complexa. Obrigada por me ouvir, por me aconselhar. És uma das minhas pessoas preferidas no mundo. Ah, claro, mais recentemente, muuuuuuuuito obrigada pela força nesse trabalho!

Bruna, linda! Meiga, dengosa! Até parece ser a única menina – mesmo – das minhas amigas. Te amo! Obrigada por rir comigo, por ficar vermelha falando “coisa que não deve”, obrigada pelos brigadeiros, pelas tantas refeições no ru, obrigada pela amizade!

E aos demais, que foram protagonistas e coadjuvantes nas tantas histórias que levo dessa faculdade: Kaio (com K), Gabriel (divo), Augusto (do morro), Jaque (é a Jaque, gente, mas não menos especial) e Lucas (Cachaça), obrigada gente! Se tudo tivesse dado errado, ainda valeria a pena por saber que conheci vocês! Amo vocês!

E, por fim, mas de maneira nenhuma menos importante, OBRIGADA, EU! Meus parabéns! Linda! <3

Tudo surgiu da água
Tudo é mantido pela água
(Goethe)

RESUMO

O desenvolvimento da urbanização da bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição teve início na década de 1950 (HAUFF, 1996) e desde então os impactos antrópicos nesta região lagunar têm aumentado, alterando significativamente a qualidade das águas deste sistema. O incremento populacional implica uma ampliação nos lançamentos de cargas de nutrientes, de sedimentos e uma eventual alteração dos ciclos biogeoquímicos do sistema. Este estudo teve como objetivo quantificar as cargas diárias e específicas de nutrientes drenadas para o corpo aquoso da Lagoa da Conceição. Para tal, foram selecionados cinco afluentes que influenciam o corpo de água em questão e foram realizadas campanhas de monitoramento, durante o período de um ano (março de 2015 a março de 2016), a cada – aproximadamente – 21 dias. Foram realizadas coletas de amostra de água para análise e medições de vazão dos cursos d'água. Para análise das amostras de água utilizou-se a metodologia colorimétrica proposta em Lana *et al.* (2006) e dados de vazão foram calculados a partir dos níveis e velocidades dos cursos d'água. Os tributários selecionados foram o rio João Gualberto e os rios que drenam as sub-bacias do Canto, Centro, Costa e Porto. Os resultados indicaram que em períodos de maior vazão as cargas de fosfato, silicato e nitrato são acrescidas devido ao processo de lavagem da bacia hidrográfica. Identificou-se também que os rios do Centro e João Gualberto são os principais contribuintes em compostos nitrogenados, lançando cerca de nove toneladas de nitrogênio inorgânico dissolvido por ano à Lagoa da Conceição. Além disto, estimou-se que, em média, os cinco afluentes estejam drenando cerca de 0,08 toneladas de fósforo inorgânico por ano, e que, a sub-bacia do Canto esteja contribuindo com, aproximadamente, 14 toneladas de silicato ao ano ao corpo aquoso da laguna.

Palavras-chave: Sub-bacias da Lagoa da Conceição. Cargas de nutrientes. Drenagem fluvial.

ABSTRACT

The development of urbanization of the Lagoa da Conceição drainage basin started in the 1950s (HAUFF, 1996) and since then the anthropic impacts in this lagoon area have been increasing, significantly altering the water quality in this system. The population increase results in an broader release of nutrients and sediment loads, and an eventual alteration in the system's biochemical cycles. This study aims to quantify the daily and specific loads of nutrients drained to the body of water of the Lagoa da Conceição. For this goal, five tributaries that influence the body of water in question were chosen and monitoring campaigns were made during the period of a year (March of 2015 through March of 2016), every – approximately – 21 days. Samples were collected for analysis and water flow rate was measured. To analyze the samples the calorimetric method proposed in Lana et al. (2006) was used and flow data were calculated from the levels and speed of the watercourse. The chosen tributaries were the João Gilberto river and the rivers that drain into the sub-basins of Canto, Centro, Costa e Porto. The results indicate that the in the periods of higher flow the loads of phosphate, silicate and nitrate increase due to the process of washing of the basin. It was also identified that the rivers in Centro and João Gualberto are the main contributors of nitrogenous compounds, releasing about nine tons of dissolved inorganic nitrogen a year into Lagoa da Conceição. Furthermore, it was estimated that, in average, the five tributaries are draining about 0,08 tons of inorganic phosphate a year, and the sub-basin of Canto is contributing with, approximately, 14 tons of silicate a year to the lagoon's body of water.

Keywords: Sub-basins of Lagoa da Conceição. Nutrient loads. River drainage.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação simplificada do ciclo hidrológico.	20
Figura 2 - Divisão da bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição em unidades de resposta hidrológica.	23
Figura 3 - Localização da área de estudo.	32
Figura 4 - Localização dos pontos de monitoramento de dados ambientais.	35
Figura 5 - Fluxograma da metodologia aplicada.	41
Figura 6 - Distribuição da concentração de oxigênio dissolvido (mg/L) dos cinco rios ao longo do monitoramento.	44
Figura 7 - Box Plot das concentrações de oxigênio dissolvido (mg/L) dos cinco rios.	44
Figura 8 - Distribuição dos valores de pH dos cinco rios ao longo do monitoramento.	45
Figura 9 - Box Plot dos valores de pH dos cinco rios.	46
Figura 10 - Distribuição dos valores de temperatura dos cinco rios ao longo do monitoramento.	47
Figura 11 - Box Plot dos valores de temperatura (°C) dos cinco rios.	47
Figura 12 - Distribuição dos valores das vazões dos cinco rios ao longo do monitoramento.	48
Figura 13 - Box Plot dos valores das vazões dos cinco rios.	49
Figura 14 - Distribuição das concentrações de amônio (mg/L) dos cinco rios ao longo do monitoramento.	50
Figura 15 - Box Plot concentrações de amônio (mg/L) dos cinco rios ao longo do monitoramento.	50
Figura 16 - Distribuição das concentrações de nitrato (mg/L) dos cinco rios ao longo do monitoramento.	51
Figura 17 - Box Plot concentrações de nitrato (mg/L) dos cinco rios ao longo do monitoramento.	52
Figura 18 - Distribuição das concentrações de nitrogênio inorgânico dissolvido (mg/L) dos cinco rios ao longo do monitoramento.	53
Figura 19 - Box Plot concentrações de nitrogênio inorgânico dissolvido (mg/L) dos cinco rios ao longo do monitoramento.	53
Figura 20 - Distribuição das concentrações de fósforo inorgânico dissolvido (mg/L) dos cinco rios ao longo do monitoramento.	54
Figura 21 - Box Plot concentrações de fósforo inorgânico dissolvido (mg/L) dos cinco rios ao longo do monitoramento.	55
Figura 22 - Distribuição das concentrações de silicato (mg/L) dos cinco rios ao longo do monitoramento.	56
Figura 23 - Box Plot concentrações de silicato (mg/L) dos cinco rios ao longo do monitoramento.	56
Figura 24 - Distribuição das concentrações de clorofila-a (µg/L) dos cinco rios ao longo do monitoramento.	57
Figura 25 - Box Plot concentrações de clorifila-a (µg/L) dos cinco rios.	58
Figura 26 - Distribuição das cargas diárias de amônio (Kg/dia) dos cinco rios ao longo do monitoramento.	59
Figura 27 - Box Plot das cargas diárias de amônio (Kg/dia) dos cinco rios.	59
Figura 28 - Distribuição das cargas diárias de nitrato (Kg/dia) dos cinco rios ao longo do monitoramento.	60
Figura 29 - Box Plot das cargas diárias de nitrato (Kg/dia) dos cinco rios.	61
Figura 30 - Distribuição das cargas diárias de nitrogênio inorgânico dissolvido (Kg/dia) dos cinco rios ao longo do monitoramento.	62

Figura 31 - Box Plot das cargas diárias de nitrogênio inorgânico dissolvido (Kg/dia) dos cinco rios.	62
Figura 32 - Distribuição das cargas diárias de fósforo inorgânico dissolvido (Kg/dia) dos cinco rios ao longo do monitoramento.	63
Figura 33 - Box Plot das cargas diárias de fósforo inorgânico dissolvido (Kg/dia) dos cinco rios.	64
Figura 34 - Distribuição das cargas diárias de silicato (Kg/dia) dos cinco rios ao longo do monitoramento.	65
Figura 35 - Box Plot das cargas diárias de silicato (Kg/dia) dos cinco rios.	65
Figura 36 - Distribuição das cargas específicas de amônio (Kg/dia.km ²) dos cinco rios ao longo do monitoramento.	66
Figura 37 - Box Plot das cargas específicas de amônio (Kg/dia.km ²) dos cinco rios.	67
Figura 38 - Distribuição das cargas específicas de nitrato (Kg/dia.km ²) dos cinco rios ao longo do monitoramento.	68
Figura 39 - Box Plot das cargas específicas de nitrato (Kg/dia.km ²) dos cinco rios.	68
Figura 40 - Distribuição das cargas específicas de nitrogênio inorgânico dissolvido (Kg/dia.km ²) dos cinco rios ao longo do monitoramento.	69
Figura 41 - Box Plot das cargas específicas de nitrogênio inorgânico dissolvido (Kg/dia.km ²) dos cinco rios.	70
Figura 42 - Distribuição das cargas específicas de fósforo inorgânico dissolvido (Kg/dia.km ²) dos cinco rios ao longo do monitoramento.	71
Figura 43 - Box Plot das cargas específicas de fósforo inorgânico dissolvido (Kg/dia.km ²) dos cinco rios.	71
Figura 44 - Distribuição das cargas específicas de silicato (Kg/dia.km ²) dos cinco rios ao longo do monitoramento.	72
Figura 45 - Box Plot das cargas específicas de silicato (Kg/dia.km ²) dos cinco rios.	73
Figura 46 - Identificação das maiores e menores vazões dos rios monitorados.	75
Figura 47 - Identificação dos grupos de contribuição de compostos nitrogenados.	76
Figura 48 - Identificação dos grupos de contribuição de fósforo inorgânico dissolvido.	78
Figura 49 - Identificação dos grupos de contribuição de silicato.	78
Figura 50 - Identificação do rio João Gualberto como principal contribuinte em cargas diárias de compostos nitrogenados.	81
Figura 51 - Identificação dos rios do Centro e João Gualberto como principais contribuintes em cargas específicas de compostos nitrogenados.	82
Figura 52 - Identificação da equivalência em lançamentos de cargas diárias de fosfato.	82
Figura 53 - Identificação do rio João Gualberto como contribuinte secundário em carga específica de fósforo inorgânico dissolvido.	83
Figura 54 - Identificação do rio do Porto como contribuinte secundário em carga diária de silicato.	84
Figura 55 - Identificação dos rios do Porto e João Gualberto como contribuintes secundários em cargas específicas de silicato.	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados utilizados na setorização das sub-bacias da Lagoa da Conceição.....	23
Tabela 2 - Vazão (m ³ /s), concentrações (µg/L) e cargas de NT, PT e SST (ton./dia) na alta bacia do rio Taquari (rios Taquari, Coxim e Jauru) no período de dezembro/95 a maio/97....	30
Tabela 3 - Vazão (L/s), carga orgânica (g/s), carga de nitrogênio (g/s) e carga de fósforo (g/s).	30
Tabela 4 - Carga relativa de fósforo e nitrogênio inorgânico de acordo com fonte de geração.	31
Tabela 5 - Uso e ocupação das sub-bacias monitoradas.....	33
Tabela 6 - Tipo de solo das sub-bacias monitoradas.....	34
Tabela 7 - Localização e características dos pontos de monitoramento de dados ambientais.	34
Tabela 8 - Dimensões do vertedor.....	37
Tabela 9 - População de Florianópolis.	39
Tabela 10 - População (hab) dos censos de 1991, 2000 e 2010 e projeções populacionais (hab) para 2005, 2015 e 2020.	40
Tabela 11 - Parâmetros levantados nas campanhas de monitoramento (Q=vazão, C=concentração, T=temperatura, OD=oxigênio dissolvido).....	42
Tabela 12 - Concentrações mínimas, máximas e médias geométricas do oxigênio dissolvido (mg/L) para os cinco rios monitorados.....	43
Tabela 13 - Mínimos, máximos e médias geométricas dos valores de pH para os cinco rios monitorados.	45
Tabela 14 - Mínimos, máximos e médias geométricas dos valores de temperatura (°C) para os cinco rios monitorados.	46
Tabela 15 - Mínimos, máximos e médias geométricas das vazões (L/s) para os cinco rios monitorados.	48
Tabela 16 - Concentrações mínimas, máximas e médias geométricas de amônio (N-NH em mg/L) para os cinco rios monitorados.	49
Tabela 17 - Concentrações mínimas, máximas e médias geométricas de nitrato (N-NO em mg/L) para os cinco rios monitorados.	51
Tabela 18 - Concentrações mínimas, máximas e médias geométricas de NID (mg/L) para os cinco rios monitorados.	52
Tabela 19 - Concentrações mínimas, máximas e médias geométricas de PID (mg/L) para os cinco rios monitorados.	54
Tabela 20 - Concentrações mínimas, máximas e médias geométricas de silicato (mg/L) para os cinco rios monitorados.....	55
Tabela 21 - Concentrações mínimas, máximas e médias geométricas de clorofila-a (µg/L) para os cinco rios monitorados.	57
Tabela 22 - Cargas mínimas, máximas e médias geométricas de amônio (Kg/dia) para os cinco rios monitorados.	58
Tabela 23 - Cargas mínimas, máximas e médias geométricas de nitrato (Kg/dia) para os cinco rios monitorados.	60
Tabela 24 - Cargas mínimas, máximas e médias geométricas de NID (Kg/dia) para os cinco rios monitorados.	61
Tabela 25 - Cargas mínimas, máximas e médias geométricas de PID (Kg/dia) para os cinco rios monitorados.	63
Tabela 26 - Cargas mínimas, máximas e médias geométricas de silicato (Kg/dia) para os cinco rios monitorados.	64

Tabela 27 - Cargas específicas mínimas, máximas e médias geométricas de amônio (Kg/dia.km ²) para os cinco rios monitorados.	66
Tabela 28. Cargas específicas mínimas, máximas e médias geométricas de nitrato (Kg/dia.km ²) para os cinco rios monitorados.	67
Tabela 29 - Cargas específicas mínimas, máximas e médias geométricas de NID (Kg/dia.km ²) para os cinco rios monitorados.	69
Tabela 30 - Cargas específicas mínimas, máximas e médias geométricas de PID (Kg/dia.km ²) para os cinco rios monitorados.	70
Tabela 31 - Cargas específicas mínimas, máximas e médias geométricas de silicato (Kg/dia.km ²) para os cinco rios monitorados.	72
Tabela 32 - Limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para corpos de água doce, Classe 2.	74
Tabela 33 - Relação entre Nitrogênio e Fósforo para os rios monitorados.	79
Tabela 34 - Matriz de correlação não paramétrica de Spearman Rnak Order para as variáveis monitoradas (em negrito estão as correlações significantes para $p < 0,05$).	79
Tabela 35 - Matriz de correlação não paramétrica de Kendall Tau para as variáveis monitoradas. Em negrito estão as correlações significantes para $p < 0,05$	80
Tabela 36 - Matriz de correlação não paramétrica de Spearman Rnak Order para as cargas diárias das variáveis (em negrito estão as correlações significantes para $p < 0,05$).	85
Tabela 37 - Matriz de correlação não paramétrica de Kendall Tau para as variáveis monitoradas (em negrito estão as correlações significantes para $p < 0,05$).	85

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

C – Concentração
CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
Cfa – Clima Subtropical Úmido
Clo-*a* – Clorofila *a*
CN – Carga de nitrogênio
CN II – *Curve Number*
CO – Carga orgânica
COMCAP – Companhia Melhoramentos da Capital
COMDEMA – Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
CP – Carga de fósforo
E. coli – *Escherichia coli*
ENS – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental
FATMA – Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina
Hab – Habitantes
HCl – Ácido clorídrico
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
João G. – João Gualberto
LaHiMar – Laboratório de Hidráulica Marítima
MPF – Ministério Público Federal
N - Nitrogênio
NH (N-NH) – Amônio
NID – Nitrogênio Inorgânico Dissolvido
NIP – Nitrogênio Inorgânico Particulado
NO (N-NO) – Nitrato
NOD – Nitrogênio Orgânico Dissolvido
NOP - Nitrogênio Orgânico Particulado
NT – Nitrogênio Total
ONU – Organização das Nações Unidas
P - Fósforo
PET – Poli Tereftalado de Etileno
pH – Potencial hidrogeniônico
Pi – Precipitação Inicial
PID – Fósforo Inorgânico Dissolvido
PT – Fósforo total
Q – Vazão
SiO – Silicato
SSP – Sólidos suspensos totais
T - Temperatura
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina
UH / URH – Unidades Hidrológicas / Unidades de resposta hidrológica

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 OBJETIVOS	19
1.1.1 Objetivo geral	19
1.1.2 Objetivos específicos	19
2 REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1 CICLO HIDROLÓGICO E BACIA HIDROGRÁFICA.....	20
2.2 UNIDADES HIDROLÓGICAS (UH).....	21
2.3 CARACTERÍSTICAS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS	24
2.4 VAZÃO	24
2.5 POPULAÇÃO E DENSIDADE DEMOGRÁFICA.....	25
2.6 NUTRIENTES E CLOROFILA a	26
2.6.1 Nitrogênio.....	26
2.6.2 Fósforo.....	27
2.6.3 Silica.....	27
2.6.4 Clorofila a.....	27
2.7 QUALIDADE DOS CORPOS D'ÁGUA.....	27
2.8 MONITORAMENTO DE ÁGUAS CONTINENTAIS	29
3 MATERIAIS E MÉTODOS	32
3.1 ÁREA DE ESTUDO	32
3.2 ESTRATÉGIA DE AMOSTRAGEM	33
3.3 MONITORAMENTO DOS PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS.....	35
3.3.1 Parâmetros físico-químicos	36
3.3.2 Amostragem de água.....	36
3.3.3 Aferição de nível e estimativa de vazão	36
3.4 ANÁLISE QUÍMICA DAS AMOSTRAS	37
3.4.1 Clorofila a.....	38
3.4.2 Nutrientes inorgânicos dissolvidos.....	38
3.5 PROJEÇÃO POPULACIONAL.....	38
3.6 ESTIMATIVA DE CARGAS	40
3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS	41
3.8 FLUXOGRAMA DE TRABALHO	41
4 RESULTADOS	42
4.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	43
4.2 VAZÃO	48
4.3 CONCENTRAÇÕES DOS NUTRIENTES	49
4.4 CARGAS DIÁRIAS DE NUTRIENTES	58
4.5 CARGAS ESPECÍFICAS DOS NUTRIENTES	66
5 DISCUSSÃO	74
6 CONCLUSÃO.....	86
REFERÊNCIAS	87

1 INTRODUÇÃO

A Lagoa da Conceição vem sendo alvo de diversas pesquisas ao longo do tempo, sendo o Laboratório de Hidráulica Marítima (LaHiMar), do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (ENS) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), um dos colaboradores para este cenário. Estudos sobre a hidrodinâmica da Lagoa da Conceição foram realizados por Koefender (2005), Lino (2005) e Rocha (2007). Em 2007 deu-se início a estudos relativos à bacia hidrográfica, onde Godoy (2007) identificou os diferentes tipos de solo e cobertura. Odreski (2007) avaliou as alterações da cobertura do solo entre 1998 e 2004, e Bauer (2007) apresentou as características geomorfológicas da bacia e segmentação das sub-bacias.

Godoy (2009) foi o primeiro a considerar a componente hidrológica juntamente com a oceanográfica em estudos da hidrodinâmica da laguna. A partir disso, Silva (2010) avaliou a influência do rio João Gualberto na hidrodinâmica da Lagoa da Conceição e Odreski (2012) estudou a influência dos aportes fluviais das sub-bacias consideradas perenes na sua hidrodinâmica.

A partir destes estudos identificou-se então que a componente hidrológica afeta, diretamente, os processos de circulação hidrodinâmica da Lagoa da Conceição: o rio João Gualberto atua como maior contribuinte de água doce ao corpo lagunar e é quem indica o fluxo principal da hidrologia na laguna e, na parte sul da Lagoa, a principal fonte hidrológica é a descarga a oeste. Altos níveis na laguna estão diretamente relacionados às vazões elevadas, sendo o inverso também verdadeiro. A exportação de água do corpo lagunar ocorre quando o nível do mar está próximo ou abaixo da média, ocorrendo importação de água apenas em períodos de maré elevada. Em média, o deslocamento da água acontece da região sul e da região norte para a região próxima ao canal da Barra da Lagoa. As velocidades residuais variam espacialmente em função da batimetria, apresentando velocidades nulas na região oeste da laguna sul e também extremo sul desta região, assim como na extremidade sul da região centro-sul.

Bier (2013) retomou os estudos sobre as características morfométricas e hidrológicas das sub-bacias da Lagoa da Conceição. Seu trabalho consistiu em identificar as principais características físicas e hidrográficas da bacia da Lagoa da Conceição, realizando a delimitação e segmentação do terreno em sub-bacias (60) e geração da rede de drenagem desta bacia hidrográfica. A partir de uma análise estatística sobre os parâmetros analisados este autor

agrupou as sub-bacias em regiões homogêneas (seis unidades hidrológicas - UH) e por fim agrupou determinadas sub-bacias da bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição resultando na redução do número total (36 sub-bacias).

Silva (2013), a partir da delimitação e da população das sub-bacias, analisou os aspectos qualitativos das contribuições das sub-bacias e suas implicações sobre a balneabilidade na laguna a partir de modelagem hidrodinâmica.

Porém, até este momento os trabalhos desenvolvidos não dispunham de dados experimentais medidos *in situ* em relação à quantidade e qualidade das descargas fluviais das sub-bacias. Arcari (2015) estimou as cargas de *E. coli* lançadas na Lagoa da Conceição e sua influência na balneabilidade no corpo lagunar. Seus resultados foram relacionados com a análise espaço-temporal do monitoramento de balneabilidade executado pela Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina (FATMA) e as características hidrodinâmicas da Lagoa da Conceição.

A urbanização na bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição iniciou em 1950 sucedendo áreas de cultivo e pastagem (HAUFF, 1996). Segundo Makowiecky (2003), o processo de urbanização rendeu à região uma grande importância, o que impulsionou a especulação imobiliária, ocupação desordenada e falta de planejamento. O censo 2010 (IBGE) indicou que a cidade de Florianópolis apresenta uma densidade populacional de 623,68 hab./km² e um estudo realizado pela Prefeitura Municipal de Florianópolis (2011) identificou que os distritos da Lagoa da Conceição e Barra da Lagoa estão entre os cinco com maior densidade populacional. Estes dois distritos em conjunto com distrito do Rio Vermelho, sexto lugar em densidade populacional, compõem a bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição.

O desenvolvimento populacional desordenado associado à falta de planejamento têm alterado drasticamente os ecossistemas aquáticos, principalmente, no que tange ao aporte de nutrientes e contaminantes. Dentre as diferentes formas de impacto, a eutrofização, a toxicidade e a anoxia têm provocado alterações ecológicas, econômicas, sociais e à saúde pública. A recuperação desses ecossistemas implica em grandes investimentos e dependem de ações promovidas nas bacias hidrográficas e nas fontes pontuais de descarga de nutrientes (TUNDISI, 2003).

A Lei nº 9433 de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional dos Recursos Hídricos, incorpora princípios e normas para gestão de recursos hídricos, adotando a definição de bacias hidrográficas como unidade de estudo e gestão. Desta forma, se faz necessário o estudo segmentado das sub-bacias com a finalidade de estimar seus aportes. Neste âmbito, o LaHiMar vem investigando cientificamente os processos físicos, químicos e ecológicos do

ambiente estuarino associado ao ecossistema da Lagoa da Conceição, em termos de bacias hidrográficas integradas.

O presente trabalho foi desenvolvido em conjunto com o de Arcari (2015) e visa complementar as estimativas de cargas afluentes à Lagoa da Conceição. O objetivo deste trabalho é estimar as cargas de nutrientes que convergem para a laguna, em especial, fósforo, nitrogênio, silicato.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo do presente trabalho foi quantificar o aporte das cargas de Nitrogênio, Fósforo e Silicato de cinco sub-bacias que influenciam o corpo aquoso da Lagoa da Conceição.

1.1.2 Objetivos específicos

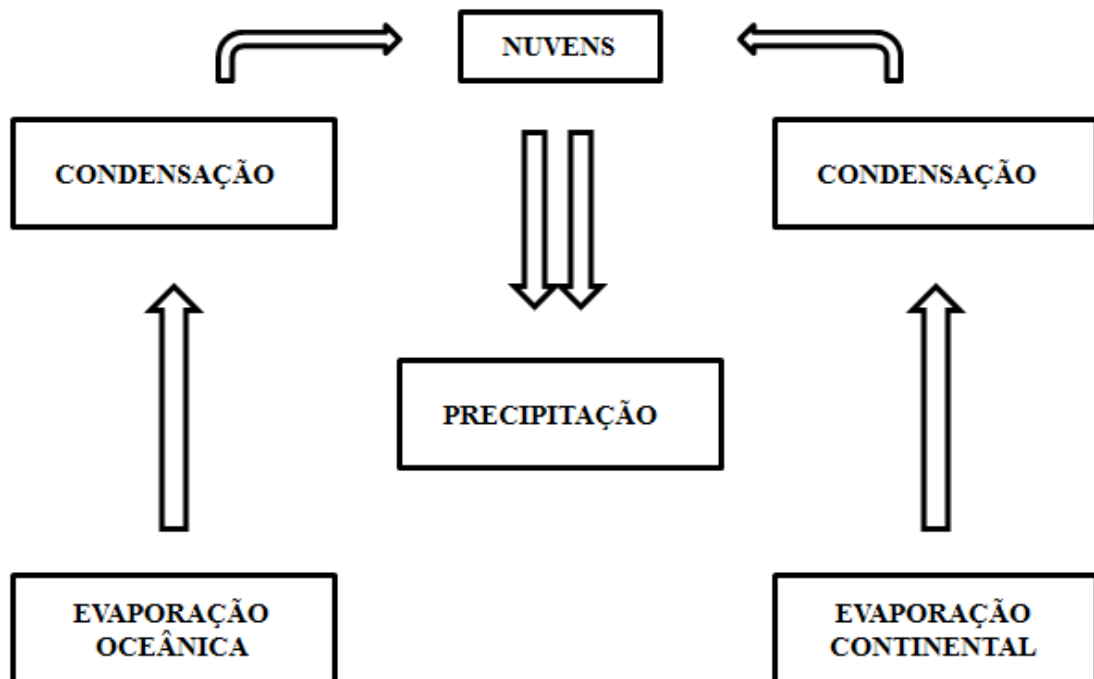
- Quantificar a concentração de nutrientes e clorofila *a* nas águas destes tributários;
- Quantificar as cargas diárias e específicas drenadas para o corpo aquoso da Lagoa da Conceição.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CICLO HIDROLÓGICO E BACIA HIDROGRÁFICA

Entende-se por ciclo hidrológico o processo de circulação permanente da água presente na atmosfera, nos continentes, no subsolo, nos mares e nos oceanos (SANTOS *et al.*, 2001). Ele “se constitui de uma sucessão de vários processos na natureza pelos quais a água inicia o seu caminho indo de um estágio inicial até retornar à posição primitiva” (MIRANDA; *et al.*, 2010).

Figura 1 - Representação simplificada do ciclo hidrológico.



Fonte: A autora.

Segundo Maidment (1992), a precipitação média anual sobre os continentes é de 800 mm e a evapotranspiração é de 480 mm. Sobre os oceanos, os valores são dois terços e um terço superiores, respectivamente. E cerca de 320 mm correspondem ao escoamento. Sendo a área dos oceanos superior à dos continentes, são eles as principais fontes de precipitação sobre a Terra.

O escoamento superficial (*runoff*) pode ser caracterizado como a fase do ciclo hidrológico em que a água proveniente da precipitação se desloca sobre a superfície terrestre na direção de um curso d'água. Sua duração está associada praticamente à duração da precipitação (MIRANDA; *et al.*, 2010). Este processo pode ocorrer por quatro vias principais:

- Escoamento superficial – com início após a interceptação da precipitação por vegetais e demais obstáculos, da saturação do solo e sua posterior acumulação em depressões do terreno;
- Escoamento sub-superficial – ocorre nas camadas superiores do solo;
- Escoamento subterrâneo – proveniente do acúmulo de água em aquíferos;
- Ação direta das precipitações – resultante das águas precipitadas sobre as superfícies líquidas.

Segundo Miranda, *et al.* (2010), a infiltração é uma fase do ciclo hidrológico onde ocorre o processo de penetração da água nas camadas de solo do entorno de uma superfície de terreno. Representa um estágio importante do ciclo da água por ser responsável pelo reabastecimento dos aquíferos além de influenciar diretamente no escoamento superficial. Em ambientes urbanizados o escoamento superficial pode ser amplificado por uma má infiltração da precipitação. Este processo depende da umidade do solo, do tipo do solo, da ocupação da superfície, da topografia e das depressões.

O estudo do ciclo hidrológico, interessado em sua fase terrestre, tem como elemento fundamental de análise a bacia hidrográfica. “A bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório” (TUCCI *et al.*, 2014). Para os autores como Garcez & Alvarez (1988) e Tonello (2005) características topográficas, geológicas, geomorfológicas, pedológicas, bem como, a cobertura superficial da bacia hidrográfica influenciam seu comportamento hidrológico, sendo importante a medição de algumas destas.

Santana (2003) diz que as bacias hidrográficas podem ser desmembradas em um número qualquer de sub-bacias. As sub-bacias são áreas de drenagem dos tributários do curso d’água principal. Faustino (1996) as caracteriza como áreas entre 100 e 700 km² e Martins *et al.* (2005) como áreas entre 20.000 e 30.000 ha (200 a 300 km²). Por fim, as áreas das sub-bacias que possuem características de tipo, uso e ocupação do solo semelhantes podem ser agrupadas em unidades hidrológicas (UH).

2.2 UNIDADES HIDROLÓGICAS (UH)

A partir de geoprocessamento utilizando mapa hipsométrico e topográfico da bacia, Bier (2013) delimitou 60 sub-bacias com seus respectivos pontos de exutória e redes de drenagem. Este mesmo autor, através da análise de agrupamento de parâmetros morfológicos e hidrológicos, setorizou a bacia da Lagoa da Conceição em zonas de mesmas características.

