



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA

**CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DE RESERVATÓRIOS DO SEMIÁRIDO EM  
FUNÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA ATRAVÉS DO USO DE COMPONENTES  
PRINCIPAIS**

ANNE KELLY FREIRE DA ROCHA

**Natal-RN**

**2014**

ANNE KELLY FREIRE DA ROCHA

**CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DE RESERVATÓRIOS DO SEMIÁRIDO EM  
FUNÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA ATRAVÉS DO USO DE COMPONENTES  
PRINCIPAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação *stricto sensu* em Engenharia Sanitária, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Sanitária.

**Orientadora:** Prof.<sup>a</sup> Dra. Adelena Gonçalves Maia

**Natal-RN**

**2014**

UFRN / Biblioteca Central Zila Mamede.

Catálogo da Publicação na Fonte.

Rocha, Anne Kelly Freire

Caracterização espacial de reservatórios do seminário em função da qualidade da água através do uso de componentes principais. / Anne Kelly Freire Rocha. – Natal, RN, 2014.

34 f.; il.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Adelena Gonçalves Maia.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária.

1. Bacia hidrográfica – Dissertação. 2. Disponibilidade hídrica – Dissertação. 3. Degradação da água – Dissertação. 4. Grupos homogêneos – Dissertação. 5. Metais pesados – Dissertação. 6. Eutrofização – Dissertação. I. Maia, Adelena Gonçalves. II. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. III. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 556.51

ANNE KELLY FREIRE DA ROCHA

**CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DE RESERVATÓRIOS DO SEMIÁRIDO EM  
FUNÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA ATRAVÉS DO USO DE COMPONENTES  
PRINCIPAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação *stricto sensu* em Engenharia Sanitária, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Sanitária.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Dr. Paulo Eduardo Vieira Cunha  
Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte - CAERN

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Vanessa Becker  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Adelena Gonçalves Maia – Orientadora  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN

---

Prof. Dr. Hélio Rodrigues dos Santos – Coorientador  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN

Natal, 11 de março de 2014

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>4</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>5</b>
<b>APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>7</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>8</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>12</b>
2. 1. Área de Estudo.....	12
2. 2. Componentes Principais.....	13
2. 3. Método de agrupamento .....	14
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>4. CONCLUSÕES .....</b>	<b>26</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>28</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>32</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Bacias Hidrográficas do estado Rio Grande do Norte (Fonte: SEMARH, 2007).....	12
<b>Figura 2:</b> Gráfico de dispersão correlação.....	17
<b>Figura 3:</b> Representação gráfica.....	19
<b>Figura 4:</b> Localização dos reservatórios de acordo com os grupos.....	20
<b>Figura 5:</b> Variação dos valores das CP1, CP2 e CP3 para cada grupo.....	22
<b>Figura 6.1:</b> Variabilidade dos parâmetros por grupos: a) OD, b) DBO, c) NT, d) PT.....	23
<b>Figura 6.2:</b> Variabilidade dos parâmetros por grupos: a) ST, b) Zn, c) Clorofila 'a', d) Ni.....	25

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Matriz de correlação.....	16
<b>Tabela 2:</b> Autovetores das três primeiras componentes principais.....	18

## **APRESENTAÇÃO**

Este trabalho foi realizado na Universidade Federal do Rio Grande do Norte, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária, sob orientação da prof. Dra. Adelena Maia.

Agrupamento dos reservatórios do Rio Grande do Norte em função da qualidade da água através do uso de componentes principais é o tema do presente trabalho. Para tanto, foram utilizados os parâmetros de qualidade de água monitorados pelo Programa Água Azul, a fim de gerar novas variáveis e, a partir destas, agrupar os reservatórios com características de qualidade de água semelhantes. A dissertação possui o formato de um artigo científico, contendo resumo, abstract, introdução, material e métodos, resultados e discussões, conclusões e referências bibliográficas.

# CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DE RESERVATÓRIOS DO SEMIÁRIDO EM FUNÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA ATRAVÉS DO USO DE COMPONENTES PRINCIPAIS

## RESUMO

A região semiárida sofre escassez hídrica. A fim de regularizar a disponibilidade hídrica nos períodos de estiagem, são construídas barragens. No entanto, a qualidade da água armazenada tem sofrido os efeitos do descarte irregular de resíduos no meio ambiente e das atividades antrópicas exercidas nas bacias hidrográficas. A degradação hídrica pode ser constatada a partir do monitoramento dos parâmetros de qualidade da água. Estes dados podem ser analisados através de métodos estatísticos tais como a Análise de Componentes Principais e a análise de agrupamento, que seleciona indivíduos com características semelhantes. O objetivo deste trabalho é realizar o agrupamento dos reservatórios do Rio Grande do Norte, com base nos parâmetros de qualidade da água, para a identificação de grupos homogêneos de reservatórios em termos de fontes de poluição. Serão objeto desse estudo as bacias Piranhas-Açu, Apodi-Mossoró, Trairí, Potengi e Ceará-Mirim. Os parâmetros mercúrio, chumbo, cromo, fósforo total, nitrogênio total e zinco contribuíram para a formação da primeira componente principal, que pode indicar poluição por metais pesados; sólidos totais, DBO, OD e cobre, para a segunda componente, que pode ser indicativo de poluição por matéria orgânica e atividades antrópicas; e clorofila 'a', cádmio e níquel, para a terceira componente, que pode indicar eutrofização e poluição por metais pesados. De posse das componentes principais se procedeu o agrupamento dos reservatórios, formando-se quatro grupos distintos. Os grupos 1 e 2 são constituídos por reservatórios da Bacia Piranhas-Açu, que apresentou maiores valores de metais pesados. O grupo 3, constituído por reservatórios das bacias Ceará-Mirim, Potengi e Trairí, apresentou maiores valores de DBO e sólidos totais e o grupo 4 é formado por reservatórios da Bacia Apodi-Mossoró. Nas Bacias do Trairí e Piranhas-Açu deve ser coibido o lançamento desordenado de efluentes e fontes de poluição difusas, e implantado um sistema de coleta de esgoto para minimizar a poluição por matéria orgânica.

**Palavras-Chaves:** disponibilidade hídrica, degradação da água, grupos homogêneos, metais pesados, eutrofização, matéria orgânica, poluição difusa

## CHARACTERIZATION OF RESERVOIRS OF SPACE FOR EACH SEMIARID QUALITY OF WATER THROUGH THE USE OF MAIN COMPONENTS

### ABSTRACT

The semiarid region suffers water scarcity. In order to regularize the water availability during periods of drought, dams are built. However, the quality of the stored water has suffered the effects of irregular disposal of waste on the environment and human activities conducted in the watersheds. Fluid degradation can be observed from the monitoring of water quality parameters. These data can be analyzed using statistical methods such as Principal Component Analysis and Cluster analysis, which selects individuals with similar characteristics. The objective of this work is the grouping of shells of Rio Grande do Norte, based on the parameters of water quality, to identify homogeneous groups of reservoirs in terms of pollution sources. Will be the object of this study basins Piranhas-Açu, Apodi-Mossoró, Trairí, Potengi and Ceará-Mirim. The parameters mercury, lead, chromium, total phosphorus, total nitrogen and zinc contributed to the formation of the first principal component, which may indicate pollution by heavy metals; total solids, BOD, DO and copper, for the second component, which may be indicative of pollution by organic matter and anthropogenic activities; and chlorophyll 'a', cadmium and nickel for the third component, which may indicate eutrophication and pollution by heavy metals. Possession of the key components was conducted by the group of reservoirs, forming four distinct groups. Groups 1 and 2 consist of reservoirs Basin Piranhas-Açu, which showed higher values of heavy metals. Group 3, consisting of reservoir basins Ceará-Mirim, Potengi and Trairí, showed higher values of BOD and total solids and group 4 consists of reservoirs Basin Apodi-Mossoró. Basins of Trarí and Piranhas-Açu should be curbed disordered effluent discharges and diffuse sources of pollution, and deployed a system of sewage to minimize pollution by organic matter.

**Key - words:** water availability, water degradation, homogeneous groups, heavy metals, eutrophication, organic matter, diffuse pollution

## 1. INTRODUÇÃO

A região semiárida sofre com a escassez hídrica devido a diversos fatores, dentre os quais: a baixa pluviosidade, a concentração do período de chuva em poucos meses do ano, a intensa taxa de evaporação e a prevalência de solos pouco espessos sobrepostos a formações cristalinas. Tais fatores dificultam a formação de lençóis freáticos, ocasionando uma pequena acumulação hídrica em tais regiões (Pereira et al, 2011; Becker et al, 2013).

