

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA GEOQUÍMICA DO  
AMBIENTE E DAS CARACTERÍSTICAS DO SUBSTRATO NA  
ESTRUTURAÇÃO DA POPULAÇÃO DE *CORBICULA  
FLUMINEA*, MULLER 1974 (MOLLUSCA, BIVALVIA) NO  
RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA DE VOLTA  
GRANDE – MG/SP.**

---



**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO**

*Reitor*

João Luiz Martins

*Vice-Reitor*

Antenor Barbosa Júnior

*Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação*

Tanus Jorge Nagem

**ESCOLA DE MINAS**

*Diretor*

Antônio Gomes de Araújo

*Vice-Diretor*

Marco Túlio Ribeiro Evangelista

**DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**

*Chefe*

César Augusto Chicarino Varajão



*EVOLUÇÃO TRUSSAL E RETURSO  
NATURALS*

**CONTRIBUIÇÕES ÀS CIÊNCIAS DA TERRA- SÉRIE M. VOL 35**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO- N 247**

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA GEOQUÍMICA DO  
AMBIENTE E DAS CARACTERÍSTICAS DO SUBSTRATO NA  
ESTRUTURAÇÃO DA POPULAÇÃO DE *CORBICULA  
FLUMINEA*, MULLER 1974 (MOLLUSCA, BIVALVIA) NO  
RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA DE VOLTA  
GRANDE – MG/SP.**

**Hélen Regina Mota**

*Orientador*

Mariangela Garcia Praça Leite

*Co-orientador*

Maria Paula Delício

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais do Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ciências Naturais, Área de Concentração: Geologia Ambiental e Conservação de Recursos Naturais.

**OURO PRETO**

**2006**

---

Universidade Federal de Ouro Preto – <http://www.ufop.br>  
Escola de Minas - <http://www.em.ufop.br>  
Departamento de Geologia - <http://www.degeo.ufop.br>  
Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais  
Campus Morro do Cruzeiro s/n - Bauxita  
35.400-000 Ouro Preto, Minas Gerais  
Tel. (31) 3559-1600, Fax: (31) 3559-1606 e-mail: [pgrad@degeo.ufop.br](mailto:pgrad@degeo.ufop.br)

Os direitos de tradução e reprodução reservados.

Nenhuma parte desta publicação poderá ser gravada, armazenada em sistemas eletrônicos, fotocopiada ou reproduzida por meios mecânicos ou eletrônicos ou utilizada sem a observância das normas de direito autoral.

Depósito Legal na Biblioteca Nacional

Edição 1ª

Catálogo elaborado pela Biblioteca Prof. Luciano Jacques de Moraes do  
Sistema de Bibliotecas e Informação - SISBIN - Universidade Federal de Ouro Preto

M917a Mota, Hélen Regina.  
Análise da influência da geoquímica do ambiente e das características do substrato na estruturação da população de *Corbicula flumínea*, MULLER 1974, (Mollusca, Bivalvia) no reservatório da usina elétrica de Volta Grande - MG/SP [manuscrito] / Hélen Regina Mota - 2006.  
xv, 95f. : il. color.; grafs.; tabs.; mapas. (Contribuições às ciências da terra, v. 35, n. 247)  
ISSN: 85-230-0108-6  
  
Orientadora: Profª Drª Mariângela Garcia Praça Leite.  
Co-orientadora: Profª Drª Maria Paula Delício.  
  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Geologia.  
Área de concentração: Geologia Ambiental e Conservação de Recursos Naturais.  
  
1. Geoquímica - Teses. 2. Substratos - Teses. 3. Materiais granulados - Teses.  
4. Água – Teses. I. Universidade Federal de Ouro Preto. II. Título.

Catálogo: [sisbin@sisbin.ufop.br](mailto:sisbin@sisbin.ufop.br)

## Agradecimentos

---

À Natureza, essa expressão plena de Deus que me deu o privilégio de poder lutar em seu favor!

