



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA**

## **DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**AVALIAÇÃO QUIMIOMÉTRICA DA INFLUÊNCIA DA CARCINICULTURA  
SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO DA RIBEIRA/SANTA RITA/PB**

**Aline Emanuela da Silva Anjos**



**João Pessoa – PB - Brasil  
Setembro/2009**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA**

## **DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**AVALIAÇÃO QUIMIOMÉTRICA DA INFLUÊNCIA DA CARCINICULTURA  
SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO DA RIBEIRA/SANTA RITA/PB**



Dissertação submetida ao programa de Pós-Graduação em química da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Química, área de concentração Química Analítica

**Orientadora: Teresa Cristina Bezerra Saldanha  
2º Orientadora: Ilda Antonieta Salata Toscano**

***João Pessoa – PB - Brasil  
Setembro/2009***

*A599a Anjos, Aline Emanuela da Silva.*

Avaliação quimiométrica da influencia da  
carcinicultura sobre a qualidade da água do Rio da  
Ribeira/Santa Rita-/PB / Aline Emanuela  
Da Silva Anjos. – João Pessoa, 2009.

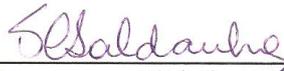
63p. : il

*Orientadora: Teresa Cristina Bezerra Saldanha*

*Dissertação (mestrado) UFPB/CCEN..*

# **Avaliação Quimiométrica da Influência da Carcinicultura sobre a Qualidade da Água do Rio Ribeira-Paraíba.**

Aprovada pela banca examinadora:



---

Profa. Dra. Teresa Cristina Bezerra Saldanha  
Orientadora



---

Profa. Dra. Ilda Antonieta Salata Toscano  
2ª. Orientadora



---

Profa. Dra. Marta Maria Menezes Bezerra Duarte  
Examinadora



---

Prof. Dr. Wallace Fragoso Duarte  
Examinador

## **Aos moços**

Eu sou aquela mulher  
a quem o tempo  
muito ensinou.  
Ensinou a amar a vida,  
Não desistir da luta.  
Recomeçar na derrota.  
Renunciar a palavras e pensamentos negativos.  
Acreditar nos valores humanos.  
Ser otimista.

Creio numa força imanente  
que vai ligando a família humana  
numa corrente luminosa  
de fraternidade universal.  
Creio na solidariedade humana.  
Creio na superação dos erros  
e angústias do presente.

Acredito nos moços.  
Exalto sua confiança,  
generosidade e idealismo.  
Creio nos milagres da ciência  
e na descoberta de uma profilaxia  
futura dos erros e violências  
do presente.

Aprendi que mais vale lutar  
do que recolher dinheiro fácil.  
Antes acreditar do que duvidar.

**Cora Coralina**

(1889-1985)

Aos meus pais, Manoel e Eliane

A meu esposo Romildo Júnior

Com amor,

Dedico

## AGRADECIMENTOS

- ✚ Primeiramente a Deus pela graça de poder viver e pelas pessoas que colocou em meu caminho;
- ✚ Aos meus pais, Manoel e Eliane, pelo amor, cuidado e apoio que sempre me deram em toda a minha jornada e sem os quais nada seria;
- ✚ Ao meu esposo Romildo Júnior pelo amor, apoio, paciência e pelas valiosas opiniões sobre este trabalho;
- ✚ A minha maravilhosa orientadora Teresa Saldanha por tudo que me ensinou, pela amizade e pela generosa acolhida que sempre me deu;
- ✚ A minha co-orientadora Ilda Toscano pelas contribuições nas horas de dúvida;
- ✚ A minha amiga Mônica Lacerda pelas discussões e pela companhia, sem a qual meus dias seriam incrivelmente solitários;
- ✚ Ao professor Mário Ugulino pelo apoio incondicional ao nosso pequeno grupo, apesar de tudo;
- ✚ A professora Vânia Medeiros pela iniciação no mundo da ciência;
- ✚ A Sara Regina pelos abraços quando necessitei, pelos sorrisos e pela compreensão de quem já passou por tudo que passei;
- ✚ Aos amigos Valmir Gomes, Danielly Martes, Martinelly Rodrigues, Emanuela pela ajuda durante este trabalho;
- ✚ Aos amigos do LAQA e do LEQA apenas por serem quem são;
- ✚ Ao senhor Urandir pela paciência em nos acompanhar e ao senhor "Vandinho" pelas coletas realizadas;
- ✚ Ao CNPq pela bolsa concedida;
- ✚ A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram com este trabalho,

MUITO OBRIGADA!!

## RESUMO

A carcinicultura é considerada hoje uma atividade econômica de grande importância mundial e o Brasil está entre os principais produtores, apresentando um potencial extraordinário para o cultivo do camarão marinho na zona litorânea, especialmente na região Nordeste. É inegável o aspecto positivo da carcinicultura, do ponto de vista econômico e social, mas ela tem causado preocupação aos órgãos de proteção e controle ambiental do Brasil (IBAMA) devido ao possível impacto sobre o ecossistema manguezal. Entretanto, ainda são escassas as informações disponíveis sobre o impacto da carcinicultura nos ecossistemas aquáticos da nossa região. O presente trabalho vem fornecer dados técnicos e científicos para subsidiar os órgãos de controle ambiental e contribuir para o desenvolvimento sustentável das áreas de cultivo e de seu entorno e para a preservação do ecossistema. Neste sentido, foi feito um estudo das alterações ambientais na qualidade da água devido ao lançamento de efluente de carcinicultura em um trecho do Rio da Ribeira, localizado em Livramento, município de Santa Rita-PB. Foram analisadas 288 amostras, coletadas em 3 pontos (Montante, Jusante e Viveiro) e 13 parâmetros foram medidos no período de Setembro de 2004 a Maio de 2009. Para interpretação dos dados foram aplicados os métodos quimiométricos HCA, PCA, análise discriminante (DA) e SIMCA. Os resultados obtidos não mostraram diferenças significativas entre os pontos Montante (M) e Jusante (J). Portanto, concluiu-se que a carcinicultura não tem causado alteração na qualidade da água do ambiente estudado.

**Palavras-Chave:** Carcinicultura, Quimiometria, Química Ambiental

## ABSTRACT

Shrimp farming is now considered an economic activity of major importance in the world and Brazil is among the major producers, with a great potential for cultivation of marine shrimp in the coastal zone, especially in the Northeast. The positive aspects of shrimp farming are undeniable, from the economic and social point of view, but it has caused concern to environmental control agencies of Brazil (IBAMA) due to possible impact on the mangrove ecosystem. However, there is still little information available about the impact of shrimp farming in aquatic ecosystems in our region. This work provides technical and scientific data to support the environmental control agencies and contribute to the development of cultivated areas and their surroundings and to preserve the ecosystem. So a study about the environmental changes in water quality due to the effluent from shrimp farming in a stretch of the Rio da Ribeira, located in Livramento, Santa Rita-PB was done. They were analyzed 288 samples collected at 3 points (Upstream, Downstream and Pond) and 13 parameters were measured in the period of September 2004 to May 2009. For interpretation of the data were applied the chemometric techniques HCA, PCA, Discriminant Analysis (DA) and SIMCA. The results showed no significant differences between the points Upstream (M) and Downstream (J). Therefore, it was showed that shrimp farming has caused no changes in water quality of the environment studied.

**Keywords:** Shrimp farming, chemometrics, environmental chemistry

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 – Camarão Marinho <i>Litopenaeus vannamei</i>	3
Figura 2 – Exportações por estado da região Nordeste nos anos de 2006 a 2008	4
Figura 3 – Agrupamento através de <i>single link</i>	20
Figura 4 – Bandeja com ração para camarão	24
Figura 5 – Localização do Rio da Ribeira no mapa	25
Figura 6 - Fotografia aérea do local de amostragem	25
Figura 7 – Foto do ponto de coleta montante (M)	28
Figura 8 – Foto do ponto de coleta jusante (J)	28
Figura 9 – Foto do ponto de coleta no viveiro (V)	29
Figura 10 – Distribuição dos resultados da variável salinidade nos três pontos de coleta ao longo do período de Set 2004-Maio 2009.	31
Figura 11 - Distribuição dos resultados da variável amônia nos três pontos de coleta ao longo do período de Set 2004-Maio 2009.	31
Figura 12 - Distribuição dos resultados da variável nitrito nos três pontos de coleta ao longo do período de Set 2004-Maio 2009.	32
Figura 13 – Distribuição dos resultados da variável nitrato nos três pontos de coleta ao longo do período de Set 2004-Maio 2009.	33
Figura 14 - Distribuição dos resultados da variável coliformes nos três pontos de coleta ao longo do período de Set 2004-Maio 2009.	34

Figura 15 –	Distribuição dos resultados da variável condutividade nos três pontos de coleta ao longo do período de Set 2004-Maio 2009.	35
Figura 16 –	Distribuição dos resultados da variável DBO nos três pontos de coleta ao longo do período de Set 2004-Maio 2009.	36
Figura 17 –	Distribuição dos resultados da variável fosfato nos três pontos de coleta ao longo do período de Set 2004-Maio 2009.	37
Figura 18 –	Distribuição dos resultados da variável OD nos três pontos de coleta ao longo do período de Set 2004-Maio 2009.	38
Figura 19 –	Distribuição dos resultados da variável pH nos três pontos de coleta ao longo do período de Set 2004-Maio 2009.	39
Figura 20 –	Distribuição dos resultados da variável temperatura nos três pontos de coleta ao longo do período de Set 2004-Maio 2009.	40
Figura 21 –	Distribuição dos resultados da variável turbidez nos três pontos de coleta ao longo do período de Set 2004-Maio 2009.	40
Figura 22 –	Distribuição dos resultados da variável sólidos totais nos três pontos de coleta ao longo do período de Set 2004-Maio 2009.	41
Figura 23 –	Dendrograma das médias das amostras dos pontos M, J e V.	42
Figura 24 –	Dendrograma das médias das amostras dos pontos M, J e V, sem a amostra 22J.	43
Figura 25 –	Gráfico dos escores de todas as coletas medidas. Utilizando validação cruzada e variância explicada total de 82% com 8 PC's no modelo. Evidenciando à direita o grupo formado pelas coletas 22 e 17 e à esquerda a coleta 12.	44
Figura 26 –	Gráfico dos pesos de PC1 x PC2 para o conjunto completo de amostras e variáveis (288 amostras e 13 respectivamente).	45

Figura 27 –	Resultado da análise discriminante com lambda de Wilks igual a 0,78782, sem discriminação dos três pontos de coleta.	47
Figura 28 –	Gráfico Coomans da classificação SIMCA das amostras do Jusante.	48
Figura 29 –	Gráfico Coomans da classificação SIMCA das amostras do Viveiro.	49

## LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 – Composição da ração para camarões.	6
Tabela 2 – Tabela 2 – Valores limites para os parâmetros estudados, de acordo com a resolução 357/05 do CONAMA.	14

## LISTA DE ABREVIACOES

ABCC	Associação Brasileira de Criadores de Camarão
AESA	Agencia executiva de gestão das águas do estado do estado da Paraíba
APHA	American Public Health Association
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DA	Análise Discriminante
DNIT	Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes
FA	Análise de Fatores
HCA	Análise Hierárquica de Agrupamento
IBAMA	O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
J	Jusante
M	Montante
PCA	Análise de Componentes Principais
SIMCA	Modelagem Independente por Analogia de Classes
V	Viveiro

## SUMÁRIO

	Página
1 – Introdução	1
1.1 – Aspectos gerais da carcinicultura	1
1.2 – Parâmetros monitorados e sua relevância	8
1.2.1 – Salinidade	8
1.2.2 – Temperatura	9
1.2.3 – Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	10
1.2.4 – pH	10
1.2.5 – Condutividade	10
1.2.6 – Fosfatos	11
1.2.7 – Amônia	11
1.2.8 – Nitrito	12
1.2.9 – Nitrato	12
1.2.10 – Oxigênio Dissolvido (OD)	12
1.2.11 – Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	13
1.2.12 – Turbidez	13
1.2.13 – Coliformes termotolerantes	14
1.2.14 – Limites máximos para os parâmetros estudados	14
1.3 – Dados Ambientais e a Quimiometria	15
1.3.1 – Pré-Processamento dos dados	17
1.3.2 – Análise Hierárquica de Agrupamentos (HCA)	18
1.3.3 – Análise de Componentes Principais (PCA)	20
1.3.4 – Análise Discriminante (DA)	21

1.3.5 – Modelagem Independente por Analogia de Classes (SIMCA)	21
2 – Objetivos	23
2.1 – Objetivo geral	23
2.2 – Objetivos específicos	23
3 – Metodologia Experimental	24
3.1 – Local de coleta	24
3.2 – Parâmetros monitorados	26
3.3 – Plano de amostragem	26
3.4 – Tratamento quimiométrico	29
4 – Resultados e Discussão	30
5 – Conclusões	51
6 – Propostas Futuras	52
7 – Referências	53
8 – Anexos	61
ANEXO I – Dados Climatológicos mensais e anuais de vários postos do estado da Paraíba, os quais representam médias de, no mínimo, trinta anos de dados e foram obtidos através da publicação SUDENE - Dados Pluviométricos do Nordeste - Série Pluviometria 5, Recife, 1990	61

## 1 – INTRODUÇÃO

### 1.1 – Aspectos gerais da carcinicultura

Aquicultura é um termo relativamente amplo, que pode ser entendido como cultivo de animais ou vegetais que necessitam dos ambientes aquáticos para o desenvolvimento de parte, ou da totalidade do seu ciclo vital. Assim, a aquicultura engloba os cultivos de peixes, camarões, ostras, mexilhões e rãs além de uma série de outros organismos praticamente desconhecidos pelos consumidores brasileiros, como algas, ouriço do mar e lagostim de água doce. (OSTRENSKY *et al*, 2006)

A aquicultura vem sendo cada vez mais utilizada como fonte de obtenção de alimento em nível mundial. Para manter a elevada produtividade dos organismos cultivados em sistemas artificiais, usualmente são introduzidos fertilizantes enriquecidos com nitrogênio, fósforo e suplemento alimentar industrializado na forma de ração. Na fertilização em tanques de aquicultura, o excedente em geral, não é aproveitado, e a alimentação por ração seca aumenta os níveis de amônia no meio, provavelmente em decorrência das excretas dos organismos e dos processos de decomposição. (CACAU,1999)

De acordo com KESTEMONT (1995, apud ARANA,2004) os principais impactos da aquicultura ao meio ambiente podem ser:

- ✚ Modificação da vazão e da temperatura da água;
- ✚ Aumento das concentrações de nitrogênio, fósforo, e material em suspensão, das demandas química e bioquímica de oxigênio;
- ✚ Diminuição da concentração de oxigênio dissolvido;
- ✚ Contaminação com substâncias químicas e antibióticos;
- ✚ Produção de sedimentos ricos em matéria orgânica;
- ✚ Excessiva floração de algas em águas eutrofizadas;
- ✚ Modificação do índice biótico (comunidades de invertebrados) e modificação do índice de integridade biótica (população de peixes);

- ✚ Poluição e erosão genética;
- ✚ Aumento do risco de disseminação de enfermidades.

Os impactos nos ecossistemas naturais dependem das espécies cultivadas, do método de cultivo, da hidrografia da região, do tipo de alimento fornecido e das práticas de manejo (CAO, *et al.*, 2007). Segundo MACEDO e SIPAÚBA-TAVARES (2005, apud PEREIRA, 2008), esses impactos podem ser causados principalmente pela geração de resíduos metabólicos, fezes e alimentos não consumidos.

Especificamente, a carcinicultura é a técnica de criação de camarões em viveiros, e hoje é considerada uma atividade econômica de grande importância mundial. Por outro lado, é uma das atividades que mais consomem água. Devido ao tamanho do espelho de água dos viveiros, o índice de evaporação é altíssimo. Como a atividade se desenvolve também às margens de rios e lagoas, utilizando água doce, em regiões onde o abastecimento de água é precário, como nas regiões do semi-árido, torna-se imprescindível o controle de um consumo de água tão elevado. (OLIVEIRA, 2006)

As primeiras iniciativas de cultivo de camarões no Brasil ocorreram na região Nordeste na década de 70 do século passado com a espécie exótica *Marsupenaeus japonicus*, sendo o Rio Grande do Norte considerado o berço da carcinicultura brasileira. O rumo da carcinicultura nacional começou a ser modificado a partir de 1994, quando foram realizados investimentos para otimização da performance reprodutiva em cativeiro e das práticas de cultivo e para adaptação da espécie *Litopenaeus vannamei* (Figura 1) às condições ambientais locais. (PEIXOTO, 2005)



Figura 1 – Camarão Marinho *Litopenaeus vannamei*

Fonte: [http://bioindonesia.org/index.php/PT\\_Charoen\\_Pokphand\\_Indonesia](http://bioindonesia.org/index.php/PT_Charoen_Pokphand_Indonesia)

Atualmente o Brasil está entre os principais produtores, apresentando um potencial extraordinário para o cultivo do camarão marinho na zona litorânea. De acordo com ROCHA (1998, apud CAMPOS, 2008), os fatores que colocam o Brasil em destaque mundial no cultivo de camarões marinhos são os seguintes: a) a adoção da espécie exótica *L. vannamei*, com o completo domínio do ciclo reprodutivo; b) a formação de banco de reprodutores; c) o aperfeiçoamento e desenvolvimento de tecnologia de manejo operacional; d) a disponibilidade de alimentos balanceados; e) a crescente demanda por camarão cultivado, tanto na esfera nacional quanto internacional.

Entre os anos de 2001 e 2005 ocorreu uma queda nas exportações e conseqüente queda de produção, devido principalmente à desvalorização do dólar, mas a partir do ano de 2005 ocorreu uma reação e a produção voltou a subir. Entre 2005 e 2007, a produção brasileira atingiu uma média de 65 mil toneladas e, a partir de 2008, quando chegou a 70 mil toneladas e a um faturamento de R\$ 300 milhões, ensaia uma recuperação que pode ser alavancada pelas exportações, especialmente para a Europa. A região Nordeste responde por 98% da produção nacional, sendo que o Rio Grande do Norte, com 42% e o Ceará, com 33%, concentram 75% da produção total. ([http://www.pesca.sp.gov.br/noticia.php?id\\_not=4092](http://www.pesca.sp.gov.br/noticia.php?id_not=4092)–acessado em 06/10/09)

A contribuição da Paraíba para as exportações do produto tem sido pequena como mostrado no quadro das exportações por estado do Nordeste (Figura 2).