A principal solução adotada na região para disponibilizar água nos períodos de estiagem é a construção de reservatórios, constituindo uma política que vem sendo implantada pelo poder público há várias décadas. A água acumulada em tais reservatórios é utilizada para diversas finalidades, sendo a mais importante o abastecimento para consumo humano.

A crescente degradação do meio-ambiente e a excessiva utilização dos recursos naturais pelo homem, principalmente a água, em processos de produção de bens e serviços e a desordenada disposição de efluentes residuais advindos desses processos resulta na diminuição da água potável disponível (Huang et al, 2013; Nielsen et al, 2013).

As alterações na qualidade da água podem ocorrer devido a atividades antrópicas, processos naturais ao longo do tempo e ainda em decorrência de processos bioquímicos (Awadallah, 2012). Estas atividades antrópicas e fatores naturais provocam aumento na quantidade de metais pesados no ambiente aquático, especialmente no ecossistema. A poluição por metais pesados no ecossistema aquático tem se tornado um problema mundial (Malik, 2010; Abdel-Baki, 2011).

No semiárido, um dos maiores problemas relacionados à qualidade da água é a eutrofização, em consequência do excesso de nitrogênio e fósforo nos mananciais, favorecendo a proliferação excessiva do fitoplâncton (Schindler, 2012; Chang et al, 2012). É necessária a proteção dos mananciais contra o aporte de nutrientes, a fim de manter a qualidade da água para abastecimento e evitar a eutrofização. O custo para adequar águas que passaram por tal processo de degradação é elevado, o que destaca a necessidade de uma eficiente gestão dos recursos hídricos.

Em virtude da necessidade de garantir a potabilidade da água, a sociedade passou a preocupar-se com a qualidade das águas disponibilizadas, o que gerou reflexos legislativos, que culminaram na Lei nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997), que cria todo um sistema legal de proteção e regulação dos recursos hídricos, denominado de Política Nacional dos Recursos Hídricos. Dentro deste panorama, a Resolução CONAMA nº 357/2005 (CONAMA, 2005) determina os padrões de qualidade das águas e estabelece limites individuais para cada substância nas respectivas classes de corpos de água. O conjunto de parâmetros de qualidade deve ser monitorado periodicamente pelo poder público, aferindo a qualidade das águas disponíveis.

No estado do Rio Grande do Norte é desenvolvido um programa que realiza o monitoramento sistemático da qualidade das águas dos principais corpos de água do Rio Grande do Norte, a fim de verificar os mananciais que não atendam aos padrões estabelecidos pela resolução nº 357 do CONAMA (Programa Água Azul, 2013).

O banco de dados gerado pelo Programa Água Azul pode ser analisado com a aplicação de métodos estatísticos como a Análise de Componentes Principais (ACP) e os métodos de agrupamento. Estes métodos tem se popularizado nos estudos de qualidade da água, pois permitem a identificação da exploração de mananciais e a contaminação por fontes antropogênicas.

A ACP é uma ferramenta de análise exploratória, na qual se determinam novas variáveis com base na matriz de correlação dos dados existentes, gerando novas informações de forma condensada a fim de explicar a maior parte da variabilidade dos dados originais (Bueno et al, 2012). A ACP capta informações sobre os parâmetros mais significativos na descrição do conjunto de dados, possibilita verificar a interação entre estes parâmetros, de modo que as informações mais relevantes sejam explicitadas (Guggenmos et al, 2011; Malik, 2011).

Carreira et al(2010) utilizaram análise de componentes principais a fim de discriminar relações entre amostras de águas subterrâneas, considerando inclusive parâmetros com baixas concentrações, uma vez que estes podem indicar o impacto das atividades humanas e da lixiviação mineral nos recursos hídricos. Sedeño-Díaz e López-López (2007) utilizaram ACP para produzir uma ordenação de variáveis latentes a partir dos parâmetros de qualidade de água e da disposição das tendências espaciais e temporais da qualidade de água em águas superficiais.

Por meio da Análise de Agrupamento, através de uma medida de similaridade, é possível agrupar reservatórios que possuam características semelhantes e verificar grupos homogêneos em função da qualidade de água dos reservatórios. Awadallah (2012) utilizou um método de agrupamento e encontrou regiões, ao longo da bacia hidrográfica do Rio Nilo, com características espaciais semelhantes de poluição. Ele observou que, quando existe homogeneidade espacial entre os pontos de coleta para monitoramento da qualidade da água, é possível a diminuir o número de pontos de coleta para avaliações rápidas.

Considerando a viabilidade da aplicação de métodos estatísticos no estudo da qualidade da água, o objetivo deste trabalho é realizar o agrupamento dos reservatórios do Rio Grande do Norte, com base nos parâmetros de qualidade da água, para a identificação de grupos homogêneos de reservatórios em termos de fontes de poluição.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Área de Estudo

O Rio Grande do Norte é constituído por dezesseis bacias hidrográficas (ver figura 1), nas quais foram implantados reservatórios para garantir a regularização do abastecimento de água, especialmente em tempos de seca, em conformidade com a política de açudagem adotada historicamente nas regiões semiáridas.

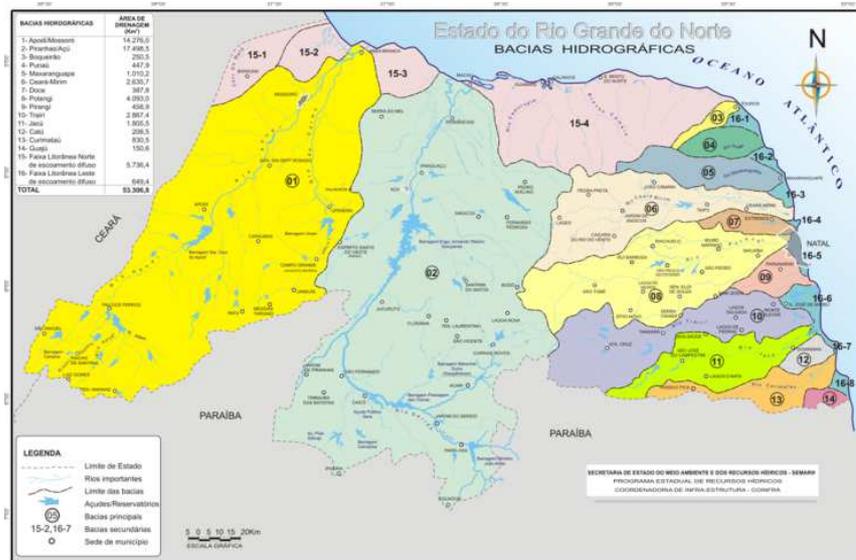


Figura 1: Bacias Hidrográficas do estado Rio Grande do Norte (SEMARH, 2007)

Devido à pressão social e o dever de adequação dos mananciais à legislação ambiental, houve a necessidade de aferir a qualidade das águas fornecidas por estes reservatórios.

Dentro dessa realidade o Programa Água Azul, nascido por iniciativa do governo do Estado do Rio Grande do Norte<sup>1</sup> em parceria com instituições de ensino superior<sup>2</sup>, criou uma rede compartilhada de monitoramento da qualidade da água presente no estado. Tal programa desenvolve sua atividade de monitoramento em todo o território do Estado, disponibilizando dados, periodicamente, sobre a qualidade das águas.

O Programa Água Azul conta com um banco de dados obtidos ao longo de um processo, iniciado pela coleta de água em diversos pontos de amostragem,

<sup>1</sup> Por meio da Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do RN (SEMARH), Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do RN (IDEMA), Instituto de Gestão das Águas do RN (IGARN) e Empresa de Pesquisa Agropecuária do RN (EMPARN).

<sup>2</sup> Universidade Federal do RN (UFRN), Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do RN (IFRN), Universidade Estadual do RN (UERJ) e Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).

distribuídos entre as bacias hidrográficas de maneira proporcional à extensão e importância das bacias em monitoramento (Programa Água Azul, 2013).

Cabe destacar que das dezesseis bacias hidrográficas do Estado apenas cinco delas têm reservatórios (açudes) monitorados pelo referido programa, contando essas cinco bacias com um total de quarenta e seis reservatórios monitorados (Programa Água Azul, 2013), dos quais trinta e um reservatórios serão objeto desta pesquisa. No anexo 1 está apresentada uma lista com a identificação de cada um dos reservatórios monitorados.

Parte dos reservatórios do estado possui histórico de eutrofização, com variações anuais da qualidade de água, caracterizadas por florações de cianobactérias em suas águas, principalmente no período seco. Este fenômeno ocorre em virtude da diminuição dos seus volumes armazenados e consequente concentração de nutrientes na água, e nos períodos chuvosos quando não ocorre vertimento e renovação de suas águas (BEZERRA, 2011).

