

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ENGENHARIA QUÍMICA
BACHARELADO EM ENGENHARIA QUÍMICA**

ELAINE RAFAELA MACHADO BENNDORF PEREIRA REIS

**AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE SUPORTE DO ARROIO DA
RONDA NA CIDADE DE PONTA GROSSA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

PONTA GROSSA

2016

ELAINE RAFAELA MACHADO BENNDORF PEREIRA REIS

**AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE SUPORTE DO ARROIO DA
RONDA NA CIDADE DE PONTA GROSSA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado à disciplina de TCC como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química do Departamento Acadêmico de Engenharia Química, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Orientador: Prof. Dr. Ciro Maurício Zimmermann.

PONTA GROSSA

2016



TERMO DE APROVAÇÃO

AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE SUPORTE DO ARROIO DA RONDA NA CIDADE DE PONTA GROSSA

por ELAINE RAFAELA MACHADO BENNDORF PEREIRA REIS

Monografia apresentada no dia 07 de junho de 2016 ao Curso de Engenharia Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Ponta Grossa. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Prof. Dr. Cesar Arthur Martins Chornobai
(UTFPR)

Profa. Dra. Elizabeth Weinhardt de Oliveira Scheffer
(UEPG)

Prof. Dr. Ciro Mauricio Zimmermann
(UTFPR)
Orientador

Prof^ª. Dra. Juliana Martins Teixeira de Abreu Pietrobelli
Responsável pelo TCC do Curso de Engenharia Química

RESUMO

REIS, Elaine R. M. B. P. **Avaliação da Capacidade de Suporte do Arroio da Ronda na Cidade de Ponta Grossa**. 2016. 65 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2016.

O estudo foi realizado considerando-se uma comparação da qualidade das águas deste arroio a montante e jusante da estação de tratamento de esgoto Ronda, estação esta pertencente a Companhia de Saneamento do Estado do Paraná (SANEPAR), que efetua o lançamento dos seus efluentes tratados no arroio em questão. Foram analisados parâmetros físicos-químicos e microbiológicos que compõe o Índice de Qualidade das Águas (IQA), que então foram comparados aos valores estabelecidos pela legislação vigente CONAMA 357/2005, que relaciona a classificação dos corpos d'água e enquadramento destas águas de acordo com o uso em que podem ser empregadas. Os resultados médios obtidos, no ponto jusante a ETE para oxigênio dissolvido (2,07 mg/L), demanda bioquímica de oxigênio (10,9 mg/L), fósforo total (1,73 mg/L), coliformes termotolerantes (705000 NNP/100ml) e surfactantes (>0,5), encontram-se todos em desconformidade com a legislação atual vigente relacionada a rios de classe 3, que é o caso do Arroio Ronda, classificado nesta categoria por órgão regulamentador competente. A partir das análises, também verificou-se o Índice de Qualidade das Águas (IQA), que apresentou classificação das águas a montante da ETE Ronda como regulares na maioria das coletas e boas em duas delas, já na parte jusante a ETE, em todas as coletas as águas foram classificadas como ruins.

Palavras-chave: corpos hídricos. Índice de Qualidade das Águas (IQA). Legislação CONAMA 357/2005. Arroio Ronda.

ABSTRACT

REIS, Elaine R. M. B. P. **Evaluation of Ronda Stream Support Capacity in the city of Ponta Grossa**. 2016. 65 pages. Work Completion of course (Bachelor of Chemical Engineering) - Federal Technological University of Paraná. Ponta Grossa, in 2016.

The study was accomplished considering a comparison of the water quality between this stream and the sum and downstream of the sewage treatment station Ronda, that belongs to Companhia de Saneamento do Estado do Paraná (SANEPAR) that effects the release of its effluents treated in the stream in question. Physical, chemical and biological parameters of the water were analyzed, that then were compared to the established values by the current legislation CONAMA 357/2005, that relates the classification of the water bodies and the framework of these waters according to the use in which they can be employed, as well as it established acceptable standards to the release of effluents in the water bodies. The average results obtained, in the downstream matter ETE for dissolved oxygen (2,07 mg/L), biochemical oxygen demand (10,9 mg/L), total phosphor (1,73 mg/L), thermotolerant coliforms (705000 NNP/100ml) and surfactants (>0,5) are found in variance with the current legislation related to rivers of class 3, that is the case of Ronda Stream, classified in this category by competent regulatory body. At the same point, the parameters that complied with the legislations were ph (7,27) and ammonia nitrogen (12,85 mg/L). Starting with these analysis, the Water Quality Index (IQA) was verified, that presented the water classification sum to ETE Ronda as regular in most collections and goo in two of them, in the downstream part to ETE, in all the collections the waters were classified as bad.

Keywords: Water bodies. Water Quality Index (IQA). Legislation CONAMA 357/2005. Ronda Stream.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Classes de enquadramento e respectivos usos e qualidade da água	17
Quadro 1 – Problemas e efeitos da urbanização sobre as cheias dos arroios urbanos	15
Quadro 2 – Padrões de Qualidade da Água para rios de Classe 3.....	18
Figura 2 – Distribuição espacial das bacias urbanas de Ponta Grossa- Bacia do Arroio Ronda	20
Figura 3 – Estação de Tratamento de Esgoto Ronda.....	30
Gráfico 1 – Vazões (L.s-1) de entrada na ETE Ronda obtidos ao longo das coletas	36
Quadro 3 – Valores do IQA em faixas	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Concentração de oxigênio dissolvido e redução causada pelo lançamento do esgoto tratado no Arroio Ronda.....	37
Tabela 2 – Concentração da demanda bioquímica de oxigênio e incremento causado pelo lançamento do esgoto tratado	39
Tabela 3 – Concentração de fósforo total e incremento causado pelo lançamento do esgoto tratado no Arroio Ronda.....	41
Tabela 4 – Concentração de coliformes termotolerantes e incremento causado pelo lançamento do esgoto tratado no Arroio Ronda.	42
Tabela 5 – Medidas de pH e incremento causado pelo lançamento do esgoto tratado no Arroio Ronda	44
Tabela 6 – Concentração de nitrogênio amoniacal e incremento causado pelo lançamento do esgoto tratado no Arroio Ronda.	45
Tabela 7 – Detecção técnica de surfactantes no esgoto tratado lançado no arroio Ronda.....	47
Tabela 8 – Valores do IQA calculado, condições das águas e redução percentual do IQA causada pelo lançamento do esgoto tratado no Arroio Ronda.	49
Tabela 9 - Parâmetros da qualidade de água do IQA e seus respectivos pesos.....	49

LISTA DE SIGLAS

ABS	Sulfonato de Alquil Benzeno de Cadeia Ramificada
ANA	Agência Nacional das Águas
APHA	American Public Health Association
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COT	Carbono Orgânico Total
CT	Coliformes Termotolerantes
DBO ₅	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IQA	Índice de Qualidade das Águas
LAS	Sulfonato de Alquil Benzeno de Cadeia Linear
NSF	National Sanitation Foundation
N ₂	Nitrogênio Molecular
NO ₃ ⁻	Nitrato
N(NH ₃)	Nitrogênio Amoniacal
OD	Oxigênio Dissolvido
pH	Potencial Hidrogeniônico
SANEPAR	Companhia de Saneamento do Paraná
ST	Sólidos Totais
SUR	Surfactantes
UV	Radiação Ultravioleta

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	JUSTIFICATIVA	10
1.2	OBJETIVOS.....	12
1.2.1	Objetivo Geral	12
1.2.2	Objetivos Específicos	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	URBANIZAÇÃO, RIOS URBANOS E QUALIDADE DAS ÁGUAS	13
2.2	ARROIO RONDA	19
2.3	ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS (IQA)	22
2.3.1	Parâmetros IQA.....	23
2.3.1.1	Sólidos totais	23
2.3.1.2	Temperatura.....	24
2.3.1.3	Turbidez	24
2.3.1.4	Oxigênio dissolvido.....	25
2.3.1.5	Coliformes termotolerantes	26
2.3.1.6	Potencial hidrogeniônico (pH)	26
2.3.1.7	Demanda bioquímica de oxigênio (DBO ₅).....	27
2.3.1.8	Nitrogênio total	27
2.3.1.9	Fósforo total	29
3	MATERIAIS E MÉTODOS	30
3.1	PONTOS DE AMOSTRAGEM.....	30
3.2	TÉCNICAS DE AMOSTRAGEM.....	31
3.2.1	Limpeza dos Materiais.....	31
3.2.2	Coleta e Tratamento das Amostras	31
3.3	METODOLOGIAS DE ANÁLISE	32
3.3.1	Sólidos Totais	32
3.3.2	Turbidez.....	32
3.3.3	Oxigênio dissolvido, Temperatura.....	32
3.3.4	pH.....	33
3.3.5	Nitrogênio Total Kjeldahl.....	33
3.3.6	Nitrogênio Amoniacal.....	33

3.3.7 Fósforo Total.....	34
3.3.8 Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Carbono Orgânico Total, Surfactantes, Sólidos Solúveis Solúveis Totais (SST), Nitrogênio de Nitrato	34
3.3.9 Coliformes Termotolerantes.....	35
3.4 ANÁLISE DOS DADOS	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1 CLASSIFICAÇÃO DO ARROIO POR PARÂMETROS INDIVIDUAIS.....	37
4.1.1 Oxigênio Dissolvido	37
4.1.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	38
4.1.3 Fósforo Total.....	40
4.1.4 Coliformes Termotolerantes.....	42
4.1.5 pH.....	44
4.1.6 Nitrogênio Amoniacal.....	44
4.1.7 Surfactantes	47
4.2 ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS (IQA)	48
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	53
REFERÊNCIAS.....	54

1 INTRODUÇÃO

A água é substância fundamental para a manutenção da vida no planeta, garantindo a sobrevivência da espécie humana, a biodiversidade e estabelecendo relações entre os seres vivos e ambientes naturais. Desde o início da civilização, a presença de água foi fator limitante e crucial para uma maior densidade populacional em determinados locais, sendo regiões próximas a corpos hídricos, as mais povoadas. (BACCI E PATACA, 2008)

Ações antropogênicas e fenômenos naturais têm influência direta na qualidade da água, sendo assim, pode-se dizer de uma maneira geral, que a qualidade da água é uma função das condições naturais, do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica. O desmatamento e o uso intenso de agrotóxicos nas plantações são exemplos do mau uso do solo, e quando precipitações atmosféricas ocorrem, impurezas são carregadas através do escoamento superficial para o interior dos rios, o que gera uma contaminação e um possível assoreamento destes. Efluentes também são diariamente despejados nos corpos hídricos sem o devido tratamento, ocasionando uma contaminação das águas, diminuindo sua qualidade e acarretando séria poluição do meio aquático, comprometendo este ecossistema (VON SPERLING, 1996).

Durante várias décadas não houve uma preocupação por parte da sociedade e das autoridades de criar uma política de proteção ao meio ambiente e aos recursos hídricos. Esse descaso ao longo dos anos, aliado a falta de um planejamento urbano adequado, acabou acarretando um cenário preocupante em relação as questões ambientais. O elevado crescimento populacional, acabou ocasionando ocupações desordenadas e como consequência, ocorreram graves danos ao meio ambiente (SILVA, 2008).

Com o passar dos anos, os problemas ambientais ficaram mais evidentes, e uma consciência ambiental formou-se na mentalidade da sociedade, sendo assim, criaram-se índices e indicadores ambientais, que servem de referência na elaboração de políticas públicas de proteção ao meio ambiente. No que concerne a qualidade das águas dos corpos hídricos, criou-se o Índice de Qualidade das Águas (IQA), que relaciona diversos parâmetros e objetiva através dessa relação, quantificar através de valores numéricos a qualidade de um corpo hídrico, facilitando

assim o entendimento e interpretação das informações relacionadas a qualidade das águas (CETESB, 2013a).

Visando combater a poluição dos recursos hídricos do país, leis de proteção das águas também foram criadas, destacando-se a Lei 9.433/97, que estabelece condições em relação ao domínio e exploração da água e a Lei Federal 6.938/81, que discorre sobre os limites de lançamento de poluentes nos corpos hídricos, sendo que através desta lei, foi criado o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), importante órgão regulamentador que estabeleceu novas competências e obrigações aos órgãos ambientais, pois agora deveriam garantir não só a quantidade, mas também a qualidade dos recursos hídricos brasileiros (BRAGA, et al. 2005; SILVA, 2012).

A Resolução CONAMA 357/05, é responsável por definir padrões de proteção a qualidade das águas em relação ao lançamento de efluentes poluidores em níveis considerados nocivos aos seres humanos e outras formas de vida, estabelecendo valores máximos aceitáveis para determinadas substâncias (SILVA, 2012).

O presente trabalho tem a finalidade de analisar os parâmetros físico-químicos das águas do Arroio Ronda, localizado na cidade de Ponta Grossa no estado do Paraná, de acordo com a resolução ambiental CONAMA 357/2005 no intuito de verificar o impacto causado pelas atividades da região urbana e lançamento de esgoto tratado.

1.1 JUSTIFICATIVA

Diversas atividades antrópicas e naturais têm influência direta e negativa sobre a qualidade dos corpos d'água presentes em nosso país, gerando uma poluição que afeta também o meio ambiente e desequilibra ecossistemas. A drenagem urbana, lançamento de esgotos tratados e não tratados nas águas, destinação inadequada do lixo, que muitas vezes acaba sendo depositado nos rios e também pode causar vazamentos em tubulações, devido ao seu entupimento, a dissolução das rochas, partículas e outros elementos do solo, devido as ações

atmosféricas, são exemplos de atividades que comprometem seriamente a qualidade das águas presentes nos corpos hídricos (FRANCO, 2012).