No total, esta bacia hidrográfica foi dividida em seis UHs distintas, englobando sub-bacias de características e comportamentos semelhantes, como identificado na Figura 2. Tais UHs são caracterizadas da seguinte maneira:

- **Norte:** compreende as duas maiores sub-bacias (João Gualberto e Rio Vermelho). Possuem valores medianos para declividade média de talvegue e urbanização, entretanto a área superficial das duas sub-bacias corresponde aproximadamente 35% da área total da bacia hidrográfica, o que faz com que a contribuição hidrológica deste setor tenha grande relevância.
- **Leste:** sub-bacias com alta infiltração, devido ao tipo de solo presente (areias quartzóicas e marinhas) e baixa ocupação urbana. A declividade do talude é praticamente plana neste setor, acarretando uma contribuição hidrológica quase nula para a laguna, sendo que praticamente toda chuva que precipita nesta unidade infiltra no solo, inclusive nas condições de umidade do solo elevada.
- **Canal:** setor com elevada urbanização (média de aproximadamente 15%), o que implica em uma elevada impermeabilização, mesmo que o tipo de solo se caracterize por ser composto por areias marinhas. Considerando que grande parte do escoamento superficial neste setor é descarregada no próprio canal da Barra da Lagoa, que liga a Lagoa da Conceição com o Oceano Atlântico, o volume total escoado é mínimo.
- **Arenosa:** UH que apresenta características de solo bastante permeáveis, com predomínio de dunas, areias marinhas e areias quartzóicas. Entretanto esta UH apresenta urbanização considerável, o que faz com que tenha uma impermeabilização mediana.
- **Centro-sul:** zona que engloba a parte mais urbanizada da bacia hidrográfica, que é o Centro e Canto da Lagoa, possui elevada impermeabilização e nível mediano de declividade média do talvegue. Possui uma contribuição hidrológica relevante, sem contar as descargas que a laguna recebe de contribuição antrópicas.
- **Oeste:** setor com maior número de sub-bacias, as quais caracterizam-se por serem pequenas comparadas com as restantes, bem arborizadas, com baixa urbanização e alta declividade média do talvegue. Mesmo possuindo uma vegetação densa, o que proporciona uma interceptação da chuva, o tipo de solo na totalidade do setor é o argissolo, que proporciona baixa infiltração da água e consequente um elevado escoamento superficial. Sendo assim, este setor é responsável por grande parte da

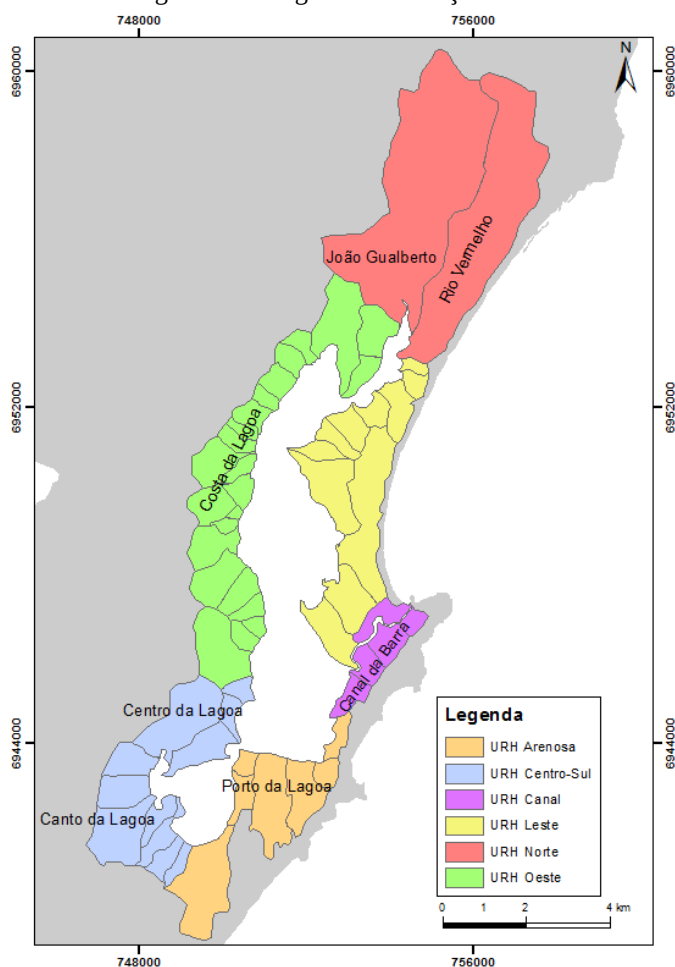
contribuição hidrológica que é descarregada no corpo hídrico da Lagoa da Conceição, distribuída por uma longa faixa.

Tabela 1 - Dados utilizados na setorização das sub-bacias da Lagoa da Conceição.

Setor	Nº de sub-bacias	Área		CN II Médio	Declividade média do talvegue	Urbanização média	Volume escoado para CN II e $P_i=200$ mm	
[Nome]	-	[Km²]	[%]	-	[m/m]	[%]	[mm]	[%]
Norte	2	21,22	34,4	63	0,0215	9,7	2936	36,4
Leste	4	9,99	16,2	35	0,0027	2,9	685	8,5
Canal	3	2,34	3,8	72	0,1375	17,0	402	4,5
Arenosa	6	6,65	10,8	45	0,0287	11,7	788	8,1
Centro-Sul	8	8,57	13,9	69	0,1529	12,5	1396	16,0
Oeste	13	13,00	21,0	77	0,2455	0,6	1867	26,6
	Total	Total	Total	Média	Média	Média	Total	Total
Lagoa da Conceição	36	61,77	100	70	0,180	9,1	8074	100

Fonte: Bier (2013).

Figura 2 - Divisão da bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição em unidades de resposta hidrológica.



Fonte: Adaptado de Bier (2013).

2.3 CARACTERÍSTICAS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

Diversas características físicas das sub-bacias influenciam seu comportamento hidrológico, contribuindo em maior ou menor grau na descarga da bacia. Entre elas, pode-se citar a geologia, a cobertura vegetal, a declividade média do talvegue e o tempo de concentração.

A natureza geológica da sub-bacia confere maior ou menor permeabilidade ao solo em questão. Uma impermeabilidade do terreno dificulta o processo de infiltração, o que será incrementado ao escoamento superficial; uma maior permeabilidade facilitará a infiltração da água no solo, reduzindo o escoamento superficial e os picos de vazão. A composição geológica local também influenciará na erosão e sedimentação do leito do rio (GARCEZ & ALVAREZ, 1988).

A cobertura vegetal é uma forma de uso e ocupação do solo que confere ao local uma permeabilidade do solo, além de proteção natural contra a erosão excessiva de sedimentos. Áreas residenciais podem impermeabilizar de 40 a 70% do solo utilizado, fato este que está amplamente relacionado a inundações (GARCEZ & ALVAREZ, 1988).

A declividade do talvegue está relacionada com a velocidade do escoamento: quanto maior a declividade, maior a velocidade do escoamento. Trata-se da diferença altimétrica entre o ponto mais afastado da bacia e seu exutório, relacionado ao comprimento do canal entre os dois pontos (PORTO, 1999).

O tempo de concentração relativo a uma seção de um curso de água é “o intervalo de tempo contado a partir do início da precipitação para que toda a bacia hidrográfica correspondente passe a contribuir na seção em estudo. Corresponde à duração da trajetória da partícula de água que demora mais tempo para atingir a seção” (PINTO, 1978).

2.4 VAZÃO

Para realização de estudos hidrológicos do sistema definido como bacia hidrográfica existem três categorias de parâmetros que podem ser trabalhados: os parâmetros climáticos, os de escoamento e os de caracterização do meio receptor (TUCCI, 2014), que estão listados a seguir:

- Parâmetros climáticos: precipitação, evapotranspiração e parâmetros secundários ligados a estes (radiações solares, temperaturas, umidade do ar, vento, etc.);

- Parâmetros do escoamento: descargas líquida e sólida e seus parâmetros secundários (nível de água, características da rede de drenagem, área da bacia delimitada pela rede de drenagem, velocidade, qualidade da água e dos sedimentos transportados, reservatórios naturais e artificiais, etc.);
- Parâmetros característicos do meio receptor: geologia, topografia, solos, vegetação, urbanização, entre outros.

A aquisição de dados de cota (nível de água) permite identificar o valor da vazão ao longo do tempo de um curso d'água a partir da relação curva-chave – relação entre o nível da água de um rio e a sua descarga líquida. A maneira mais simples de medir a cota de um rio é a partir da inserção de uma régua vertical na água e observação, com regularidade, do nível. Para a medição da vazão existem cinco categorias: por capacidade, por medição das velocidades do fluxo de água, por diluição de um traçador, por fórmulas hidráulicas e/ou dispositivos hidráulicos correspondentes e por outros métodos, como, óptico, eletromagnético, entre outros (TUCCI, 2014).

2.5 POPULAÇÃO E DENSIDADE DEMOGRÁFICA

O desenvolvimento de áreas urbanizadas tem causado maior impermeabilização do solo o que aumenta o escoamento superficial e o volume de sedimentos, provenientes de solo exposto e construções (VIEIRA & CUNHA, 2001), além de contribuir para a saturação das redes de infraestrutura e serviços urbanos (ACIOLY, 1998). Desta maneira, corpos de água são constantemente contaminados proporcionalmente ao incremento da densidade populacional da bacia hidrográfica, ocasionando na perda das funções ecológicas destes sistemas naturais. Para que haja uma minimização dos prejuízos há que se respeitar um planejamento urbano para o desenvolvimento.

A densidade populacional pode ser expressa em habitantes por quilômetro quadrado ou habitantes por hectare. Encontra-se em estado de ‘superpopulação’ uma região onde as necessidades dos habitantes excedem ou ameaçam a capacidade de suporte, como a infraestrutura local (VEIGA *et al.*, [s. d.]).

Pesquisas realizadas pela Organização das Nações Unidas (ONU) recomendam uma densidade populacional bruta de 450 hab/ha. Bortoluzzi (2004) admite como densidade bruta a inclusão de todos os espaços públicos, privados, edificadas ou não. E segundo este autor, a densidade populacional bruta de Florianópolis é da ordem de 78,4 hab/ha. Na análise efetuada para o Diagnóstico do Plano Diretor Participativo (VOLUME 1: LEITURA INTEGRADA

DA CIDADE, 2008), elaborado pelo Ministério Público Federal (MPF), a densidade distrital bruta foi calculada a partir da exclusão das Áreas de Proteção Permanente e das Áreas dos Elementos Hídricos e identificou-se um adensamento considerável nos distritos da Barra da Lagoa, Ingleses e Lagoa da Conceição, ultrapassando valores de 1000 hab/km² no ano de 2000. Segundo o Censo de 2010 (IBGE), a densidade demográfica do município de Florianópolis é de 627,24 hab/km² e a população total equivalente a 421.240 habitantes.

O movimento de pessoas provocado pela atividade turística de verão altera consideravelmente a dinâmica populacional local entre os meses de dezembro a março, aspecto que reflete nas condições de balneabilidade na Lagoa da Conceição (ODRESKI, 2007), processo este iniciado na bacia hidrográfica do corpo lagunar.

Neste contexto, segundo Guarda (2012) a população pode ser definida de quatro maneiras: população residente habitual, população residente flutuante, população flutuante e migração turística ou excursionista. A população residente habitual é definida pelo grupo de indivíduos que residem fixamente na bacia hidrográfica local durante um período superior a três meses. Por outro lado, a população residente flutuante se refere ao grupo de indivíduos que permanece residente durante um período que varia de um a quatro meses durante o ano. A população flutuante se refere aos indivíduos presentes no território por um curto espaço de tempo com a finalidade de recreação, turismo, visita familiar ou negócios. A relação entre população residente e população flutuante sofre modificações na bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição de acordo com o período do ano.

2.6 NUTRIENTES E CLOROFILA *a*

2.6.1 Nitrogênio

As principais fontes de nitrogênio (N) para ecossistemas aquáticos continentais são a fixação biológica de N, chuvas, aporte orgânico e inorgânico de ecossistemas adjacentes e, mais recentemente em grande escala, pelo aporte de rejeitos domésticos e industriais não tratados ou parcialmente tratados nos corpos d'água. Quando nos ecossistemas, classificam-se as formas de N como: nitrogênio orgânico particulado (NOP), nitrogênio orgânico dissolvido (NOD) e nitrogênio inorgânico dissolvido (NID) sendo este último encontrado na forma de nitrato, nitrito, amônia, íon amônio, óxido nitroso e nitrogênio molecular. Dentre estas, a forma de N cuja utilização por produtores primários requer menos custo enérgico é o íon amônio, seguido do nitrito e posteriormente o nitrato (ESTEVES, 2011).

2.6.2 Fósforo

Associado ao nitrogênio, o fósforo (P) pode regular a produtividade primária aquática na maioria das águas continentais. Além de sua importância como macronutriente, o interesse em pesquisar o comportamento deste nutriente está relacionado à sua escassez na forma biologicamente disponível, fazendo do P o principal fator limitante da produtividade. Quando nos ecossistemas, pode-se classificar as formas de P como: fosfina, fósforo total, fósforo particulado orgânico e inorgânico e fósforo dissolvido inorgânico (PID) e orgânico. O PID corresponde principalmente ao ortofosfato e em conjunto com o fósforo total assumem maior relevância no ponto de vista limnológico. O primeiro por ser a principal forma de fosfato associada por produtores aquáticos e a segunda por determinar o estado trófico de um corpo aquoso (ESTEVES, 2011).

A presença de P em águas continentais é devida à lixiviação de minerais rochosos como a apatita (TUNDISI; *et al.*, 2008) e também processos artificiais como esgotos domésticos e industriais.

2.6.3 Sílica

A sílica presente em corpos aquáticos continentais é proveniente da decomposição de minerais de silicato de alumínio, como o feldspato, bastante frequentes em rochas sedimentares. Suas formas principais são: solúvel, na forma do íon SiO_4 , coloidal e particulada, sendo esta última incorporada ao fitoplâncton (ESTEVES, 2011).

2.6.4 Clorofila *a*

A clorofila *a* é um pigmento encontrado em todos os grupos de vegetais e outros organismos autótrofos sendo frequentemente, utilizada como indicadora da biomassa fitoplanctônica em ambientes aquáticos. Sua determinação é uma ferramenta útil em estudos de produtividade primária e na avaliação do grau de eutrofização de um ambiente aquático (CETESB, 2014).

2.7 QUALIDADE DOS CORPOS D'ÁGUA

Segundo Tucci (2014), as águas naturais podem ser classificadas como marinhas e continentais. Sendo a primeira caracterizada pela presença do cloreto de sódio e composição iônica bastante estável e uniforme e a segunda caracterizada pela presença do bicarbonato de sódio e possuindo bastante heterogeneidade.

Os recursos hídricos em geral possuem diversos usos como: abastecimento público, consumo industrial, matéria prima para a indústria, irrigação, recreação, dessedentação de animais, geração de energia elétrica, transporte, diluição de despejos e preservação de fauna e flora. Ao longo do tempo foram sendo desenvolvidas técnicas de detecção e medidas de poluentes, padrões de qualidade de modo a compatibilizar a qualidade do recurso hídrico à sua finalidade.

O Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) estabelece a classificação das águas, em âmbito nacional, em doces, salobras e salinas e, para cada uma, classes, de acordo com seu uso predominante. São cinco classes para águas doces, duas para salinas e duas para salobras. A CONAMA (2005) propõe que um rio Classe 2 deve obedecer, no mínimo, as seguintes condições: concentração de oxigênio dissolvido superior a 5,0 mg/L, coliformes fecais até 1000 organismos para cada 100 mL de amostra, demanda bioquímica de oxigênio até 5,0 mg/L, mercúrio até 0,002 mg/L e cianetos até 0,2 mg/L, clorofila a até 30 µg/L e fósforo total até 0,030 mg/L em ambientes lênticos e até 0,050 mg/L em ambientes intermediários. Medidas de controle de poluição devem ser tomadas caso as condições da água em questão não estejam de acordo com a legislação. No âmbito estadual, a portaria do Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente (COMDEMA) n° 024/79 estabelece que todos os cursos d'água não incluídos na Classe 1 nem mencionados nominalmente nesta portaria são considerados como Classe 2, e desta maneira devem obedecer às condições citadas acima.

Valores típicos de concentrações de nitrogênio e fósforo em esgoto bruto, encontrados em Von Sperling (1996), indicam nitrogênio total em uma faixa de 35 a 70 mg/L, deste, o nitrogênio orgânico se encontra numa faixa entre 15 e 20 mg/L, a amônia entre 20 e 40 mg/L e o nitrato entre 0 e 2 mg/L; para o fósforo total tem-se valores entre 5 e 25 mg/L, o fósforo orgânico entre 2 e 8 mg/L e o fósforo inorgânico entre 4 e 17 mg/L. Concentrações de fósforo total também são utilizadas para indicação do nível trófico de um corpo aquoso: $P < 0,01 - 0,02$ mg/L: não eutrófico, P entre 0,01 – 0,02 e 0,05 mg/L: estágio intermediário e $P > 0,05$ mg/L: eutrófico.

Algumas das principais fontes de poluição das águas são os esgotos sanitários, as águas residuárias industriais, resíduos sólidos (rejeitos originados de atividades industriais,

hospitais e agricultura), águas de drenagem urbana, fontes acidentais (derramamento de óleo, explosões de caráter radioativo, entre outros) e fontes atmosféricas (queima de combustíveis fósseis) (TUCCI, 2014).

2.8 MONITORAMENTO DE ÁGUAS CONTINENTAIS

Alguns estudos foram realizados com a finalidade de identificar as concentrações de nutrientes, assim como suas cargas diárias e específicas, em águas continentais. No trabalho realizado por Alagoas (2003) analisou-se a concentração de amônia, nitrito, nitrato, fosfato, fósforo total, silicato e clorofila *a* no rio São Francisco com a finalidade de identificação e quantificação do grau em que as atividades terrestres influenciam a hidrologia e a qualidade da água, especialmente o transporte de sedimentos e nutrientes, a pesca e a ecologia aquática neste sistema. As amostragens foram realizadas mensalmente de novembro de 2000 a março de 2002. Os resultados apresentados identificaram que há uma redução nas cargas de silicato, devido a um menor processo de intemperismo na bacia de drenagem, e das formas nitrogenadas em períodos de estiagem. Os compostos nitrogenados sofreram, também, uma inversão de predominância dos fluxos de nitrato para amônia devido ao aumento do tempo de residência e da decomposição da matéria orgânica. Em análise temporal, verificou-se que o fosfato e fósforo total sofreram incremento a partir de outubro de 2001, o que foi justificado pelo aumento da contribuição de matéria pelos empreendimentos de aquicultura e esgotos domésticos.

Em outro trabalho, Oliveira & Calheiros (2003) estudaram a alta bacia do rio Taquari, um dos maiores tributários da bacia do alto rio Paraguai, cuja localidade tem sofrido processo assoreamento do leito do rio, associada ao incremento da atividade agropecuária. Utilizaram as concentrações de nitrogênio total (NT), fósforo total (FT) e sólidos suspensos totais (SSP) e a vazão dos tributários para quantificar a entrada e distribuição de nutrientes no Pantanal. Como resultados identificaram que a maior carga de nutrientes e sólidos suspensos (ton./dia) foi proveniente do próprio rio Taquari, por apresentar vazão maior que nos rios Coxim e Jauru. O rio Coxim apresentou as maiores concentrações de nutrientes e SSP, no entanto, sua menor descarga faz com que a contribuição seja menos expressiva. A tabela a seguir foi extraída do trabalho de Oliveira & Calheiros (2003) e sintetiza os dados obtidos:

Tabela 2 - Vazão (m³/s), concentrações (µg/L) e cargas de NT, PT e SST (ton./dia) na alta bacia do rio Taquari (rios Taquari, Coxim e Jauru) no período de dezembro/95 a maio/97.

Vazante / seca							
	Vazão	NT µg/L	NT ton./dia	PT µg/L	PT ton./dia	SSP µg/L	SSP ton./dia
Rio Taquari	158,6	150,62	2,5	50,74	0,7	147,05	2174,8
Rio Coxim	53,3	147,89	0,8	105,36	0,5	373,71	1700,9
Rio Jauru	58,4	123,19	0,9	81,54	0,5	144,02	756,1

Enchente / Cheia							
	Vazão	NT µg/L	NT ton./dia	PT µg/L	PT ton./dia	SSP µg/L	SSP ton./dia
Rio Taquari	158,6	281,94	7,9	88,11	2,3	175,81	4398,5
Rio Coxim	53,3	491,50	3,8	224,80	1,6	647,71	6793,2
Rio Jauru	58,4	250,88	2,7	146,27	1,7	331,37	3575,5

Fonte: Oliveira & Calheiros (2003).

Belluta *et al.* (2016) estudou a sub-bacia do córrego da Cascata com a finalidade de estimar a carga orgânica (CO) e as cargas de nitrogênio (CN) e fósforo (CP) para avaliar a qualidade da água e sua contribuição na eutrofização do reservatório de Barra Bonita (rio Tietê, SP). Como resultados identificaram que a vazão média mensal na foz do córrego da Cascata foi de 81,5 L/s; a CO foi 1,35 g/s; a CN, 0,21 g/s e a CP, 0,007 g/s. A tabela a seguir foi retirada do trabalho de Belluta *et al.* (2016) e resume os dados obtidos:

Tabela 3 - Vazão (L/s), carga orgânica (g/s), carga de nitrogênio (g/s) e carga de fósforo (g/s).

Mês	Vazão na foz	Índice Pluviométrico (mm de chuva)	CO (g/s)	CN (g/s)	CP (g/s)
Jun/11	68,34	49,9	2,5	0,03	0,001
Jul/11	56,88	7,00	0,80	0,02	0,001
Ago/11	59,04	24,8	0,98	0,12	0,004
Set/11	61,92	0,00	2,91	0,10	0,001
Out/11	64,80	359,6	0,73	0,16	0,007
Nov/11	72,86	102,5	1,26	0,29	0,034
Dez/11	82,18	143,4	1,15	0,16	0,011
Jan/12	113,4	357,3	1,67	0,03	0,014
Fev/12	98,45	166,8	0,05	1,49	0,009
Mar/12	86,56	58,9	1,27	0,02	0,003

Abr/12	86,16	250,1	1,10	0,03	0,004
Mai/12	127,78	57,4	1,79	0,05	0,001
Médias	81,53	131,4	1,35	0,21	0,007
Kg/dia	-	-	9,51	1,48	0,050
Kg/mês	-	-	285,29	44,38	1,560
Kg/ano	-	-	3,42	0,53	0,019

Fonte: Belluta *et al.* (2016).

No trabalho realizado por Aguiar *et al.* (2011) foram amostrados quatro córregos na cidade de São Gonçalo com a finalidade de avaliar seu potencial como fontes de nutrientes para a Baía de Guanabara. Os fluxos d'água revelaram-se hipereutróficos com severa limitação da produção primária por nitrogênio. Os níveis de fosfato encontrados foram anormalmente elevados, variando entre 4,35 e 130.82 μM , enquanto que o nitrato e nitrito variaram de 0,06 a 54,05 μM e 28-19,23 μM , respectivamente. Os fluxos também apresentaram severa hipoxia e anoxia, com valores de oxigênio variando de não detectado para 3,72 ml/L.

Também, de acordo com Bucksteeg (1966) *apud* Vollenweider (1968), a concentração relativa de nitrogênio e fósforo proveniente do esgoto doméstico e de áreas agrícolas, pode ser sumarizada conforme a Tabela 4.

Tabela 4 - Carga relativa de fósforo e nitrogênio inorgânico de acordo com fonte de geração.

Fonte	Nitrogênio		Fósforo		Relação N:P
	Kg/ano.km ²	%	Kg/ano.km ²	%	
Esgoto doméstico	1.110	30	136	46	8:1
Sabões	-	-	130	45	8:1
Agricultura	2.650	70	27	9	100:1
Total	3.760	100	293	100	13:1

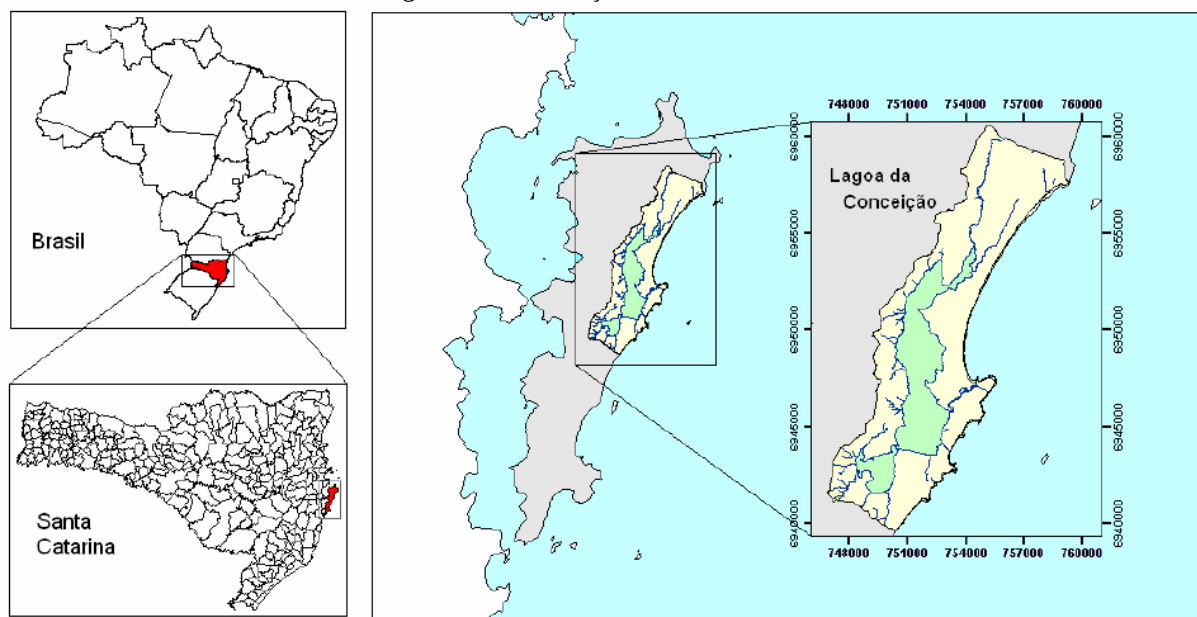
Fonte: Vollenweider (1968).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A Lagoa da Conceição está localizada na porção centro-leste da Ilha de Santa Catarina. Com uma bacia hidrográfica com área de 61,77 km² distribuída em 60 sub-bacias e 36 regiões hidrográficas homogêneas (BIER, 2013), possui 35 afluentes, sendo o rio João Gualberto o principal, com vazão estimada de aproximadamente 1 m³ (DUTRA, 1991).

Figura 3 - Localização da área de estudo.



Fonte: Silva (2010).

A região é classificada de Clima Mesotérmico Úmido, segundo a classificação de Köppen – Cfa, clima subtropical úmido. A temperatura média anual é em torno dos 20° C e a umidade relativa média do ar superior a 80% (SILVA, 2002). Apresenta uma precipitação uniformemente distribuída ao longo de todo o ano com uma redução nos volumes durante o período de outono e inverno, tendo uma oscilação média mensal entre 172,4 mm e 74,1 mm (CRUZ, 1998).

A bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição possui os dois tipos de formações vegetais que compõem a Ilha de Santa Catarina: vegetação litorânea de restinga e floresta Ombrófila Densa. A porção a leste da bacia hidrográfica é composta, principalmente, por planícies formadas por dunas, cobertas e descobertas por vegetação de restinga e a porção a oeste é formada por morros com encostas constituídas de granito, onde se encontra a Mata Atlântica (ODRESKI, 2013).

Em 2004 Godoy descreveu o uso e ocupação do solo desta bacia como sendo composto 55% por vegetação arbórea, 12% por pastagens, 13,6% por dunas e praias e 18% por áreas urbanizadas. Odreski (2007) identificou um progresso urbano de 25% entre os anos de 1998 e 2004, principalmente nos bairros Lagoa da Conceição, Rio Tavares, Barra da Lagoa e Rio Vermelho. Este desenvolvimento concedeu à bacia hidrográfica em questão um uso e ocupação do solo, ainda, extensamente coberto por vegetação arbórea, porém destacam-se quatro zonas de adensamento urbano: a região do Rio Vermelho, ao norte, a região em torno do canal da Barra da Lagoa, a leste, a região do Porto e Canto da Lagoa, ao sul, e a região do Centrinho da Lagoa, no centro-oeste (BIER, 2013).

3.2 ESTRATÉGIA DE AMOSTRAGEM

Visando caracterizar o comportamento do aporte de nutrientes por bacias com características físicas distintas, foram selecionadas cinco unidades hidrológicas, correspondentes, respectivamente, ao Rio Vermelho, ao Porto da Lagoa, ao Canto da Lagoa, ao Centro da Lagoa e à Costa da Lagoa. Suas características de cobertura e composição do solo estão dispostas nas tabelas 5 e 6 a seguir:

Tabela 5 - Uso e ocupação das sub-bacias monitoradas.

Bacia / Ocupação	Urbano	Vegetação Rasteira	Vegetação arbórea	Vias	Dunas com vegetação
JG	11%	40%	47%	1%	-
Porto	23%	16%	24%	1%	32%
Canto	1%	10%	89%	-	-
Centro	15%	20%	62%	3%	-
Costa	-	22%	78%	-	-

Fonte: Lemétayer (2011).

Tabela 6 - Tipo de solo das sub-bacias monitoradas.

Bacia / Tipo de solo	Areias quartzólicas	Duna	Gleissolo pouco húmico	Argissolo
JG	33%	-	19%	45%
Porto	64%	27%	-	8%
Canto	6%	-	-	94%
Centro	43%	-	-	57%
Costa	-	-	-	100%

Fonte: Lemétayer (2011).

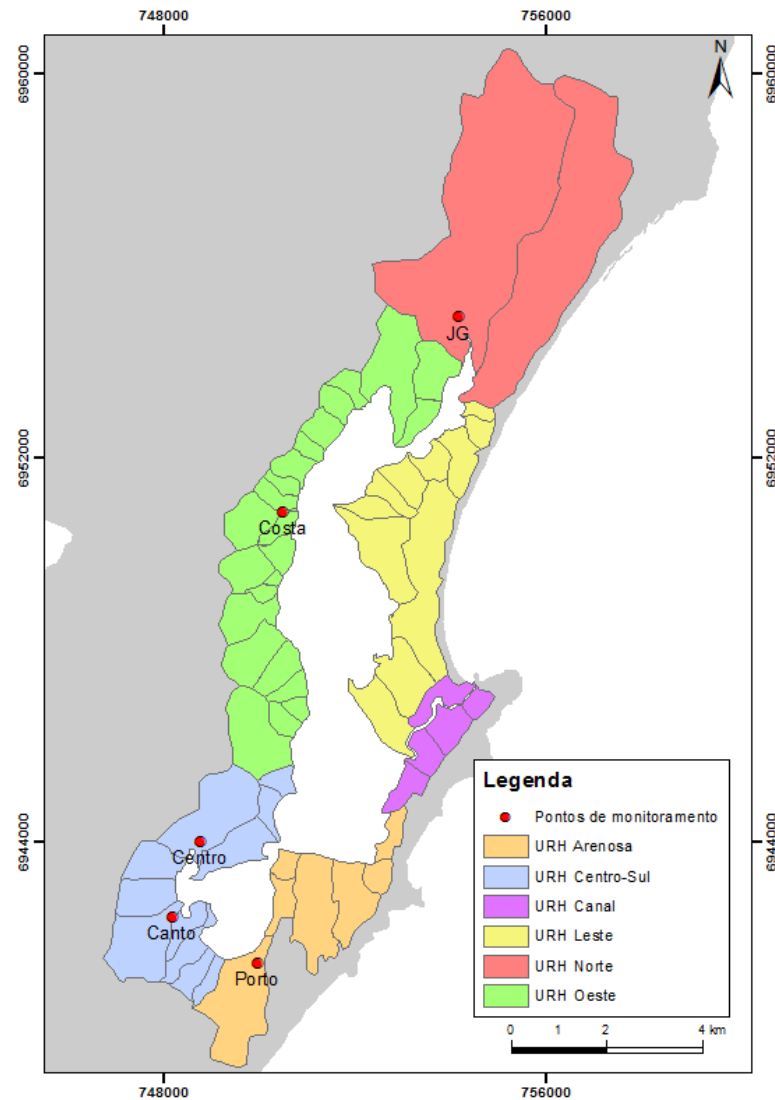
Após a definição das sub-bacias hidrográficas a serem monitoradas realizou-se uma saída de campo para definição exata da seção de monitoramento (Figura 3). A escolha do local foi determinada através da observação do curso do rio de cada sub-bacia para identificação de um trecho onde o curso d'água fosse o mais retilíneo possível e a influência da salinidade nula. Estas seções foram marcadas com auxílio de GPS. Nas margens dos rios, foram colocadas estacas de madeira tingidas para delimitar e sinalizar os limites iniciais e finais de cada seção, respectivamente à montante e à jusante do trecho. Neste mesmo momento, foi realizado o procedimento de aferição da batimetria da seção a montante de cada rio e definição do ponto, também à montante, que seria local para monitoramento do nível do rio ao longo das campanhas. Este procedimento foi chamado de Campanha Zero e ocorreu em 12/03/2015 no rio João Gualberto e Costa da Lagoa, 13/03/2015 no Centro da Lagoa e 16/03/2015 no Canto e Porto da Lagoa.