Neste trabalho foram utilizados os dados obtidos no período de setembro a dezembro de 2011. Dentre todos os parâmetros medidos, foram escolhidos aqueles que apresentaram maiores variabilidades, ou seja, aqueles parâmetros cujas medições estão distribuídas em intervalos maiores: Oxigênio dissolvido Demanda Biológica de Oxigênio, Nitrogênio total, Fósforo total, sólidos totais e clorofila; e os metais: Cobre, chumbo, Cromo, Cádmio, Zinco, Níquel e Mercúrio; uma vez que, tais parâmetros, também são bons indicadores das possíveis fontes de poluição dos mananciais (Programa Água Azul, 2013).

Esta escolha se deu a fim de gerar as componentes principais a partir dos parâmetros e verificar indicações de fontes poluidoras de mananciais.

## **2.2 Análise de Componentes Principais**

Esta análise consiste em gerar novas variáveis latentes, chamadas componentes principais. Por meio destas são determinados seus autovetores, que atribuem peso para cada variável e determinam seu padrão de distribuição no plano bidimensional, quando a análise é feita a partir de duas variáveis, deixando em evidência a influência de cada fator e sua interação com os demais fatores nos diversos pontos da área estudada (Silva et al, 2010).

Sendo assim, no exemplo a seguir são apresentadas as gerações das componentes principais ( $y_1, y_2, y_3, \dots, y_q$ ) que são originadas das combinações lineares das variáveis originais ( $x_1, x_2, x_3, \dots, x_q$ ) com os elementos dos autovetores ( $a_{11}, a_{12}, a_{13}, \dots, a_{1q}$ ), obtidos a partir da matriz de correlação das variáveis originais, conforme apresentado nas equações a seguir:

$$y_1 = a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1q}x_q \quad (1)$$

$$y_2 = a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2q}x_q \quad (2)$$

...

$$y_q = a_{q1}x_1 + a_{q2}x_2 + \dots + a_{qq}x_q \quad (3)$$

O uso da ACP neste trabalho se deu em virtude da necessidade de reduzir o número de parâmetros medidos nos reservatórios do RN e gerar novas variáveis que serão utilizadas para agrupá-los em termos de fontes de poluição.

### 2.3 Método de agrupamento

A análise de agrupamento é utilizada para dividir uma amostra em grupos de forma que os elementos pertencentes a um mesmo grupo sejam similares entre si e aqueles que constituem grupos diferentes sejam heterogêneos.

Para decidir se um reservatório é semelhante a outro é preciso definir uma medida de similaridade ou dissimilaridade, então a comparação entre os diferentes reservatórios pode ser feita através de medidas matemáticas de distância que possibilitem a comparação entre vetores. Serão agrupados os reservatórios que apresentarem as menores distâncias entre si.

Uma medida de dissimilaridade bastante utilizada para calcular a diferença entre vetores é a distância euclidiana, definida pela seguinte fórmula (Khalil et al, 2011):

$$d = \sqrt{\sum_{i=1}^P (S_{1i} - S_{2j})^2}$$

Em que  $S_{1i}$  e  $S_{2j}$  significam os respectivos valores do atributo  $i^{th}$  nos vetores  $S_1$  e  $S_2$ , e  $P$  é o número de atributos.

As técnicas de conglomerados classificam-se como hierárquicas, em que cada indivíduo é inicialmente considerado um grupo constituído por um elemento, e não hierárquicas, em que é definida uma quantidade de grupos que se deseja obter, tal quantidade é menor que o número de elementos que se deseja agrupar.

O método K-means é um método não hierárquico bastante utilizado e consiste na execução do seguinte procedimento: seleção de vetores de médias amostrais; aplicação da distância euclidiana para verificar a menor distância entre indivíduos; calcular novos vetores de médias amostrais para os primeiros grupos constituídos (Mingoti, 2005).

Através do k-means, Specchiulli et al, (2008) agruparam os parâmetros de qualidade da água em estações do ano com características ambientais semelhantes. Gamble e Babbar -Sebens, (2012) utilizaram k-means para agrupar estações de monitoramento de água que tivessem características similares de qualidade de água. Neste trabalho o agrupamento dos reservatórios será realizado através do método k-means, a partir das componentes principais geradas.

Devido ao vasto número de informações e à necessidade de realização de várias análises estatísticas, torna-se necessária a utilização de um programa computacional, para garantir a segurança e a precisão dos resultados a serem obtidos. O software utilizado neste trabalho para gerar as componentes principais e realizar o agrupamento no decorrer da pesquisa foi o Programa R – desenvolvido pelo Projeto R para Computação Estatística<sup>3</sup> (R Development Core Team, 2011).

---

<sup>3</sup> No original: “The R Project for Statistical Computing”

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos parâmetros que poderiam indicar as possíveis fontes de poluição dos mananciais, foram selecionados aqueles que apresentaram maior variabilidade e os metais, sendo também os parâmetros que melhor caracterizam os reservatórios.

Os parâmetros selecionados para aplicação da Análise de Componentes Principais foram: Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Nitrogênio Total (NT), Fósforo Total (PT), Sólidos Totais (ST), Clorofila 'a' (clor), cobre (Cu), chumbo (Pb), cromo (Cr), cádmio (Cd), zinco (Zn), níquel (Ni) e mercúrio (Hg). Estes dados foram padronizados e em seguida foi gerada a matriz de correlação apresentada na tabela 1 que será utilizada para a geração das componentes principais. No gráfico de dispersão apresentado na figura 2, é possível observar a intensidade da interação entre as variáveis.

Matriz de correlação													
	OD	DBO	NT	PT	ST	Cloro	Cu	Pb	Cr	Cd	Zn	Ni	Hg
OD	1,00												
DBO	0,20	1,00											
NT	-0,33	0,06	1,00										
PT	-0,15	0,10	0,48	1,00									
ST	0,47	0,36	-0,17	-0,10	1,00								
Cloro	0,03	0,45	0,38	0,35	0,37	1,00							
Cu	-0,31	-0,41	-0,01	0,03	-0,45	-0,24	1,00						
Pb	0,09	-0,22	-0,49	-0,54	0,07	-0,05	0,55	1,00					
Cr	0,18	-0,27	-0,28	-0,33	-0,05	-0,20	0,43	0,55	1,00				
Cd	0,25	-0,13	0,00	-0,31	-0,08	-0,08	0,32	0,43	0,77	1,00			
Zn	-0,33	-0,14	0,43	0,41	-0,34	0,01	0,15	-0,37	-0,40	-0,22	1,00		
Ni	0,04	-0,18	0,03	0,07	-0,25	0,05	0,24	0,18	0,40	0,53	0,01	1,00	
Hg	0,36	-0,06	-0,67	-0,79	0,24	-0,19	-0,04	0,64	0,47	0,24	-0,70	-0,13	1,00