Portanto, um monitoramento regular da qualidade das águas presentes nos corpos hídricos faz-se necessária, para que esta atenda aos padrões a que se destina, como uso industrial, agrícola e abastecimento (TANUSHREE *et al.*, 2013).

Uma maneira de avaliar o impacto das atividades antrópicas em relação a qualidade das águas de maneira quantitativa, é a utilização do Índice de Qualidade das Águas (IQA), que adveio da National Sanitation Foundation (NSF), criado em 1970 nos Estados Unidos, e que a partir de 1975 começou a ser utilizado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), passando a ser adotado posteriormente por outros estados brasileiros como referência para o controle de qualidade das águas (ANA, 2016).

O Arroio Ronda está situado no sudoeste da cidade de Ponta Grossa, localizada no estado do Paraná. Possui sua nascente na porção central da cidade, e sua maior parte encontra-se no perímetro urbano, onde há ocupação consolidada, e segue até sua foz, no Rio Tibagi (MENEQUZZO, 2009). Em determinado ponto, o Arroio Ronda serve como corpo receptor de águas provenientes da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) pertencente a Companhia de Saneamento do Estado do Paraná, e, além do lançamento de esgotos tratados, passivos de conter cargas poluidoras remanescentes, como sua maior parte se encontra em perímetro urbano, pode ainda sofrer com despejos de esgoto clandestino e lixo urbano, o que contribui diretamente para a queda na qualidade de suas águas.

Um fator relevante para a análise das águas desse arroio, é a avaliação do impacto que o lançamento do esgoto tratado tem sobre as águas presentes neste corpo hídrico, trata-se de um estudo dos parâmetros utilizados pelo IQA para determinar se a qualidade das águas do arroio foi modificada pelo despejo dos efluentes tratados e se isso pode alterar a classe do arroio de acordo com a legislação vigente, CONAMA 357/2005.

É de responsabilidade da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) tratar o esgoto que chega a estação de tratamento; contudo, recentemente esta foi alvo de investigações do IBAMA e Polícia Federal no sentido de apurar a qualidade do esgoto tratado em algumas cidades do Paraná, que não estariam atendendo as determinações de lançamentos de efluentes, de acordo com a legislação 430 do CONAMA/2011 (GAZETA DO POVO, 2012).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar o estado de degradação e a capacidade de suporte do Arroio da Ronda na Cidade de Ponta Grossa.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar monitoramento de parâmetros físico-químicos, microbiológicos no corpo receptor, montante e jusante ao lançamento de efluentes, durante o período de 3 meses, através de coletas quinzenais.
- Avaliar a capacidade de suporte do corpo hídrico utilizando ferramentas estatísticas de análise ambiental.
- Comparar os resultados das análises de água com os limites estabelecidos para Água Doce – Classe 3 da Resolução CONAMA nº 357 de março de 2005.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 URBANIZAÇÃO, RIOS URBANOS E QUALIDADE DAS ÁGUAS

A população brasileira é predominantemente urbana, com um percentual de 80% das pessoas vivendo nas cidades. Devido a essa grande concentração populacional nas zonas urbanas, problemas relacionados à água são constantes, tais como falta de água em algumas regiões, poluição de mananciais, doenças devido a contaminação da água, entre outros problemas que afetam a saúde da população e do meio ambiente. Esses problemas são oriundos da precariedade da infraestrutura destinada ao abastecimento de água e tratamento de efluentes (TUCCI et al., 2008). Nas últimas décadas a ocupação urbana vem crescendo de maneira acelerada, e este crescimento na maioria das vezes não é acompanhado de um correto planejamento urbano e ambiental, resultando em prejuízos para a sociedade, como por exemplo a geração de poluição industrial e doméstica, que por consequência acarreta diversos outros problemas, entre eles o desenvolvimento de doenças, contaminação de águas dos rios e subterrâneas, poluição do ar, dentre outros problemas sociais, políticos e econômicos (TUNDISI, 2003).

Conforme ocorre o crescimento das cidades, são observados os seguintes problemas urbanos:

- Aumento das vazões médias de cheia relacionadas ao aumento da capacidade de escoamento através de condutos e canais, e impermeabilização das superfícies;
- Aumento da produção de sedimentos causado pela desproteção das superfícies e à produção de resíduos sólidos (lixo);
- Uma vez que infraestrutura urbana é implantada de maneira desorganizada, outros problemas ocorrem, como a construção de pontes, taludes e estradas que obstruem o escoamento da água, redução de seção do escoamento aterros, obstrução de rios e canais devido a deposição de lixos e sedimentos, obras de drenagem que não atendem à demanda, devido a projetos e execução inadequados (TUCCI, 2002; GROSTEIN, 2001).

Em relação a água, os problemas urbanos citados acima podem interferir no ciclo hidrológico natural, resultando em graves impactos, muitas vezes irreversíveis, que podem afetar o meio ambiente e conseqüentemente a sociedade, além de que, efluentes gerados pela população urbana, como esgotos domésticos, industriais e pluviais causam um ciclo de contaminação nos mananciais, esta contaminação ocorre em decorrência do:

- Despejo dos esgotos nos mananciais sem o tratamento adequado, contaminando estes, que possuem capacidade limitada de diluição. Isto ocorre devido à falta de investimentos em sistemas de esgotamento sanitário e a baixa eficiência dos mesmos já existentes.
- Despejo de esgotos pluviais diretamente nos rios sem um tratamento prévio. Estes esgotos carregam consigo grande carga poluidora de origem orgânica, inorgânica e também podem conter metais, atingindo os rios nos períodos chuvosos, sendo uma das mais importantes fontes de poluição difusa das águas.
- Depósitos de resíduos sólidos urbanos, que contaminam águas superficiais e subterrâneas, agindo como fonte permanente de contaminação.
- Ocupação do solo urbano sem um planejamento ambiental adequado prévio (TUCCI, 2005).

A forma pela qual são utilizados e gerenciados os recursos hídricos tem levado a um nível de degradação ambiental e risco iminente de escassez de água que comprometem a qualidade de vida das populações (SHUBO, 2003).

O Quadro 1 relaciona os possíveis problemas causados pela ocupação desordenada dos arroios urbanos.

Problemas	Efeitos
Impermeabilização	Picos de cheia e vazão em rios
Redes de drenagem	Picos de cheia a jusante
Lixo	Degradação da qualidade da água Entupimento de bueiros e galerias pluviais
Redes de esgotos sanitários deficientes	Degradação da qualidade da água Doenças de veiculação hídrica
Desmatamento desordenado	Picos de cheia e volumes escoados Maior erosão Assoreamento em canais e galerias
Ocupação de várzeas	Prejuízos ao patrimônio por enchentes Picos de cheia Maiores custos de utilidade pública

Quadro 1 – Problemas e efeitos da urbanização sobre as cheias dos arroios urbanos
Fonte: Leopold (1954) apud Porto et al. (2009))

Ao longo dos anos, algumas ações antrópicas vêm gerando uma grande carga poluidora que é depositada nos rios. Atividades como mineração, construção de barragens e represas, lançamento de efluentes sem o tratamento apropriado nos rios, uso inadequado do solo e desmatamento são alguns exemplos de atividades que podem afetar diretamente a qualidade das águas, sendo assim, nota-se que de uma maneira geral, houve uma queda na qualidade da água de corpos hídricos nas últimas décadas e uma diminuição da biodiversidade aquática, devido a desestruturação do ambiente físico, químico e alteração da dinâmica natural das comunidades biológicas (GOULART & CALLISTO, 2003). Os mesmos autores ainda destacam que como resultado dessa poluição acumulada nos rios, estes sofrem processos de assoreamento, homogeneização de seus leitos, diminuição da diversidade da biota e eutrofização.

Visando conter este avanço crescente da poluição, a fim de manter a qualidade da água e garantir a proteção da saúde dos ecossistemas e dos consumidores dessas águas, normas e padrões vem sendo estabelecidos para emissão de efluentes em corpos hídricos. Existem legislações que estabelecem limites para o lançamento de poluentes nas águas (SCHLUSAZ, 2014).

Lima (2006) cita a Lei 9.433/97 afirmando que esta surgiu como forma de atender ao princípio constitucional da implantação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, previsto na Constituição de 1988, que

estabelece condições em relação ao domínio e exploração da água. Esta lei, criou o sistema de gestão de recursos hídricos no Brasil, baseada na bacia hidrográfica do país, e segundo ela, o enquadramento dos corpos d'água visa assegurar às águas qualidade compatível com os usos ao qual forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição baseados em ações preventivas permanentes (LIMA, 2006; BRAGA et al., 2005).

Braga e colaboradores citam a Lei Federal 6.938/81 destacando esta como a primeira lei federal a abordar o meio ambiente como um todo, englobando os diversos aspectos da degradação ambiental e não apenas a poluição causada pelas atividades industriais ou uso dos recursos naturais. Esta lei discorre sobre o controle do lançamento de poluentes no meio ambiente, proibindo o lançamento em níveis perigosos para seres humanos e outras formas de vida, e, através dela, estabeleceu-se a Política Nacional do Meio Ambiente, que traz consigo grandes implicações no que se refere a conservação dos recursos hídricos, sendo um de seus princípios a ação direta do governo para a manutenção do equilíbrio ecológico, uso racional da água, planejamento e fiscalização dos recursos naturais, recuperação das áreas degradadas, entre outras medidas de educação ambiental e incentivo a pesquisa para proteção dos recursos naturais. Além disso, esta lei estabelece o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (BRAGA, et al., 2005; MIZUTORI, 2009).

A Resolução CONAMA 357/05, revoga a Resolução CONAMA 20/86. Esta resolução dispõe sobre a classificação dos corpos de água e sobre as diretrizes ambientais no que se refere ao enquadramento destes corpos hídricos em classes, além de estabelecer condições e padrões de lançamento de efluentes, visando garantir a qualidade da água presente em nosso meio ambiente destinadas aos mais diversos fins (CONAMA, 357/2005).

Entre suas considerações, destacam-se que o enquadramento de um corpo hídrico, expõe as metas finais a serem alcançadas, podendo existir um plano que deixe explícito metas progressivas intermediárias, obrigatórias, para que o enquadramento seja efetivado, ou seja, o enquadramento de um corpo d'água deve estar baseado não no seu estado atual, mas em níveis de qualidade que estes deveriam possuir para garantir que as necessidades da comunidade que fará uso de seu recurso sejam atendidas, julgando que a saúde, o bem-estar humano e das

comunidades aquáticas não devem ser comprometidas pela deterioração da qualidade das águas (CONAMA, 357/2005).

De acordo com esta resolução, foram estabelecidos limites individuais para as substâncias que podem estar presentes nas águas de acordo com cada classe de padrão de qualidade, e, caso os valores ultrapassem os permitidos devido ao lançamento de efluentes por parte de empresas, estas devem arcar com os custos da investigação e monitoramento para que o problema seja sanado (MIZOTURI, 2009).

No Território Nacional, águas doces, salobras e salinas são classificadas em treze classes de qualidade, obedecendo a critérios de qualidade relacionados aos seus respectivos usos. No presente trabalho, será abordada apenas a água doce, que são classificadas em: classe especial, classe 1, 2, 3 e 4 segundo CONAMA 357/2005.

Águas de classe especial devem ter sua condição natural, não podendo ser lançado nenhum tipo de efluente, ou disposição de resíduos domésticos, agropecuários, de aquicultura, industriais ou quaisquer outras fontes de poluentes, mesmo que tratados. Já para as demais classes, são admitidos níveis crescentes de poluição, sendo que estes níveis determinarão os usos que são possíveis do corpo d'água. A classe 1 possui os menores níveis aceitos e a 4, os maiores (CONAMA 430/2011; ANA, 2016).



Figura 1 - Classes de enquadramento e respectivos usos e qualidade da água

Fonte: ANA (2016)

De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, os limites utilizados para o enquadramento do rio em dada classe, baseado na concentração de determinadas substâncias que podem estar presentes no corpo hídrico, são descritos para todas as classes. O objeto do estudo é o Arroio da Ronda que é enquadrado como rio de Classe 3, os valores dos principais parâmetros são descritos no quadro a seguir:

Parâmetros	Valores Máximos de acordo com Resolução CONAMA 357/2005
Oxigênio Dissolvido (OD)	≥ 4 mg/L O ₂
Turbidez	Até 100 UNT
Sólidos Totais	500 mg/L
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	Até 10 mg/L O ₂
pH	6,0 a 9,0
Nitrogênio Amoniacal Total N(NH ₃)	13,3 mg/L N, para pH ≤ 7,5 5,6 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8 2,2 mg/L N, para 8 < pH ≤ 8,5 1 mg/L N, para pH > 8,5
Fósforo Total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)	Até 0,15 mg/L
Coliformes Fecais	Até 2500 (NNP/100 ml) para recreação de contato secundário Até 1000 (NNP/100 ml) para dessedentação de animais criados confinados < 4000 (NNP/100 ml) para os demais usos
Surfactantes	0,5 mg/L SUR

Quadro 2 – Padrões de Qualidade da Água para rios de Classe 3
Fonte: Adaptado de CONAMA 357/2005

De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, em rios de classe 3, as águas podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à pesca amadora;
- d) à recreação de contato secundário;
- e) à dessedentação de animais.