Aos meus pais que são as luzes da minha vida e a quem devo tudo que consegui até hoje. E à minha querida irmã, pelo apoio nas horas em que precisei e por compreender minhas ansiedades. Amo vocês!!!

À professora doutora Mariângela Garcia cuja orientação me proporcionou desenvolver este trabalho. Abrindo meus conhecimentos a uma interação entre as ciências, me proporcionando uma visão geocientífica. A qual sempre me deu apoio e liberdade para execução e finalização deste projeto.

A Moniquinha, orientadora e amiga, sendo peça fundamental no meu constante aprendizado acadêmico e profissional, e sua incansável preocupação na minha formação ética e, sobretudo no seu comprometimento científico com a pesquisa.

Ao Paulo De Marco e ao Francisco pela hospitalidade e por me conduzir pelos caminhos de Viçosa e da Estatística.

A CEMIG na pessoa do Sr. Vasco Torquato, pois seu interesse e confiança possibilitaram o desenvolvimento deste trabalho, a Maria Edith Rolla (CEMIG) que valorizou meu trabalho e tornou mais fácil a aquisição dos dados necessários. A toda equipe da estação de piscicultura de Volta Grande, principalmente à Sônia pela realização das análises físico-químicas e ao João Daniel por sua presteza que fez de tudo: sendo motorista, barqueiro, companheiro e ajudante de campo.

Aos meus dois companheiros nesta caminhada, Edgar e Maíra, que me ajudaram no desenvolvimento de algumas análises, proporcionando assim um trabalho verdadeiramente interdisciplinar.

Ao Marcelo pela amizade e companheirismo durante estes anos, pelas tortuosas e incansáveis viagens à Ouro Preto.

À minha AMIGA Fabiana pelos momentos de ansiedades e inseguranças que pudemos compartilhar, pelas discussões que muito contribuíram para o aprimoramento dos nossos trabalhos, fazendo com que tornássemos muito mais que amigas.

Ao CETEC pela disponibilização de sua logística para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho e a todos os meus amigos principalmente: Helena, Kaka, Fabiano, Sávio, Guilherme, Fred, Claudinha, Mara, Carlinhos, Dora, Michelle, Sandrinha, Cris, Luiz Otávio, Fabinho, Zé Carlos, Zé Márcio, Giru, Rylton e Agostinho.

Aos meus amigos de curso Flávio, Cláudio, Silvia, Janaína, Carol, Tavares, Flávia, Wagner, Tatiana, Antônio, Marcus, Nini e Pitu pela amizade especial que se formou durante nosso convívio, permitindo momentos de alegria e crescimentos constantes.

Aos amigos do Laboratório de Geoquímica Ambiental Janice, Cristiano, Celso e Adriana pelas orientações e paciência para comigo nos momentos de dúvida e execução das amostras.

Ao Edson (DEGEO) pela paciência que em vários momentos do desenvolvimento deste trabalho soube ser sempre prestativo e disponível a resolver os problemas.

Especialmente ao meu grande amor IGOR, que põe vida à minha vida e torna cada vez mais prazeroso o meu sentido de ser. Por suas incansáveis ajudas e compreensão nos meus vários momentos de ausência divido com você este título.

A Capes que me concedeu a bolsa de estudo.

Este estudo foi financiado pela ANEEL (Associação Nacional de Energia Elétrica), convênio entre o CETEC e a CEMIG.

