

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE QUÍMICA

SIDNEI LUIZ PEDROTTI JÚNIOR

**UTILIZAÇÃO DA ANÁLISE EXPLORATÓRIA NO MONITORAMENTO ESPAÇO-
TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA BRUTA CAPTADA DO RIO DOS SINOS**

Porto Alegre, 2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE QUÍMICA

SIDNEI LUIZ PEDROTTI JÚNIOR

**UTILIZAÇÃO DA ANÁLISE EXPLORATÓRIA NO MONITORAMENTO ESPAÇO-
TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA BRUTA CAPTADA DO RIO DOS SINOS**

Trabalho de conclusão apresentado junto à
atividade de ensino “Trabalho de Conclusão
de Curso – QUI” do Curso de Química, como
requisito parcial para a obtenção do grau de
Bacharel em Química

Prof. Dr. Marco Flôres Ferrão
Orientador

Profa. Dra. Carla Sirtori
Coorientadora

Porto Alegre, 2016

Agradeço a minha família pelo incentivo e por nunca deixar que eu desistisse quando os problemas pareciam impossíveis de resolver.

Aos colegas de curso e aos colegas de trabalho por me mostrarem que sempre temos algo novo a aprender.

A CORSAN por permitir que este trabalho pudesse ser realizado.

Aos meus orientadores por todo o conhecimento transmitido e troca de experiências.

“A sabedoria da natureza é tal que não produz nada de supérfluo ou inútil.”
(Nicolau Copérnico)

“O mundo está cheio de coisas óbvias, que ninguém, em momento algum, observa.”
(Arthur Ignatius Conan Doyle)

RESUMO

O monitoramento da qualidade da água de mananciais é de suma importância para a manutenção das atividades do ser humano e conservação do meio-ambiente. A quantidade de dados gerada por programas de monitoramento e verificação de padrões para tratamento nem sempre é bem aproveitada. As técnicas de análise multivariada, entre elas a análise de agrupamento hierárquico e a análise de componentes principais, permitem que se extraiam informações que possibilitem uma compreensão da relação dos parâmetros estudados e de que forma essas relações criam padrões comportamentais. Os resultados obtidos permitem que se identifiquem os parâmetros mais significativos, bem como quais podem ser eliminados. Esses padrões comportamentais permitem avaliar quais as possíveis causas de contaminação, além de permitirem identificar sua relação com os ciclos apresentados pelas diferentes atividades humanas. Neste trabalho foram verificadas quais variáveis afetam a qualidade da água captada da bacia do Rio dos Sinos, bem como sua relação com as atividades humanas e padrões climáticos. A análise de dois conjuntos de dados distintos, através da análise de agrupamento hierárquico, mostrou que ocorre a formação de dois grupos de variáveis, com a presença de algumas variáveis adicionais para um dos conjuntos. A análise temporal e espacial das amostras demonstrou que esta técnica é satisfatória para o segundo caso. A análise de componentes principais evidenciou que ocorre uma segregação ao efetuar uma análise temporal e confirmou os resultados obtidos pela análise de agrupamento hierárquico para o caso espacial. A aplicação da análise exploratória multivariada evidenciou que sua utilização é possível para verificação de padrões comportamentais, tanto do ponto de vista temporal quanto espacial, e permitem a criação de modelos para monitoramento destes comportamentos.

Palavras-chave: Rio dos Sinos. Análise multivariada. Parâmetros físico-químicos. PCA. HCA.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa topográfico da bacia hidrográfica do Rio dos Sinos, com localização dos pontos de monitoramento	19
Figura 2: Formação de grupos de variáveis obtida no estudo pontual.....	24
Figura 3: Formação de grupos de variáveis obtida no estudo do conjunto de pontos.....	25
Figura 4: Comparativo dos grupos de variáveis formados para cada ponto de monitoramento: a) ponto A, b) ponto B e c) ponto C.....	26
Figura 5: Comparativo dos grupos de variáveis formados para cada ano avaliado: a) 2012, b) 2013 e c) 2014.....	27
Figura 6: Formação de grupos obtida pela análise das amostras, considerando caso temporal, para um ponto de monitoramento	29
Figura 7: Formação de grupos obtida pela análise das amostras, considerando caso temporal e conjunto de pontos, para um ano avaliado	30
Figura 8: Formação de grupos obtida para o ano de 2012, efetuando análise espacial do conjunto de amostras.....	31
Figura 9: Formação de grupos obtida para o ano de 2013, efetuando análise espacial do conjunto de amostras.....	32
Figura 10: Formação de grupos obtida para o ano de 2014, efetuando análise espacial do conjunto de amostras.....	33
Figura 11: Formação de grupos de variáveis obtida ao optar por manter o número de parâmetros analisados.....	34
Figura 12: Formação de grupos de variáveis obtida ao optar por manter o número de amostras analisadas	35
Figura 13: Formação de grupos obtida ao manter número de parâmetros analisados, efetuando a análise espacial (a) e temporal (b) das amostras.....	36
Figura 14: Formação de grupos obtida ao manter número de amostras analisados, efetuando a análise espacial (a) e temporal (b) das amostras.....	37
Figura 15: Gráfico das 2 primeiras componentes principais do ponto A, que explanam 42% da variabilidade, com atribuição de variabilidade para cada componente.....	39
Figura 16: Gráfico das 2 primeiras componentes principais do ponto B, que explanam 50% da variabilidade, com atribuição de variabilidade para cada componente.....	40
Figura 17: Gráfico das 2 primeiras componentes principais do ponto C, que explanam 54% da variabilidade, com atribuição de variabilidade para cada componente.....	41
Figura 18: Análise de componentes principais obtida do estudo conjunto dos PM's para o ano de 2014, evidenciando separação adversa da observada nos demais casos.....	43
Figura 19: Gráfico obtido da análise temporal para o ano de 2012, utilizando a 1ª e 2ª componentes principais, evidenciando a formação de 3 grupos distintos.....	44
Figura 20: Gráfico da 1ª e 4ª componentes principais obtidas para o ano de 2013, mostrando influencia da variável tempo sobre a 4ª componente principal	45
Figura 21: Análise espacial das amostras, optando pela conservação dos parâmetros analisados, utilizando as 2 primeiras PC's, que explanam 60% da variação das amostras	47
Figura 22 Análise temporal das amostras, optando pela conservação das amostras analisadas, utilizando as 2 primeiras PC's, que explicam 53% da variação das amostras.....	48

LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

- 2,4,5-T: ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético (2,4,5-trichlorophenoxyacetic acid)
- 2,4,5-TP: ácido 2-(2,4,5-triclorofenoxi)propionico (2-(2,4,5-trichlorophenoxy)propionic acid)
- AGEITEC: Agência Embrapa de Informação Tecnológica
- ANA: Agência Nacional de Águas
- CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente
- CORSAN: Companhia Riograndense de Saneamento
- DBO₅: demanda bioquímica de oxigênio
- DDD: diclorodifenildicloroetano (dichlorodiphenyldichloroethane)
- DDE: diclorodifenildicloroetileno (dichlorodiphenyldichloroethane)
- DDT: diclorodifeniltricloroetano (dichlorodiphenyltrichloroethane)
- dETA: dados de estação de tratamento de água
- DQO: demanda química de oxigênio
- dQRS: dados de programa de monitoramento da qualidade da água do Rio dos Sinos
- ETA: estação de tratamento de água
- FEPAM: Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler
- HCA: análise de agrupamento hierárquico (Hierarchical Cluster Analysis)
- LAS: sulfonato de alquilbenzeno linear (Linear Alkylbenzene Sulfonate)
- MAM: métodos de análise multivariada
- mg L⁻¹: miligrama por litro
- mL: mililitro
- MO: matéria orgânica
- NMP: número mais provável
- NTU: unidade nefelométrica de turbidez (Nephelometric Turbidity Unit)
- OD: oxigênio dissolvido
- PC: componente principal (Principal Component)
- PCA: análise de componentes principais (Principal Component Analysis)
- PCB: bifenilpoliclorado (polychlorinated biphenyl)
- pH: potencial de hidrogênio
- PM: ponto de monitoramento
- PNQA: Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas

PNRH: Política Nacional de Recursos Hídricos

SEMA: Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

Singreh: Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SNIRH: Sistema Nacional de Informações de Recursos Hídricos

$\mu\text{S cm}^{-1}$: microsiemens por centímetro

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo Geral	11
2.2 Objetivos Específicos	11
3. O MONITORAMENTO AMBIENTAL E A QUALIDADE DA ÁGUA.....	12
4. A ANÁLISE MULTIVARIADA E O MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	14
4.1 Análise de Componentes Principais (PCA)	15
4.2 Análise de Agrupamento Hierárquico (HCA).....	16
5. A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOS SINOS	17
6. METODOLOGIA.....	18
6.1 Dados.....	18
6.2 Pré-tratamento	21
6.2.1 <i>Dados da rotina da estação de tratamento de água</i>	<i>21</i>
6.2.2 <i>Dados do programa de monitoramento de qualidade das águas do Rio dos Sinos.....</i>	<i>22</i>
6.3 Análise dos Dados	23
7. RESULTADOS E DISCUSSÕES	24
7.1 Análise de Agrupamento Hierárquico.....	24
7.1.1 <i>Análise dos dados dETA</i>	<i>24</i>
7.1.2 <i>Análise dos dados dQRS.....</i>	<i>34</i>
7.2 Análise de Componentes Principais.....	38
7.2.1 <i>Análise dos dados dETA</i>	<i>38</i>
7.2.2 <i>Análise dos dados dQRS.....</i>	<i>46</i>
7.3 Considerações Gerais.....	49
8. CONCLUSÃO.....	51
REFERÊNCIAS.....	52
ANEXO	55

1. INTRODUÇÃO

A preocupação cada vez maior com a manutenção da vida nos diferentes meios, o impacto gerado pelas diferentes atividades antropogênicas nos meios em que estão inseridas e a manutenção e preservação dos recursos naturais disponíveis no planeta tem feito com que os programas de monitoramento ambiental ganhem cada vez mais importância.

A química analítica desempenha um papel fundamental nos programas de monitoramento, uma vez que é através de suas diferentes ferramentas que é possível obter informações a cerca da qualidade dos diferentes ambientes em todo o planeta, tanto qualitativa quanto quantitativamente, de forma a subsidiar decisões que visem a recuperação dos comportamentos ambientais degradados, manutenção dos meios que apresentam boa qualidade, gestão consciente e sustentável dos recursos naturais disponíveis.

No entanto, os dados fornecidos pelos programas de monitoramento são muitas vezes de difícil interpretação, pois a quantidade de informações pode ser muito extensa e os valores apresentados podem possuir grande variabilidade entre si, em função das técnicas utilizadas para obtenção destas informações.

Nesse contexto, a análise multivariada, através de suas diferentes técnicas, permite que se extraiam as informações contidas nestes grandes bancos de dados, oportunizando a construção de modelos que facilitam o diagnóstico de problemas que afetam os recursos sob estudo e, assim, permite que possam ser feitas previsões a cerca da utilização dos recursos naturais e sejam propostas soluções factíveis baseadas nesse diagnóstico.

Nos últimos anos, principalmente pela regulamentação de padrões físicos, químicos e biológicos para os recursos hídricos e pela adoção de medidas legais para a implementação de redes de monitoramento, vários órgãos governamentais passaram a criar extensos bancos de dados para armazenamento destas informações.

Todavia, uma vez que os dados contidos nestes bancos atestam a observância ou não das regulamentações e padrões de qualidade vigentes, passam a ser ignorados. Nesse sentido, através de ferramentas analíticas quimiométricas,

espera-se que esse trabalho contribua para demonstrar a viabilidade de utilizar a análise multivariada para o monitoramento da qualidade de uma matriz de água bruta.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Verificar a variabilidade da qualidade de uma matriz real, fazendo uso de diferentes parâmetros físicos, químicos e biológicos utilizados no controle da mesma.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar a variabilidade da qualidade da água bruta em condições de tempo, utilizando métodos de análise multivariada.
- Verificar a variabilidade da qualidade da água bruta em condições de espaço, utilizando métodos de análise multivariada.
- Averiguar a presença de padrões na variabilidade da qualidade da água, bem como identificação dos parâmetros mais expressivos na formação destes padrões.
- Determinar se é possível efetuar uma modelagem espaço-temporal para a variabilidade da qualidade da água e quais os parâmetros mais significativos para geração deste modelo.

3. O MONITORAMENTO AMBIENTAL E A QUALIDADE DA ÁGUA

O monitoramento ambiental, segundo a Agência Embrapa de Informação Tecnológica (AGEITEC), pode ser definido como:

Um processo de coleta de dados, estudo e acompanhamento contínuo e sistemático das variáveis ambientais, com o objetivo de identificar e avaliar – qualitativa e quantitativamente – as condições dos recursos naturais em um determinado momento, assim como as tendências ao longo do tempo.¹

A partir do monitoramento ambiental é possível verificar de que forma as atividades antropogênicas e os processos naturais afetam os diferentes meios sob estudo.

Considerando que processos naturais (mudanças no volume das precipitações, erosão, intemperismo dos materiais da crosta terrestre) juntamente com as influências antropogênicas (atividades urbana, industrial e agrícola) provocam a degradação das águas superficiais e prejudicam sua utilização como fonte de água potável, nos diversos setores da indústria, nas diversas atividades agrícolas e como meio recreacional^{2,3}, fizeram com que o monitoramento da qualidade das águas superficiais ganhasse destaque no mundo todo.

No Brasil, a partir da promulgação da Lei 9433/97, também conhecida por “Lei das Águas”, foi instituída a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e foi criado o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh)⁴, iniciando uma fase de conscientização sobre a preservação e manutenção dos diferentes recursos hídricos presentes no território nacional.

Em decorrência da Lei das Águas, é criada a Agência Nacional de Águas (ANA) no ano 2000⁵, tendo por função:

Disciplinar a implementação, a operacionalização, o controle e a avaliação dos instrumentos de gestão criados pela Política Nacional de Recursos Hídricos. Desta forma, seu espectro de regulação ultrapassa os limites das bacias hidrográficas com rios de domínio da União, pois alcança aspectos institucionais relacionados à regulação dos recursos hídricos no âmbito nacional.⁶

A partir da criação da ANA, começam a implementação de vários programas e sistemas a fim de monitorar a qualidade dos recursos hídricos, entre eles o Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas (PNQA) e o Sistema Nacional de Informações de Recursos Hídricos (SNIRH).

O PNQA é um programa que visa à disseminação das informações a respeito da qualidade das águas superficiais brasileiras, de forma a nortear a elaboração de políticas públicas para recuperação da qualidade de corpos d'água.⁷

Com a publicação da Resolução 357/2005⁸, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) criou uma ferramenta para auxiliar a ANA no desenvolvimento de suas atividades, pois esta resolução estabelece os critérios e parâmetros técnicos necessários para efetuar a classificação e enquadramento dos diferentes mananciais.

4. A ANÁLISE MULTIVARIADA E O MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

Em 1971, o cientista sueco Svante Wold cunhou o termo “*kemometri*”, tendo como equivalente em inglês o termo “*chemometrics*”.⁹

A ciência da quimiometria pode ser descrita como a interação entre determinados processos matemáticos e estatísticos com processos de medição da química.

Os métodos quimiométricos, também chamados de métodos de análise multivariada (MAM), consistem em processos que envolvem a análise de dados constituídos por numerosas variáveis medidas a partir de um conjunto de amostras. Estes métodos possuem como alvo a determinação de todas as variações possíveis na matriz de dados em estudo.¹⁰

Os processos associados aos MAM consistem em um conjunto de ferramentas analíticas que permitem a investigação de grandes conjuntos de dados tendo em vistas diferentes objetivos, tais como:

- a. Redução dos dados (simplificação estrutural, redução da dimensionalidade);
- b. Classificação e agrupamento;
- c. Detecção dos níveis de dependência entre as variáveis mensuradas;
- d. Construção de um sistema de predição viável (modelagem);
- e. Construção e teste de hipóteses.¹¹

Os programas de monitoramento de qualidade das águas superficiais de longo prazo acabam gerando matrizes complexas de dados, tendo em vista que são adquiridas informações quantitativas e representativas das características físicas, químicas e biológicas de um dado corpo d'água, tomadas em tempos diferentes e a partir de várias estações de monitoramento.^{12,13}

Um dos problemas que normalmente são enfrentados no monitoramento da qualidade de rios é a determinação de que uma variação em um dado parâmetro mensurado é devido à poluição (causada pelo homem, espacial) ou à variação natural das características hidrológicas (temporal, climática).¹⁴

A utilização de MAM na avaliação da qualidade da água e classificação dos diferentes recursos hídricos tem se mostrado cada vez mais comuns, uma vez que estes métodos permitem tratar e melhor compreender as informações geradas pelos programas de monitoramento.

A partir da compreensão destas informações é possível efetuar a identificação de quais fatores, ou fontes, influenciam os sistemas hídricos, permitindo que seja feito um gerenciamento confiável dos recursos hídricos, ao mesmo tempo em que permite que soluções rápidas possam ser tomadas para minimizar ou extinguir problemas de poluição.

Alguns dos principais MAM utilizados nestes estudos são a análise de componentes principais (PCA, do inglês “*principal component analysis*”), a análise de agrupamento hierárquico (HCA, do inglês “*hierarchical cluster analysis*”), a análise de fatores principais (PFA, do inglês “*principal fator analysis*”) e a análise discriminante (DA, do inglês “*discriminant analysis*”).

4.1 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA)

PCA, também conhecido por transformada de Karhunen-Love ou transformada de Hotelling¹⁵, é um método no qual é efetuada uma simplificação, ou redução dimensional, ao mesmo tempo em que se procura resumir os dados em poucas variáveis, com o mínimo de perda de informação.

A PCA pode ser utilizada para:

- Exploração (exame dos dados por simplificação);
- Auxiliar no entendimento da estrutura das variáveis (qual a correlação entre elas);
- Auxiliar na representação dos dados em dimensões menores (gráficos representando a relação entre as variáveis e entre as amostras).

Este método permite que a redução dimensional do conjunto de dados através da substituição das variáveis de resposta por componentes interpretáveis, expressos como uma combinação das variáveis de resposta, os quais permitem uma explicação sobre a estrutura e padronização inerente ao conjunto de dados.

De outra forma, o método efetua uma combinação linear das diferentes variáveis, com base na covariância, que gera índices não correlacionados, sendo que cada índice explica uma das dimensões do conjunto de dados. Estes índices são as chamadas componentes principais (PC), sendo dispostos de forma a ficarem mutuamente ortogonais entre si, ou seja, cada componente é independente dos demais e é perpendicular a cada um deles no espaço multidimensional. As PC's também são ordenados de forma que o componente que explica a maior variabilidade dos dados seja o primeiro, que o que explica a segunda maior variação dos dados seja o segundo e assim por diante¹¹.

4.2 ANÁLISE DE AGRUPAMENTO HIERÁRQUICO (HCA)

A análise de agrupamento inclui diferentes técnicas para a combinação de variáveis similares em grupos ou classes de acordo com suas similaridades ou dissimilaridades, sendo normalmente retratada como um diagrama de ordenamento em forma de árvore, que é classicamente conhecido por dendrograma¹⁶.

HCA é uma técnica cujo propósito é a união e agrupamento de variáveis individuais e, subsequentemente, de outras variáveis e estratos de classificação conjuntamente até que todas as variáveis estejam dentro de um mesmo grupo.

O algoritmo que governa HCA tem início a partir de uma matriz que apresenta todas as similaridades ou dissimilaridades entre as variáveis, prosseguindo através da geração de um primeiro grupo que contém as duas variáveis com o menor nível de diferença, seguindo para o cálculo das diferenças entre este novo grupo e as variáveis restantes, culminando na formação de um novo grupo que contém a variável que é mais semelhante ao primeiro e repetindo este processo até que todas as variáveis estejam presentes dentro de um grupo.

As representações gráficas mostram as conectividades entre os diferentes grupos de classificação, enquanto que o comprimento das linhas indica a diferença¹⁴.

Assim, a potencialidade da PCA e da HCA tornam essas ferramentas analíticas extremamente interessantes para aplicação no monitoramento contínuo de dados de águas superficiais.

5. A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOS SINOS

De acordo com informações presentes no *website* da Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMA/RS):

Entende-se por bacia hidrográfica toda a área de captação natural da água da chuva que escoam superficialmente para um corpo d'água ou seu contribuinte. [...] O corpo d'água principal, que dá o nome à bacia, recebe contribuições de seus afluentes. [...] Estas são unidades fundamentais para a conservação e o manejo, uma vez que a característica ambiental de uma bacia reflete o somatório ou as relações de causa e efeito da dinâmica natural e ação humana [...].¹⁷

O Rio dos Sinos é um dos importantes recursos hídricos presentes na região metropolitana de Porto Alegre.

Segundo informações disponíveis no *website* da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM/RS):

A bacia hidrográfica do rio dos Sinos está situada a nordeste do Estado, [...] possui uma área de 3.820 km², correspondendo a 4,5% da bacia hidrográfica do Guaíba e 1,5% da área total do Estado do Rio Grande do Sul, com uma população aproximada de 975.000 habitantes, sendo que 90,6% ocupam as áreas urbanas e 9,4% estão nas áreas rurais [...]. Seu curso d'água principal tem uma extensão aproximada de 190 km, e uma precipitação pluviométrica anual de 1350 mm [...]. O trecho inferior, de Campo Bom até a foz no delta do Jacuí é de grande concentração populacional e industrial [...].¹⁸

As águas da bacia do Sinos são empregadas principalmente no abastecimento público, nas indústrias e na irrigação, apresentando problemas de despejo de efluentes industrial e domésticos, principalmente, sem tratamento ao longo de seu trecho médio-inferior, conforme dados da SEMA/RS. Ainda de acordo com a FEPAM/RS, a bacia possui enquadramento na classe 1, no trecho compreendido entre a nascente do Rio dos Sinos e a cidade de Campo Bom, e variação entre as classes 3 e 4 na porção que cruza a região metropolitana de Porto Alegre, de acordo com a Resolução 357/2005, do CONAMA, que pode ser verificada nos anexos.

Assim sendo e considerando todos os pontos destacados até o presente momento, esse estudo espera contribuir para verificar a aplicabilidade de ferramentas quimiométricas (HCA e PCA) no monitoramento de águas superficiais oriundas da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos.

6. METODOLOGIA

6.1 DADOS

Os dados utilizados no estudo, cujo acesso foi facilitado pela Companhia Riograndense de Saneamento – CORSAN, foram adquiridos a partir de duas fontes de monitoramento diferentes, sendo que foram analisados dois ou três pontos de monitoramento (PM), conforme o caso. A localização aproximada dos pontos pode ser verificada na Figura 1¹⁹.