Uma complementação da Resolução CONAMA 357/2005, foi prevista na Resolução CONAMA 430/2011, esta, dispõe sobre condições, parâmetros, diretrizes e padrões para o lançamento de efluentes em corpos d'água, sendo que o órgão ambiental, poderá a qualquer momento, baseando-se em estudos técnicos, acrescentar outros padrões para o lançamento de efluentes, ou torná-los mais restritivos, levando em consideração a situação em que se encontra o corpo receptor ou exigir tecnologia mais avançada e viável economicamente do tratamento de efluentes, e, nesta resolução, também define-se a capacidade de suporte do corpo receptor, como sendo o valor máximo de um poluente que um corpo hídrico pode receber, sem comprometer a qualidade da água presente neste e sem alterar a classe de enquadramento deste corpo nem modificar os usos destinados desta classe (CONAMA 430/11).

2.2 ARROIO RONDA

Um arroio, ou regato, pode ser definido como uma pequena corrente de água, sendo esta permanente ou não. Pode ser definido como arroio um pequeno curso de qualquer líquido. Na cidade Ponta Grossa, a ocupação habitacional desregrada em áreas próximas aos arroios, associada à deficiência de coleta de lixo e tratamento de esgoto, acabou por comprometer profundamente a qualidade sanitária dos arroios urbanos, entre eles destaca-se o Arroio Ronda.

O Arroio Ronda encontra-se situado na porção sudoeste da cidade. Este arroio possui 35,76 km² e tem sua nascente e sua maior extensão na região central do município, onde há ocupação em grande densidade. Aproximadamente 24,03 km² do seu leito encontra-se no perímetro urbano da cidade. Seu trecho a jusante, encontra-se na área rural, possuindo 11,73 km² de extensão, onde predominam atividades de agricultura e reflorestamento, sendo que sua foz deságua no rio Tibagi (MENEGUZZO, 2009).

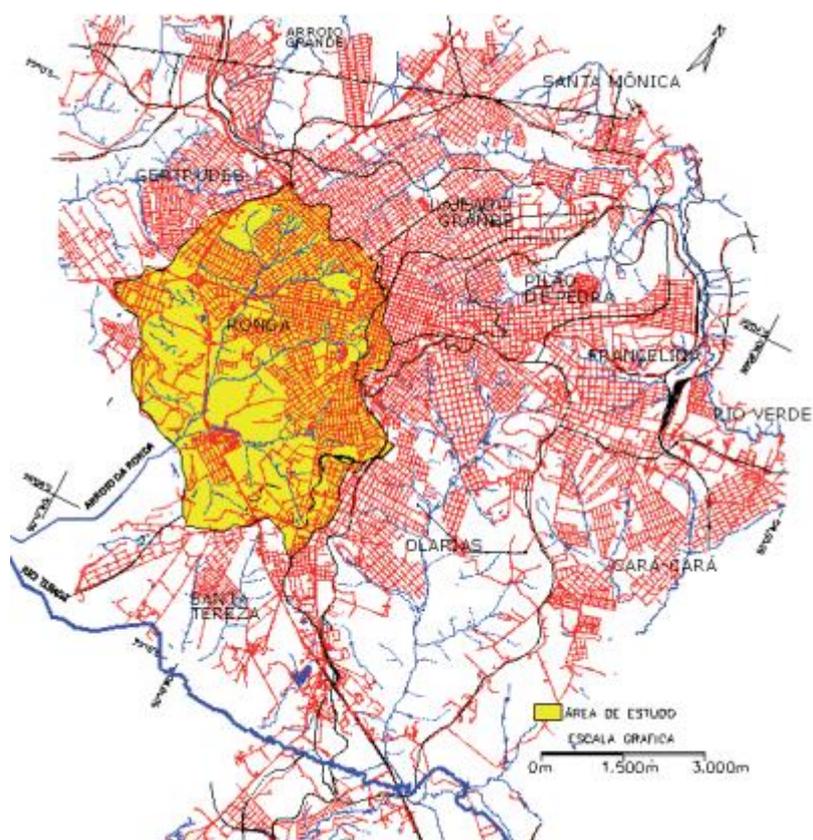


Figura 2 - Distribuição espacial das bacias urbanas de Ponta Grossa- Bacia do Arroio Ronda
 Fonte: DIEDRISCHS et al. (2009)

A maioria dos afluentes da Bacia do Rio Tibagi pertencem a classe 2; entretanto, alguns destes são classificados como classe 3. Nenhum dos afluentes foi classificado como classe 4; classe esta que consiste em rios que servem apenas para paisagismo e navegação, não podendo servir de abastecimento de água para a população (ÁGUAS PARANÁ, 2014).

De acordo com a proposta de enquadramento feita para os rios receptores de efluentes domésticos, contido no Plano da Bacia do Rio Tibagi, o Arroio Ronda é classificado como pertencente a classe 3, levando em consideração as condições de vazão disponível para diluição do efluente tratado em termos de DBO no ponto de mistura, onde a concentração (mg/L) deve estar dentro do valor limite da classe 3, sendo 10 mg/L, de acordo com o estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 (ÁGUAS PARANÁ, 2014).

Recentemente, um seminário foi promovido pelo Instituto das Águas do Paraná juntamente com representantes da SANEPAR para discutir uma proposta de reclassificação das águas da Bacia do Rio Tibagi. Essa proposta prevê o

rebaixamento da classe dos rios, e, de acordo com ela, alguns arroios seriam rebaixados para o nível 4, cujas condições impossibilitam a preservação da vida aquática e comprometem a saúde da população ribeirinha. Um exemplo de rio de classe 4 é o Rio Tietê, que corta o estado de São Paulo e é conhecido por sua grande poluição e péssima qualidade da água. Nesta nova proposta, o Arroio Ronda ainda permaneceria classificado como classe 3 (ZIMMERMANN, 2015).

O grupo Fórum das Águas dos Campos Gerais questiona esta proposta e alega que desta maneira, será permitido que a SANEPAR lance nos leitos dos rios afluentes da Bacia do Rio Tibagi todo o esgoto não tratado, o que reduziria os custos de operação da companhia e comprometeria a qualidade das águas lançadas no Rio Tibagi, gerando um impacto ambiental de grandes proporções (DIÁRIO DOS CAMPOS, 2015; PORTAL COMUNITÁRIO, 2015).

No bairro DER, parte do leito do Arroio Ronda recebe efluentes provindos da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Ronda, gerenciada pela Companhia de Saneamento do Estado do Paraná (SANEPAR), situada no prolongamento da Rua Ozório Guimarães Martins, onde de acordo com dados da SANEPAR, são tratados esgotos de aproximadamente 17.037 residências até o ano de 2010, sendo que, a partir deste ano até o ano de 2014, foi estimado aumento de 34% na demanda por tratamento, devido ao aumento da população presente neste bairro e por consequência do número de residências que invariavelmente são atendidas por esta ETE (SANEPAR, 2013).

A ETE-Ronda, instalada no bairro DER, tendo iniciado suas operações em janeiro de 1989, possui uma vazão nominal de 140 L/s, atualmente opera com uma média de 95 L/s e atende aproximadamente 19% da população da cidade. É constituída de tratamento preliminar e biológico, apresentando dois reatores tipo RALF e lagoa de estabilização facultativa. Lança seus efluentes no Arroio da Ronda (SANEPAR, 2013).

Os processos de tratamento de esgotos podem ser classificados, em função dos fenômenos de remoção de poluentes, nos seguintes níveis: preliminar, primário, secundário e terciário. Contudo, muitas vezes são necessários vários processos de tratamento de efluentes para o seu enquadramento dentro dos padrões estabelecidos pela legislação ambiental.

Segundo Von Sperling (1996), no tratamento secundário, predominam mecanismos biológicos (sistemas anaeróbios, filtros biológicos, lagoas de

estabilização, lodos ativados, dentre outros), tendo como objetivo principal a remoção de matéria orgânica e eventualmente de nutrientes (nitrogênio e fósforo). O tratamento terciário objetiva a remoção de poluentes específicos (usualmente tóxicos ou compostos não biodegradáveis) ou ainda, a remoção complementar de poluentes não suficientemente removidos no tratamento secundário, nutrientes e patogênicos. A remoção de nutrientes e patogênicos também pode ser considerada integrante do tratamento secundário dependendo do sistema de tratamento. O tratamento terciário é bastante raro no Brasil.

2.3 ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS (IQA)

Com a crescente preocupação social em relação a questões ambientais, surgiram os índices e indicadores ambientais, que servem para tratar informações de forma sistemática e de mais fácil compreensão, tornando-se referência na elaboração e execução de políticas públicas que visam a proteção do meio ambiente (CETESB, 2013).

Pode-se definir um indicador como uma ferramenta de informação referente a uma dada realidade, podendo ser composto por um único dado ou por várias informações, que são inter-relacionadas de modo a sintetizá-las na forma de um parâmetro que as represente, para ser considerado um bom indicador, este deve possuir as seguintes características: simples de entender, quantificação estatística e lógica coerente e comunicar eficientemente o estado do fenômeno observado (MUELLER et al., 1997).

Tratando-se de recursos hídricos, os indicadores procuram expressar as condições dos corpos hídricos de determinada bacia, o estado de sua gestão, e também as transformações ocorridas diante dos mais diversos fatores (MARANHÃO, 2007).

O Índice de Qualidade das Águas (IQA) é um indicador, que tem como objetivo facilitar o entendimento e interpretação das informações referentes a qualidade das águas, foi criado nos Estados Unidos em 1970 pela National Sanitation Foundation (NSF) e no Brasil, começou a ser utilizado primeiramente no estado de São Paulo, pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São

Paulo), sendo também adotado em outros estados brasileiros nas décadas seguintes e se tornando atualmente o principal índice relacionado a qualidade de água em nosso país (ANA, 2016).

O IQA foi desenvolvido com a finalidade de avaliar a água bruta, visando seu uso para o abastecimento público, após tratamento (ANA, 2016). São nove as variáveis analíticas que compõe o índice: coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxigênio (5 dias, 20°C), fósforo total, nitrogênio total, oxigênio dissolvido, pH, sólidos totais, temperatura e turbidez (CETESB, 2013a).

2.3.1 Parâmetros IQA

2.3.1.1 Sólidos totais

Resíduos totais, também chamados de sólidos totais, é toda a matéria presente na amostra de água que permanece em estado sólido após evaporação, secagem ou calcinação durante um determinado tempo e temperatura (ANA, 2016). Metcalf e Eddy (1991) afirmam que, analiticamente, a concentração de sólidos totais na água, é toda a matéria que permanece como resíduo após evaporação entre 103 a 105°C.

Quando presentes em grande quantidade nas águas, os resíduos sólidos podem causar danos a vida aquática e comprometer a vida dos peixes presentes no corpo hídrico, além de causar o assoreamento do mesmo, podendo inviabilizar a navegação no leito e até mesmo causar enchentes. Bactérias e resíduos orgânicos também podem estar presentes nos resíduos totais, o que acarreta decomposição anaeróbia, elevadas concentrações de sais minerais presentes nos sólidos, especialmente sulfato e cloreto, podem acarretar corrosão em sistemas de distribuição, o que afeta a qualidade da água, principalmente no quesito sabor (CETESB, 2009; ANA, 2016).

2.3.1.2 Temperatura

Parâmetro de grande importância, pois afeta diretamente diversos aspectos da qualidade da água. Representa a medição da intensidade de calor, e é o parâmetro mais influenciado pela sazonalidade, pois pode sofrer alterações devido à localização em latitude, altitude e estações do ano (CARVALHO et al., 2000, VON SPERLING, 2005).

Uma elevação considerável de temperatura em um corpo hídrico pode estar associada ao lançamento de despejos industriais, usinas termoelétricas e efluentes de sistema de resfriamento (CETESB, 2009; WEINBERG, 2013). Elevações de temperatura influenciam o aumento da taxa das reações químicas, físicas e biológicas e diminuem a solubilidade dos gases no interior do corpo hídrico, diminuindo a concentração de oxigênio dissolvido na água, o que pode acarretar diversos problemas ambientais relacionados a vida aquática visto que alguns organismos aquáticos têm temperaturas ótimas para o crescimento e limitações de temperatura para migração, desova e incubação do ovo. (ALVES, 2012; VON SPERLING, 2005; WEINBERG, 2013).

2.3.1.3 Turbidez

Este parâmetro define-se como a capacidade da água em dispersar radiação, ou seja, a dificuldade que possui um feixe de luz para atravessar uma certa quantidade de água, por meio de mecanismos de espalhamento ou absorção de distintos comprimentos de onda (WEINBERG, 2013).

É causada por matérias sólidas em suspensão na água, tais como silite, argila, colóides, matéria orgânica, entre outras, e este, é um parâmetro utilizado para indicar a eficácia da filtração, que impacta na qualidade da água (SANTOS, 2009).

Um fator que aumenta o grau de turbidez nas águas em estações chuvosas é a erosão das margens dos rios, intensificada pelo uso do solo sem os devidos cuidados, outro fator de grande peso, é o lançamento de esgotos domésticos e efluentes industriais nos corpos receptores sem tratamento adequado, ambos os

fatores atuam comprometendo a saúde da comunidade aquática e como consequência, desequilibrando-a. Nas estações de tratamento de águas, o aumento da turbidez demanda determinadas operações, como alterações das dosagens de coagulantes e auxiliares, o que encarece o tratamento (CETESB, 2013b).