# Sumário

---

CAPÍTULO 1.....	1
INTRODUÇÃO .....	1
1.1 – OBJETIVO .....	4
1.2 – METAS .....	4
CAPÍTULO 2.....	7
ÁREA DE ESTUDO.....	7
CAPÍTULO 3.....	14
Corbicula fluminea .....	14
3.1 - A CLASSE BIVALVIA E A FAMÍLIA CORBICULIDAE .....	14
3.2 - O GÊNERO CORBICULA (MERGELE VON MÜHLFELD, 1811) .....	14
3.3 - INTRODUÇÃO NA AMÉRICA DO SUL .....	15
3.4 - FATORES QUE CONDICIONAM A DISTRIBUIÇÃO DE C. FLUMINEA.....	19
3.5 - BIOINDICAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS .....	20
3.5.1-O uso de C. fluminea como espécie bioindicadora .....	21
CAPÍTULO 4.....	23
METODOLOGIA .....	23
4.1 - SELEÇÃO E DEMARCAÇÃO DOS PONTOS DO RESERVATÓRIO A SEREM AMOSTRADOS ..	23
4.2 – AMOSTRAGENS E COLETAS .....	26
4.2.1- Medidas <i>in situ</i> de parâmetros físico-químicos .....	26
4.2.2- Amostragem de água.....	26
4.2.3- Amostragem do substrato.....	27
4.2.4– Amostragem da população de C. fluminea .....	28
4.3- ANÁLISES LABORATORIAIS .....	28
4.3.1 – Análise da água .....	28
4.3.1.1 - Água .....	28
4.3.1.2 - Água de poro .....	29
4.3.2– Análise do sedimento .....	29
4.3.2.1 - Análise Granulométrica.....	29
4.3.2.2 - Mineralogia e Petrografia.....	30
4.3.2.3 - Análise de Elementos - Traço .....	30
4.3.3 – Análise de C. fluminea .....	32
4.3.3.1 - Identificação e quantificação dos indivíduos.....	32
4.3.3.2 - Tamanho dos indivíduos .....	32
4.3.3.3 - Elementos traço .....	33
CAPÍTULO 5.....	35
APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS .....	35
5.1 – CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS AMOSTRAS .....	35
5.2- ÁGUA.....	38
5.2.1 – Parâmetros Físico - químicos.....	38
5.2.2 - Elementos – Traço.....	46
5.3 - ÁGUA DE PORO .....	47

<b>5.4 – SEDIMENTOS</b> .....	<b>48</b>
<b>5.4.1-Granulometria</b> .....	<b>48</b>
<b>5.4.2-Mineralogia e petrografia</b> .....	<b>51</b>
<b>5.4.3-Elementos traço</b> .....	<b>54</b>
<b>5.4.4- <i>Corbicula fluminea</i></b> .....	<b>55</b>
5.4.4.1 – Indivíduos identificados .....	55
5.4.4.2– Elementos - traço nas conchas de <i>C. fluminea</i> .....	58
5.4.4.3 – Tamanho dos indivíduos de <i>C. fluminea</i> .....	59
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>63</b>
<b>ANÁLISE ESTATÍSTICA</b> .....	<b>63</b>
<b>6.1 – ABUNDÂNCIA DE <i>C. FLUMINEA</i></b> .....	<b>63</b>
6.1.1 – Parâmetros físico-químicos da água .....	63
6.1.2 – Elementos - traços.....	68
6.1.3 – Granulometria .....	68
6.1.4 – Mineralogia .....	74
<b>6.2 – TAMANHO DE <i>C. FLUMINEA</i></b> .....	<b>74</b>
6.2.1 – Granulometria .....	75
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>82</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>82</b>
<b>7.1 - CARACTERIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO</b> .....	<b>82</b>
<b>7.2 -CARACTERIZAÇÃO DA POPULAÇÃO DE <i>C. FLUMINEA</i></b> .....	<b>82</b>
<b>7.3 – INFLUÊNCIA DOS DIFERENTES FATORES AMBIENTAIS NA POPULAÇÃO DE <i>C. FLUMINEA</i></b> .....	<b>83</b>
7.3.1 – Situação física do reservatório.....	83
7.3.2 – Situação físico-química da água do reservatório .....	85
7.3.3 – Elementos – traço .....	86
<b>7.4 – CONCLUSÃO FINAL</b> .....	<b>87</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>88</b>