A primeira parte dos dados foi obtida a partir da rotina de controle encontrada nas estações de tratamento de água (ETA), enquanto que a segunda foi obtida através de programa de monitoramento da qualidade das águas do rio dos Sinos.

As variáveis (analitos observados), unidades e técnicas utilizadas encontram-se descritos nas Tabelas 1 e 2, referentes aos dados da ETA (dETA) e aos dados do programa de monitoramento (dQRS), respectivamente. Os dETA possuem periodicidade variável, conforme a análise, e foram obtidos a partir de três PM. Os dQRS possuem periodicidade bimestral e foram obtidos a partir de dois PM.

Os dados fornecidos contemplam o período entre os anos de 2012 e 2014.

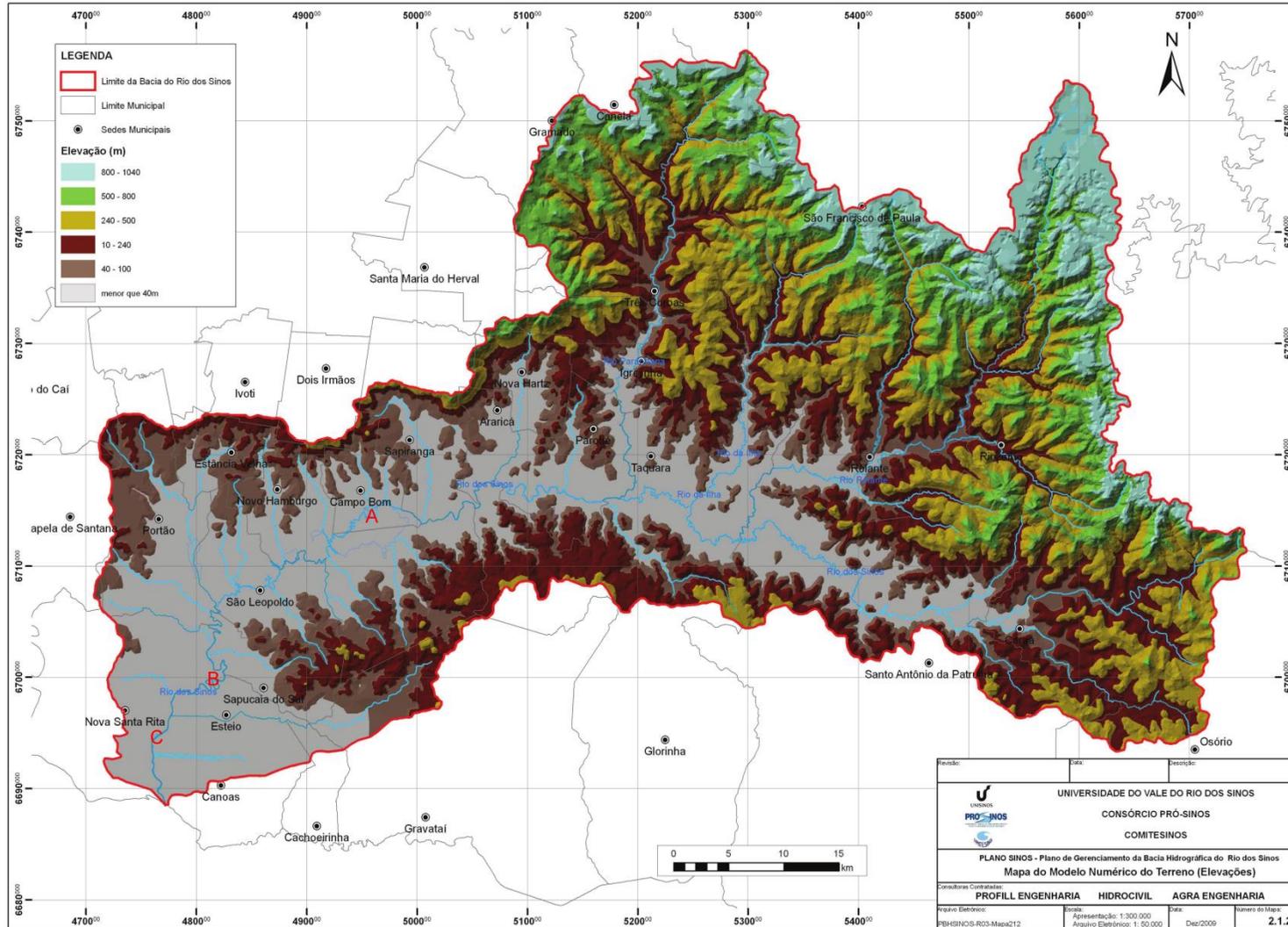
Tabela 1: Variáveis analisadas na rotina de ETA

Variável	Periodicidade	Unidade	Método utilizado
pH	Horário*	-	Eletrométrico
Turbidez	Horário*	Unidade nefelométrica de turbidez (NTU)	Nefelométrico
Cor	Horário*	mg L ⁻¹ Pt-Co	Comparação visual
Alcalinidade	Diário	mg L ⁻¹ CaCO ₃	Titulométrico
Matéria orgânica (MO)	Diário	mg L ⁻¹ O ₂	Titulométrico
Oxigênio dissolvido (OD)	Semanal	mg L ⁻¹ O ₂	Titulométrico
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO ₅)	Semanal	mg L ⁻¹ O ₂	Titulométrico
Dureza	Semanal	mg L ⁻¹ CaCO ₃	Titulométrico
Ferro	Semanal	mg L ⁻¹ Fe ²⁺	Colorimétrico [‡]
Manganês	Semanal	mg L ⁻¹ Mn ²⁺	Colorimétrico [‡]
Tempo	Horário*	-	-

*: Ao final do dia é efetuada a média dos resultados observados ao longo deste. O valor da média foi utilizado.

‡: Os valores são obtidos através de comparação visual.

Figura 1: Mapa topográfico da bacia hidrográfica do Rio dos Sinos, com localização dos pontos de monitoramento



Fonte: Consórcio Pró-Sinos, [2011].

Tabela 2: Variáveis analisadas no monitoramento de qualidade da água

Variáveis	Unidade	Método utilizado
Alumínio total	mg L ⁻¹	Espectrométrico
Bário total		
Ferro total		
Manganês total		
Alcalinidade total	mg L ⁻¹ CaCO ₃	Titulométrico
Bicarbonatos	mg L ⁻¹ HCO ₃	
Cálcio total	mg L ⁻¹ Ca	
Cloreto	mg L ⁻¹ Cl ⁻	Cromatográfico
Condutividade	μS cm ⁻¹ 25°C	Condutivimétrico
Cor	mg L ⁻¹ Pt-Co	Comparação visual
DBO ₅	mg L ⁻¹ O ₂	Titulométrico
Demanda química de oxigênio (DQO)		
Dureza		
Fosfato orto	mg L ⁻¹ P	Espectrofotométrico
Fósforo total		
Magnésio total	mg L ⁻¹ Mg	Titulométrico
Nitrato	mg L ⁻¹ N-NO ₃	Cromatográfico
Nitrogênio amoniacal	mg L ⁻¹ N	Espectrofotométrico
Nitrogênio orgânico		
OD	mg L ⁻¹ O ₂	Titulométrico
pH	-	Eletrométrico
Sólidos totais	mg L ⁻¹	Gravimétrico
Surfactantes	mg L ⁻¹ LAS	Espectrofotométrico
Turbidez	NTU	Nefelométrico
Coliformes totais	NMP (100mL) ⁻¹	Substrato enzimático
Escherichia coli		
Cianobactérias	células mL ⁻¹	Sedgwick-Rafter
Clorofíceas		

Variáveis	Unidade	Método utilizado
Diatomáceas	células mL ⁻¹	Sedgwick-Rafter
Fitoflagelados		

Também são efetuadas análises das seguintes variáveis, não apresentadas na tabela 2 por não serem detectadas, estarem abaixo do limite de detecção ou por terem apresentado problemas técnicos durante o período considerado: alumínio dissolvido, arsênio total, berílio total, boro total, cádmio total, chumbo total, cobalto total, cobre dissolvido, cobre total, cromo hexavalente, cromo total, ferro dissolvido, lítio total, mercúrio total, níquel total, prata total, selênio total, urânio total, vanádio total, zinco total, fenóis, matéria orgânica, nitrito, acrilamida, benzidina, benzo[a]antraceno, benzo[b]fluoranteno, benzo[k]fluoranteno, carbaril, cianeto livre, DDT (4,4-DDT + 4,4-DDE + 4,4-DDD), demeton (demeton-O + demeton-S), dibenzo[a,h]antraceno, dodecacloro pentaciclodecano, gution, indeno[1,2,3-cd]pireno, malation, paration, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 149, PCB 153, PCB 170, PCB 18, PCB 180, PCB 194, PCB 28, PCB 31, PCB 44, PCB 52, sulfeto não dissociado, toxafeno, tributilestanho, 2-clorofenol, 2,4-deiclorofenol, 2,4,5,-T , 2,4,5-TP.

6.2 PRÉ-TRATAMENTO

Os dados brutos, conjunto de dados que contém a descrição do ponto de monitoramento, data de coleta e os resultados obtidos através das diferentes técnicas da química analítica, sofreram um pré-tratamento antes de alimentarem o *software* CHEMOSTAT²⁰, assim como detalhado a seguir.

6.2.1 Dados da rotina da estação de tratamento de água

A partir da planilha que continha a totalidade dos dETA, foi efetuada a separação ano a ano de cada ponto de monitoramento, gerando nove novas matrizes.

Em cada uma destas matrizes foi efetuada a média semanal dos dados, sempre com a primeira semana iniciando no dia 1º de janeiro do ano sob análise. Deste modo, cada ano passou a contar com 53 semanas.

No caso da variável tempo, foi optado por efetuar a transformação em valor binário, uma vez que este parâmetro é qualitativo e o programa consegue lidar apenas com parâmetros quantitativos. Desta forma, o valor 0 passa a indicar tempo chuvoso e o valor 1 passa a indicar tempo bom.

Com os dados obtidos ao se realizar essa operação foram montadas três novas matrizes contendo os dados de cada ano, sendo que estes dados dizem respeito aos três PM.

A seguir foram eliminadas as linhas (amostras) que não apresentassem o valor de alguma variável ou cujo resultado da média era indefinido.

Ainda, a partir dos dETA, foram obtidas mais três matrizes, sendo que estas continham os dados referentes aos três anos para cada PM, procedendo-se ao cálculo das médias semanais, mas com a primeira semana começando em 1º de janeiro de 2012 e prosseguindo, sequencialmente, até terminar o ano de 2014. Assim, obteve-se um total de 157 semanas ao longo do período de monitoramento selecionado para estudo.

Finalmente, os dados desta operação formaram três novas matrizes, das quais também foram eliminadas as amostras cujos parâmetros não apresentassem valor ou tivessem valor indefinido.

6.2.2 Dados do programa de monitoramento de qualidade das águas do Rio dos Sinos

Os dados do programa de monitoramento foram previamente tratados de forma a eliminar variáveis não detectadas pelos métodos empregados, antes de formarem uma matriz.

A partir deste novo conjunto, foram geradas três matrizes, onde duas delas continham os dados de cada ponto de monitoramento e a terceira continha os dados totais.

Como o número de amostras para estes dados é bastante reduzido, frente aos dados da estação de tratamento, optou-se por efetuar um estudo considerando o descarte das colunas (variáveis) que não apresentaram valor ou tiveram valor indefinido, a fim de manter o fator temporal o mais contínuo possível, contra o descarte das linhas (coletas) que apresentaram o mesmo comportamento, a fim de manter a variabilidade o mais abrangente possível.

6.3 ANÁLISE DOS DADOS

As matrizes obtidas foram alimentadas no CHEMOSTAT, que efetuou a HCA e a PCA, sendo que ambos os métodos foram auto-escalados.

O auto-escalamento é um método estatístico que visa eliminar a presença de desvios provenientes da diferença de unidades ou da diferença de ordem de grandeza dos dados que compõem a matriz. Ao realizar este processo, os dados mantêm seu padrão de variação, mas passam a ter uma variabilidade mais concisa e conhecida.

Os gráficos gerados foram armazenados e analisados posteriormente.

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram realizados estudos partindo-se de configurações locais até configurações mais abrangentes, levando-se em consideração aspectos espaciais e temporais, onde se buscou averiguar a estratificação dos dados considerados nesse trabalho.

Os resultados obtidos são apresentados a seguir levando-se em consideração as técnicas de análise exploratória empregadas.

7.1 ANÁLISE DE AGRUPAMENTO HIERÁRQUICO

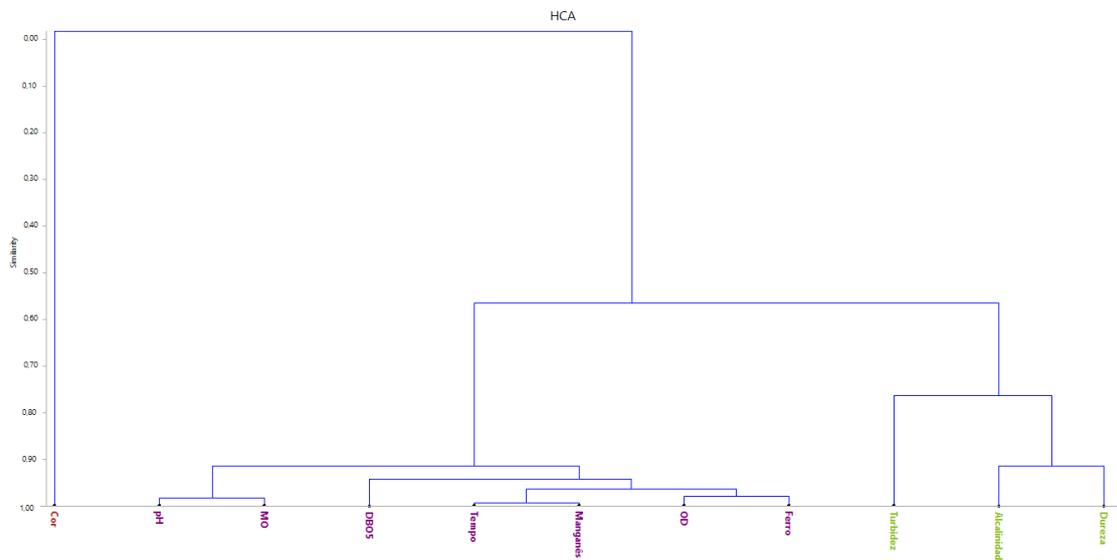
A análise de agrupamentos hierárquicos procura correlacionar as amostras ou variáveis estudadas através da similaridade apresentada por estas, ou seja, tenta segregar grupos, através da similaridade apresentada pelos parâmetros em questão, levando em consideração a totalidade dos dados apresentados.

A HCA é utilizada na literatura como uma ferramenta para identificação de grupos amostrais correlacionados²¹⁻²⁴, sendo pouco utilizada na identificação de variáveis interdependentes²⁵⁻²⁶.

7.1.1 Análise dos dados dETA

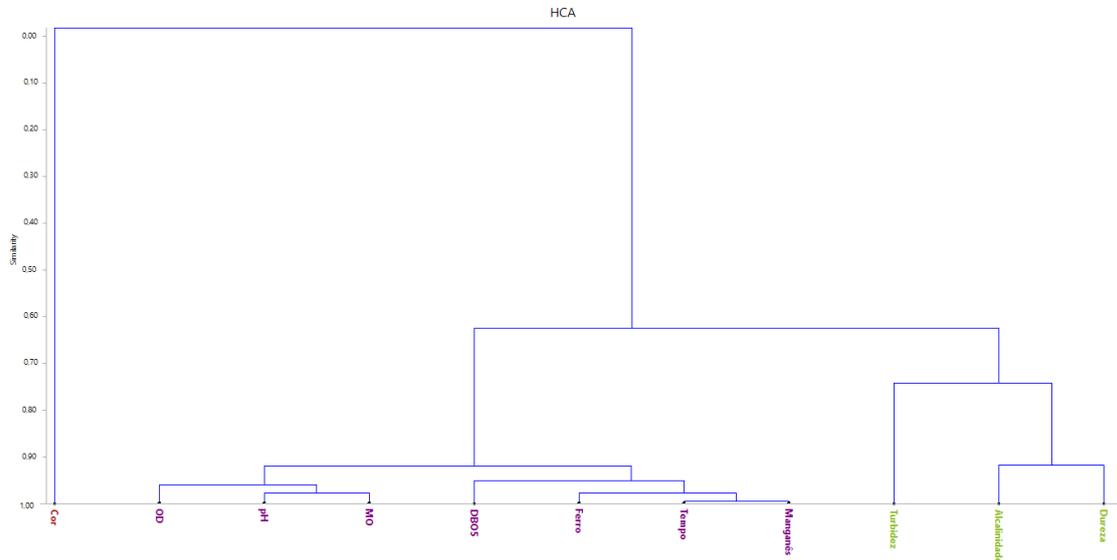
Após a realização do HCA no conjunto de dados dETA, foi observado que as variáveis, para cada um dos pontos considerados, apresentava o padrão apresentado pelo dendrograma na Figura 2.

Figura 2: Formação de grupos de variáveis obtida no estudo pontual



Também foi observado que o mesmo comportamento ocorria quando efetuada o estudo conjunto dos três pontos ano a ano, como pode ser verificado na Figura 3.

Figura 3: Formação de grupos de variáveis obtida no estudo do conjunto de pontos



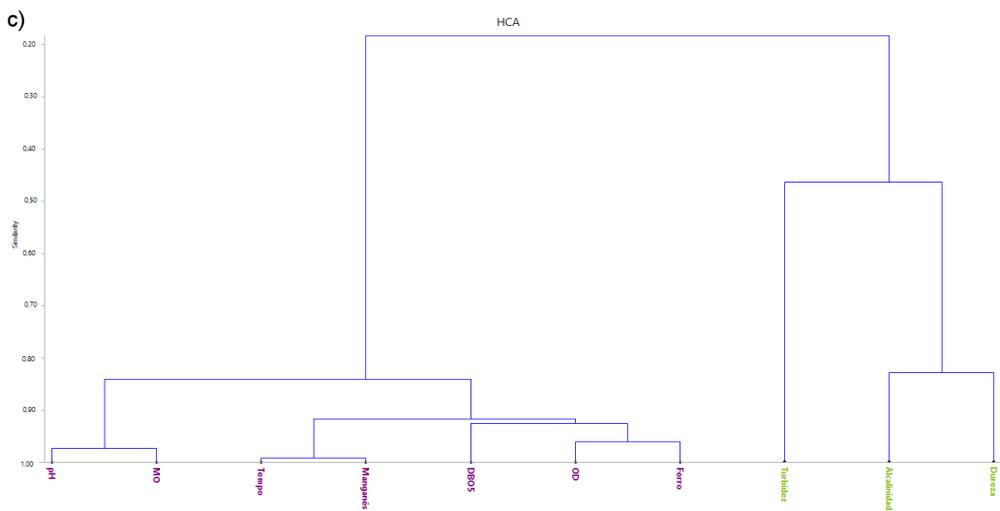
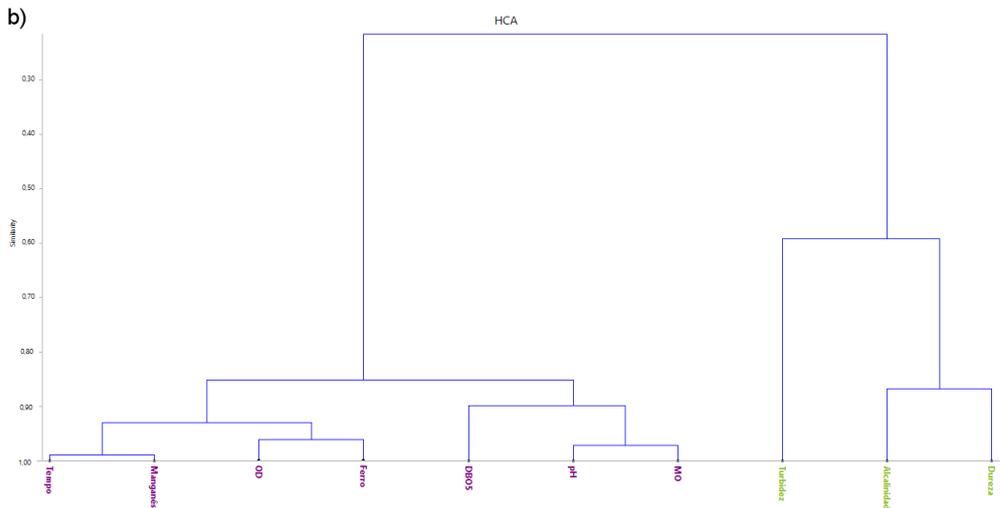
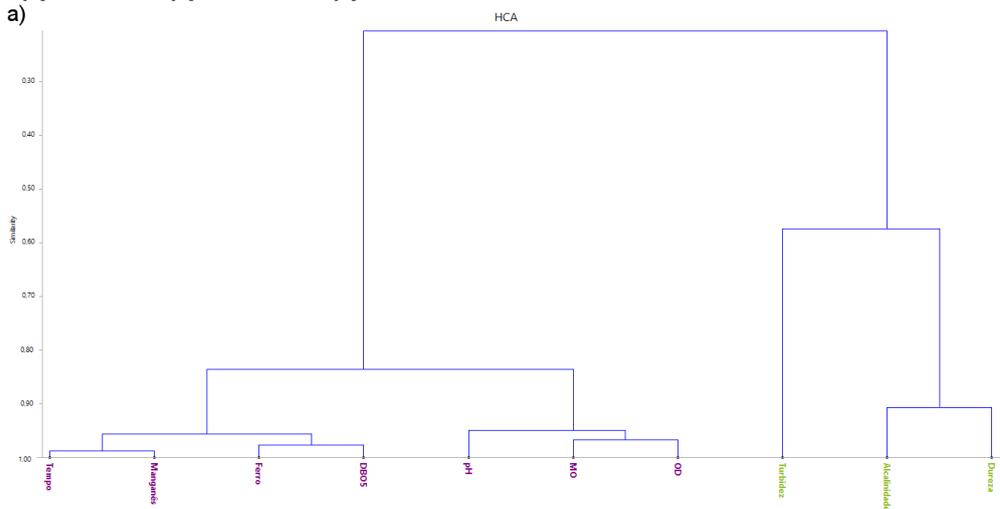
Fonte: Autor/CHEMOSTAT

A partir da constatação de que a variável cor forma um grupo que não possui similaridade com as demais variáveis, foi optado por efetuar a exclusão desta variável e proceder a um novo HCA com as variáveis restantes.

