

Universidade Federal do Paraná

Gabriel Sartori Klostermann

**Perfil da Qualidade da Água por meio dos  
Parâmetros Físicos-Químicos e Indicador no  
Estado do Paraná**

Curitiba

2017

Gabriel Sartori Klostermann

## **Perfil da Qualidade da Água por meio dos Parâmetros Físicos-Químicos e Indicador no Estado do Paraná**

Projeto de Pesquisa apresentado à disciplina  
Laboratório A do Curso de Graduação em Es-  
tatística da Universidade Federal do Paraná,  
como requisito para elaboração do Trabalho  
de Conclusão de Curso

Universidade Federal do Paraná

Setor de Ciências Exatas

Departamento de Estatística

Orientador: Prof. Ph.D. Paulo Justiniano Ribeiro Junior

Curitiba

2017

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>5</b>
2.1	Objetivos Gerais	5
2.2	Objetivos Específicos	5
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>6</b>
<b>3.1</b>	<b>Materiais</b>	<b>6</b>
3.1.1	Dados para análise	6
3.1.2	Recursos Computacionais	9
<b>3.2</b>	<b>Métodos</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>CRONOGRAMA</b>	<b>10</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>11</b>

# 1 Introdução

A bacia hidrográfica pode ser caracterizada por um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas, escoam superficialmente formando os riachos e rios.

As águas de superfície escoam nas regiões inferiores do terreno, sendo que as cabeceiras são formadas por riachos que brotam em terrenos íngremes das serras e montanhas e à medida que as águas dos riachos descem, juntam-se a outros riachos, aumentando o volume e formando os primeiros rios, esses pequenos rios continuam seus trajetos recebendo água de outros tributários, formando rios maiores até desembocarem no oceano [Teodoro et al. 2015].

No Brasil, a bacia hidrográfica é considerada como uma unidade de gestão dos recursos hídricos, o espaço geográfico de atuação onde os Comitês de Bacias Hidrográficas (CBHs) buscam promover o planejamento regional, controlar os usos da água na região, proteger e conservar as fontes de captação da bacia. Cada comitê deve evitar conflitos envolvendo nos debates sobre a gestão da bacia os diferentes grupos de pessoas que estão nela.

As atividades humanas requerem usos múltiplos dos recursos hídricos. Essas atividades podem gerar impactos e deterioração da qualidade da água, assim como interferir na quantidade de água disponível [Veiga 2011]. A contaminação dos mananciais de abastecimento público, por rejeitos oriundos das atividades humanas, tem sido um dos maiores fatores de risco para a saúde humana, especialmente nas regiões com condições inadequadas de saneamento básico [Grunitzki et al. 2013].

O comprometimento da qualidade da água pela contaminação por esgotos domésticos, muitas vezes lançados no ambiente sem tratamento prévio, implica, entre outras consequências, o aumento da incidência de doenças de veiculação hídrica, como cólera, diarreia, amebíase e esquistossomose. Essa preocupação assume proporções mais graves em países ou regiões onde é maior a pobreza. Nos países em desenvolvimento, 90% das doenças infecciosas são transmitidas pela água [Freitas e SANTOS 1999].

Desta forma, se tornam importantes ações de monitoramento da qualidade das águas como ferramentas para o manejo adequado dos recursos hídricos. Além disso, o monitoramento de qualidade de água constitui um alerta para as instituições de ensino, pesquisa e extensão, autoridades públicas e a população sobre significativos índices de poluição dos recursos naturais [Gonçalves et al. 2005].

O uso de índices de qualidade de água é uma tentativa que todo programa de

monitoramento de qualidade de água prevê como forma de acompanhar, por meio de informações resumidas, a possível deterioração de um corpo hídrico [Gilberto et al. 2002].

Para tanto, se fará, neste trabalho, uso do Índice de Qualidade das Águas (IQA) desenvolvido pela National Sanitation Foundation (NSF) em 1970 no Estados Unidos e utilizado no Brasil pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), desde 1975, em uma versão adaptada da versão original da NSF.