## Lista de Figuras

---

Figura 1.1– Fotografia mostrando a vista dorsal e ventral das conchas de <i>C. fluminea</i> . ....	6
Figura 2.1- Localização do reservatório de Volta Grande MG/SP. ....	9
Figura 2.2- Médias mensais das temperaturas máxima, média e mínima e da pluviosidade no município de Uberaba (Grego, 2002). ....	10
Figura 2.3- Coluna estratigráfica da Bacia do Paraná (modificada de Schneider <i>et al.</i> , 1974). ....	12
Figura 2.4– Imagem de satélite do entorno do Reservatório da Usina Hidrelétrica de Volta Grande MG/SP. ....	Erro! Indicador não definido.
Figura 3.1- Mapa da América do Sul com a cronologia da invasão de <i>Corbicula</i> (Souza & Silva, 2004). ...	18
Figura 4.1- Localização dos pontos de coleta no reservatório da Usina Hidrelétrica de Volta Grande – MG/SP. Modificado de Greco, 2002. ....	25
Figura 4.2– Foto dos detalhes da medição dos parâmetros físico-químicos da água. ....	27
Figura 4.3– Foto da filtragem e coleta de água para posterior análise de metais. ....	27
Figura 4.4– Foto A mostra o processo de amostragem e Foto B mostra o detalhe do acondicionamento das amostras de <i>C. fluminea</i> . ....	28
Figura 4.5– Foto da centrifugação e filtragem da água de poro. ....	29
Figura 4.6– Foto do agitador de peneiras utilizado na análise granulométrica dos sedimentos. ....	30
Figura 4.7– Foto A digestão das amostras de sedimento e Foto B detalhe da filtragem do sedimento usando filtro de papel. ....	31
Figura 4.8- Foto da análise das amostras de elementos traço no ICP. ....	31
Figura 4.9– Foto A triagem dos indivíduos das amostras de sedimento e Foto B identificação dos moluscos. ....	32
Figura 4.10– Foto da medição dos indivíduos de <i>C. fluminea</i> (Cunha, 2005). ....	33
Figura 4.11– Foto da pulverização das conchas de <i>C. fluminea</i> . ....	34
Figura 5.1– Vista geral do Ponto 01. ....	37
Figura 5.2– Vista geral do Ponto 02. ....	37
Figura 5.3– Vista geral do Ponto 03. ....	37
Figura 5.4– Vista geral do Ponto 04. ....	37
Figura 5.5– Vista geral do Ponto 05. ....	37
Figura 5.6– Vista geral do Ponto 06. ....	37
Figura 5.7– Histograma de distribuição de frequência dos valores da temperatura da água entre as estações sazonais. ....	39