As Figuras 4 e 5 apresentam os dendrogramas obtidos para os três pontos isoladamente e em conjunto, respectivamente.

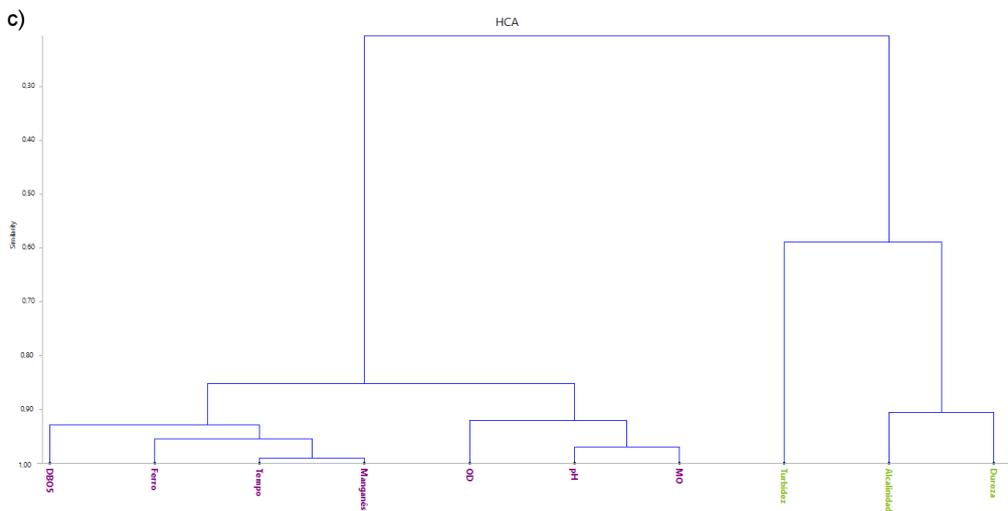
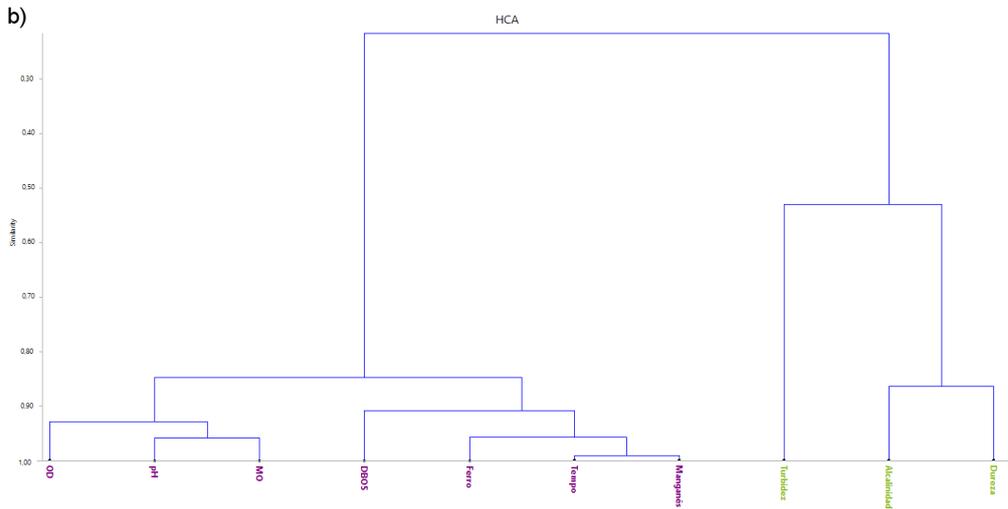
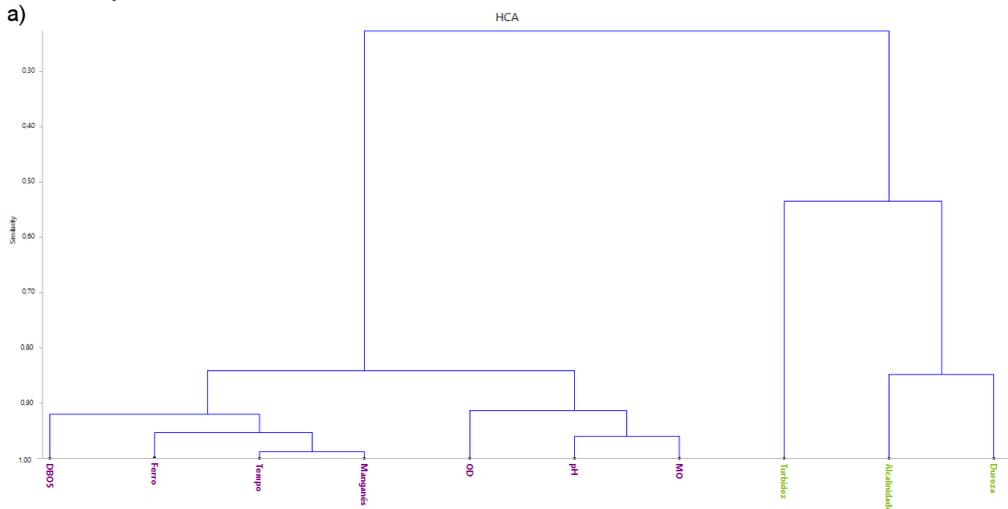
É possível observar que tanto no estudo ponto a ponto quanto no estudo em conjunto ocorre a formação de dois grupos distintos, mas que englobam as mesmas variáveis. O grupo verde oliva, denominado TAD, é formado pelas variáveis turbidez, alcalinidade e dureza, enquanto que o grupo roxo, denominado MOD, é formado pelas variáveis matéria orgânica, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, ferro, manganês, pH e tempo.

Figura 4: Comparativo dos grupos de variáveis formados para cada ponto de monitoramento:
a) ponto A, b) ponto B e c) ponto C



Fonte: Autor/CHEMOSTAT

Figura 5: Comparativo dos grupos de variáveis formados para cada ano avaliado: a) 2012, b) 2013 e c) 2014



Fonte: Autor/CHEMOSTAT

Ao partir para a análise das amostras, verifica-se que no estudo pontual não é possível obter um padrão para o agrupamento das amostras, como pode ser observado na Figura 6.

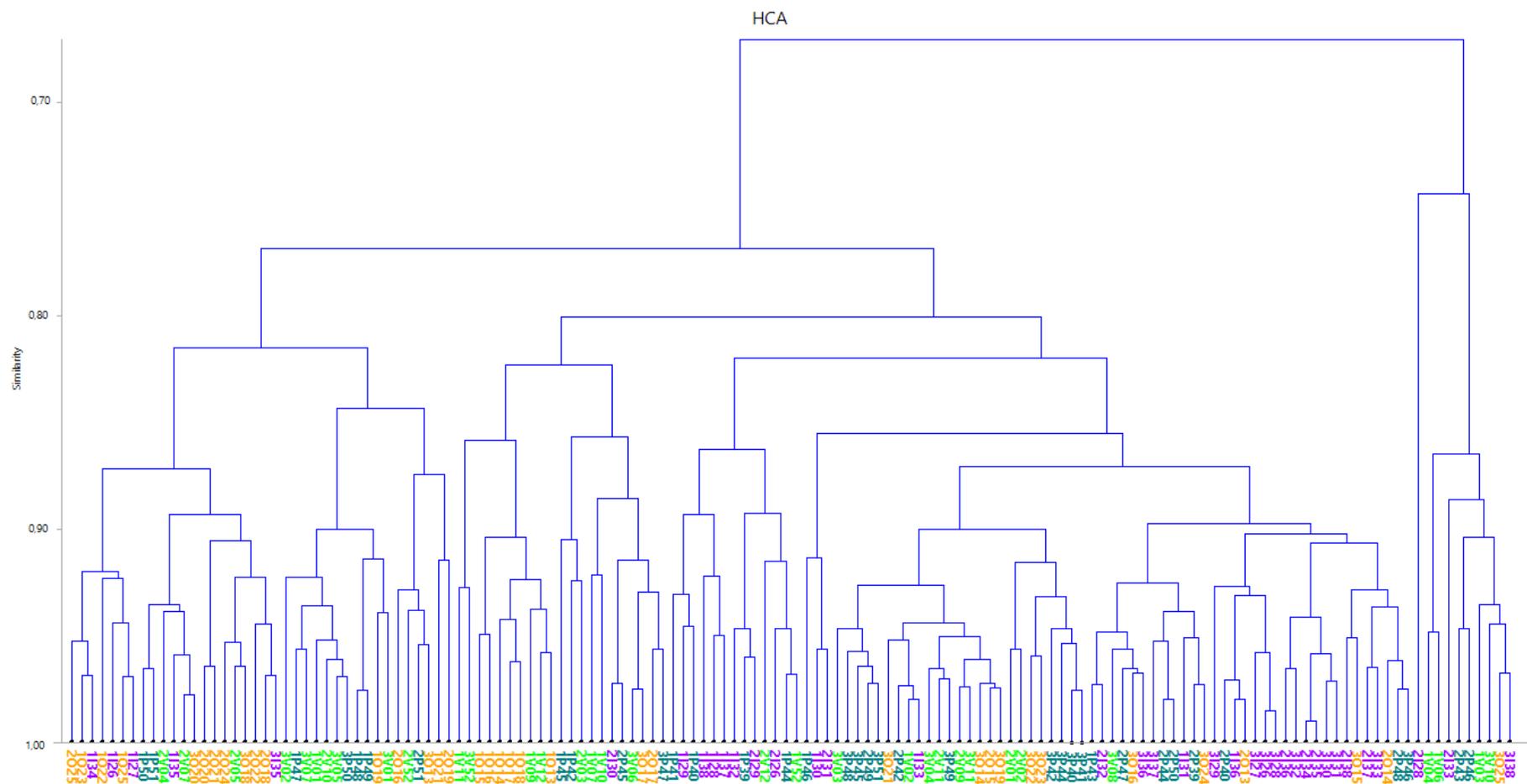
Este mesmo comportamento é observado quando realizada a análise conjunta, levando-se em consideração a sazonalidade, como visto na Figura 7.

Entretanto, quando a análise conjunta é realizada sob a óptica espacial é possível observar que ocorre a formação de padrões bem definidos, como podem ser verificados nas Figuras 8, 9 e 10.

Nestes dendrogramas é observável que ocorre a segregação de um grupamento contendo quase que a totalidade das amostras do ponto A (verde) e de mais um ou dois grupos contendo amostras dos pontos B (vermelho) e C (azul), com ou sem presença de amostras do ponto A.

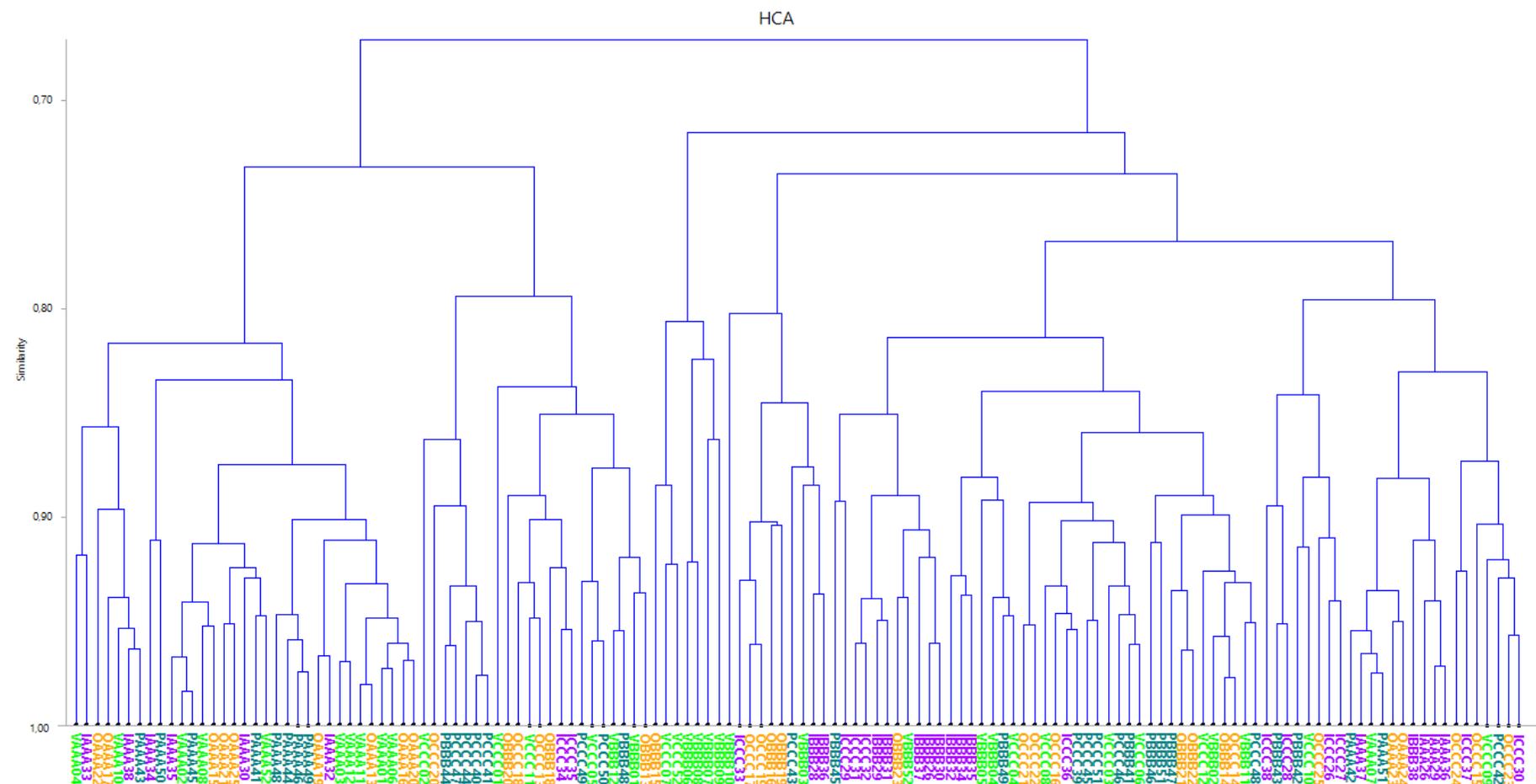
Essa segregação bem definida é condizente com o comportamento esperado para o Rio dos Sinos, visto que sua classificação é categoria 1 no ponto A e, a partir deste ponto, começa a apresentar um decaimento da qualidade da água, chegando as categorias 3 e 4, sendo que oscila entre estas categorias até alcançar a sua foz.

Figura 6: Formação de grupos obtida pela análise das amostras, considerando caso temporal, para um ponto de monitoramento



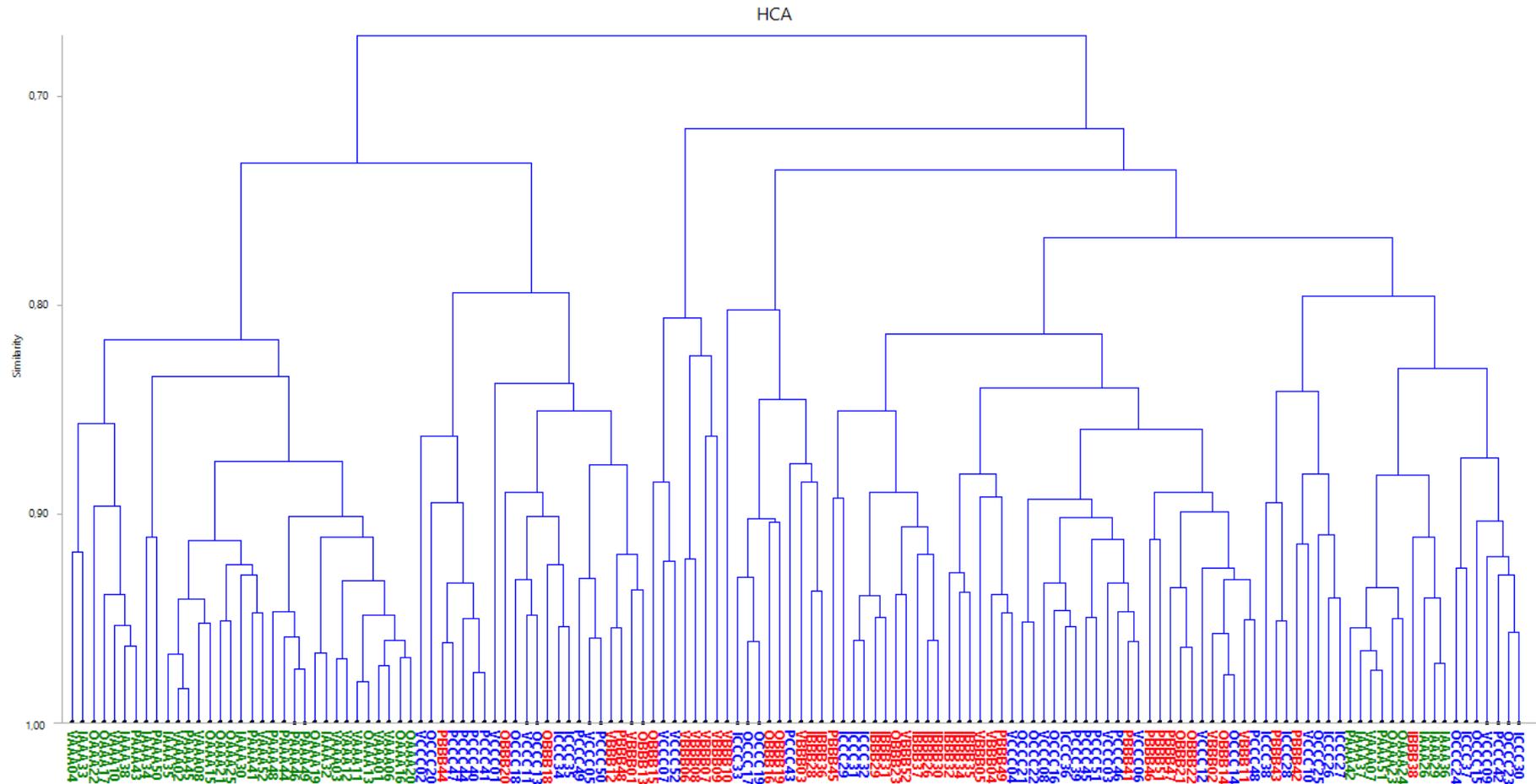
Fonte: Autor/CHEMOSTAT

Figura 7: Formação de grupos obtida pela análise das amostras, considerando caso temporal e conjunto de pontos, para um ano avaliado



Fonte: Autor/CHEMOSTAT

Figura 10: Formação de grupos obtida para o ano de 2014, efetuando análise espacial do conjunto de amostras



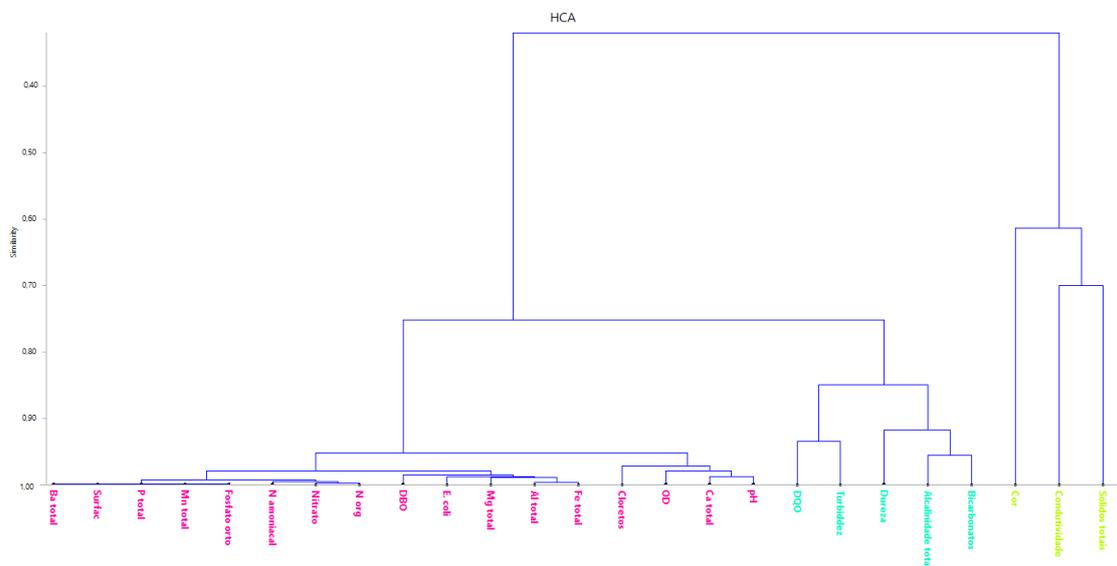
Fonte: Autor/CHEMOSTAT

7.1.2 Análise dos dados dQRS

Quando efetuada a HCA no conjunto de dados dQRS, constatou-se que as variáveis coliformes totais, clorofíceas, fitoflagelados, cianobactérias e diatomáceas formavam grupos isolados, resultando na exclusão destas variáveis e procedendo-se a uma nova análise com as variáveis restantes, levando-se em consideração a variabilidade (maior quantidade de parâmetros analisados) contra a temporalidade (manutenção da maior quantidade de amostras).

Partindo da manutenção da variabilidade, verificou-se que ocorre a formação de três grupos distintos, como pode ser observado na Figura 11.