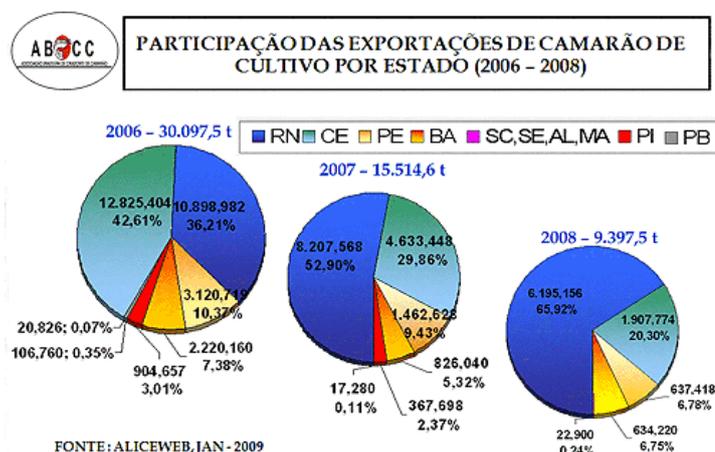


Figura 2 – Exportações por estado da região Nordeste nos anos de 2006 a 2008.  
Fonte: ABCC, 2009

O camarão cultivado é intensivo no uso de mão-de-obra ao gerar, nas condições da tecnologia em uso no Brasil, dois empregos diretos por hectare de viveiro produtivo, considerando toda a sua cadeia produtiva (laboratório, fazenda e centro de processamento). Em relação aos empregos indiretos, vale lembrar que a produção do camarão demanda importantes insumos industriais como alimentos concentrados, fertilizantes, calcário, bem como uma variedade de equipamentos como aeradores mecânicos, equipamentos de frio, equipamentos e materiais elétricos e de laboratórios de larvicultura, medidores de parâmetros hidrológicos, entre outros. Levando em conta todos esses requisitos, pode-se estimar que para cada emprego direto, o camarão cultivado está gerando dois e meio empregos indiretos. (ABCC, 2009)

Apesar dos aspectos econômicos e sociais positivos, a carcinicultura tem causado preocupação aos órgãos de proteção e controle ambiental do Brasil (IBAMA, CONAMA), devido ao caráter impactante. Os criatórios de camarões afetam, sobretudo o ecossistemas manguezais, considerados um dos mais complexos do planeta e de fundamental importância na

geração e produção de vida animal (ALFREDO,2006, apud OLIVEIRA, 2006).

Os manguezais são formações florestais que ocorrem em áreas abrigadas do litoral tropical, no ponto de contato entre o continente e o mar e constituem um dos ambientes mais dinâmicos do planeta (LACERDA,2006). Ocupam uma fração significativa do litoral brasileiro, cerca de 92% da linha de costa ( $\pm 6.800$  km), e desempenham papel fundamental na estabilidade da geomorfologia costeira, na conservação da biodiversidade e na manutenção de amplos recursos pesqueiros, geralmente utilizados pela população local. Estes ecossistemas são classificados como Área de Proteção Permanente – APP – de acordo com o Código Florestal Brasileiro de 1965, e com a Resolução CONAMA nº 303/2002.

Os danos ambientais da carcinicultura instalada em áreas de manguezais foram relacionados com a diminuição da produtividade pesqueira, soltura involuntária de espécies exóticas e competição com espécies nativas, disseminação de doenças, lançamento de efluentes sem prévio tratamento nos corpos hídricos, salinização do solo e do lençol freático, entre outros.

No contexto da preocupação ambiental devido à carcinicultura, um fato a ser considerado é a quantidade e a frequência do arraçoamento do viveiro, que deve ser de 1 Kg de ração por Kg de camarão três vezes ao dia. A composição típica da ração para camarões é mostrada na Tabela 1. Uma quantidade excessiva em relação à população de camarão no viveiro causa a deposição de ração não consumida no fundo do tanque. Por sua vez, este material estimula a multiplicação de fitoplânctons e a atividade bacteriana na água, aumentando as taxas de consumo de oxigênio. Com o incremento de material acumulado, proveniente da ração não consumida, há maior demanda por oxigênio, o que pode tornar-se um fator limitante no meio. Em última instância, os processos de degradação de matéria orgânica e a absorção de nutrientes são interrompidos. Isto causa a eutrofização ou enriquecimento do ambiente de cultivo afetando o viveiro

e áreas adjacentes (NUNES, 2000). Além disso, os tanques podem conter espécies químicas bioacumuláveis que interferem no equilíbrio termodinâmico do viveiro, apresentando risco de toxicidade, mesmo em baixas concentrações. (BARROS,2006)

Tabela 1 – Composição da ração para camarões.

<b>Minerais</b>	<b>Enriquecimento por Kg da Ração</b>
Umidade (max.)	13%
Proteína Bruta (min.)	35%
Extrato Etéreo(min.)	8%
Fibra (max.)	6%
Cinzas (max.)	13%
Cálcio (max.)	3%
Fósforo (min.)	0,7%
Magnésio (g)	0,4
Manganês (mg)	10
Cobre (mg)	50
Zinco (mg)	100
Iodo (mg)	0,3
Selênio (mg)	0,15
Vitamina A (UI)	3800
Vitamina D3 (UI)	1900
Vitamina E (UI)	140
Vitamina K (mg)	20
Ácido Fólico (mg)	7
Colina (mg)	1400
Biotina (mg)	0,20
Niacina (mg)	130
Pantotenato de Cálcio (mg)	40
Tiamina (mg)	15
Riboflavina (mg)	20
Piridoxina (mg)	20
Vitamina B12(mcg)	20
Vitamina C (mg)	130

Fonte: Purina do Brasil ([http://www.nutrimentospurina.com.br/produtos\\_camaroes\\_linha.asp](http://www.nutrimentospurina.com.br/produtos_camaroes_linha.asp), acessado em 05/10/09)

Segundo ARANA (2004, apud MARTINS, 2007) as práticas de manejo podem provocar uma eutrofização artificial, evidenciando-se uma reação

em cadeia de causas e efeitos, cuja característica principal é a quebra da estabilidade do sistema. Este autor enfatiza que à medida que aumentam as densidades de estocagem (indivíduos/m<sup>2</sup> ou m<sup>3</sup>), o aporte alimentar também aumenta, contribuindo ainda mais para a deterioração da qualidade da água e do solo.

Apesar disso, algumas pesquisas demonstram que a atividade polui menos que outras atividades agropecuárias. Segundo NUNES (2002, apud CAMPOS, 2008), os efluentes da carcinicultura apresentam melhor qualidade físico-química quando comparados às descargas domésticas tratadas. Além disso, muitas fazendas de criação de camarões apresentam melhor qualidade nos efluentes quando comparadas aos afluentes. Em alguns casos, os afluentes precisam ser submetidos a um tratamento prévio e a uma desinfecção para permitir sua utilização no cultivo.

Diante da preocupação de aliar o crescimento da atividade produtiva com o desenvolvimento sustentável, vem sendo recomendada a prática da carcinicultura de acordo com o "Código de Conduta e de Práticas de Manejo para o Desenvolvimento de uma Carcinicultura Ambiental e Socialmente Responsável" e com a Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que é adotada como referência para o despejo de efluentes de atividades agrícolas e industriais. O objetivo do código é proteger as reservas naturais de manguezais tendo em vista a manutenção da qualidade de vida nos ambientes estuarinos e o fortalecimento da biodiversidade dos ecossistemas costeiros, buscando assegurar a preservação das florestas de mangues e a sustentabilidade ambiental, tanto em relação ao cultivo do camarão marinho, como da atividade extrativa nas áreas adjacentes.

Hoje a tecnologia em uso no Brasil é o resultado de um esforço de validação de práticas tecnológicas, muitas das quais voltadas para manter a qualidade da água e, portanto, para minimizar os possíveis efeitos dos efluentes do cultivo no meio ambiente. Algumas dessas práticas são: o uso corrente da aeração mecânica para aumentar a disponibilidade de oxigênio dissolvido; o uso de bandejas tipo comedouro que permitem a

dosagem racional da ração eliminando metabólitos e bactérias indesejáveis; o tratamento do fundo de viveiros para corrigir problemas de acidez do solo, entre outras. Essas práticas contribuem para manter a água com boa qualidade reduzindo ou eliminando possíveis impactos ambientais dos efluentes.

Para justificar ou para eliminar a preocupação dos órgãos de controle ambiental, é necessário que haja dados técnicos e científicos para subsidiá-los a fim de garantir o desenvolvimento sustentável das áreas de cultivo e de seu entorno e a preservação do ecossistema.

Todavia, até o presente, a despeito da relevância da problemática apresentada, tanto pelo aspecto econômico quanto e principalmente pelo aspecto ambiental, poucas são as informações disponíveis sobre o impacto da carcinicultura nos ecossistemas aquáticos da região Nordeste.

Assim sendo, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de contribuir para diminuir esta lacuna de informações através da realização de um estudo das alterações ambientais na qualidade da água de um trecho do Rio da Ribeira, situado na cidade de Santa Rita-PB, onde estão situadas algumas fazendas de criação de camarão.

### 1.2 – Parâmetros de monitoramento e sua relevância

Para monitorar a qualidade de água nos tanques de cultivo e nos receptores de efluentes de carcinicultura tomou-se como base a Resolução 357/05 do CONAMA. As variáveis escolhidas para o monitoramento são listadas a seguir juntamente com a relevância de cada uma delas.

#### 1.2.1 - Salinidade

Por definição, a salinidade representa os sólidos totais na água após todos os carbonatos terem sido convertidos em óxidos, todos os brometos

e iodetos terem sido substituídos pelos cloretos e toda a matéria orgânica tiver sido oxidada. São esperadas altas concentrações de sais em áreas áridas ou semi-áridas, onde as evaporações normalmente são maiores do que as precipitações. Quando a água evapora de um corpo d'água, a concentração dos sais aumenta. Como a precipitação contém também traços de sais, a evaporação, após uma chuva, concentra estes sais no solo, os quais podem ser levados pela irrigação e, assim retornar ao curso d'água ou, durante as fracas chuvas, fluir pela terra. (BÉCKER, 2001)

Neste estudo a salinidade foi utilizada para classificar o rio em questão de acordo com a resolução CONAMA 357/05, que utiliza a salinidade do meio e o tipo de uso do ambiente.

### 1.2.2 – Temperatura

A temperatura influencia não só os parâmetros físicos e químicos, como também o metabolismo das espécies aquáticas. Peixes e camarões são animais pecilotermos, isto é, a temperatura de seu sangue não é internamente regulada. Em vista disso, a temperatura ambiental tem um profundo efeito sobre o crescimento, à taxa de alimentação e o metabolismo destes animais (LAEVASTU e HAYES, 1984, apud ARANA, 2004).

Cada espécie possui uma temperatura ótima de crescimento de modo que grandes variações neste parâmetro comprometem o crescimento e podem ser letais. Um aumento na temperatura provoca danos indiretos na flora e fauna aquática, pois os seres movimentam-se mais em água quente logo, aumenta o consumo de oxigênio dissolvido. Segundo BOYD, 2005, a maioria das espécies de peixes e camarões desenvolve-se melhor em temperaturas entre 25 e 33 graus.

### 1.2.3 - Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

Os teor de sólidos totais dissolvidos (STD) consistem nos resíduos que permanecem num recipiente após evaporação de uma amostra e secagem numa determinada temperatura.

O STD é um parâmetro importante, pois está diretamente relacionado às variáveis OD, pH, taxa de fotossíntese e outros. Um elevado valor de STD pode ser prejudicial para algumas espécies, pois dificulta a fotossíntese e conseqüentemente reduz a taxa de OD. (BÉCKER, 2001)

### 1.2.4 – pH

A medida do pH é importante para o controle da poluição, pois possui um profundo efeito no metabolismo dos organismos aquáticos. A melhor faixa de pH para viveiros de aquicultura é de 7,0 a 8,5. Valores maiores que 11,0 e menores que 4,0 causam mortalidade das espécies aquáticas. Normalmente as águas são ligeiramente alcalinas devido à presença de carbonatos e bicarbonatos. (BOYD,1995)

### 1.2.5 – Condutividade

Condutividade é a expressão numérica da capacidade da água conduzir corrente elétrica. Este número vai depender da concentração total das substâncias dissolvidas e ionizadas, da temperatura na qual a medida é feita, da mobilidade de cada substância iônica dissolvida e de seus estados de oxidação. (BÉCKER, 2001)

Este parâmetro fornece importantes informações sobre o metabolismo do tanque, ajudando a detectar fontes poluidoras no sistema. Altos valores de condutividade indicam grau de decomposição elevado enquanto valores baixos indicam acentuada produção primária (algas e microrganismos aquáticos) sendo, portanto, uma maneira de

avaliar a disponibilidade de nutrientes nos ecossistemas aquáticos. (LOGATO, 2009)

### 1.2.6 – Fosfatos

O fósforo é um elemento essencial à vida aquática, é um excelente nutriente, não apresenta toxicidade, mas pode promover o crescimento excessivo de algas e a conseqüente eutrofização do meio. Os teores de fosfato são normalmente pequenos, na superfície dos oceanos e zonas costeiras não poluídas variando de 0 a  $1\mu\text{mol/L P-PO}_4^{3-}$ . Altas concentrações indicam fontes de contaminação antrópicas. (AMINOT & CHAUSSEPIED, 1983)

### 1.2.7 – Amônia

O nitrogênio amoniacal está presente na água e é dosado sob duas formas dissolvidas: amônia ( $\text{NH}_3$ ) e íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), cuja razão  $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$  depende do pH, da temperatura e da salinidade ou da composição iônica no ambiente amostrado. Em altas concentrações a amônia causa problemas de crescimento e até a mortalidade de animais aquáticos. As membranas dos animais são relativamente permeáveis ao  $\text{NH}_3$ , mas não ao  $\text{NH}_4^+$ , sendo a forma não ionizada mais tóxica. (ARANA, 2004)

Devido à toxicidade da forma  $\text{NH}_3$ , o favorecimento de sua formação representa um problema para águas de elevado pH, quando recebem altas cargas de nitrogênio amoniacal (CARMOUZE, 1994). Em pH ácido a fração  $\text{NH}_4^+$  é predominante no equilíbrio, e em pH básico predomina a fração  $\text{NH}_3$ , especialmente a baixas temperaturas, pois nessa condição, os animais diminuem sua capacidade de excretar amônia. Assim, a combinação destes fatores pode aumentar a toxicidade do meio.

### 1.2.8 – Nitrito

Nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) é um estado intermediário do nitrogênio, tanto pela oxidação da amônia a nitrato como pela redução do nitrato. Raramente ele é encontrado em águas potáveis em níveis superiores a 0,1 mg/L. Nitritos podem ser encontrados na água como produto da decomposição biológica, devido à ação de bactérias ou outros microorganismos sobre o nitrogênio amoniacal ou originados de efluentes industriais.

O efeito mais importante do nitrito em animais aquáticos refere-se à capacidade desta espécie para oxidar a hemoglobina do sangue, convertendo-a em meta-hemoglobina (incapaz de transportar oxigênio), provocando assim a morte dos organismos por asfixia. (ARANA,2004)

### 1.2.9 – Nitrato

O nitrato é o produto final da oxidação da amônia, e é a forma mais estável do nitrogênio em solução aquosa. O efeito tóxico do nitrato não é tão importante como o das duas outras formas de nitrogênio aquoso, o que justifica o uso de fertilizantes à base de nitrato e não de amônia. Contudo, em altas concentrações, podem ocorrer efeitos tóxicos e ainda sua conversão a  $\text{NO}_2^-$  e  $\text{NH}_3$  aumentando a toxicidade do meio. (ARANA, 2004)

### 1.2.10 - Oxigênio Dissolvido (OD)

O Oxigênio é o gás mais abundante na água depois do nitrogênio, e também o mais importante, para a sobrevivência dos organismos aquáticos. (PIPER, *et al*, 1989). Quando os níveis de OD se encontram muito baixos nos tanques de aquicultura, os organismos cultivados podem estressar-se e até mesmo morrer (MADENJIAN, *et al*,1987, apud, ARANA,2004). As principais fontes de oxigenação da água são a

fotossíntese e a difusão do ar atmosférico; em um viveiro de aquicultura adiciona-se ainda a aeração mecânica.

A concentração de oxigênio dissolvido na água varia continuamente durante o dia, em consequência de processos físicos, químicos e biológicos. Em lagoas, pode mudar drasticamente durante um período de 24 horas (LOGATO,2009). Durante o dia o nível de OD eleva-se até alcançar o nível máximo, devido, quase que totalmente, aos processos fotossintéticos. Já durante a noite, a respiração biológica e a oxidação química do sedimento provocam perda substancial do OD presente nos tanques. (ARANA, 2004)

As concentrações de oxigênio devem ser mantidas o mais próximo possível da saturação. Mas abaixamentos para 4-5 mg/L à noite e elevações para 12-18 mg/L durante o dia são aceitáveis. Quando as concentrações de OD caem abaixo de 3-4 mg/L pode-se esperar impactos negativos no crescimento e sobrevivência dos organismos. (BOYD, 1995)

### 1.2.11 - Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A DBO pode ser entendida como a quantidade de oxigênio necessária para a oxidação aeróbia da matéria orgânica, através da ação das bactérias. A informação mais importante que esse parâmetro fornece é sobre a fração dos compostos biodegradáveis presentes no efluente, logo, são muito utilizados para avaliar o potencial poluidor de efluentes domésticos e industriais em termos de consumo de oxigênio. (ROCHA, 2004)

### 1.2.12 – Turbidez

A turbidez na água é causada pela presença de material em suspensão tais como, areia, argila, material orgânico e inorgânico finamente dividido, plânctons e outros seres microscópicos. Uma alta turbidez impede a entrada de luz solar no corpo d'água diminuindo

conseqüentemente a fotossíntese; por outro lado uma turbidez muito baixa significa a ausência de fauna e flora assimilável pelos peixes e camarões. (BÉCKER, 2001)

### 1.2.13 - Coliformes termotolerantes

Devido à grande dificuldade para identificação dos vários organismos patogênicos encontrados na água, dá-se preferência a métodos que permitam a identificação de bactérias do "grupo coliforme" que, por serem habitantes normais do intestino humano, existem obrigatoriamente, em águas poluídas por matéria fecal.

A presença destas bactérias em um corpo hídrico indica a contaminação recente por efluente urbano doméstico (esgoto), visto que o período de sobrevivência desta bactéria fora do organismo é de apenas algumas horas.

### 1.2.14 – Limites para os parâmetros estudados

O rio da Ribeira não possui classificação oficial pelo CONAMA (Resolução 357/2005), mas a partir do uso da água, de relatórios técnicos anteriores e dos resultados da salinidade obtidos, neste estudo ele foi enquadrado na classe 2 para águas salobras, tendo esta classe os limites especificados pela tabela 2.