O IQA foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para abastecimento público, após tratamento. Os parâmetros utilizados no cálculo do IQA são em sua maioria indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos [Grunitzki et al. 2013]. Desta maneira, foram estabelecidos mediante uma pesquisa de opinião junto a vários especialistas da área ambiental, sendo nove parâmetros considerados mais representativos: oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes fecais (CF), temperatura (TEMP), potencial hidrogeniônico (pH), nitrogênio total (NT), fósforo total (FT), sólidos totais (ST) e turbidez (TURB) [Gilberto et al. 2002]. Vale frisar que parâmetro, na terminologia de assunto da qualidade da água, refere-se a atributos mensuráveis que caracterizam a qualidade da água.

No Paraná, a coleta dos parâmetros utilizados na composição do IQA e de outros parâmetros na água, é realizada por equipes da Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA) vinculado ao Águas do Paraná (AGUASPARANA), e as análises laboratoriais são realizadas em um laboratório do Instituto Ambiental do Paraná (IAP). Os dados coletados e analisados em laboratório são armazenados no Sistema de Informações Hidrológicas e o AGUASPARANA utiliza para calcular o IQA.

Portanto, objetiva-se estudar a evolução dos parâmetros coletados, seja os que compõem o IQA, o próprio IQA ou os demais parâmetros, sendo assim, analisar por meio de séries históricas, mapas temáticos, métodos multivariados e até modelos multivariados.

Dessa forma, as técnicas elencadas, vão permitir responder questões de interesse como, quais parâmetros variaram ao longo do tempo e quais estão contribuindo mais acentuadamente no IQA. Além disso, similaridades e diferenças nas estações de monitoramento de mesma bacia hidrográfica e se rios enquadrados, estão de acordo com a qualidade indicada pela resolução 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) de 2005.

Espera-se que os resultados apresentados e discutidos sejam capazes de fornecer subsídios técnicos consistentes, a ponto de reavaliar as discussões vigentes nos comitês de bacias hidrográficas, e também produzir relatórios expondo a situação atual e histórica que podem subsidiar divulgação de órgãos especializados em veículos de comunicação

## 2 Objetivos

### 2.1 Objetivos Gerais

O objetivo geral do trabalho é analisar, comparar e diagnosticar a evolução dos parâmetros coletados na água, e do IQA, a nível de bacia hidrográfica e nas estações de monitoramento.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar, validar e montar uma base de dados consistidos, incluído a recomposição dos cálculos do IQA
- Identificar similaridades e diferenças dos parâmetros da águas nas estações de monitoramento pertencentes a mesma bacia hidrográfica.
- Analisar a evolução dos parâmetros ao longo do tempo, a nível de bacia hidrográfica e estação de monitoramento
- Identificar quais parâmetros que contribuíram para aumento ou decréscimo do IQA.
- Explorar descritivamente a transição da classificação da qualidade da água e dos parâmetros.
- Verificar o atendimento das concentrações dos parâmetros nos limites definidos pela resolução CONAMA N<sup>o</sup> 357/2005, no respectivo enquadramento do rio.
- Analisar o influência conjunta dos parâmetros da água.

## 3 Materiais e Métodos

### 3.1 Materiais

#### 3.1.1 Dados para análise

Os dados dos parâmetros da qualidade da água, foram disponibilizados pelo instituto AGUASPARANA, ao Ministério Público Estadual no setor de Núcleo de Inteligência, via correio eletrônico em setembro de 2016. A partir da organização dos dados, foi identificado, 7961 coletas em 269 estações de monitoramento no estado do Paraná, datada entre 1982 a setembro de 2013. Ressalta-se que, dados mais recentes a partir de outubro de 2016, no [portal de informações hidrológicas](#), mas não serão incluídos. A ausência de dados entre 2013 a 2016 reflete a deficiência tecnológica e financeira da instituição, segundo os servidores consultados. Além disso, o banco de dados, trata dos parâmetros que compõem o IQA, assim como o próprio índice, outros parâmetros da água e variáveis identificadoras da estação. As tabelas 1 e 2 relacionam todas as variáveis disponíveis no banco.