Tabela 1: Matriz de correlação

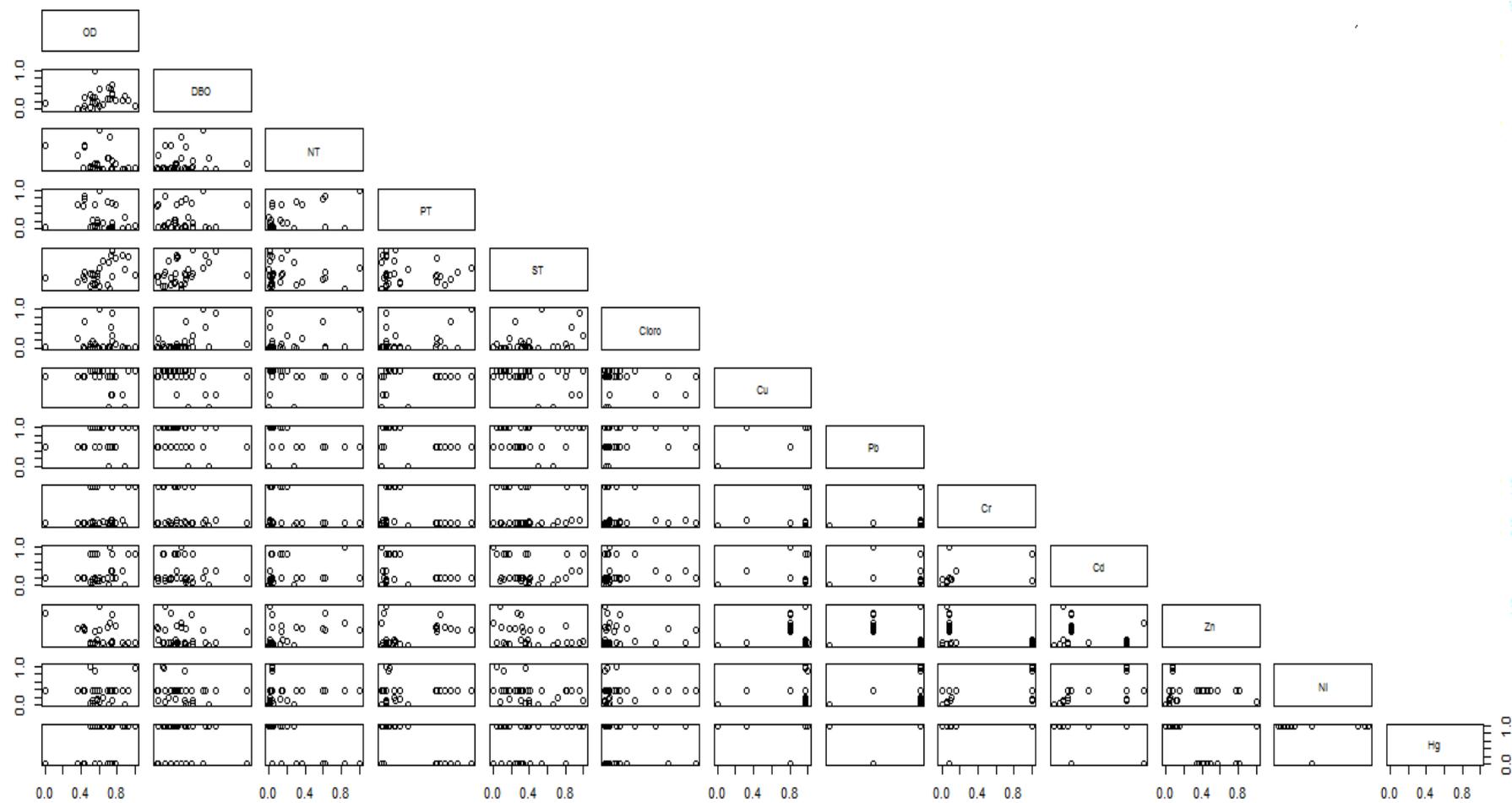


Figura 2: Gráfico de dispersão correlação.

Da análise dos dados, é possível afirmar que existe uma correlação positiva intensa entre os parâmetros Pb e Hg; Cd e Cr; e Cd e Ni. E as variáveis que tiveram uma forte correlação negativa foram os parâmetros NT e Hg; PT e Hg; PT e Pb; e Zn e Hg.

A partir da matriz de correlação foram gerados treze autovetores, capazes de gerar treze componentes principais. A tabela 2 apresenta os autovetores das três primeiras componentes principais, onde é possível verificar quais os parâmetros que mais contribuíram para a formação das mesmas.

	Autovetores		
	1	2	3
<b>OD</b>	0,18	0,31	0,24
<b>DBO</b>	-0,11	0,37	0,25
<b>NT</b>	-0,33	-0,15	0,28
<b>PT</b>	-0,36	-0,10	0,23
<b>ST</b>	0,06	0,45	0,19
<b>Cloro</b>	-0,16	0,20	0,48
<b>Cu</b>	0,14	-0,46	-0,01
<b>Pb</b>	0,39	-0,10	0,02
<b>Cr</b>	0,37	-0,20	0,26
<b>Cd</b>	0,29	-0,21	0,44
<b>Zn</b>	-0,32	-0,26	-0,07
<b>Ni</b>	0,10	-0,29	0,44
<b>Hg</b>	0,42	0,21	-0,16

Tabela 2: Autovetores das primeiras componentes principais

Os parâmetros que tiveram contribuição positiva relevante para a formação da primeira componente principal foram Hg, Pb e Cr; E os que apresentaram maior contribuição negativa foram PT, NT e Zn. Para a segunda componente, os parâmetros com contribuição positiva mais relevante foram sólidos totais, DBO e OD; e Cu, com contribuição negativa. Para a terceira componente, Clorofila 'a', Cd e Ni foram os parâmetros mais relevantes.

A primeira componente (CP1) explica 31,73% da variância dos dados originais, a segunda (CP2) explica 21,56% e a terceira, 13,25%. As três primeiras componentes explicam 66,54% dos dados, desta forma são as variáveis que captaram maior interação entre os parâmetros de qualidade, por isso são relevantes para a identificação dos diferentes padrões de poluição das águas dos reservatórios do estado.

O gráfico bidimensional apresentado na figura 3 indica os vetores referentes a cada um dos parâmetros que contribuíram para a formação das componentes, bem como os reservatórios a partir dos quais foram medidos os parâmetros.

Os parâmetros Zn, Ni, Pb, Cr e Hg podem indicar a poluição por metais pesados ( Abdel-Baki, 2011; Agah, 2009; Gupta, 2009; Kumar, 2011; Malik, 2011); os parâmetros DBO e ST podem indicar poluição por matéria orgânica e atividades antrópicas( Awadallah, 2012; Malik, 2011); e a clorofila 'a' pode indicar a ocorrência de eutrofização(Maheshwari, 2011; Varol et al, 2011).

Da figura 3, é possível observar que a maior parte dos reservatórios da Bacia Piranhas-Açu encontra-se com altos índices de metais pesados; os reservatórios da Bacia Apodi-Mossoró estão enriquecidos por nutrientes; e os reservatórios das bacias litorâneas apresentam elevadas taxas de OD, DBO e ST.

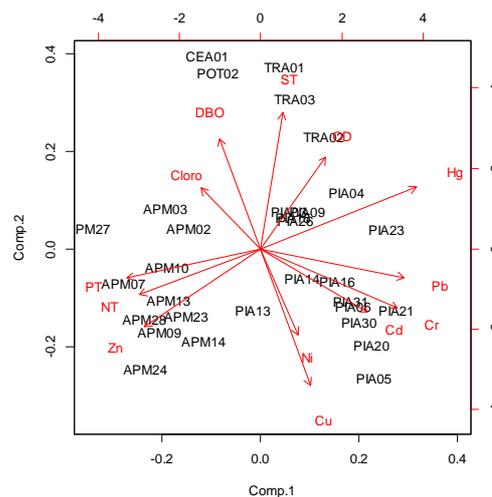


Figura 3: Representação gráfica

A partir das três primeiras componentes foi realizado o agrupamento dos reservatórios. Na figura 4 está apresentada a localização dos reservatórios que constituem cada um dos grupos formados. Os grupos 1 e 2 são constituídos por reservatórios da Bacia Piranhas-Açu; o grupo 3 é constituído por reservatórios das bacias Ceará-Mirim, Potengi e Trairí e o grupo 4 é formado pelos reservatórios da Bacia Apodi-Mossoró.