Tabela 2 – Valores limites para os parâmetros estudados, de acordo com a resolução 357/05 do CONAMA para a classe 2 de águas salobras.

<b>Parâmetro</b>	<b>Limite</b>
Amônia	≤ 0,7 mg/L N
Coliformes termotolerantes	≤ 2500 NMP
Fósforo total	≤ 0,186 mg/L P
Nitrato	≤ 0,7 mg/L N

Nitrito	$\leq 0,2 \text{ mg/L N}$
OD	$\geq 4 \text{ mg/L O}_2$
pH	6,5 a 8,5

As demais variáveis medidas (turbidez, STD, condutividade, salinidade, DBO e temperatura) não têm limites fixados pela referida resolução para a classe considerada.

Dados ambientais não podem ser interpretados isoladamente, pois em geral há muita correlação entre as variáveis. Um bom exemplo é a correlação entre a salinidade e a condutividade, já que a presença de sais na água a torna capaz de conduzir corrente elétrica.

A interdependência entre as variáveis deve ser considerada porque a alteração em um parâmetro pode influir em toda a dinâmica aquática, por exemplo, a variação de pH pode influir na toxicidade da amônia, pois o pH interfere no equilíbrio  $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ .

Outros fatores ambientais que podem e devem ser levados em conta são sazonalidade, pluviosidade e maré que podem ser modeladas implicitamente com análise multivariada.

Para a avaliação completa de um banco de dados ambientais, é recomendável uma combinação de análises univariada e multivariada visando à compreensão das variáveis individuais e de suas correlações.

### 1.3 Dados Ambientais e a Quimiometria

Dados ambientais são caracterizados por uma inerente variabilidade causada por fatores naturais, antropológicos, temporais, espaciais e até erros experimentais (EINAX, 1997).

Técnicas quimiométricas são úteis na caracterização da qualidade de água e sua variabilidade especial e temporal causada por fatores naturais ou antrópicos (SINGH, *et al.*, 2004).

A quimiometria agrupa várias técnicas extremamente úteis para planejamento e otimização de experimentos (PIMENTEL *et al.*, 1998, HONORATO *et al.*, 2002), processamento de sinais (GALVÃO *et al.*, 2004, GALVÃO *et al.* 2001a), seleção de variáveis e amostras (PONTES *et al.*, 2005, DANTAS-FILHO *et al.*, 2004, ARAUJO *et al.*, 2001, GALVÃO *et al.*, 2001), reconhecimento de padrões e classificação de amostras (PONTES *et al.*, 2005, COSTA *et al.*, 2004), calibração multivariada (DANTAS-FILHO *et al.*, 2004, ARAUJO *et al.*, 2001, GALVÃO *et al.*, 2001b), transferência de calibração (HONORATO *et al.*, 2005), entre outros. (apud NETO, 2008)

A obtenção de dados ambientais envolve a medida de vários parâmetros (variáveis) em várias amostras (objetos). Para a avaliação de dados multidimensionais são aplicados métodos quimiométricos multivariados.

A observação individual das diversas variáveis monitoradas em um ambiente aquático pode mostrar resultados significativos sobre o ambiente e sua condição original, bem como auxiliar na caracterização do impacto sofrido pelo meio. Contudo, a análise univariada não é capaz de inferir as diferentes interações entre essas variáveis, perdendo-se assim, informações relevantes que refletem melhor as características do conjunto de dados. Considerando essa natureza multivariada dos dados ambientais e a interdependência entre as variáveis estudadas, as técnicas de análise quimiométricas multivariadas mostram-se uma poderosa ferramenta no tratamento desses dados. Tal fato é facilmente comprovado pela vasta coleção de artigos na área (ZIMMERMANN, *et al.*, 2008; KAZI, *et al.*, 2009; YABE, *et al.*, 1998).

Em BENGRAINE & MARHABA, 2003, durante 1 ano foram medidas 20 variáveis físico-químicas e biológicas em 12 pontos de amostragem do rio Passaic nos Estados Unidos para avaliar a variação da qualidade da água utilizando a técnica de análise de componentes principais. Como resultado

foi possível mostrar o impacto de natureza orgânica, biológica e química, proveniente de fontes naturais, urbanas e industriais.

Em NONATO *et al.*, 2007, o ambiente estudado foi o rio das Velhas, em Minas Gerais, durante o período de 12 meses nos anos de 2003 e 2004, com 37 pontos de amostragem e 39 parâmetros em toda a bacia do rio. A PCA mostrou que dos 39 parâmetros medidos apenas 22 explicam 80% da variância dos dados e mostrou também correlações entre estações próximas, evidenciando a possibilidade de diminuição do número de parâmetros e de estações de coleta, resultando assim num programa de monitoramento mais eficiente e econômico. Este estudo mostra uma característica muito útil das ferramentas quimiométricas, a possibilidade de redução das variáveis por meio da observação das variáveis correlacionadas.

SOJKA, *et. al.*, 2008 fizeram uma avaliação quimiométrica da qualidade de água no rio Mala Welna na Polônia, medindo 14 parâmetros entre os meses de maio e novembro de 2006, utilizando Análise Hierárquica de Agrupamentos (HCA), Análise de Componentes Principais (PCA), Análise Discriminante (DA) e Análise de Fatores (FA). Foi evidenciada a distribuição das amostras em três grupos caracterizados por níveis de poluição e foi possível também encontrar focos de poluição distintos ao longo do rio.

ZIMMERMAN e colaboradores (2001) avaliaram o impacto das atividades industriais e urbanas ao leito do rio Tibagi, em Ponta Grossa, no estado do Paraná, utilizando PCA medindo 14 parâmetros em três pontos. O estudo mostrou o impacto à jusante do distrito industrial de Ponta Grossa por fontes de contaminação pontuais e difusas.

### 1.3.1 – Pré Processamento dos dados

Existem basicamente três tipos de pré-processamento aplicáveis às variáveis: a centralização dos dados na média, que consiste na subtração dos elementos de cada linha pela média da sua respectiva coluna, o

escalonamento, onde cada elemento de uma linha é dividido pelo desvio padrão da sua respectiva variável, fazendo com que todos os eixos da coordenada sejam conduzidos à mesma escala e, conseqüentemente, cada variável fica com o mesmo peso, e o auto-escalonamento, que consiste em centralizar os dados na média e efetuar o escalonamento. Desta forma, as variáveis terão médias zero e desvios padrões igual a um. Tanto o escalonamento quanto o autoescalonamento são utilizados quando se pretende atribuir a mesma importância às variáveis do sistema de investigação. (MASSART *et al.*, 1997, BEEBE *et al.*, 1998, apud NETO,2008)

Dados ambientais geralmente contêm informações quantitativas com diferentes ordens de grandeza e o autoescalonamento é indicado, pois torna os dados adimensionais, além de possibilitar a combinação entre as variáveis e dar a importância relativa a elas no conjunto de dados.

### 1.3.2 – Análise Hierárquica de Agrupamento (HCA)

A HCA é um método de reconhecimento de padrões não supervisionado que agrupa as amostras com base nas semelhanças entre elas. A HCA examina basicamente, a distância média entre todas as amostras e apresenta como resultado um gráfico bidimensional chamado dendrograma. (BEEBE, 1998)

O dendrograma dá um sumário visual do processo de agrupamento, apresentando uma figura dos grupos e de sua proximidade no espaço da distância relativa entre as amostras, facilitando a visualização de padrões. (OTTO, 1998)

O processo para gerar um dendrograma consiste em:

- I. Inicialmente cada amostra ou cada variável é tratada como um agrupamento (do inglês: *cluster*);
- II. Escolhe-se uma definição de distância (por ex.: Euclidiana, *City Block*, etc.)

- III. Une-se o par de grupos mais próximo, de modo a formar um novo *cluster*;
- IV. Para cada *cluster* formado, calcula-se o ponto representativo formado usando métodos tais como: método de Ward, *Single Link*, *Complete Linkage*, etc.
- V. Repetem-se as etapas II a IV até que reste um único cluster. (STATSOFT,1998)

A distância euclidiana é a medida de distância mais comumente empregada. Ela se refere à medida da distância entre dois pontos (amostras) ligados por um segmento de reta. A equação para o cálculo desta distância é:

$$\text{distance}(x,y) = \{ \sum_i (x_i - y_i)^2 \}^{1/2} \quad (1)$$

O processo *single link* une os pontos ou grupos de pontos usando a distância Euclidiana entre os vizinhos mais próximos. A figura 3 ilustra tal processo usando 5 amostras fictícias. O processo se dá primeiro pela união das duas amostras mais próximas entre si (A e B na Figura 3-I), depois se mede a distância entre as amostras restantes entre si e entre elas e o grupo AB. Neste exemplo a distância entre D e E é a menor, formando então o grupo DE (Figura 3-II), que se liga à amostra C (Figura 3-III), que se liga finalmente ao grupo inicial AB (Figura 3-IV), formando um único grupo.

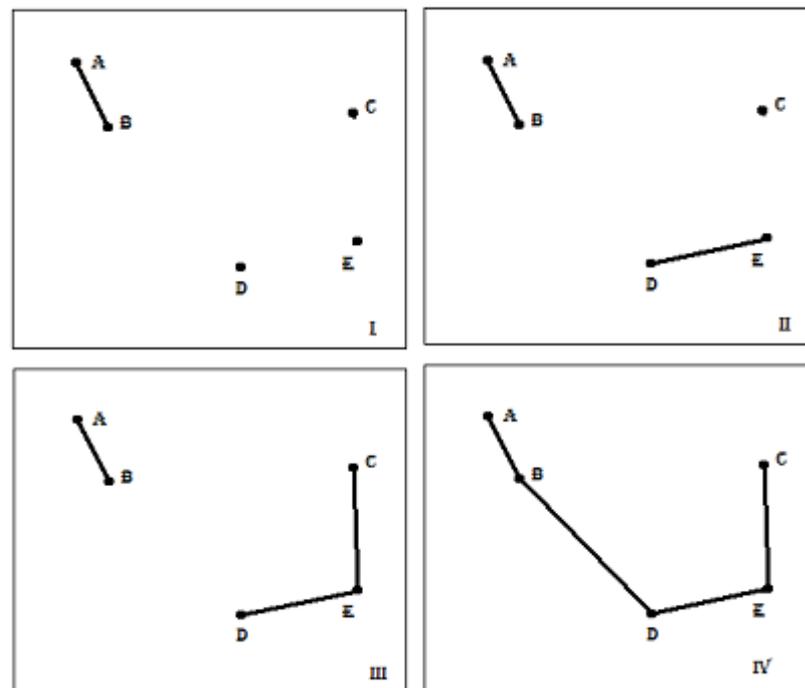


Figura 3 – Agrupamento através de *single link*. (Fonte: Adaptado de BEEBE, 1998)

### 1.3.3 - Análise de Componentes Principais (PCA)

A análise por componentes principais consiste em projetar os objetos (pontos), na direção do espaço dimensional das variáveis que contenham a maior quantidade de informação (variância) possível. Como resultado, obtém-se um novo sistema de eixos ortogonais denominados componentes principais (PCs) que permite separar a parte sistemática dos dados do ruído aleatório. Como as primeiras PCs contêm a maior variância dos dados, é possível representar as informações mais relevantes do conjunto de dados usando um número pequeno de componentes. (MASSART, *et al.*, 1997; WISHART, *et al.*, 1978) Por outro lado, as informações irrelevantes (ruído nos dados) aparecem nas últimas componentes principais. (SOUZA, 2007)

A análise de componentes principais é uma ferramenta muito útil no tratamento de dados ambientais devido à característica sempre multivariada destes dados e devido ao volume de informação coletada. Como a PCA se baseia em variáveis latentes (combinações lineares das

variáveis originais), às vezes a interpretação dos dados se torna mais difícil. Entretanto, as variáveis latentes revelam informações não perceptíveis a partir das variáveis originais.

### 1.3.4 - Análise Discriminante (DA)

Em análise discriminante, novas características sintéticas são criadas como combinações lineares das características originais, o que deve indicar as diferenças entre as classes, em contraste com as variâncias dentro das classes. (EINAX, 1997). A DA é usualmente utilizada para complementar os resultados da PCA, pois esta enfatiza as similaridades entre as amostras enquanto a DA enfatiza as diferenças, fazendo-as técnicas complementares. (STATSOFT,1998)

O lambda de Wilks é um parâmetro do modelo de DA que fornece a medida da capacidade discriminante do modelo, ou seja, quanto mais próximo de um o lambda de Wilks, menos discriminante é o modelo. Outro parâmetro da DA é a medida da tolerância de uma variável que mostra o grau de redundância desta. Por exemplo, se a tolerância de uma variável é de 0,1 ela é 90% redundante. (STATSOFT,1998)

No presente trabalho o objetivo principal é aplicar os parâmetros de qualidade de água para construir um modelo (uma função discriminante) que permita uma avaliação da variabilidade espacial e temporal da qualidade da água.

### 1.3.5 - Modelagem Independente por Analogia de Classes (SIMCA)

SIMCA é o método mais popular para descrever estruturas em um banco de dados. Em SIMCA uma componente principal é construída para cada classe e um número suficiente de eixos é escolhido para reter o máximo possível da variância para cada classe. (GEMPERLINE, 2006)

Para cada classe ou grupo de amostras previamente estabelecido, um modelo PCA é construído delimitando estatisticamente uma região espacial. Amostras futuras podem ser avaliadas como pertencentes à sua classe verdadeira se possuírem características que possam ser inseridas no espaço multidimensional de um dos agrupamentos (BEEBE *et al.*, 1998, FLATEN *et al.*, 2004, apud NETO, 2008)

No caso deste estudo, a quimiometria foi utilizada para avaliar o impacto do efluente de carcinicultura sobre a qualidade da água do rio da Ribeira por meio de comparação entre os pontos montante e jusante.

## 2 – Objetivos

### 2.1 - Objetivo Geral

- ✚ Avaliar o impacto da carcinicultura sobre a qualidade da água do rio da Ribeira, no município de Santa Rita.

### 2.2 - Objetivos Específicos

- ✚ Aplicar técnicas quimiométricas de análise exploratória e de classificação a dados obtidos das amostras do rio da Ribeira, com vistas a um possível diagnóstico ambiental da região;
- ✚ Sugerir um monitoramento mais econômico da qualidade da água do rio da Ribeira.

### 3 – METODOLOGIA EXPERIMENTAL

#### 3.1 – Local de coleta

O presente estudo foi desenvolvido na Fazenda Galé, situada na localidade de Livramento, distrito de Santa Rita, no Estado da Paraíba, onde estão situados tanques de cultivo de camarão marinho da espécie *Litopenaeus vannamei* esta espécie é adotada, por ser a mais adaptada às condições de cultivo.

O ambiente estudado foi o rio da Ribeira afluente do rio Paraíba, o rio não possui classificação oficial, então, uma avaliação do uso da água foi feita, e definida a classe 2 para águas salobras como referência, com base em dados de salinidade e de estudo no local.

A fazenda possui sete viveiros e um total de 17 ha de área alagada, utiliza o sistema de recirculação parcial de água, com uma média de povoamento de 15 camarões/m<sup>2</sup>, o que constitui um cultivo semi-intensivo. A alimentação é feita com ração comercial pelo sistema de bandejas (Figura 4), onde a quantidade de ração recomendada é adicionada diariamente de acordo com a necessidade, para evitar o desperdício, visto que este é o insumo mais caro. A localização no mapa e uma fotografia aérea do local são apresentados nas figuras 5 e 6, respectivamente.



Figura 4 - Bandeja com ração para camarão.

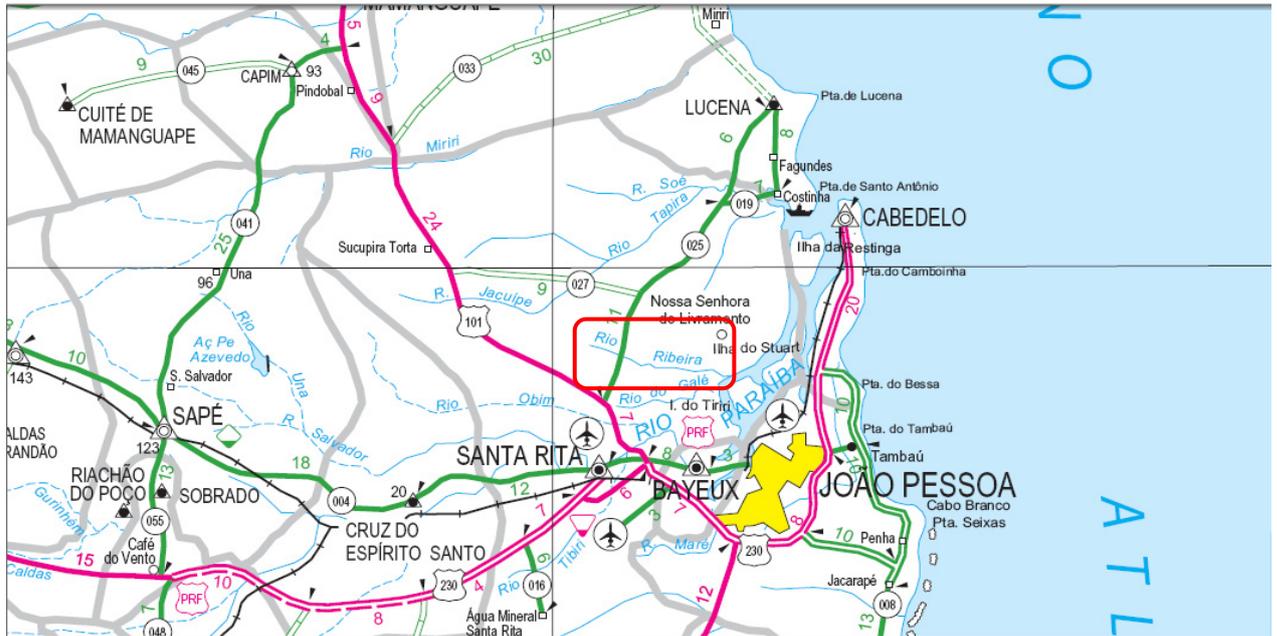


Figura 5 – Localização do Rio da Ribeira no mapa. (Fonte: DNIT – Mapa Rodoviário do Estado da Paraíba.