2.3.1.4 Oxigênio dissolvido

Define-se como a quantidade de oxigênio disponível em um corpo hídrico, sendo o principal parâmetro utilizado para indicar poluição de águas por matéria orgânica e essencial para avaliar as condições das águas e detectar impactos ambientais (PAULA, 2011, VON SPERLING, 2005).

O oxigênio dissolvido (OD) é de fundamental importância para a sobrevivência da vida aquática, pois diversos organismos utilizam oxigênio em sua respiração, como por exemplo, os peixes. Esgotos domésticos quando despejados nos corpos hídricos sem o devido tratamento, afetam drasticamente a concentração de oxigênio dissolvido na água, isso se deve ao fato de que a matéria orgânica presente neste esgoto é decomposta por microrganismos aeróbios, sendo assim, quanto maior a quantidade de matéria orgânica presente no corpo hídrico, maior será a quantidade desses microrganismos aeróbios decompositores, e conseqüentemente menor a quantidade de oxigênio dissolvido disponível para a manutenção da vida de seres aeróbios presentes no ecossistema aquático, causando um desequilíbrio neste meio (PAULA, 2011; ANA, 2016).

A concentração de OD observada em um corpo hídrico está diretamente relacionada com as formas de vida que podem ser encontradas nas águas, no caso dos peixes, os mais exigentes, morrem com uma concentração de OD entre 4-5 mg/L, já se as águas se encontram com uma concentração de 2 mg/L, praticamente não existem peixes, pois esta quantidade de oxigênio disponível é insuficiente para sustentar sua respiração. (VON SPERLING, 2005).

2.3.1.5. Coliformes termotolerantes

São microrganismos presentes no intestino de seres vivos de sangue quente, capazes de fermentar a lactose a 44-45°C, que contribuem na digestão dos alimentos e diariamente são eliminadas junto com as fezes. São representados principalmente pela *Escherichia coli* e, também por algumas bactérias dos gêneros *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter* (PAULA, 2011; CETESB, 2009).

Em águas que possuem despejo de esgotos sanitários, bactérias estão presentes em maior quantidade que os outros organismos, sendo as bactérias do grupo coliforme, indicadoras da contaminação via fezes. Bactérias coliformes termotolerantes geralmente não são causadoras de doenças, porém, estão associadas a possíveis concentrações de organismos patogênicos na água, que podem transmitir doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratifóide, disenteria bacilar e cólera. (CETESB, 2009).

2.3.1.6 Potencial hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogeniônico (pH) é a concentração de íons hidrogênio H^+ , que representa a condição de acidez, alcalinidade ou neutralidade da água, podendo variar em uma escala de 0 a 14, sendo 7, o valor relacionado a um pH neutro. Fatores que podem influenciar nas variações do pH, são sólidos e gases dissolvidos no corpo hídrico, sendo que as variações desse parâmetro influenciam no equilíbrio de compostos químicos na água e têm impacto direto na sua qualidade. O pH alto, pode ser indicativo de proliferação de algas no corpo hídrico e pH muito baixo ou muito elevado pode significar presença de efluentes industriais nas águas (VON SPERLING, 1996).

2.3.1.7 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅)

A DBO é um parâmetro que avalia a qualidade da água através da medida da quantidade de oxigênio necessária para decomposição microbiológica por oxidação da matéria orgânica presente na água, portanto, pode ser entendida como uma medida da quantidade de matéria orgânica presente na água ou quantidade de oxigênio para que microrganismos aeróbios convertam a matéria orgânica em uma forma inorgânica estável. A DBO também pode ser denominada DBO₅, pois o estabelecimento dos valores desse parâmetro se baseia em determinar a quantidade de oxigênio consumido em um período de 5 dias a 20°C, efetuando a diferença entre os valores iniciais e finais de oxigênio dissolvido na amostra (LERMONTOV, 2009; CETESB, 2009).

Aumentos significativos dos valores de DBO em um corpo hídrico estão associados a despejos de matéria orgânica, pois a presença de grande quantidade de matéria orgânica pode acarretar um esgotamento do oxigênio disponível na água, comprometendo a vida de seres vivos aquáticos aeróbios, altos valores desse parâmetro também podem sugerir um aumento da microflora, interferindo no equilíbrio dos ecossistemas aquáticos, além de produzir sabores e odores desagradáveis e acarretar um alto custo para o tratamento dessas águas até que fique em nível aceitável para o consumo humano (MARANHÃO, 2007; CETESB, 2009).

2.3.1.8 Nitrogênio total

O nitrogênio é um composto presente em muitos ecossistemas terrestres e aquáticos, que controla a composição, dinâmica e funcionamento destes ecossistemas. A agricultura, o uso de combustíveis fósseis e outras diversas atividades humanas alteram o ciclo do nitrogênio, aumentando a disponibilidade e mobilidade de nitrogênio nas diversas regiões do planeta (VITOUSEK et al., 1997).

O Ciclo do Nitrogênio representa um ciclo biogeoquímico complexo, pois envolve um processo dinâmico de troca de energia entre a atmosfera, a matéria orgânica e o solo (CAMPOS & LIMA, 2008).

Pinto (2007) também reforça a complexidade da dinâmica do nitrogênio, devido aos vários estágios que este composto pode assumir e dos impactos que a mudança no estado de oxidação do nitrogênio pode acarretar em relação a vida dos organismos. A atmosfera funciona como um reservatório onde o nitrogênio é consecutivamente renovado através de descargas elétricas e pela fixação das bactérias. Nessas descargas elevadas concentrações de nitrogênio são oxidadas a N_2O_5 e a união dessas moléculas com a água gera HNO_3 , que é depositado na terra através das chuvas. Outro composto produzido pela oxidação direta do nitrogênio ou da amônia é o nitrato, que é geralmente encontrado em fertilizantes (SAWYER apud PINTO, 2007).

Tratando-se de águas naturais, diversas são as fontes do nitrogênio presentes nessas águas, como esgotos sanitários e industriais, que devido a elevada presença de proteínas, lançam nitrogênio orgânico e também nitrogênio amoniacal, pela hidrólise da uréia na água. Outra fonte que garante a presença de nitrogênio nas águas deve-se a mecanismos de biofixação, que consistem na incorporação do nitrogênio atmosférico nos tecidos de algas e bactérias presentes na água, gerando assim fonte de nitrogênio orgânico nas águas. A fixação química, é mais uma fonte de nitrogênio nas águas, esta reação depende da presença de luz e gera nitrogênio nas formas de amônia e nitrato. Chuvas também transportam partículas de nitrogênio orgânico para os corpos hídricos, além de que nas áreas agrícolas que possuem solos fertilizados, diversas formas de nitrogênio são transportadas juntamente com essas águas pluviais (CETESB, 2009).

Com o passar do tempo, o nitrogênio orgânico é convertido em nitrogênio amoniacal e, posteriormente, se condições aeróbias estão presentes, a oxidação da amônia acontece, transformando-se em nitrito e nitrato (PINTO, 2007).

A forma como o nitrogênio é detectado nas águas, pode fornecer informações relacionadas ao estágio de poluição do corpo hídrico. Em caso de poluição recente, nitrogênio é detectado principalmente sob a forma de nitrogênio orgânico ou amônia e em casos de poluição antiga, sob forma de nitrato (VON SPERLING, 2005).

2.3.1.9 Fósforo total

Este elemento encontra-se presente nas águas principalmente devido ao despejo de esgotos sanitários, contendo grande quantidade de detergentes superfosfatados, que são de amplo uso doméstico e também devido a matéria fecal rica em proteínas presente no esgoto. Efluentes de indústria química, de fertilizantes, pesticidas, conservas alimentícias, abatedouros e laticínios apresentam fósforo em grandes quantidades, sendo encontrado na água sob forma de fosfatos orgânicos, ortofosfatos e polifosfatos (GONÇALVES, 2009; CETESB 2009).

O fósforo é nutriente fundamental para o crescimento de microrganismos responsáveis pela decomposição da matéria orgânica, porém, em concentrações elevadas, torna-se responsável pelo processo de eutrofização, pois é fator crítico para o crescimento de algas, portanto, em grandes quantidades, o fósforo acelera o crescimento da população de algas nos corpos hídricos, estas por sua vez causam um aumento na produção de oxigênio dissolvido durante o dia, que é quando realizam fotossíntese, porém, em períodos onde não há presença do sol, a concentração do oxigênio presente na água cai drasticamente, pois as algas também utilizam este oxigênio em excesso para sua respiração, o que desequilibra o ecossistema aquático (PAULA, 2011; GONÇALVES, 2009).

Diversos fatores contribuem para o aumento da concentração de fósforo presente nas águas, tais como drenagem pluvial de área de agricultura com escoamento de fertilizantes, drenagem de áreas urbanas com escoamento de produtos químicos contendo fósforo, descarga de esgoto em corpos hídricos sem o devido tratamento, etc. (PAULA, 2011).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 PONTOS DE AMOSTRAGEM

Para o desenvolvimento deste estudo, foram selecionados dois pontos de amostragem situados na bacia hidrográfica do Arroio Ronda. As amostras de águas superficiais foram coletadas e analisadas num período de 3 meses. O primeiro ponto de coleta foi nas proximidades do contorno da BR 376 nas proximidades da ponte do Arroio Ronda (Ponto 1), localizado à 200 metros antes do lançamento de efluentes, que possibilita analisar a contaminação proveniente da região urbana da cidade. O ponto 2 situa-se a 100 metros jusante a Estação de Tratamento Ronda e permite avaliar o impacto dos efluentes da ETE sobre a qualidade das águas do Arroio Ronda, conforme observado na Figura 3.



Figura 3 – Estação de Tratamento de Esgoto Ronda
Fonte: GOOGLE MAPS (2016).

3.2 TÉCNICAS DE AMOSTRAGEM

3.2.1 Limpeza dos Materiais

Todas as vidrarias utilizadas na determinação dos parâmetros físico-químicos foram inicialmente, lavadas com água corrente, detergente comercial, escova e, posteriormente, enxaguadas. Em seguida foram colocadas imersas em solução de ácido nítrico (HNO_3) 10% v/v por um tempo mínimo de 24 horas antes da coleta das amostras. Finalmente as vidrarias foram retiradas do banho com ácido e enxaguadas com água destilada. Os frascos empregados nas análises de coliformes fecais foram vedados e auto clavados a 121°C por 30 minutos, 24 horas antes da coleta amostral.

3.2.2 Coleta e Tratamento das Amostras

As amostras de águas naturais foram coletadas diretamente em frascos de polietileno a aproximadamente 10 cm de profundidade, emergindo contra a corrente. As coletas foram realizadas por no mínimo duas pessoas, sendo uma responsável pela coleta e a outra pelo manuseio dos materiais. Finalmente, as amostras foram encaminhadas rapidamente para o laboratório para minimizar a atividade biológica. Para a coleta das amostras foram utilizados, em cada ponto, 1 frasco de polietileno com capacidade de 2L, 1 frasco de polietileno com capacidade de 5L e um frasco âmbar vedado com rolha esmerilhada e capacidade de 100 mL.

Para realizar as análises de DBO_5 , sólidos totais, pH, turbidez, nitrato e sólidos solúveis foram coletados 5L de amostra. Para determinação dos parâmetros de nitrogênio total Kjeldahl (NTK), nitrogênio amoniacal e fósforo total foram coletados, separadamente, 2L de amostra, na qual foram adicionados 2 mL de ácido sulfúrico concentrado para acidificá-la.

Na coleta destinada para análise de Coliformes fecais foram utilizados frascos âmbar, com rolha esmerilhada, sendo retirados os lacres no momento da

coleta e introduzidos diretamente no rio a aproximadamente 10 cm de profundidade. As coletas foram realizadas nos 2 pontos de amostragem no mesmo dia, com intervalos de 30 minutos entre elas. No momento da coleta foram medidos in situ, em triplicata, os parâmetros temperatura da água e oxigênio dissolvido, utilizando-se o equipamento multi-elemento HANNA.

Depois de finalizadas as coletas, o frasco âmbar contendo a amostra para determinação de coliformes fecais foi encaminhado para o laboratório de microbiologia do Campus Ponta Grossa da UTFPR, para análise imediata.

3.3 METODOLOGIAS DE ANÁLISE

3.3.1 Sólidos Totais

O teor de sólidos totais foi determinado para um volume de 100 mL de amostra, por meio da evaporação da água em cápsula de porcelana, secando em banho-maria e, posteriormente, em estufa a 103°C até que se obtenha peso constante (APHA, 1995).

3.3.2 Turbidez

A análise de turbidez foi realizada através de um turbidímetro digital Hach, modelo 2100P, sendo a unidade empregada NTU/UNT (Unidades Nefelométrica de Turbidez).

3.3.3 Oxigênio dissolvido, Temperatura

Para determinação de oxigênio dissolvido e temperatura do ar e da água foi utilizado analisador HANNA, realizando, em média, 3 medidas nos locais de coleta.

3.3.4 pH

A determinação de pH das amostras *in natura* foi avaliada utilizando três medidas com um potenciômetro digital Tecnal modelo Tec-2mp. Antes das medidas, realizadas em laboratório, o sistema de eletrodos foi calibrado com soluções-tampão pH 7,00 e 4,00.