Figura 11: Formação de grupos de variáveis obtida ao optar por manter o número de parâmetros analisados

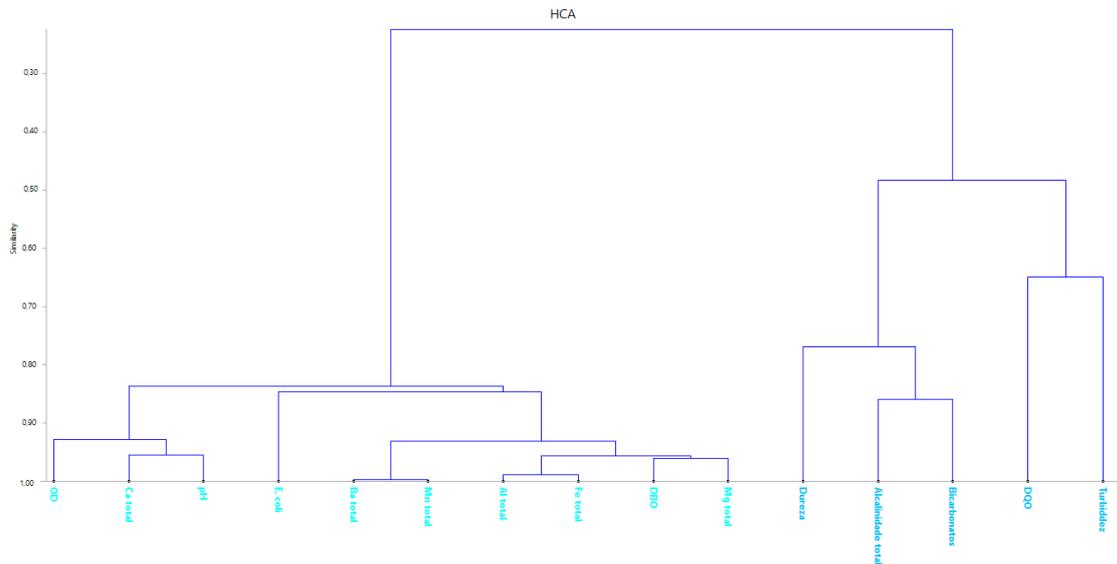


Fonte: Autor/CHEMOSTAT

O grupo amarelo, denominado SOL, é constituído pelas variáveis cor, sólidos totais e condutividade, ao passo que o grupo ciano, denominado DAT, engloba as variáveis dureza, demanda química de oxigênio, alcalinidade total, turbidez e bicarbonatos. O grupo magenta, denominado MET, contém as variáveis pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, surfactantes, cloretos, *E. coli*, metais totais (Fe, Mg, Al, Mn, Ba, Ca), fósforo (total e na forma de orto fosfato) e nitrogênio (na forma de nitrogênio orgânico, amoniacal e nitrato).

Ao efetuar a análise optando-se pela manutenção da temporalidade, observa-se que ocorre a formação de apenas dois grupos, como demonstra a Figura 12.

Figura 12: Formação de grupos de variáveis obtida ao optar por manter o número de amostras analisadas



Fonte: Autor/CHEMOSTAT

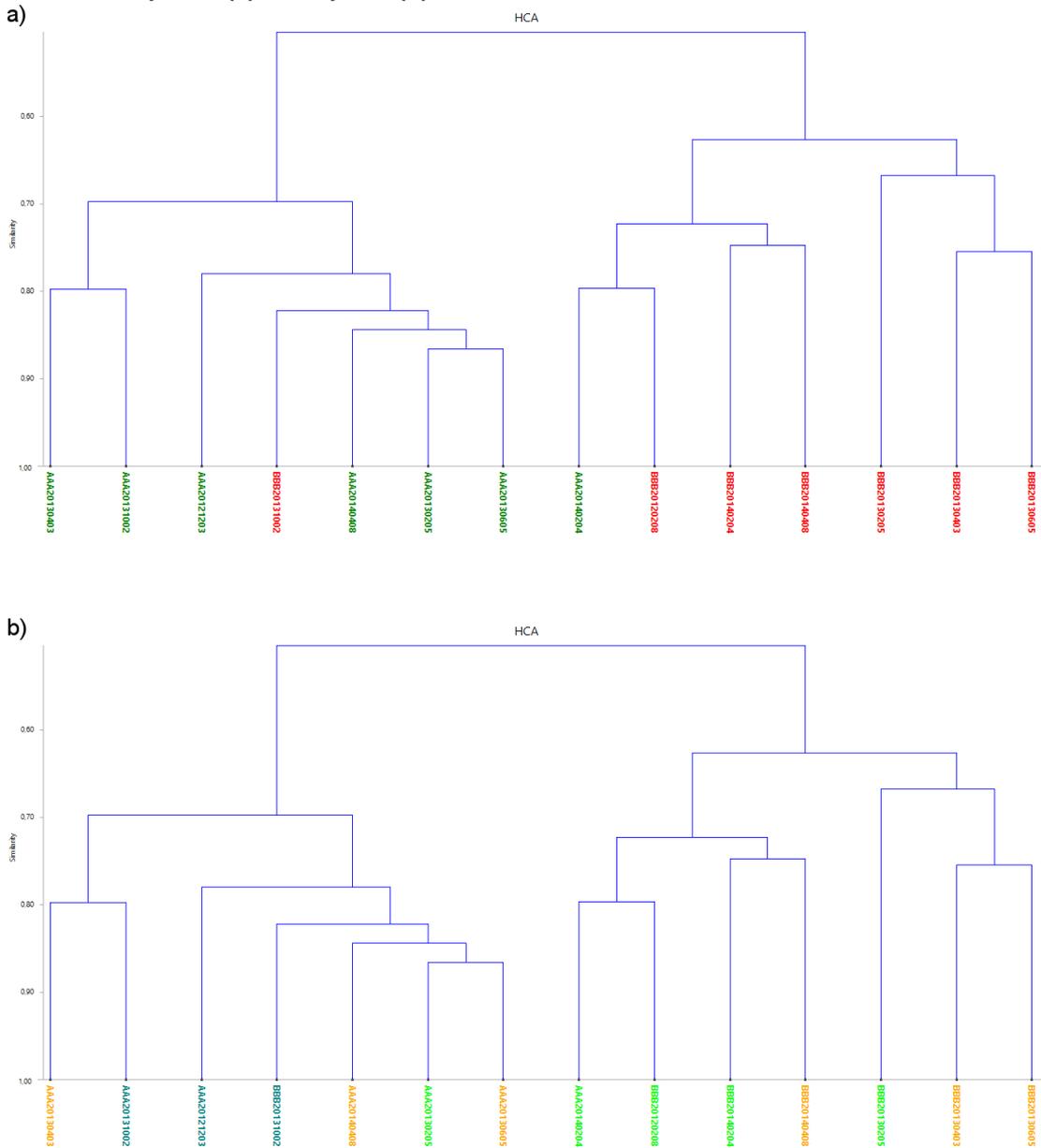
O grupo verde, denominado MED, é composto pelas variáveis metais totais (Ca, Fe, Mg, Mn, Al, Ba), *E. coli*, demanda bioquímica de oxigênio, oxigênio dissolvido e pH, enquanto que o grupo azul, denominado BAT, é composto pelas variáveis bicarbonatos, alcalinidade total, turbidez, dureza e demanda química de oxigênio.

É importante frisar que ambas as análises produziram grupamentos similares, visto que os grupos BAT e DAT são idênticos e que o grupo MED é o grupo MET tendo as variáveis a seguir excluídas: cloretos, nitrogênio orgânico, nitrogênio amoniacal, fosfato orto, fósforo total, surfactantes e nitrato.

Quando foram efetuadas as análises para as amostras observou-se que estas apresentam comportamento divergente ao se optar pela variabilidade ou pela temporalidade.

A Figura 13 mostra a formação de grupos quando a variabilidade é levada em conta, enquanto que a Figura 14 apresenta a estratificação sob a ótica da temporalidade.

Figura 13: Formação de grupos obtida ao manter número de parâmetros analisados, efetuando a análise espacial (a) e temporal (b) das amostras



Fonte: Autor/CHEMOSTAT

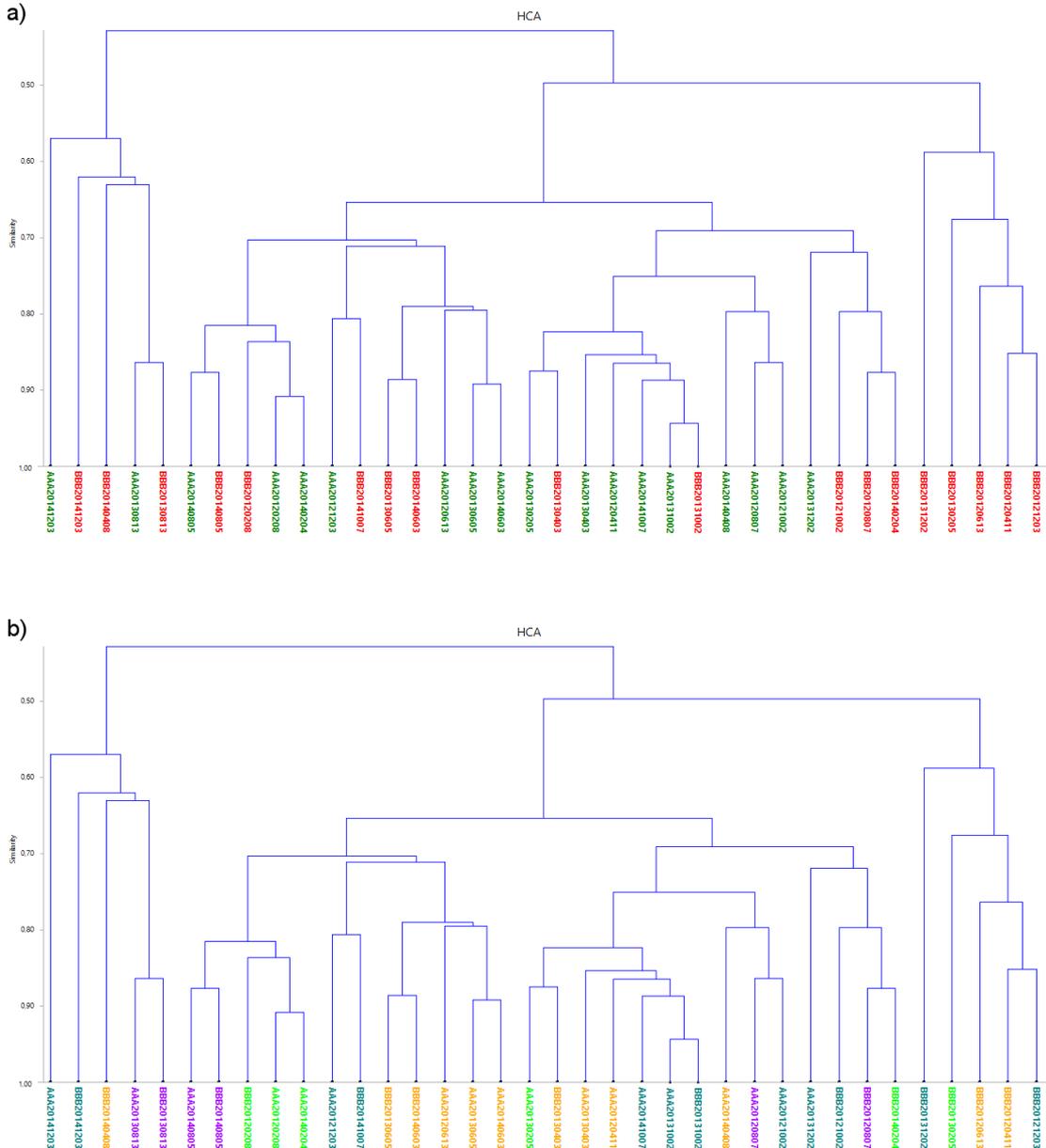
É possível observar que na Figura 13a ocorre a formação de dois grupos bem distintos, onde novamente ocorre a separação em função da localização dos pontos, enquanto que na Figura 13b não é possível observar um padrão de formação para os grupos, uma vez que ambos apresentam amostras pertencentes a uma mesma estação.

Na Figura 14a observa-se que ocorre a formação de três grupos distintos, mas, neste caso, as amostras apresentam outro padrão de segregação, visto que os

grupos formados apresentam uma mescla de amostras pertencentes aos dois pontos estudados.

Novamente, a análise temporal, correspondente à Figura 14b, parece não apresentar um padrão, tendo em vista que os grupos formados apresentam uma mistura de amostras pertencentes a todas as estações.

Figura 14: Formação de grupos obtida ao manter número de amostras analisados, efetuando a análise espacial (a) e temporal (b) das amostras



Fonte: Autor/CHEMOSTAT

7.2 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

A análise de componentes principais transforma o conjunto de variáveis fornecidas em um novo conjunto de variáveis, onde os parâmetros que possuem informações semelhantes são agrupados de forma a gerar um novo parâmetro e cada novo parâmetro não contém a informação apresentada pelos anteriores. Desta forma acaba atuando como uma espécie de lupa, uma vez que permite visualizar somente parte dos dados e evidencia informações significativas.

7.2.1 Análise dos dados dETA

Quando os pontos foram analisados separadamente, verificou-se que para o ponto A são necessárias três PC's para explicar aproximadamente 50% da variabilidade das amostras, frente a apenas duas PC's para os pontos B e C, como pode ser verificado nas Figuras 15, 16 e 17, respectivamente.

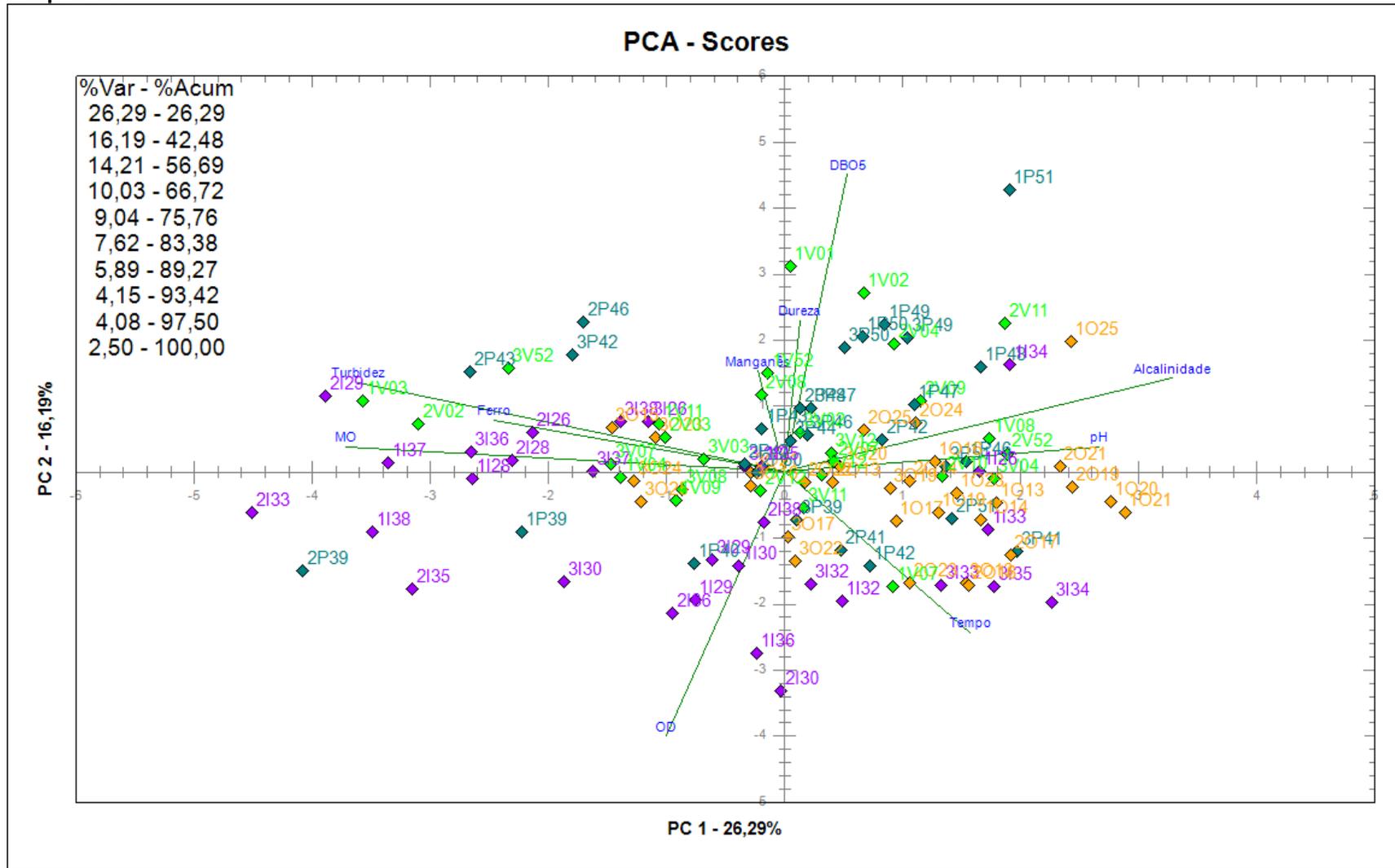
Também é possível verificar que ocorre uma separação, um pouco mais evidente, entre as amostras pertencentes ao período de inverno (roxa), sendo mais influenciadas pelas variáveis ferro, turbidez, matéria orgânica e oxigênio dissolvido, e as amostras pertencentes ao período do outono (ouro), influenciadas pelas variáveis pH, alcalinidade e tempo.

Já as amostras pertencentes ao período da primavera (azul petróleo) e verão (verde claro) encontram-se misturadas, tanto entre si quanto com as demais amostras.

Essa segregação não era esperada, uma vez que as estações mais contrastantes são o inverno e o verão, enquanto que a primavera e o outono possuem características climáticas similares, tais como índice pluviométrico médio e temperatura média.

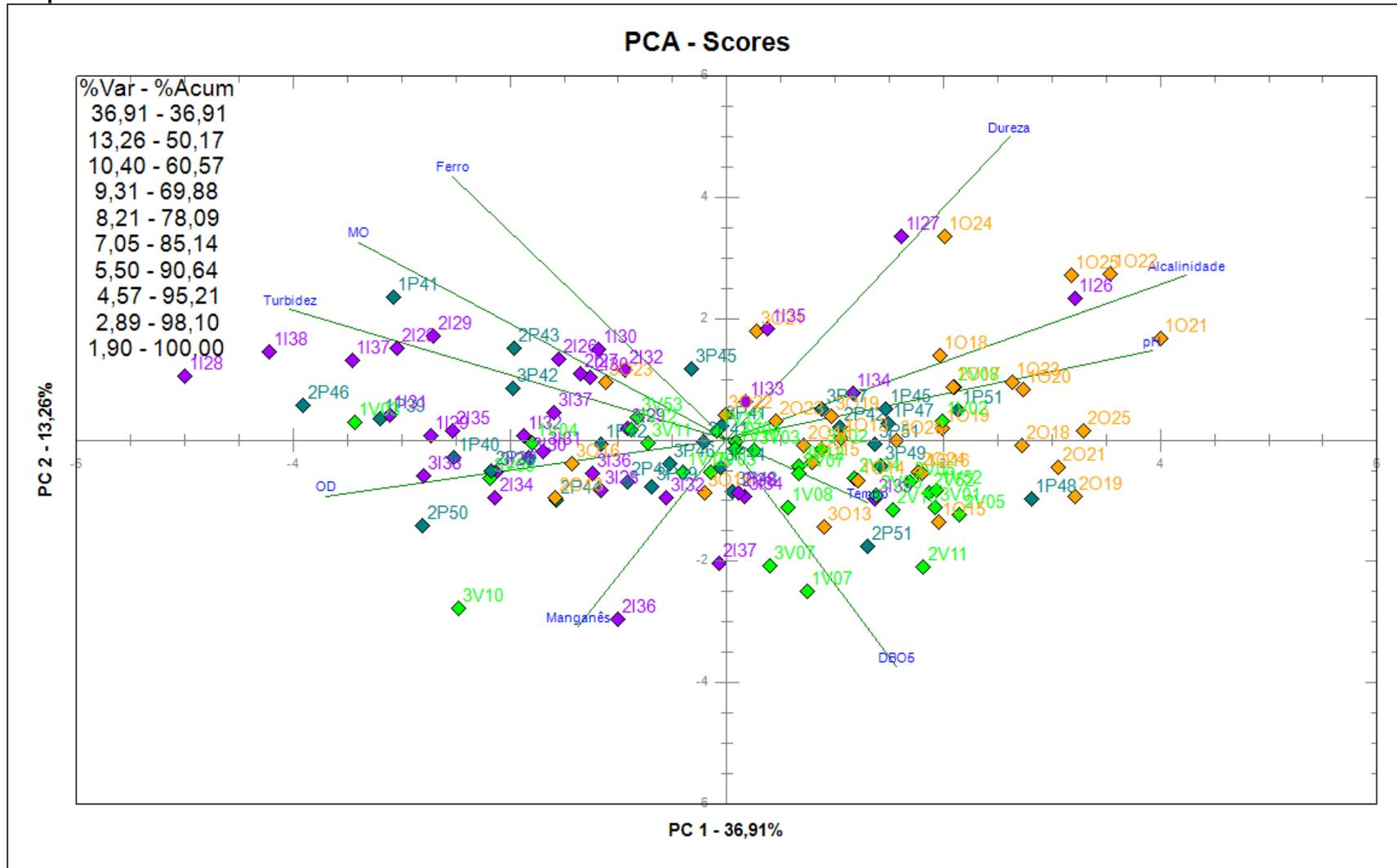
Uma possível explicação para essa separação pode estar vinculada aos aspectos climáticos do inverno, com destaque para o índice pluviométrico mais alto, característico desta época, que provocaria uma maior movimentação das águas do Rio dos Sinos, com conseqüente lixiviação dos terrenos adjacentes a bacia e do leito do rio, bem como pode apresentar relação com o calendário agrícola da região, cuja principal cultura nos três PM's é de arroz, que possui período de plantio entre agosto e dezembro e período de colheita compreendendo os meses de janeiro a maio.