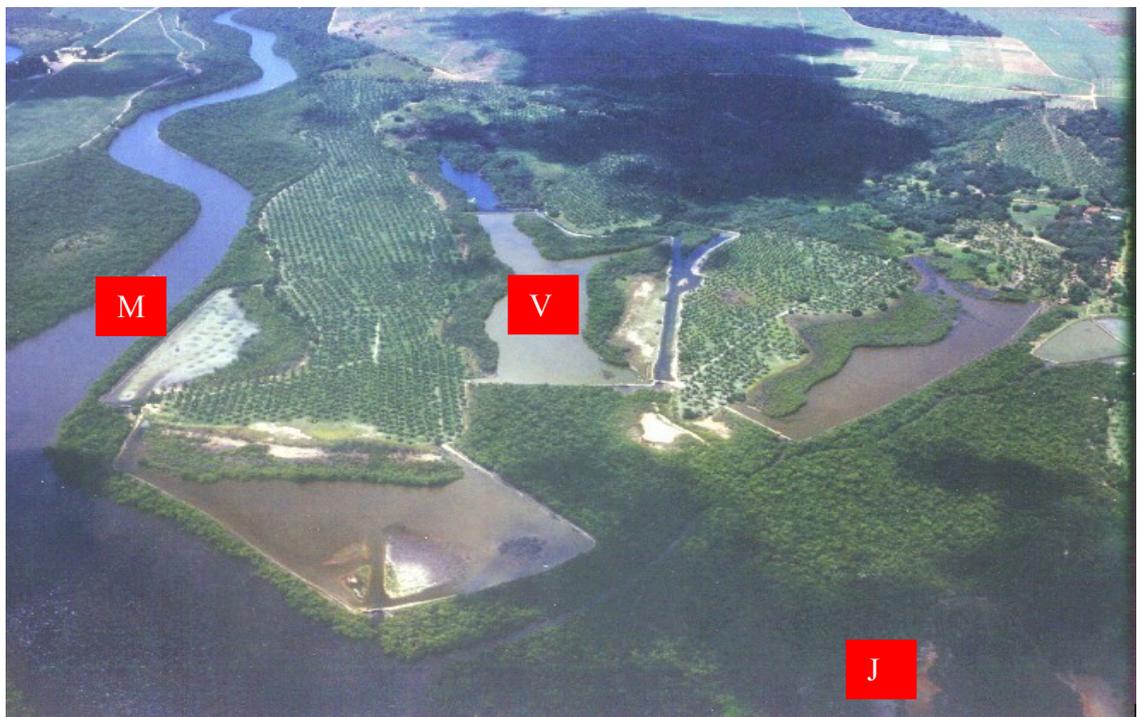


Figura 6 – Fotografia aérea do local de amostragem.

O sistema de troca das águas por recirculação parcial é dependente da altura da maré. Quando a maré está baixa, as comportas dos tanques são abertas para escoamento de aproximadamente 30% da água, após isso são novamente fechadas; conforme a maré vai subindo e ocorre a elevação do nível da água do rio, as comportas são novamente abertas e a água passa pelas comportas completando o volume dos tanques. Com este sistema, cerca de 1/3 da água dos viveiros é renovada diariamente, garantindo a aeração necessária para a sobrevivência dos camarões e a diluição dos nutrientes acumulados, diminuindo, assim o impacto causado ao leito do rio.

### 3.2 – Parâmetros Monitorados

Foram medidos os seguintes parâmetros de qualidade de água indicados para a carcinicultura: Amônia, Nitrito, Nitrato, Fosfato (Espectrofotômetro UV-VIS HP 8453), OD, DBO, Temperatura (Oxímetro WTW DurOx 325), Coliformes Termotolerantes (Substrato Cromogênico ONPG-MUG - COLILERT<sup>®</sup>), pH (pHmetro Tecnal TEC3MP), Condutividade, Salinidade (Condutivímetro SCHOTT CG853), Turbidez (Turbidímetro Policontrol AP2000IR), Sólidos Totais (Gravimetria). Os métodos utilizados para as análises das amostras são as recomendadas pelo Standard Methods of Water and Wastewater. (APHA,1998)

### 3.3 – Plano de Amostragem

As amostras de água superficial foram coletadas no Rio da Ribeira, sempre no período da manhã e em dois pontos: a 100 m a montante do ponto de lançamento dos efluentes (M) (Figura 7), a 100 m a jusante (J) (Figura 8). Um terceiro ponto, dentro de um dos viveiros (V) (Figura 9) também foi investigado.

Os pontos de coleta do rio foram escolhidos por indicação da Superintendência de Administração do Meio Ambiente (SUDEMA), o ponto

montante é na margem esquerda do rio ao lado do viveiro (Jaqueira); o jusante foi escolhido por receber o efluente de 5 dos 7 viveiros da fazenda, localizado ao lado do viveiro São José; o viveiro (Brito) foi escolhido pela facilidade de acesso e por ser o maior viveiro da fazenda.

Foram realizadas 35 coletas em triplicata, no período de Setembro de 2004 a Maio de 2009, dentre elas duas coletas (18 amostras) foram utilizadas para a adaptação das metodologias de análise, visto que o Standard Methods define métodos para águas doces e nossa matriz é salobra. Então foram consideradas 33 coletas (288 amostras).

As amostras foram coletadas em frascos específicos para cada grupo de análise. Para sólidos totais, pH, condutividade e turbidez foram utilizados frascos PET de 2 litros de capacidade; para coliformes um frasco de vidro de 100 mL esterilizado foi usado; para os nutrientes um frasco de vidro âmbar de 1 litro previamente lavado com ácido clorídrico 10% e ainda para DBO um frasco específico estéril de volume aproximado de 300 mL.

As variáveis OD e temperatura foram medidas *in situ*; DBO, coliformes, pH, condutividade, turbidez foram medidos no mesmo dia e sólidos totais no dia seguinte. As alíquotas reservadas para análises dos nutrientes foram filtradas e congeladas até a data da análise. O congelamento das amostras para estas análises seguiu recomendação do Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. (APHA,1998)



Figura 7 – Foto do ponto de coleta montante (M).



Figura 8 – Foto do ponto de coleta jusante (J).



Figura 9 – Foto do ponto de coleta no viveiro (v).

### 3.4 – Tratamento Quimiométrico

Os tratamentos quimiométricos aplicados aos dados foram Análise Hierárquica de Agrupamentos (HCA), Análise de Componentes Principais (PCA) e técnicas de classificação como Análise Discriminante (DA) e Modelagem Independente por Analogia de Classes (SIMCA). Todo o tratamento quimiométrico foi realizado utilizando os pacotes computacionais STATISTICA 8 (StatSoft, Inc), e UNSCRAMBLER 9.1 (CAMO).

Numa análise quimiométrica, espera-se observar grupos bem definidos de objetos que permita inferir as suas características, ou mesmo associá-los a determinadas causas. Portanto, neste estudo uma separação marcante dos grupos de amostras de Montante e Jusante evidenciaria um impacto significativo do viveiro no ambiente estudado, enquanto uma pequena separação entre as amostras indicaria similaridade entre os pontos de coleta e um impacto não significativo no meio.

### 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise univariada encontram-se nas Figuras de 10 a 22 que mostram as variações dos diversos parâmetros ao longo do período de investigação. Os gráficos foram construídos utilizando as médias das triplicatas para melhor visualização das variações. Para os parâmetros contemplados na resolução CONAMA 357/05 constam em seus gráficos uma linha representando o limite dado por esta.

A salinidade foi utilizada para classificar o ambiente com relação ao tipo de água e ajudar no enquadramento dela nas classes da resolução CONAMA. Águas salobras são aquelas com salinidade entre 0,5‰ e 30‰.

A salinidade do ambiente define, junto com outros fatores, o tipo de fauna e flora existente no local e ainda suas características físicoquímicas. Com exceção das coletas 13 e 14 e ainda o ponto coleta 12V todas as outras amostras estão nessa faixa de salinidade, sendo razoável classificar a água do rio da Ribeira como salobra. Os resultados encontram-se na figura 10.

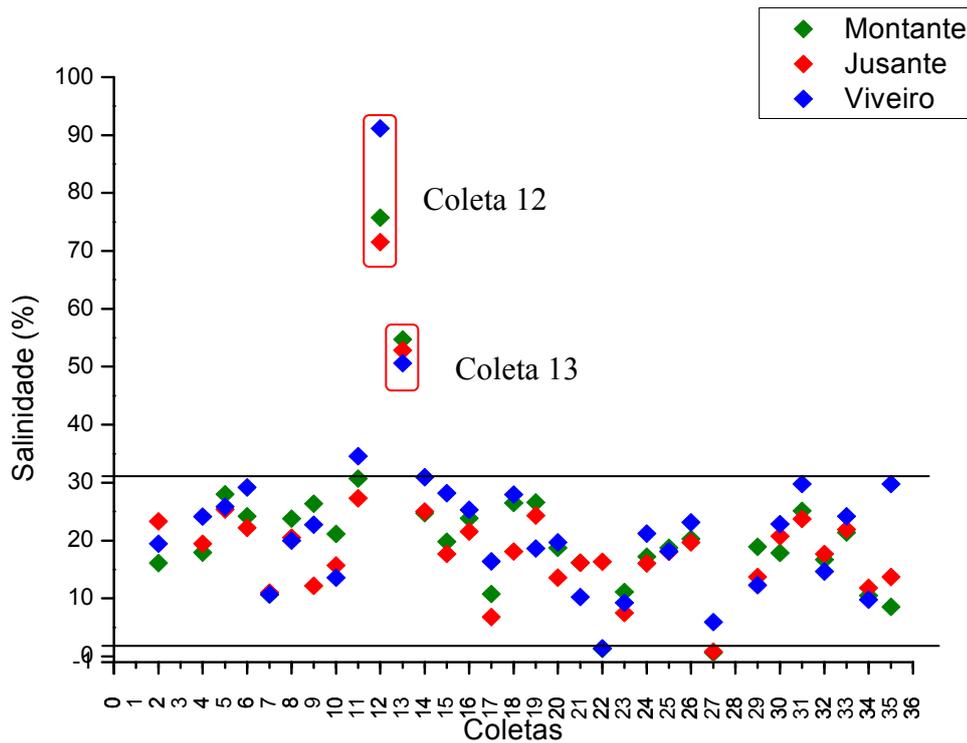


Figura 10 – Distribuição dos resultados da variável salinidade nos três pontos de coleta ao longo do período de Set 2004-Maio 2009.

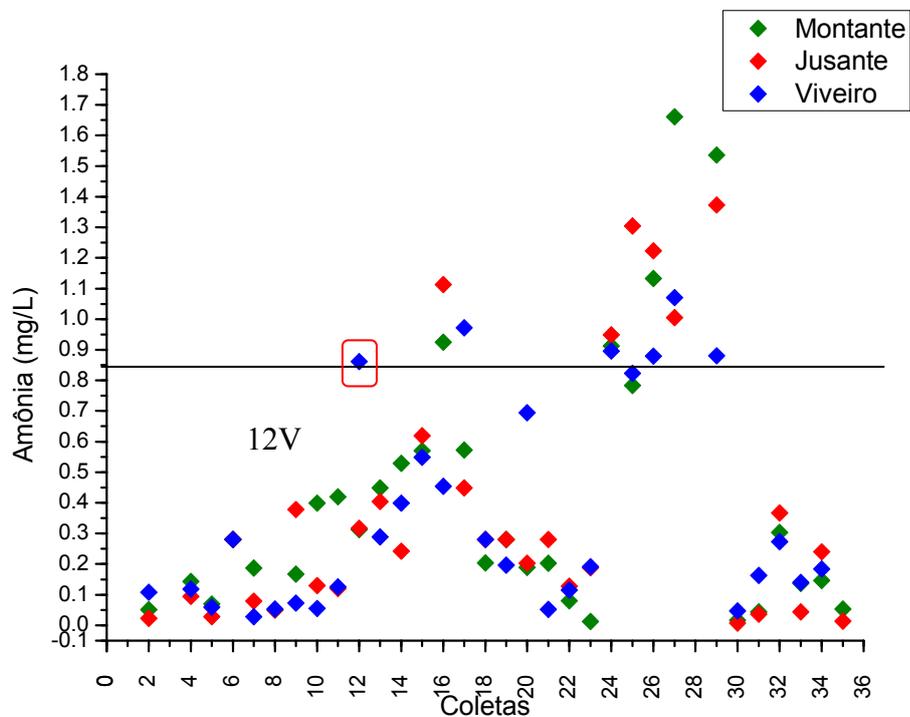


Figura 11 – Distribuição dos resultados da variável amônia nos três pontos de coleta ao longo do período de Set 2004-Maio 2009.

A variável amônia ( $\text{NH}_3$ ) tem limite máximo estabelecido pelo CONAMA de 0,7 mg/L N (0,85mg/L  $\text{NH}_3$ ) e portanto, como mostra a figura 11, algumas amostras apresentaram teor de amônia acima deste limite. Entretanto, dentre essas, apenas a amostra 12V está separada dos pontos M e J; as demais vêm de coletas das quais todo o conjunto (M, J e V) ficou fora do referido limite. Este fato mostra que a alteração não é causada pelo viveiro. A média de concentração das amostras foi de  $0,379 \pm 0,39$ .

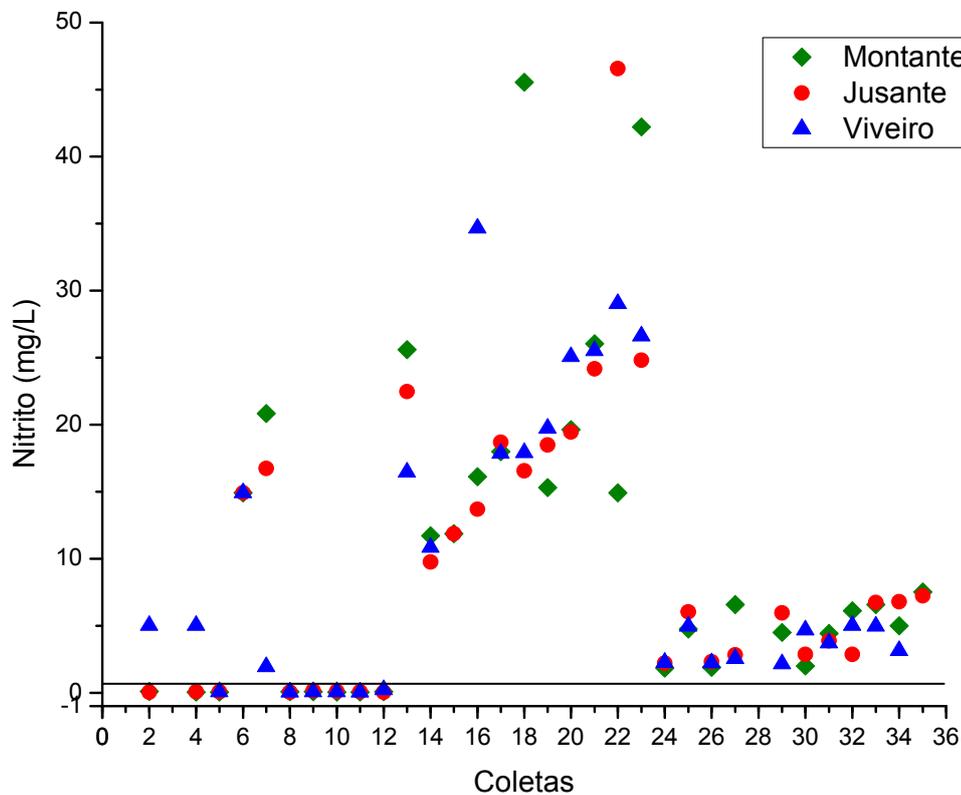


Figura 12 - Distribuição dos resultados da variável nitrito nos três pontos de coleta ao longo do período de Set 2004-Maio 2009.

Para a variável nitrito, ( $\text{NO}_2^-$ ), o limite do CONAMA é de 0,2 mg/L N (0,66 mg/L de  $\text{NO}_2$ ), e a figura 12 mostra que a maioria das amostras apresentaram-se acima deste limite nos três pontos, a média foi de  $10,44 \pm 12,2$ . Em visitas ao local de estudo, pode-se verificar a existência de

plantação de cana de açúcar e de outros viveiros de camarões e peixes, de forma que essas podem ser as causas da alteração nos valores dos nitrogênios nos sistema investigado.

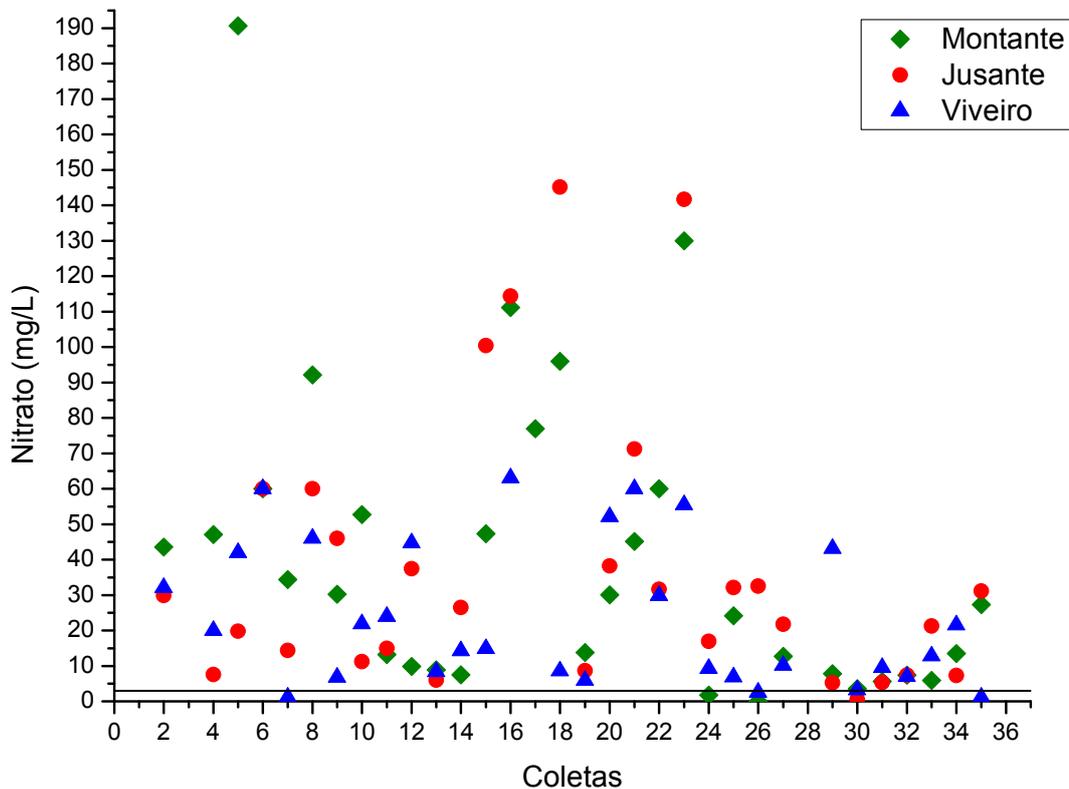


Figura 13 - Distribuição dos resultados da variável nitrato nos três pontos de coleta ao longo do período de Set 2004-Maio 2009.