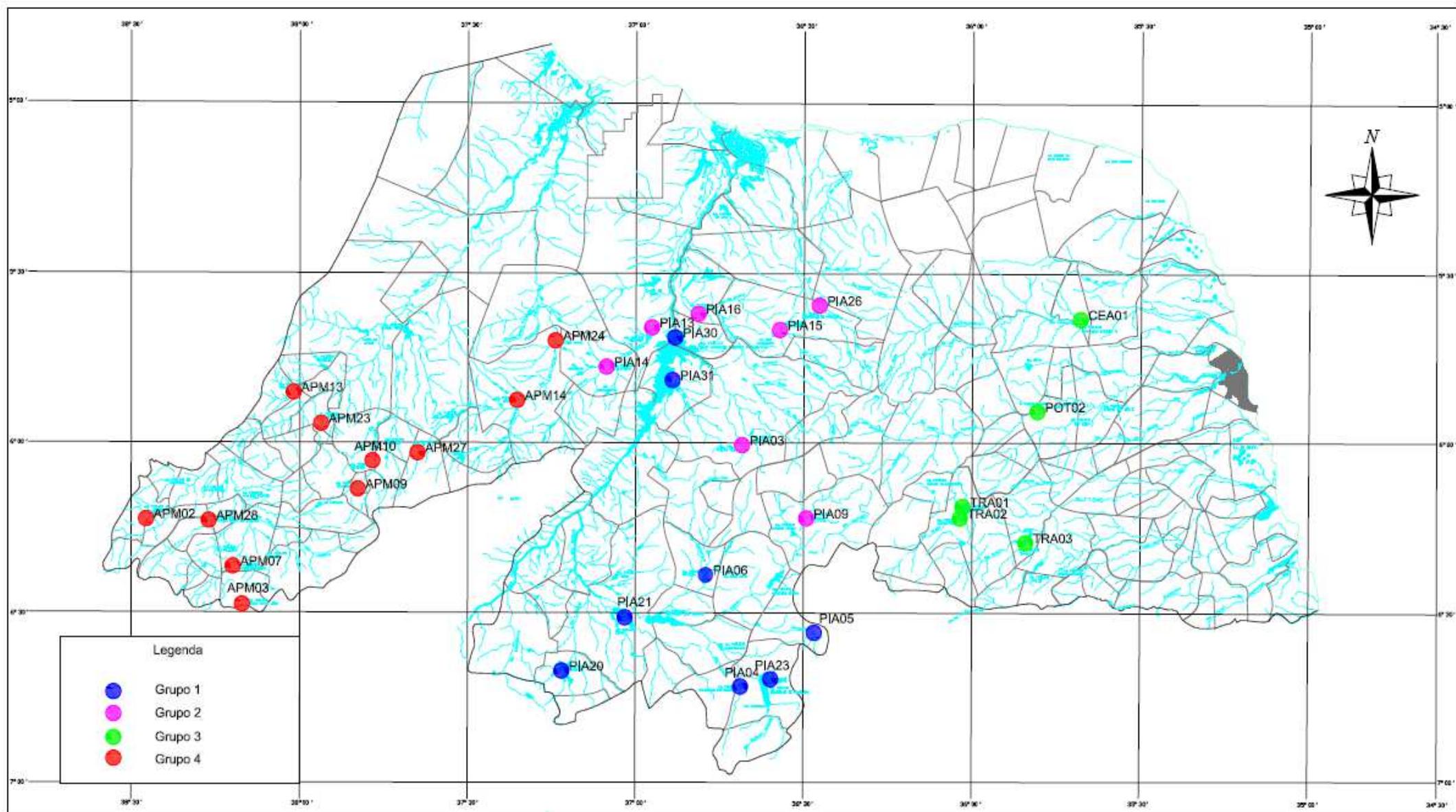


Figura 4: Localização dos reservatórios de acordo com os grupos.

Na figura 5 estão apresentadas as variações dos valores das CP1, CP2 e CP3 para cada grupo. A CP1 pode indicar a poluição por metais pesados, pois os parâmetros mais relevantes para a formação desta variável foram Pb, Cr e Hg (Abdel-Baki, 2011; Agah, 2009; Gupta, 2009; Kumar, 2011; Malik, 2011); a CP2 pode indicar poluição por matéria orgânica e atividades antrópicas, uma vez que os parâmetros mais importantes para a composição desta variável foram DBO e ST (Awadallah, 2012; Malik, 2011); e CP3 pode indicar poluição por metais pesados, em virtude da contribuição do Zn e Ni (Malik, 2011), e a ocorrência de eutrofização, devido a contribuição da clorofila 'a' na formação desta variável (Maheshwari, 2011; Varol et al, 2011).

E as figuras 6.1 e 6.2 apresentam a variabilidade dos parâmetros de qualidade de água por grupo. A resolução nº 357 do Conama estabelece que o valor limite permitido para OD deve ser superior a 5 mg/l. Alguns reservatórios da Bacia Apodi-Mossoró encontram-se com valores de OD abaixo do permitido. OD é um indicador da poluição inorgânica do sistema aquático e tem sido utilizado para avaliar a qualidade das águas superficiais.

O valor máximo permitido pelo Conama para DBO é 5 mg/l. O Açude Inharé, da Bacia do Trairí encontra-se com valor de DBO igual a 5,5 mg/l e o Açude Rio da pedra, da Bacia Piranhas-Açu, com DBO igual a 8,1 mg/l, portanto estão acima do permitido. Os demais reservatórios do estado apresentaram valores de DBO variando entre 0,7 mg/l e 5 mg/l.

Para valores de NT, o Conama estabelece que, em ambientes lênticos, o valor máximo permitido é 1,2 mg N/l. A maioria dos reservatórios da Bacia Apodi-Mossoró encontram-se com excesso de NT e PT. O valor máximo permitido para PT é 0,10 mg P/l.

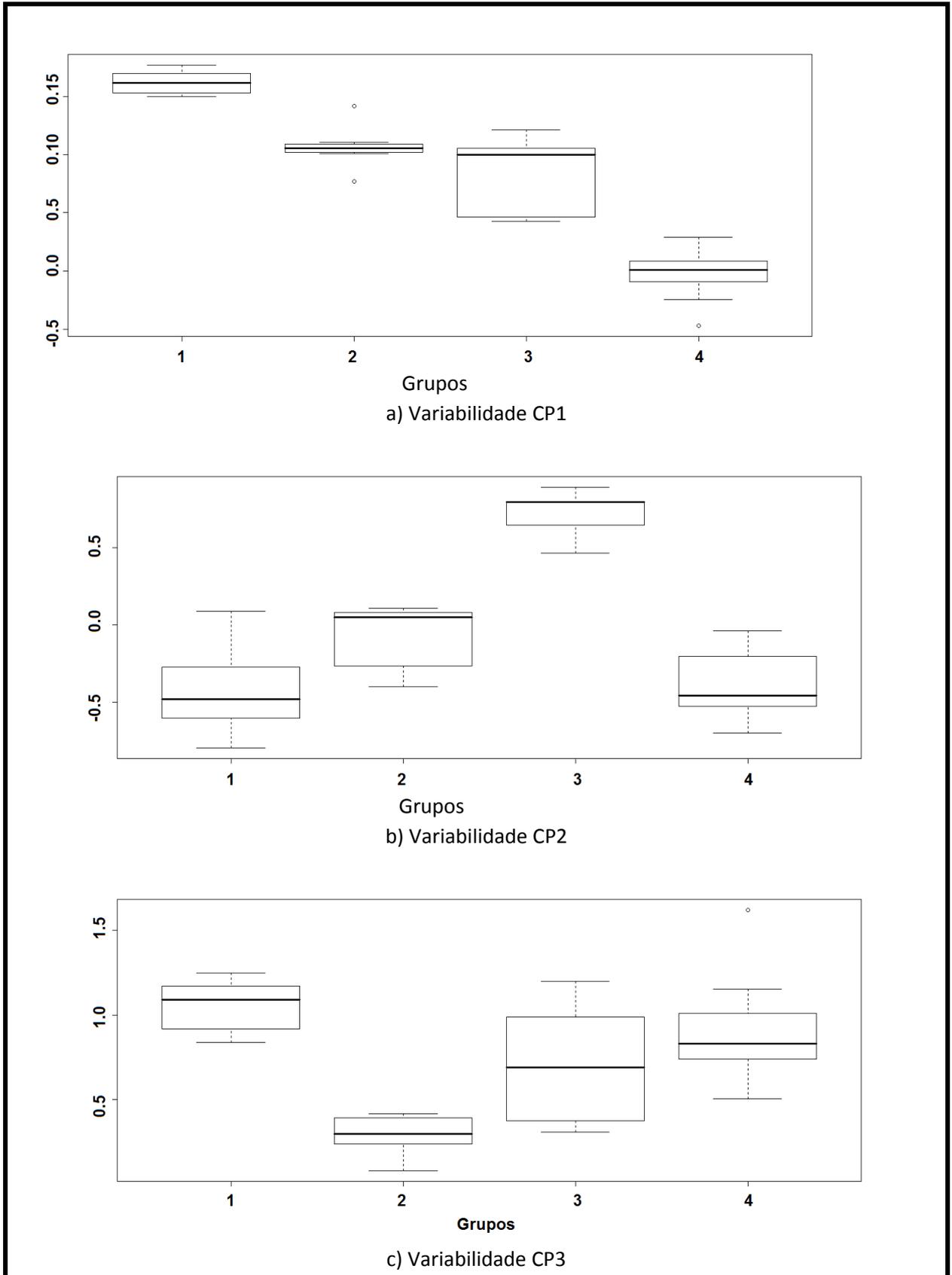
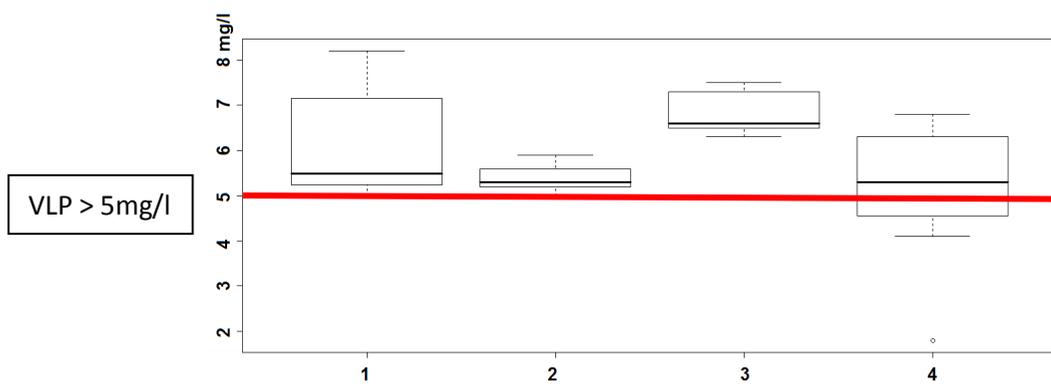
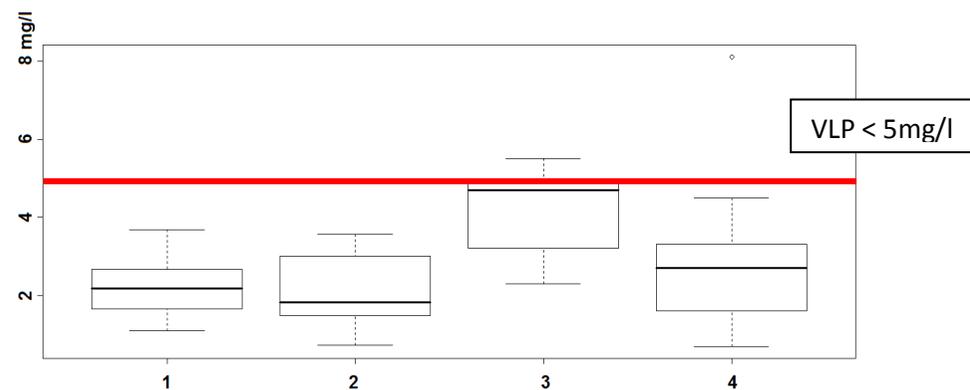