Tabela 1 – Informações Identificadoras da Estação

Variáveis
Rio
Estação
Latitude
Classe do Rio
Município
Longitude
Área de Drenagem (km <sup>2</sup> )
Bacia
Altitude (m)
Data
Hora

Tabela 2 – Parâmetros da Água e das condições da coleta

Variáveis	Unidade de Medida
Oxigênio dissolvido (OD)	mg/L
Coliformes fecais (CF)	NMP/100mL
Potencial hidrogeniônico (pH)	
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	mg/L
Nitrogênio total (NT)	mg/L
Fósforo total (FT)	mg/L P
Turbidez (Turb)	NTU
Sólidos totais (ST)	mg/L
Temperatura (Temp)	°C
Índice de Qualidade da Água (IQA)	
Coliformes totais (CT)	NMP/100mL
Demanda química de oxigênio (DQO)	mg/L
Condutividade (Cond)	μ/cm
Nitrogênio Kjeldahl (NK)	mg/L N
Temperatura do ar	°C
Condições do Tempo	
Vazões no curso D'água	m <sup>3</sup> /s

A tabela 1 tange as informações identificadoras das estações e a tabela 2 reflete os parâmetros da água e as condições da coleta na estação de monitoramento. As dez primeiras variáveis da tabela 2 referem-se aos parâmetro da qualidade da água e o próprio índice, já calculado pelo ÁGUASPARANA. Seguindo a ordem na tabela, denominaremos de parâmetros extras, no qual possuem uma grande ausência de registro, entretanto o IQA, em duas coletas não foi registrado, devido a falta dos parâmetros que compõem, conforme indica a tabela 3.

Tabela 3 – Estações com IQA ausente

id	munic	bacia	data	turb	st	temp	iqa
65925770	Mariópolis	Iguaçu	2005-11-04	NA	NA	NA	NA
65925775	Pato Branco	Iguaçu	2005-11-04	NA	NA	NA	NA

A partir destas variáveis repassadas, serão adicionadas colunas derivadas, de acordo com os limites da resolução CONAMA em que delimita as concentrações dos parâmetros para os respectivos enquadramentos dos rios. Também serão criadas, novas variáveis, após conversão dos parâmetros, em concentrações (mg/l) para (kg/dias), levando em consideração a vazão no cálculo, sendo o resultado, a carga deste parâmetro. Além disso, será convertido, somente nos parâmetros usados para o cálculo do IQA, os respectivos pesos nas curvas de referências. Para finalizar, poderão ser elaboradas além das citadas, ao decorrer do progresso das análises, outras variáveis derivadas.

Por outro lado, em um primeiro momento, os dados do AGUASPARANÁ, verificou-se que a quantidades de coletas varia por estações, identificou-se número de coletas



diferentes, realizadas em datas distintas, assim como a própria instalação das estações de monitoramento e consequentemente a assimetria entre as bacias hidrográficas. A figura 1 apresenta quatro estações com cenários opostos de coleta.