A variável nitrato, ( $\text{NO}_3^-$ ), tem limite do CONAMA de 0,7 mg/L N (3,1 mg/L  $\text{NO}_3^-$ ) e a maioria das amostras (Figura 13) apresentaram concentrações acima desse limite nos três pontos. Na coleta número 5, encontra-se um valor para o ponto M de 190 mg/L de nitrato, enquanto nos pontos J e V, os valores estão por volta de 50mg/L, sugerindo a ocorrência de um evento no ponto M naquela data. Durante todo o período a média de concentração de nitrato foi de 43,14 mg/L, muito acima do limite especificado para esta variável, considerando que os três pontos de coleta apresentam-se acima podemos associar este fato com as culturas ao redor da fazenda.

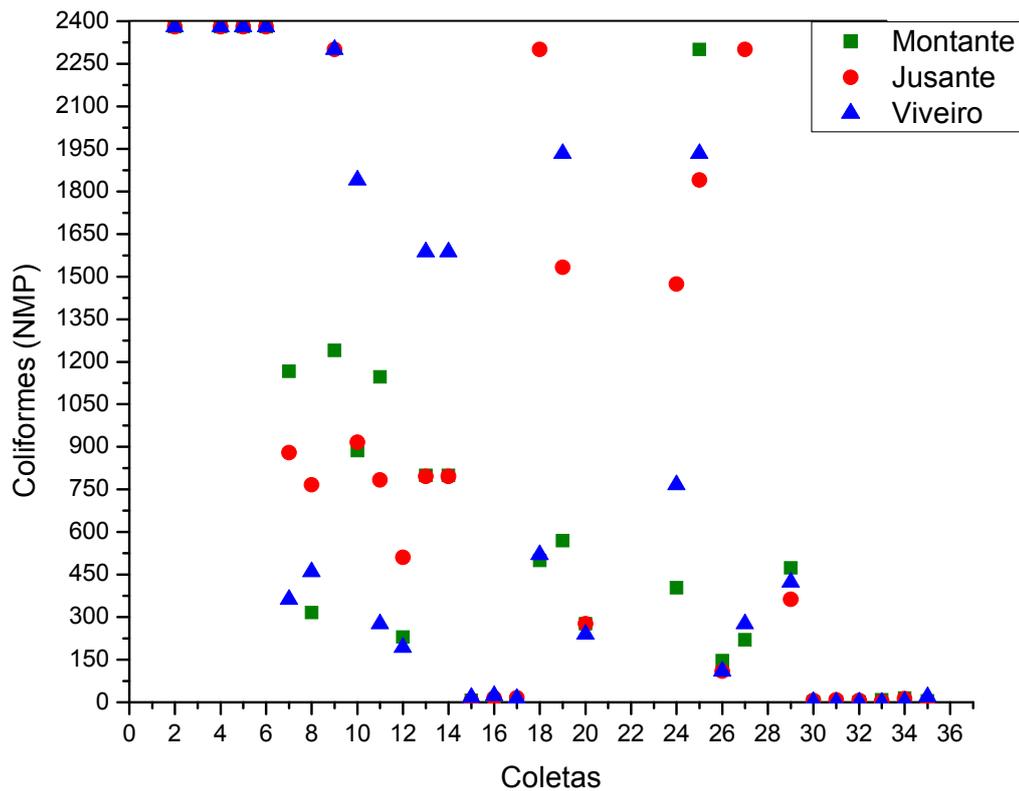


Figura 14 – Distribuição dos resultados da variável coliformes nos três pontos de coleta ao longo do período de Set 2004-Maio 2009.

Valores muito altos de coliformes em um meio significam contaminação por despejo recente de esgoto doméstico. Por outro lado, a ausência dessa bactéria pode igualmente indicar impacto, embora diferente, devido à presença de esgotos com alta temperatura, ricos em produtos químicos tóxicos ou de valores extremos de pH, ácido ou básico. A resolução CONAMA estipula um máximo de 2500 NMP para coliformes e, neste estudo, nenhuma amostra ficou fora deste limite, como mostrado na figura 14, com uma média de 1700 NMP, que se pode explicar pela presença de comunidades e variados tipos de culturas agrícolas nas circunvizinhanças.

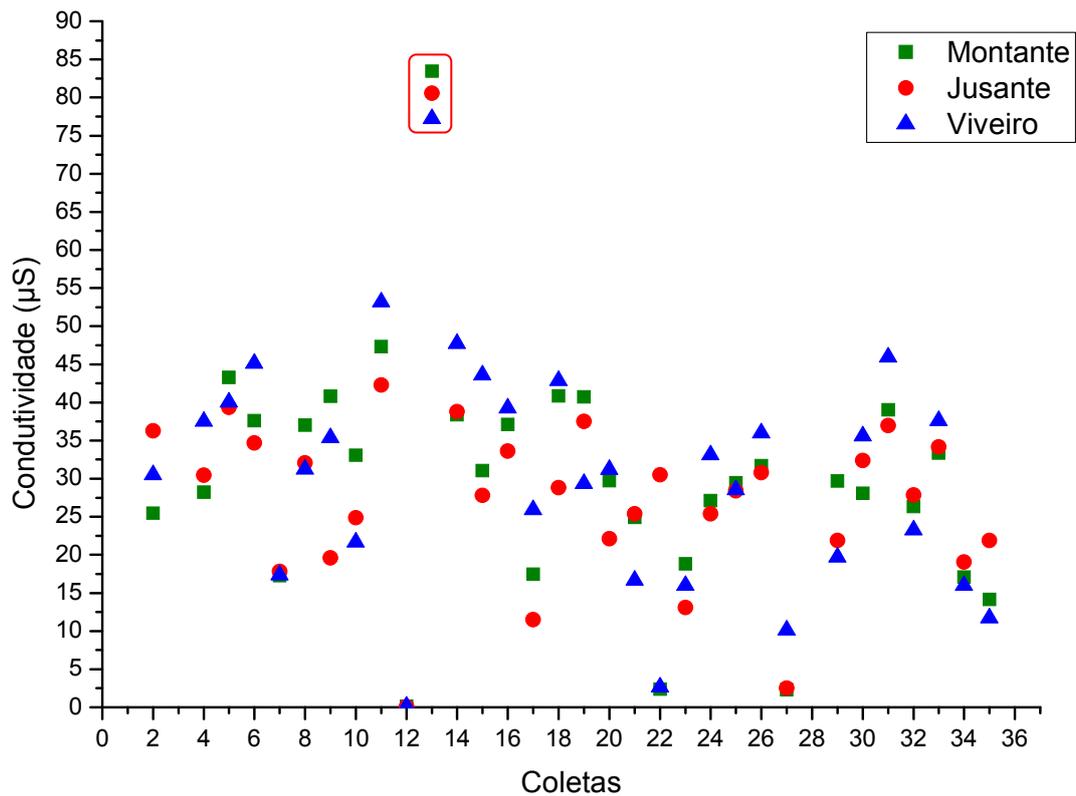


Figura 15 – Distribuição dos resultados da variável condutividade nos três pontos de coleta ao longo do período de Set 2004-Maio 2009.

Durante o período estudado a condutividade se manteve relativamente estável, o que é esperado para o local, visto que a estabilidade da salinidade já foi estabelecida e considerando a correlação das duas variáveis, podemos dizer que qualquer adição de sais pelo cultivo não afeta significativamente esta variável. Podemos destacar a coleta 13 que apresentou um aumento nos três pontos (Figura 15) que pode ser explicado pela maré alta combinada com a baixa pluviosidade do período, ou ainda por uma contribuição anterior a montante. A resolução CONAMA não estipula limites para esta variável.

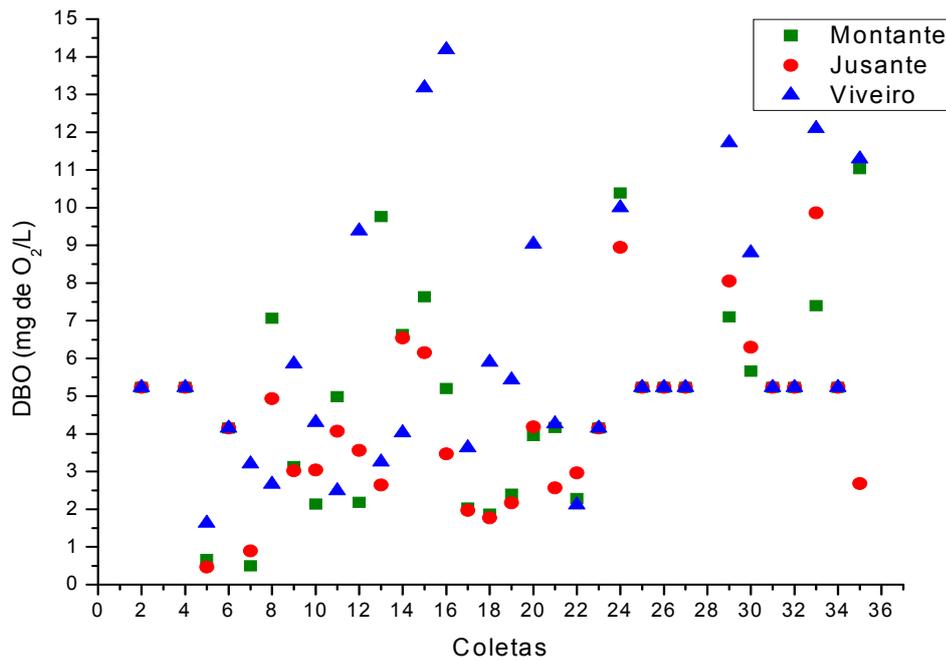


Figura 16 – Distribuição dos resultados da variável DBO nos três pontos de coleta ao longo do período de Set 2004-Maio 2009.

A DBO é um parâmetro muito importante na verificação da qualidade da água de um ambiente, pois valores muito altos dessa variável indicam aporte de matéria orgânica e nutrientes, podendo causar eutrofização do meio. O ambiente estudado não apresentou valores extremos de DBO (Figura 16). A resolução CONAMA não estipula limites para essa variável.

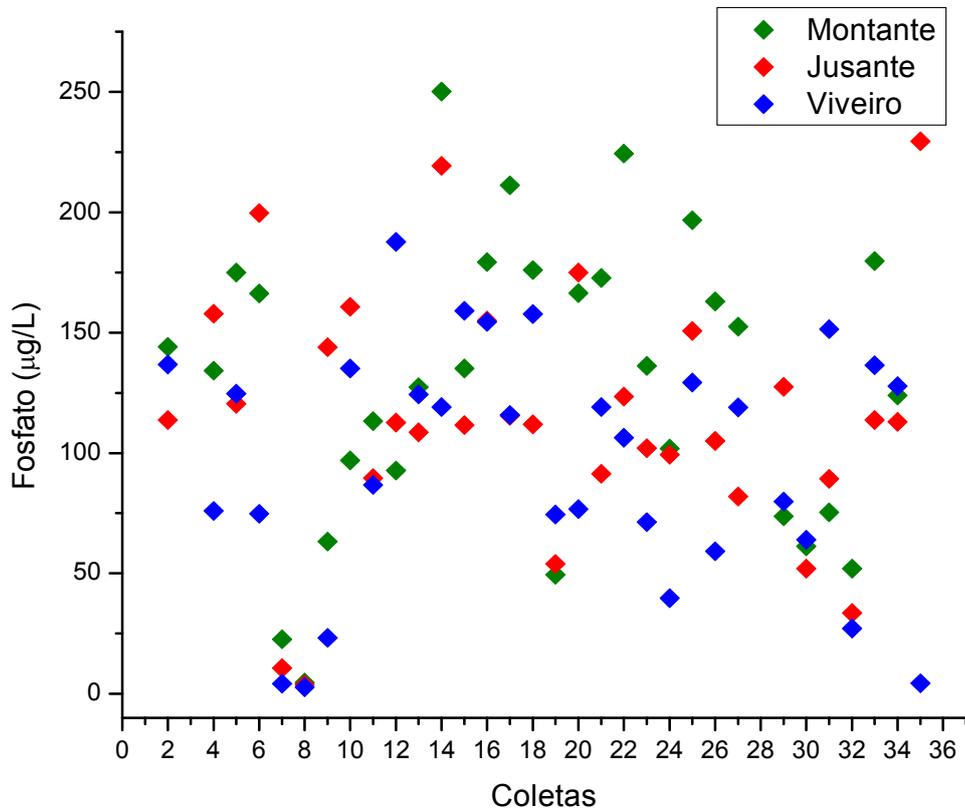


Figura 17 – Distribuição dos resultados da variável fosfato nos três pontos de coleta ao longo do período de Set 2004-Maio 2009.

A concentração do fósforo é extremamente importante para medir a eutrofização de uma água uma vez que os fosfatos estão presentes em fertilizantes e na ração utilizada. A resolução CONAMA estabelece limites para fósforo total de 0,124 mg/L P equivalente a 0,38 mg/L  $PO_4^{3-}$ . As amostras coletadas encontraram-se dentro do limite, o que corrobora os resultados de OD e DBO com relação a não eutrofização do meio. Os resultados para fosfatos no ambiente estudado encontram-se na figura 17.

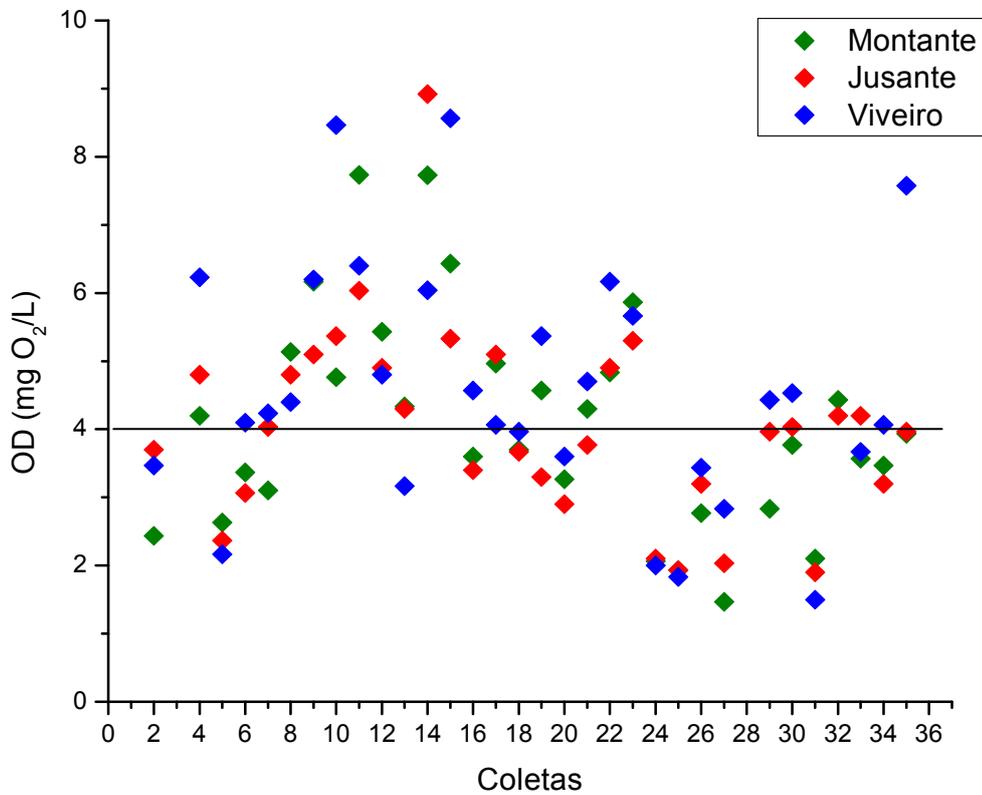


Figura 18 – Distribuição dos resultados da variável OD nos três pontos de coleta ao longo do período de Set 2004-Maio 2009.

A resolução CONAMA estipula o valor mínimo de O<sub>2</sub> dissolvido na água de 4 mg/L. Alguns valores de OD medidos ficaram abaixo do limite mínimo (Figura 18), o que pode ser justificado pelos valores de DBO e coliformes que apontaram para uma alta concentração de matéria orgânica, o que causa um alto consumo de oxigênio verificado desde montante até jusante.

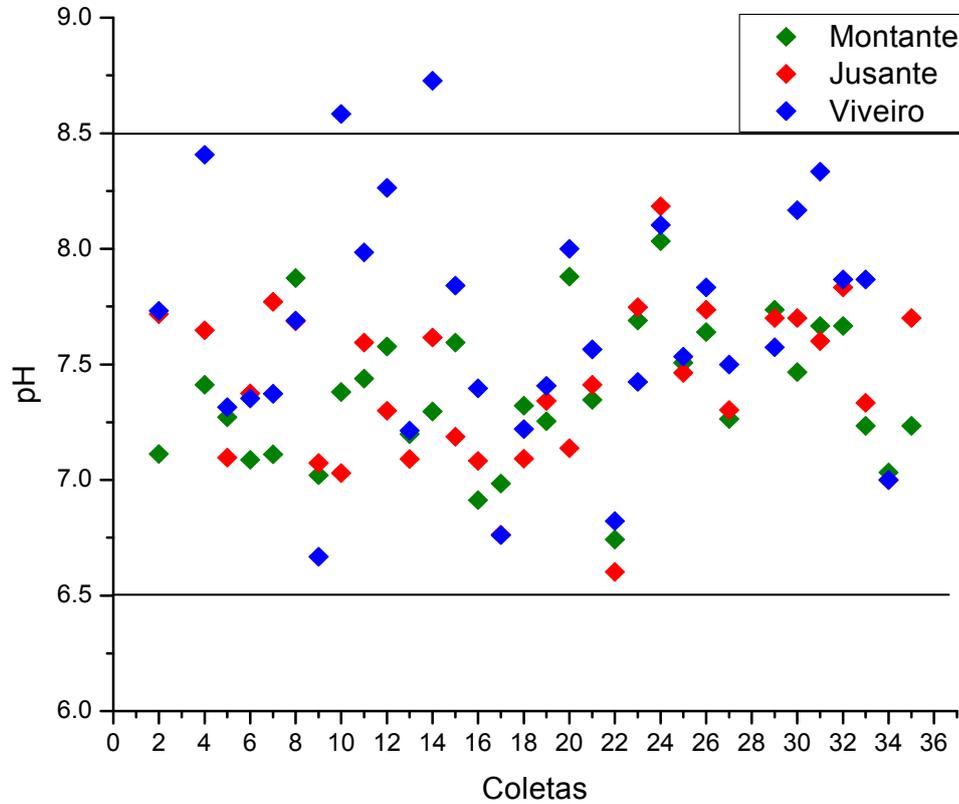


Figura 19 – Distribuição dos resultados da variável pH nos três pontos de coleta ao longo do período de Set 2004-Maio 2009.