Tabela 7 - Localização e características dos pontos de monitoramento de dados ambientais.

Ponto de coleta	UH	Área da sub-bacia (km ²)	População residente	Latitude	Longitude
Canto	Centro-sul	2,09	860	748.773	6.943.984
Centro	Centro-sul	2,17	893	748.184	6.942.416
Costa	Oeste	1,46	601	750.499	6.950.823
Porto	Arenosa	2,37	975	749.964	6.941.444
João Gualberto	Norte	12,52	9086	754.171	6.954.941

Fonte: Autora (2016).

Figura 4 - Localização dos pontos de monitoramento de dados ambientais.



Fonte: Arcari (2015).

Em cada uma destas regiões realizou-se monitoramento da vazão e da qualidade da água do rio em períodos de, aproximadamente, 21 dias. As amostragens ocorreram em 23/03, 17/04, 08/05, 22/05, 19/06, 10/07, 07/08, 10/09, 01/10, 23/10, 13/11, 17/12 de 2015 e 01/03/2016.

3.3 MONITORAMENTO DOS PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS

Para identificação da contribuição da drenagem urbana na Lagoa da Conceição planejou-se o monitoramento de cinco regiões hidrológicas homogêneas. Foram previstos três procedimentos nas campanhas de monitoramento: 1) levantamento de parâmetros físico-químicos, 2) coleta de água, 3) Estimativa da vazão e aferição do nível do corpo d'água.

3.3.1 Parâmetros físico-químicos

Os parâmetros físico-químicos monitorados em campo foram: temperatura da água, oxigênio dissolvido, pH e salinidade. Para tal foram utilizados: um termosalinômetro da marca YSI, modelo Ecosenses, um pHmêtro da marca YSI, modelo Ecosenses e um oxímetro da marca Instrument KM, modelo MO-900.

3.3.2 Amostragem de água

As amostras foram coletadas em garrafas do tipo “pet” – 500 mL – previamente lavadas com ácido clorídrico (HCl) 10% e água destilada abundante. O manuseio das garrafas de amostras de água foi realizado com auxílio de luvas de látex para evitar contaminação das mesmas. As garrafas foram identificadas e o procedimento consistiu em: 1) Ambientação da garrafa três vezes com água do local, de maneira cuidadosa para não haver ressuspensão de sedimentos. 2) Inserção da garrafa na água coletando 500 mL completos de amostra. 3) Acondicionamento das amostras em bolsa térmica com gelo, a fim de manter suas propriedades. Para cada ponto foi coletado um total de 1L de amostra.

3.3.3 Aferição de nível e estimativa de vazão

O nível do rio foi aferido com auxílio de regra limnimétrica, sempre no mesmo local, à montante das seções definidas para cada rio.

A aferição da velocidade do escoamento superficial dos rios do Canto, do Centro, do Porto e João Gualberto foi realizada através do método do flutuador. Este procedimento consistiu na demarcação de duas seções com distância definida e batimetrias conhecidas, onde realizou-se o lançamento de um objeto de deriva (garrafa “pet”) que se deslocou na superfície do corpo d’água da seção de montante até a seção de jusante. O tempo de deslocamento entre as seções foi realizado cinco vezes, por campanha, e calculada a média entre elas. A partir da distância entre as seções de montante e jusante (em centímetros) e a média do tempo de deslocamento do flutuador (em segundos) foi possível calcular a velocidade do escoamento superficial dos rios citados a cima:

$$Vel. escoamento \left(\frac{cm}{s} \right) = \frac{distância (cm)}{tempo de deslocamento (s)} \quad (1)$$

A vazão, em m³/s, foi calculada através da velocidade do escoamento e da área formada pela seção monitorada:

$$Q \left(\frac{m^3}{s} \right) = vel. escoamento \left(\frac{cm}{s} \right) \times área (m^2) \times 0,01 \quad (2)$$

Para o rio da Costa, a seção selecionada apresenta um vertedor retangular e o cálculo de sua vazão foi realizado a partir da fórmula de Francis:

$$Q = 1,838 \cdot (L - 0,2h) \cdot h^{\frac{3}{2}} \quad (3)$$

e

$$L = \frac{h}{tg\theta} \quad (4)$$

Onde:

Q = vazão (m³/s)

L = largura da base (m)

Θ = ângulo de base

h = altura do nível d'água (m)

As dimensões geométricas do vertedor estão dispostas a seguir:

Tabela 8 - Dimensões do vertedor.

Largura da base (cm)	400
Altura (cm)	30
Ângulo de base (°)	1,15

Fonte: Arcari (2015).

3.4 ANÁLISE QUÍMICA DAS AMOSTRAS

Previamente à análise da água se faz necessário identificar o que é material particulado e o que é material dissolvido. Esta distinção é realizada a partir de uma filtração em membrana onde “partículas com diâmetro maior que 0,45 μm são consideradas,

quimicamente, em suspensão e menores estão dissolvidas” (LANA *et al.*, 2006). Do material em suspensão foi analisado: clorofila *a* e do material dissolvido foram analisados nitrato, amônia, fosfato (PID) e silicato. O nitrogênio inorgânico dissolvido (NID) foi obtido a partir do somatório entre os valores de nitrato e amônia. As análises foram realizadas a partir de metodologia colorimétrica descritas em Lana *et al.* (2006).

3.4.1 Clorofila *a*

Um mínimo de 250 mL de amostra foi filtrado em microfiltro de fibra de vidro Schleicher & Schuell GF-52C de 0,45 μm de porosidade. Os filtros com biomassa retida foram acondicionados em envelopes de papel alumínio, previamente identificados e congelados em freezer ($\pm -20^{\circ}\text{C}$) até o momento da análise. Os pigmentos foram extraídos em acetona 90% (v/v), num período de 24 horas sob refrigeração de 10°C , protegidos da luz (LANA *et al.*, 2006). As concentrações de clorofila *a* foram determinadas fluorimetricamente, com o equipamento Turner Designs Instrument, modelo # 7200-000.

3.4.2 Nutrientes inorgânicos dissolvidos

O filtrado foi utilizado para análise dos nutrientes inorgânicos dissolvidos, sendo acondicionado em freezer, $\pm -20^{\circ}\text{C}$, até o momento da análise.

Os nutrientes amônio, fosfato e silicato foram determinados através de métodos colorimétricos adaptados de metodologia proposta por Grasshoff *et al.* (1999) e Lana *et al.* (2006). Para o nitrato, realizou-se uma dosagem dos íons nitrito obtidos por redução quantitativa dos íons nitrato presente na amostra (redução efetuada a partir da passagem da amostra por uma coluna redutora preenchida por grãos de cádmio tratados com solução cúprica) também adaptado de metodologia proposta por Grasshoff *et al.* (1999) e Lana *et al.* (2006). As absorbâncias das amostras foram medidas com um espectrofotômetro HITACHI 2900, utilizando-se cubetas de cinco centímetros.

3.5 PROJEÇÃO POPULACIONAL

A dinâmica referente à população residente e flutuante no município de Florianópolis é atípica. As características físicas e naturais, culturais e históricas da cidade a caracterizam como grande centro turístico, além de ser um polo cultural e educacional representado pela UFSC. Desta maneira, a cidade atrai uma população migratória de faixa etária variada, assim

como uma população flutuante composta por turistas e uma população sazonal referente aos estudantes (GUARDA, 2012).

Segundo o Censo de 2010 (IBGE), a população total do município de Florianópolis era equivalente a 421.240 habitantes, distribuída conforme a Tabela 9:

Tabela 9 - População de Florianópolis.

Distrito	População (hab)
Barra da Lagoa	5.674
Cachoeira do Bom Jesus	18.427
Campeche	30.028
Canasvieiras	18.091
Florianópolis	249.477
Ingleses do Rio Vermelho	29.814
Lagoa da Conceição	11.811
Pântano do Sul	7.397
Ratones	3.671
Ribeirão da Ilha	26.994
Santo Antônio de Lisboa	6.343
São João do Rio Vermelho	13.513
Total	421.240

Fonte: Censo IBGE (2010).

Os dados populacionais referentes aos anos de 2015, período de realização das campanhas de campo, assim como 2005 e 2020, foram obtidos a partir de cálculos de projeção populacional e estão dispostos na Tabela 10. Guarda (2012) propõe uma fusão entre os métodos descritos por Godinho (2008) e Campanário (2007), respeitando algumas adaptações, para o cálculo populacional. Este autor, através das informações seriadas de 2004 a 2009 mês a mês sobre a produção de resíduos sólidos fornecidos pela Companhia Melhoramentos da Capital (COMCAP), e conhecendo a população residente projetada pelo estudo sobre a população fixa anterior, realizou uma projeção para 2010 e uma regressão para 1991 e 2000, utilizando o Modelo Crescimento. Para o presente trabalho, foram utilizados os dados de projeção para 2010 e a regressão de 1991 a 2000, produzida por Guarda (2012) a fim de obter dados populacionais para o período de estudo. O método de crescimento selecionado foi o de Crescimento Geométrico, onde o crescimento populacional é função da população existente a

cada instante e é utilizado para estimativas de menor prazo (VON SPERLIG, 1996). A fórmula da projeção está disposta a seguir:

$$Pt = P0 . e^{Kg.(t-t0)} \quad (5)$$

Onde:

$$Kg = \frac{\ln P2 - \ln P0}{t2 - t0} \quad (6)$$

Os valores obtidos na projeção são referentes às populações dos distritos componentes da bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição. Para estimar a população por sub-bacia, identificou-se a porcentagem da área do distrito correspondente à sub-bacia em questão e então este valor foi relacionado ou valor de população via uma regra de três simples.

Tabela 10 - População (hab) dos censos de 1991, 2000 e 2010 e projeções populacionais (hab) para 2005, 2015 e 2020.

Sub-bacia	Pop (hab) 1991 – Censo	Pop (hab) 2000 - Censo	Pop (hab) 2005 - Projeção	Pop (hab) 2010 - Censo	Pop (hab) 2015 - Projeção	Pop (hab) 2020 - Projeção
Canto	427	624	643	744	860	995
Centro	444	648	667	772	893	1033
Costa	298	436	449	519	601	695
João Gualberto	744	2207	3203	5395	9086	15303
Porto	484	708	729	843	975	1129

Fonte: Autor (2016).

3.6 ESTIMATIVA DE CARGAS

Compreende-se carga efluente a um corpo aquoso como a quantidade de poluente (em Kg) que é lançada por unidade de tempo (dia). A estimativa das cargas dos nutrientes inseridos no corpo d'água da Lagoa da Conceição se deu a partir dos resultados de concentração (g/L de nutriente) e vazão (L/dia) dos rios afluentes, conforme as equações a seguir:

$$Carga (W) = concentração (C) \times vazão (Q)$$

(7)

$$W \left(\frac{\text{Kg}}{\text{dia}} \right) = \frac{C \left(\frac{\text{g}}{\text{L}} \right) \times Q_{rio} \left(\frac{\text{L}}{\text{dia}} \right)}{1000 \frac{\text{g}}{\text{kg}}}$$

A carga específica representa a contribuição por unidade de área da bacia estudada (Kg/dia.km²). Munidos da área de cada uma das sub-bacias em que foram realizadas as medições, foi possível calcular as cargas específicas a partir da seguinte relação:

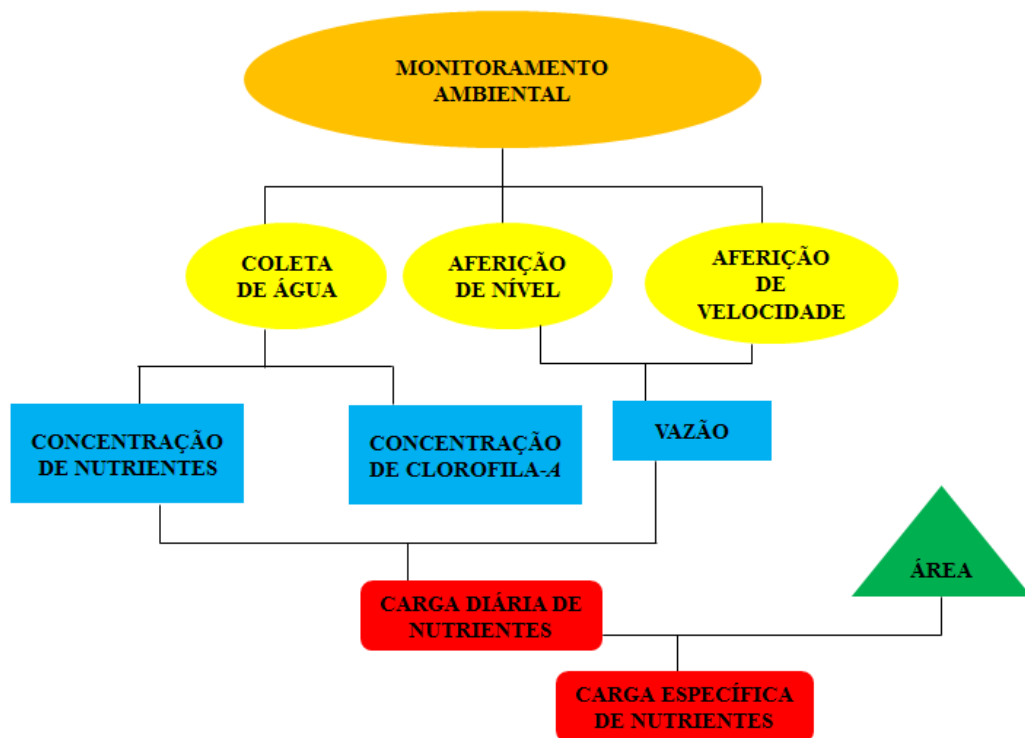
$$\text{Carga específica} \left(W_e \text{ em } \frac{\text{Kg}}{\text{dia.km}^2} \right) = \frac{\text{carga (W)}}{\text{área (km}^2\text{)}} \quad (8)$$

3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Utilizou-se o programa computacional Statística versão 8 para analisar a normalidade dos dados físicos, de concentração e de carga, associando os parâmetros entre si, através de análises não paramétricas.

3.8 FLUXOGRAMA DE TRABALHO

Figura 5 - Fluxograma da metodologia aplicada.



Fonte: Autora (2016).

4 RESULTADOS

Os resultados obtidos durante as campanhas de monitoramento de campo dos dados ambientais serão apresentados neste item. Os parâmetros levantados em cada campanha de monitoramento estão apresentados na Tabela 11.

Foi observado a partir de análise da normalidade dos parâmetros que, pH, temperatura e silicato apresentam distribuição normal, os demais parâmetros (Q, OD, N-NH, N-NO, NID, PID e Clo-*a*) foram ajustados a lognormal para melhor representação dos resultados.

Tabela 11 - Parâmetros levantados nas campanhas de monitoramento (Q=vazão, C=concentração, T=temperatura, OD=oxigênio dissolvido).

Data / Sub-bacia	Canto	Centro	Costa	Porto	JG
12/03/15	Seção	Seção	Seção	-	-
13/03/15	-	-	-	Seção	Seção
23/03/15	C, T, OD, pH	Q, C, T, OD, pH	Q, C, T, OD, pH	Q, C, T, OD, pH	Q, C, T, OD, pH
17/04/15	Q, C, T, OD, pH	Q, C, T, OD, pH	Q, C, T, OD, pH	Q, C, T, OD, pH	Q, C, T, OD, pH
08/05/15	Q, C, T, OD, pH	Q, C, T, OD, pH	Q, C, T, OD, pH	Q, C, T, OD, pH	Q, C, T, OD, pH
22/05/15	C, T, OD, pH	Q, C, T, OD, pH	Q, C, T, OD, pH	Q, C, T, OD, pH	Q, C, T, OD, pH
19/06/15	T, OD, pH	Q, C, T, OD, pH	Q, C, T, OD, pH	Q, C, T, OD, pH	Q, C, T, OD, pH
10/07/15	C, T, OD, pH	Q, C, T, OD, pH	Q, C, T, OD, pH	Q, C, T, OD, pH	Q, C, T, OD, pH
07/08/15	C, T, OD, pH	Q, C, T, OD, pH	Q, C, T, OD, pH	Q, C, T, OD, pH	Q, C, T, OD, pH
10/09/15	Q, C, T, OD, pH, Seção	Q, C, T, OD, pH	Q, C, T, OD, pH	Q, C, T, OD, pH	Q, C, T, OD, pH
01/10/15	Q, C, T, OD, pH	Q, C, T, OD, pH	Q, C, T, OD, pH	Q, C, T, OD, pH	Q, C, T, OD, pH

23/10/15	Q, C, T, OD, pH	Q, C, T, OD, pH	Q, C, T, OD, pH	Q, C, T, OD, pH	Q, C, T, OD, pH
13/11/15	Q	Q, C	Q, C	Q, C	Q, C
17/12/15	Q, C, T, OD	Q, C, T, OD	Q, C, T, OD	Q, C, T, OD	Q, C, T, OD
01/03/15	Q, C, T, OD, pH	Q, C, T, OD, pH	Q, C, T, OD, pH	Q, C, T, OD, pH	Q, C, T, OD, pH

Fonte: Autora (2016).

4.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

A Tabela 12 apresenta os valores mínimos, máximos e médias geométricas de oxigênio dissolvido (mg/L) obtidos nos cinco rios monitorados. O rio do Porto apresentou a menor média das concentrações de oxigênio (5,2 mg/L) seguido do rio do Centro (5,3 mg/L). A distribuição do oxigênio dissolvido ao longo do monitoramento e pelas localidades pode ser observada nas Figuras 6 e 7, respectivamente.

Tabela 12 - Concentrações mínimas, máximas e médias geométricas do oxigênio dissolvido (mg/L) para os cinco rios monitorados.

Oxigênio dissolvido (mg/L)			
	Mínimo	Máximo	Média Geométrica
Canto	5,4	9,0	7,4
Centro	3,1	9,6	5,3
Costa	6,8	8,8	7,9
João G.	6,2	9,3	9,6
Porto	3,7	9,6	5,2

Fonte: Autora (2016).

Figura 6 - Distribuição da concentração de oxigênio dissolvido (mg/L) dos cinco rios ao longo do monitoramento.

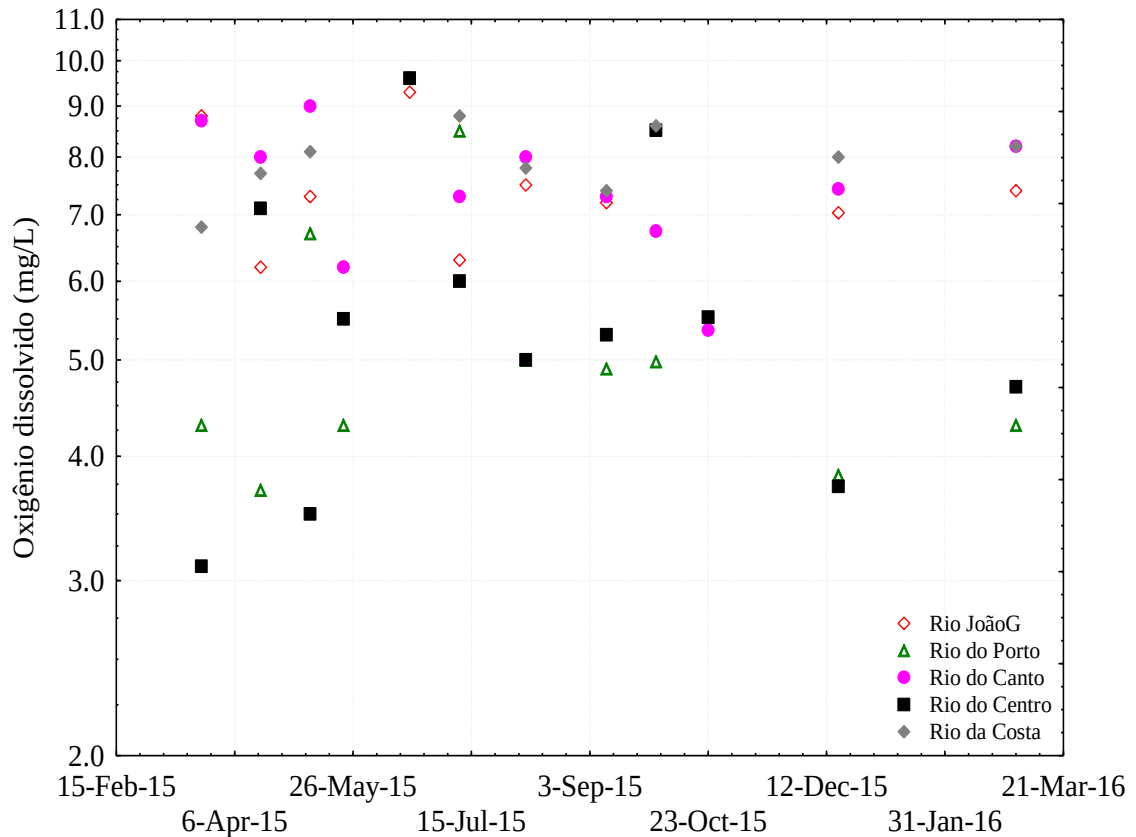
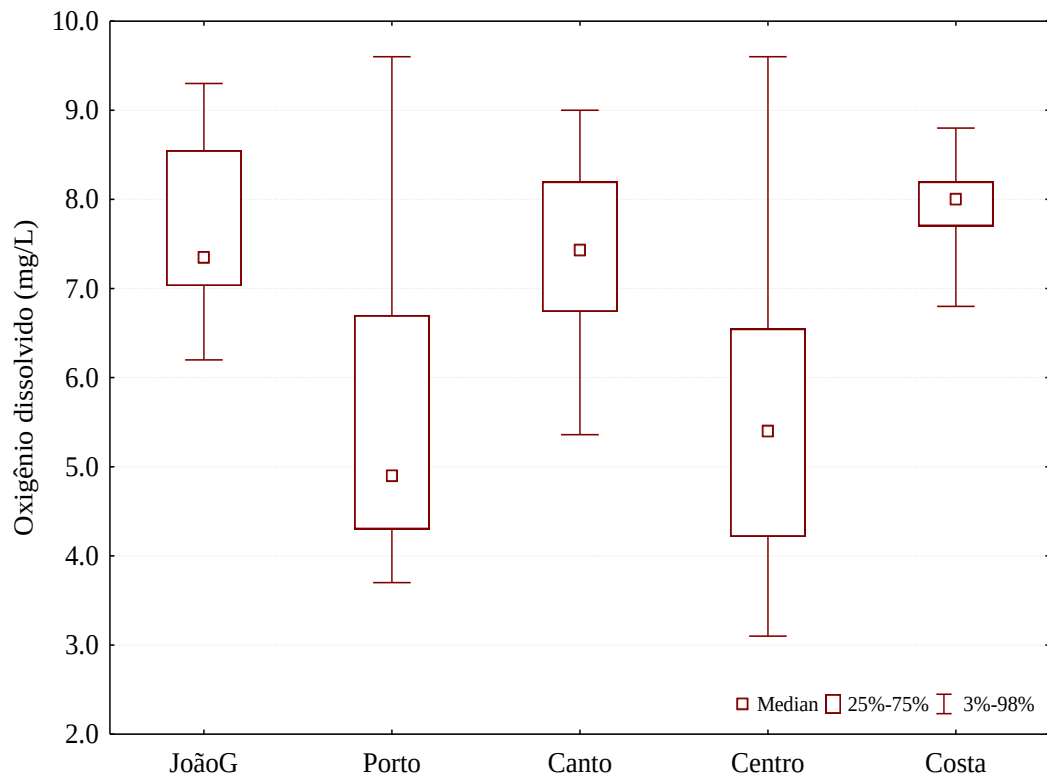


Figura 7 - Box Plot das concentrações de oxigênio dissolvido (mg/L) dos cinco rios.



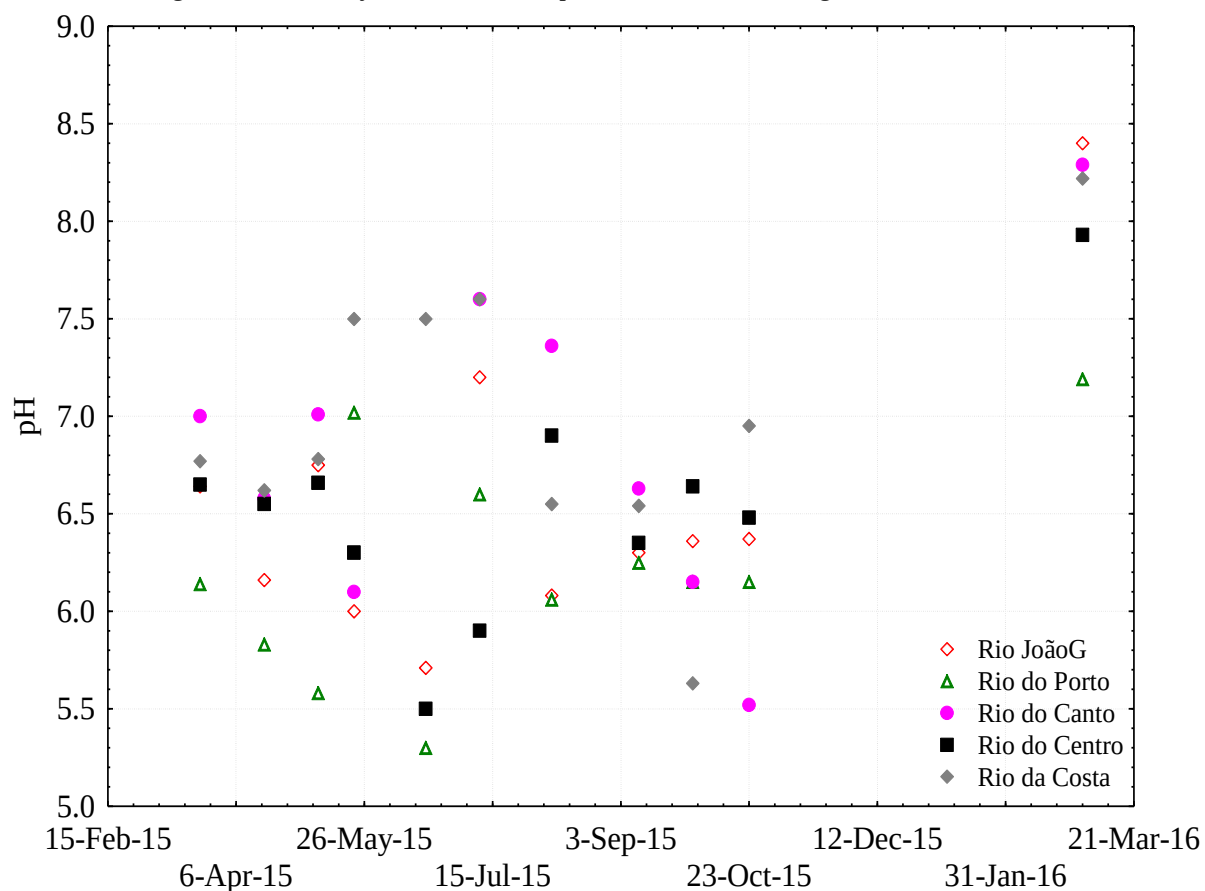
As médias geométricas dos valores de pH (Tabela 13) dos cinco rios indicam uma água ácida ao longo do monitoramento. Os valores de pH levantados ao longo do monitoramento estão apresentados na tabela 13 e sua distribuição nos Figuras 8 e 9.

Tabela 13 - Mínimos, máximos e médias geométricas dos valores de pH para os cinco rios monitorados.

pH			
	Mínimo	Máximo	Média Geométrica
Canto	5,5	8,3	6,8
Centro	5,5	7,9	6,5
Costa	5,6	8,2	6,9
João G.	5,7	8,4	6,5
Porto	5,3	7,2	6,2

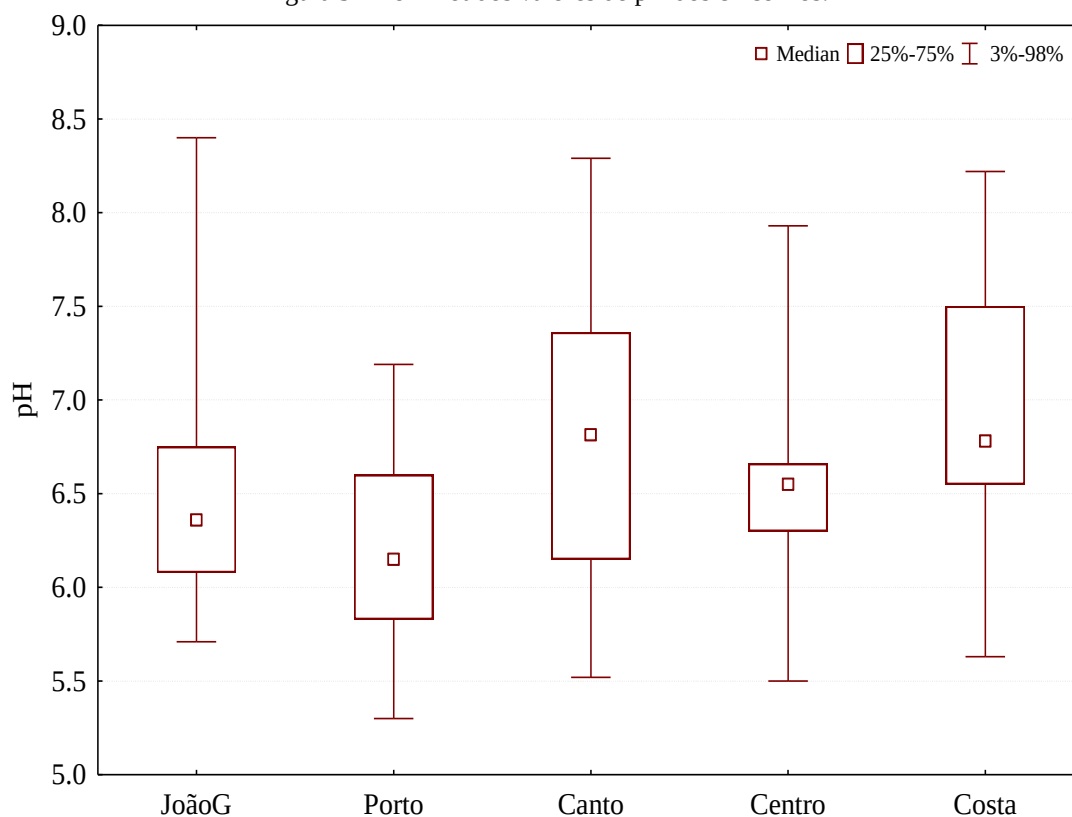
Fonte: Autora (2016).

Figura 8 - Distribuição dos valores de pH dos cinco rios ao longo do monitoramento.



Fonte: Autora (2016).

Figura 9 - Box Plot dos valores de pH dos cinco rios.



Fonte: Autora (2016).