Figura 15: Gráfico das 2 primeiras componentes principais do ponto A, que explanam 42% da variabilidade, com atribuição de variabilidade para cada componente



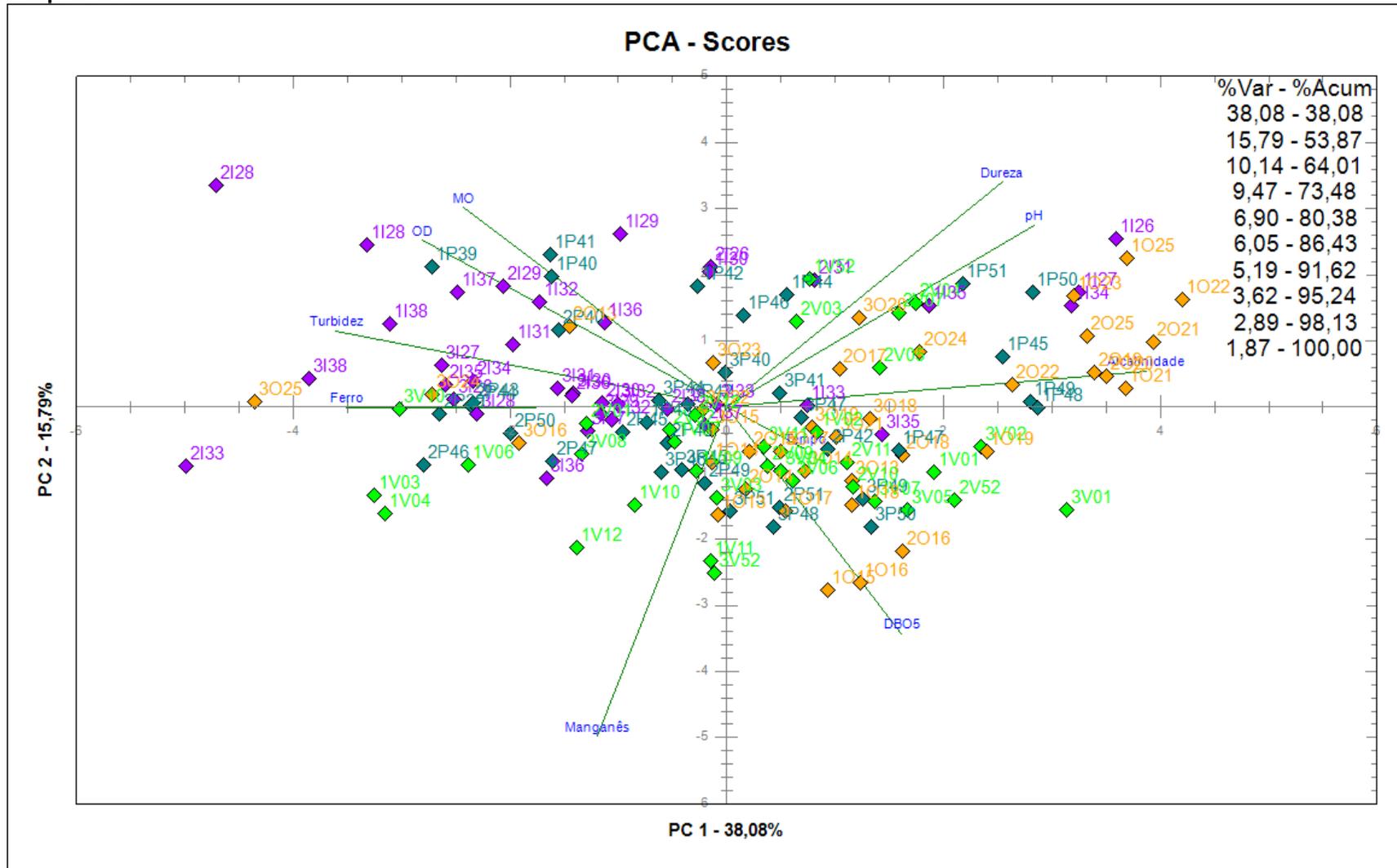
Fonte: Autor/CHEMOSTAT

Figura 16: Gráfico das 2 primeiras componentes principais do ponto B, que explanam 50% da variabilidade, com atribuição de variabilidade para cada componente



Fonte: Autor/CHEMOSTAT

Figura 17: Gráfico das 2 primeiras componentes principais do ponto C, que explanam 54% da variabilidade, com atribuição de variabilidade para cada componente



Fonte: Autor/CHEMOSTAT

A análise conjunta dos pontos produziu dados mais interessantes, uma vez que é possível efetuar a análise espacial e a análise temporal separadamente.

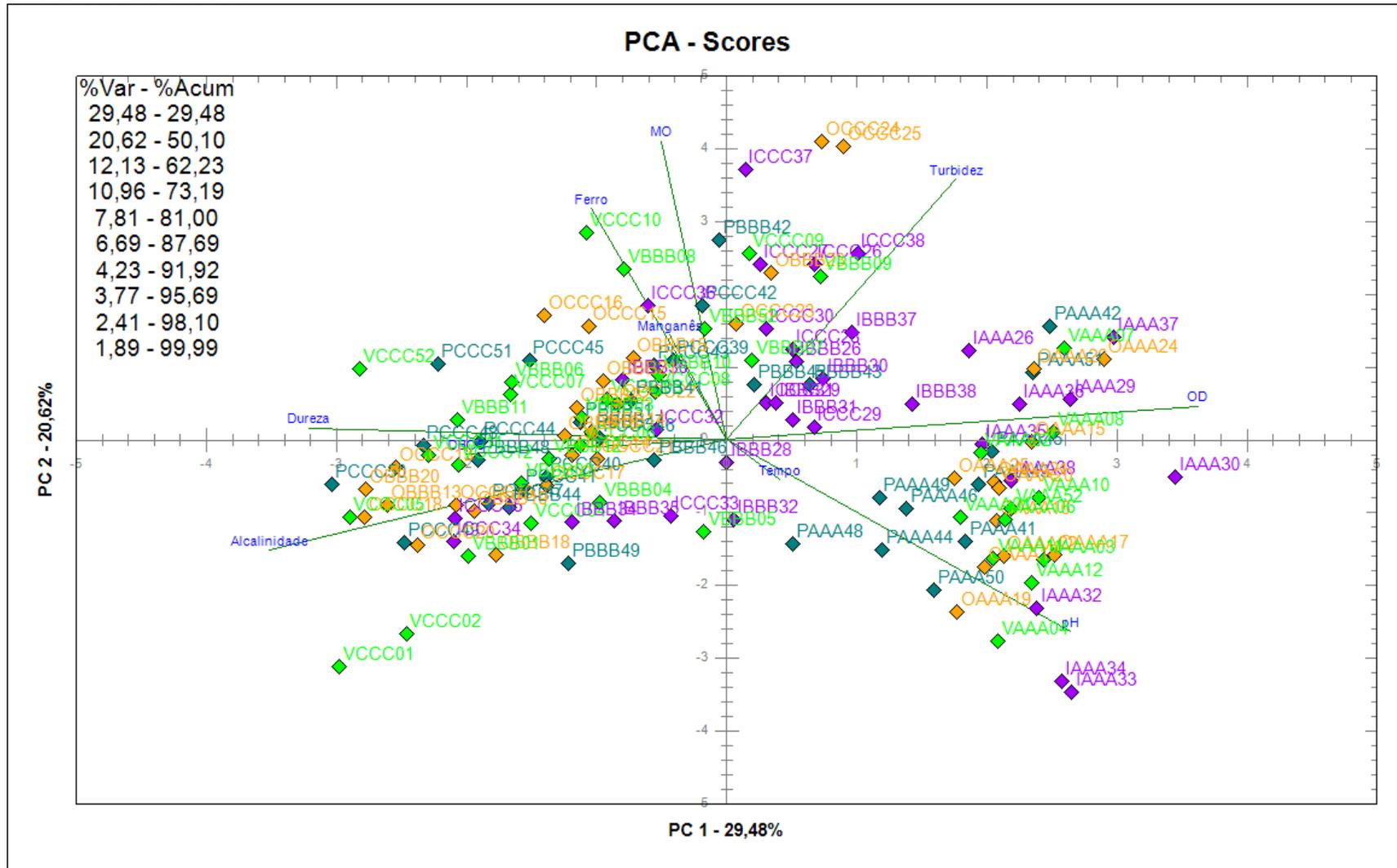
Foi possível observar que, neste caso, são necessárias apenas duas PC's para explicar 50% da variabilidade apresentada pelas amostras, para qualquer ano considerado.

Também é possível verificar que o comportamento apresentado é semelhante ao obtido para os pontos isolados, quando é considerada a temporalidade, no que se refere aos anos de 2012 e 2013, mas apresenta uma variação para o ano de 2014, como mostrado na Figura 18.

Ao passar para a análise espacial, torna-se evidente o comportamento de segregação em função da distinção dos pontos, sendo que o ponto A (verde) forma um grupo mais isolado, enquanto que os pontos B (vermelho) e C (azul) formam um grupo por sobreposição, ou seja, é possível evidenciar uma separação entre dois subgrupos. Esse comportamento pode ser verificado na Figura 19.

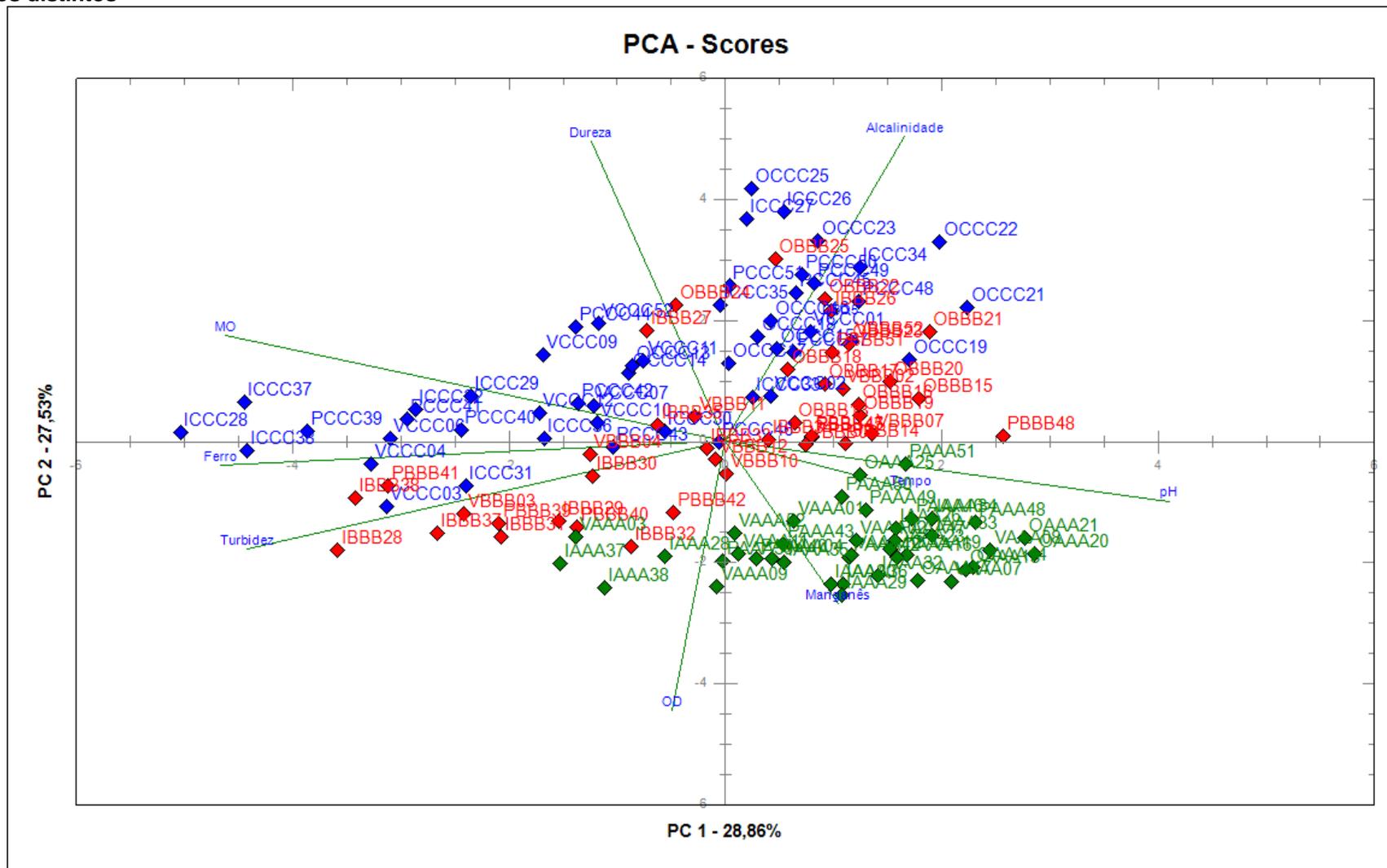
A análise também permitiu observar que uma das componentes principais (PC4) possui uma forte influência da variável tempo, provocando a segregação de um subgrupo, demonstrado na Figura 20.

Figura 18: Análise de componentes principais obtida do estudo conjunto dos PM's para o ano de 2014, evidenciando separação adversa da observada nos demais casos



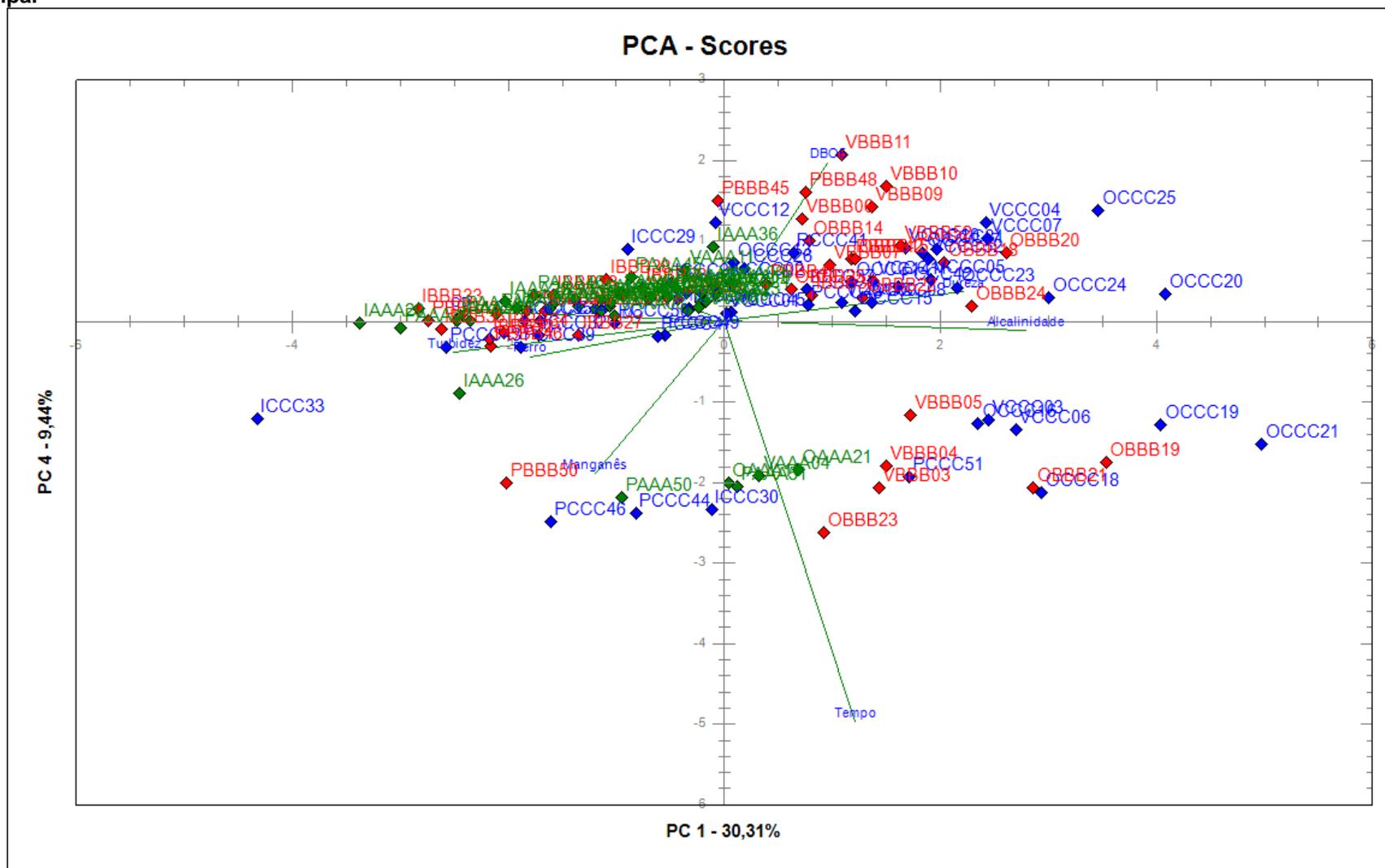
Fonte: Autor/CHEMOSTAT

Figura 19: Gráfico obtido da análise temporal para o ano de 2012, utilizando a 1ª e 2ª componentes principais, evidenciando a formação de 3 grupos distintos



Fonte: Autor/CHEMOSTAT

Figura 20: Gráfico da 1ª e 4ª componentes principais obtidas para o ano de 2013, mostrando influencia da variável tempo sobre a 4ª componente principal



Fonte: Autor/CHEMOSTAT

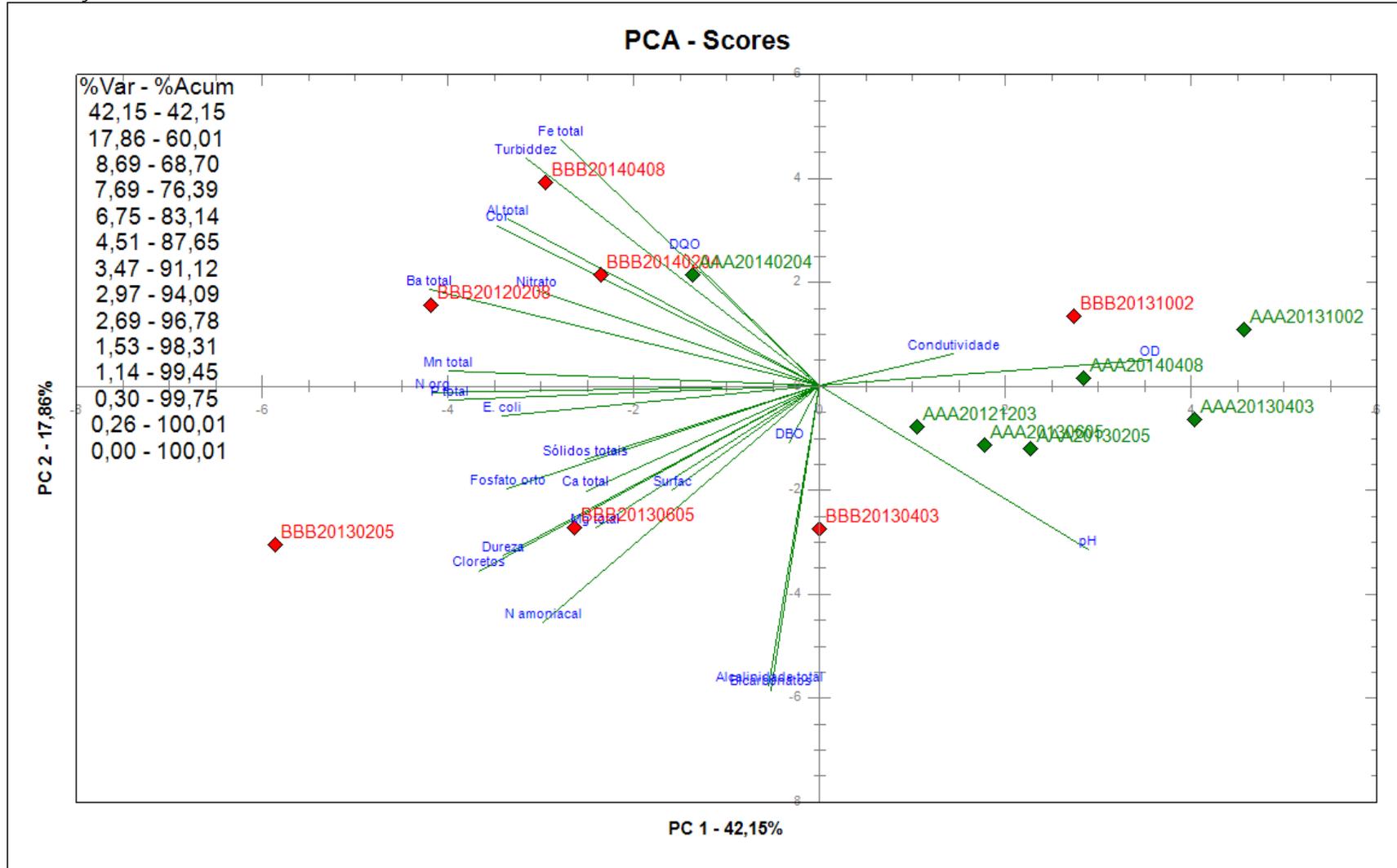
7.2.2 Análise dos dados dQRS

A análise dos dados de monitoramento da qualidade das águas do Rio dos Sinos mostrou que, ao optar pela manutenção da variabilidade, uma única componente principal explica aproximadamente 50% do comportamento das amostras, ao passo que ao manter a temporalidade são necessárias pelo menos duas componentes para obter a mesma proporção, como pode ser verificado nas Figuras 21 e 22, respectivamente.

Também foi possível verificar que este conjunto apresenta o mesmo comportamento apresentado pelo conjunto dETA, uma vez que a análise espacial produz a separação em função da distinção dos pontos e a análise temporal apresenta a mesma separação entre estações, como também pode ser verificado através das Figuras 21 e 22, respectivamente.

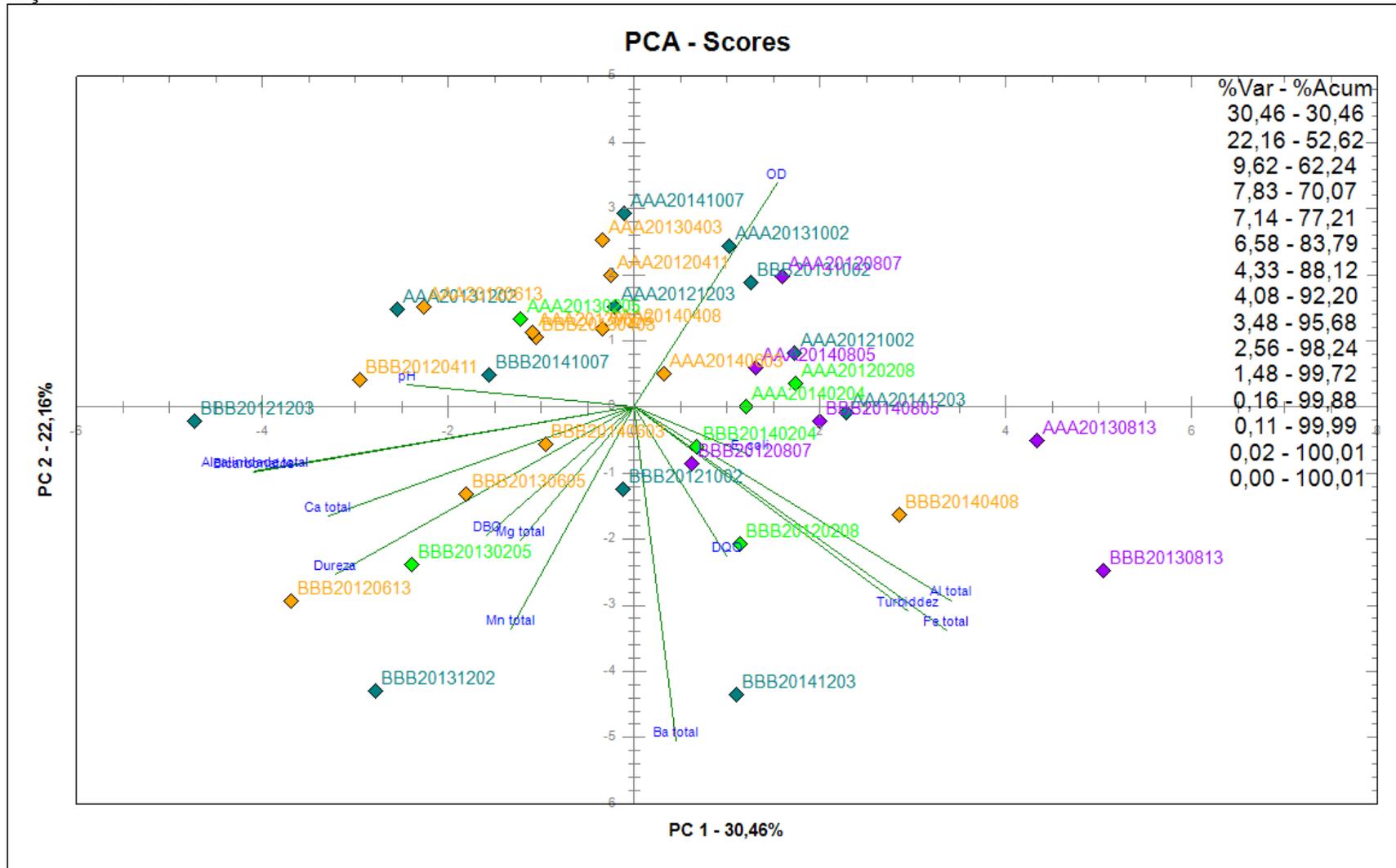
Ainda foi possível verificar que não ocorre a separação de subgrupos em função de alguma das variáveis, como foi observado para o conjunto dETA.