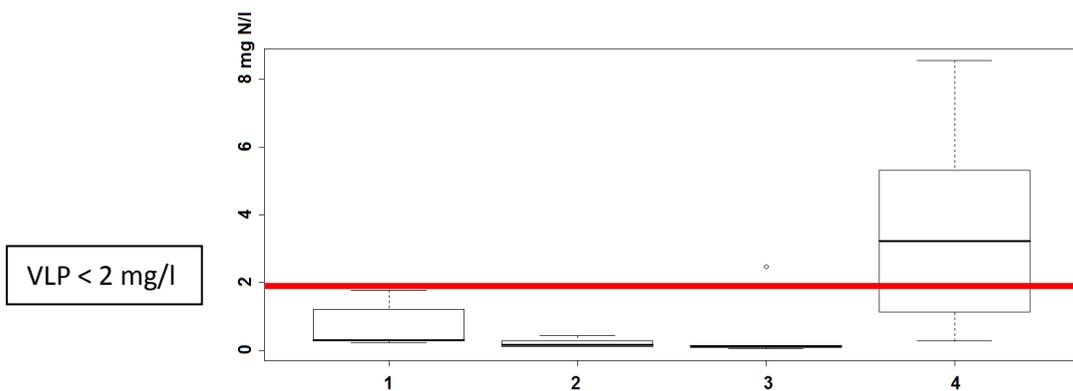
Figura 5: Variação dos valores das CP1, CP2 e CP3 para cada grupo.



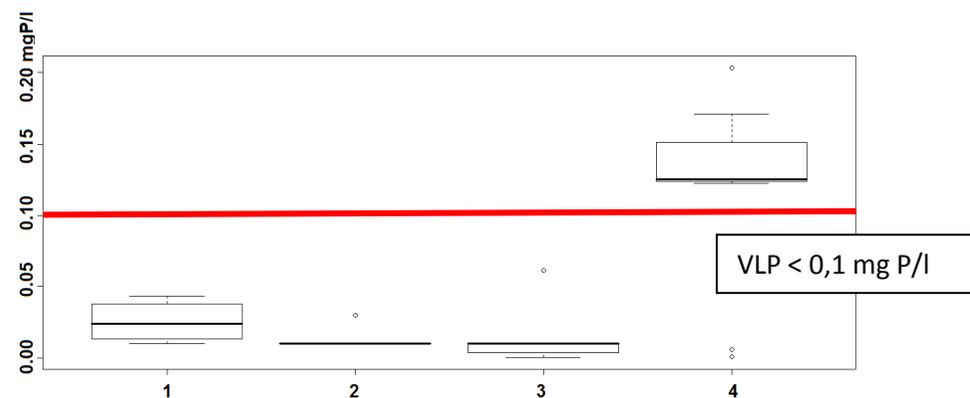
a) Variabilidade OD



b) Variabilidade DBO



c) Variabilidade NT



d) Variabilidade PT

Figura 6.1: Variabilidade dos parâmetros: a) OD, b) DBO, c) NT e d) PT.

Na figura 6.2 estão apresentadas as variabilidades dos parâmetros sólidos totais (ST), clorofila 'a', Zinco (Zn) e Níquel (Ni). Para valores de ST, o conama estabelece o valor máximo em 500 mg/l. Os açudes Caldeirão de Parelhas e Boqueirão de Parelhas da Bacia Piranhas-Açu, que constituem o grupo 1, apresentaram valores de ST iguais a 650 mg/l e 545 mg/l, respectivamente. Os açudes Inharé, Santa Cruz e Trairí, que constituem a Bacia do Trairí, com 620 mg/l, 574 mg/l e 574 mg/l, respectivamente estão com valores de ST acima do permitido.

O Açude Campo Grande, da bacia do Potengi, apresentou o menor valor de ST do grupo 3( 354 mg/l). ST podem estar relacionados à deposição de efluentes residuais de atividades humanas (Malik, 2011).

A resolução ainda estabelece como valor máximo permitido para clorofila 'a' 30 µg/l. Os açudes Inharé e Trairí, da Bacia do Trairí, encontram-se com valores de clorofila 'a' acima do permitido.

Dentre os metais, os que apresentaram maiores variabilidades foram Zn e Ni, porém a maioria dos reservatórios estão com os valores destes parâmetros abaixo do máximo estabelecido por resolução, 0,18 mg/l Zn e 0,025 mg/l Ni, exceto o Açude Carnaúba que apresentou valor de Ni acima do valor máximo permitido por resolução. Os reservatórios da bacia Piranhas-Açu apresentaram valores de cobre (VLP<0,009 mg/l Cu) acima do permitido pela resolução.

Os reservatórios da bacia Piranhas-Açu, que constituem o grupo 1, apresentaram valores de cromo (VLP<0,05 mg/l Cr), cádmio(VLP<0,001 mg/l Cd) e mercúrio(VLP<0,0002 mg/l Hg) acima do valor máximo permitido por resolução, sendo Hg e Cd os elementos mais tóxicos(Agah, 2009).