3.3.5 Nitrogênio Total Kjeldahl

A determinação de nitrogênio Kjeldahl ocorreu pelo Método de Kjeldahl, onde a amônia e todas as formas de nitrogênio orgânico foram transformadas em sulfato de amônia por meio da digestão da amostra com ácido sulfúrico e sulfato de cobre, sob elevada temperatura. Depois, a amônia passou por uma destilação em meio alcalino, foi absorvida em solução de ácido bórico e, então, quantificada por titulação com ácido sulfúrico $0,02 \text{ mol L}^{-1}$. Os ensaios foram desenvolvidos em triplicata, para melhor caracterização e percepção dos resultados (APHA, 1995).

3.3.6 Nitrogênio Amoniacal

O teor de nitrogênio amoniacal foi determinado por meio do método Fenato, de acordo com o procedimento (APHA 1995). Os ensaios ocorreram em triplicata e as análises foram desenvolvidas por meio de um espectrofotômetro NOVA 60, no comprimento de 640 nm.

3.3.7 Fósforo Total

Método ácido ascórbico, o fósforo total é determinado pela digestão à quente com mistura sulfo-nítrica, após sofre reação do molibdato de amônio e do antimonil tartarato de potássio com o ortofosfato, em meio ácido, para formar o ácido fosfomolibdico que reduz a intensidade do azul de molibdênio na presença do ácido ascórbico, realizada a leitura em absorvância de 660 nm, utilizando espectrofotômetro Nova 60 (APHA, 1995)

3.3.8 Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Carbono Orgânico Total, Surfactantes, Sólidos Solúveis Solúveis Totais (SST), Nitrogênio de Nitrato

Quanto às determinações, os parâmetros sólidos suspensos totais (SST), demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), carbono orgânico total (COT), nitrogênio de nitrato (NO_3^-) e surfactantes (SUR) foram determinados, em triplicata, pelo espectrofotômetro *Pastel UV – Secomam*, o qual é amplamente utilizado em estudos internacionais como, por exemplo, os estudos desenvolvidos por Marinovic *et al.* (2010), Droiuche *et al.* (2004) e Gonzalez *et al.* (2007).

A análise baseia-se na coleta de 1 mL da amostra sem pré-tratamento e devidamente homogeneizada para cada repetição. Este volume foi inserido na célula de quartzo, que por sua vez foi introduzida no equipamento. Realizou-se a leitura simultaneamente para os seis parâmetros mencionados anteriormente em mg/L. Ressalta-se a importância da homogeneização, da troca de ponteira da micropipeta para cada amostra e da lavagem da célula de quartzo com água destilada e com a própria amostra.

A validação do equipamento foi obtida através de trabalhos anteriores, onde se pode comprovar sua metodologia através de resultados aproximados, também obtidos com o “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*”. Observou-se que comparação dos resultados obteve um grau de confiança de 95% (STROMBERG, 2013; ZIMMERMAN, 2008) SAEQ.

3.3.9 Coliformes Termotolerantes

Foi feita a análise microbiológica para quantificação de Coliformes totais e termotolerantes usando a metodologia do Colilert. Nesta metodologia adiciona-se à amostra um reagente pronto, misturam-se, distribuem-se na cartela Quanti-Tray, que posteriormente será lacrada e mantida à temperatura de 35°C por um período de 24 horas de incubação e só então procederá à contagem; a coloração amarela indica a presença de coliformes e a fluorescência indica a presença de E. Coli. A concentração de coliformes será expressa em número mais provável - N.M.P – em 100 mL de água, o qual é obtido através de tabela no Standards Methods, APHA (2012).

3.4 ANÁLISE DOS DADOS

Comparação entre dos dados obtidos nos pontos de coleta a fim de classificar o rio segundo resolução do CONAMA 357/2005.

Os valores de IQA foram obtidos por meio de planilhas no software Excel Microsoft Office® (2010), onde as curvas de qualidade dos parâmetros da metodologia NSF serão devidamente transformadas em equações.

Os dados de vazão da ETE-Ronda foram obtidos durante as coletas do corpo hídrico.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período de abril a junho de 2014, foram coletadas amostras representativas do corpo hídrico do Arroio da Ronda, localizado na região de Ponta Grossa. Os pontos escolhidos foram a montante da estação de tratamento de esgoto Ronda (ponto 1), para avaliar o impacto produzido pelas atividades urbanas da cidade e jusante o lançamento de efluentes da ETE para verificar o impacto dos efluentes sobre o Arroio (Ponto 2)

SCHLUSAZ (2014), no mesmo período de coleta, realizou estudo sobre a avaliação da eficiência da estação de tratamento, através de parâmetros físico-químicos e os resultados do seu trabalho demonstraram que a ETE não atende alguns dos parâmetros de lançamento que preconiza a CONAMA 430/2011.

No período de coleta de amostras de água do corpo hídrico foi registrada a vazão de efluentes do dia, pois alguns parâmetros lançados no arroio podem influenciar na avaliação da qualidade da água pós lançamento. O Gráfico 1 destaca as vazões medidas durante o período de estudo.

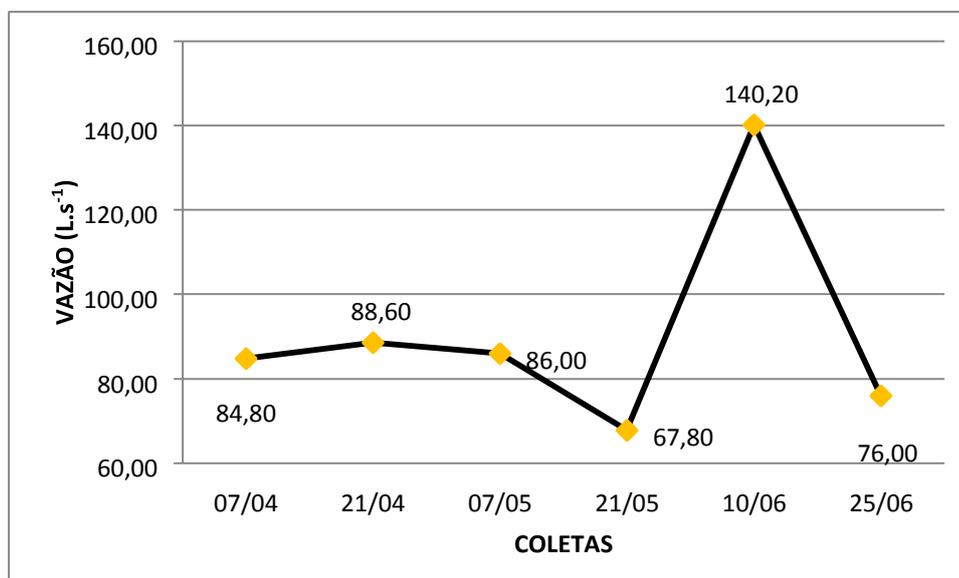


Gráfico 1 – Vazões (L.s⁻¹) de entrada na ETE Ronda obtidos ao longo das coletas
Fonte: SCHLUSAZ (2014)

Destaca-se a coleta do dia 21 de maio, onde se verificou a menor vazão do período, uma vez que faziam 10 dias que não ocorria precipitação na região. Já na coleta realizada no dia 10 de junho houve um aumento registrado da precipitação em dias anteriores e no dia da coleta.

4.1 CLASSIFICAÇÃO DO ARROIO POR PARÂMETROS INDIVIDUAIS

4.1.1 Oxigênio Dissolvido

A Tabela 1 destaca a concentração oxigênio dissolvido encontrado ao longo das coletas e a redução da sua concentração pós lançamento do esgoto tratado no arroio em questão.

Tabela 1 – Concentração de oxigênio dissolvido e redução causada pelo lançamento do esgoto tratado no Arroio Ronda.

Data	Coleta	Ponto 1	Ponto 2	Redução
		mg/L	mg/L	mg/L
07/abr.	1	4,2	1,6	2,6
21/abr.	2	4,7	2,1	2,6
07/mai.	3	3,9	2,3	1,6
21/mai.	4	5,7	1,1	4,6
10/jun.	5	6,4	3,5	2,9
25/jun.	6	4,5	1,8	3,7
Média		4,9	2,07	3,0

FONTE: Autoria própria (2016)

A determinação de oxigênio dissolvido em corpos aquáticos é uma das ferramentas mais importantes para a avaliação dos índices de qualidade de águas, tendo em vista que este parâmetro está diretamente relacionado à manutenção da biota aquática (STUMM e MORGAN, 1996). Em um curso de água não poluído a concentração de oxigênio dissolvido pode variar de 8 a 11 mgL⁻¹ a 25° C, sendo que poucas espécies podem suportar até 2 mgL⁻¹. A decomposição da matéria orgânica presente nos corpos hídricos afeta diretamente a quantidade de oxigênio presente no meio e também está ligada a temperatura, sendo que em temperaturas acima de 20°C, o processo de depuração dos resíduos orgânicos é mais acelerado, e, dado

que este processo é realizado por bactérias aeróbias, a quantidade de oxigênio dissolvido na água em temperaturas acima dos 20°C cai acentuadamente, o que pode levar a morte de diversos organismos aquáticos cuja existência baseia-se na estabilidade dos fatores citados (CETESB, 2013a; FRANCO, 2012)

Os valores médios de oxigênio dissolvido no ponto 1 demonstram que a carga poluidora urbana sofre processo de depuração ao longo do percurso do Arroio e neste ponto de coleta o rio pode ser classificado como rio de Classe 3. A medida que o Arroio absorve cargas poluidoras geradas pelos efluentes da ETE-Ronda a média dos teores de oxigênio dissolvido sofrem um declínio acentuado com valores médios em torno de 2,07 mg L⁻¹, caracterizando este ponto do rio, como Classe 4.

Em períodos de pouca precipitação, assim como observado no período em que a coleta do dia 21 de maio foi realizada, observa-se que a carga poluidora urbana não reduziu a concentração de OD, que apresentou valor de 5,7 mg/L, em função da carga de efluentes ocorreu uma redução de 4,6 mg/L, reduzindo o valor para 1,1mg/L, menor valor avaliado neste estudo. Esse resultado indica que em períodos de estiagem o impacto do lançamento de efluentes é mais significativo na redução de OD.

Já em períodos de pluviosidade elevada, como ocorrido na coleta do dia 10/06, os resultados de OD demonstraram a melhora da capacidade de suporte em assimilar poluentes urbanos e efluentes domésticos no arroio em estudo. Pelos valores de OD apresentados neste estudo, ressalta-se que a ETE- ronda não possui tecnologia adequada para minimizar a carga orgânica lançada no corpo hídrico.

Sendo assim, respaldando-se no que diz a Resolução CONAMA 357/2005, como os valores ultrapassaram o permitido, é dever da companhia de saneamento responsável por esta poluição hídrica, arcar com os custos da investigação e monitoramento para que este problema seja resolvido (MIZOTURI, 2009).

4.1.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A Tabela 2 consiste nos valores obtidos nas análises referentes a demanda bioquímica de oxigênio, nas respectivas datas de coletas, e o incremento nesse parâmetro após o lançamento do esgoto tratado no Arroio Ronda.

Tabela 2 – Concentração da demanda bioquímica de oxigênio e incremento causado pelo lançamento do esgoto tratado

Data	Coleta	Ponto 1	Ponto 2	Incremento
		mg/L	mg/L	mg/L
07/abr.	1	7,3	10,4	3,1
21/abr.	2	7,3	10,8	3,5
07/mai.	3	5,6	8,9	3,3
21/mai.	4	2,2	13,1	10,9
10/jun.	5	8,3	10,9	2,6
25/jun.	6	5,4	11,3	5,9
Média		6,02	10,9	4,88

FONTE: Autoria própria (2016)

Os valores médios de DBO encontrados nos dois pontos foram respectivamente 6,02 e 10,9 mg L⁻¹. O aumento da carga orgânica biodegradável, DBO, justifica a redução dos teores de oxigênio dissolvido, pois o consumo do mesmo pode ser verificado no aumento de matéria orgânica, como constatado no ponto 2, o que caracteriza emissão de fontes de efluentes residuais de origem doméstica. Com estes parâmetros o Arroio Ronda pode ser classificado no ponto 1, com rio de Classe 3 e rompendo a classe no ponto 2, jusante a ETE-Ronda. O DBO se trata de uma medida da quantidade de matéria orgânica presente nas águas, relacionando a quantidade de oxigênio necessária para que organismos decompositores convertam a matéria orgânica presente na água em matéria inorgânica através de processos oxidantes, sendo determinado em laboratório como a diferença entre as leituras finais e iniciais da quantidade de oxigênio consumido durante um período de 5 dias a 20°C (MARANHÃO, 2007). Segundo Weinberg (2011), altos valores de DBO indicam grande quantidade de carga orgânica presente na água.

O maior incremento de matéria orgânica biodegradável foi de 10,9 mg/L no dia 21/05 período de baixa precipitação, comprometendo a capacidade de suporte do Arroio. Notamos também que o menor incremento (2,6 mg/L) ocorreu no período maior precipitação, proporcionando volume de água e oxigenação que facilita a redução poluentes e contaminantes.

Reforçando o conceito do não cumprimento da ETE-Ronda em relação a qualidade da água dos efluentes lançados no Arroio Ronda, estudos realizados sobre a eficiência desta ETE abordados por Schlusaz (2014), apontam que a eficiência de remoção de DBO foi em média de 58,28%, estando esta eficiência

abaixo do padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 430/2011, que dispõe sobre padrões e condições de lançamento de efluentes em corpos hídricos e determina um valor de eficiência de remoção de DBO superior ou igual a 60%.