Os organismos aquáticos sobrevivem na faixa de pH entre 6,5 e 8,5. Duas amostras do viveiro apresentaram pH maior que 8,5 nas coletas 10 e 14 (Figura 19), com valores de 8,6 e 8,7, respectivamente, o que não pode ser apontado como problema. Nos pontos M e J, não foram registrados eventos relacionados ao pH.

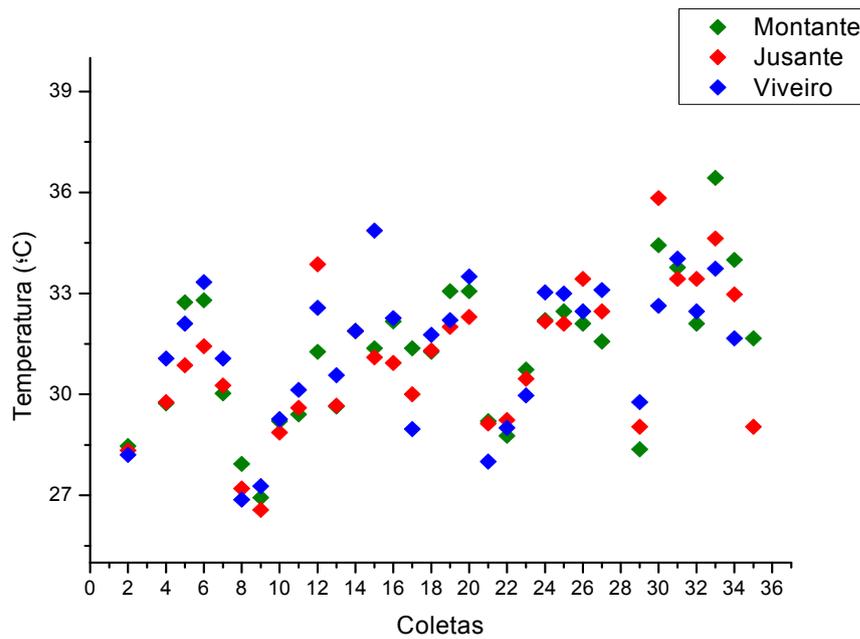


Figura 20 – Distribuição dos resultados da variável temperatura nos três pontos de coleta ao longo do período de Set 2004-Maio 2009.

O Nordeste brasileiro possui um clima característico e durante o período estudado apresentou variações de temperatura compatível com o clima da região, como mostrado na figura 20.

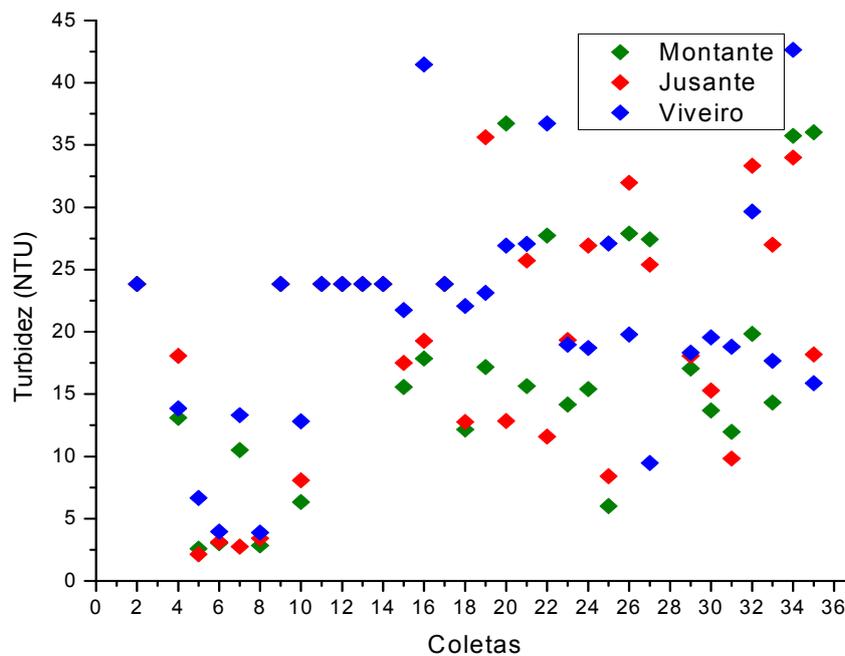


Figura 21 – Distribuição dos resultados da variável turbidez nos três pontos de coleta ao longo do período de Set 2004-Maio 2009.

A turbidez medida no período (Figura 21) apresentou-se variável, mas sem valores anômalos, confirmando a condição de não eutrofização do meio e corroborando os resultados de DBO e OD (Figuras 16 e 18).

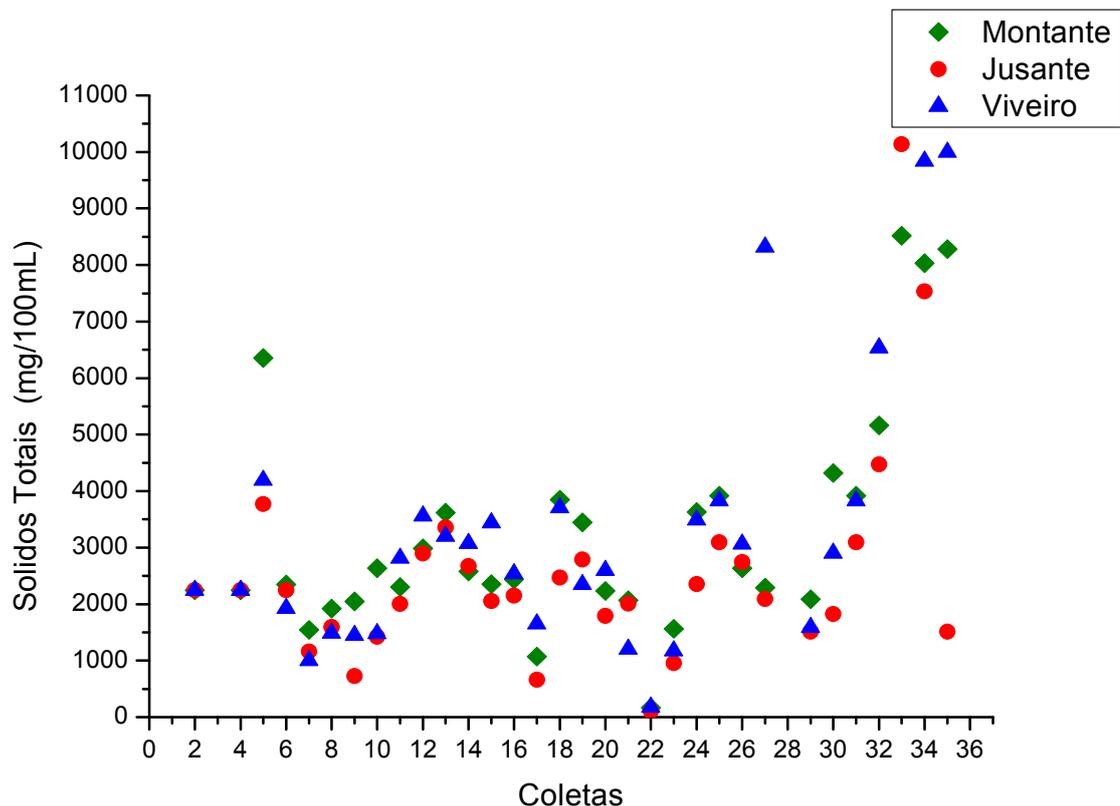


Figura 22 – Distribuição dos resultados da variável sólidos totais nos três pontos de coleta ao longo do período de Set 2004-Maio 2009.

Os valores de STD foram altos (Figura 22), porém consistentes com os valores de turbidez. Um alto valor de STD pode interferir indiretamente nas concentrações de OD podendo, portanto, ser considerado como possível causa da baixa concentração de OD em algumas amostras.

Lembrando que o objetivo do trabalho era verificar alterações na água do rio da Ribeira, causadas pela carcinicultura, além da análise univariada, empregou-se a análise multivariada para procurar diferenças entre os pontos de coleta M, J e V.

Primeiramente, fez-se uma HCA utilizando as médias das triplicatas a fim de visualizar melhor a distribuição das amostras e simplificar a interpretação do dendrograma. Foram testadas combinações entre os vários tipos de distâncias e de agrupamento e dentre elas a melhor combinação foi a de distância euclidiana com *single link*. O resultado é mostrado na figura 23. Como se pode observar, o dendrograma não mostrou agrupamentos distintos correspondentes aos três pontos de coleta ou qualquer anomalia visível.

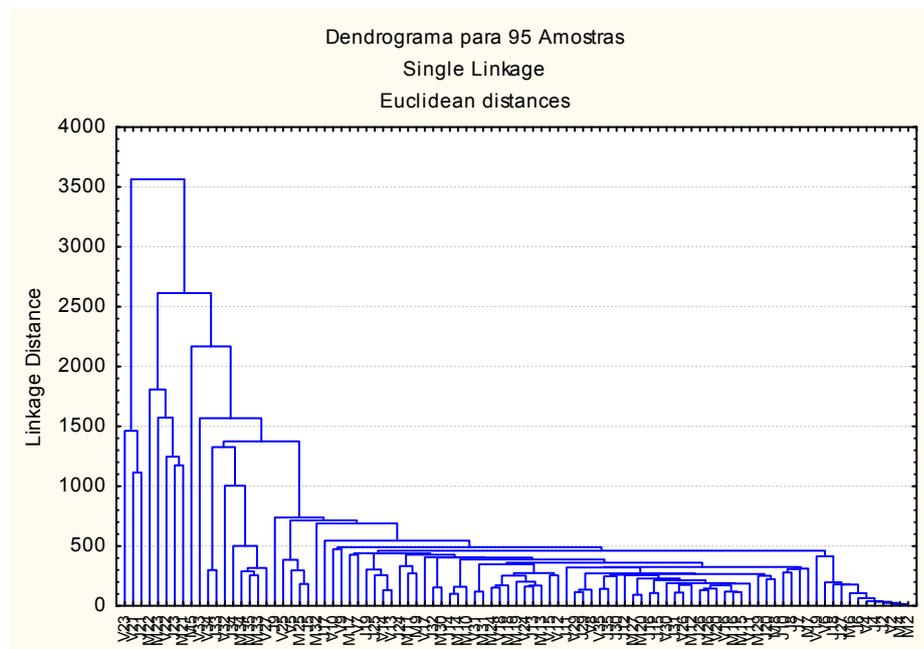


Figura 23 – Dendrograma das médias das amostras dos pontos M, J e V.

A amostra 22J mostrou-se muito diferente das demais e, portanto, foi removida para uma melhor visualização dos padrões das amostras restantes. Uma nova HCA foi feita cujo resultado é mostrado na figura 24. Ainda assim não foi encontrado nenhum padrão significativo para o ambiente, em termos de diferenças entre os pontos.

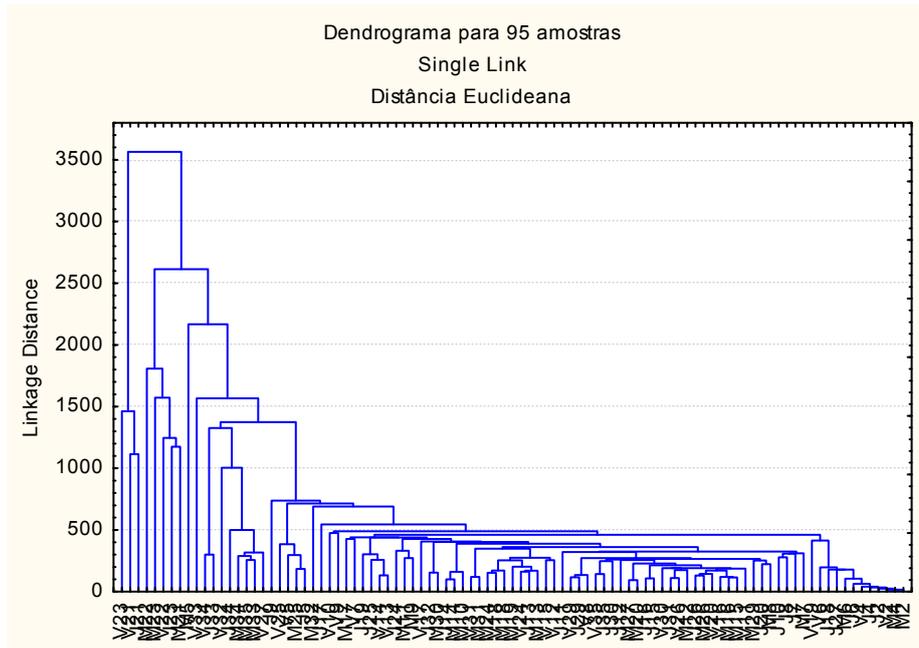


Figura 24 – Dendrograma das médias das amostras dos pontos M, J e V, sem a amostra 22J.

Ainda no sentido de descobrir diferenças entre os pontos de coleta realizou-se uma análise de componentes principais utilizando o método validação cruzada com todo o conjunto de dados (288 amostras e 13 variáveis).

Um modelo com 8 componentes explicou 82% da variância total dos dados. Este número de componentes foi escolhido com base numa melhor relação sinal-ruído, ou seja, observando o gráfico dos resíduos de cada uma das variáveis, mantendo um compromisso entre a máxima variância explicada e o menor número de PC's. A partir do modelo proposto, utilizando validação cruzada e 8 componentes, com 13 variáveis e 288 amostras, prosseguiu-se com a análise dos gráficos da PCA na busca de padrões relevantes. O modelo PCA resultante é mostrado nas figuras 25 e 26.

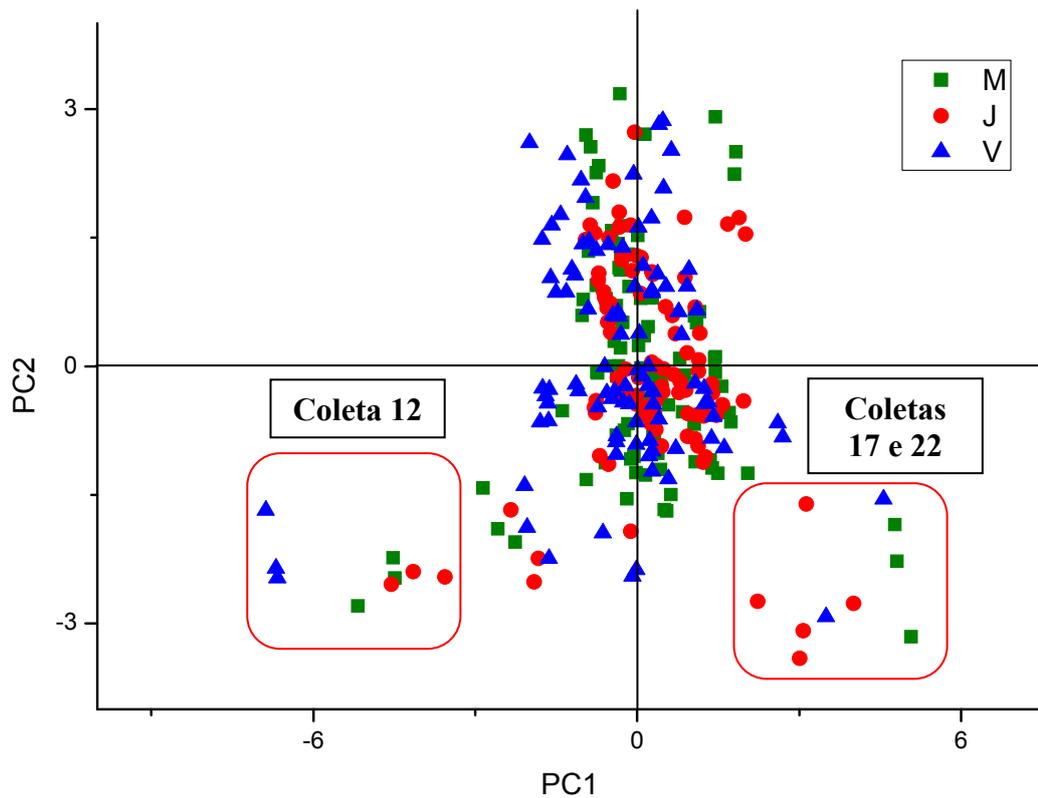


Figura 25 – Gráfico dos escores de todas as coletas medidas. Utilizando validação cruzada e variância explicada total de 82% com 8 PC's no modelo. Evidenciando à direita o grupo formado pelas coletas 22 e 17 e à esquerda a coleta 12.

Observando o gráfico dos escores mostrado na figura 25 é possível visualizar uma pequena separação de amostras: um grupo central, que engloba a maioria das amostras, e dois grupos separados aparentando características diferentes. Tais grupos são compostos pelas coletas 12, 17 e 22.

As amostras da 22ª coleta (Junho/07), nos pontos M, J e V aparecem na parte direita do gráfico. Analisando os dados daquele mês, verificou-se um registro de pluviosidade de 623 mm, quando a média histórica para este período do ano, de acordo com a AESA, é de 236 mm (Anexo I). A precipitação pluviométrica foi superior até mesmo à média anual da região que é de 147 mm. Essa elevada taxa pluviométrica pode explicar a separação desse grupo de amostras. Na ocorrência de um grande volume de chuvas duas contribuições podem ocorrer: primeiro, o efeito da diluição, que é causado pelo aumento do volume das águas, e

que causaria uma diluição dos parâmetros medidos. O outro fator é o carreamento de material a partir das margens, que pode levar uma grande quantidade de nutrientes e matéria orgânica para o corpo do rio. Dependendo do ambiente e do volume das chuvas um dos dois efeitos se sobressai. No ambiente estudado, o efeito do carreamento parece ter sido maior neste mês, visto a separação da coleta 22. O gráfico dos pesos (Figura 26) indica que as variáveis que contribuem para essa separação são: nitrito, turbidez, nitrato, coliformes, fosfato e temperatura, corroborando a idéia da contribuição orgânica. É interessante notar que as amostras 22V aparentam maior similaridade com as amostras do grupo central, mostrando que o efeito das chuvas teve menor impacto no viveiro. Nesse ponto o efeito da diluição teve maior importância, pois o viveiro é um sistema fechado e de menor porte.