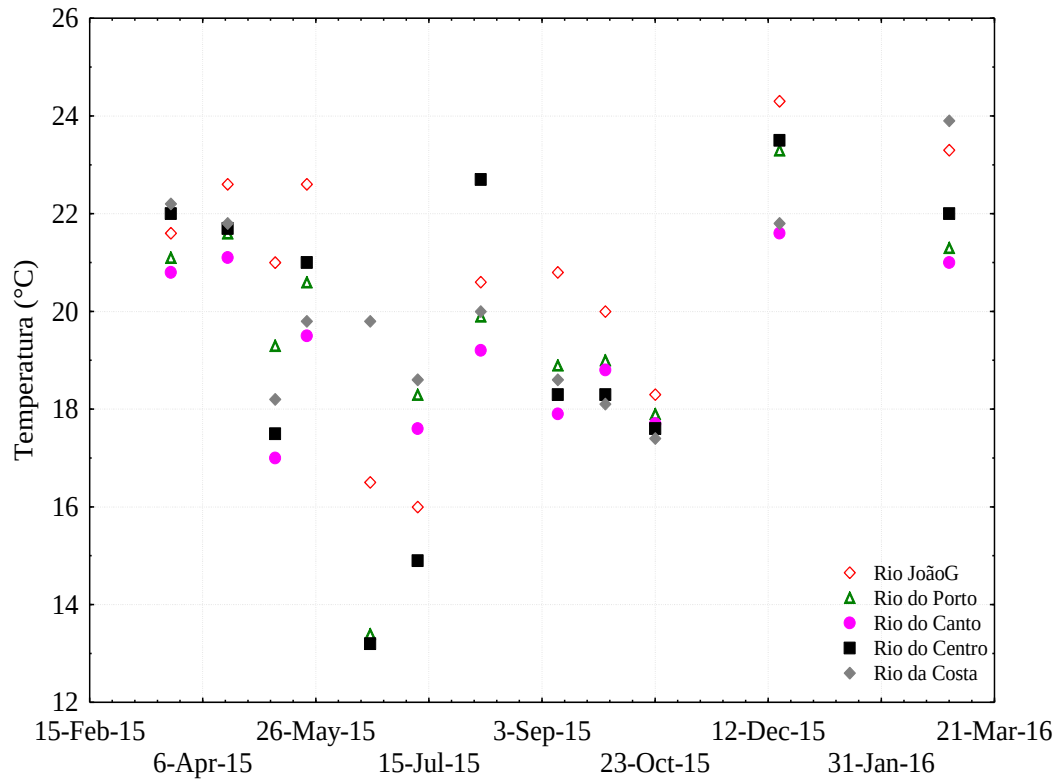
A Tabela 14 apresenta os valores das temperaturas obtidas nos monitoramentos dos rios. A temperatura média variou de 19,1 °C no rio do Centro a 20,5 °C no rio João Gualberto. E as menores temperaturas foram obtidas nos meses de junho e julho, representando o inverno na região monitorada. A distribuição da temperatura ao longo do monitoramento está disposta nos Figuras 10 e 11.

Tabela 14 - Mínimos, máximos e médias geométricas dos valores de temperatura (°C) para os cinco rios monitorados.

Temperatura (°C)			
	Mínimo	Máximo	Média Geométrica
Canto	17	21,6	19,2
Centro	13,2	23,5	19,1
Costa	17,4	23,9	19,9
João G.	16	24,3	20,5
Porto	13,4	23,3	19,4

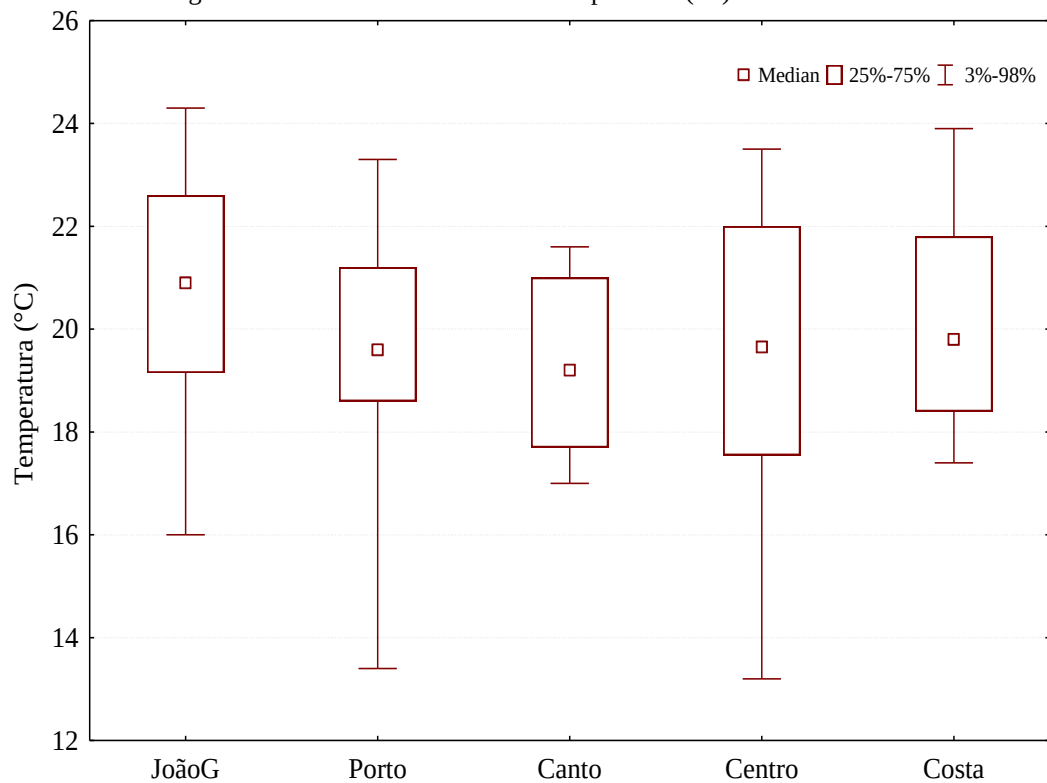
Fonte: Autora (2016).

Figura 10 - Distribuição dos valores de temperatura dos cinco rios ao longo do monitoramento.



Fonte: Autora (2016).

Figura 11 - Box Plot dos valores de temperatura (°C) dos cinco rios.



Fonte: Autora (2016).

4.2 VAZÃO

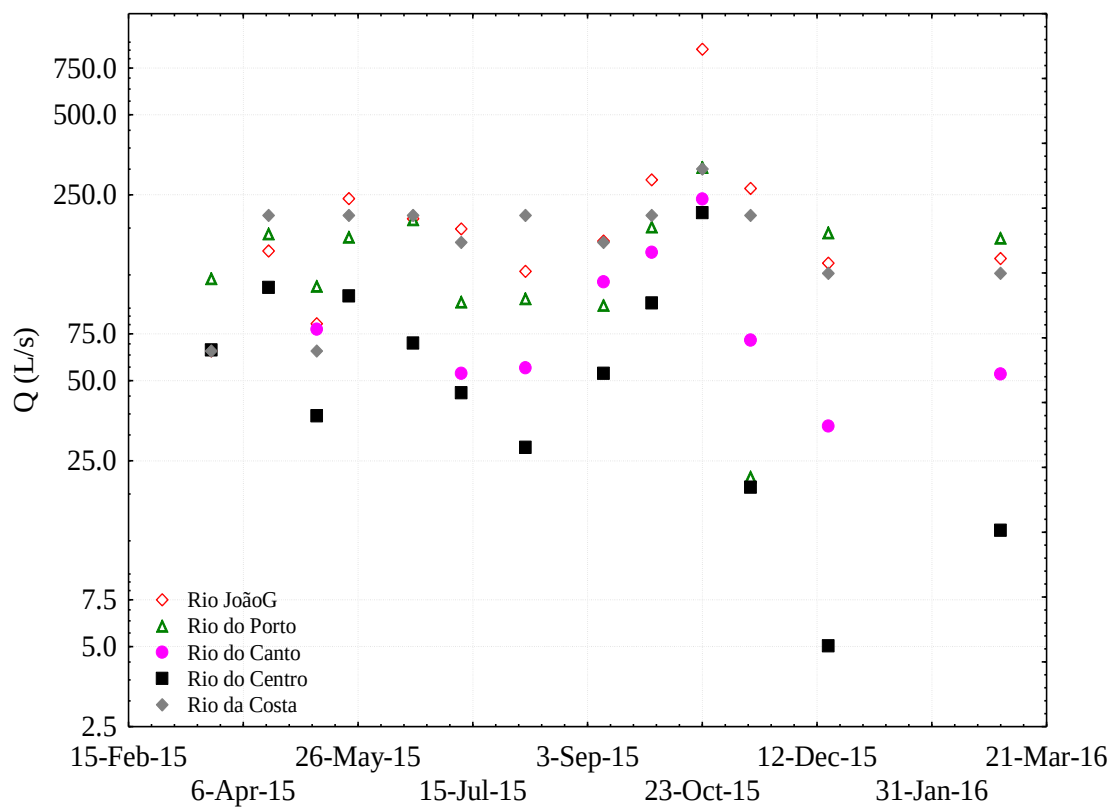
Dentre os rios monitorados, o João Gualberto apresenta a maior vazão e o rio do Centro a menor, como mostra a Tabela 15. A distribuição das vazões ao longo do monitoramento e das localidades está disposta nos Figuras 12 e 13.

Tabela 15 - Mínimos, máximos e médias geométricas das vazões (L/s) para os cinco rios monitorados.

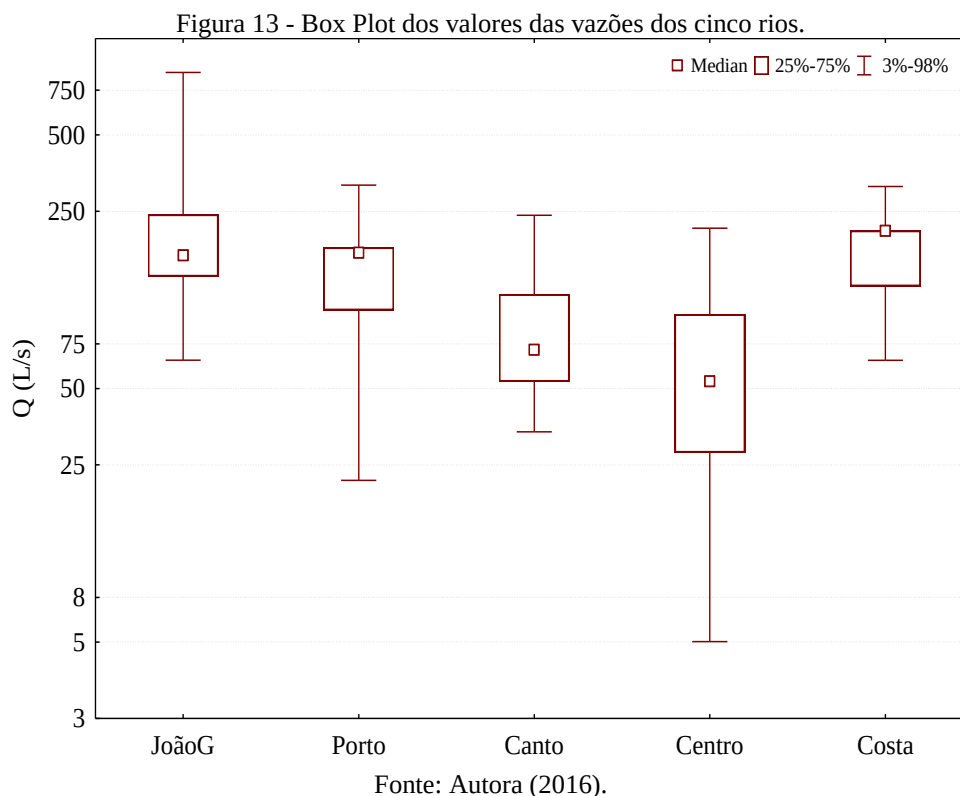
Vazão (L/s)			
	Mínimo	Máximo	Média Geométrica
Canto	34	241	80
Centro	5	214	46
Costa	65	313	161
João G.	65	882	180
Porto	22	317	131

Fonte: Autora (2016).

Figura 12 - Distribuição dos valores das vazões dos cinco rios ao longo do monitoramento.



Fonte: Autora (2016).



4.3 CONCENTRAÇÕES DOS NUTRIENTES

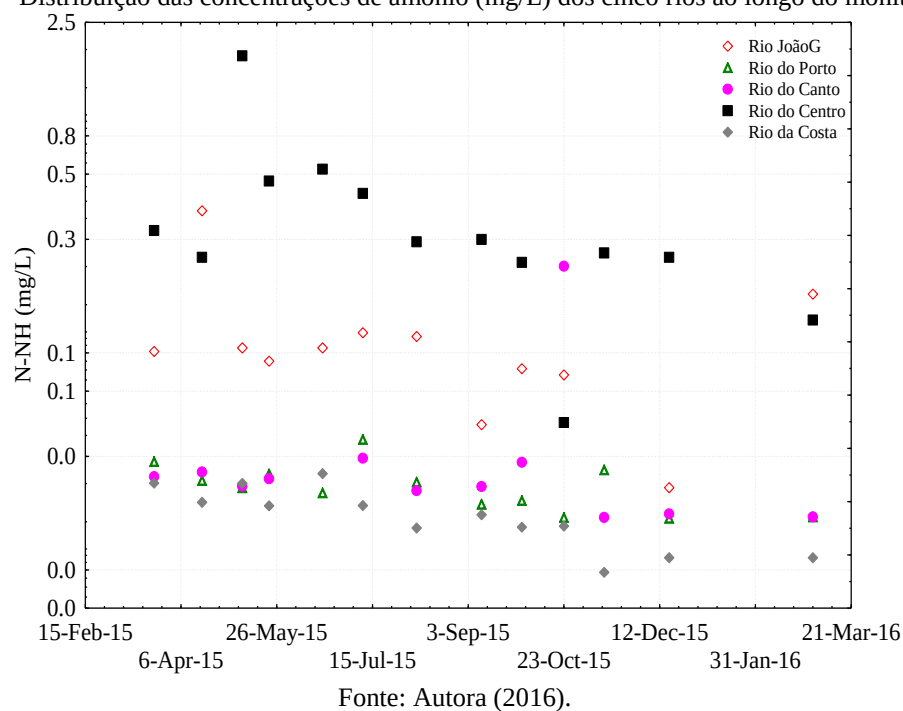
A concentração de amônio variou nas cinco sub-bacias ao longo do período de coleta. De uma forma geral, o rio do Centro apresentou as maiores concentrações deste nutriente, com média geométrica de 0,25 mg/L, e o rio da Costa as menores concentrações, com média geométrica de 0,01 mg/L (Tabela 16). A distribuição dos valores das concentrações ao longo do monitoramento está disposta na Figura 14.

Tabela 16 - Concentrações mínimas, máximas e médias geométricas de amônio (N-NH em mg/L) para os cinco rios monitorados.

	N-NH (mg/L)		
	Mínimo	Máximo	Média Geométrica
Canto	0,01	0,18	0,02
Centro	0,03	1,75	0,25
Costa	0,007	0,02	0,01
João G.	0,01	0,34	0,07
Porto	0,01	0,03	0,01

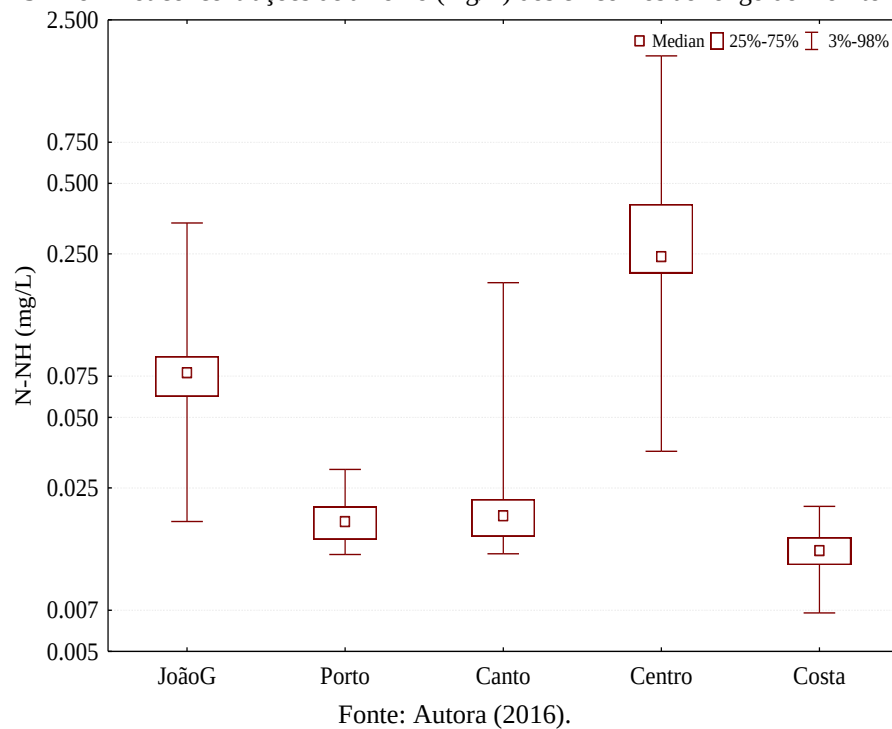
Fonte: Autora (2016).

Figura 14 - Distribuição das concentrações de amônio (mg/L) dos cinco rios ao longo do monitoramento.



Apesar das variações nas concentrações deste nutriente, a partir do Figura 15 é possível visualizar três grupos de concentrações distintas, um formado pelo rio João Gualberto, seguido do Centro e outro formado pelos rios do Canto, da Costa e do Porto.

Figura 15 - Box Plot concentrações de amônio (mg/L) dos cinco rios ao longo do monitoramento.



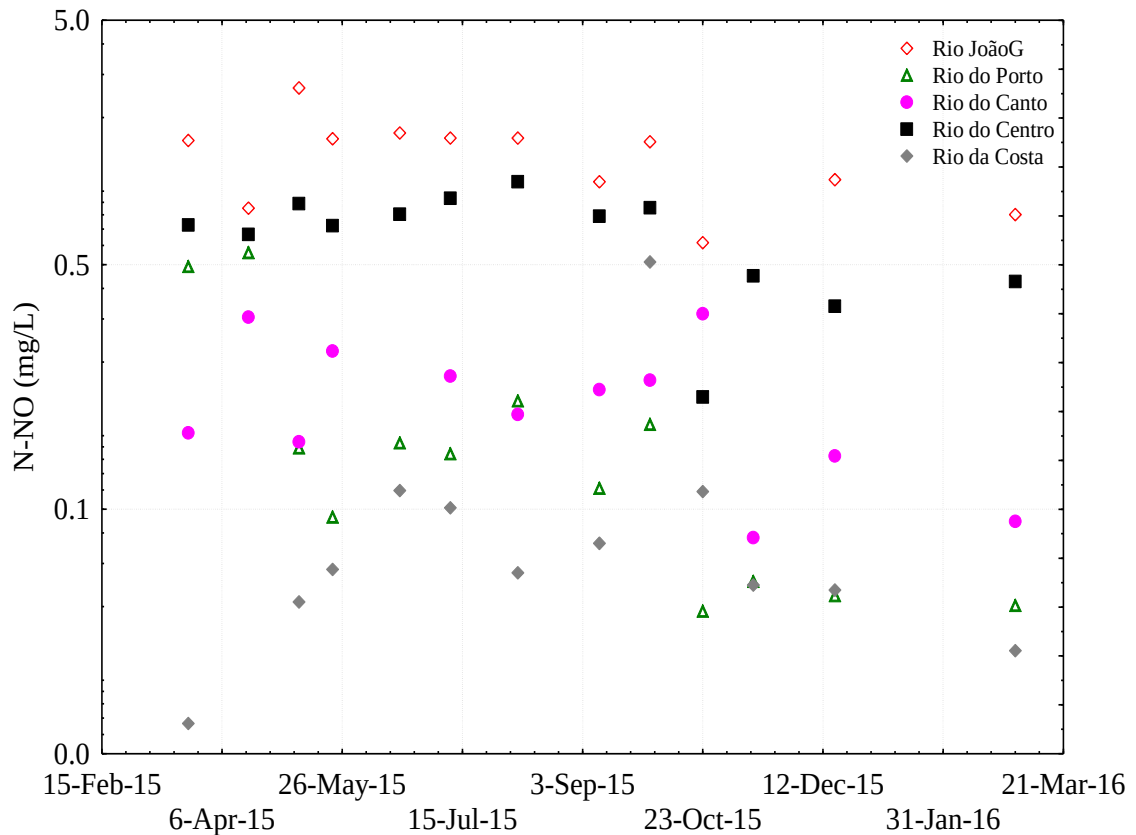
Assim como para o amônio, as concentrações de nitrato variaram entre as sub-bacias (Figura 16), apresentando concentrações médias de 1,31 mg/L no rio João Gualberto e de 0,03 mg/L no rio da Costa da Lagoa (Tabela 17).

Tabela 17 - Concentrações mínimas, máximas e médias geométricas de nitrato (N-NO em mg/L) para os cinco rios monitorados.

N-NO (mg/L)			
	Mínimo	Máximo	Média Geométrica
Canto	0,03	0,31	0,13
Centro	0,14	1,09	0,61
Costa	0,007	0,51	0,03
João G.	0,61	2,64	1,31
Porto	0,01	0,56	0,07

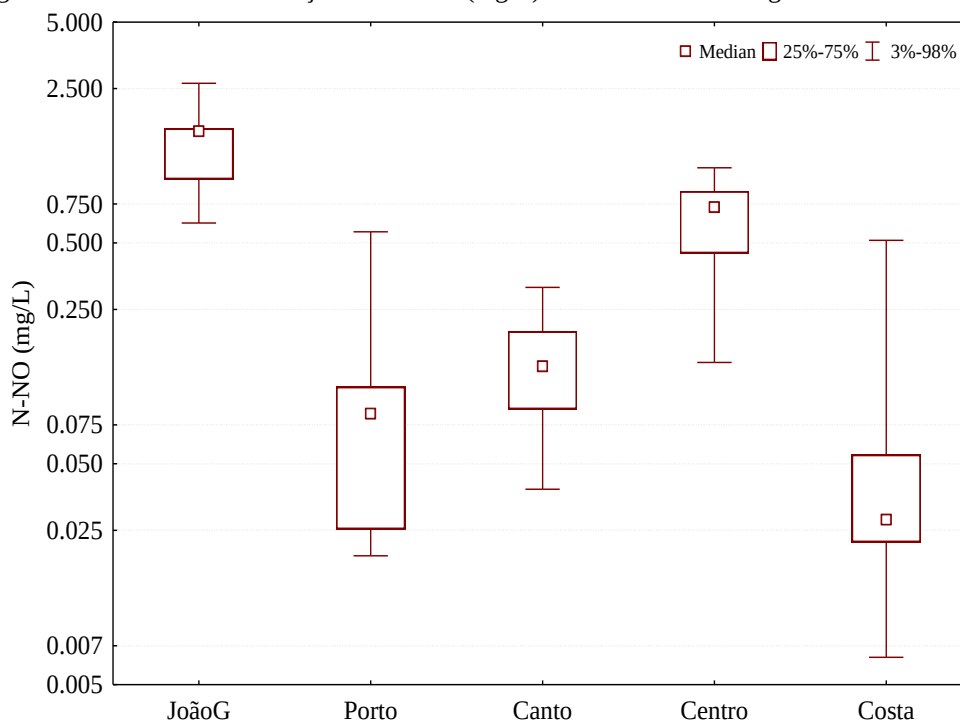
Fonte: Autora (2016).

Figura 16 - Distribuição das concentrações de nitrato (mg/L) dos cinco rios ao longo do monitoramento.



Os valores encontrados para as concentrações de nitrato são superiores aos encontrados para o amônio e a formação de dois grupos distintos também é observada, seguindo a conformação das concentrações de amônio (Figura 17).

Figura 17 - Box Plot concentrações de nitrato (mg/L) dos cinco rios ao longo do monitoramento.



Fonte: Autora (2016).

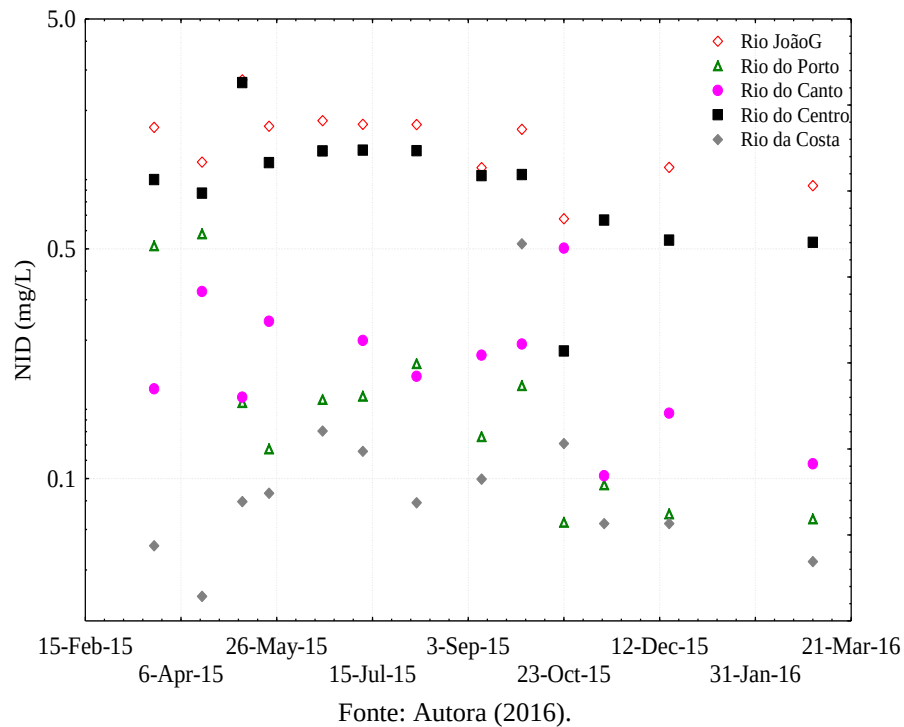
O NID (Figura 18), representado pelo somatório das concentrações de amônio e nitrato, apresentou média máxima no rio João Gualberto, 1,42 mg/L, e média mínima na Costa, 0,04 mg/L (Tabela 18).

Tabela 18 - Concentrações mínimas, máximas e médias geométricas de NID (mg/L) para os cinco rios monitorados.

NID (mg/L)			
	Mínimo	Máximo	Média Geométrica
Canto	0,05	0,50	0,15
Centro	0,18	2,64	0,89
Costa	0,01	0,52	0,04
João G.	0,67	2,72	1,42
Porto	0,03	0,58	0,09

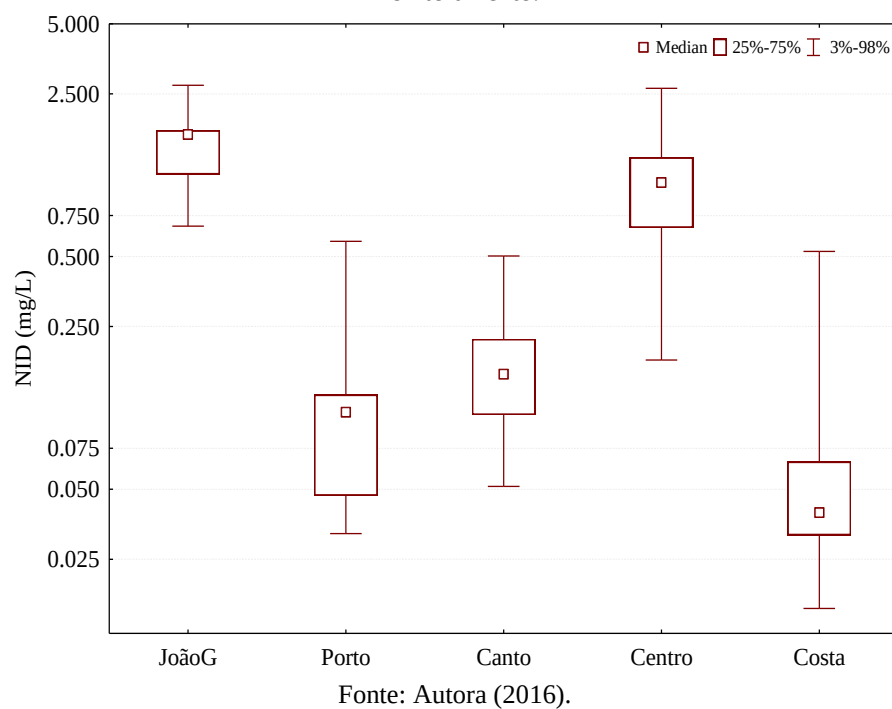
Fonte: Autora (2016).

Figura 18 - Distribuição das concentrações de nitrogênio inorgânico dissolvido (mg/L) dos cinco rios ao longo do monitoramento.



As concentrações de NID são dominadas pela forma oxidada de nitrogênio e o Box Plot destas (Figura 19) reflete a distribuição dos valores entre dois grupos, já identificados nos demais compostos nitrogenados.

Figura 19 - Box Plot concentrações de nitrogênio inorgânico dissolvido (mg/L) dos cinco rios ao longo do monitoramento.



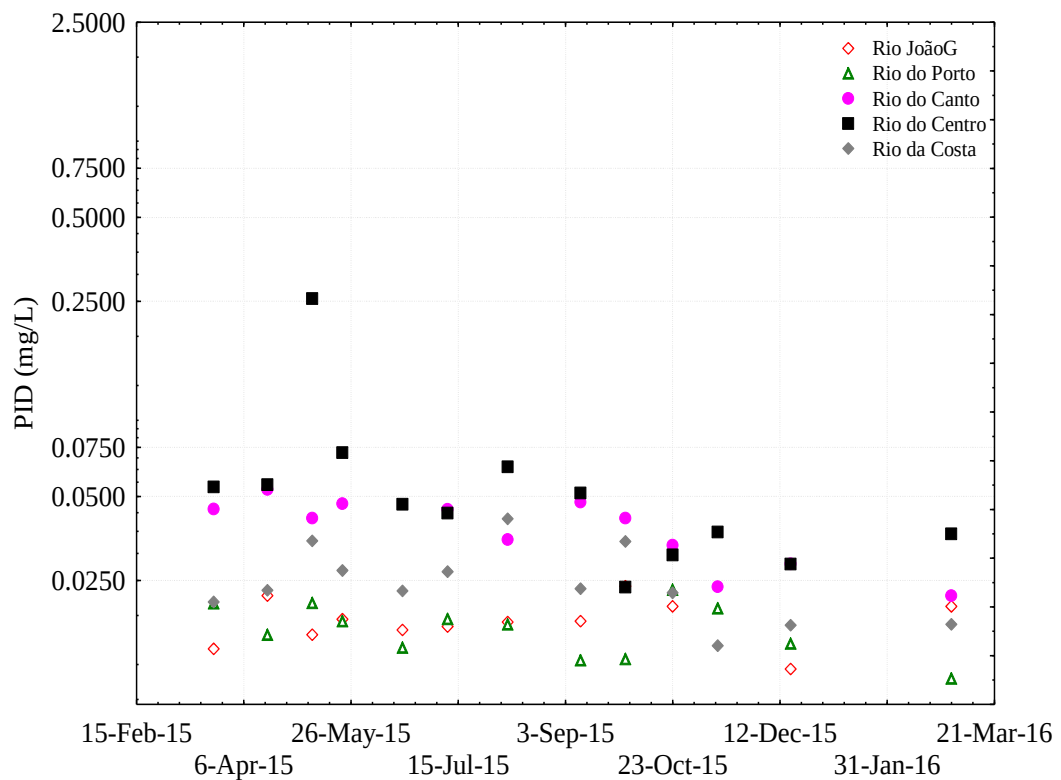
A distribuição das concentrações de fósforo ao longo do período de monitoramento está disposta na Figura 20. As maiores e menores médias de concentrações de PID foram encontradas no rio do Centro da Lagoa, 0,05 mg/L, e no rio do Porto, 0,01 mg/L, respectivamente (Tabela 19).

Tabela 19 - Concentrações mínimas, máximas e médias geométricas de PID (mg/L) para os cinco rios monitorados.