Figura 21: Análise espacial das amostras, optando pela conservação dos parâmetros analisados, utilizando as 2 primeiras PC's, que explanam 60% da variação das amostras



Fonte: Autor/CHEMOSTAT

Figura 22 Análise temporal das amostras, optando pela conservação das amostras analisadas, utilizando as 2 primeiras PC's, que explicam 53% da variação das amostras



Fonte: Autor/CHEMOSTAT

7.3 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A formação de grupos de variáveis observada através da HCA produziu os resultados esperados como será explanado a seguir.

Os grupos TAD (dETA), DAT e BAT (dQRS) apresentam as variáveis dureza, alcalinidade e turbidez, que possuem complementaridade entre si, uma vez que a turbidez deriva de compostos em suspensão, ou forma coloidal, presentes na água, cuja origem está associada aos íons cálcio e magnésio, em sua maioria, identificados através da dureza. A alcalinidade é resultado da presença destes íons que se encontram sob a forma de hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos, variável que também integra os grupos DAT e BAT.

Os grupos MOD (dETA), MET e MED (dQRS) apresentam as variáveis OD e DBO₅, que indicam a quantidade de oxigênio presente na água, sendo que a primeira indica a quantidade de oxigênio disponível para manutenção do sistema aquático, ao passo que a segunda indica a quantidade de oxigênio necessária para um consórcio de micro-organismos oxidar a matéria orgânica presente, variável esta que está presente no grupo MOD.

A presença de metais nesses grupos indica que muitos desses metais podem servir como micronutrientes aos micro-organismos e organismos vivos.

As análises temporais não puderam evidenciar um padrão de formação de grupo evidente, o que sugere que esse tipo de análise, utilizando esta técnica, não é o ideal, uma vez que amostras de diferentes épocas do ano podem apresentar características muito similares.

As análises espaciais evidenciaram, em maior ou menor grau, a separação do ponto A dos demais pontos, indicando que esta separação está diretamente ligado a localização do ponto, pois este encontra-se em uma região onde o Rio dos Sinos é classificado como sendo de classe 1. Este fato também é confirmado pela PCA no momento em que as variáveis OD e pH são as principais responsáveis por esta separação, o que é lógico, visto que a quantidade de oxigênio disponível é maior e o pH não sofreu alteração devido ao contato com efluentes.

A PCA mostrou outros resultados interessantes ao passo que evidenciou que há uma clara separação entre amostras provenientes do outono e do inverno, o que

num primeiro momento não seria esperado, visto que o inverno e o verão são as estações mais contrastantes e, desta forma, teriam um maior impacto sobre as características físico-químicas da água bruta.

Com base em estudos anteriores^{24,27-28}, foi possível constatar que as variáveis possuíam uma tendência a formar grupos distintos dos observados, com poucos casos onde seguem um padrão de agrupamento. Isto sugere que as características são únicas para cada local analisado, mas que algumas variáveis apresentam uma relação que independe de sua origem.

8. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos através da análise exploratória multivariada, através das análises de agrupamento hierárquico e de componentes principais, corroboram a hipótese de que é possível sua utilização para verificação de padrões comportamentais, bem como elucidam o impacto causado pelas variáveis a serem analisadas.

As análises realizadas nas variáveis mostraram de que forma encontram-se interligadas, permitindo eliminar variáveis não representativas e escolher quais variáveis podem ser utilizadas na criação de modelos ambientais, a fim de assegurar a manutenção de parâmetros mínimos de qualidade de águas e um monitoramento mais efetivo dessa matriz ambiental.

A análise temporal das amostras mostrou-se um pouco caótica do ponto de vista da análise hierárquica, mas apresentou resultados interessantes sob a ótica da análise de componentes. Esses resultados levam a crer que é possível a implementação de um modelo temporal, mas é possível que alguns estudos mais detalhados possam ser necessários.

A análise espacial indicou que a variação da qualidade da água está intrinsecamente ligada à urbanização das áreas banhadas pelo Rio dos Sinos, visto que ambas as técnicas evidenciaram a segregação de um dos pontos (ponto A - classe 1) com relação aos demais (pontos B e C - classes 3 e 4), o que sugere que a criação de modelos espaciais também é possível.

As técnicas empregadas mostraram-se satisfatórias ao passo que tornaram possível a execução da proposta inicial, além de sinalizarem que podem ser utilizadas para conjuntos de dados semelhantes. Além disso, cabe destacar que a inclusão de outras técnicas é possível e poderia, talvez, auxiliar para o melhor entendimento do comportamento apresentado.

REFERÊNCIAS

1. EMBRAPA. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_73_711200516719.html. Acesso em: 04 jun. 2016.
2. CARPENTER, S. R. et al. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorous and nitrogen. **Ecological Applications**, v. 8, p. 559-568, 1998.
3. JARVIE, H. P.; WHITTON, B. A.; NEAL, C. Nitrogen and phosphorus in east coast British rivers: Speciation, sources and biological significance. **Science of the Total Environment**, v. 210-211, p. 79-109, 1998.
4. BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial**, Imprensa Nacional, Brasília, DF, 09 jan. 1997, p. 470.
5. BRASIL. Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Cria a Agência Nacional de Águas – ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação so Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Diário Oficial**, Imprensa Nacional, Brasília, DF, 18 jul. 2000, p. 1.
6. ANA. Agência Nacional de Águas: Sobre a ANA. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/institucional/SobreaANA/>. Acesso em 04 jun. 2016.
7. ANA. Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas. Disponível em : <http://portalpnqa.ana.gov.br/pnqa.aspx>. Acesso em: 04 jun. 2016.
8. CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Imprensa Nacional, Brasília, DF, 18 mar. 2005.

9. KIRALJ, R.; FERREIRA, M. M. C. The past, present, and future of chemometrics worldwide: some etymological, linguistic and bibliometric investigations. **Journal of Chemometrics**, v. 20, p. 247-272, 2006.
10. KUMAR, N. et al. Chemometrics tools used in analytical chemistry: An overview. **Talanta**, v. 123, p. 186-199, 2014.
11. GARDNER, W. P. Multivariate Analysis Methods in Chemistry. In: __. **Statistical Analysis Methods for Chemists: A Software Based Approach**. Cambridge (UK): The Royal Society of Chemistry, 1997. Cap. 8, p. 293-328.
12. STROBL, R. O.; ROBILLARD, P. D. Network design for water quality monitoring of surface freshwaters: A review. **Journal of Environmental Management**, v. 87, p. 639-648, 2008.
13. KANNEL, P. R. et al. Chemometric application in classification and assessment of monitoring locations of an urban river system. **Analytica Chimica Acta**, v. 582, p. 390-399, 2007.
14. WUNDERLIN, D. A. et al. Pattern Recognition Techniques for the Evaluation of Spatial and Temporal Variations in Water Quality. A Case Study: Suquía River Basin (Córdoba – Argentina). **Water Research**, v. 35, p. 2881-2894, 2001.
15. CORDELLA, C. B. Y. PCA: The Basic Building Block of Chemometrics. In: KRULL, I. S. (Ed.) **Analytical Chemistry**, InTech, 2012. Cap. 1, p. 1-46.
16. GROOTVELD, M. Recent developments in exploratory data analysis and pattern recognition techniques. In: __ (Ed.) **Metabolic Profiling: Disease and Xenobiotics**. Cambridge (UK): The Royal Society of Chemistry, 2014. Cap. 3, p. 74-116.
17. RIO GRANDE DO SUL (Estado). Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. Disponível em: http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu=56&cod_conteudo=5865. Acesso em: 04 jun. 2016.
18. FEPAM. Qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio dos Sinos. Disponível em: http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/qualidade_sinos/sinos.asp. Acesso em: 04 jun. 2016.

19. CONSÓRCIO PRÓ-SINOS. Meta 5 – Atividade 5.3 – Síntese do Plano de Bacia. Disponível em: <http://www.consorcioprosinos.com.br/consorcio/?c=plano-de-bacia>. Acesso em: 04 jun. 2016.
20. HELFER, G. A. et al. CHEMOSTAT, um software gratuito para análise exploratória de dados multivariados. **Química Nova**, v. 38, p. 575-579, 2015.
21. KOWALKOWSKI, T. et al. Application of chemometrics in river water classification. **Water Research**, v.40, p. 744-752, 2006.
22. ASTEL, A. et al. Chemometrics in monitoring spatial and temporal variations in drinking water quality. **Water Research**, v. 40, p. 1706-1716, 2006.
23. SOUZA, G. S. **Avaliação da bacia hidrográfica do Rio Paraguaçu utilizando análise multivariada**. 2010. 112 f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.
24. SANT'ANA, A. C. **Análise multivariada da qualidade da água superficial no município de Boa Vista – RR**. 2006. 107 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2006.
25. SANTOS, J. S.; SANTOS, M. L. P.; OLIVERA, E. Estudo da mobilização de metais e elementos traços em ambientes aquáticos do semiárido brasileiro aplicando análises de componentes principais. **Química Nova**, v. 31, p. 1107-1111, 2008.
26. CARVALHO, F. I. M. et al. Avaliação da qualidade das águas subterrâneas de Belém a partir de parâmetros físico-químicos e níveis de elementos traço usando análise multivariada. **Revista Virtual de Química**, v. 7, p. 2221-2241, 2015.
27. SOUZA, A. C. **Avaliação do funcionamento de uma estação de tratamento de esgoto doméstico e desenvolvimento de um novo método de determinação de DQO usando espectroscopia NIR e quimiometria**. 2007. 102 f. Tese (Doutorado em Química Analítica) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2007.
28. GUIGUES, N.; DESENFANT, M.; HANCE, E. Combining multivariate statistics and analysis of variance to redesign a water quality monitoring network. **Environmental Science Processes & Impacts**, v. 15, p. 1692-1705, 2013.

ANEXO – RESOLUÇÃO 357/2005 DO CONAMA

RESOLUÇÃO Nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005

Publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63

- Alterada pela Resolução 410/2009 e pela 430/2011

Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

O **CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA**, no uso das competências que lhe são conferidas pelos arts. 6º, inciso II e 8º, inciso VII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990 e suas alterações, tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, e

Considerando a vigência da Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000, que dispõe sobre a balneabilidade;

Considerando o art. 9º, inciso I, da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos, e demais normas aplicáveis à matéria;

Considerando que a água integra as preocupações do desenvolvimento sustentável, baseado nos princípios da função ecológica da propriedade, da prevenção, da precaução, do poluidor-pagador, do usuário-pagador e da integração, bem como no reconhecimento de valor intrínseco à natureza;

Considerando que a Constituição Federal e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, visam controlar o lançamento no meio ambiente de poluentes, proibindo o lançamento em níveis nocivos ou perigosos para os seres humanos e outras formas de vida;

Considerando que o enquadramento expressa metas finais a serem alcançadas, podendo ser fixadas metas progressivas intermediárias, obrigatórias, visando a sua efetivação;

Considerando os termos da Convenção de Estocolmo, que trata dos Poluentes Orgânicos Persistentes-POPs, ratificada pelo Decreto Legislativo nº 204, de 7 de maio de 2004;

Considerando ser a classificação das águas doces, salobras e salinas essencial à defesa de seus níveis de qualidade, avaliados por condições e padrões específicos, de modo a assegurar seus usos preponderantes;

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

Considerando que a saúde e o bem-estar humano, bem como o equilíbrio ecológico aquático, não devem ser afetados pela deterioração da qualidade das águas;

Considerando a necessidade de se criar instrumentos para avaliar a evolução da qualidade das águas, em relação às classes estabelecidas no enquadramento, de forma a facilitar a fixação e controle de metas visando atingir gradativamente os objetivos propostos;

Considerando a necessidade de se reformular a classificação existente, para melhor distribuir os usos das águas, melhor especificar as condições e padrões de qualidade requeridos, sem prejuízo de posterior aperfeiçoamento; e

Considerando que o controle da poluição está diretamente relacionado com a proteção da saúde, garantia do meio ambiente ecologicamente equilibrado e a melhoria da qualidade de vida, levando em conta os usos prioritários e classes de qualidade ambiental exigidos para um determinado corpo de água; resolve:

Art. 1º Esta Resolução dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

CAPÍTULO I

DAS DEFINIÇÕES

Art. 2º Para efeito desta Resolução são adotadas as seguintes definições:

- I - águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰;
- II - águas salobras: águas com salinidade superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰;
- III - águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30 ‰;
- IV - ambiente lêntico: ambiente que se refere à água parada, com movimento lento ou estagnado;
- V - ambiente lótico: ambiente relativo a águas continentais moventes;
- VI - aquíicultura: o cultivo ou a criação de organismos cujo ciclo de vida, em condições naturais, ocorre total ou parcialmente em meio aquático;
- VII - carga poluidora: quantidade de determinado poluente transportado ou lançado em um corpo de água receptor, expressa em unidade de massa por tempo;
- VIII - cianobactérias: microorganismos procarióticos autotróficos, também denominados como cianofíceas (algas azuis) capazes de ocorrer em qualquer manancial superficial especialmente naqueles com elevados níveis de nutrientes (nitrogênio e fósforo), podendo produzir toxinas com efeitos adversos a saúde;
- IX - classe de qualidade: conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros;
- X - classificação: qualificação das águas doces, salobras e salinas em função dos usos preponderantes (sistema de classes de qualidade) atuais e futuros;
- XI - coliformes termotolerantes: bactérias gram-negativas, em forma de bacilos, oxidase-negativas, caracterizadas pela atividade da enzima β -galactosidase. Podem crescer em meios contendo agentes tenso-ativos e fermentar a lactose nas temperaturas de 44° - 45°C, com produção de ácido, gás e aldeído. Além de estarem presentes em fezes humanas e de animais homeotérmicos, ocorrem em solos, plantas ou outras matrizes ambientais que não tenham sido contaminados por material fecal;
- XII - condição de qualidade: qualidade apresentada por um segmento de corpo d'água, num determinado momento, em termos dos usos possíveis com segurança adequada, frente às Classes de Qualidade;
- XIII - condições de lançamento: condições e padrões de emissão adotados para o controle de lançamentos de efluentes no corpo receptor;
- XIV - controle de qualidade da água: conjunto de medidas operacionais que visa avaliar a melhoria e a conservação da qualidade da água estabelecida para o corpo de água;
- XV - corpo receptor: corpo hídrico superficial que recebe o lançamento de um efluente;
- XVI - desinfecção: remoção ou inativação de organismos potencialmente patogênicos;
- XVII - efeito tóxico agudo: efeito deletério aos organismos vivos causado por agentes físicos ou químicos, usualmente letalidade ou alguma outra manifestação que a antecede, em um curto período de exposição;
- XVIII - efeito tóxico crônico: efeito deletério aos organismos vivos causado por agentes físicos ou químicos que afetam uma ou várias funções biológicas dos organismos, tais como a reprodução, o crescimento e o comportamento, em um período de exposição que pode abranger a totalidade de seu ciclo de vida ou parte dele;
- XIX - efetivação do enquadramento: alcance da meta final do enquadramento;
- XX - enquadramento: estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo;
- XXI - ensaios ecotoxicológicos: ensaios realizados para determinar o efeito deletério de agentes físicos ou químicos a diversos organismos aquáticos;
- XXII - ensaios toxicológicos: ensaios realizados para determinar o efeito deletério de agentes físicos ou químicos a diversos organismos visando avaliar o potencial de risco à saúde humana;
- XXIII - escherichia coli (*E.Coli*): bactéria pertencente à família Enterobacteriaceae caracterizada pela atividade da enzima β -glicuronidase. Produz indol a partir do aminoácido triptofano. É a única espécie do

grupo dos coliformes termotolerantes cujo habitat exclusivo é o intestino humano e de animais homeotérmicos, onde ocorre em densidades elevadas;

XXIV - metas: é o desdobramento do objeto em realizações físicas e atividades de gestão, de acordo com unidades de medida e cronograma preestabelecidos, de caráter obrigatório;

XXV - monitoramento: medição ou verificação de parâmetros de qualidade e quantidade de água, que pode ser contínua ou periódica, utilizada para acompanhamento da condição e controle da qualidade do corpo de água;

XXVI - padrão: valor limite adotado como requisito normativo de um parâmetro de qualidade de água ou efluente;

XXVII - parâmetro de qualidade da água: substâncias ou outros indicadores representativos da qualidade da água;

XXVIII - pesca amadora: exploração de recursos pesqueiros com fins de lazer ou desporto;

XXIX - programa para efetivação do enquadramento: conjunto de medidas ou ações progressivas e obrigatórias, necessárias ao atendimento das metas intermediárias e final de qualidade de água estabelecidas para o enquadramento do corpo hídrico;

XXX - recreação de contato primário: contato direto e prolongado com a água (tais como natação, mergulho, esqui-aquático) na qual a possibilidade do banhista ingerir água é elevada;

XXXI - recreação de contato secundário: refere-se àquela associada a atividades em que o contato com a água é esporádico ou acidental e a possibilidade de ingerir água é pequena, como na pesca e na navegação (tais como iatismo);

XXXII - tratamento avançado: técnicas de remoção e/ou inativação de constituintes refratários aos processos convencionais de tratamento, os quais podem conferir à água características, tais como: cor, odor, sabor, atividade tóxica ou patogênica;

XXXIII - tratamento convencional: clarificação com utilização de coagulação e floculação, seguida de desinfecção e correção de pH;

XXXIV - tratamento simplificado: clarificação por meio de filtração e desinfecção e correção de pH quando necessário;

XXXV - tributário (ou curso de água afluyente): corpo de água que flui para um rio maior ou para um lago ou reservatório;

XXXVI - vazão de referência: vazão do corpo hídrico utilizada como base para o processo de gestão, tendo em vista o uso múltiplo das águas e a necessária articulação das instâncias do Sistema Nacional de Meio Ambiente-SISNAMA e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos-SINGRH;

XXXVII - virtualmente ausentes: que não é perceptível pela visão, olfato ou paladar; e

~~XXXVIII - zona de mistura: região do corpo receptor onde ocorre a diluição inicial de um efluente. (Revogado pela Resolução 430/2011)~~

CAPÍTULO II

DA CLASSIFICAÇÃO DOS CORPOS DE ÁGUA

Art.3º As águas doces, salobras e salinas do Território Nacional são classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade.

Parágrafo único. As águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigente, desde que este não prejudique a qualidade da água, atendidos outros requisitos pertinentes.

Seção I

Das Águas Doces

Art. 4º As águas doces são classificadas em:

I - classe especial: águas destinadas:

a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;

- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e,
- c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e
- e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- e) à aqüicultura e à atividade de pesca.

IV - classe 3: águas que 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
- e) à dessedentação de animais.

V - classe 4: águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação; e
- b) à harmonia paisagística.

Seção II

Das Águas Salinas

Art. 5º As águas salinas são assim classificadas:

I - classe especial: águas destinadas:

- a) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral; e
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- b) à proteção das comunidades aquáticas; e
- c) à aqüicultura e à atividade de pesca.

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) à pesca amadora; e
- b) à recreação de contato secundário.

IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação; e
- b) à harmonia paisagística.

Seção II

Das Águas Salobras

Art. 6º As águas salobras são assim classificadas:

I - classe especial: águas destinadas:

- a) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral; e,
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à aquicultura e à atividade de pesca;
- d) ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; e
- e) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) à pesca amadora; e
- b) à recreação de contato secundário.

IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação; e
- b) à harmonia paisagística.

CAPÍTULO III

DAS CONDIÇÕES E PADRÕES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS

Seção I

Das Disposições Gerais

Art. 7º Os padrões de qualidade das águas determinados nesta Resolução estabelecem limites individuais para cada substância em cada classe.

Parágrafo único. Eventuais interações entre substâncias, especificadas ou não nesta Resolução, não poderão conferir às águas características capazes de causar efeitos letais ou alteração de comportamento, reprodução ou fisiologia da vida, bem como de restringir os usos preponderantes previstos, ressalvado o disposto no § 3º do art. 34, desta Resolução.

Art. 8º O conjunto de parâmetros de qualidade de água selecionado para subsidiar a proposta de enquadramento deverá ser monitorado periodicamente pelo Poder Público.

§ 1º Também deverão ser monitorados os parâmetros para os quais haja suspeita da sua presença ou não conformidade.

§ 2º Os resultados do monitoramento deverão ser analisados estatisticamente e as incertezas de medição consideradas.

§ 3º A qualidade dos ambientes aquáticos poderá ser avaliada por indicadores biológicos, quando apropriado, utilizando-se organismos e/ou comunidades aquáticas.

§ 4º As possíveis interações entre as substâncias e a presença de contaminantes não listados nesta Resolução, passíveis de causar danos aos seres vivos, deverão ser investigadas utilizando-se ensaios ecotoxicológicos, toxicológicos, ou outros métodos cientificamente reconhecidos.