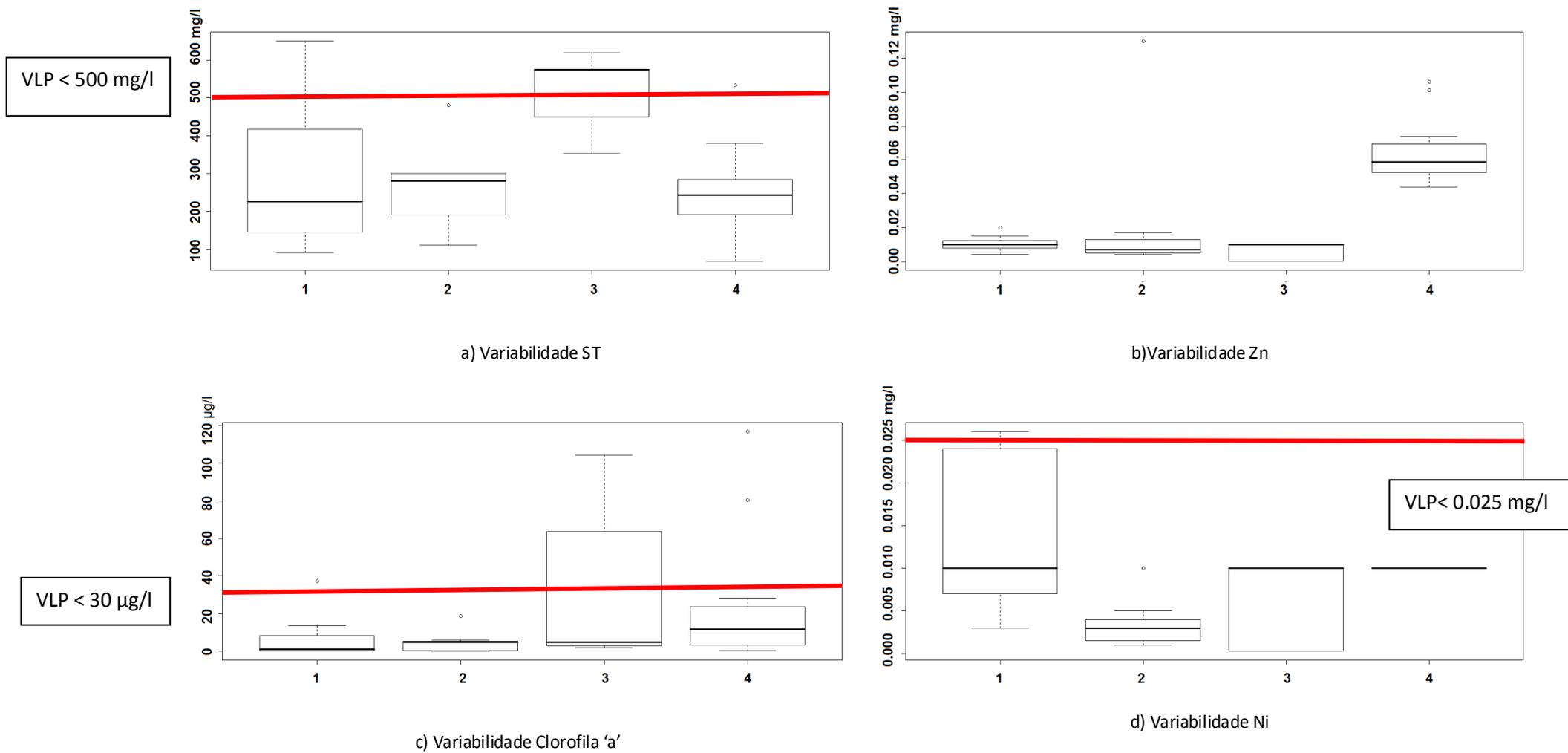


Figura 6.2: Variabilidade dos parâmetros: a) ST, b) Zn, c) Clorofila 'a' e d) Ni.

#### 4. CONCLUSÕES:

Para a formação da CP1, os parâmetros mais relevantes foram Pb, Cr e Hg, esta componente indica que os mananciais apresentam problemas de poluição por metais pesados. Os grupos 1 e 2, constituídos por reservatórios da Bacia Piranhas-Açu, apresentaram maiores valores de CP1, o que caracteriza reservatórios com maior poluição por metais pesados.

Os valores medidos para os metais pesados, cromo, cádmio e mercúrio, estão acima do permitido pela resolução nº357 do Conama nos reservatórios da Bacia Piranhas-Açu que constituem o grupo 1. Estes materiais não se degradam e podem ser assimilados ou incorporados na água, nos sedimentos e animais aquáticos (Linnik e Zubenko, 2000). Portanto, além do monitoramento da qualidade de água, deve ser monitorada a acumulação dos metais nos solos dos leitos dos rios e, devido a bioacumulação, devem ser verificados os níveis de metais acumulados em peixes que possam constituir a alimentação humana.

A CP2 pode indicar poluição por matéria orgânica e atividades antrópicas, pois os parâmetros mais relevantes para a sua formação foram DBO e ST. Os grupos 3 e 2 apresentaram maiores valores de CP2, devido o Açude Inharé, da Bacia do Trairí, e o Açude Rio da Pedra, da Bacia Piranhas-Açu, terem apresentado valores de DBO acima do definido pela resolução; e os Açudes Inharé, Santa Cruz e Trairí, que constituem a Bacia do Trairí, apresentarem valores de ST acima do definido pela resolução.

A CP3 pode indicar poluição por metais pesados e a ocorrência de eutrofização, uma vez que os parâmetros mais relevantes para a sua formação foram Zn, Ni e clorofila 'a'. Os açudes Inharé e Trairí, que constituem o grupo 3, apresentaram valores de clorofila 'a' acima do definido pela resolução e os reservatórios da Bacia Piranhas-Açu, que constituem o grupo 1, apresentaram maiores valores de Ni, porém abaixo do valor definido como limite pela resolução.

Na Bacia Piranhas-Açu, os órgãos gestores dos recursos hídricos devem promover a implantação de um sistema de abastecimento alternativo e o reuso de águas residuárias.

Na Bacia do Trairí e ainda na Bacia Piranhas-Açu, os órgãos de fiscalização devem intensificar seus trabalhos a fim de coibir o lançamento desordenado de

efluentes e fontes de poluição difusas. Os gestores de recursos hídricos devem implantar um sistema de coleta de esgoto para minimizar a poluição por matéria orgânica e atividades antrópicas nestas bacias de drenagem.

Em virtude da homogeneidade espacial da qualidade da água entre os reservatórios instalados em uma mesma Bacia Hidrográfica, é possível a definição de um número menor de pontos de coleta para monitoramento, quando se fizer necessário uma avaliação rápida.

**Referencias bibliográficas:**

ABDEL-BAKI, A. S. et al Bioaccumulation of some heavy metals in tilapia fish relevant to their concentration in water and sediment of Wadi Hanifah, Saudi Arabia. *African Journal of Biotechnology*, v. 10(13), 2541-2547, 2011.

AGAH, H. et al Accumulation of trace metals in the muscle and liver tissues of five fish species from the Persian Gulf. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 157, 499–514, 2009.

AWADALLAH, A.G.; YOUSRY. M. Identifying homogeneous water quality regions in the Nile River using multivariate statistical analysis. *Water Resources Management*, 2012.

BECKER, H.; et al The influence of castanhão reservoir on nutrient and suspended matter transport during rainy season in the ephemeral Jaguaribe River (CE, Brazil). *Brazilian Journal of Biology*. V.73, nº 1, São Carlos, 2013.

BEZERRA, A. F. M. Balanço de massa de fósforo e a eutrofização em reservatórios do semiárido do Rio Grande do Norte – Brasil. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte / UFRN. Dissertação (Mestrado), p. 88, 2011.

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. Brasília, DOU, 09 jan. 1997.

BUENO, C.; et al. Análise espacial dos fatores da equação universal de perda de solo em área de nascentes. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v.47, n.9, p.1358-1367, Brasília, set. 2012

CARREIRA, P. M.; et al. Groundwater Assessment at Santiago Island (Cabo Verde): A Multidisciplinary Approach to a Recurring Source of Water Supply. *Water Resources Management*, v. 24, 1139-1159, 2010.

CHANG, N-B.; et al. Identification of spatiotemporal nutrient patterns in a coastal bay via an integrated k-means clustering and gravity model. *Journal of Environmental Monitoring*, v. 14, 992-1005, 2012.

CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005. Disponível em:

<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 04 jun 2012.

GAMBLE, A.; BABBAR – SEBENS, M. On the use of multivariate statistical methods for combining in-stream monitoring data and spatial analysis to characterize water quality conditions in the White River Basin, Indiana, USA. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 184, 845 – 875, 2012.

GUGGENMOS, M.R. et al Regional-scale identification of groundwater-surface water interaction using hydrochemistry and multivariate statistical methods, Wairarapa Valley, New Zealand. *Hydrology and Earth System Sciences*, v.15, 3383–3398, 2011.

GUPTA, A. ET al Analysis of some heavy metals in the riverine water, sediments and fish from river Ganges at Allahabad. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 157, 449–458, 2009.

HUANG, J.; et al. Detecting the Dynamic Linkage between Landscape Characteristics and Water Quality in a Subtropical Coastal Watershed, Southeast China. *Environmental Management*, v. 51, 32-44, 2013.

KHALIL, B.; OUARDA, T.B.M.J.; ST- HILAIRE, A. A statistical approach for the assessment and redesign of the Nile Delta drainage system water-quality-monitoring location. *Journal of Environmental Monitoring*, v. 13, 2190 – 2205, 2011.

KUMAR, B. et al Bioaccumulation of heavy metals in muscle tissue of fishes from selected aquaculture ponds in east Kolkata wetlands. *Annals of Biological Research*, v. 2 (5), 125-134, 2011.

LINNIK, P.M.; ZUBENKO, I.B.; Role of bottom sediments in the secondary pollution of aquatic environments by heavy-metal compounds. *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, v. 5, 11–21, 2000.

MAHESHWARI, B.L.; PINTO, U.; River health assessment in peri-urban landscapes: An application of multivariate analysis to identify the key variables. *Water Research*, v. 45, 3915-3924, 2011.

MALIK, R.N.; NADEEM, M.; Spatial and temporal characterization of trace elements and nutrients in the Rawal Lake Reservoir, Pakistan using multivariate analysis techniques. *Environmental Geochemistry and Health*, v. 33, 525–541, 2011.

MINGOTI, S. Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada. *Análise de agrupamentos (cluster)*. Belo Horizonte: UFMG, 155-211, 2005.