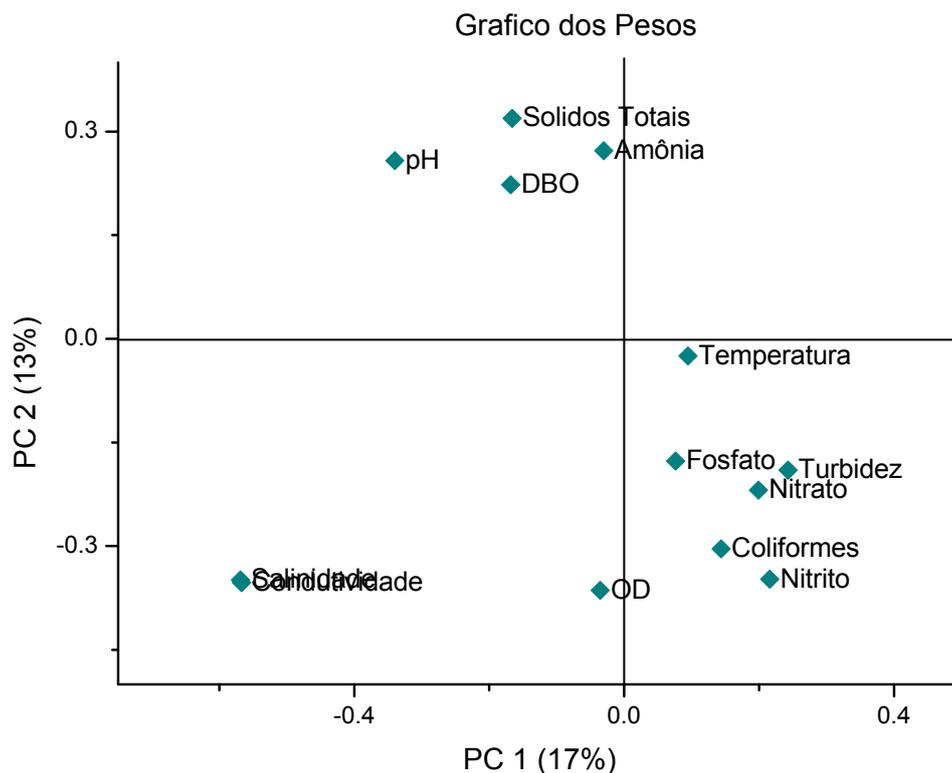


Figura 26 – Gráfico dos pesos de PC1 x PC2 para o conjunto completo de amostras e variáveis (288 amostras e 13 respectivamente).

As amostras 12 (Novembro/05) encontram-se separadas à esquerda do gráfico dos escores (Figura 25). Analisando o gráfico (Figura 26) dos pesos verifica-se que as variáveis salinidade e condutividade são as responsáveis por essa separação. Na tentativa de explicar esse comportamento, foram novamente consultadas a tábua de maré e o índice pluviométrico da data de coleta. Observou-se, então, que naquele mês verificou-se a menor taxa pluviométrica média do ano 27,7 mm. Naquele ano a pluviometria mensal foi de 7,8 mm que é pequena até em relação à média do período. Foi verificado ainda que no dia da coleta a maré se encontrava alta (1,8 m). Então, a separação da coleta 12 pode ser explicada pela falta de chuvas que levou ao abaixamento do nível do rio, pois há muita evaporação e pouca reposição de água pela chuva. Além disso, a maré alta provoca um aporte de água salina ao meio, visto que este rio se comunica com o mar, explicando assim a contribuição das variáveis condutividade e salinidade.

A coleta 17 (Abril/06) possui dois pontos jusante e um ponto viveiro próximos à coleta 22. Constatou-se que nesse mês a pluviosidade foi de 201 mm, condizente com a média histórica de 263 mm e a maré estava baixa, com 0,4 m. Tal separação pode ser atribuída a uma contribuição do viveiro, já que o ponto M não foi destacado. Pode-se conferir que no momento da coleta o viveiro estava descartando água e a combinação dos efeitos da maré baixa e da pluviosidade elevada foi significativa para separar tais amostras.

A discussão sobre as coletas destacadas mostra um aspecto ambiental modelado implicitamente pela PCA, a sazonalidade, podendo-se que a PC1 modelou esse parâmetro, pois as coletas 22 e 17 à direita do gráfico (Figura 25) foram feitas em dia de pluviosidade alta e maré baixa; já a coleta 12, à esquerda do gráfico (Figura 25), foi feita em pluviosidade baixa e maré alta. Este resultado enfatiza a importância das técnicas multivariadas para a análise de dados ambientais para se ter uma melhor visão das peculiaridades do ambiente em estudo.

Como mais uma alternativa para perceber diferenças entre as condições da água nos pontos de coleta, também foi feita uma análise discriminante (Figura 27). O modelo obtido teve um lambda de Wilks igual a 0,78782, mostrando um modelo com pouca capacidade de discriminação. Este resultado poderia ser interpretado como ruim, contudo, para este estudo ele vem apenas corroborar o resultado da PCA, de que não é possível fazer distinção entre os três pontos de coleta (M, J e V), e sendo assim, pode-se inferir que o impacto do viveiro no sistema estudado não foi significativo.

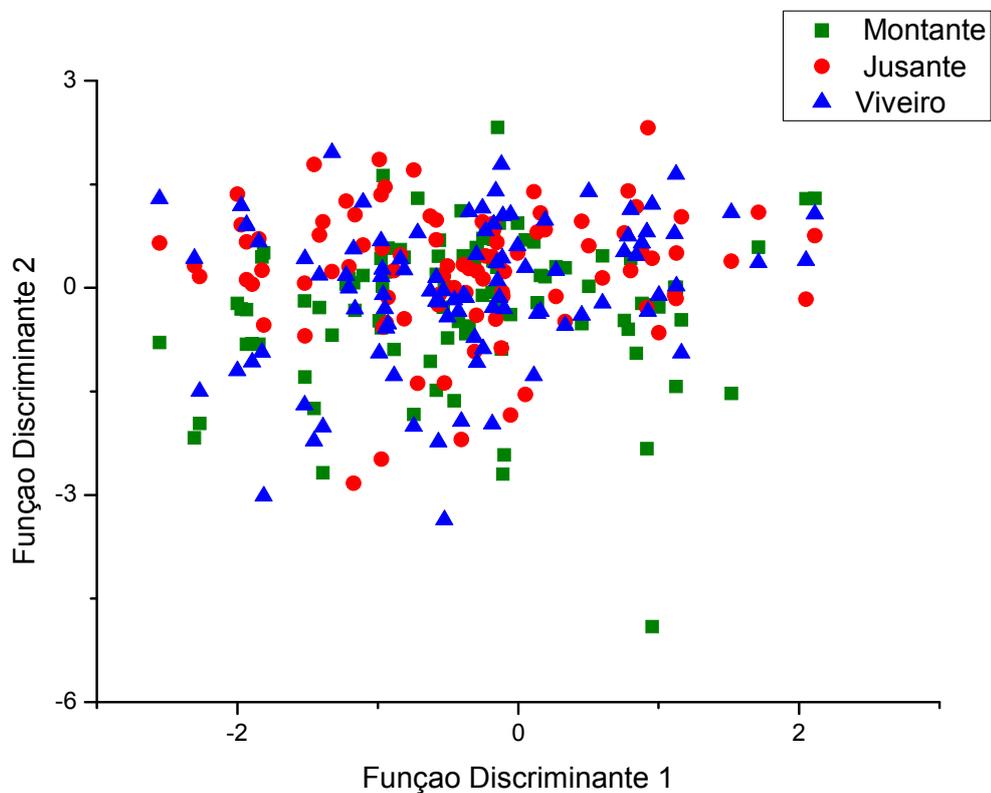


Figura 27 – Resultado da análise discriminante com lambda de Wilks igual a 0,78782, sem discriminação dos três pontos de coleta.

Ainda, para confirmar os resultados até aqui obtidos, foi construído um modelo SIMCA de classificação utilizando as amostras do ponto

Montante (M) como ponto de referência para verificar se o efluente da carcinicultura estaria alterando as condições da água nos pontos V e J.

Para construir esse modelo, foi utilizada a técnica de validação cruzada. O modelo foi então empregado para classificação das amostras dos pontos J e V. O resultado da análise é apresentado nas figuras 28 e 29.

Para o ponto Jusante (Figura 28) o modelo classificou as amostras da coleta 22 e a 17J3 fora do grupo de controle. Esse resultado já era esperado, pois, como foi visto na PCA, essas amostras parecem discrepantes em relação ao conjunto e foi explicado como função da combinação da maré com a pluviosidade.

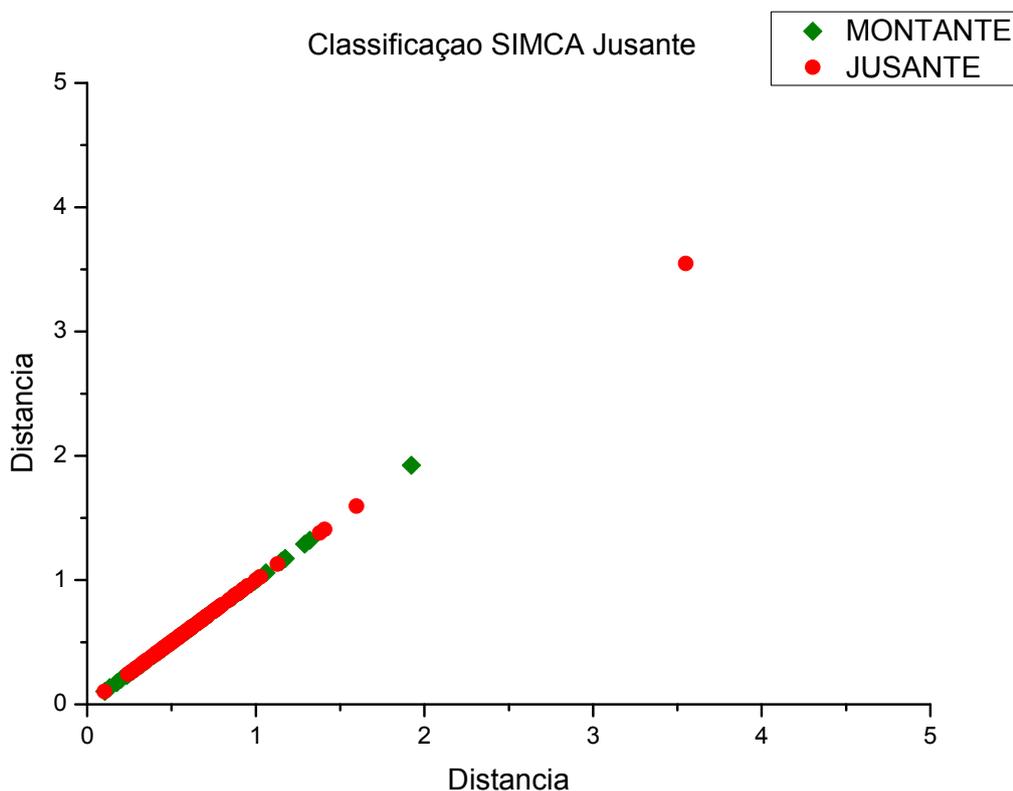


Figura 28 – Gráfico Coomans da classificação SIMCA das amostras de Jusante.

O resultado da modelagem SIMCA vem, mais uma vez, confirmar que a carcinicultura, como praticada no ambiente estudado, não vem causando impacto no rio, visto que as condições da água encontradas a jusante do lançamento do efluente do viveiro não se alteram

significativamente em relação ao ponto montante. Este resultado tem sido confirmado por todas as técnicas quimiométricas aplicadas até aqui.

Para completar a análise quimiométrica, mesmo não encontrando modificações em jusante, decidiu-se proceder à análise do ponto viveiro para avaliar sua condição quando comparado com montante (Figura 29).

A classificação SIMCA do viveiro resultou na separação das amostras 17V3 e 22V1 e 15V1, confirmando-se mais uma vez o resultado da PCA. As amostras 22V1 e 17V3 já tiveram seu comportamento explicado nas discussões anteriores. A amostra 15V1 não apresenta explicação aparente para o seu comportamento.

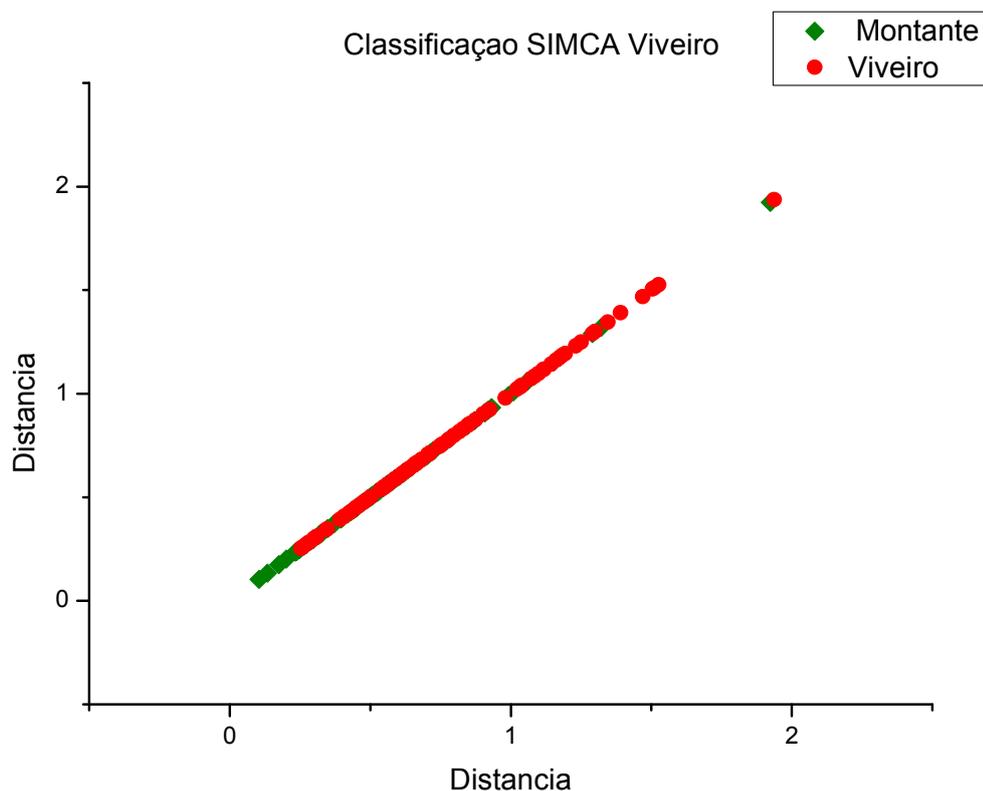


Figura 29 – Gráfico Coomans da classificação SIMCA das amostras do Viveiro.

O tratamento quimiométrico utilizado neste trabalho mostrou-se eficaz para alcançar o objetivo do trabalho. O resultado obtido foi confirmado por todas as técnicas utilizadas e foi muito satisfatório, ou

seja, não mostrou grupos claramente distintos que evidenciassem impacto no sistema estudado.

Portanto, os pontos montante e jusante não são significativamente diferentes, e a semelhança do ponto viveiro com os demais pode ser explicada pelo sistema de cultivo, que prevê abertura diária das comportas, o que mantém o ambiente do viveiro muito similar ao do rio, reduzindo o impacto na água a níveis não detectáveis.

### 5 - CONCLUSÕES

A Análise univariada dos dados mostrou algumas variações nos parâmetros, originadas em pontos anteriores ao ponto montante deste estudo. Sendo assim, tais eventos não podem ser explicados adequadamente com o banco de dados formado neste trabalho. Com base no banco de dados adquirido, a análise mostrou que o impacto do cultivo de camarões sobre o rio da Ribeira não é significativo em relação aos parâmetros analisados.

Para corroborar o resultado univariado foi realizada uma análise multivariada. Através da HCA não foi possível verificar agrupamentos característicos dos três pontos de coleta, como seria esperado, se houvesse diferenças marcantes entre os pontos. A PCA apontou a separação de duas coletas, que tiveram seus comportamentos explicados pela variação pluviométrica ou pela alteração da maré. A Análise Discriminante não mostrou agrupamentos significativos para o estudo. E, ainda o SIMCA, utilizando o ponto montante como controle classificou apenas 7 amostras como diferentes de montante e seus comportamentos também já foram devidamente explicados pela PCA.

Não foi possível atingir o objetivo da economia do monitoramento, visto que todas as variáveis medidas mostraram-se significativas para a avaliação do sistema estudado.

Vale mais uma vez ressaltar que a quimiometria é uma ferramenta poderosa no estudo de impactos em sistemas tão complexos como os ambientais.

Finalmente, considerando que os resultados de HCA, PCA, DA e SIMCA não mostraram diferenças significativas entre os pontos M e J, pode-se concluir que a atividade de carcinicultura desenvolvida no ambiente estudado não vem causando alteração significativa na qualidade da água do Rio da Ribeira.

### 6 – PROPOSTAS FUTURAS

Como propostas futuras de continuidade da pesquisa no ambiente estudado sugere-se:

- ✚ O estudo a quantidade de metais na água e no solo local para avaliar a bioacumulação e biodisponibilidade de metais;
- ✚ A análise de agrotóxicos para avaliar o impacto das culturas circunvizinhas ao ambiente;
- ✚ Análise toxicológica da água com organismos indicadores para verificar a toxicidade do ambiente aos organismos nativos.

### 7 - REFÊRENCIAS

APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20. ed. Washington, American Public Health Association, 1998. 1085 pp.

ABCC - Associação Brasileira de Criadores de Camarão - <http://www.abccam.com.br/> acessado em 21/07/09.

ALFREDO, J. Criação de Crustáceos em Cativeiro [http://www.joaoalfredo.org.br/Carcinicultura\\_resumo.doc](http://www.joaoalfredo.org.br/Carcinicultura_resumo.doc) acessado em 03/08/2006.

AMBIENTE EM FOCO, 2008. <http://www.ambienteemfoco.com.br/?p=3188> Acessado em 09/04/2008.

AMINOT, A.; CHAUSSEPIED, M., Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Brest, CNEXO, 1983. 379p.

ARANA, L.V. 2004. Princípios químicos de qualidade de água na Aquicultura: Uma revisão para peixes e camarões. Universidade Federal de Santa Catarina Editora. 231p.

ARAUJO, M. C. U. et al., The Successive Projections Algorithm for variable selection in spectroscopy multicomponent analysis. Chemometrics And Intelligent Laboratory Systems, 57: 65, 2001.

BARROS, S. R. R. C. Estudo da partição de metais traço em uma liha d'água em um tanque de cultivo de camarão marinho do município de santa Rita/PB. João Pessoa, Programa de Pós-Graduação em Química, UFPB, 2006, Dissertação de Mestrado, 80p.