PID (mg/L)			
	Mínimo	Máximo	Média Geométrica
Canto	0,02	0,05	0,03
Centro	0,02	0,25	0,05
Costa	0,01	0,04	0,02
João G.	0,01	0,02	0,01
Porto	0,01	0,02	0,01

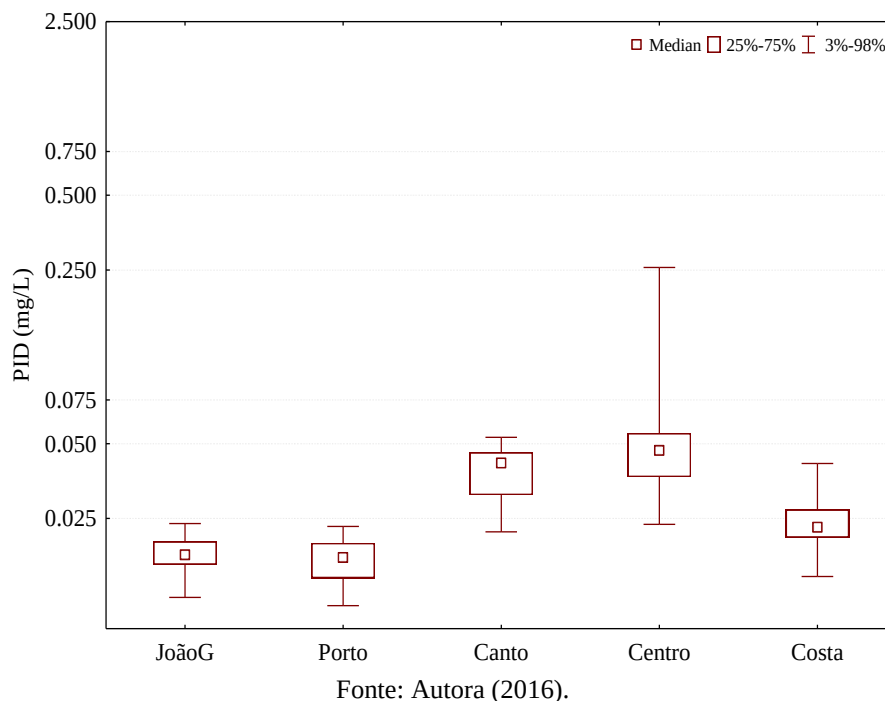
Fonte: Autora (2016).

Figura 20 - Distribuição das concentrações de fósforo inorgânico dissolvido (mg/L) dos cinco rios ao longo do monitoramento.



Para as concentrações de PID o box plot (Figura 21) ilustra a distribuição das concentrações entre dois grupos homogêneos, as maiores concentrações nos rios do Canto, Centro e Costa e as menores nos rios do Porto e João Gualberto.

Figura 21 - Box Plot concentrações de fósforo inorgânico dissolvido (mg/L) dos cinco rios ao longo do monitoramento.



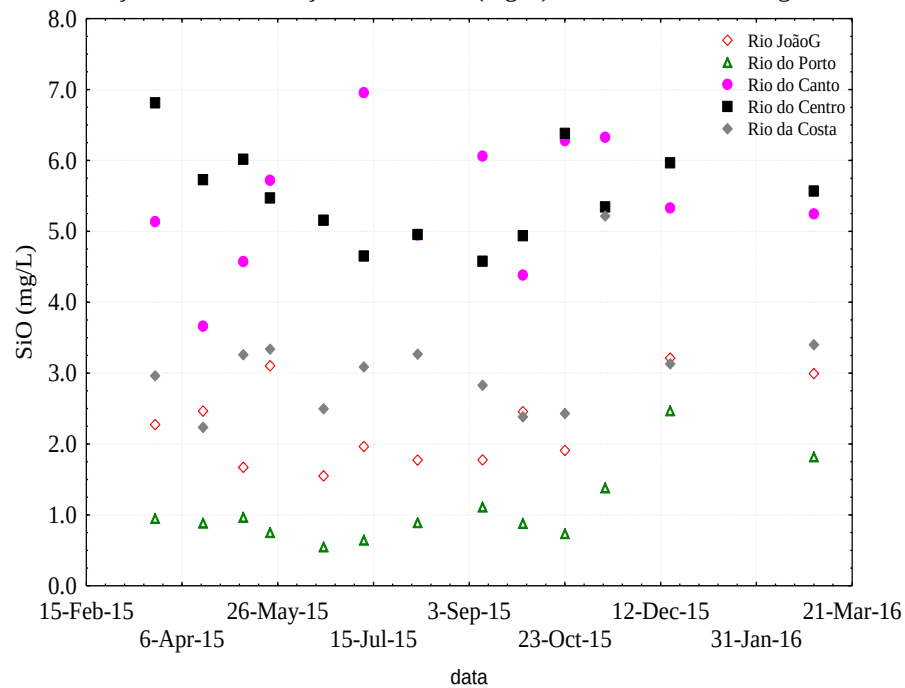
A distribuição do silicato ao longo do monitoramento está disposta na Figura 22. A concentração média mais robusta foi encontrada no rio do Centro da Lagoa (5,47 mg/L), com pouca diferença para a do rio do Canto (5,31 mg/L), e a menor no Porto da Lagoa (0,99 mg/L) (Tabela 20).

Tabela 20 - Concentrações mínimas, máximas e médias geométricas de silicato (mg/L) para os cinco rios monitorados.

SiO (mg/L)			
	Mínimo	Máximo	Média Geométrica
Canto	3,66	6,95	5,31
Centro	4,58	6,81	5,47
Costa	2,23	5,2'	3,01
João G.	1,55	3,21	2,20
Porto	0,54	2,47	0,99

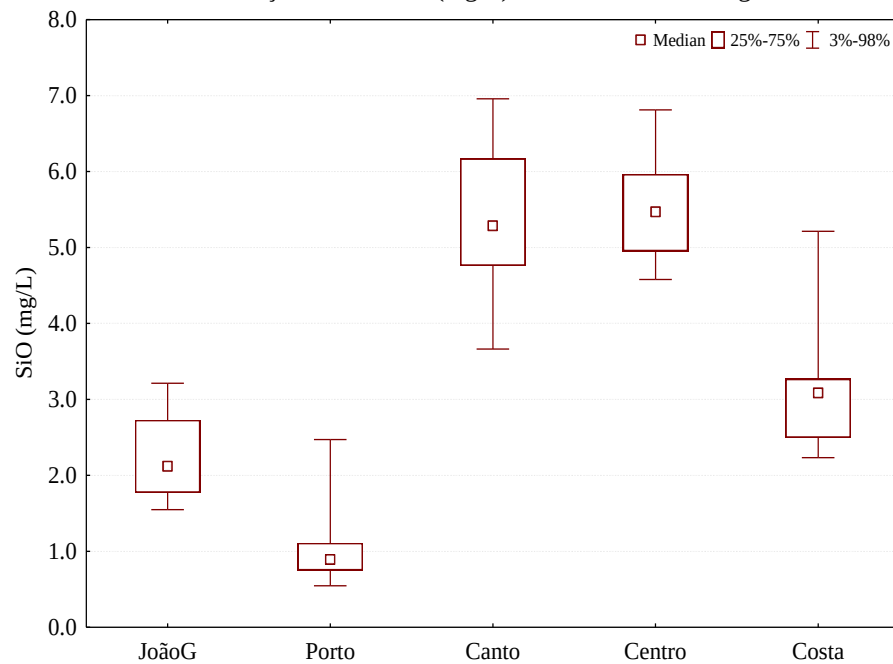
Fonte: Autora (2016).

Figura 22 - Distribuição das concentrações de silicato (mg/L) dos cinco rios ao longo do monitoramento.



Assim como para as concentrações de PID, o box plot a seguir (Figura 23) ilustra a distribuição das concentrações de silicato entre dois grupos homogêneos - as maiores concentrações nos rios do Canto, Centro e Costa e as menores nos rios do Porto e João Gualberto.

Figura 23 - Box Plot concentrações de silicato (mg/L) dos cinco rios ao longo do monitoramento.



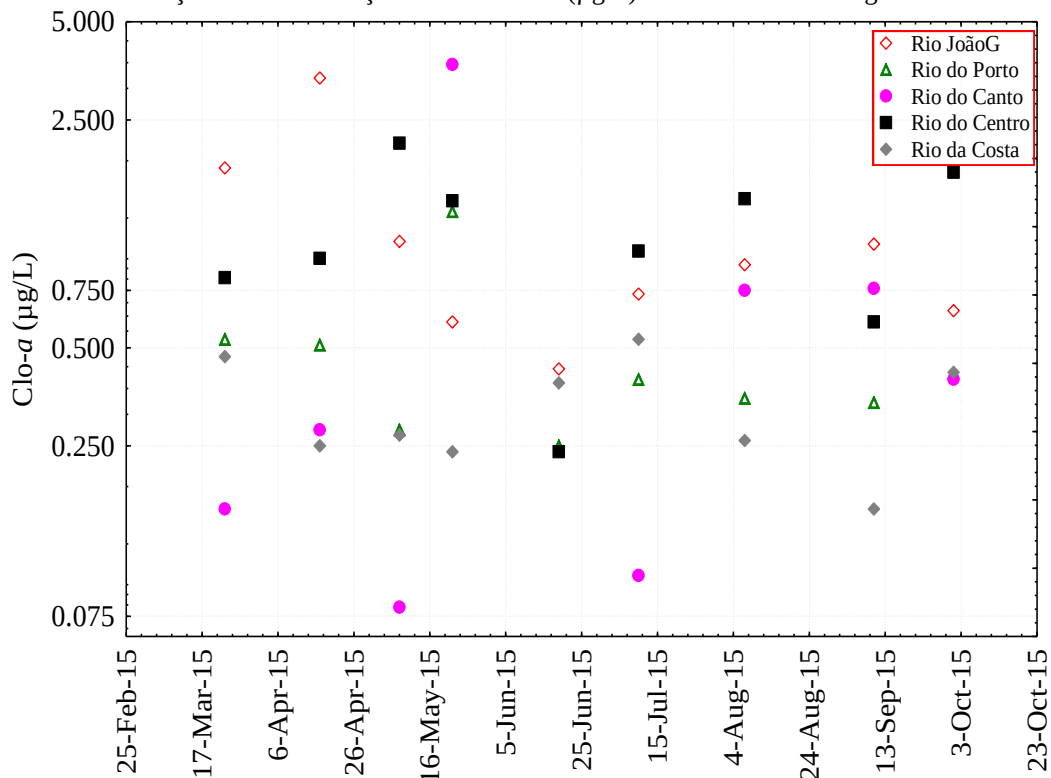
A distribuição da concentração da clorofila *a* durante nove campanhas de monitoramento (23/03 a 01/10/15) está disposta na Figura 24. A menor média das concentrações foi obtida no rio da Costa (0,311 µg/L) e a maior no rio do Centro (0,977 µg/L) (Tabela 18).

Tabela 21 - Concentrações mínimas, máximas e médias geométricas de clorofila-*a* (µg/L) para os cinco rios monitorados.

Clorofila- <i>a</i> (µg/L)			
	Mínimo	Máximo	Média Geométrica
Canto	0,08	3,70	0,36
Centro	0,24	2,12	0,97
Costa	0,16	0,53	0,31
João G.	0,43	3,36	0,96
Porto	0,25	1,31	0,43

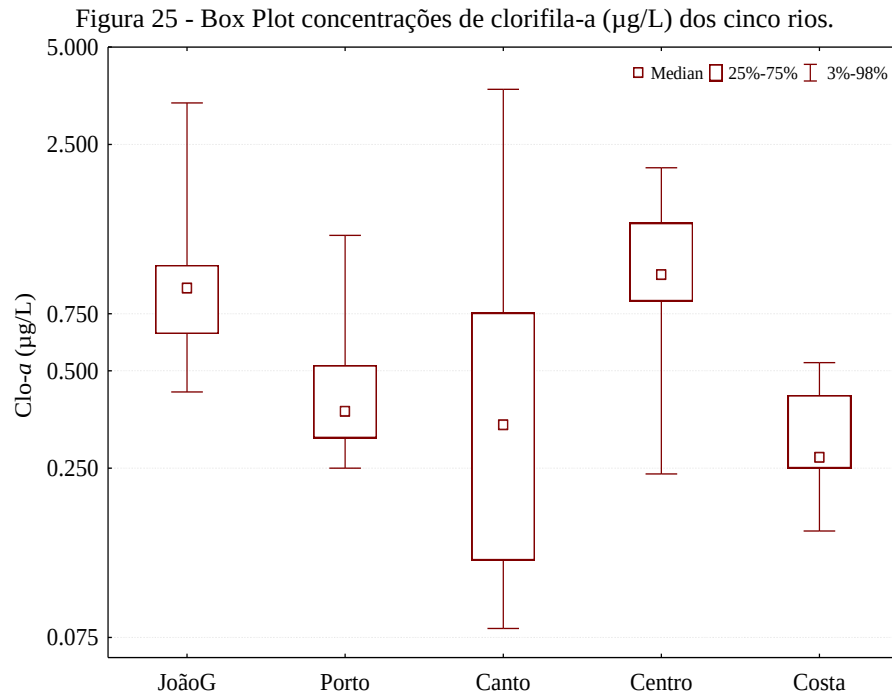
Fonte: Autora (2016).

Figura 24 - Distribuição das concentrações de clorofila-*a* (µg/L) dos cinco rios ao longo do monitoramento.



Fonte: Autora (2016).

Como ilustrado na Figura 25, as concentrações de clorofila-*a* se encontram em uma mesma faixa de valores para todos os rios monitorados.



Fonte: Autora (2016).

4.4 CARGAS DIÁRIAS DE NUTRIENTES

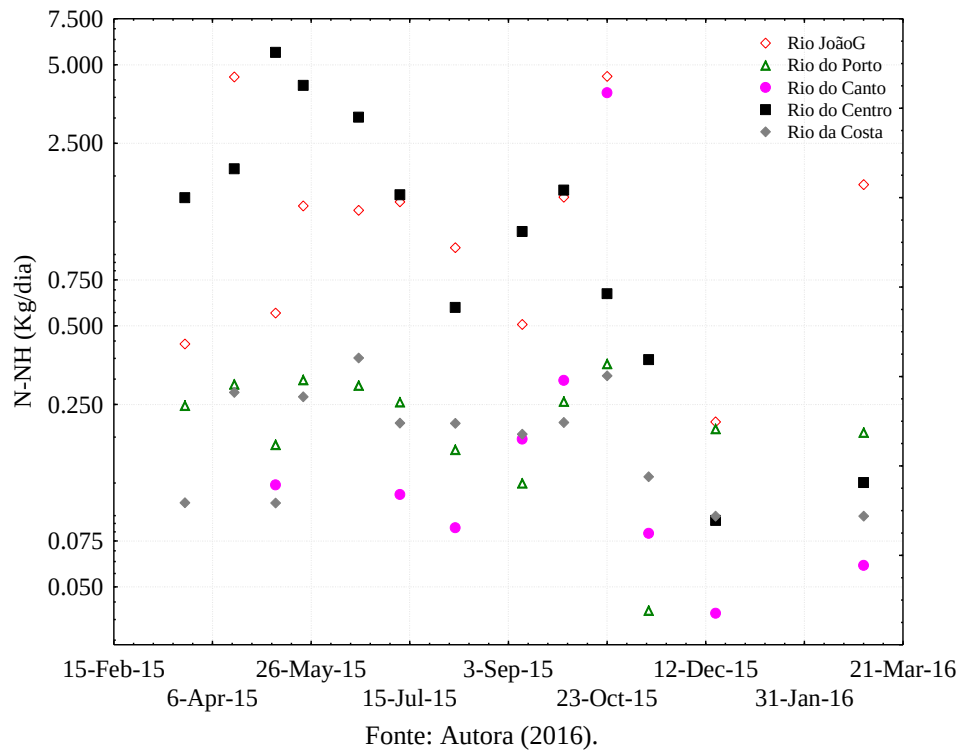
As menores médias de carga diária de amônio foram lançadas pelos rios do Canto, equivalente a 0,15 Kg/dia e a maior média de carga diária pelo rio João Gualberto (1,13 Kg/dia) como mostra a Tabela 22. A distribuição das cargas deste nutriente está disposta na Figura 26.

Tabela 22 - Cargas mínimas, máximas e médias geométricas de amônio (Kg/dia) para os cinco rios monitorados.

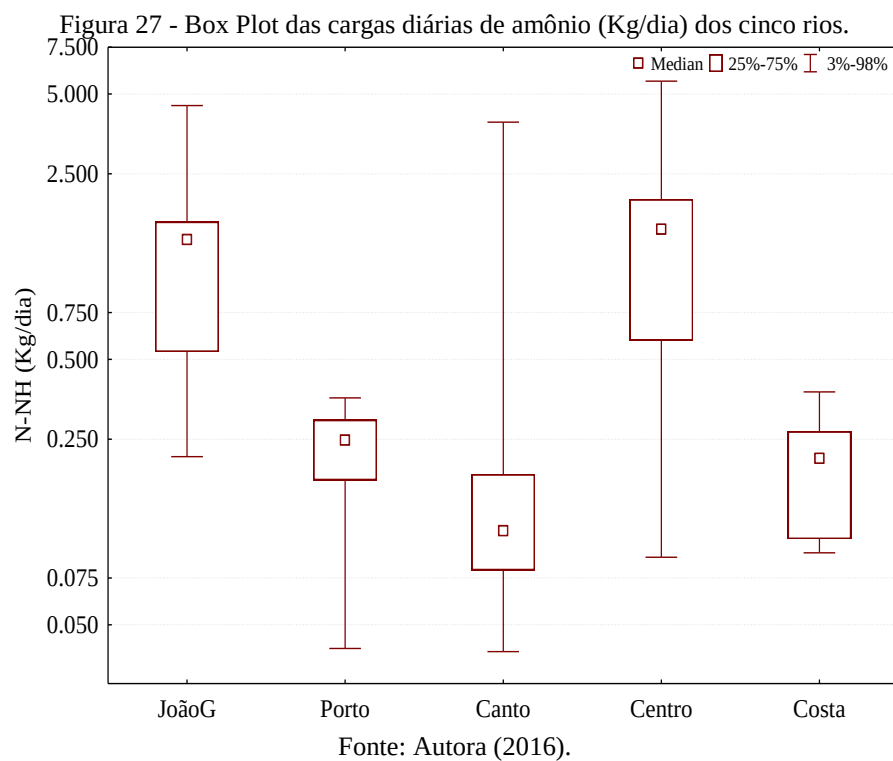
N-NH (Kg/dia)			
	Mínimo	Máximo	Média Geométrica
Canto	0,04	3,91	0,15
Centro	0,09	5,58	1,01
Costa	0,09	0,38	0,18
João G.	0,21	4,52	1,13
Porto	0,04	0,36	0,20

Fonte: Autora (2016).

Figura 26 - Distribuição das cargas diárias de amônio (Kg/dia) dos cinco rios ao longo do monitoramento.



Assim como para as concentrações de amônio, suas cargas diárias podem ser distribuídas em dois grupos de valores constantes, um formado pelo rio do Centro e João Gualberto e outro pelos demais rios (Figura 27).



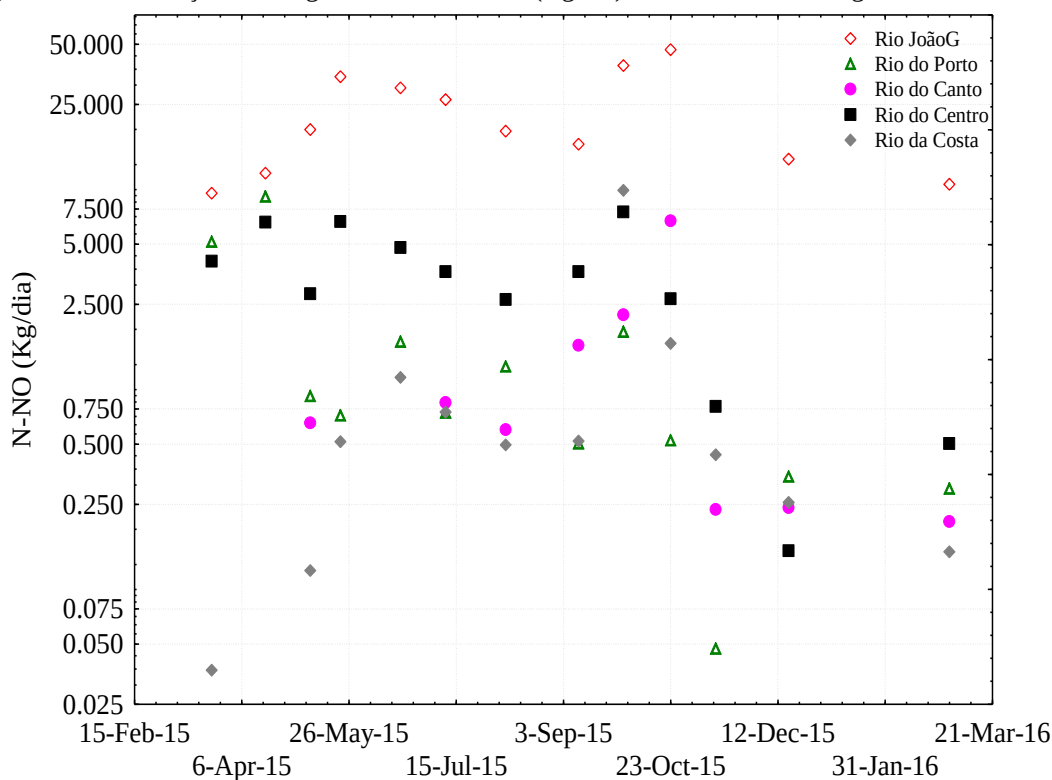
O rio João Gualberto é o responsável pela drenagem de 19,84 Kg/dia de nitrato, em média, na Lagoa da Conceição, por outro lado, o rio da Costa da Lagoa contribui apenas com 0,47 Kg/dia deste nutriente, como mostra a Tabela 23. A distribuição do lançamento das cargas de nitrato está apresentada na Figura 28.

Tabela 23 - Cargas mínimas, máximas e médias geométricas de nitrato (Kg/dia) para os cinco rios monitorados.

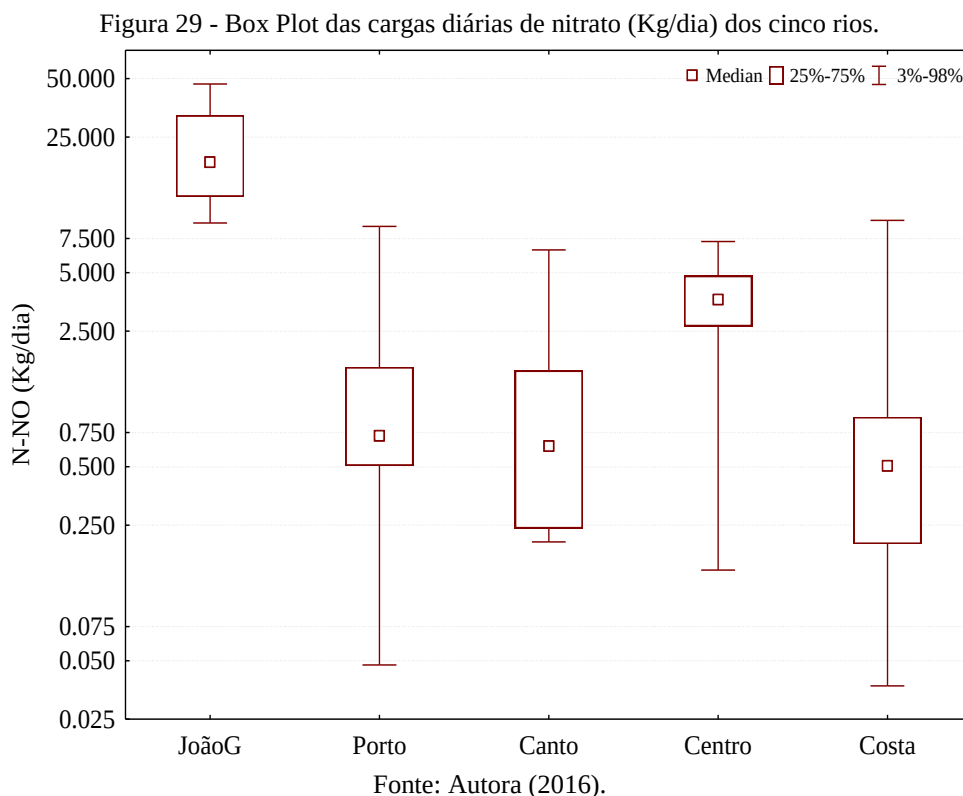
N-NO (Kg/dia)			
	Mínimo	Máximo	Média Geométrica
Canto	0,20	6,55	0,76
Centro	0,15	7,24	2,41
Costa	0,04	9,30	0,47
João G.	9,01	46,89	19,84
Porto	0,05	8,66	0,83

Fonte: Autora (2016).

Figura 28 - Distribuição das cargas diárias de nitrato (Kg/dia) dos cinco rios ao longo do monitoramento.



O Box Plot das cargas diárias de nitrato indica três grupos distintos, sendo o João Gualberto seguido pelo rio do Centro, e por fim, na mesma faixa de lançamento de cargas diárias, os rios do Canto, Costa e Porto (Figura 29).



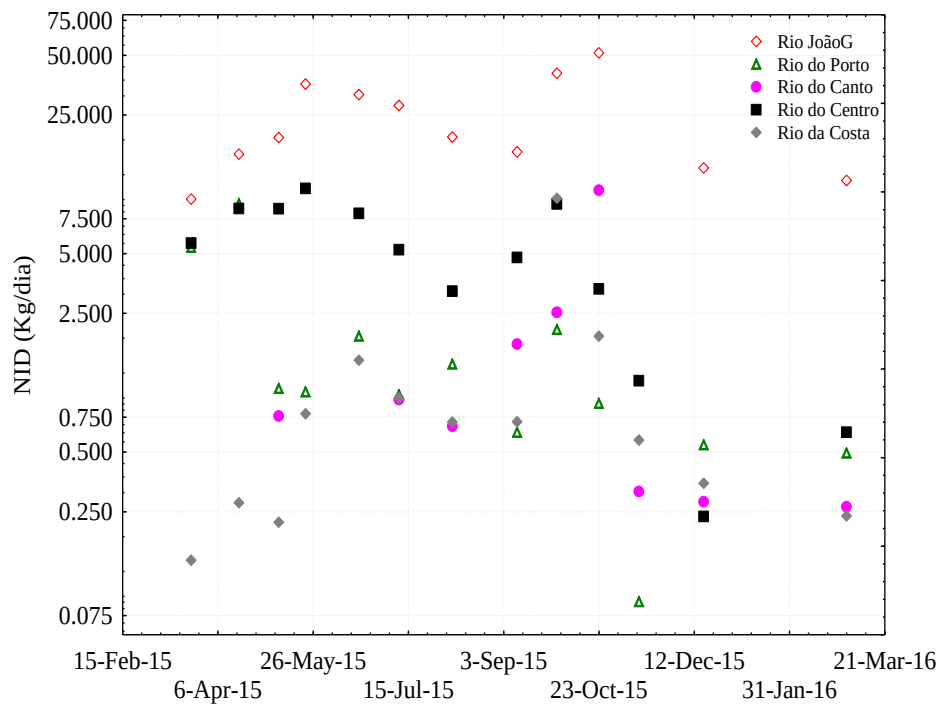
Sendo o NID dominado por nitrato nos rios monitorados, as maiores cargas diárias médias foram obtidas no rio João Gualberto, 21,46 Kg/dia, e as menores no rio da Costa, 0,66 Kg/dia (Tabela 24). A distribuição dos valores de carga diária drenados pelas sub-bacias ao longo do monitoramento está disposta na Figura 30.

Tabela 24 - Cargas mínimas, máximas e médias geométricas de NID (Kg/dia) para os cinco rios monitorados.

	NID (Kg/dia)		
	Mínimo	Máximo	Média Geométrica
Canto	0,27	10,46	0,93
Centro	0,24	10,66	3,54
Costa	0,14	9,51	0,66
João G.	9,44	51,41	21,46
Porto	0,09	8,96	1,11

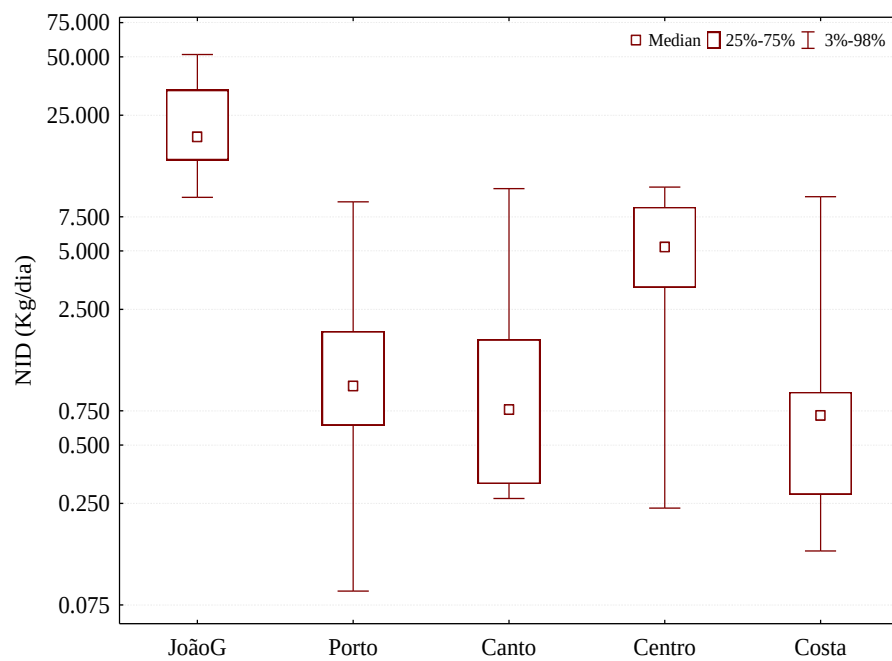
Fonte: Autora (2016).

Figura 30 - Distribuição das cargas diárias de nitrogênio inorgânico dissolvido (Kg/dia) dos cinco rios ao longo do monitoramento.



O Box Plot das cargas diárias de NID ilustra uma distinção na drenagem de compostos nitrogenados: o rio João Gualberto, seguido pelo rio do Centro e pelos demais (Figura 31).

Figura 31 - Box Plot das cargas diárias de nitrogênio inorgânico dissolvido (Kg/dia) dos cinco rios.



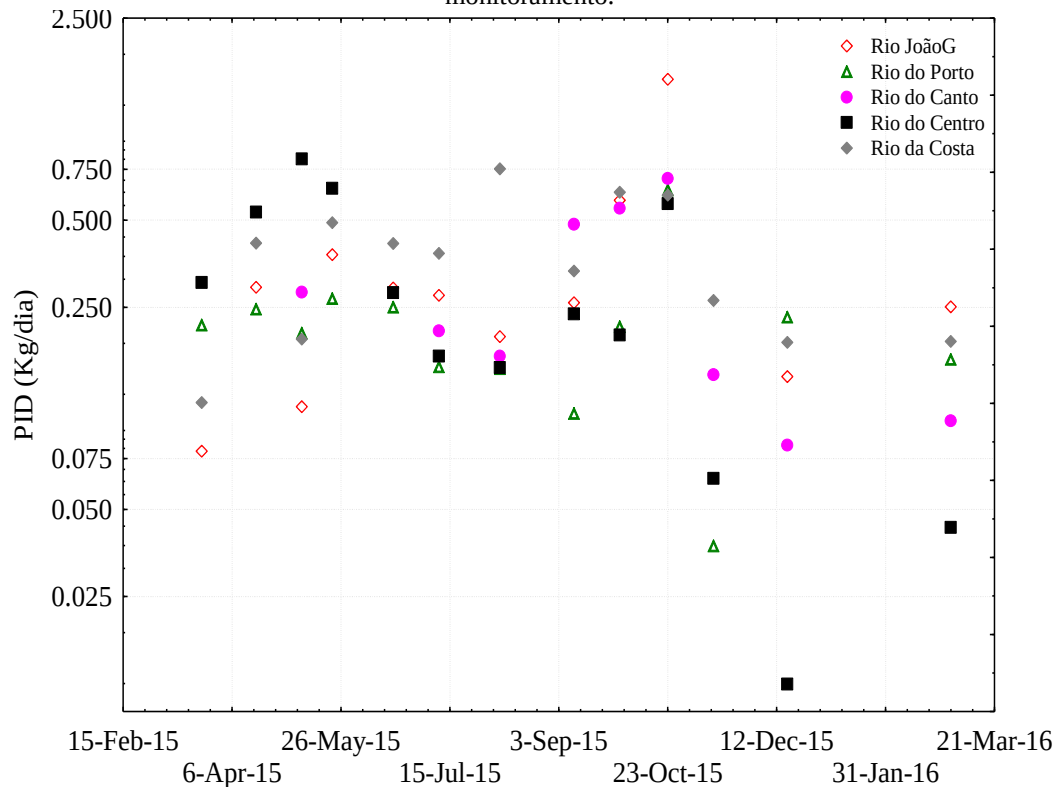
As cargas diárias máximas de PID são lançadas pelo rio da Costa da Lagoa, 0,34 Kg/dia e as mínimas pelo rio do Porto, 0,19 Kg/dia (Tabela 25). A distribuição dos lançamentos ao longo do período de monitoramento está indicada na Figura 32.