Segundo a mesma Resolução, no seu artigo 3 esta afirma que “os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta resolução” neste caso obedecendo os limites para um rio de classe 3.

A mesma Resolução afirma também, que, caso o efluente não se encontre adequado para lançamento, ou seja, dentro dos padrões estabelecidos:

“deve-se acrescentar outras condições e padrões para o lançamento de efluentes, ou torná-los mais restritivos, tendo em vista as condições do corpo receptor; ou exigir tecnologia ambientalmente adequada e economicamente viável para o tratamento dos efluentes, compatível com as condições do respectivo corpo receptor”. (Resolução CONAMA 430/2011).

Os resultados do estudo demonstram que a capacidade de suporte do rio preconizada pela lei não esta sendo obedecida, pois segundo a Lei 430/11, entende-se por capacidade de suporte do corpo receptor, o valor máximo de determinado poluente que o corpo hídrico pode receber, sem comprometer a qualidade da água e seus usos determinados pela classe de enquadramento.

Os resultados também corroboram com estudo solicitado pelo Instituto das Águas que evidenciaram que a capacidade de diluição dos efluentes da ETE-Ronda extrapolam a capacidade de suporte do Arroio, em manter a classe 3, em um trecho de 7Km até a confluência com o rio Tibagi, que numa condição futura os efluentes deveriam ser lançados diretamente no corpo hídrico do Rio Tibagi (ÁGUAS PARANÁ, 2014).

4.1.3 Fósforo Total

A Tabela 3 refere-se aos valores das análises realizadas para o fósforo total a montante e a jusante da ETE Ronda, bem como o incremento causado em relação a quantidade obtida a montante da ETE, devido ao despejo do esgoto tratado.

Tabela 3 – Concentração de fósforo total e incremento causado pelo lançamento do esgoto tratado no Arroio Ronda

Data	Coleta	Ponto 1	Ponto 2	Incremento
		mg/L	mg/L	mg/L
07/abr.	1	0,28	1,62	1,34
21/abr.	2	0,32	1,10	0,78
07/mai.	3	0,41	2,14	1,73
21/mai.	4	0,37	2,68	2,31
10/jun.	5	0,12	1,25	1,13
25/jun.	6	0,36	1,56	1,20
Média		0,31	1,73	1,42

FONTE: Autoria própria (2016)

Respaldando-se na Resolução CONAMA 357/2005 em relação ao limite permitido por lei para a quantidade de fósforo total presente em águas de classe 3, esta estabelece uma quantidade máxima de até 0,15 mg/L.

Na proposta de reenquadramento da bacia do Rio Tibagi, a empresa COPEBRAS, calculou a capacidade de suporte de fósforo total de origem doméstica no Arroio Ronda. Neste estudo adotou o limite máximo de 0,15 mg/L para rio de classe 3. Utilizou como vazão de referência 0,34m³/s. A partir destes dados estimou a capacidade de suporte do Arroio em 4,4 Kg/dia para fósforo total. O estudo avaliou que a carga de fósforo total de origem doméstica lançada no Arroio da Ronda é de 45,8 Kg/dia, tomando como referência os valores de contribuição per capita correspondente a 54 g/hab.dia para DBO, 1 g/hab.dia para fósforo total (VON SPERLING,2005).

Para uma vazão de 0,34m³/s, utilizada na proposta, e com os valores médios de fósforo total avaliados neste estudo, podemos considerar que a carga de fósforo total de origem urbana (ponto 1) foi de 9,1 Kg/dia para o trecho analisado. E no ponto 2, pós lançamento ETE-Ronda a carga encontrada foi de 50,82 Kg/dia, uma contribuição de 41,72 Kg/dia.

Schlussaz (2014) em seu estudo realizado na ETE Ronda, registrou quantidade média de fósforo total no efluente tratado de 3,48 mg/L, e uma eficiência média de tratamento baixa, de apenas 38,83%, o que afeta diretamente a qualidade da água do corpo receptor, pois uma alta quantidade de fósforo total é lançada, comprometendo as condições de estabilidade do arroio bem como todo seu ecossistema aquático.

A principal origem do fósforo nas águas naturais são as descargas de esgotos sanitários contendo detergentes. No caso industrial, a maior contribuição vem das indústrias de fertilizantes, pesticidas e, químicas em geral (LERMONTOV, 2009). Nas águas, o fósforo pode estar presente através de três formas, sendo elas: ortofosfatos, polifosfatos e fósforo total. Os ortofosfatos são encontrados principalmente em fertilizantes, polifosfatos em esgotos domésticos e industriais (CEBALLOS et al., 1998 apud FARIAS, 2006). O fósforo, assim como o nitrogênio, é um dos principais nutrientes para os processos biológicos, sendo macro-nutriente exigido também pelas células em grande quantidade, assim, torna-se parâmetro fundamental para caracterização de efluentes que se pretendem tratar através de processo biológico (CETESB, 2009).

4.1.4 Coliformes Termotolerantes

A Tabela 4 traz os valores de coliformes termotolerantes encontrados ao longo das coletas e a porcentagem de incremento desse parâmetro após o lançamento do esgoto tratado no Arroio Ronda.

Tabela 4 – Concentração de coliformes termotolerantes e incremento causado pelo lançamento do esgoto tratado no Arroio Ronda.

Data	Coleta	Ponto 1	Ponto 2	Incremento
		NNP/100ml	NNP/100ml	NNP/100ml
07/abr.	1	98.000	550.000	452.000
21/abr.	2	11.000	410.000	399.000
07/mai.	3	12.000	230.000	218.000
21/mai.	4	8.000	1.300.000	1,292.000
10/jun.	5	2.200	540.000	537.800
25/jun.	6	10.000	1.200.000	1.190.000
	Média	23.533	705.000	681.467

Fonte: Aatoria própria (2016)

Baseando-se na Resolução CONAMA 357/2005, esta prevê um valor limite para coliformes fecais para águas de classe 3 de até 2500 (NNP/100 ml) para recreação de contato secundário; no máximo 1000 (NNP/100 ml) para dessedentação de animais criados confinados; e <4000 (NNP/100 ml) para os demais usos. Analisando-se as médias obtidas a montante e a jusante do Arroio

Ronda, evidencia-se que de acordo com este parâmetro, o arroio em questão não atende a legislação vigente para encaixar-se nesta classificação, tanto a montante quanto a jusante. Uma explicação plausível para isto é a possível ocorrência de ligações clandestinas de esgoto a montante do arroio, o que aumenta a quantidade de coliformes fecais presentes nestas águas, porém, os valores encontrados a jusante, são muito maiores do que os encontrados a montante, o que evidencia uma baixíssima eficiência da estação de tratamento de esgoto em relação a remoção de coliformes fecais do esgoto tratado.

Em análises do efluente da ETE Ronda, Rainho (2010) observou que a taxa média geométrica de coliformes totais analisada na saída da lagoa foi de 508.000 NMP/100mL e E. coli foi de 50.500 NMP/100mL. Na lagoa a maior eficiência foi na remoção de E. coli de 92,7% e de 87,9% para remoção de CT. Comparando com o resultado médio para coliformes termotolerantes encontrados, verificamos que os valores encontrados no arroio pós lançamento médio de 705.000 NNP/100mL não correspondem com os valores avaliados na época.

Percebe-se que a única data em que o valor estabelecido por legislação vigente para coliformes fecais em rios de classe 3 encontra-se dentro do limite é na porção a montante do Arroio no dia 10 de junho, fato este que é justificado devido a grande precipitação ocorrida nesta data, o que acarretou no aumento do volume/vazão da água e conseqüente diluição da amostra, diminuindo assim o valor encontrado para coliformes fecais, no entanto, o valor a jusante não acompanhou proporcionalmente esta diminuição, o que sugere que esgoto sem tratamento foi lançado no arroio.

Quando são encontradas quantidades de coliformes termotolerantes na água, isto significa que esgoto foi lançado no local recentemente, e é grande a probabilidade de haver nessas águas ovos e larvas de parasitas intestinais (GONÇALVES, 2009).

4.1.5 pH

Durante o período de amostragem valores médios superiores de pH foram encontrados no ponto 2 (7,27) inferiores aos encontrados no ponto 1 (6,88), conforme observado na Tabela 5.

Tabela 5 – Medidas de pH e incremento causado pelo lançamento do esgoto tratado no Arroio Ronda

Data	Coleta	Ponto 1	Ponto 2	Incremento
07/abr	1	6,7	7,1	0,4
21/abr	2	6,6	7,36	0,76
07/mai	3	6,94	7,48	0,54
21/mai	4	7,32	7,48	0,16
10/jun	5	6,78	6,98	0,2
25/jun	6	6,95	7,23	0,28
	Média	6,88	7,27	0,39

Fonte: Autoria própria (2016)

Zimmermann e colaboradores (2008), avaliaram 36 amostras em 3 pontos do rio Tibagi, utilizando Análise Multivariada e correlacionaram amostras mais impactadas pelo aporte de poluição hídrica associadas a elevação do pH com nitrogênio amoniacal e com a redução de oxigênio dissolvido. Outro aspecto característico do aporte de águas residuais é a elevação do pH a níveis alcalinos. Alguns autores ressaltam que esta influência se dá principalmente em função do descarte de águas residuais tratadas ou não tratadas em corpos aquáticos naturais (SODRÉ, 2005; VERBANK et al., 1994).

4.1.6 Nitrogênio Amoniacal

A Tabela 6 revela os valores obtidos para nitrogênio amoniacal referentes as águas do Arroio Ronda a montante e jusante da ETE Ronda, também estão contidos os valores de incremento destes parâmetros após o lançamento dos efluentes tratados da ETE em questão.

Tabela 6 – Concentração de nitrogênio amoniacal e incremento causado pelo lançamento do esgoto tratado no Arroio Ronda.

Data	Coleta	Ponto 1	Ponto 2	Incremento
		mg/L	mg/L	mg/L
07/abr.	1	3,50	8,40	4,90
21/abr.	2	2,00	6,20	4,20
07/mai.	3	8,75	17,57	8,82
21/mai.	4	2,98	13,80	10,82
10/jun.	5	1,30	16,60	15,30
25/jun.	6	3,10	14,50	11,40
Média		3,61	12,85	9,24

Fonte: Autoria própria (2016)

Através dos dados contidos na Tabela 6, referente aos valores das análises da quantificação de nitrogênio amoniacal presente na água, observa-se que a média desse parâmetro a montante da ETE Ronda é de 3,61 mg/L, que se enquadra em classe 2, e a jusante é de 12,85 mg/L, quase rompendo classe 3 ou seja, houve um aumento expressivo na quantidade detectada deste parâmetro após o lançamento do esgoto tratado pela ETE no corpo receptor.

Analisando a média de nitrogênio amoniacal e a média do pH, obtidas a montante da ETE, obteve-se um valor de 3,61 mg/L e 6,88 respectivamente, sendo assim, as águas encontram-se a montante na classe 3. A jusante, as médias para nitrogênio amoniacal e pH foram de 12,85 mg/L e 7,27, respectivamente, o que mantém as águas como sendo de classe 3, mesmo após o lançamento de efluentes tratados; porém, observa-se que o valor de nitrogênio amoniacal a jusante é muito superior que o encontrado a montante e o valor do pH encontra-se próximo ao limite de 7,5, o que mudaria os valores aceitáveis para nitrogênio amoniacal de águas de classe 3, tornando as águas classificadas como pertencentes a classe 4.

Estudos realizados por Schlusaz (2014) mostram valores de lançamento de nitrogênio amoniacal no Arroio Ronda de 27,87 mg/L com pH menor do que 7,5. Sendo assim, este valor encontra-se fora dos padrões de água descritos pela Resolução CONAMA 357/2005 para rios de classe 3, caracterizando também baixa eficiência do sistema de tratamento de esgoto, estando este valor em desacordo com o valor imposto pela Resolução CONAMA 430/2011, que prevê lançamento com um valor limite de concentração de nitrogênio amoniacal de 20 mg/L.

Naval et al. (2005), realizou estudos sobre a remoção de nitrogênio amoniacal em efluentes de sistemas anaeróbios, onde afirma que sistemas

anaeróbios, que são os sistemas utilizados pela ETE Ronda para tratamento do efluente, são ineficientes, devido ao fato de que este sistema opera com ausência de oxigênio dissolvido, o que diminui sua capacidade de oxidação do nitrogênio amoniacal a nitrito e nitrato, por meio de nitrificação, sendo assim, o nitrogênio não pode ser removido do sistema através da desnitrificação do nitrato a nitrogênio gasoso, que pode ser retirado do sistema por volatilização. Uma solução proposta por este estudo foi submeter o efluente a solução de Cal 1%, que apresentou remoção satisfatória do parâmetro em questão.

O nitrogênio observado nas águas é oriundo de diversas fontes. Dentre estas, os esgotos sanitários são os principais responsáveis, uma vez que depositam nas águas nitrogênio orgânico devido a presença de proteína e nitrogênio amoniacal, pela hidrólise da ureia na água (CETESB, 2009). O termo nitrogênio amoniacal abrange as concentrações das formas do nitrogênio como amônia (NH_3) (FARIAS, 2006). A presença de nitrogênio amoniacal nas águas, mesmo quando em pequenas quantidades pode causar a mortalidade de diversos organismos aquáticos, dentre eles peixes devido a toxicidade deste elemento para determinadas espécies, o que causa um grande desequilíbrio no ecossistema aquático (RUGGERI, 2011).