§ 5º Na hipótese dos estudos referidos no parágrafo anterior tornarem-se necessários em decorrência da atuação de empreendedores identificados, as despesas da investigação correrão as suas expensas.

§ 6º Para corpos de água salobras continentais, onde a salinidade não se dê por influência direta marinha, os valores dos grupos químicos de nitrogênio e fósforo serão os estabelecidos nas classes correspondentes de água doce.

Art. 9º A análise e avaliação dos valores dos parâmetros de qualidade de água de que trata esta Resolução serão realizadas pelo Poder Público, podendo ser utilizado laboratório próprio, conveniado ou contratado, que deverá adotar os procedimentos de controle de qualidade analítica necessários ao atendimento das condições exigíveis.

§ 1º Os laboratórios dos órgãos competentes deverão estruturar-se para atenderem ao disposto nesta Resolução.

§ 2º Nos casos onde a metodologia analítica disponível for insuficiente para quantificar as concentrações dessas substâncias nas águas, os sedimentos e/ou biota aquática poderão ser investigados quanto à presença eventual dessas substâncias.

Art. 10. Os valores máximos estabelecidos para os parâmetros relacionados em cada uma das classes de enquadramento deverão ser obedecidos nas condições de vazão de referência.

§ 1º Os limites de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), estabelecidos para as águas doces de classes 2 e 3, poderão ser elevados, caso o estudo da capacidade de autodepuração do corpo receptor demonstre que as concentrações mínimas de oxigênio dissolvido (OD) previstas não serão desobedecidas, nas condições de vazão de referência, com exceção da zona de mistura.

§ 2º Os valores máximos admissíveis dos parâmetros relativos às formas químicas de nitrogênio e fósforo, nas condições de vazão de referência, poderão ser alterados em decorrência de condições naturais, ou quando estudos ambientais específicos, que considerem também a poluição difusa, comprovem que esses novos limites não acarretarão prejuízos para os usos previstos no enquadramento do corpo de água.

§ 3º Para águas doces de classes 1 e 2, quando o nitrogênio for fator limitante para eutrofização, nas condições estabelecidas pelo órgão ambiental competente, o valor de nitrogênio total (após oxidação) não deverá ultrapassar 1,27 mg/L para ambientes lênticos e 2,18 mg/L para ambientes lóticos, na vazão de referência.

§ 4º O disposto nos §§ 2º e 3º não se aplica às baías de águas salinas ou salobras, ou outros corpos de água em que não seja aplicável a vazão de referência, para os quais deverão ser elaborados estudos específicos sobre a dispersão e assimilação de poluentes no meio hídrico.

Art. 11. O Poder Público poderá, a qualquer momento, acrescentar outras condições e padrões de qualidade, para um determinado corpo de água, ou torná-los mais restritivos, tendo em vista as condições locais, mediante fundamentação técnica.

Art. 12. O Poder Público poderá estabelecer restrições e medidas adicionais, de caráter excepcional e temporário, quando a vazão do corpo de água estiver abaixo da vazão de referência.

Art. 13. Nas águas de classe especial deverão ser mantidas as condições naturais do corpo de água.

Seção II

Das Águas Doces

Art. 14. As águas doces de classe 1 observarão as seguintes condições e padrões:

I - condições de qualidade de água:

- a) não verificação de efeito tóxico crônico a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido.
- b) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;
- c) óleos e graxas: virtualmente ausentes;
- d) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;

- e) corantes provenientes de fontes antrópicas: virtualmente ausentes;
- f) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;
- g) coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato primário deverão ser obedecidos os padrões de qualidade de balneabilidade, previstos na Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;
- h) DBO 5 dias a 20°C até 3 mg/L O₂;
- i) OD, em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/L O₂;
- j) turbidez até 40 unidades nefelométrica de turbidez (UNT);
- l) cor verdadeira: nível de cor natural do corpo de água em mg Pt/L; e
- m) pH: 6,0 a 9,0.

II - Padrões de qualidade de água:

TABELA I - CLASSE 1 - ÁGUAS DOCES	
PADRÕES	
PARÂMETROS	VALOR MÁXIMO
Clorofila <i>a</i>	10 µg/L
Densidade de cianobactérias	20.000 cel/mL ou 2 mm ³ /L
Sólidos dissolvidos totais	500 mg/L
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Alumínio dissolvido	0,1 mg/L Al
Antimônio	0,005mg/L Sb
Arsênio total	0,01 mg/L As
Bário total	0,7 mg/L Ba
Berílio total	0,04 mg/L Be
Boro total	0,5 mg/L B
Cádmio total	0,001 mg/L Cd
Chumbo total	0,01mg/L Pb
Cianeto livre	0,005 mg/L CN
Cloreto total	250 mg/L Cl
Cloro residual total (combinado + livre)	0,01 mg/L Cl
Cobalto total	0,05 mg/L Co
Cobre dissolvido	0,009 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Ferro dissolvido	0,3 mg/L Fe
Fluoreto total	1,4 mg/L F
Fósforo total (ambiente lêntico)	0,020 mg/L P
Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico)	0,025 mg/L P

Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)	0,1 mg/L P
Lítio total	2,5 mg/L Li
Manganês total	0,1 mg/L Mn
Mercúrio total	0,0002 mg/L Hg
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Nitrato	10,0 mg/L N
Nitrito	1,0 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5 mg/L N, para pH > 8,5
Prata total	0,01 mg/L Ag
Selênio total	0,01 mg/L Se
Sulfato total	250 mg/L SO ₄
Sulfeto (H ₂ S não dissociado)	0,002 mg/L S
Urânio total	0,02 mg/L U
Vanádio total	0,1 mg/L V
Zinco total	0,18 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Acrilamida	0,5 µg/L
Alacloro	20 µg/L
Aldrin + Dieldrin	0,005 µg/L
Atrazina	2 µg/L
Benzeno	0,005 mg/L
Benzidina	0,001 µg/L
Benzo(a)antraceno	0,05 µg/L
Benzo(a)pireno	0,05 µg/L
Benzo(b)fluoranteno	0,05 µg/L
Benzo(k)fluoranteno	0,05 µg/L
Carbaril	0,02 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,04 µg/L
2-Clorofenol	0,1 µg/L
Criseno	0,05 µg/L
2,4-D	4,0 µg/L
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	0,1 µg/L
Dibenzo(a,h)antraceno	0,05 µg/L
1,2-Dicloroetano	0,01 mg/L
1,1-Dicloroetano	0,003 mg/L

2,4-Diclorofenol	0,3 µg/L
Diclorometano	0,02 mg/L
DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)	0,002 µg/L
Dodecacloro pentaciclodecano	0,001 µg/L
Endossulfan (□ + □ + sulfato)	0,056 µg/L
Endrin	0,004 µg/L
Estireno	0,02 mg/L
Etilbenzeno	90,0 µg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,003 mg/L C ₆ H ₅ OH
Glifosato	65 µg/L
Gution	0,005 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,01 µg/L
Hexaclorobenzeno	0,0065 µg/L
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,05 µg/L
Lindano (□-HCH)	0,02 µg/L
Malation	0,1 µg/L
Metolacloro	10 µg/L
Metoxicloro	0,03 µg/L
Paration	0,04 µg/L
PCBs - Bifenilas policloradas	0,001 µg/L
Pentaclorofenol	0,009 mg/L
Simazina	2,0 µg/L
Substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno	0,5 mg/L LAS
2,4,5-T	2,0 µg/L
Tetracloroeto de carbono	0,002 mg/L
Tetracloroeteno	0,01 mg/L
Tolueno	2,0 µg/L
Toxafeno	0,01 µg/L
2,4,5-TP	10,0 µg/L
Tributilestanho	0,063 µg/L TBT
Triclorobenzeno (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB)	0,02 mg/L
Tricloroeteno	0,03 mg/L
2,4,6-Triclorofenol	0,01 mg/L
Trifluralina	0,2 µg/L
Xileno	300 µg/L

III - Nas águas doces onde ocorrer pesca ou cultivo de organismos, para fins de consumo intensivo, além dos padrões estabelecidos no inciso II deste artigo, aplicam-se os seguintes padrões em substituição ou adicionalmente:

TABELA II - CLASSE 1 - ÁGUAS DOCES	
PADRÕES PARA CORPOS DE ÁGUA ONDE HAJA PESCA OU CULTIVO DE ORGANISMOS PARA FINS DE CONSUMO INTENSIVO	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Arsênio total	0,14 µg/L As
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Benzidina	0,0002 µg/L
Benzo(a)antraceno	0,018 µg/L
Benzo(a)pireno	0,018 µg/L
Benzo(b)fluoranteno	0,018 µg/L
Benzo(k)fluoranteno	0,018 µg/L
Criseno	0,018 µg/L
Dibenzo(a,h)antraceno	0,018 µg/L
3,3-Diclorobenzidina	0,028 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,000039 µg/L
Hexaclorobenzeno	0,00029 µg/L
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,018 µg/L
PCBs - Bifenilas policloradas	0,000064 µg/L
Pentaclorofenol	3,0 µg/L
Tetracloroeto de carbono	1,6 µg/L
Tetracloroeteno	3,3 µg/L
Toxafeno	0,00028 µg/L
2,4,6-triclorofenol	2,4 µg/L

Art 15. Aplicam-se às águas doces de classe 2 as condições e padrões da classe 1 previstos no artigo anterior, à exceção do seguinte:

I - não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;

II - coliformes termotolerantes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

III - cor verdadeira: até 75 mg Pt/L;

IV - turbidez: até 100 UNT;

V - DBO 5 dias a 20°C até 5 mg/L O₂;

VI - OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L O₂;

VII - clorofila *a*: até 30 µg/L;

VIII - densidade de cianobactérias: até 50000 cel/mL ou 5 mm³/L; e,

IX - fósforo total:

a) até 0,030 mg/L, em ambientes lênticos; e,

b) até 0,050 mg/L, em ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico.

Art. 16. As águas doces de classe 3 observarão as seguintes condições e padrões:

I - condições de qualidade de água:

a) não verificação de efeito tóxico agudo a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;

b) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;

c) óleos e graxas: virtualmente ausentes;

d) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;

e) não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;

f) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;

g) coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato secundário não deverá ser excedido um limite de 2500 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para dessedentação de animais criados confinados não deverá ser excedido o limite de 1000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 4000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com periodicidade bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

h) cianobactérias para dessedentação de animais: os valores de densidade de cianobactérias não deverão exceder 50.000 cel/ml, ou 5mm³/L;

i) DBO 5 dias a 20°C até 10 mg/L O₂;

j) OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/L O₂;

l) turbidez até 100 UNT;

m) cor verdadeira: até 75 mg Pt/L; e,

n) pH: 6,0 a 9,0.

II - Padrões de qualidade de água:

TABELA III - CLASSE 3 - ÁGUAS DOCES	
PADRÕES	
PARÂMETROS	VALOR MÁXIMO
Clorofila <i>a</i>	60 µg/L
Densidade de cianobactérias	100.000 cel/mL ou 10 mm ³ /L
Sólidos dissolvidos totais	500 mg/L
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Alumínio dissolvido	0,2 mg/L Al
Arsênio total	0,033 mg/L As
Bário total	1,0 mg/L Ba
Berílio total	0,1 mg/L Be

Boro total	0,75 mg/L B
Cádmio total	0,01 mg/L Cd
Chumbo total	0,033 mg/L Pb
Cianeto livre	0,022 mg/L CN
Cloreto total	250 mg/L Cl
Cobalto total	0,2 mg/L Co
Cobre dissolvido	0,013 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Ferro dissolvido	5,0 mg/L Fe
Fluoreto total	1,4 mg/L F
Fósforo total (ambiente lântico)	0,05 mg/L P
Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico)	0,075 mg/L P
Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)	0,15 mg/L P
Lítio total	2,5 mg/L Li
Manganês total	0,5 mg/L Mn
Mercúrio total	0,002 mg/L Hg
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Nitrato	10,0 mg/L N
Nitrito	1,0 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	13,3 mg/L N, para $\text{pH} \leq 7,5$ 5,6 mg/L N, para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$ 2,2 mg/L N, para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$ 1,0 mg/L N, para $\text{pH} > 8,5$
Prata total	0,05 mg/L Ag
Selênio total	0,05 mg/L Se
Sulfato total	250 mg/L SO_4
Sulfeto (como H_2S não dissociado)	0,3 mg/L S
Urânio total	0,02 mg/L U
Vanádio total	0,1 mg/L V
Zinco total	5 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Aldrin + Dieldrin	0,03 $\mu\text{g/L}$
Atrazina	2 $\mu\text{g/L}$
Benzeno	0,005 mg/L
Benzo(a)pireno	0,7 $\mu\text{g/L}$

Carbaril	70,0 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,3 µg/L
2,4-D	30,0 µg/L
DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)	1,0 µg/L
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	14,0 µg/L
1,2-Dicloroetano	0,01 mg/L
1,1-Dicloroetano	30 µg/L
Dodecacloro Pentaciclodecano	0,001 µg/L
Endossulfan (□ + □ + sulfato)	0,22 µg/L
Endrin	0,2 µg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,01 mg/L C ₆ H ₅ OH
Glifosato	280 µg/L
Gution	0,005 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,03 µg/L
Lindano (□-HCH)	2,0 µg/L
Malation	100,0 µg/L
Metoxicloro	20,0 µg/L
Paration	35,0 µg/L
PCBs - Bifenilas policloradas	0,001 µg/L
Pentaclorofenol	0,009 mg/L
Substâncias tenso-ativas que reagem com o azul de metileno	0,5 mg/L LAS
2,4,5-T	2,0 µg/L
Tetracloroeto de carbono	0,003 mg/L
Tetracloroetano	0,01 mg/L
Toxafeno	0,21 µg/L
2,4,5-TP	10,0 µg/L
Tributilestanho	2,0 µg/L TBT
Tricloroetano	0,03 mg/L
2,4,6-Triclorofenol	0,01 mg/L

Art. 17. As águas doces de classe 4 observarão as seguintes condições e padrões:

I - materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;

II - odor e aspecto: não objetáveis;

III - óleos e graxas: toleram-se iridescências;

IV - substâncias facilmente sedimentáveis que contribuam para o assoreamento de canais de navegação: virtualmente ausentes;

V - fenóis totais (substâncias que reagem com 4 - aminoantipirina) até 1,0 mg/L de C₆H₅OH;

VI - OD, superior a 2,0 mg/L O₂ em qualquer amostra; e,

VII - pH: 6,0 a 9,0.

Seção III Das Águas Salinas

Art. 18. As águas salinas de classe 1 observarão as seguintes condições e padrões:

I - condições de qualidade de água:

- a) não verificação de efeito tóxico crônico a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;
- b) materiais flutuantes virtualmente ausentes;
- c) óleos e graxas: virtualmente ausentes;
- d) substâncias que produzem odor e turbidez: virtualmente ausentes;
- e) corantes provenientes de fontes antrópicas: virtualmente ausentes;
- f) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;
- g) coliformes termolerantes: para o uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para o cultivo de moluscos bivalves destinados à alimentação humana, a média geométrica da densidade de coliformes termotolerantes, de um mínimo de 15 amostras coletadas no mesmo local, não deverá exceder 43 por 100 mililitros, e o percentil 90% não deverá ultrapassar 88 coliformes termolerantes por 100 mililitros. Esses índices deverão ser mantidos em monitoramento anual com um mínimo de 5 amostras. Para os demais usos não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com periodicidade bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;
- h) carbono orgânico total até 3 mg/L, como C;
- i) OD, em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/L O₂; e
- j) pH: 6,5 a 8,5, não devendo haver uma mudança do pH natural maior do que 0,2 unidade.

II - Padrões de qualidade de água:

TABELA IV - CLASSE 1 - ÁGUAS SALINAS	
PADRÕES	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Alumínio dissolvido	1,5 mg/L Al
Arsênio total	0,01 mg/L As
Bário total	1,0 mg/L Ba
Berílio total	5,3 µg/L Be
Boro total	5,0 mg/L B
Cádmio total	0,005 mg/L Cd
Chumbo total	0,01 mg/L Pb
Cianeto livre	0,001 mg/L CN
Cloro residual total (combinado + livre)	0,01 mg/L Cl
Cobre dissolvido	0,005 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Ferro dissolvido	0,3 mg/L Fe

Fluoreto total	1,4 mg/L F
Fósforo Total	0,062 mg/L P
Manganês total	0,1 mg/L Mn
Mercúrio total	0,0002 mg/L Hg
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Nitrato	0,40 mg/L N
Nitrito	0,07 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	0,40 mg/L N
Polifosfatos (determinado pela diferença entre fósforo ácido hidrolisável total e fósforo reativo total)	0,031 mg/L P
Prata total	0,005 mg/L Ag
Selênio total	0,01 mg/L Se
Sulfetos (H ₂ S não dissociado)	0,002 mg/L S
Tálio total	0,1 mg/L Tl
Urânio Total	0,5 mg/L U
Zinco total	0,09 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Aldrin + Dieldrin	0,0019 µg/L
Benzeno	700 µg/L
Carbaril	0,32 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,004 µg/L
2,4-D	30,0 µg/L
DDT (p,p'-DDT+ p,p'-DDE + p,p'-DDD)	0,001 µg/L
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	0,1 µg/L
Dodecacloro pentaciclodecano	0,001 µg/L
Endossulfan (□ + □ + sulfato)	0,01 µg/L
Endrin	0,004 µg/L
Etilbenzeno	25 µg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	60 µg/L C ₆ H ₅ OH
Gution	0,01 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,001 µg/L
Lindano (□-HCH)	0,004 µg/L
Malation	0,1 µg/L
Metoxicloro	0,03 µg/L
Monoclorobenzeno	25 µg/L
Pentaclorofenol	7,9 µg/L
PCBs - Bifenilas Policloradas	0,03 µg/L
Substâncias tensoativas que reagem com o azul de	0,2 mg/L LAS

metileno	
2,4,5-T	10,0 µg/L
Tolueno	215 µg/L
Toxafeno	0,0002 µg/L
2,4,5-TP	10,0 µg/L
Tributilestanho	0,01 µg/L TBT
Triclorobenzeno (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB)	80 µg/L
Tricloroetano	30,0 µg/L

III - Nas águas salinas onde ocorrer pesca ou cultivo de organismos, para fins de consumo intensivo, além dos padrões estabelecidos no inciso II deste artigo, aplicam-se os seguintes padrões em substituição ou adicionalmente:

TABELA V - CLASSE 1 - ÁGUAS SALINAS	
PADRÕES PARA CORPOS DE ÁGUA ONDE HAJA PESCA OU CULTIVO DE ORGANISMOS PARA FINS DE CONSUMO INTENSIVO	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Arsênio total	0,14 µg/L As
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Benzeno	51 µg/L
Benzidina	0,0002 µg/L
Benzo(a)antraceno	0,018 µg/L
Benzo(a)pireno	0,018 µg/L
Benzo(b)fluoranteno	0,018 µg/L
Benzo(k)fluoranteno	0,018 µg/L
2-Clorofenol	150 µg/L
2,4-Diclorofenol	290 µg/L
Criseno	0,018 µg/L
Dibenzo(a,h)antraceno	0,018 µg/L
1,2-Dicloroetano	37 µg/L
1,1-Dicloroetano	3 µg/L
3,3-Diclorobenzidina	0,028 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,000039 µg/L
Hexaclorobenzeno	0,00029 µg/L
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,018 µg/L
PCBs - Bifenilas Policloradas	0,000064 µg/L
Pentaclorofenol	3,0 µg/L
Tetracloroetano	3,3 µg/L
2,4,6-Triclorofenol	2,4 µg/L

Art 19. Aplicam-se às águas salinas de classe 2 as condições e padrões de qualidade da classe 1, previstos no artigo anterior, à exceção dos seguintes:

I - condições de qualidade de água:

a) não verificação de efeito tóxico agudo a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;

b) coliformes termotolerantes: não deverá ser excedido um limite de 2500 por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

c) carbono orgânico total: até 5,00 mg/L, como C; e

d) OD, em qualquer amostra, não inferior a 5,0 mg/L O₂.

II - Padrões de qualidade de água:

TABELA VI - CLASSE 2 - ÁGUAS SALINAS	
PADRÕES	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Arsênio total	0,069 mg/L As
Cádmio total	0,04 mg/L Cd
Chumbo total	0,21 mg/L Pb
Cianeto livre	0,001 mg/L CN
Cloro residual total (combinado + livre)	19 µg/L Cl
Cobre dissolvido	7,8 µg/L Cu
Cromo total	1,1 mg/L Cr
Fósforo total	0,093 mg/L P
Mercúrio total	1,8 µg/L Hg
Níquel	74 µg/L Ni
Nitrato	0,70 mg/L N
Nitrito	0,20 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	0,70 mg/L N
Polifosfatos (determinado pela diferença entre fósforo ácido hidrolisável total e fósforo reativo total)	0,0465 mg/L P
Selênio total	0,29 mg/L Se
Zinco total	0,12 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Aldrin + Dieldrin	0,03 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,09 µg/L
DDT (p-p' DDT + p-p' DDE + p-p' DDD)	0,13 µg/L
Endrin	0,037 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,053 µg/L
Lindano (γ-HCH)	0,16 µg/L
Pentaclorofenol	13,0 µg/L
Toxafeno	0,210 µg/L

Tributilestanho	0,37 µg/L TBT
-----------------	---------------

Art. 20. As águas salinas de classe 3 observarão as seguintes condições e padrões:

- I - materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;
- II - óleos e graxas: toleram-se iridescências;
- III - substâncias que produzem odor e turbidez: virtualmente ausentes;
- IV - corantes provenientes de fontes antrópicas: virtualmente ausentes;
- V - resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;
- VI - coliformes termotolerantes: não deverá ser excedido um limite de 4.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;
- VII - carbono orgânico total: até 10 mg/L, como C;
- VIII - OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/ L O₂; e
- IX - pH: 6,5 a 8,5 não devendo haver uma mudança do pH natural maior do que 0,2 unidades.