Tabela 25 - Cargas mínimas, máximas e médias geométricas de PID (Kg/dia) para os cinco rios monitorados.

PID (Kg/dia)			
	Mínimo	Máximo	Média Geométrica
Canto	0,08	0,70	0,24
Centro	0,01	0,82	0,20
Costa	0,12	0,75	0,34
João G.	0,08	1,54	0,27
Porto	0,04	0,64	0,19

Fonte: Autora (2016).

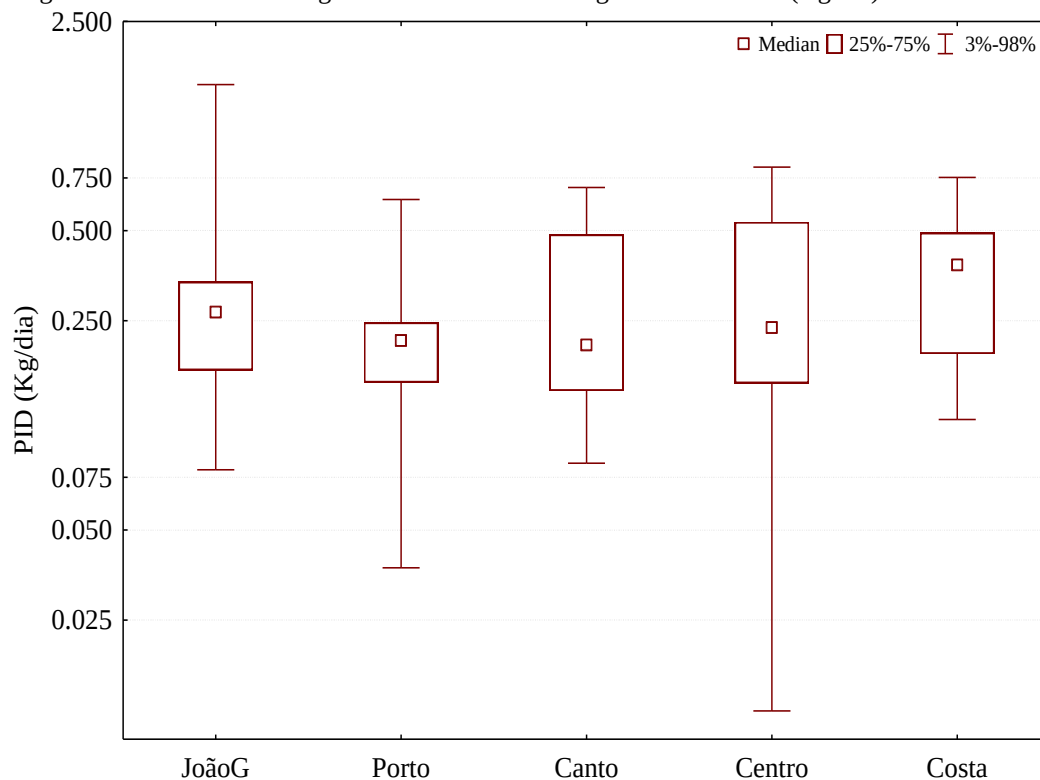
Figura 32 - Distribuição das cargas diárias de fósforo inorgânico dissolvido (Kg/dia) dos cinco rios ao longo do monitoramento.



Fonte: Autora (2016).

A partir do box plot (Figura 33) percebe-se que não há diferenças nos lançamentos das cargas diárias de fósforo inorgânico.

Figura 33 - Box Plot das cargas diárias de fósforo inorgânico dissolvido (Kg/dia) dos cinco rios.



Fonte: Autora (2016).

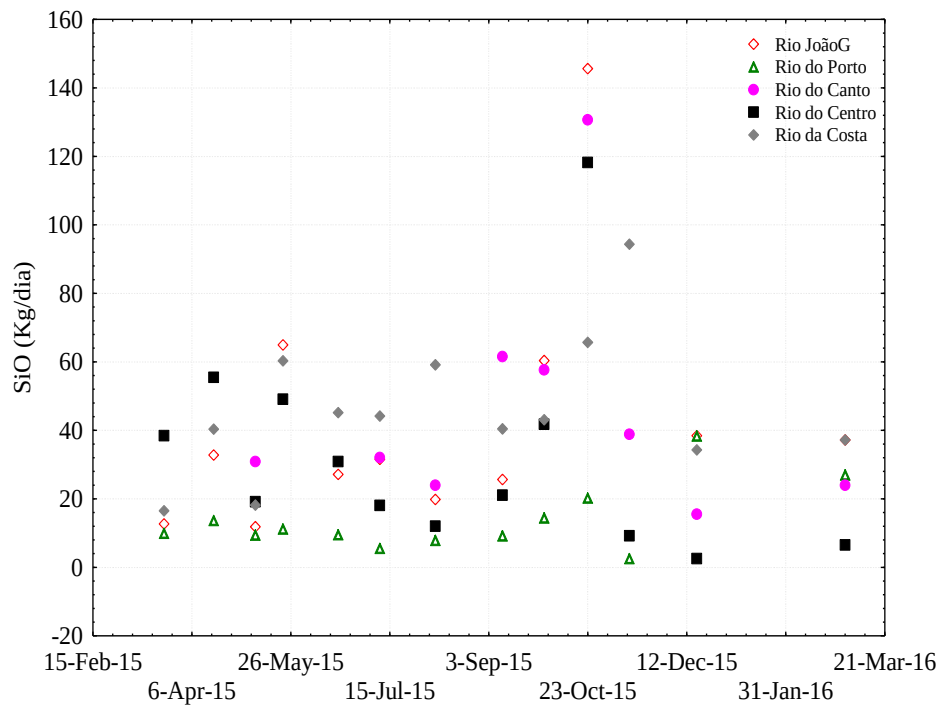
Da mesma forma que para as cargas diárias de fósforo inorgânico, a maior média de carga de silicato foi obtida no rio da Costa da Lagoa e a menor no rio do Porto (Tabela 26). A distribuição das cargas diárias deste nutriente está disposta na Figura 34.

Tabela 26 - Cargas mínimas, máximas e médias geométricas de silicato (Kg/dia) para os cinco rios monitorados.

SiO (Kg/dia)			
	Mínimo	Máximo	Média Geométrica
Canto	15,53	130,67	37,85
Centro	2,59	118,19	21,57
Costa	16,55	94,31	41,81
João G.	11,85	145,64	33,14
Porto	2,60	38,38	11,20

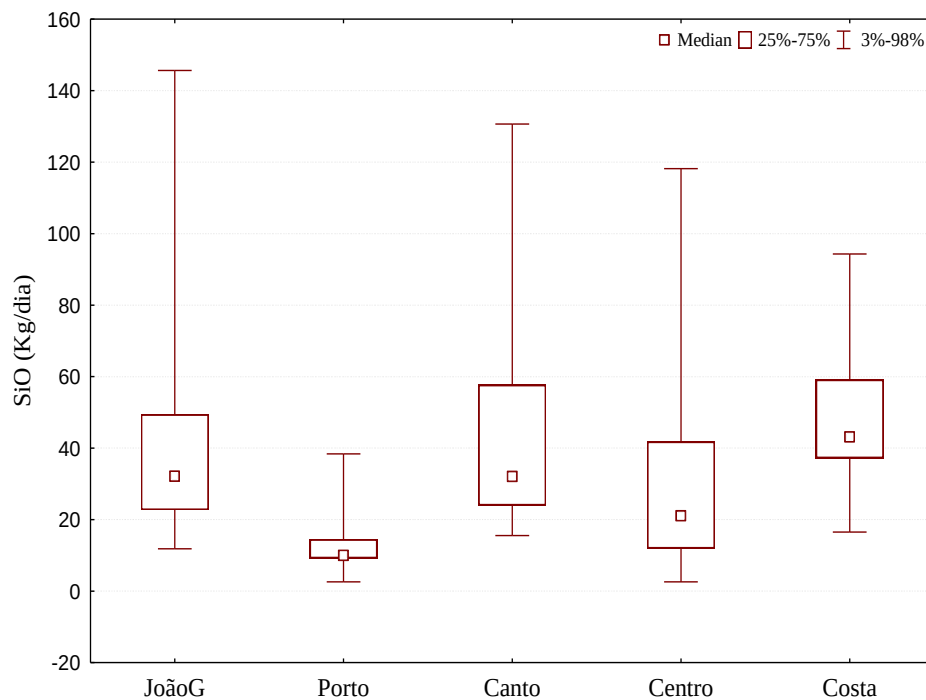
Fonte: Autora (2016).

Figura 34 - Distribuição das cargas diárias de silicato (Kg/dia) dos cinco rios ao longo do monitoramento.



O box plot das cargas de silicato permite a visualização de dois grupos de lançamentos de cargas diárias, aquele formado pelos rios da Costa, Canto e João Gualberto e aquele formado pelo Porto e Centro da Lagoa (Figura 35).

Figura 35 - Box Plot das cargas diárias de silicato (Kg/dia) dos cinco rios.



4.5 CARGAS ESPECÍFICAS DOS NUTRIENTES

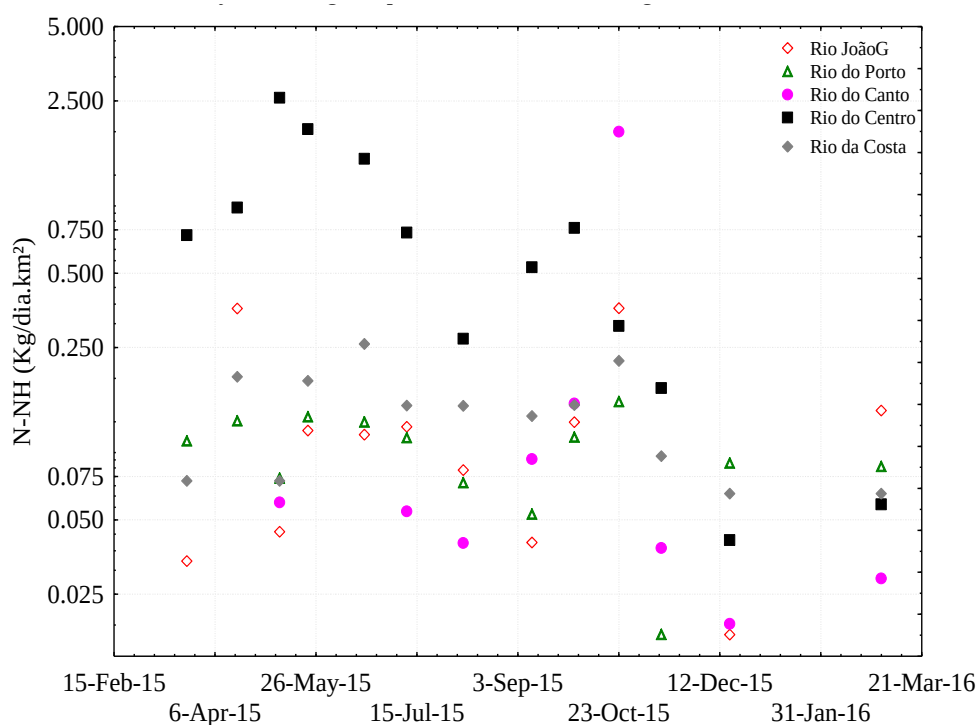
As maiores cargas específicas de amônio são lançadas pelo rio do Centro, 0,46 Kg/dia.km², e as menores são drenadas pelo rio do Canto da Lagoa (Tabela 27). As distribuições dos valores de cargas específicas encontradas ao longo do monitoramento estão dispostas na Figura 36.

Tabela 27 - Cargas específicas mínimas, máximas e médias geométricas de amônio (Kg/dia.km²) para os cinco rios monitorados.

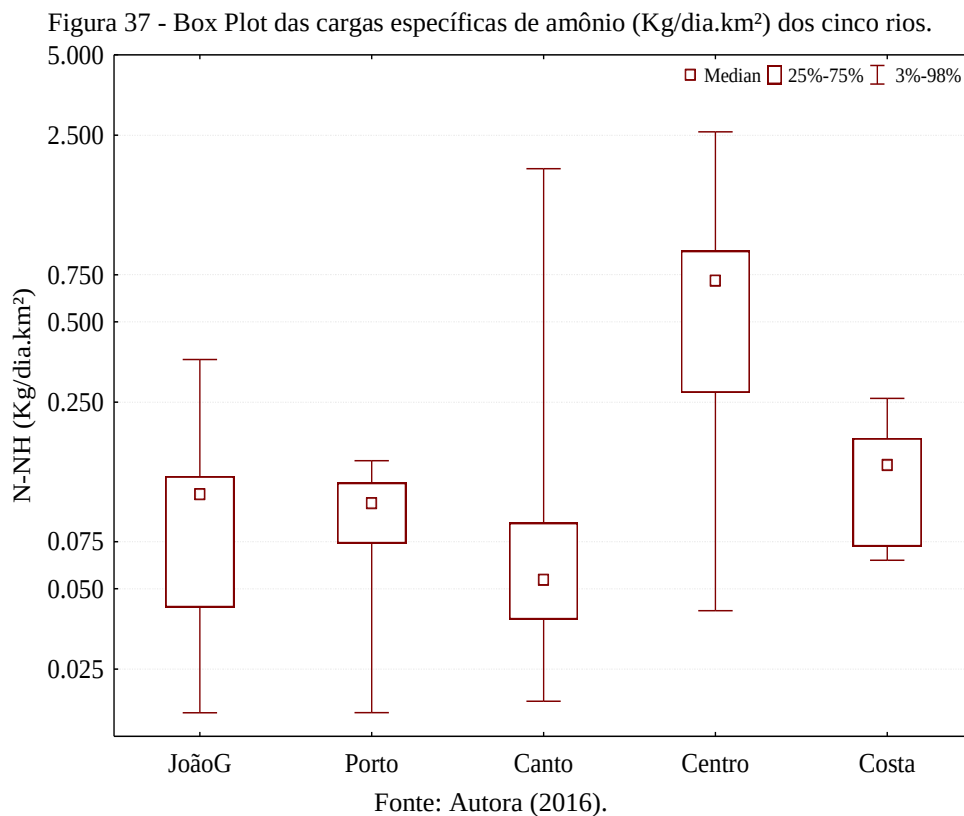
N-NH (Kg/dia.km ²)			
	Mínimo	Máximo	Média Geométrica
Canto	0,02	1,87	0,07
Centro	0,04	2,57	0,46
Costa	0,06	0,26	0,12
João G.	0,02	0,36	0,09
Porto	0,02	0,15	0,09

Fonte: Autora (2016).

Figura 36 - Distribuição das cargas específicas de amônio (Kg/dia.km²) dos cinco rios ao longo do monitoramento.



O box plot apresentado na Figura 37 indica uma distinção nos valores de carga específica do rio do Centro em comparação aos demais.



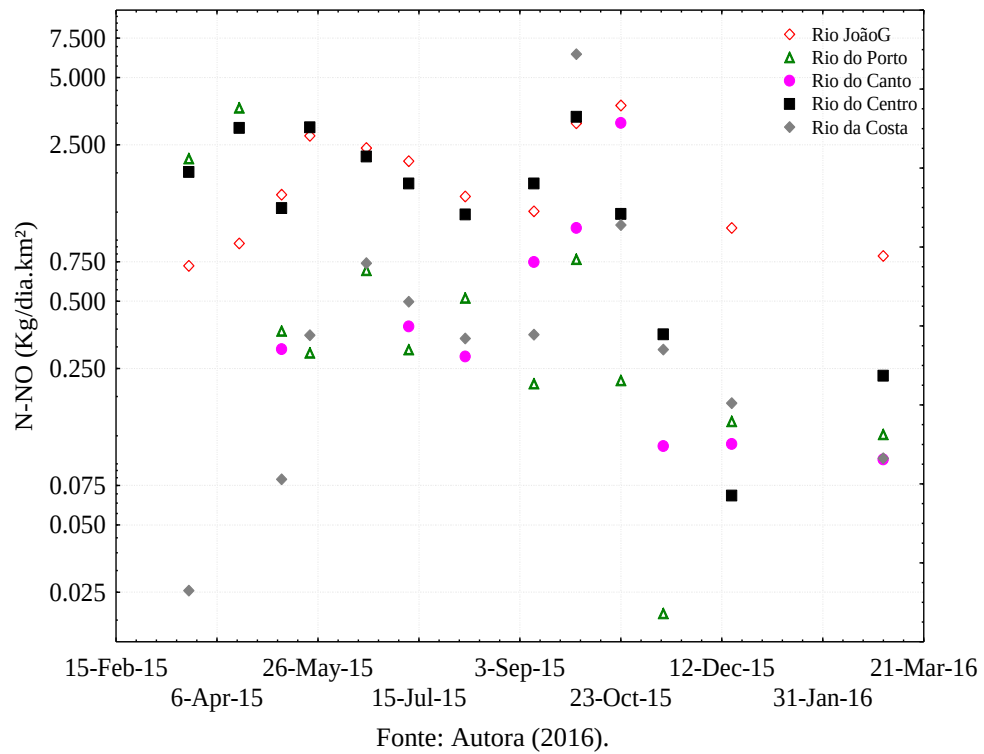
Para as cargas específicas de nitrato, o rio João Gualberto tem a maior média geométrica, de 1,58 Kg/dia.km² e a Costa da Lagoa a menor, 0,32 Kg/dia.km² (Tabela 28). A distribuição dos valores obtidos ao longo do monitoramento está apresentada na Figura 38.

Tabela 28. Cargas específicas mínimas, máximas e médias geométricas de nitrato (Kg/dia.km²) para os cinco rios monitorados.

N-NO (Kg/dia.km ²)			
	Mínimo	Máximo	Média Geométrica
Canto	0,10	3,13	0,36
Centro	0,07	3,34	1,11
Costa	0,03	6,37	0,32
João G.	0,72	3,75	1,58
Porto	0,02	3,65	0,35

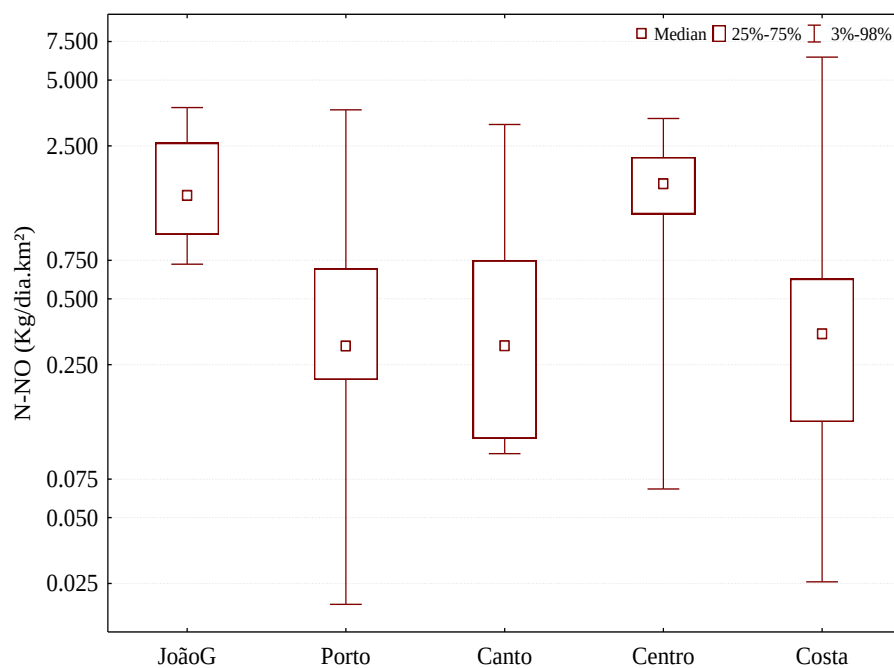
Fonte: Autora (2016).

Figura 38 - Distribuição das cargas específicas de nitrato ($\text{Kg}/\text{dia.km}^2$) dos cinco rios ao longo do monitoramento.



A Figura 39 ilustra a formação de dois grupos de lançamento de cargas específicas de nitrato, um formado pelo rio João Gualberto e rio do Centro e outro formado pelos demais rios.

Figura 39 - Box Plot das cargas específicas de nitrato ($\text{Kg}/\text{dia.km}^2$) dos cinco rios.



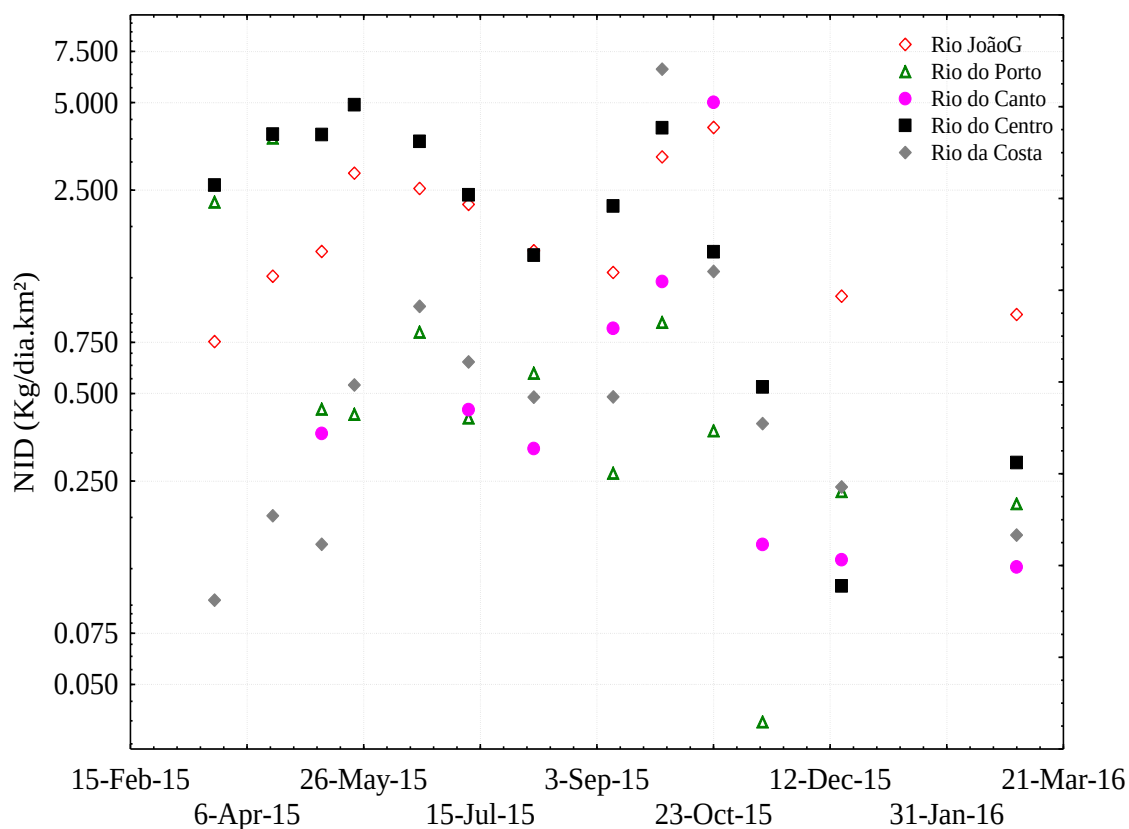
A maior carga específica média de NID foi lançada pelo rio João Gualberto, 1,71 Kg/dia.km², e a menor pelo rio do Canto, 0,44 Kg/dia.km², como indicado na Tabela 29. A distribuição deste nutriente ao longo do monitoramento está disposta na Figura 40.

Tabela 29 - Cargas específicas mínimas, máximas e médias geométricas de NID (Kg/dia.km²) para os cinco rios monitorados.

NID (Kg/dia.km ²)			
	Mínimo	Máximo	Média Geométrica
Canto	0,13	5,01	0,44
Centro	0,11	4,91	1,63
Costa	0,10	6,51	0,45
João G.	0,75	4,11	1,71
Porto	0,04	3,78	0,47

Fonte: Autora (2016).

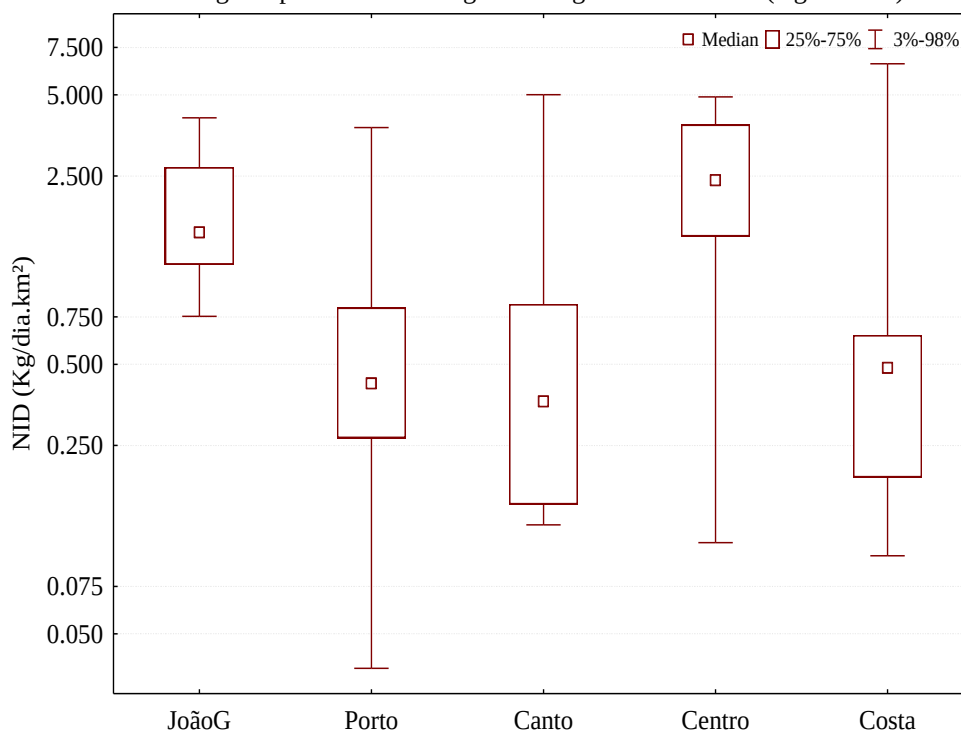
Figura 40 - Distribuição das cargas específicas de nitrogênio inorgânico dissolvido (Kg/dia.km²) dos cinco rios ao longo do monitoramento.



Fonte: Autora (2016).

O box plot apresentado a seguir (Figura 41) ilustra a constância na drenagem das cargas de NID em dois grupos, como observado para os demais compostos nitrogenados: um formado pelos rios do Centro e João Gualberto e outro pelos rios do Canto, da Costa e do Porto.

Figura 41 - Box Plot das cargas específicas de nitrogênio inorgânico dissolvido (Kg/dia.km²) dos cinco rios.



Fonte: Autora (2016).

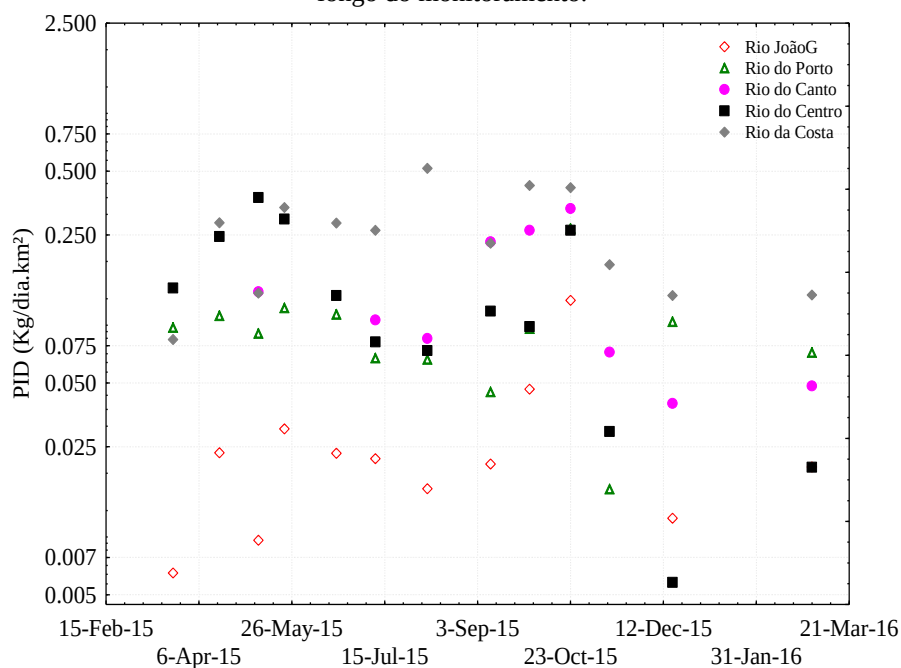
A maior média de cargas específicas de fósforo inorgânico foi lançada pelo rio da Costa da Lagoa ao longo do monitoramento (Figura 42) e a menor carga pelo rio João Gualberto, como indica a Tabela 30.

Tabela 30 - Cargas específicas mínimas, máximas e médias geométricas de PID (Kg/dia.km²) para os cinco rios monitorados.

	PID (Kg/dia.km ²)		
	Mínimo	Máximo	Média Geométrica
Canto	0,04	0,33	0,11
Centro	0,01	0,38	0,09
Costa	0,08	0,52	0,23
João G.	0,01	0,12	0,02
Porto	0,02	0,27	0,08

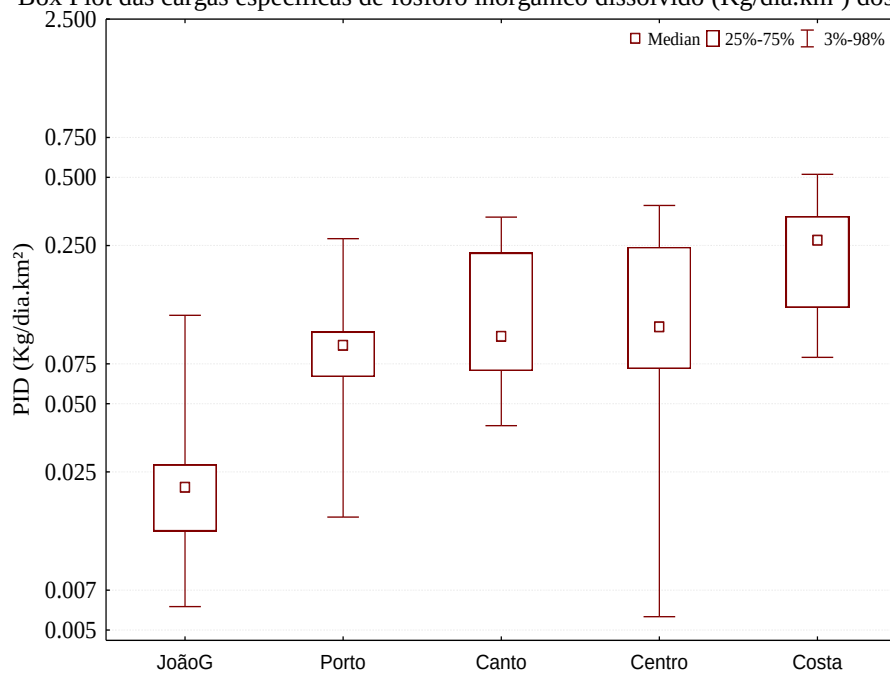
Fonte: Autora (2016).