De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, os limites de nitrogênio amoniacal toleráveis em águas de acordo com sua classe, está diretamente relacionado com valores do pH dessas águas. A resolução CONAMA 357/2005 estabelece valores limites de concentração para nitrogênio amoniacal em águas de classe 3 de 13,3 mg/L para $\text{pH} \leq 7,5$;

A presença da amônia pelo seu impacto ecológico nas comunidades aquáticas, em peixes e na população de invertebrados bentônicos, pode se dar em termos de toxicidade crônica, com efeito, sobre a capacidade reprodutiva (produção de ovos e sobrevivência larval), o crescimento (comprimento e peso), o comportamento, os tecidos (mudanças patológicas nos tecidos das brânquias, rins e fígado dos peixes) alterações bioquímicas e fisiológicas (ENVIROMENTAL CANADÁ, 2000).

A ecotoxicidade da amônia é um campo aberto de estudo. A própria EPA está em vias de reformular seus critérios sobre os efeitos tóxicos dessa substância para as comunidades aquáticas (EPA, 2006). Estudos recentes têm mostrado que algumas espécies bivalves apresentam uma sensibilidade à amônia maior que as

observadas nos estudos que fundamentaram o corrente critério. No Brasil, estudos com nosso ecossistema, considerando as espécies nativas e as características físico-químicas, poderiam auxiliar na definição desses valores ecotoxicológicos de um modo mais apropriado.

4.1.7 Surfactantes

Na Tabela 7 são descritos valores de surfactantes encontrados durante o período de coleta.

Tabela 7 – Detecção técnica de surfactantes no esgoto tratado lançado no arroio Ronda.

Data	Coleta	Ponto 1	Ponto 2
		mg/L	mg/L
07/abr.	1	0,7	1,5
21/abr.	2	0,8	1,6
07/mai.	3	<0,5 ¹	1,5
21/mai.	4	<0,5	3,3
10/jun.	5	<0,5	0,9
25/jun.	6	<0,5	1,3

1. Limite de detecção do equipamento

Fonte: Autoria própria (2016)

Através dos resultados verificamos que no ponto 1, apenas nas coletas 1 e 2 o limite da classe do rio foi extrapolado. Já nos pontos 2 em todas as coletas o valor máximo foi extrapolado, com valores médios encontrados em torno de 1,7 mg/L de surfactantes.

O maior valor encontrado no ponto 2 foi na coleta 4, período de baixa precipitação na região o que demonstra que o lançamento de efluentes foi mais impactante para este parâmetro. Já na coleta 5, período de elevada precipitação o aporte de surfactantes foi o menor registrado no período de coleta para o ponto 2, demonstrando que o aporte de substâncias tensoativas impacta menos o trecho estudado. SCHLUSAZ (2014), verificou que os valores médios de lançamento da ETE-Ronda foram de 6,96 mg/L, com 15% de eficiência de remoção, com os resultados deste estudo verificou-se que a capacidade de suporte para absorver o lançamento da ETE-Ronda é insuficiente para manter a classe 3.

Em relação aos esgotos domésticos, o principal surfactante presente nas águas residuais é o alquilbenzeno linear sulfonado (LAS), que é componente presente em detergentes. O LAS foi empregado na composição de detergentes devido ao seu potencial de biodegradação, porém, mesmo com processos de tratamento empregados nas estações de tratamento de esgoto, a presença LAS em efluentes lançados em corpos d'água ainda é observada (OKADA et al., 2009).

A presença de surfactantes em corpos d'água pode levar a formação de espumas na superfície das águas, que contribuem para a dispersão de poluentes e comprometem a dissolução do oxigênio nos rios, causando diversos desequilíbrios ambientais como, por exemplo, a eutrofização das águas dos rios (EICHHORN et al., 2002 apud TAFFAREL et al., 2010).

No Brasil, a partir da década de 80, os sulfonatos de alquilbenzeno de cadeia linear (LAS) têm substituído progressivamente os sulfonatos de alquilbenzeno de cadeia ramificada (ABS), por serem considerados biodegradáveis. Como os efeitos desta substituição não é ainda conhecido de forma segura. Testes de toxicidade com organismos aquáticos têm sido aprimorados e há certa tendência a serem mais utilizados nos programas de controle de poluição, já que os detergentes podem exercer efeitos tóxicos sobre os ecossistemas aquáticos (CETESB, 2013). O limite máximo para substâncias tensoativas estipulado para todas as classes de rio segundo CONAMA 357 é 0,5 mg/L.

4.2 ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS (IQA)

O Índice de Qualidade das Águas (IQA) foi calculado utilizando as variáveis pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica e oxigênio, turbidez, resíduos totais, fósforo total, nitrogênio total, temperatura e coliformes termotolerantes, levando em conta o peso respectivo atribuído a cada variável, representados na Tabela 9. A tabela de resultados com todos os parâmetros avaliados do IQA nos pontos 1 e 2 compõe os anexos A e B deste trabalho.

Tabela 8 – Valores do IQA calculado, condições das águas e redução percentual do IQA causada pelo lançamento do esgoto tratado no Arroio Ronda.

Data	Coleta	Ponto 1	Qualidade	Ponto 2	Qualidade	Redução
07/abr.	1	44	REGULAR	28	RUIM	16
21/abr.	2	50	REGULAR	31	RUIM	19
07/mai.	3	47	REGULAR	30	RUIM	17
21/mai.	4	54	BOA	25	RUIM	29
10/jun.	5	64	BOA	34	RUIM	30
25/jun.	6	49	REGULAR	28	RUIM	21
Média		51,3		29,3		22

FONTE: Autoria própria (2016)

Os valores do IQA são classificados em faixas, que determinam as condições das águas, mostradas no Quadro 3:

Categoria	Ponderação
ÓTIMA	$79 < \text{IQA} \leq 100$
BOA	$51 < \text{IQA} \leq 79$
REGULAR	$36 < \text{IQA} \leq 51$
RUIM	$19 < \text{IQA} \leq 36$
PÉSSIMA	$\text{IQA} \leq 19$

**Quadro 3 - Valores do IQA em faixas
ADAPTADO DE: CETESB (2013)**

O peso de cada variável que compõe o IQA encontra-se na Tabela 8.

Tabela 9 - Parâmetros da qualidade de água do IQA e seus respectivos pesos

Parâmetro de qualidade da água	Peso (w)
Oxigênio dissolvido	0,17
Coliformes termotolerantes	0,15
Potencial hidrogeniônico - pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO5	0,1
Temperatura da água	0,1
Nitrogênio total	0,1
Fósforo total	0,1
Turbidez	0,08
Resíduo total	0,08

Fonte: Adaptada de ANA (2016)

Na avaliação dos pesos relativos nota-se que na concepção do IQA os valores de oxigênio dissolvido e coliformes fecais exercem peso significativo na elaboração deste índice, o aumento do teor de OD e diminuição da quantidade de coliformes fecais inferem de maneira significativa para o aumento do estado de qualidade. Foi avaliado o peso relativo de cada variável e suas condições, de acordo com uma escala de valores, e concluiu-se que algumas variáveis têm um peso maior em relação a outras, sendo necessária então, para realizar o cálculo do IQA, uma média ponderada com uso de peso relativo referente às variáveis, e, além de seu peso (w), no cálculo, cada parâmetro possui um valor de qualidade (q), obtido por meio de curvas médias da variação da qualidade das águas para cada variável analítica, de acordo com o estado ou condição da mesma (LERMONTOV, 2009).

De acordo com Racanichi (2002) apud Sachetto (2012), a qualidade da água tem a seguinte classificação:

- Ótima (80 a 100): são águas encontradas em rios em suas condições naturais, ou seja, que não recebem efluentes e são propícias para a manutenção da vida de organismos aquáticos, servindo também para produção de alimentos e abastecimento público.
- Boa (52 a 79): águas de rios em suas condições naturais, mas que recebem efluentes em determinadas localizações embora estes lançamentos não comprometam a sua qualidade em relação a manutenção do ecossistema aquático, também podem ser utilizadas para o consumo público e produção de alimentos.
- Regular (37 a 51): são águas de rios que sofrem grande processo de degradação e interferências antropológicas, mas que ainda podem ser utilizadas para consumo público, produção de alimentos e manutenção do ecossistema aquático, após tratamento.
- Ruim (20 a 36): águas de rios que sofrem grande processo de degradação, ficando assim comprometida a qualidade dessa água, servindo esta apenas para navegação e geração de energia.
- Péssima (0 a 19): águas de rios que sofrem graves interferências e degradação, servindo apenas para geração de energia e navegação devido a sua baixa qualidade.

Os parâmetros utilizados no cálculo do IQA são em sua maioria indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos, porém, este

índice, na avaliação da qualidade das águas, deixa de levar em consideração diversos parâmetros como, por exemplo, protozoários, patogênicos e substâncias tóxicas, que englobam metais pesados, pesticidas, etc. (ANA, 2016).

O IQA é calculado pelo produtório das notas atribuídas a cada parâmetro de qualidade de água, conforme equação 1:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

IQA = Índice de Qualidade das Águas, que varia de 0 a 100.

q_i – qualidade do i -ésimo parâmetro, sendo um número de 0 a 100 obtido do gráfico de qualidade.

w_i – peso correspondente ao i -ésimo parâmetro fixado em função de sua importância para a conformação global da qualidade, sendo um número de 0 a 1 de forma que, conforme equação 2:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (\text{Equação 2})$$

Sendo n o número de parâmetros que entram no cálculo do IQA (ANA, 2016).

O cálculo do IQA perde sua eficiência caso qualquer uma das nove variáveis não esteja disponível, devido à função matemática do produtório (LERMONTOV, 2009).

Nota-se que em todas as coletas e análises realizadas, o IQA calculado correspondente a porção de estudo do rio a jusante do despejo de esgoto tratado possui valores baixos, que classificam a água deste rio após receber este lançamento como sendo de qualidade ruim, mostrando claramente o impacto que este despejo causou no arroio, interferindo de maneira negativa na qualidade da água e comprometendo todo o meio aquático.

Analisando as médias obtidas, pode-se afirmar que no geral a água do arroio Ronda à montante da ETE pode ser classificada como de regular para boa, com média de IQA de 51,3. Já a jusante da ETE, a média do IQA ficou em 29,3, portanto, neste ponto as águas são classificadas como ruins. Sendo assim, a água que antes poderia ser utilizada para o consumo humano e produção de alimentos, devido a sua

classificação como regular, após o lançamento de efluentes da ETE Ronda, torna-se uma água que pode ser usada apenas para navegação e geração de energia.

Na proposta de reenquadramento do rio Tibagi, o afluente Ronda é considerado pelo seu uso apenas como harmonia e paisagismo em todo seu trecho, ou seja, a pior classe de rio.

O parâmetro que possui maior influência no cálculo do IQA é o oxigênio dissolvido, que de acordo com a Tabela 9 possui o maior valor de peso no cálculo. A diminuição brusca nos valores de oxigênio dissolvido observada nas coletas dos dias 21 de maio e 10 de junho, períodos de baixa e alta precipitação, fundamentando assim a causa do maior percentual de queda do valor do IQA nesses períodos. Com esta diminuição, ocorrem grandes impactos na qualidade da água, sendo que neste caso pode haver a diminuição do OD, afetando o ecossistema aquático presente nessas águas bem como vindo a comprometer a saúde de humanos e animais que consumirem esta água.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De um modo geral, as análises das águas do arroio Ronda apresentaram valores preocupantes em relação a qualidade desta água, principalmente na porção jusante a estação de tratamento de esgoto, onde valores de OD, DBO, fósforo total, coliformes termotolerantes e surfactantes apresentaram-se fora das especificações determinadas pela CONAMA 357/2005 para rios de classe 3, que é o caso do arroio em questão, porém, mesmo a montante da estação, alguns parâmetros se encontraram em desconformidade com a legislação estabelecida para os rios de classe 3, como fósforo total e coliformes termotolerantes, sendo assim o impacto da poluição urbana ainda mantém o arroio Ronda como rio de classe 3, porém os valores de carga lançada de OD, DBO e surfactantes sofrem um aumento significativo, demonstrando que a capacidade de suporte do rio é insuficiente para depurar o aporte destas cargas.

Uma possível justificativa para a desconformidade de alguns parâmetros é o aumento populacional da cidade de Ponta Grossa, que aumentou o número de ligações residenciais a ETE Ronda, aumentando assim a carga de esgoto a ser tratado e comprometendo a eficiência do tratamento, visto que esta ETE não passou por obras de expansão para melhor atender a população crescente.

O impacto na qualidade das águas devido ao despejo de efluentes em condições inadequadas no arroio fica mais evidente quando realizado o cálculo do IQA, que mostrou-se insatisfatório em todas as coletas nos pontos a jusante da ETE Ronda, alterando a classificação de águas regulares e boas a montante, para ruins, a jusante.

Existem diversas ações para minorar e/ou solucionar alguns dos problemas verificados no arroio Ronda, pode-se destacar como algo necessário e possível, a realização de obras de ampliação, manutenção e modernização da estação de tratamento de esgoto, obras de drenagem, manutenção e ampliação dos serviços de limpeza urbana, tratamento dos resíduos e serviços de educação ambiental que, em conjunto, poderiam mudar a realidade do arroio.

REFERÊNCIAS

ÁGUAS PARANÁ. **Finalização do Plano da Bacia do Rio Tibagi**: proposta de enquadramento. Nov. 2014. Disponível em <http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/Tibagi/Proposta_de_Enquadramento_Nota_Tecnica.pdf>. Acesso em 22 jul. 2015.