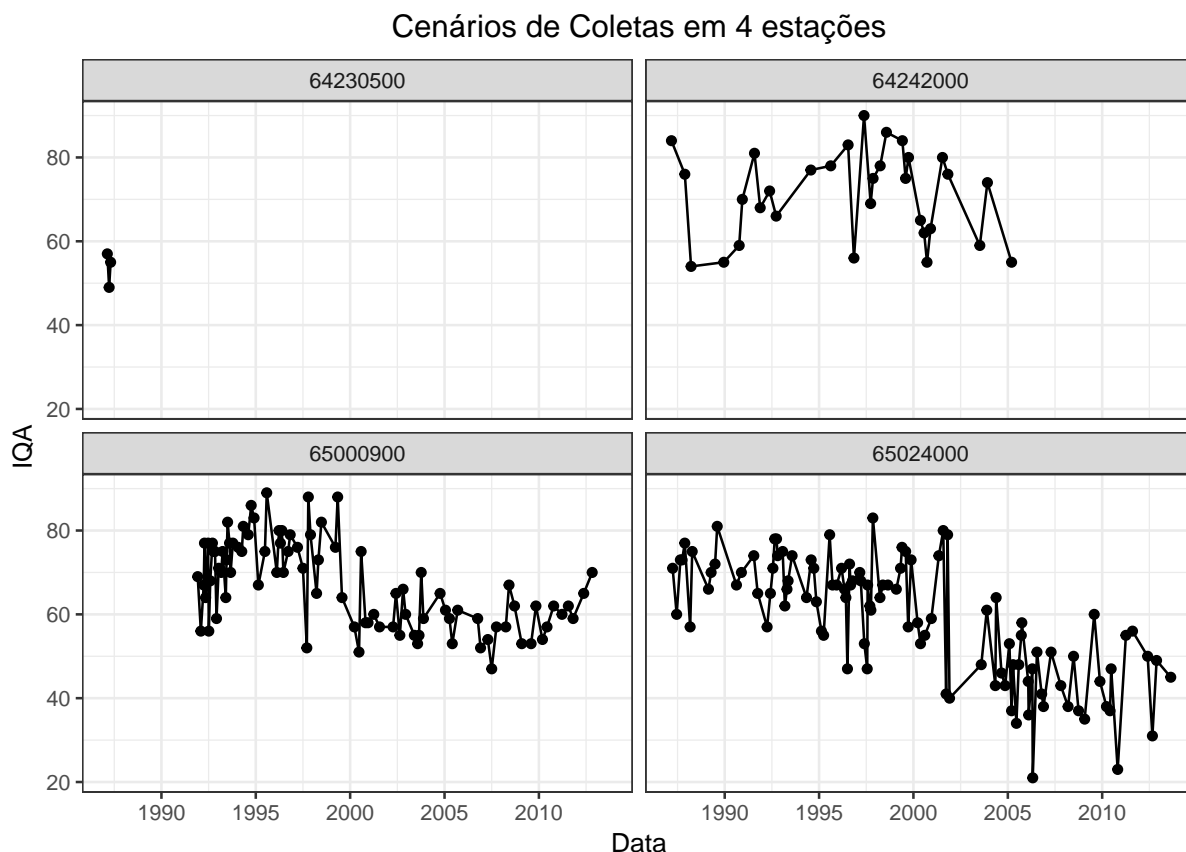


Figura 1 – Ilustração de quatro estações de monitoramento distintas em coletas

A figura 1 apresenta as datas de coletas e o IQA, respectivamente nos eixos x e y, separado por estação. Observe que há estações que foram desativadas com poucas coletas ou num período prolongado e das estações com registros recentes, foram instaladas em épocas discordantes. Entretanto, no banco de dados, não há registro da data de extinção das estações de monitoramento, e ao compilar a quantidade de dado em cada estação, verificou-se que cerca de 25% possuem menos de 10 coletas, desta maneira, serão adotados critérios de remoção de estação ou até mesmo da bacia.

Contudo, será adicionado novas coletas, após contato com o professor Cristóvão, DHS/UFPR, o qual é responsável por coletas independentes ao AGUASPARANA, na região do Alto iguaçu desde 2005, com periodicidade recorrente.

Por outro lado, também será estudado a possibilidade de incluir dados provenientes dos municípios, nos temas de saúde e saneamento básico, por meio dos Portais do DataSus ou Ipardes. Entretanto a inclusão para análise destes conjuntos, requer um tratamento

especial, pois são características do municípios, e os parâmetros da água, não se limitam nas fronteiras municipais.

### 3.1.2 Recursos Computacionais

O *software* R, na versão 3.4 [R Core Team 2017], para organizar, criar novas variáveis, validar informações, gerar gráficos e análises estatísticas informativas sobre a qualidade da água.