Figura 42 - Distribuição das cargas específicas de fósforo inorgânico dissolvido (Kg/dia.km²) dos cinco rios ao longo do monitoramento.



O box plot apresentado na Figura 43 ilustra dois patamares de lançamentos de cargas específicas de PID, um formado pelos rios da Costa, Centro, Canto e Porto e o segundo composto apenas pelo rio João Gualberto.

Figura 43 - Box Plot das cargas específicas de fósforo inorgânico dissolvido (Kg/dia.km²) dos cinco rios.



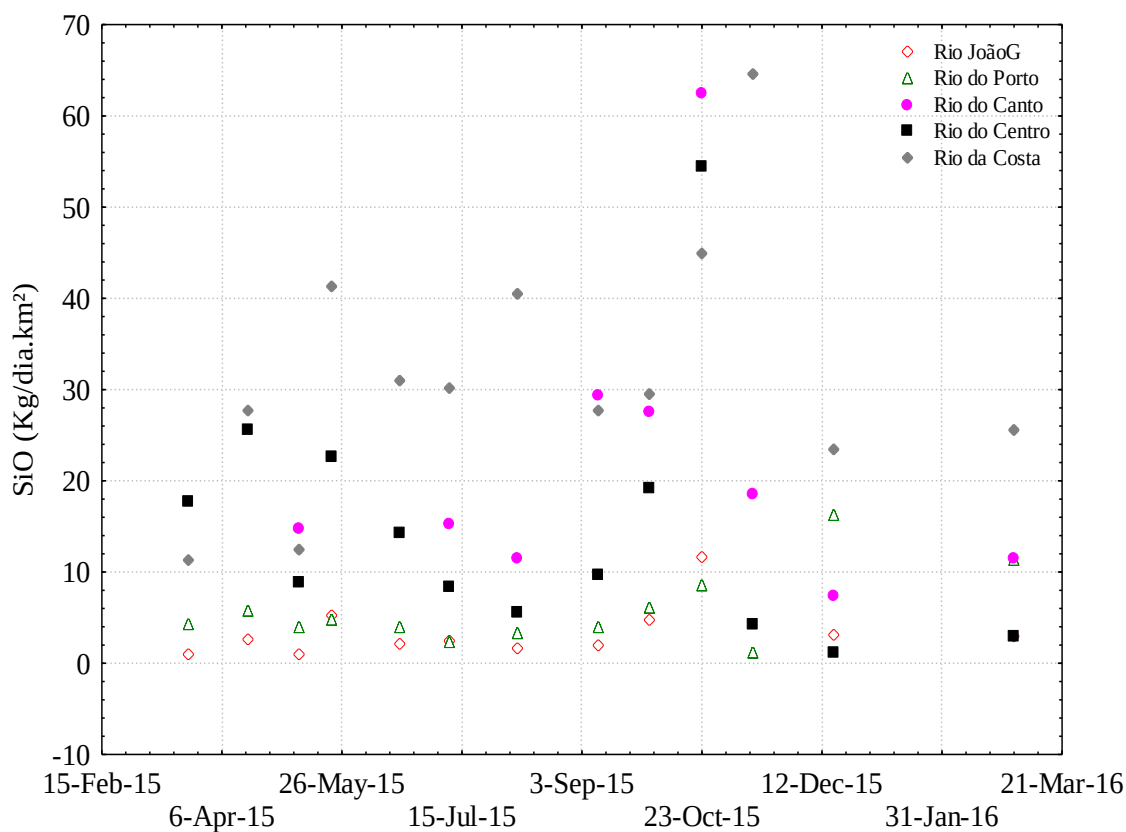
Assim como para o PID, a menor média de carga específica de silicato foi drenada pelo rio João Gualberto, 2,65 Kg/dia.km², e a maior pelo rio da Costa, 28,64 Kg/dia.km², como mostra a Tabela 31. A distribuição dos valores encontrados das cargas específicas deste nutriente está disposta na Figura 44.

Tabela 31 - Cargas específicas mínimas, máximas e médias geométricas de silicato (Kg/dia.km²) para os cinco rios monitorados.

SiO (Kg/dia.km ²)			
	Mínimo	Máximo	Média Geométrica
Canto	7,43	62,52	18,11
Centro	1,19	54,47	9,94
Costa	11,33	64,60	28,64
João G.	0,95	11,63	2,65
Porto	1,10	16,19	4,72

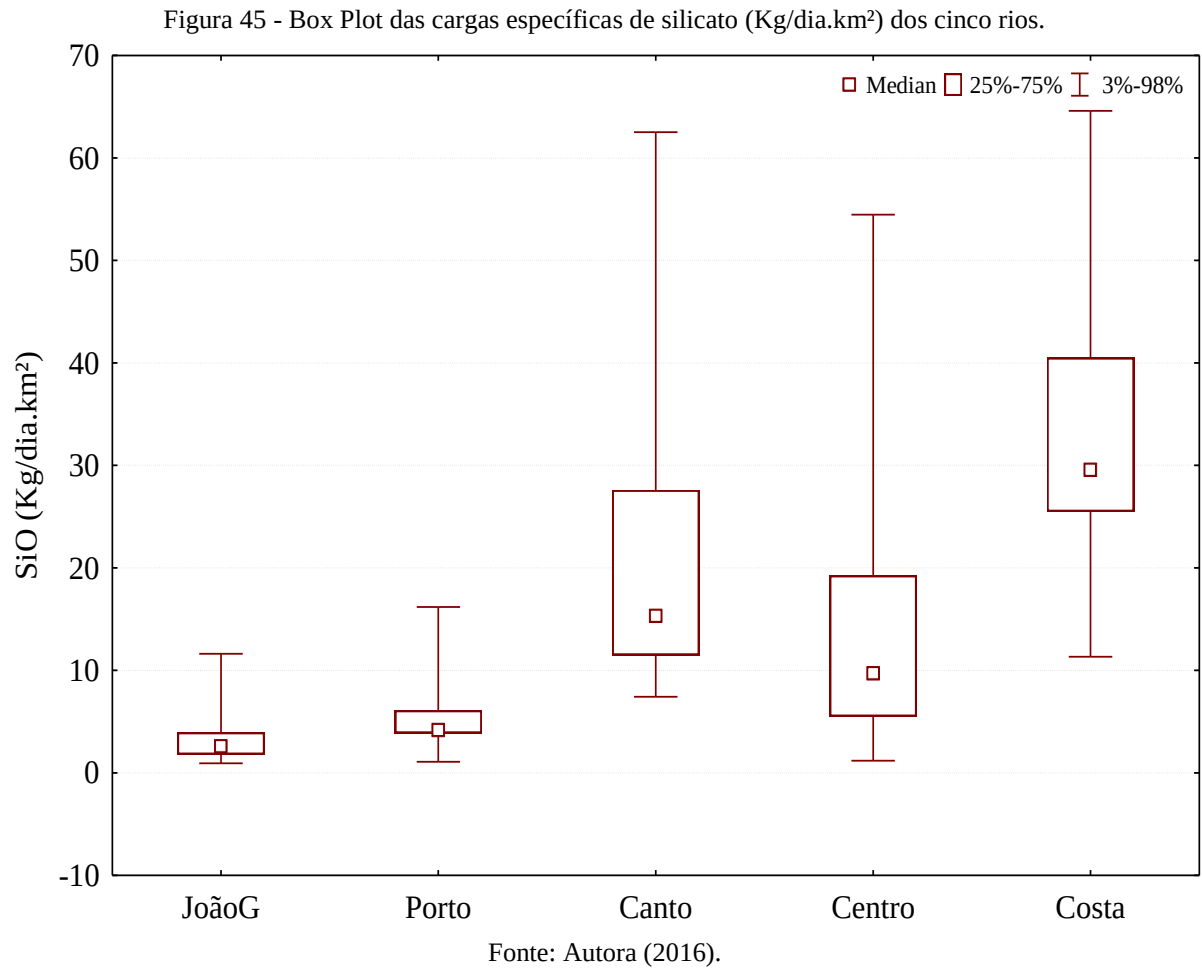
Fonte: Autora (2016).

Figura 44 - Distribuição das cargas específicas de silicato (Kg/dia.km²) dos cinco rios ao longo do monitoramento.



Fonte: Autora (2016).

Percebe-se a disposição de três grupos de drenagem de silicato (Figura 45), um formado pelo rio João Gualberto e Porto, com as menores cargas, outro pelo Canto e Centro e o terceiro pelo rio da Costa da Lagoa, com a maior carga específica.



5 DISCUSSÃO

A Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, estabelece valores limites para uma série de parâmetros para corpos de água doce, Classe 2. Alguns destes estão dispostos na Tabela 32.

Tabela 32 - Limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para corpos de água doce, Classe 2.

Parâmetro	Limite estabelecido	Unidade
Oxigênio Dissolvido	$\geq 5,0$	mg/L
pH	6 a 9	-
Íon amônio	3,7 para $\text{pH} \leq 7,5$ 2,0, para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$ 1,0 para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$ 0,5, para $\text{pH} > 8,5$	mg/L

Fonte: Brasil (2005).

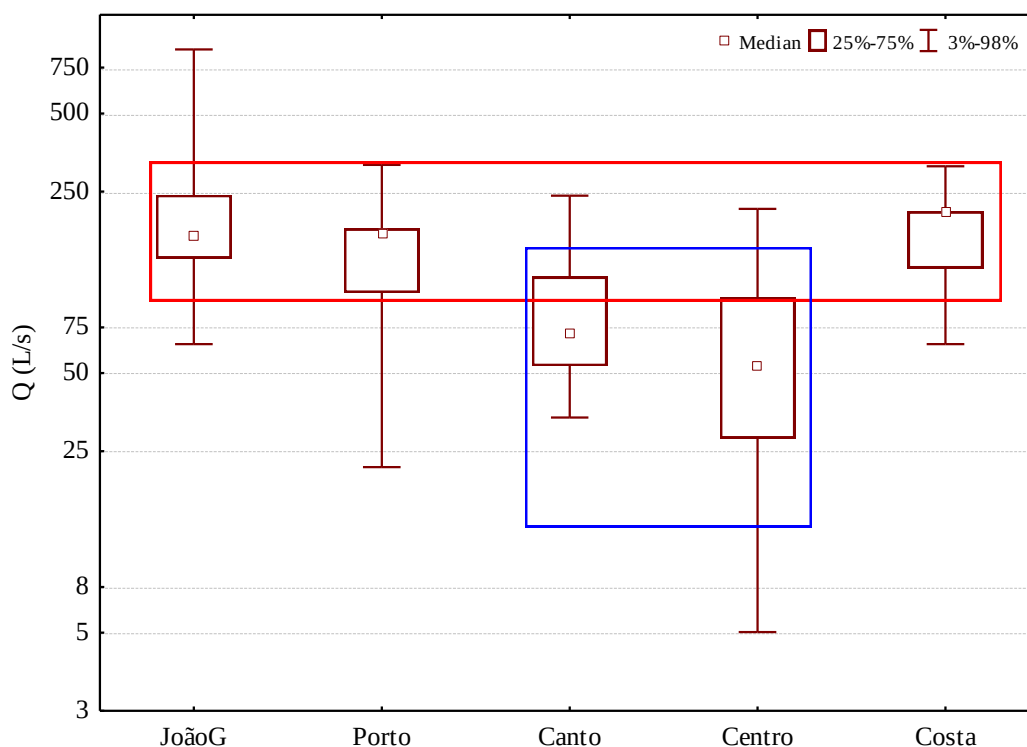
De acordo com as concentrações estabelecidas pela resolução acima, para oxigênio dissolvido, os rios monitorados apresentaram médias suficientes de OD. Este elemento é essencial para a existência de organismos aeróbicos e, em águas eutrofizadas, sofre grande redução na sua concentração devido à estabilização da matéria orgânica (VON SPERLING, 1996).

A temperatura da água se manteve constante nos cinco rios monitorados. Este parâmetro influencia as reações químicas e a solubilidade de gases na água (VON SPERLING, 1996): maiores temperaturas aceleram reações químicas e diminuem a solubilidade de gases na água, o que pode prejudicar a vida aquática.

As condições do pH em águas doces estão intimamente relacionadas às concentrações do íon amônio. O íon amônio é a forma mais abundante de NID em ecossistemas com características anaeróbicas, podendo, em altas concentrações, alterar a dinâmica de oxigênio dissolvido do corpo aquoso durante o processo de nitrificação (ESTEVES, 2011). Todos os rios, durante o monitoramento, se enquadraram nos limites estabelecidos pela CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, e suas médias geométricas indicam águas ácidas.

Como ilustrado na Figura 46, as sub-bacias representantes da UH Centro-Sul são as menores contribuintes em vazão para o corpo aquoso da Lagoa da Conceição. Por outro lado, as sub-bacias do Porto e da Costa, com áreas de captação de 2,37 e 1,46 Km² respectivamente, são equivalentes à do rio João Gualberto com área de 12,52 Km².

Figura 46 - Identificação das maiores e menores vazões dos rios monitorados.



Fonte: Autora (2016).

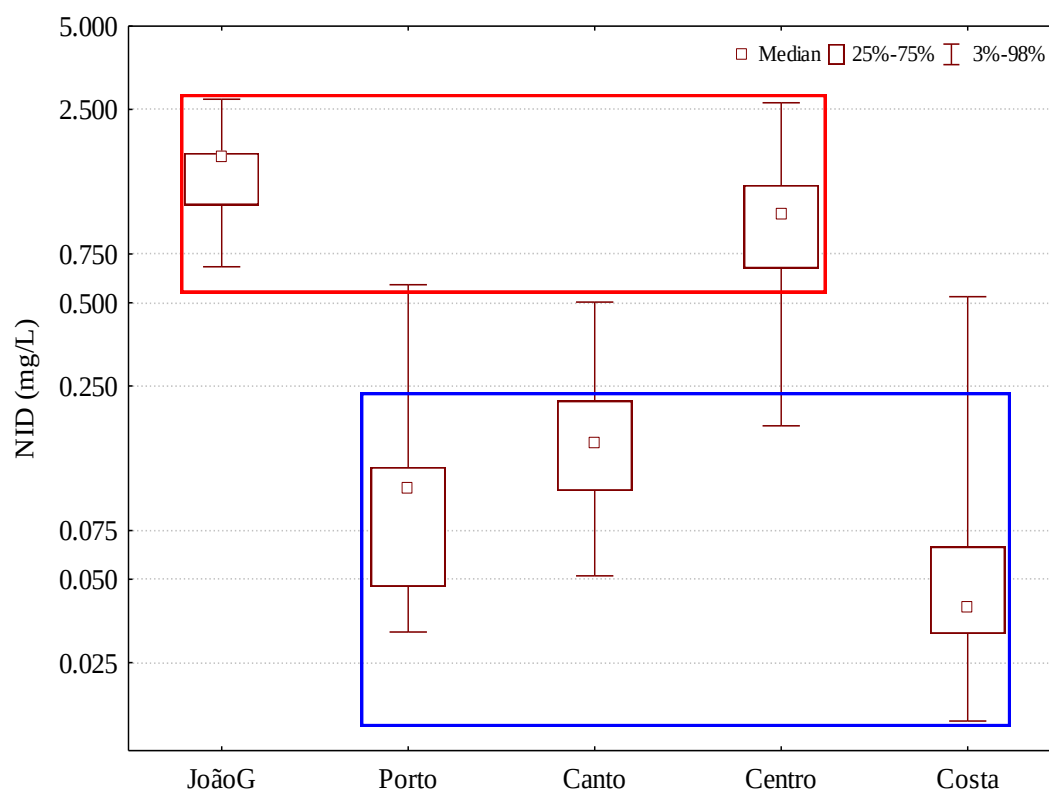
Durante os máximos de amônio dos rios João Gualberto (0,33 mg/L) e Canto (0,18 mg/L) ocorreram mínimos de oxigênio (6,2 e 5,3 mg/L, respectivamente), o que pode ser justificado pelo processo de nitrificação. Outra implicação da presença do íon amônio é que, em ambientes com o pH básico, ele se converte a amônia que, em altas concentrações pode ser tóxica aos organismos (ESTEVES, 2011).

O nitrato, diferentemente do íon amônio, é a forma mais abundante de NID em ecossistemas com características aeróbicas e contaminadas com descargas de esgotos domésticos ou atividades agrícolas (ESTEVES, 2011). Na represa de Barra Bonita, estado de São Paulo, foram encontradas concentrações entre 1 e 2 mg/L de nitrato em razão destas formas de contaminação (TUNDISI & TUNDISI, 2008). As concentrações naturais de nitrato em corpos d'água variam de 0,81 a 3,22 μM (0,01 a 0,04 mg/L) (MEYBECK & HELMER, 1989, *apud* AGUIAR *et al.*, 2011) indicando que os rios que monitorados no presente trabalho estão sofrendo algum aporte deste nutriente (Tabela 17). No trabalho realizado por Aguiar *et al.* (2011), os valores das concentrações de nitrato drenado para a Baía de Guanabara (RJ) variaram entre 0,06 a 54,05 μM (0,00084 a 0,76 mg/L); as concentrações dos rios afluentes à Lagoa da Conceição que foram monitorados variaram de 0,007 a 2,64 mg/L,

sendo superiores aos afluentes à Baía de Guanabara. Os valores de nitrato encontrados são superiores aos valores de amônio (Tabelas 16 e 17) o que sugere uma decomposição da matéria orgânica presente por via do processo de nitrificação e consumo de oxigênio dissolvido.

As concentrações dos compostos nitrogenados estão atuando de maneira distinta em dois grupos: maiores concentrações no grupo formado pelo João Gualberto e Centro e menores concentrações nos demais rios (Figura 47). De acordo com o que foi exposto, esta diferenciação pode estar ocorrendo devido a processos de contaminação das águas por compostos orgânicos, como efluentes domésticos, superiores nestes dois rios.

Figura 47 - Identificação dos grupos de contribuição de compostos nitrogenados.



Fonte: Autora (2016).

As concentrações naturais de fosfato em corpos d'água variam de 0,02 e 2,60 μM (0,00062 a 0,08 mg/L) (MEYBECK & HELMER, 1989, *apud* AGUIAR *et al.*, 2011), sugerindo que os rios monitorados no presente trabalho ainda podem ser considerados naturais para as concentrações P (Tabela 19). Outros trabalhos realizados em áreas litorâneas poluídas do Brasil indicam variação de fosfato entre 0,04 e 0,1 mg/L no estuário do rio Camboriú (PEREIRA-FILHO *et al.*, 2001) e 0,01 a 0,60 mg/L no estuário de Santos

(AGUIAR & BRAGA, 2007), valores próximos aos obtidos nos rios afluentes à Lagoa da Conceição: 0,011 a 0,05, com máximo de 0,256 mg/L.

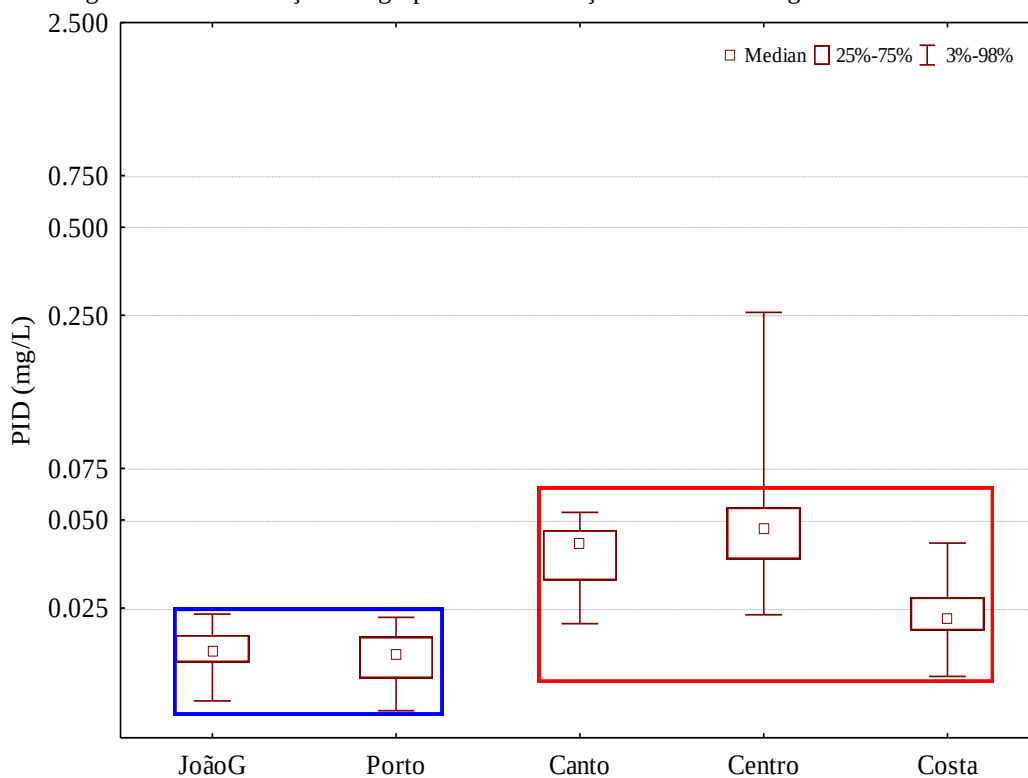
As concentrações de PID encontradas no rio da Costa da Lagoa, diferente das demais sub-bacias, não pode ser justificada pela contaminação urbana. O que pode justificar as concentrações de fósforo nesta localidade é a constituição do solo que está sendo lixiviado e drenado para o rio que foi monitorado, neste caso, argissolo. Segundo Chaves *et al.* (2009), na maioria dos solos tropicais, o teor de P é inferior a 0,2 mg/L, o qual representa a concentração ideal de equilíbrio para o máximo crescimento da maioria dos vegetais. Esta baixa disponibilidade pode ser decorrente dos baixos teores deste nutriente, da pouca solubilidade dos compostos de P ou da sua imobilização devido as fortes interações que apresenta com os constituintes destes solos (ROLIM NETO *et al.*, 2004 *apud* CHAVES *et al.*, 2009) sendo estas interações conhecidas como adsorção, sorção ou fixação de fósforo. Os principais fatores que influenciam a adsorção de P no solo são a quantidade e a mineralogia da fração argila, a quantidade de colóides amorfos, o pH, o teor de alumínio trocável e a matéria (CHAVES *et al.*, 2009). Desta maneira, o fósforo contido neste solo pode estar sofrendo adsorção no argissolo presente incrementando as concentrações de fósforo dissolvido no corpo aquoso da Costa da Lagoa. Este processo, de adsorção de fósforo no argissolo, pode estar ocorrendo em uma maioria das sub-bacias hidrográficas da Lagoa da Conceição.

Quatro das cinco sub-bacias monitoradas estão localizadas em unidades litoestratigráficas de granito (Granito Ilha e Granito Itacorubi), estando apenas a sub-bacia do Porto da Lagoa localizada em depósito lagunar (HORN-FILHO & LIVI, 2013). A rocha granítica é formada por 80% de feldspato e quartzo, minerais classificados como silicatos (MADUREIRA *et al.*, [s.d.]). Desta maneira, as concentrações de silicato nos rios do Canto, Centro, Costa e João Gualberto (Tabela 20) podem estar sendo influenciadas pelo intemperismo da rocha constituinte. Além disto, os rios do Canto e Centro pertencem a UH Centro-Sul onde se concentra a parte mais urbanizada da bacia hidrográfica de estudo, o que facilita o escoamento superficial e reduz a infiltração da água no solo, incrementando as concentrações de silicato dissolvido. Por outro lado, no rio do Porto da Lagoa pode estar ocorrendo o inverso: sendo uma região de depósitos lagunares, a infiltração é um processo importante, reduzindo o fluxo de silicato carregado ao corpo aquoso.

Da mesma forma ao que foi encontrado para os compostos nitrogenados, as concentrações de fósforo inorgânico e silicato se distribuem em dois grupos uniformes: um que comporta as maiores concentrações destes nutrientes, composto pelos rios do Canto,

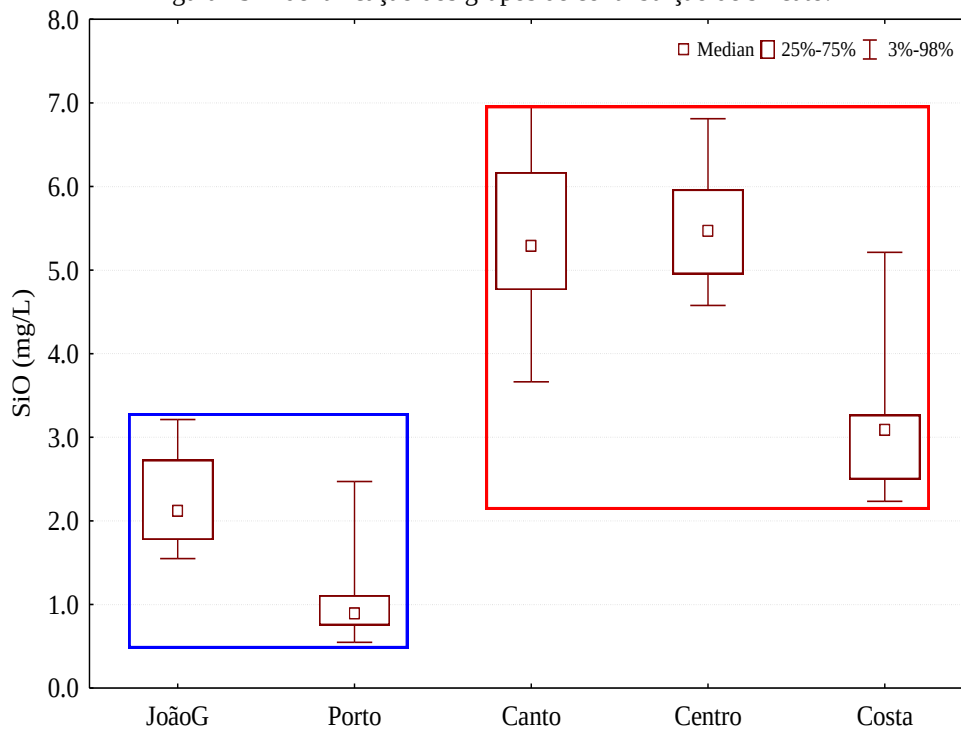
Centro e Costa e o outro, formado pelo rio João Gualberto e Porto, com as menores concentrações de fosfato e silicato, como indicado nas Figuras 48 e 49.

Figura 48 - Identificação dos grupos de contribuição de fósforo inorgânico dissolvido.



Fonte: Autora (2016).

Figura 49 - Identificação dos grupos de contribuição de silicato.



Fonte: Autora (2016).

Segundo Von Sperling (1996), nutriente limitante é aquele que, sendo essencial para uma determinada população, limita seu crescimento. A determinação do nutriente limitante é feita considerando-se que a demanda do produtor primário é equivalente à distribuição de nutrientes na sua biomassa. A constituição da biomassa é normalmente derivada da chamada relação de Redfield ($C_{106}H_{118}O_{45}N_{16}P$), ou o equivalente: produtores primários demandam 16 vezes mais nitrogênio do que fósforo (LOURO, 2011). Caso esta relação seja consideravelmente superior a 16 há indicação de que o fósforo seja o nutriente limitante. Carapeto (1999) considera a razão N/P equivalente a 10/1. Desta maneira, as baixas concentrações de clorofila *a* (Tabela 21) podem estar sendo explicadas pela limitação por nitrogênio nos rios do Canto, Costa e Porto e pela limitação por fósforo nos rios João Gualberto e Centro. A Tabela 33 mostra os valores médios de N/P para os rios monitorados, estando em negrito os valores de $N/P > 16$:

Tabela 33 - Relação entre Nitrogênio e Fósforo para os rios monitorados.

	Canto	Centro	Costa	Porto	JG
N/P	4,0	18,1	1,9	5,9	80,2

Fonte: Autora (2016).

Para verificar as relações entre as concentrações dos nutrientes foram calculadas matrizes de correlação não paramétrica de Spearman Rank Order e Kendall Tau, indicadas a seguir:

Tabela 34 - Matriz de correlação não paramétrica de Spearman Rank Order para as variáveis monitoradas (em negrito estão as correlações significantes para $p < 0,05$).

	A (Km ²)	Q (L/dia)	Qe (L/dia.km ²)	NID (mg/L)	PID (mg/L)	SiO (mg/L)
A (Km ²)	-	-	-	-	-	-
Q (L/dia)	0,16	-	-	-	-	-
Qe (L/dia.km ²)	-0,44	0,68	-	-	-	-
NID (mg/L)	0,60	-0,15	-0,59	-	-	-
PID (mg/L)	-0,46	-0,43	-0,13	0,17	-	-
SiO (mg/L)	-0,47	-0,43	-0,18	0,11	0,71	-
Clo-a (ug/L)	0,45	-0,16	-0,41	0,60	0,06	0,13

Fonte: Autora (2016).

Tabela 35 - Matriz de correlação não paramétrica de Kendall Tau para as variáveis monitoradas. Em negrito estão as correlações significantes para $p < 0,05$.

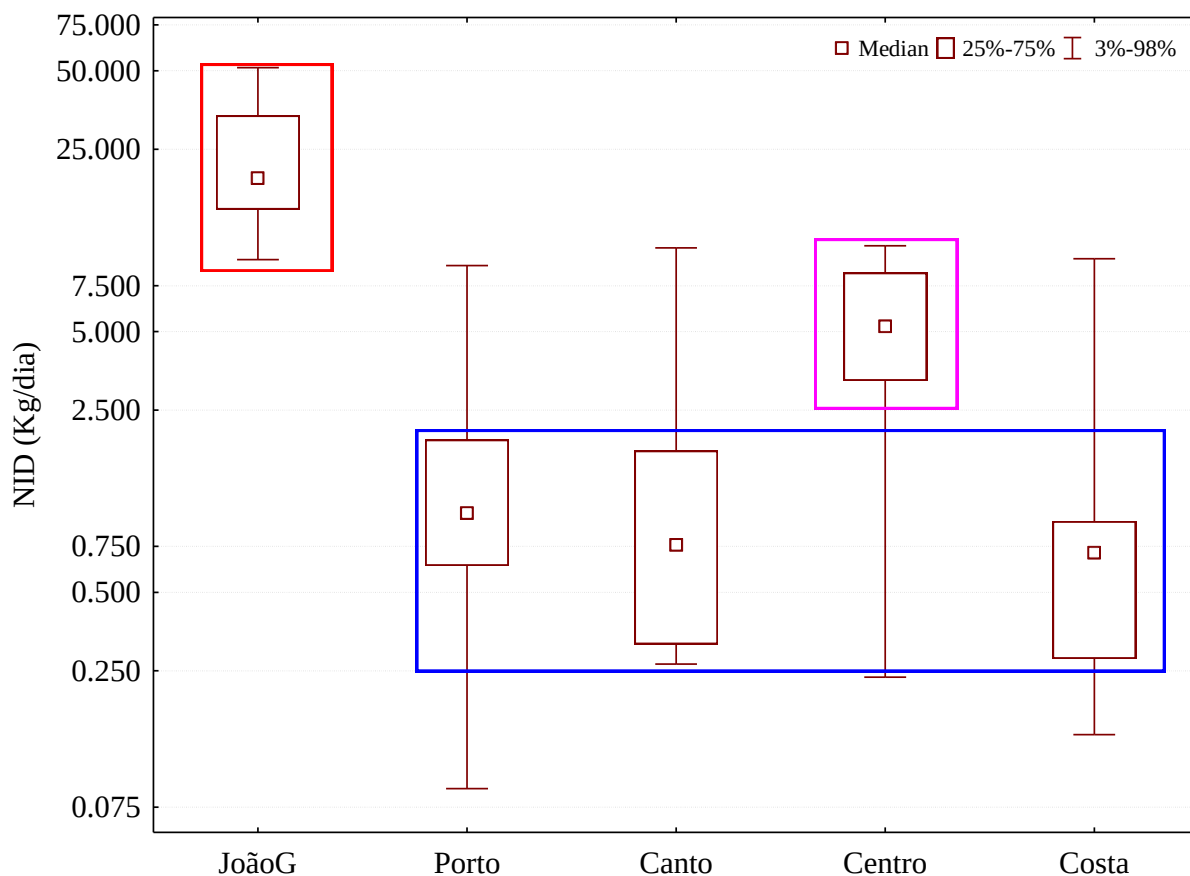
	A (Km ²)	Q (L/dia)	Qe (L/dia.km ²)	NID (mg/L)	PID (mg/L)	SiO (mg/L)
A (Km ²)	-	-	-	-	-	-
Q (L/dia)	0,13	-	-	-	-	-
Qe (L/dia.km ²)	-0,32	0,59	-	-	-	-
NID (mg/L)	0,48	-0,09	-0,41	-	-	-
PID (mg/L)	-0,28	-0,28	0,08	0,13	-	-
SiO (mg/L)	-0,25	-0,30	-0,12	0,06	0,51	-
Clo-a (ug/L)	0,32	-0,13	-0,31	0,43	0,02	0,08

Fonte: Autora (2016).