ALVES, Igor C. C., EL-ROBRINI, Maamar, SANTOS, Maria de Lourdes Souza, MONTEIRO, Sury de Moure, BARBOSA, Leandro Patrick Ferreira, GUIMARÃES, José Tasso Felix. Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil). **Acta Amazônica**, Manaus, v.42, n. 1, 2012.

ANA - Agência Nacional de Águas. Indicadores de qualidade: índice de qualidade das águas, 2014. Disponível em <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acesso em 16 jan. 2016.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Washington. 19th ed. 1995.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Water and Wastewater. 22^a ed. 2012.

BACCI, Denise de La C.; PATACA, Ermelinda M. Education for Water. **Estudos Avançados**. São Paulo, v.22, n.63, p. 211-226, 2008.

BRAGA, Benedito et al. **Introdução a Engenharia Ambiental**: o desafio do desenvolvimento sustentável. 2 ed. São Paulo, 2005.

CAMPOS, Angela F.; LIMA, Elba N. Ciclo Do Nitrogênio: Abordagem em Livros Didáticos de Ciências do Ensino Fundamental. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 13, n.1, 2008.

CARVALHO, Adriana R.; SCHLITTLER, Flávio H. M.; TORNISIELO, Valdemar L. Relações da Atividade Agropecuária com Parâmetros Físicos Químicos da Água. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, n. 5, out. 2000.

CETESBa - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Índice de Qualidade das Águas**. Disponível em <

<http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/02.pdf>>. Acesso em 23 abr. 2016.

CETESBb - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo**. Apêndice A. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2009. Disponível em < <http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/variaveis.pdf>>. Acesso em 22 mar. 2016.

CETESB- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas superficiais do estado de São Paulo**. Apêndice A. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2008. Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-relatorios>>. Acesso em 05 abr. 2015.

CONAMA. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União, 17 de março de 2005. Disponível em <www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 12 novembro. 2015a.

_____. **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Diário Oficial da União, 13 de maio de 2011. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 15 novembro. 2014a.

DIÁRIO DOS CAMPOS. **Reclassificação de rios é tema de debate hoje na UEPG**. Ponta Grossa, 22 jul. 2015. Disponível em <<http://www.diariodoscamos.com.br/cidades/2015/07/reclassificacao-de-rios-e-tema-de-debate-hoje-na-uepg/1437358/>>. Acesso em 12 mar. 2016.

DIEDRICHS, Aleksander S.; ANDRADE, Alceu G. de F.; BALARIM, Carlos R. Estudos Hidrológicos e Efeitos da Urbanização na Bacia do Arroio da Ronda em Ponta Grossa – Paraná. **Ciências Exatas Terra**, v.15, n.1, 2009.

DROUICHE, M. et al. **A compact process for the treatment of olive mill wastewater by combining UF and UV/H₂O₂ techniques**. Desalination, 169:81-88, 2004.

ENVIRONMENTAL CANADÁ; **Priority Substances List- Assessment- Ammonia in the Aquática Environment** – May 2000, Canadá, 2000.

EPA - **Update of ambient Water Quality Criteria for Ammonia. Environment Protection Agency. USA, 2006.** Disponível em <<http://www.epa.gov/waterscience/criteria/ammonia>>. Acesso em mai. 2016.

FARIAS, Maria S. S. de. **Monitoramento da Qualidade da Água na Bacia Hidrográfica do Rio Cabelo.** 2006. 136f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.

FRANCO, Michel C. **Verificação da Qualidade de Corpos Hídricos na Área Urbanizada de Jataí (Go).** 2012. 87 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2012.

GAZETA DO POVO. Polícia Federal classifica a SANEPAR como empresa de fachada. Disponível em <<http://www.gazetadopovo.com.br/vidaecidadania/conteudo.phtml?id=1299334&tit=Policia-Federal-classifica-Sanepar-como-empresa-de-fachada>>. Acesso em 15 dez. 2015.

GONÇALVEZ, Elano M. **Avaliação da Qualidade da Água do Rio Uberabinha – Uberlândia – MG.** 2009. 141f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Pós-Graduação em Tecnologia dos Processos Químicos e Bioquímicos, Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

GONZALEZ, C. et al. Validation procedure for existing and emerging screening methods. **Trends in Analytical Chemistry**, 26 (4):315-322, 2007.

GOOGLE. **Google Maps.** Nota: Visualização da ETA Ronda. Disponível em: <<https://maps.google.com/>> Acesso em 10 de março de 2016.

GOULART, Michael D. C.; CALLISTO, Marcos. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, n. 1, 2003.

GROSTEIN, Marta D. MetrÓpole e expansão urbana: a persistência de processos insustentáveis. **São Paulo em Perspectiva**, v. 15, n. 1, São Paulo, 2001.

LERMONTOV, André. **Novo Índice de Qualidade das Águas com Uso da Lógica e Inferência Nebulosa.** 2009. 194f. Tese (Doutorado em Ciências) – Pós-

Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

LIMA, Elizabeth C. da R. **Qualidade de Água da Baía de Guanabara e Saneamento: Uma Abordagem Sistêmica**. 2006. 179f. Tese (Doutorado em Ciências em Planejamento Energético) – Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

MARANHÃO, Ney. **Sistema de Indicadores para Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas**. 2007. 397f. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil) – Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

MARINOVIC, D. et al. Purification of waters and elimination of organochloric insecticides by means of active coal. **J. Serb. Chem. Soc.**, 75 (4): 575-586, 2010.

MENEGUZZO, Paula M. **Evolução do uso da terra na bacia do Arroio Ronda (Ponta Grossa-PR) e sua influência nos processos geomorfológicos**. 2009. 145f. Dissertação (Mestrado em Gestão do Território) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2009.

METCALF & EDDY. **Wastewater engineering: treatment, disposal, reuse**. 3 ed. New York, McGraw - Hill Book, 1991. 1334 p.

MICROSOFT Excel 2010. Version 1. Puerto Rico: Microsoft Corporation, 2010. CD-ROM.

MIZOTURI, Ivan S. **Caracterização da Qualidade das Águas Fluviais em Meios Peri-Urbanos: O Caso da Bacia Hidrográfica do Rio Morto – RJ**. 2009. 181f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

MUELLER, C.; TORRES, M.; MORAIS, M., Referencial Básico Para a Construção de um Sistema de Indicadores Urbanos. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**, Brasília, 1997.

NAVAL, Liliana. P.; COUTO, Thaiza. C. Remoção de nitrogênio amoniacal em efluentes de sistemas anaeróbios. In: V Congresso Regional - Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2005, Assunción. **Avanzando**

hacia los objetivos de desarrollo del milenio en el marco de la ingeniería sanitaria y ambiental, 2005.

OKADA, D. Y.; ESTEVES, A. D. S.; HIRASAWA, J. S.; ADORNO, M. A.; DUARTE, I. C.; VARESCHE, M. B. Degradação de alquilbenzeno linear sulfonado em reator anaeróbio de manta de lodo e fluxo ascendente. In VI CONGRESSO DE MEIO AMBIENTE DA AUGM. 2009, São Carlos. **Anais...** São Carlos: USP-SP, 2009. p. 1-15. Disponível em <<http://www.ambiente-augm.ufscar.br/uploads/A2-042.pdf>>. Acesso em 10 jan. 2014.

PAULA, Liliane M. de. **Avaliação da Qualidade da Água e Autodepuração do Rio Jordão, Araguari (MG)**. 2011. 177f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.

PINTO, Daniel B. F. **Qualidade dos Recursos Hídricos Superficiais em Sub-Bacias Hidrográficas da Região Alto Rio Grande – MG**. 2007, 89f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Água e Solo) – Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

PORTAL COMUNITÁRIO. **Sanepar propõe reclassificação dos rios da bacia do Tibagi**. Ponta Grossa, 20 ago. 2015. Disponível em <<http://www.portalcomunitario.jor.br/index.php/meio-ambiente/4367-sanepar-propoe-reclassificacao-dos-rios-da-bacia-do-tibagi>>. Acesso em 12 mar. 2016.

PORTO, Monica Ferreira do Amaral, AMARO, Cristiane Araújo. Proposta de um índice para avaliação de conformidade da qualidade dos corpos hídricos ao enquadramento. In XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2009. **Anais**. Disponível em <<http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/7503/ice-amaro-2009.pdf>>. Acesso em 12 mar. 2016.

RAINHO, J. **Pós-tratamento de ETE composta por Ralf & Lagoa de Polimento, empregando reservatório profundo de estabilização, visando a fertirrigação: Estudo de caso**. 226f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental), Departamento de Pós-Graduação, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

RUGGERI, Humberto C. J. **Pós Tratamento de Efluente de Lagoa Facultativa Visando à Remoção de Nitrogênio Amoniacal**. 2011. 364f. Tese (Doutorado em Ciências) – Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

SACHETTO, Janaína R. **Análise da qualidade ambiental do rio Roncador, Magé – RJ**. 2012. 69f. Dissertação (Mestrado em Controle da Poluição Urbana e Industrial) – Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

SANEPAR (Companhia de Saneamento do Paraná), 2012. Disponível em <<http://site.sanepar.com.br/a-sanepar/sanepar-em-numeros>>. Acesso em 25 jan. 2016.

SANEPAR (Companhia de Saneamento do Paraná), 2013. Dados internos.

SANTOS, Edilene. **Reclassificação de rios é tema de debate na UEPG**. Diários dos Campos, Ponta Grossa, 22 jul. 2015.

SANTOS, Juliana M. M. dos. **Índice de Qualidade de Água Subterrânea Aplicado em Área de Aquíferos Cristalinos com Uso Agrícola: Bacia do Rio São Domingos – RJ**. 2009. 140f. Tese (Doutorado Ciências em Geologia) – Pós-Graduação Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

SCHLUSAZ, Maiara. **Avaliação da Eficiência da Estação De Tratamento de Efluentes (Ete – Ronda, Ponta Grossa – Pr) Através da Análise De Parâmetros Físico-Químicos**. 2014. 82f. Monografia (Bacharel em Engenharia Química) – Departamento de Engenharia Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2014.

SHUBO, Tatsuo. **Sustentabilidade do Abastecimento e da Qualidade da Água Potável Urbana**. 2003. 113f. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Saúde Pública) – Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 2003.

SILVA, Angélica M da. **Avaliação da Qualidade do Rio São Lourenço, SP, Sob Influência de Estações de Tratamento de Água e Estações de Tratamento de Esgoto**. 2008. 157f. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Materiais) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SILVA, Jamile de A. M. **Uma proposta de capacitação de comitês de bacia para o enquadramento de corpos d'água em classes de qualidade a partir da ecologia**. 2012. 156 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Biologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

SODRÉ, F. F. **Especiação do cobre em águas naturais: influência de fatores associados à urbanização.** Tese de doutorado. Universidade Federal do Paraná, 2005.

STROMBERG, Ana Caroline; ZIMMERMANN, Ciro M.; TARACIUUK, Larissa C. Avaliação da Qualidade da Água do Arroio Pilão de Pedra no Município de Ponta Grossa Utilizando Análise de Componentes Principais (PCA). In: SEMANA ACADÊMICA DE ENGENHARIA QUÍMICA, 2013, Ponta Grossa, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.

STUMM, W.; MORGAN, J. J. **Aquatic chemistry: chemical equilibria and rates in natural rates.** 3ed, John Wiley & Sons, Nova Iorque, 1996.

TAFFAREL, S. R.; GOMES, C. S.; RUBIO, J. Remoção de surfactante aniônico de soluções aquosas por organo-zeólita. In: XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA. 2010, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS-RS, 2010. p. 1903-1912. Disponível em <http://www.ufrgs.br/lrm/attachments/380_COBEQ%20Surfactante.pdf>. Acesso em 14 jan. 2014.

RUPAL, M.; TANUSHREE, B.; SUKALYAN, C. Quality Characterization of Groundwater using Water Quality Index in Surat city, Gujarat, India. **Int. Res. J. Environment Sci**, v. 1, n. 4, p. 14-23, 2013.

TUCCI, Carlos E. M. **Temática sobre recursos hídricos.** Impactos da Viabilidade Climática e Uso do Solo sobre os Recursos Hídricos, 2002.

TUCCI, Carlos E. M. **Gestão de Inundações Urbanas.** Ministério das cidades, UNESCO, 2005.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos avançados**, São Paulo (SP), v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008.

TUNDISI, José G. Água no século XXI: enfrentando a escassez. **RiMa**, São Carlos, 2 ed., 2003.

VERBANCK, M.; VANDERBORGHT, J. P.; WOLLAST, R. Major ion content of urban wastewater: An assessment of per capita loading. Res. **Water Pollut. Control Fed.** 61:1722-1728, 1994.

VITOUSEK, Peter M. et al. Human Alteration of the Global Nitrogen Cycle: Sources and Consequences. **Ecological Applications**, vol. 7, n. 3, 1997.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3 ed. Belo Horizonte: UFMG, 1996.

VON SPERLING, M.; CHERNICHARO, C. A. de L. Biological wastewater treatment in warm climate regions. London UK: IWA **Publishing e Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental**, UFMG, 2005, v.1, 810 p.

WEINBERG, Ágatha. **Uso de Índices de Qualidade de Água para a Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu**. 2013. 166f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

ZIMMERMANN, Ciro M. **Rio Tibagi em alerta: conflitos e perspectivas**. Diário dos Campos, Ponta Grossa, 20 jul. 2015.