Bécker, H. Manual de Análise de Águas. UFC. 2001

BEEBE K. R.; PELL, R. J.; SEASHOLTZ, M. B., *Chemometric: a practical guide*. New York , USA, John Wiley & Sons, 1998.

BENGRINE, K., MARHABA, T.F., 2003. Using principal component analysis to monitor spatial and temporal changes in water quality. *J. Hazard. Mater. B* 100, 179–195.

BOYD, C. E., *Bottom Soils, Sediment and pond aquaculture*. New York: Chapman e Hall, 1995.

BONINI, R. S. Carcinicultura: Problemas de saneamento que podem desestabilizar a atividade: estudo de caso no rio grande do norte. São Carlos. Escola de engenharia de são Carlos. 2006.121p.

CACAU, C. R.; CALEFFI, S. BEYRUTH, Z. Avaliação das condições Limnológicas e da disponibilidade e utilização de alimentos naturais em tanques de aquicultura – Zooplâncton. VII Congresso Brasileiro de Limnologia. 1999, Florianópolis - SC. 219.

CAMPOS, A. A. B.; MAIA, E. P.; COSTA, W. M.; BRITO, L. O.; GALVEZ, A. O. Qualidade da água em fazenda de camarão marinho *litopenaeus vannamei* com sistema de recirculação parcial. *Ciência Animal Brasileira*, 9, 819. 2008.

CAO, L; WANG, W.; YANG, Y.; YANG, C.; YUAN Z.; XIONG, S.; DIANA, J., Environmental Impact of Aquaculture and Countermeasures to Aquaculture Pollution in China. *Env. Sci. Pollut. Res.* 2007, 14, 7, 452-462.

CARMOUZE, J. P.; O metabolismo dos ecossistemas aquáticos: Fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas. Ed. FAPESP. São Paulo. 2004.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução n. 357, de 17 de Março de 2005. Classificação da águas doces, salobras e salinas do Território Nacional.

COSTA, R. S.; SANTOS et al., A novel strategy to verification of adulteration in alcoholic beverages based on Schlieren effect measurements and chemometric techniques. *Microchemical Journal*, 78: 27, 2004.

DANTAS-FILHO, H. A. et al., A strategy for selecting calibration samples for multivariate modelling. *Chemometrics And Intelligent Laboratory Systems*, 72: 83, 2004.

EINAX, J. W., ZWANZIGER, H. W., GEISS, S., *Chemometrics in environmental analysis*. Germany, Wiley company VCH.1997.

FLATEN, G. R.; GRUNG, B.; KVALHEIM, O. M., A method for validation of reference sets in SIMCA modeling, *Chemometrics And Intelligent Laboratory Systems*, 72: 101, 2004.

GALVÃO, R. K. H. et al., Aspects of the Successive Projections Algorithm for variable selection in multivariate calibration applied to Plasma Emission. *Analytica Chimica Acta*, 443: 107, 2001.

GALVÃO, R. K. H. et al., Optimal wavelet filter construction using X and Y data. *Chemometrics And Intelligent Laboratory Systems*, 70: 1, 2004.

GEMPERLINE, P.; Practical guide to chemometrics, Boca Raton, USA, CRC Press, 2006, 520pp.

HONORATO, F. A. et al., Analytical curve or standard addition method: how to Elect and Design – A strategy applied to copper determination in sugarcane spirits using AAS. *Analyst*, 127: 1520, 2002.

HONORATO, F. A. et al., Robust modeling for multivariate calibration transfer by the Successive Projections Algorithm. *Chemometrics And Intelligent Laboratory Systems*. 76: 65, 2005.

INSTITUTO DE PESCA. [http://www.pesca.sp.gov.br/noticia.php?id\\_not=4092](http://www.pesca.sp.gov.br/noticia.php?id_not=4092) – acessado em 20/03/09.

Kazi, T.G.; Arain, M.B.; Jamali, M.K; Jalbani, N.; Afridi, H.I; Sarfraz, R.A.; Baig, J.A.; Shah, A.Q. Assessment of water quality of polluted lake using multivariate statistical techniques: A case study. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 72. 301. 2009

KESTEMONT, P. Influence of feed supply, temperature and body size on the growth of goldfish *Carassius auratus* larvae. *Aquaculture*, 136. 1995. 341p.

LACERDA, L. D.; MAIA, L. P.; MONTEIRO, L. H. U.; SOUZA, G. M.; BEZERRA, L. J. C.; MENEZES, M. O. T., Manguezais do Nordeste e Mudanças Ambientais. *CIÊNCIA HOJE* , 39, 229,25-29.

LAEVASTU, T.; HAYES, M. Effects of environmental factors on fish. In Fisheries, Oceanography and ecology. London: Fishing New Books. LTD., 1984. P5-23.

LOGATO, P. V. R.; SILVA, V. K.; FERREIRA, M.W., Qualidade da água na Piscicultura. Boletim Técnico da Universidade Federal de Lavras. N. 94. 2009.

MACEDO, C. F.; SIPAÚBA -TAVARES, L. H. , 2005. Variações de nutrientes e estado trófico em viveiros seqüenciais de criação de peixes, *Acta Sci. Anim. Sci.* 27, 3, 405-411.

MADENIJAN, C.; ROGERS, G.; FAST, A. Predicting night time dissolved oxygen loss in prawn ponds of Hawaii: Part I Evaluation of traditional methods. *Aquacultural Engineering*, 6, 1987, p191-208.

MASSART, D. L.; VANDEGINSTE, B. G. M.; BUYENS, L. M. C.; JONG, S. DE LEWI, P. J.; SMEYERS-VERBEKE, J. Handbook of Chemometrics and Qualimetrics: Part A. Amsterdam: ELSEVIER, 1997.

MARTINS, Y. K. QUALIDADE DA ÁGUA EM VIVEIRO DE TILÁPIAS (*Oreochromis niloticus*): CARACTERIZAÇÃO DIURNA DE VARIÁVEIS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS. São Paulo, Programa de Pós-graduação em Aqüicultura e Pesca do Instituto de Pesca – APTA – SAA, 2007, Dissertação de Mestrado. 43p.

MEDEIROS, V. M. O uso de quimiometria em três estudos de dados ambientais multivariado envolvendo a temática qualidade de água, João Pessoa, Programa de Pós-Graduação em Química, UFPB, 2004, Tese de Doutorado, 87p.

MILLER, J. C.; MILLER, J. N. *Statistics for Analytical Chemical*. 3.ed. England,.Ellis Horwood Limited, 1993.

NETO, F. F. G. *Classificação de óleos vegetais utilizando voltametria de onda quadrada e métodos quimiométricos*. João Pessoa, Programa de Pós-Graduação em Química, UFPB, 2008, Dissertação de Mestrado, 117p.

NONATO, E. A.; VIOLA, Z. G. G.; ALMEIDA, K. C. B.; SCHOR, H. H. R.; *Tratamento estatístico dos parâmetros da qualidade das águas da bacia do alto curso do rio das velhas*. *Química Nova*, 30, 4, 797-804, 2007.

NUNES, A. J. P. *Tratamento de efluentes e recirculação de água na engorda de camarão marinho*. *Panorama da Aqüicultura*, Rio de Janeiro, v. 12, n. 71, p. 27-39, 2002.

OLIVEIRA, M. S. R. *Estudo da especiação de metais traço em sedimentos de um tanque de cultivo de camarão marinho do município de Santa Rita – PB*. Programa de Pós-Graduação em Química, UFPB, 2007, Dissertação de Mestrado, 83p.

OSTRENSKY, A. ; BORGHETTI, J. R . *Uma visão crítica sobre a pesca e a aqüicultura continental no Brasil..* In: Aldo da Cunha Rebouças; Benedito Braga; José Galícia Tundize. (Org.). *Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, uso e conservação*. 3a Edição. 3a ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2006, v. I, p. 579-605.

OTTO, M., 1998. *Multivariate methods*. In: Kellner, R., Mermet, J.M., Otto, M., Widmer, H.M. (Eds.), *Analytical Chemistry*. Wiley-VCH, Weinheim, Germany 916pp.

PEREIRA, J. S. Avaliação do impacto do efluente de piscicultura sobre o corpo receptor. Pós-graduação em Aqüicultura e Pesca do Instituto de Pesca – APTA - SAA, Dissertação de Mestrado. São Paulo. 63p.

PEIXOTO, S.; WASIELSKY,W.; CAVALLI, R. O.; SANTOS, M. H. S.; WASIELESKY, L. P. W.; SANTOS, M. H. S.; POERSCH,L. Diretrizes para o desenvolvimento responsável da carnicultura na região do estuário da lagoa dos patos, rio grande do sul, brasil. Revista Gestão Costeira Integrada.4. 2005.

PIMENTEL, M. F.; SALDANHA, T. C. B.; ARAÚJO, M. C. U., Effects of experimental design on calibration curve precision in routine analysis, Journal of Automatic Chemistry, 20: 9, 1998.

PIPER, R.;MCELWAIN, I.; ORME, L.; MCCRAREN, J.; FOWLER, L.; LEONARD, J. Fish hatchery management. United States Department of the Interior. Fish and Wildlife Service. Washington. D.C. 1989. 517p.

PONTES, M. J. C. et al., Classification of distilled alcoholic beverages and verification of adulteration by near infrared spectrometry. Food Research International, 39: 182, 2006.ROCHA 1998.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A., Introdução à química ambiental, São Paulo, Brasil, Bookman Ed., 2004, 154pp

SINGH, K. P.; MALIK, A.; MOHAN, D.; SINHA, S. Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India)— A case study. Water Research, 38, 2004, 3980–3992.

SOJKA, M. SIEPAK, M. ZIOŁA, A. FRANKOWSKI, M. MURAT-BŁAŻEJEWSKA, S.; SIEPAK,J. Application of multivariate statistical

techniques to evaluation of water quality in the Mała Wełna River (Western Poland). *Environ Monit Assess* (2008) 147:159–170.

Sousa, A. C. Avaliação do funcionamento de uma estação de tratamento de esgoto doméstico e desenvolvimento de um novo método para determinação de DQO usando espectrometria NIR e quimiometria. João Pessoa, Programa de Pós-Graduação em Química, UFPB, 2007, Tese de Doutorado, 80p.

STATSOFT. Manual do Usuário. STATISTICA FOR Windows versão 6.0. New York, 1998.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARA – INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR - Estudo das áreas de manguezais do nordeste do Brasil - Avaliação das áreas de manguezais dos Estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco Fortaleza, Ceará / 2005.

WISHART, D.; CLUSTAN C., User manual. Edinburg: edinburg University Program Library Unit., 1978.

Yabe, M. J. S.; Oliveira, E. Metais pesados em águas superficiais como estratégia de caracterização de bacias hidrográficas. *Química Nova*. 21. 5. 551.1998.

ZIMERMANN, S.; RIBEIRO, R. P.; VARGAS, L.; MOREIRA, H. L. M. Fundamentos da moderna aquicultura. Canoas: Ed. ULBRA, 2001. 200 p.

## 8 – ANEXOS

ANEXO I – Dados Climatológicos mensais e anuais de vários postos do estado da Paraíba, os quais representam médias de, no mínimo, trinta anos de dados e foram obtidos através da publicação SUDENE - Dados Pluviométricos do Nordeste - Série Pluviometria 5, Recife, 1990.

MUNICÍPIO / POSTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
Itaporanga	83.0	158.6	225.1	180.1	76.6	37.6	16.9	6.8	11.1	11.0	23.0	48.2	925.5
Jacaraú	50.0	57.5	176.8	166.4	168.4	162.7	144.5	128.0	40.2	16.7	23.9	21.8	1424.5
Jericó	85.5	163.4	217.8	189.9	100.1	40.4	24.5	6.1	3.1	4.5	5.8	23.3	886.0
João Pessoa/DFAARA	80.1	101.1	204.8	263.9	282.5	301.7	236.6	140.0	67.5	28.1	27.7	36.1	1764.2
Juazeirinho	34.5	84.0	111.9	138.6	43.4	21.1	37.8	8.7	2.9	7.6	4.4	16.6	522.3
Juru	96.0	160.2	187.3	174.2	71.3	32.4	24.2	7.0	6.5	11.1	15.4	55.5	845.1
Malta	66.4	123.6	219.2	173.0	62.9	29.9	14.2	1.8	2.9	6.6	11.1	18.3	715.9
Mamanguape	77.0	97.3	183.1	205.4	232.9	248.7	181.8	94.5	45.5	25.3	30.8	45.4	1501.1
Manaíra	80.6	123.9	197.3	124.2	37.0	19.1	10.5	1.9	2.9	5.7	22.5	52.1	699.4
Mataraca	104.2	133.6	210.6	231.0	249.4	223.6	249.0	121.0	91.6	35.0	37.0	42.0	1742.6
Mãe D'Água	68.6	123.9	212.6	186.0	68.0	32.5	14.0	6.4	2.3	5.2	10.9	26.4	746.9
Mulungu	38.9	64.8	111.1	115.2	129.8	126.2	108.2	61.0	29.9	11.9	11.5	19.0	832.2
Nazarezinho	105.4	174.1	233.2	165.2	60.9	22.6	8.8	1.9	2.3	10.4	20.1	37.7	863.8
Nova Olinda	102.7	171.6	255.4	187.8	62.6	29.4	17.0	5.4	7.8	11.9	23.5	57.2	840.0
Olho D'Água	111.7	169.5	326.2	245.1	127.4	58.6	17.2	7.1	3.5	7.5	17.3	35.9	1219.3
Olivedos	28.1	56.4	92.2	100.1	61.0	51.1	37.8	15.5	7.2	5.4	6.1	11.0	471.0
Passagem	70.4	141.4	177.6	185.3	46.3	22.8	13.7	1.5	0.7	1.3	9.8	17.3	711.1

Pedra Lavrada	23.6	59.0	102.9	89.6	31.5	20.6	15.0	4.9	2.2	4.2	2.2	9.3	359.4
Piancó	81.5	169.9	242.7	185.1	89.4	33.5	17.0	9.3	5.1	12.4	22.1	35.3	751.1
Picuí	29.7	50.8	88.1	85.7	36.8	19.7	10.6	4.0	1.4	1.1	3.7	9.9	339.1
Pilar	51.8	75.0	120.6	137.1	129.4	125.5	118.2	66.7	31.7	17.5	18.6	20.2	921.2
Pocinhos	20.7	35.3	60.5	68.6	52.5	51.2	47.1	18.3	9.7	5.3	3.7	8.0	382.3
Pombal	73.7	124.4	191.8	162.1	73.3	31.1	12.1	7.4	2.9	7.7	12.6	20.6	730.9
Prata	54.7	120.5	186.3	166.3	78.0	39.8	32.4	15.7	5.8	6.6	13.2	26.3	748.2
Princesa Isabel	86.8	139.2	192.2	142.3	74.2	37.0	24.4	8.2	9.4	11.8	34.0	56.9	789.2
Riacho de Santo Antônio	33.8	54.7	76.1	114.2	40.7	45.4	34.6	14.9	8.0	3.7	4.0	19.9	422.0
Riacho dos Cavalos/Jenipapeiro dos Carreiros	69.8	185.6	232.1	201.4	107.8	50.3	30.4	8.2	4.8	1.1	6.1	30.9	931.1
Salgadinho	32.1	64.8	110.6	106.0	50.0	22.8	17.4	6.6	2.2	2.1	7.1	13.2	435.8
Santa Luzia	44.5	102.7	157.1	130.6	43.0	15.4	8.4	1.7	1.0	3.4	8.9	19.9	547.8
Santana dos Garrotes	84.0	115.3	168.5	175.5	54.6	28.6	16.5	6.7	5.7	6.2	12.0	33.0	726.6
Santa Rita	75.4	93.6	172.9	220.2	226.3	245.5	192.5	106.4	52.8	24.3	23.1	39.3	1480.7
Santa Teresinha	74.8	161.8	223.0	223.8	75.9	31.4	17.0	2.1	4.4	8.1	8.5	26.9	871.1
Sapé	48.9	65.6	128.6	154.8	156.6	165.2	132.3	74.3	40.0	17.3	14.9	24.0	1029.3
Serra Branca	32.1	76.8	110.8	143.8	38.4	31.8	25.7	9.7	5.6	5.1	5.5	31.8	532.8
Serra Grande	100.8	171.9	240.6	175.2	59.3	23.8	8.4	2.5	2.9	10.8	21.5	31.6	892.3
Serraria	75.4	97.0	150.3	175.8	166.0	193.0	160.9	106.6	72.3	29.8	28.7	39.1	1288.3
São Francisco	87.8	147.9	205.7	200.1	119.5	52.3	25.3	10.2	2.4	5.9	4.1	25.0	858.9
São João do Cariri	25.8	54.0	90.4	81.2	48.1	31.0	22.8	6.2	1.8	5.3	6.2	12.0	381.4
São João do Rio do Peixe/Antenor	111.7	171.8	277.1	192.9	90.8	37.9	16.2	7.0	4.9	9.3	20.6	37.5	976.3

Navarro													
São João do Rio do Peixe/Açude Pilões	96.9	139.9	233.3	171.2	75.7	35.3	17.8	4.7	3.8	8.5	12.1	31.3	819.8
São João do Tigre	36.0	67.2	124.0	113.4	42.4	35.4	23.2	8.4	5.3	5.7	15.6	19.5	503.2
São João do Tigre/Santa Maria da Paraíba	51.4	86.4	136.2	142.6	75.5	77.5	78.2	35.9	20.9	12.4	10.1	32.4	746.7
São José da Lagoa Tapada	127.1	220.4	246.2	202.9	75.9	31.7	17.4	5.8	3.5	8.3	17.5	32.3	998.5
São José de Espinharas	83.2	153.3	246.3	215.6	69.5	37.4	18.2	2.8	1.8	1.1	10.9	20.9	884.7
São José de Piranhas	123.2	198.7	241.4	191.0	73.7	35.8	18.5	5.3	10.6	14.9	23.8	42.1	979.3
São José de Piranhas/Sítio Arapuá	103.3	175.3	238.9	159.9	48.3	19.5	8.2	3.2	4.4	8.5	22.1	40.1	849.6
São José dos Cordeiros	23.6	85.1	145.2	158.5	42.0	35.3	31.5	9.1	3.2	1.9	3.9	15.8	554.5
Soledade	23.0	52.9	94.1	89.5	39.3	33.3	27.8	8.0	2.9	5.7	3.5	9.7	391.2
São Mamede	68.5	148.0	215.2	208.1	61.8	26.4	24.5	2.0	1.8	3.0	7.3	29.1	820.0
São Sebastião do Umbuzeiro	55.8	80.6	160.0	122.5	51.5	30.9	25.2	7.0	11.5	11.0	20.8	28.9	624.9

FONTE: Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba - **AESA**