Seção IV **Das Águas Salobras**

Art. 21. As águas salobras de classe 1 observarão as seguintes condições e padrões:

I - condições de qualidade de água:

- a) não verificação de efeito tóxico crônico a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;
- b) carbono orgânico total: até 3 mg/L, como C;
- c) OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/ L O₂;
- d) pH: 6,5 a 8,5;
- e) óleos e graxas: virtualmente ausentes;
- f) materiais flutuantes: virtualmente ausentes;
- g) substâncias que produzem cor, odor e turbidez: virtualmente ausentes;
- h) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes; e
- i) coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para o cultivo de moluscos bivalves destinados à alimentação humana, a média geométrica da densidade de coliformes termotolerantes, de um mínimo de 15 amostras coletadas no mesmo local, não deverá exceder 43 por 100 mililitros, e o percentil 90% não deverá ultrapassar 88 coliformes termotolerantes por 100 mililitros. Esses índices deverão ser mantidos em monitoramento anual com um mínimo de 5 amostras. Para a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, bem como para a irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto, não deverá ser excedido o valor de 200 coliformes termotolerantes por 100mL. Para os demais usos não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

II - Padrões de qualidade de água:

TABELA VII - CLASSE 1 - ÁGUAS SALOBRAS

PADRÕES	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Alumínio dissolvido	0,1 mg/L Al
Arsênio total	0,01 mg/L As
Berílio total	5,3 µg/L Be
Boro	0,5 mg/L B
Cádmio total	0,005 mg/L Cd
Chumbo total	0,01 mg/L Pb
Cianeto livre	0,001 mg/L CN
Cloro residual total (combinado + livre)	0,01 mg/L Cl
Cobre dissolvido	0,005 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Ferro dissolvido	0,3 mg/L Fe
Fluoreto total	1,4 mg/L F
Fósforo total	0,124 mg/L P
Manganês total	0,1 mg/L Mn
Mercúrio total	0,0002 mg/L Hg
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Nitrato	0,40 mg/L N
Nitrito	0,07 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	0,40 mg/L N
Polifosfatos (determinado pela diferença entre fósforo ácido hidrolisável total e fósforo reativo total)	0,062 mg/L P
Prata total	0,005 mg/L Ag
Selênio total	0,01 mg/L Se
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	0,002 mg/L S
Zinco total	0,09 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Aldrin + dieldrin	0,0019 µg/L
Benzeno	700 µg/L
Carbaril	0,32 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,004 µg/L
2,4-D	10,0 µg/L
DDT (p,p'DDT+ p,p'DDE + p,p'DDD)	0,001 µg/L
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	0,1 µg/L
Dodecacloro pentaciclodecano	0,001 µg/L
Endrin	0,004 µg/L
Endossulfan (□ + □ + sulfato)	0,01 µg/L
Etilbenzeno	25,0 µg/L

Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,003 mg/L C ₆ H ₅ OH
Gution	0,01 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,001 µg/L
Lindano (□-HCH)	0,004 µg/L
Malation	0,1 µg/L
Metoxicloro	0,03 µg/L
Monoclorobenzeno	25 µg/L
Paration	0,04 µg/L
Pentaclorofenol	7,9 µg/L
PCBs - Bifenilas Policloradas	0,03 µg/L
Substâncias tensoativas que reagem com azul de metileno	0,2 LAS
2,4,5-T	10,0 µg/L
Tolueno	215 µg/L
Toxafeno	0,0002 µg/L
2,4,5-TP	10,0 µg/L
Tributilestanho	0,010 µg/L TBT
Triclorobenzeno (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB)	80,0 µg/L

III - Nas águas salobras onde ocorrer pesca ou cultivo de organismos, para fins de consumo intensivo, além dos padrões estabelecidos no inciso II deste artigo, aplicam-se os seguintes padrões em substituição ou adicionalmente:

TABELA VIII - CLASSE 1 - ÁGUAS SALOBRAS	
PADRÕES PARA CORPOS DE ÁGUA ONDE HAJA PESCA OU CULTIVO DE ORGANISMOS PARA FINS DE CONSUMO INTENSIVO	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Arsênio total	0,14 µg/L As
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Benzeno	51 µg/L
Benzidina	0,0002 µg/L
Benzo(a)antraceno	0,018 µg/L
Benzo(a)pireno	0,018 µg/L
Benzo(b)fluoranteno	0,018 µg/L
Benzo(k)fluoranteno	0,018 µg/L
2-Clorofenol	150 µg/L
Criseno	0,018 µg/L
Dibenzo(a,h)antraceno	0,018 µg/L
2,4-Diclorofenol	290 µg/L
1,1-Dicloroetano	3,0 µg/L

1,2-Dicloroetano	37,0 µg/L
3,3-Diclorobenzidina	0,028 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,000039 µg/L
Hexaclorobenzeno	0,00029 µg/L
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,018 µg/L
Pentaclorofenol	3,0 µg/L
PCBs - Bifenilas Policloradas	0,000064 µg/L
Tetracloroetano	3,3 µg/L
Tricloroetano	30 µg/L
2,4,6-Triclorofenol	2,4 µg/L

Art. 22. Aplicam-se às águas salobras de classe 2 as condições e padrões de qualidade da classe 1, previstos no artigo anterior, à exceção dos seguintes:

I - condições de qualidade de água:

a) não verificação de efeito tóxico agudo a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;

b) carbono orgânico total: até 5,00 mg/L, como C;

c) OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/L O₂; e

d) coliformes termotolerantes: não deverá ser excedido um limite de 2500 por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

II - Padrões de qualidade de água:

TABELA IX - CLASSE 2 - ÁGUAS SALOBRAS	
PADRÕES	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Arsênio total	0,069 mg/L As
Cádmio total	0,04 mg/L Cd
Chumbo total	0,210 mg/L Pb
Cromo total	1,1 mg/L Cr
Cianeto livre	0,001 mg/L CN
Cloro residual total (combinado + livre)	19,0 µg/L Cl
Cobre dissolvido	7,8 µg/L Cu
Fósforo total	0,186 mg/L P
Mercúrio total	1,8 µg/L Hg
Níquel total	74,0 µg/L Ni
Nitrato	0,70 mg/L N
Nitrito	0,20 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	0,70 mg/L N

Polifosfatos (determinado pela diferença entre fósforo ácido hidrolisável total e fósforo reativo total)	0,093 mg/L P
Selênio total	0,29 mg/L Se
Zinco total	0,12 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Aldrin + Dieldrin	0,03 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,09 µg/L
DDT (p-p'DDT + p-p'DDE + p-p'DDD)	0,13 µg/L
Endrin	0,037 µg/L
Heptacloro epóxido+ Heptacloro	0,053 µg/L
Lindano (α-HCH)	0,160 µg/L
Pentaclorofenol	13,0 µg/L
Toxafeno	0,210 µg/L
Tributilestanho	0,37 µg/L TBT

Art. 23. As águas salobras de classe 3 observarão as seguintes condições e padrões:

I - pH: 5 a 9;

II - OD, em qualquer amostra, não inferior a 3 mg/L O₂;

III - óleos e graxas: toleram-se iridescências;

IV - materiais flutuantes: virtualmente ausentes;

V - substâncias que produzem cor, odor e turbidez: virtualmente ausentes;

VI - substâncias facilmente sedimentáveis que contribuam para o assoreamento de canais de navegação: virtualmente ausentes;

VII - coliformes termotolerantes: não deverá ser excedido um limite de 4.000 coliformes termotolerantes por 100 mL em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente; e

VIII - carbono orgânico total até 10,0 mg/L, como C.

CAPÍTULO IV

DAS CONDIÇÕES E PADRÕES DE LANÇAMENTO DE EFLUENTES

~~Art. 24. Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis.~~

~~Parágrafo único. O órgão ambiental competente poderá, a qualquer momento:~~

~~I – acrescentar outras condições e padrões, ou torná-los mais restritivos, tendo em vista as condições locais, mediante fundamentação técnica; e~~

~~II – exigir a melhor tecnologia disponível para o tratamento dos efluentes, compatível com as condições do respectivo curso de água superficial, mediante fundamentação técnica.~~

~~(Revogado pela Resolução 430/2011)~~

~~Art. 25. É vedado o lançamento e a autorização de lançamento de efluentes em desacordo com as condições e padrões estabelecidos nesta Resolução.~~

~~Parágrafo único. O órgão ambiental competente poderá, excepcionalmente, autorizar o lançamento de efluente acima das condições e padrões estabelecidos no art. 34, desta Resolução, desde que observados os seguintes requisitos:~~

~~I - comprovação de relevante interesse público, devidamente motivado;~~

~~II - atendimento ao enquadramento e às metas intermediárias e finais, progressivas e obrigatórias;~~

~~III - realização de Estudo de Impacto Ambiental-EIA, às expensas do empreendedor responsável pelo lançamento;~~

~~IV - estabelecimento de tratamento e exigências para este lançamento; e~~

~~V - fixação de prazo máximo para o lançamento excepcional.~~

~~(Revogado pela Resolução 430/2011)~~

~~Art. 26. Os órgãos ambientais federal, estaduais e municipais, no âmbito de sua competência, deverão, por meio de norma específica ou no licenciamento da atividade ou empreendimento, estabelecer a carga poluidora máxima para o lançamento de substâncias passíveis de estarem presentes ou serem formadas nos processos produtivos, listadas ou não no art. 34, desta Resolução, de modo a não comprometer as metas progressivas obrigatórias, intermediárias e final, estabelecidas pelo enquadramento para o corpo de água.~~

~~§ 1º No caso de empreendimento de significativo impacto, o órgão ambiental competente exigirá, nos processos de licenciamento ou de sua renovação, a apresentação de estudo de capacidade de suporte de carga do corpo de água receptor.~~

~~§ 2º O estudo de capacidade de suporte deve considerar, no mínimo, a diferença entre os padrões estabelecidos pela classe e as concentrações existentes no trecho desde a montante, estimando a concentração após a zona de mistura.~~

~~§ 3º Sob pena de nulidade da licença expedida, o empreendedor, no processo de licenciamento, informará ao órgão ambiental as substâncias, entre aquelas previstas nesta Resolução para padrões de qualidade de água, que poderão estar contidas no seu efluente.~~

~~§ 4º O disposto no § 1º aplica-se também às substâncias não contempladas nesta Resolução, exceto se o empreendedor não tinha condições de saber de sua existência nos seus efluentes.~~

~~(Revogado pela Resolução 430/2011)~~

~~Art. 27. É vedado, nos efluentes, o lançamento dos Poluentes Orgânicos Persistentes-POPs mencionados na Convenção de Estocolmo, ratificada pelo Decreto Legislativo nº 204, de 7 de maio de 2004.~~

~~Parágrafo único. Nos processos onde possa ocorrer a formação de dioxinas e furanos deverá ser utilizada a melhor tecnologia disponível para a sua redução, até a completa eliminação.~~

~~(Revogado pela Resolução 430/2011)~~

~~Art. 28. Os efluentes não poderão conferir ao corpo de água características em desacordo com as metas obrigatórias progressivas, intermediárias e final, do seu enquadramento.~~

~~§ 1º As metas obrigatórias serão estabelecidas mediante parâmetros.~~

~~§ 2º Para os parâmetros não incluídos nas metas obrigatórias, os padrões de qualidade a serem obedecidos são os que constam na classe na qual o corpo receptor estiver enquadrado.~~

~~§ 3º Na ausência de metas intermediárias progressivas obrigatórias, devem ser obedecidos os padrões de qualidade da classe em que o corpo receptor estiver enquadrado.~~

~~(Revogado pela Resolução 430/2011)~~

~~Art. 29. A disposição de efluentes no solo, mesmo tratados, não poderá causar poluição ou contaminação das águas.~~

~~(Revogado pela Resolução 430/2011)~~

~~Art. 30. No controle das condições de lançamento, é vedada, para fins de diluição antes do seu lançamento, a mistura de efluentes com águas de melhor qualidade, tais como as águas de abastecimento, do mar e de sistemas abertos de refrigeração sem recirculação.~~

(Revogado pela Resolução 430/2011)

~~Art. 31. Na hipótese de fonte de poluição geradora de diferentes efluentes ou lançamentos individualizados, os limites constantes desta Resolução aplicar-se-ão a cada um deles ou ao conjunto após a mistura, a critério do órgão ambiental competente.~~

(Revogado pela Resolução 430/2011)

~~Art. 32. Nas águas de classe especial é vedado o lançamento de efluentes ou disposição de resíduos domésticos, agropecuários, de aquicultura, industriais e de quaisquer outras fontes poluentes, mesmo que tratados:~~

~~§ 1º Nas demais classes de água, o lançamento de efluentes deverá, simultaneamente:~~

~~I - atender às condições e padrões de lançamento de efluentes;~~

~~II - não ocasionar a ultrapassagem das condições e padrões de qualidade de água, estabelecidos para as respectivas classes, nas condições da vazão de referência; e~~

~~III - atender a outras exigências aplicáveis.~~

~~§ 2º No corpo de água em processo de recuperação, o lançamento de efluentes observará as metas progressivas obrigatórias, intermediárias e final.~~

(Revogado pela Resolução 430/2011)

~~Art. 33. Na zona de mistura de efluentes, o órgão ambiental competente poderá autorizar, levando em conta o tipo de substância, valores em desacordo com os estabelecidos para a respectiva classe de enquadramento, desde que não comprometam os usos previstos para o corpo de água.~~

~~Parágrafo único. A extensão e as concentrações de substâncias na zona de mistura deverão ser objeto de estudo, nos termos determinados pelo órgão ambiental competente, às expensas do empreendedor responsável pelo lançamento.~~

(Revogado pela Resolução 430/2011)

~~Art. 34. Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água desde que obedeçam as condições e padrões previstos neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis:~~

~~§ 1º O efluente não deverá causar ou possuir potencial para causar efeitos tóxicos aos organismos aquáticos no corpo receptor, de acordo com os critérios de toxicidade estabelecidos pelo órgão ambiental competente.~~

~~§ 2º Os critérios de toxicidade previstos no § 1º devem se basear em resultados de ensaios ecotoxicológicos padronizados, utilizando organismos aquáticos, e realizados no efluente.~~

~~§ 3º Nos corpos de água em que as condições e padrões de qualidade previstos nesta Resolução não incluam restrições de toxicidade a organismos aquáticos, não se aplicam os parágrafos anteriores.~~

~~§ 4º Condições de lançamento de efluentes:~~

~~I - pH entre 5 a 9;~~

~~II - temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C na zona de mistura;~~

~~III - materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;~~

~~IV - regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente;~~

~~V - óleos e graxas:~~

~~1 - óleos minerais: até 20mg/L;~~

~~2 - óleos vegetais e gorduras animais: até 50mg/L; e~~

~~VI - ausência de materiais flutuantes.~~

§ 5º Padrões de lançamento de efluentes:

TABELA X - LANÇAMENTO DE EFLUENTES	
PADROES	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Arsênio total	0,5 mg/L As
Bário total	5,0 mg/L Ba
Boro total	5,0 mg/L B
Cádmio total	0,2 mg/L Cd
Chumbo total	0,5 mg/L Pb
Cianeto total	0,2 mg/L CN
Cobre dissolvido	1,0 mg/L Cu
Cromo total	0,5 mg/L Cr
Estanho total	4,0 mg/L Sn
Ferro dissolvido	15,0 mg/L Fe
Fluoreto total	10,0 mg/L F
Manganês dissolvido	1,0 mg/L Mn
Mercúrio total	0,01 mg/L Hg
Níquel total	2,0 mg/L Ni
Nitrogênio amoniacal total	20,0 mg/L N
Prata total	0,1 mg/L Ag
Selênio total	0,30 mg/L Se
Sulfeto	1,0 mg/L S
Zinco total	5,0 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Clorofórmio	1,0 mg/L
Dicloroetano	1,0 mg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,5 mg/L C ₆ H ₅ OH
Tetracloroeto de Carbono	1,0 mg/L
Tricloroetano	1,0 mg/L

(Revogado pela Resolução 430/2011)

Art. 35. Sem prejuízo do disposto no inciso I, do § 1º do art. 24, desta Resolução, o órgão ambiental competente poderá, quando a vazão do corpo de água estiver abaixo da vazão de referência, estabelecer restrições e medidas adicionais, de caráter excepcional e temporário, aos lançamentos de efluentes que possam, dentre outras conseqüências:

- I - acarretar efeitos tóxicos agudos em organismos aquáticos; ou
- II - inviabilizar o abastecimento das populações.

(Revogado pela Resolução 430/2011)

Art. 36. Além dos requisitos previstos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis, os efluentes provenientes de serviços de saúde e estabelecimentos nos quais haja despejos infectados com

~~microorganismos patogênicos, só poderão ser lançados após tratamento especial. (Revogado pela Resolução 430/2011)~~

~~Art. 37. Para o lançamento de efluentes tratados no leito seco de corpos de água intermitentes, o órgão ambiental competente definirá, ouvido o órgão gestor de recursos hídricos, condições especiais. (Revogado pela Resolução 430/2011)~~

CAPÍTULO V

DIRETRIZES AMBIENTAIS PARA O ENQUADRAMENTO

Art. 38. O enquadramento dos corpos de água dar-se-á de acordo com as normas e procedimentos definidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos-CNRH e Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos.

§ 1º O enquadramento do corpo hídrico será definido pelos usos preponderantes mais restritivos da água, atuais ou pretendidos.

§ 2º Nas bacias hidrográficas em que a condição de qualidade dos corpos de água esteja em desacordo com os usos preponderantes pretendidos, deverão ser estabelecidas metas obrigatórias, intermediárias e final, de melhoria da qualidade da água para efetivação dos respectivos enquadramentos, excetuados nos parâmetros que excedam aos limites devido às condições naturais.

§ 3º As ações de gestão referentes ao uso dos recursos hídricos, tais como a outorga e cobrança pelo uso da água, ou referentes à gestão ambiental, como o licenciamento, termos de ajustamento de conduta e o controle da poluição, deverão basear-se nas metas progressivas intermediárias e final aprovadas pelo órgão competente para a respectiva bacia hidrográfica ou corpo hídrico específico.

§ 4º As metas progressivas obrigatórias, intermediárias e final, deverão ser atingidas em regime de vazão de referência, excetuados os casos de baías de águas salinas ou salobras, ou outros corpos hídricos onde não seja aplicável a vazão de referência, para os quais deverão ser elaborados estudos específicos sobre a dispersão e assimilação de poluentes no meio hídrico.

§ 5º Em corpos de água intermitentes ou com regime de vazão que apresente diferença sazonal significativa, as metas progressivas obrigatórias poderão variar ao longo do ano.

§ 6º Em corpos de água utilizados por populações para seu abastecimento, o enquadramento e o licenciamento ambiental de atividades a montante preservarão, obrigatoriamente, as condições de consumo.

CAPÍTULO VI

DISPOSIÇÕES FINAIS E TRANSITÓRIAS

~~Art. 39. Cabe aos órgãos ambientais competentes, quando necessário, definir os valores dos poluentes considerados virtualmente ausentes.~~

~~(Revogado pela Resolução 430/2011)~~

Art. 40. No caso de abastecimento para consumo humano, sem prejuízo do disposto nesta Resolução, deverão ser observadas, as normas específicas sobre qualidade da água e padrões de potabilidade.

Art. 41. Os métodos de coleta e de análises de águas são os especificados em normas técnicas cientificamente reconhecidas.

Art. 42. Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, as salinas e salobras classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente.

~~Art. 43. Os empreendimentos e demais atividades poluidoras que, na data da publicação desta Resolução, tiverem Licença de Instalação ou de Operação, expedida e não impugnada, poderão a critério do órgão ambiental competente, ter prazo de até três anos, contados a partir de sua vigência, para se adequarem às condições e padrões novos ou mais rigorosos previstos nesta Resolução.~~

~~§ 1º O empreendedor apresentará ao órgão ambiental competente o cronograma das medidas necessárias ao cumprimento do disposto no *caput* deste artigo.~~

~~§ 2º O prazo previsto no *caput* deste artigo poderá, excepcional e tecnicamente motivado, ser prorrogado por até dois anos, por meio de Termo de Ajustamento de Conduta, ao qual se dará publicidade, enviando-se cópia ao Ministério Público.~~

~~§ 3º As instalações de tratamento existentes deverão ser mantidas em operação com a capacidade, condições de funcionamento e demais características para as quais foram aprovadas, até que se cumpram as disposições desta Resolução.~~

~~§ 4º O descarte contínuo de água de processo ou de produção em plataformas marítimas de petróleo será objeto de resolução específica, a ser publicada no prazo máximo de um ano, a contar da data de publicação desta Resolução, ressalvado o padrão de lançamento de óleos e graxas a ser o definido nos termos do art. 34, desta Resolução, até a edição de resolução específica.~~

(Revogado pela Resolução 430/2011)

~~Art. 44. O CONAMA, no prazo máximo de um ano¹, complementarará, onde couber, condições e padrões de lançamento de efluentes previstos nesta Resolução.~~

(Revogado pela Resolução 430/2011)

Art. 45. O não cumprimento ao disposto nesta Resolução acarretará aos infratores as sanções previstas pela legislação vigente.

§ 1º Os órgãos ambientais e gestores de recursos hídricos, no âmbito de suas respectivas competências, fiscalizarão o cumprimento desta Resolução, bem como quando pertinente, a aplicação das penalidades administrativas previstas nas legislações específicas, sem prejuízo do sancionamento penal e da responsabilidade civil objetiva do poluidor.

§ 2º As exigências e deveres previstos nesta Resolução caracterizam obrigação de relevante interesse ambiental.

~~Art. 46. O responsável por fontes potencial ou efetivamente poluidoras das águas deve apresentar ao órgão ambiental competente, até o dia 31 de março de cada ano, declaração de carga poluidora, referente ao ano civil anterior, subscrita pelo administrador principal da empresa e pelo responsável técnico devidamente habilitado, acompanhada da respectiva Anotação de Responsabilidade Técnica.~~

~~§ 1º A declaração referida no *caput* deste artigo conterà, entre outros dados, a caracterização qualitativa e quantitativa de seus efluentes, baseada em amostragem representativa dos mesmos, o estado de manutenção dos equipamentos e dispositivos de controle da poluição.~~

~~§ 2º O órgão ambiental competente poderá estabelecer critérios e formas para apresentação da declaração mencionada no *caput* deste artigo, inclusive, dispensando-a se for o caso para empreendimentos de menor potencial poluidor.~~

(Revogado pela Resolução 430/2011)

Art. 47. Equiparam-se a perito, os responsáveis técnicos que elaborem estudos e pareceres apresentados aos órgãos ambientais.

Art. 48. O não cumprimento ao disposto nesta Resolução sujeitará os infratores, entre outras, às sanções previstas na Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e respectiva regulamentação.

Art. 49. Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 50. Revoga-se a Resolução CONAMA nº 020, de 18 de junho de 1986.

MARINA SILVA
Presidente do CONAMA

Este texto não substitui o publicado no DOU de 18/03/2005

¹ A Resolução CONAMA 410/09 prorroga por mais 6 meses, a contar de sua data de publicação.