## 3.2 Métodos

Para investigar as relações de interesse, num primeiro momento, serão feitas análises exploratórias, por meio de gráficos temporais nos parâmetros, em escala da concentração, carga e convertido pelo peso do IQA. Ainda mais, por meio de gráficos de barras, será visualizado as classificações dos parâmetros, de acordo com a resolução da CONAMA para cada classe de rio. Além disso, construção de gráficos que permitem cruzar informações contínuas com categóricas, como o *boxplot*, no caso para analisar os ciclos hidrológicos (Verão, Outono, Inverno e Primavera) e gráficos de dispersão, para visualizar a transição dos parâmetros ao longo do tempo, estas análises gráficas serão guiadas segundo [Bussab e Morettin 2010].

Além do mais, para compreensão na associação entre os parâmetros, serão usadas correlações, técnicas de análises de componentes principais, análise fatorial, que podem identificar estações semelhantes ou diferentes, ranquear estações e agrupar parâmetros, e uma das referências usadas para metodologia será [Mingoti 2013]. Contudo técnicas são sensíveis à assimetria dos dados, desta forma, serão usadas transformações, nas variáveis originais.

As análises poderão ser estendidas, para modelos multivariados, com o objetivo de modelar conjuntamente os parâmetros da água, considerando o efeito de correlação entre, e também, acomodar as demais característica dos dados, como longitudinal e espacial. Segundo [Bonat e Jørgensen 2016], os modelos multivariados são flexíveis na estrutura de covariância, ao permitirem acomodar conjuntamente diferentes tipos de dependência nos dados, como resposta limitada, assimetria, estrutura longitudinal e espacial.

## 4 Cronograma

Tabela 4 – Cronograma Lab B

Atividades	01/2018	02/2018	03/2018	04/2018	05/2018	06/2018
<b>1 Elaboração do Trabalho de Conclusão do Curso</b>						
Revisão de literatura sobre o tema						
Análise de dados e discussão dos resultados obtidos						
Redação do trabalho de conclusão de curso						
Leitura do trabalho pelo orientador e correções						
Entrega do trabalho redigido aos membros da banca						
<b>2 Defesa do Trabalho de Conclusão de Curso</b>						
Preparação e apresentação do trabalho de conclusão de curso						
<b>3 Elaboração da Versão Final do Trabalho de Conclusão de Curso</b>						
Elaboração da versão final do TCC						
Entrega da versão final do trabalho ao orientador						

# REFERÊNCIAS

- BONAT, W. H.; JØRGENSEN, B. Multivariate covariance generalized linear models. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*, Wiley Online Library, v. 65, n. 5, p. 649–675, 2016. Citado na página 9.
- BUSSAB, W. d. O.; MORETTIN, P. A. *Estatística básica*. [S.l.]: Saraiva, 2010. Citado na página 9.
- FREITAS, M. d.; SANTOS, A. H. M. Importância da água e da informação hidrológica. *O estado das águas no Brasil*, ANEELSIRMMASRH Brasília eDF, v. 2, 1999. Citado na página 3.
- GILBERTO, N. et al. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. *Scientia Agricola*, Escola Superior de Agricultura, 2002. Citado na página 4.
- GONÇALVES, C. S. et al. Water quality in a watershed located in a tobacco producing area. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, SciELO Brasil, v. 9, n. 3, p. 391–399, 2005. Citado na página 3.
- GRUNITZKI, R. et al. Ferramenta web para determinação do índice de qualidade de água a partir da reestruturação das equações que descrevem as curvas dos indicadores de qualidade. *XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Bento Gonçalves, RS*, 2013. Citado 2 vezes nas páginas 3 e 4.
- MINGOTI, S. A. *Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada*. [S.l.]: Editora UFMG, 2013. Citado na página 9.
- R Core Team. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria, 2017. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Citado na página 9.
- TEODORO, V. L. I. et al. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. *Revista ReBraM*, v. 11, n. 1, p. 137–156, 2015. Citado na página 3.
- VEIGA, N. Cianobactéria tóxica na água para consumo humano. *Artigo Científico*, 2011. Citado na página 3.