Identificou-se uma importante relevância das concentrações de NID, em relação às de PID, para a clorofila-*a*, o que pode justificar o fato do nitrogênio estar atuando como principal nutriente limitante para a maior parte dos rios monitorados. Percebe-se também que as concentrações de compostos nitrogenados estão relacionadas à área de contribuição da bacia. Entre as concentrações de PID e SiO também se identificou uma correlação positiva acentuada, corroborando que o incremento das concentrações de PID e SiO nas águas dos rios monitorados está relacionada à composição geológica e pedológica das sub-bacias. As correlações negativas entre a vazão e as concentrações dos nutrientes e clorofila-*a* sugerem uma diluição das concentrações dos nutrientes em períodos de maiores vazões.

Considerando as cargas diárias totais de NID, aqui representadas pelo somatório das cargas de amônio e nitrato, estimadas para as cinco sub-bacias foi possível verificar a formação de três grupos com ordens de grandeza diferentes (Figura 50). O rio João Gualberto em primeiro, lançando em média 21,46 Kg/dia, seguido pelo rio do Centro, drenando 3,54 Kg/dia em média (Tabela 24), e as demais apresentando contribuição de, aproximadamente, 0,75 Kg/dia.

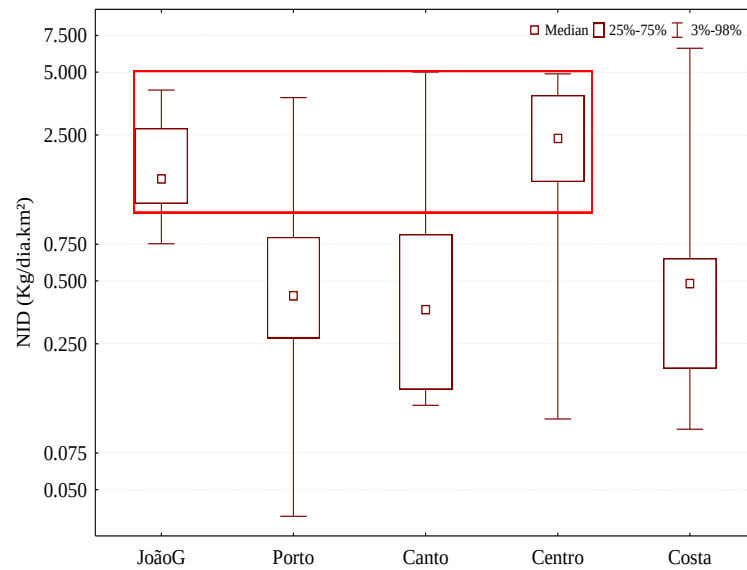
Figura 50 - Identificação do rio João Gualberto como principal contribuinte em cargas diárias de compostos nitrogenados.



Fonte: Autora (2016).

Em relação às cargas específicas, os rios João Gualberto e Centro apresentaram valores duas vezes superiores aos das demais sub-bacias (Figura 51). Esta distribuição pode estar relacionada ao percentual de ocupação urbana, superior a 10% nos rios do Centro e João Gualberto (Tabela 5), e à presença do argissolo (Tabela 6), características que incrementam o processo de impermeabilização das bacias em questão. O Porto, apesar da maior densidade urbana (23%), diferentemente das demais apresenta um solo composto, em sua maioria, por areias quartzólicas possibilitando que haja infiltração de grande parte dos compostos contaminantes do corpo d'água. As sub-bacias do Canto e da Costa, por outro lado, apresentam um baixo percentual de ocupação urbana (< 1%), apresentando baixas produções de compostos nitrogenados.

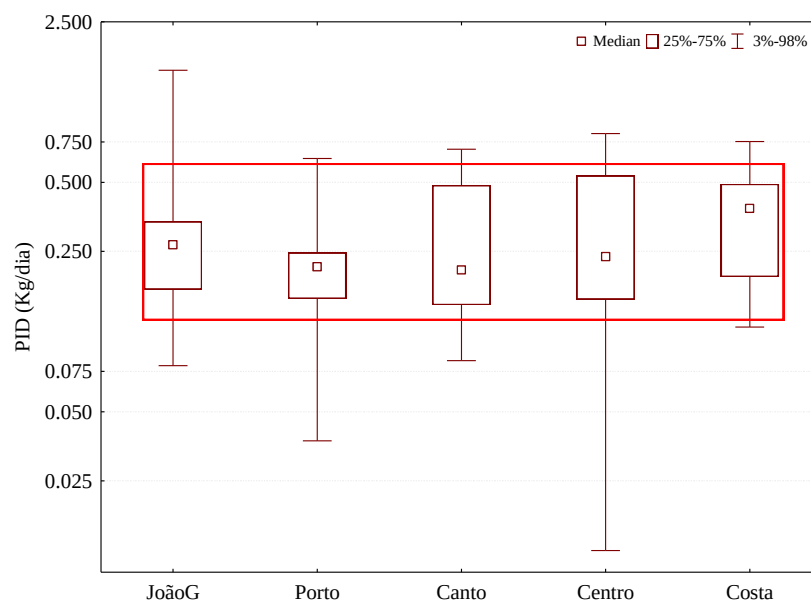
Figura 51 - Identificação dos rios do Centro e João Gualberto como principais contribuintes em cargas específicas de compostos nitrogenados.



Fonte: Autora (2016).

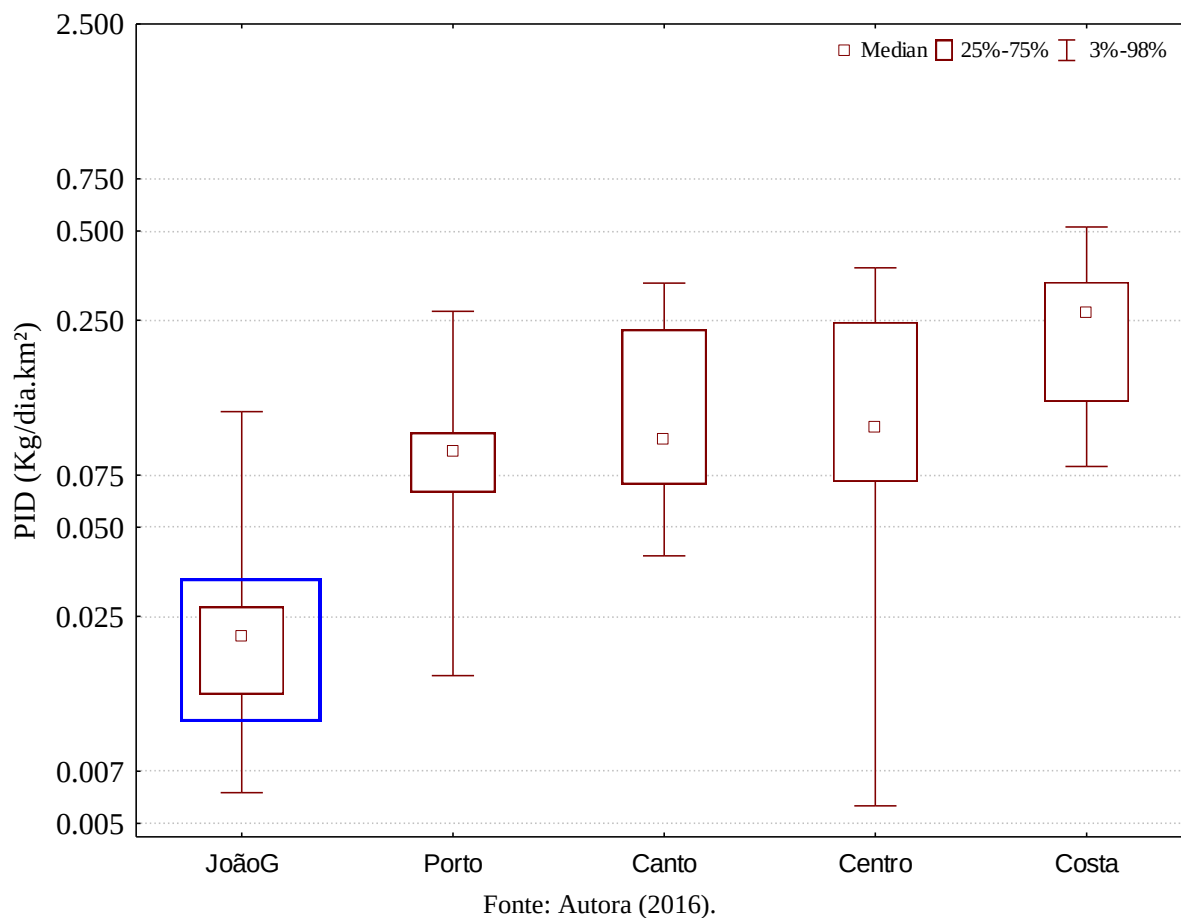
Diferentemente do que ocorre para as cargas de compostos nitrogenados, não há diferença significativa nos lançamentos de PID diário pelas sub-bacias monitoradas (Figura 52). Ou seja, apesar das concentrações de fósforo serem diferentes nos corpos aquosos, quando se trata de contribuição para a Lagoa da Conceição – em Kg/dia, as sub-bacias monitoradas atuam da mesma maneira. E, em relação às cargas específicas, o rio João Gualberto se diferencia pelo fato de sua área de contribuição ser superior à das demais (Figura 53).

Figura 52 - Identificação da equivalência em lançamentos de cargas diárias de fosfato.



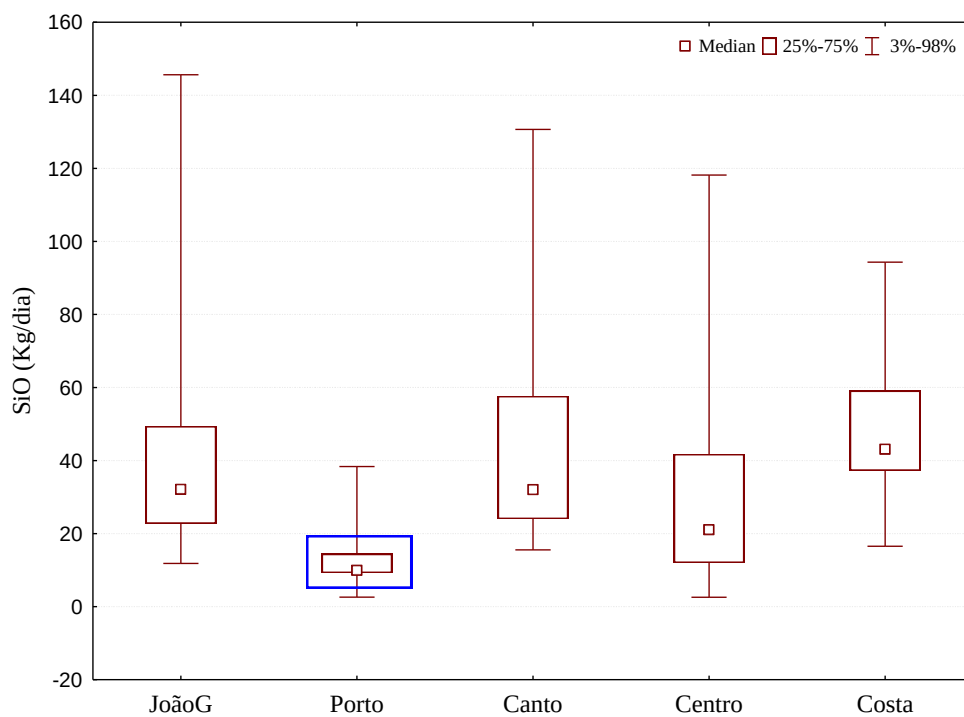
Fonte: Autora (2016).

Figura 53 - Identificação do rio João Gualberto como contribuinte secundário em carga específica de fósforo inorgânico dissolvido.



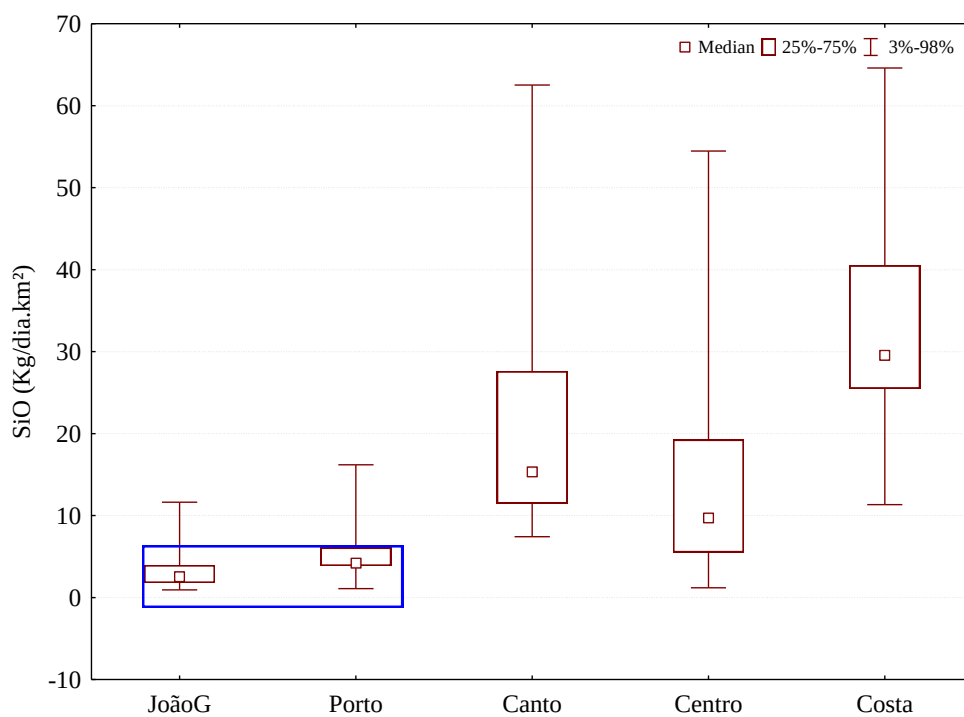
As cargas diárias de silicato lançadas pelo rio do Porto se diferem das demais sub-bacias monitoradas (Figura 54). Apesar da composição do solo desta sub-bacia ser rica em sílica – solos quartzólicos e dunas – sua permeabilidade impede que as cargas de silicato sejam carregadas ao corpo d’água monitorado. Em relação às cargas específicas, além do rio do Porto, o rio João Gualberto também se torna menos relevante. A sub-bacia do rio João Gualberto possui uma composição de solo pouco permeável (Tabela 6), o que contribui para a drenagem do silicato, porém sua área de contribuição superior faz com que suas cargas específicas sejam aquém às das demais sub-bacias (Figura 55).

Figura 54 - Identificação do rio do Porto como contribuinte secundário em carga diária de silicato.



Fonte: Autora (2016).

Figura 55 - Identificação dos rios do Porto e João Gualberto como contribuintes secundários em cargas específicas de silicato.



Fonte: Autora (2016).

Para verificar as relações entre as cargas diárias dos nutrientes foram calculadas matrizes de correlação não paramétrica de Spearman Rank Order e de Kendall Tau, indicadas pelas tabelas a seguir:

Tabela 36 - Matriz de correlação não paramétrica de Spearman Rank Order para as cargas diárias das variáveis (em negrito estão as correlações significantes para $p < 0,05$).

	A (Km ²)	Q (L/dia)	Qe (L/dia.km ²)	NID (mg/L)	PID (mg/L)
A (Km ²)	-	-	-	-	-
Q (L/dia)	0,16	-	-	-	-
Qe (L/dia.km ²)	-0,44	0,68	-	-	-
NID (kg/L)	0,61	0,33	-0,25	-	-
PID (kg/L)	-0,15	0,70	0,58	0,41	-
SiO (kg/L)	-0,32	0,62	0,51	0,26	0,73

Fonte: Autora (2016).

Tabela 37 - Matriz de correlação não paramétrica de Kendall Tau para as variáveis monitoradas (em negrito estão as correlações significantes para $p < 0,05$).

	A (Km ²)	Q (L/dia)	Qe (L/dia.km ²)	NID (mg/L)	PID (mg/L)
A (Km ²)	-	-	-	-	-
Q (L/dia)	0,13	-	-	-	-
Qe (L/dia.km ²)	-0,32	0,59	-	-	-
NID (kg/L)	0,47	0,24	-0,16	-	-
PID (kg/L)	-0,10	0,54	0,42	0,29	-
SiO (kg/L)	-0,23	0,46	0,36	0,18	0,56

Fonte: Autora (2016).

Assim como verificado para as concentrações percebe-se que as cargas diárias dos compostos nitrogenados estão relacionadas à área de contribuição da bacia. Entre as cargas diárias de PID e SiO também se identificou uma correlação positiva acentuada, corroborando que com o incremento das concentrações de PID e SiO, devido à composição geológica e pedológicas sub-bacias, há uma elevação na carga diária destes nutrientes. As correlações positivas entre a vazão e as cargas diárias dos nutrientes sugerem que em períodos de maior vazão ocorre um acréscimo nas contribuições diárias de NIP, PID e SiO para o corpo aquoso da Lagoa da Conceição.

6 CONCLUSÃO

A análise da contribuição de cinco sub-bacias afluentes à Lagoa da Conceição possibilitou identificar os parâmetros que influenciam a drenagem de nutrientes e a quantificação das cargas de entrada neste corpo aquoso.

As concentrações e cargas dos compostos nitrogenados são influenciadas positivamente pela área de contribuição da sub-bacia e seus maiores valores têm sido drenados pelos rios João Gualberto e do Centro. Estima-se que estes tributários, reunidos, estejam contribuindo com cerca de nove toneladas de NID por ano ao corpo aquoso da Lagoa da Conceição. Por outro lado, as concentrações e cargas, dos fosfatos e silicatos são determinadas pela composição geológica e pedológica da sub-bacia. Considerando as sub-bacias estudadas, estima-se que, em média, estes afluentes estejam drenando cerca de 0,08 toneladas de PID por ano, e que a sub-bacia do Canto esteja contribuindo com, aproximadamente, 14 toneladas de SiO ao ano à Lagoa da Conceição.

A ocupação urbana das sub-bacias pode estar crescendo o processo de drenagem de nutrientes ao corpo aquoso da Lagoa da Conceição. Isto ocorre devido à impermeabilização do solo provocada pelo desenvolvimento de vias e construções. Sua associação ao tipo de solo da bacia perfaz o processo de drenagem de nutrientes. Solos impermeáveis podem ampliar o lançamento de nutrientes provocados por ocupação urbana e solos permeáveis podem contrabalancear este processo.

REFERÊNCIAS

ACIOLY, C. **Densidade urbana**: um instrumento de planejamento e gestão urbana. Tradução de Claudio Acioly e Forbes Davidson. Rio de Janeiro: Mauad, 1998.

AGUIAR, V. M. de C.; BAPTISTA NETO, J. A.; RANGEL, C. M.. Eutrophication and hypoxia in four streams discharging in Guanabara Bay, RJ, Brazil, a case study. **Marine Pollution Bulletin**, Kljh, p.1915-1919, 2011.

AGUIAR, V.M.C., BRAGA, E.S. Seasonal and tidal variability of phosphorus along a salinity gradient in the heavily polluted estuarine system of Santos/S.Vicente – São Paulo, Brazil. **Marine Pollution Bulletin** 54, 464–488. 2007.

ALAGOAS. Paulo Ricardo Petter Medeiros. Universidade Federal de Alagoas (Org.). **Projeto de Gerenciamento Integrado das Atividades Desenvolvidas em Terra na Bacia do São Francisco**: Subprojeto 1.1.B - Determinação da Carga de Nutrientes do Rio São Francisco na Região de sua foz. Maceió. 2003. Disponível em: <http://cbhsaofrancisco.org.br/?wpfb_dl=1603>. Acesso em: 23 maio 2016.

ARCARI, T.L. **Estimativa de cargas de *E.coli* e análise espaço-temporal da balneabilidade da Lagoa da Conceição, Florianópolis - SC**. 2015. 97 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

BAUER NETO, V. **Caracterização geomorfológica da Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição – Florianópolis – SC**. Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

BELLUTA, I.; JESUS, S.A. de; VIEIRA, M.P.; CORRÊA, N.M.; RALL, V.L.M.; VALENTE, J.P.S.. Qualidade da Água, Carga Orgânica e de Nutrientes na Foz do Córrego da Cascata: Contribuição da Sub-Bacia para a Represa de Barra Bonita, Rio Tietê (SP). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, p.305-318, 2016. Disponível em: <<http://www.revista.ufpe.br/rbgfe/index.php/revista/article/view/1443/918>>. Acesso em: 23 maio 2016.

BIER, F. B. **Caracterização morfométrica e hidrológica da bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição, Florianópolis – SC**. Florianópolis, 2013, 111 p., Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2013.

BORTOLUZZI, S. D. **Caracterização das funções e padrões de uso e ocupação do solo no centro de Florianópolis (SC)**. 2004. 175 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

BRASIL. **Lei nº 9433 de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de

março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm>. Acesso em: 22 mar. 2016.

CAMPANÁRIO, P. **Florianópolis: dinâmica demográfica e projeção da população por sexo, grupos etários, distritos e bairros (1950-2050)**. Prefeitura de Florianópolis: Instituto de Planejamento de Florianópolis (IPUF), 2007.

CARAPETO, C. **Poluição das águas**. Lisboa: Universidade Aberta. 1999.

CHAVES, L. H. G. CHAVES, I. B; NASCIMENTO, A. K. S. de. SOUSA, A. E. C. Características de adsorção de fósforo em argissolos, plintossolos e cambissolos do estado da Paraíba. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 2, 2009. p.130-139. **Classificação climática de Köppen-Geiger**. Disponível em: <https://portais.ufg.br/up/68/o/Classifica____o_Clim__tica_Koppen.pdf>. Acesso em: 23 set. 2015.

COMDEMA: Santa Catarina. **Portaria nº 024/79**. Enquadra os cursos d'água do Estado de Santa Catarina. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/Santa%20Catarina.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2016.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **L5.306**: Determinação de Clorofila a e Feofitina a: método espectrofotométrico. 3 ed. São Paulo: Kal, 2014. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/11/2013/11/L5306.pdf>>. Acesso em: 24 maio 2016.

CONAMA: Brasil. **Resolução nº 357 de 17 de março de 2005**. Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. Brasília, SEMA, 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 28 agosto 2015.

CRUZ, O. **A Ilha de Santa Catarina e o continente próximo**: um estudo de geomorfologia costeira. Florianópolis, Editora da UFSC, 1998. 276p.

DUTRA, S.J. **Caracterização geoambiental da Bacia de drenagem do rio João Gualberto, Ilha de Santa Catarina, SC**. Monografia do Curso de Geografia, UFSC, Florianópolis, SC. 1991.

ESTEVES, F. de A. (Coordenador). **Fundamentos de limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência Ltda, 2011. 826 p.

FAUSTINO, J. **Planificación y gestión de manejo de cuencas**. Turrialba, CATIE. 1996.

FLORIANÓPOLIS. Instituto de Planejamento Urbano. **Plano Diretor Participativo de Florianópolis**. Leitura da Cidade. Versão preliminar. 2008.

GARCEZ, L.N.; ALVAREZ, G.A. **Hidrologia**. Editora Edgar Blücher. São Paulo – SP. 1988. GODINHO, R. E. **Nova Metodologia de Projeção da População Flutuante**. São Paulo. ABEP. 2008.

GODOY, F. B. **Modelagem Hidrológico-Hidrodinâmica da Lagoa da Conceição – SC.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), UFSC, Florianópolis, Santa Catarina, 2009.

GODOY, F. B., **Caracterização Temática da Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição – Florianópolis - SC.** Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

GRASSHOF, K.; KREMLING, K.; EHRHARDT, M. **Methods of Seawater Analysis.** 3. ed. Weinheim; New York; Chiestar; Brisbane; Singapore; Toronto: Wiley-vch, 1999.

GUARDA, A. Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. **Gestão urbana: Projeção da População flutuante.** Florianópolis. 2012.

HAUFF, S. N. **Diagnóstico ambiental integrado da Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição.** Florianópolis: Mestrado em Geografia, Departamento de Geociências, UFSC, 1996.

HORN FILHO, N. O.; LIVI, N. S. **Mapa Geoevolutivo da Planície Costeira da Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil.** 2013. Disponível em: <<http://noticias.ufsc.br/files/2013/11/MAPA-GEOEVOLUTIVO.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2016.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Resultados do Censo Demográfico 2010.** Rio de Janeiro, RJ. IBGE. 2011.

KOEFENDER, F. **Análise Numérica da Influência Batimétrica no Padrão de Circulação Hidrodinâmica da Lagoa da Conceição – Florianópolis – SC.** Dissertação (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

LANA, P. da C. et al (Org.). **Avaliação Ambiental de Estuários Brasileiros:** Diretrizes Metodológicas. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2006. 156 p. (22).

LEMÉTAYER, M. ODRESKI, L. F. R. **Elaboração e análise temporal espacial dos mapas de cobertura do solo da bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição – Florianópolis – SC.** 2011.

LINO, J.F.L. **Análise Numérica da Influência de Forçantes Meteorológicas e Oceanográficas sobre a Circulação Hidrodinâmica da Lagoa da Conceição – Florianópolis – SC.** Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Florianópolis, SC, 2005.

LOURO, M. Q. **Respostas relacionais entre nitrato, ortofosfato e biomassa fitoplancônica da Lagoa de Cima (RJ): uma abordagem experimental.** 2011. 88 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais, Centro de Biociências e Biotecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2011. Disponível em: <<http://uenf.br/pos-graduacao/ecologia-recursosnaturais/files/2013/10/Marianna-Louro-2011.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2016.

MADUREIRA FILHO, J. B.; ATENCIO, D.; McREATH, I. Minerais e Rochas: Constituintes da Terra Sólida. In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, Cap. 2. [s. d.]. p. 27-42.

MAIDMENT, D.R. **Handbook of Hydrology**. New York: McGraw-Hill, 1992. Paginação irregular.

MAKOWIECKY, N. **Participação Social: Estratégias de Legitimação do Plano Diretor**. Florianópolis: Doutorado em Engenharia de Produção, UFSC. 2003.

MARTINS, F. B., & al, e. **Zoneamento Ambiental da sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena**. v.11, 2005. p. 315-322.

MIRANDA, R.A.C; OLIVEIRA, M.V.S; SILVA, D.F. Ciclo hidrológico planetário: abordagens e Conceitos. **Geo Uerj**, Rio de Janeiro, v. 1. 2010.

ODRESKI, F. R. **Alterações da Cobertura do Solo da Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição. Florianópolis – SC**. Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

ODRESKI, F. R. **Influência Hidrológica nos processos hidrodinâmicos da Lagoa da Conceição – Florianópolis – SC**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), UFSC, Florianópolis, Santa Catarina, 2012.

OLIVEIRA, M. D. de; CALHEIROS, D. F. **Características e Alterações Limnológicas na Bacia do Rio Taquari, MS: Aporte de Nutrientes e Sólidos Suspensos no Rio Taquari**. Corumbá: Embrapa, 2003. ISSN 1517-1965. Disponível em: <<http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/CT31.pdf>>. Acesso em: 23 maio 2016.

PEREIRA-FILHO, J., SCHETTINI, C.A.F., RÖRIG, L., SIEGLE, E., 2001. Intratidal variation and net transport of dissolved inorganic nutrient, POC and chlorophyll a in the Camburiú River Estuary. **Estuarine Coastal and Shelf Science** 53, 249–257. 2001.

PINTO, N. L. S., HOLTZ, A. C. T., MARTINS, J. A., GOMIDE, F. L. S **Hidrologia Básica**, São Paulo, Edgard Blücher, Rio de Janeiro, Fundação Nacional de Material Escolar. 1976. PORTO, R. M. **Hidráulica Básica**. (USP, Ed.) São Paulo: 4ª edição. 1999.

ROCHA, C. B. M. **Implementação e uso do modelo Mike 21 na análise de cenários hidrodinâmicos na Lagoa da Conceição – SC**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), UFSC, Florianópolis, Santa Catarina, 2007.

SANTANA, D. P. **Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas**. Embrapa Milho e Sorgo, n. 30. 2003.

SANTOS, I. dos. FILL, H. D.; SUGAI, M. R. V. B.; BUBA, H.; KISHI, R. T.; MARONE, E.; LAUTERT, L. F. **Hidrometria Aplicada**. Curitiba: Cehpar - Centro de Hidráulica e Hidrologia Prof. Parigot de Souza, 2001. 372 p.

SILVA, J. C. **Análise numérica da influência do rio João Gualberto sobre a hidrodinâmica residual da Lagoa da Conceição.** Florianópolis – SC. Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

SILVA, J. C. **Análise numérica da influência dos aportes fluviais e antrópicos sobre a hidrodinâmica residual e a qualidade da água da Lagoa da Conceição.** 2013. 134 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

SILVA, M. L. G. da. **Análise da Qualidade Ambiental Urbana da Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição.** Florianópolis. 2002. 111f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC. Florianópolis. 2002.

TONELLO, K. C. **Análise Hidroambiental da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães.** Viçosa, Minas Gerais: Universidade Federal de Viçosa. 2005.

TUCCI, C. E. M. *et al* (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação.** 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2014. 943 p.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Limnologia.** São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 631 p.

TUNDISI, J.G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez.** São Carlos. RiMa, IIE, 2003.

VEIGA, A.J.P.; VEIGA, D.A.M.; MATTA, J.M.B. **Densidade demográfica como instrumento de planejamento urbano: um estudo de caso sobre Vitória da Conquista – BA.** [s. d.].

VIEIRA, V.T.; CUNHA, S.B. **Mudanças na rede de drenagem urbana de Teresópolis (Rio de Janeiro).** In: GUERRA, Antonio Teixeira e CUNHA, Sandra Baptista da (Org). Impactos ambientais no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 111-145.

VOLLENWEIDER, R. A. **Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication.** Paris: OECD, 1968. 220 p. (Report DAS/CSI/68.27).

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto.** 2. ed. Belo Horizonte: Segrac, 1996. 243 p.