NIELSEN, A.; et al Assessing ways to combat eutrophication in a Chinese drinking water reservoir using SWAT. *Marine and Freshwater Research*, v. 64, 475 – 492, 2013.

PEREIRA, E.R.R.; et al Análise da pluviometria e dias chuvosos da região nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. V.15, nº 2, 131-138, Campina Grande, 2011.

PROGRAMA ÁGUA AZUL. Rede compartilhada de monitoramento da qualidade da água: 11º Relatório trimestral, 2013.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>, 2011.

SCHINDLER, D.W. The dilemma of controlling cultural eutrophication of lakes. *Royal Society B: Biological Sciences*, v. 279, nº 1746, 4322-4333, 2012.

SEDEÑO-DÍAZ, J.E.; LÓPEZ-LÓPEZ, E. Water Quality in the Rio Lerma, Mexico: An Overview of the Last Quarter of the Twentieth Century. *Water Resources Management*, v. 21, 1797-1812, 2007.

SILVA, S. A.; LIMA, J.S.S.; XAVIER, A.C.; TEIXEIRA, M.M. Variabilidade especial de atributos químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo húmico cultivado com café. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 34, 15-22, 2010.

SPECCHIULLI, A.; et al. Environmental heterogeneity patterns and assessment of trophic levels in two Mediterranean lagoons: Orbetello and Varano, Italy. *Science of the Total Environment*, v. 402(2), pp. 285-298, 2008.

VAROL, M. et al Water quality assessment and apportionment of pollution sources of Tigris River (Turkey) using multivariate statistical techniques—a case study. *River Research and Applications*, published in: [wileyonlinelibrary.com](http://wileyonlinelibrary.com), 2011.

# ANEXO

RELAÇÃO DOS RESERVATÓRIOS MONITORADOS PELO PROJETO ÁGUA AZUL				
<b>SIGLA</b>	<b>NOME DO RESERVATÓRIO</b>	<b>CORPO D'ÁGUA</b>	<b>MUNICÍPIO</b>	<b>BACIA HIDROGRÁFICA</b>
APM01	AÇUDE ENCANTO	RIACHO ENCANTO	ENCANTO	APODI-MOSSORÓ
APM02	AÇUDE BONITO II	RIACHO SÃO MIGUEL	SÃO MIGUEL	APODI-MOSSORÓ
APM03	AÇUDE JESUS, MARIA E JOSÉ (OMORORÓ)	RIO APODI-MOSSORÓ	TENENTE ANANIAS	APODI-MOSSORÓ
APM04	AÇUDE FLECHAS	RIO FLECHAS	SÃO JOSÉ DA PENHA	APODI-MOSSORÓ
APM05	BARRAGEM PAU DOS FERROS	RIO APODI-MOSSORÓ	PAU DOS FERROS	APODI-MOSSORÓ
APM06	AÇUDE PILÕES	RIO PILÕES	PILÕES	APODI-MOSSORÓ
APM07	AÇUDE MARCELINO VIEIRA	RIACHO BARRO PRETO	MARCELINO VIEIRA	APODI-MOSSORÓ
APM09	AÇUDE LUCRECIA	RIACHO QUIXERÉ	LUCRECIA	APODI-MOSSORÓ
APM10	AÇUDE RODEADOR	RIO APODI-MOSSORÓ	RAFAEL GODEIRO	APODI-MOSSORÓ
APM11	AÇUDE BREJO	RIACHO DO BREJO	OLHO D'ÁGUA DOS BORGES	APODI-MOSSORÓ
APM12	AÇUDE MALHADA VERMELHA	AÇUDE MALHADA VERMELHA	SEVERIANO MELO	APODI-MOSSORÓ
APM13	AÇUDE PASSAGENS	RIO APODI-MOSSORÓ	RODOLFO FERNANDES	APODI-MOSSORÓ
APM14	AÇUDE MORCEGO	RIACHO DA CACHOEIRINHA	CAMPO GRANDE	APODI-MOSSORÓ
APM15	AÇUDE SANTO ANTÔNIO	RIACHO SANTA MARIA	CARAÚBAS	APODI-MOSSORÓ
APM16	AÇUDE APANHA PEIXE	RIACHO DO MULATO	CARAÚBAS	APODI-MOSSORÓ
APM17	BARRAGEM SANTA CRUZ DO APODI	RIO APODI-MOSSORÓ	APODI	APODI-MOSSORÓ
APM23	AÇUDE RIACHO DA CRUZ II	RIACHO DA CRUZ II	RIACHO DA CRUZ	APODI-MOSSORÓ
APM24	BARRAGEM UMARÍ	RIO DO CARMO	UPANEMA	APODI-MOSSORÓ
APM27	AÇUDE TOURÃO	RIACHO TOURÃO	PATU	APODI-MOSSORÓ

**RELAÇÃO DOS RESERVATÓRIOS MONITORADOS PELO PROJETO ÁGUA AZUL**

<b>SIGLA</b>	<b>NOME DO RESERVATÓRIO</b>	<b>CORPO D'ÁGUA</b>	<b>MUNICÍPIO</b>	<b>BACIA HIDROGRÁFICA</b>
PIA01	AÇUDE MULUNGU	AÇUDE MULUNGU	CURRAIS NOVOS	PIRANHAS-AÇU
PIA02	AÇUDE ESGUICHO	AÇUDE ESGUICHO	OURO BRANCO	PIRANHAS-AÇU
PIA03	AÇUDE RIO DA PEDRA	RIACHO DA PEDRA	SANTANA DO MATOS	PIRANHAS-AÇU
PIA04	AÇUDE CALDEIRÃO DE PARELHAS	RIACHO DOS QUINTOS	PARELHAS	PIRANHAS-AÇU
PIA05	AÇUDE CARNAÚBA	RIACHO QUIXERÉ	SÃO JOÃO DO SABUGI	PIRANHAS-AÇU
PIA06	AÇUDE CRUZETA	RIACHO SAO JOSE	CRUZETA	PIRANHAS-AÇU
PIA07	AÇUDE GARGALHEIRAS	RIO ACAUA	ITAJÁ	PIRANHAS-AÇU
PIA09	AÇUDE DOURADO	RIO CURRAIS NOVOS	CURRAIS NOVOS	PIRANHAS-AÇU
PIA10	AÇUDE ZANGALHEIRAS	RIO DA COBRA	JARDIM DO SERIDÓ	PIRANHAS-AÇU
PIA13	AÇUDE MENDUBIM	RIO PARAU	ASSÚ	PIRANHAS-AÇU
PIA14	AÇUDE BELDROEGA	RIO PARAU	PARAÚ	PIRANHAS-AÇU
PIA15	AÇUDE NOVO ANGICOS	RIO PATAXÓS	ANGICOS	PIRANHAS-AÇU
PIA16	AÇUDE PATAXÓS	RIO PATAXÓS	IPANGUAÇU	PIRANHAS-AÇU
PIA20	AÇUDE SANTO ANTÔNIO (S.J.SABUGI)	RIO SABUGI	SÃO JOÃO DO SABUGI	PIRANHAS-AÇU
PIA21	AÇUDE ITANS	RIO BARRA NOVA	CAICÓ	PIRANHAS-AÇU
PIA23	AÇUDE BOQUEIRÃO DE PARELHAS	RIO SERIDO	PARELHAS	PIRANHAS-AÇU
PIA25	AÇUDE PASSAGEM DAS TRAIRAS	RIO SERIDO	SÃO JOSÉ DO SERIDÓ	PIRANHAS-AÇU
PIA26	AÇUDE BOQUEIRÃO DE ANGICOS	RIO CABUGI	AFONSO BEZERRA	PIRANHAS-AÇU
PIA30	BARRAGEM ARMANDO RIBEIRO GONÇALVES	RIO PIRANHAS-ASSÚ	ITAJÁ	PIRANHAS-AÇU
PIA31	BARRAGEM ARMANDO RIBEIRO GONÇALVES	RIO PIRANHAS-ASSÚ	SÃO RAFAEL	PIRANHAS-AÇU
CEA01	AÇUDE POÇO BRANCO	RIO CEARÁ-MIRIM	POÇO BRANCO	CEARÁ-MIRIM
POT02	AÇUDE CAMPO GRANDE	RIO POTENGI	SÃO PAULO DO POTENGI	POTENGI
TRA01	AÇUDE INHARÉ	RIO TRAIRÍ	SANTA CRUZ	TRAIRÍ
TRA02	AÇUDE SANTA CRUZ	RIO TRAIRÍ	SANTA CRUZ	TRAIRÍ
TRA03	AÇUDE TRAIRÍ	RIO TRAIRÍ	TANGARÁ	TRAIRÍ