Figura 5.8– Histograma de distribuição de freqüência dos valores de pH encontrados na água entre as estações sazonais. ....	40
Figura 5.9– Histograma de distribuição de freqüência dos valores de Condutividade obtidos na água entre as estações sazonais. ....	41
Figura 5.10– Histograma de distribuição de freqüência das concentrações de Oxigênio dissolvido encontrada na água entre as estações sazonais. ....	42
Figura 5.11– Histograma de distribuição de freqüência dos valores da Demanda bioquímica de oxigênio encontrados na água entre as estações sazonais.....	43
Figura 5.12– Histograma de distribuição de freqüência da concentração de Cálcio total encontrada na água entre as estações sazonais.....	44
Figura 5.13– Histograma de distribuição de freqüência da concentração de Fósforo total encontrada na água entre as estações sazonais.....	45
Figura 5.14– Histograma de distribuição de freqüência da concentração de elementos-traço obtidos a partir das amostras de água entre as estações sazonais. ....	47
Figura 5.15– Histograma de distribuição de freqüência da concentração de elementos-traço obtidos a partir das amostras de água de poro entre as estações sazonais. ....	48
Figura 5.16- Gráfico mostrando a variação percentual durante a estação seca das diferentes classes granulométricas em cada ponto amostrado. ....	49
Figura 5.17- Gráfico mostrando a variação percentual durante a estação chuvosa das diferentes classes granulométricas em cada ponto amostrado. ....	50
Figura 5.18- Análise mineralógica e petrográfica dos pontos em períodos de seca e chuva. ....	52
Figura 5.19- Análise mineralógica e petrográfica dos pontos em períodos de seca e chuva. ....	52
Figura 5.20– Histograma de distribuição de freqüência da concentração de elementos-traço obtidos a partir das amostras de sedimento entre as estações sazonais. ....	54
Figura 5.21– Histograma da densidade dos indivíduos vivos e mortos de <i>C. fluminea</i> na estação seca e chuvosa. ....	56
Figura 5.22– Histograma mostrando a diferença da abundância de indivíduos vivos e mortos entre as estações seca e chuvosa.....	57
Figura 5.23– Histograma mostrando a diferença da abundância de indivíduos vivos e mortos de <i>C. fluminea</i> nos pontos amostrados entre as estações sazonais. ....	57
Figura 5.24– Histograma mostrando a proporção de indivíduos vivos entre as duas estações seca e chuvosa nos pontos amostrados. ....	58
Figura 5.25– Histograma de distribuição de freqüência da concentração de elementos-traço obtidos a partir das amostras das conchas de <i>C. fluminea</i> entre as estações sazonais. ....	59
Figura 5.26- Histograma do tamanho corporal dos indivíduos de <i>C. fluminea</i> , no Ponto 01. ....	60
Figura 5.27- Histograma do tamanho corporal dos indivíduos de <i>C. fluminea</i> , no Ponto 02. ....	60
Figura 5.28- Histograma do tamanho corporal dos indivíduos de <i>C. fluminea</i> , no Ponto 03. ....	61
Figura 5.29- Histograma do tamanho corporal dos indivíduos de <i>C. fluminea</i> , no Ponto 04. ....	62

Figura 5.30- Histograma do tamanho corporal dos indivíduos de <i>C. fluminea</i> , no Ponto 05. ....	62
Figura 6.1- Gráfico da análise da correlação entre temperatura da água / abundância de <i>C. fluminea</i> . ....	64
Figura 6.2- Gráfico da análise da correlação entre pH / abundância de <i>C. fluminea</i> . ....	64
Figura 6.3- Gráfico da análise da correlação entre Condutividade/ abundância de <i>C. fluminea</i> . ....	65
Figura 6.4- Gráfico da análise da correlação entre OD/ abundância de <i>C. fluminea</i> .....	66
Figura 6.5- Gráfico da análise da correlação entre DBO / abundância de <i>C. fluminea</i> . ....	67
Figura 6.6- Gráfico da análise da correlação entre Cálcio total/ abundância de <i>C. fluminea</i> . ....	67
Figura 6.7- Gráfico da análise da correlação entre Fósforo total/ abundância de <i>C. fluminea</i> . ....	68
Figura 6.8- Gráfico da análise da interação entre a Proporção de Cascalho Fino, abundância de <i>C. fluminea</i> e estação sazonal, entre os pontos coletados. ....	70
Figura 6.9- Gráfico da análise da interação entre Proporção de Cascalho Muito Fino, abundância de <i>C. fluminea</i> e estação sazonal, entre os pontos coletados. ....	70
Figura 6.10- Gráfico da análise da interação entre a Proporção de Areia Muito Grossa, abundância de <i>C. fluminea</i> e estação sazonal, entre os pontos coletados. ....	71
Figura 6.11- Gráfico da análise da interação entre a Proporção de Areia Grossa, abundância de <i>C. fluminea</i> e estação sazonal, entre os pontos coletados. ....	71
Figura 6.12- Gráfico da análise da interação entre a Proporção de Areia Média, abundância de <i>C. fluminea</i> e estação sazonal, entre os pontos coletados. ....	72
Figura 6.13- Gráfico da análise da interação entre a Proporção de Areia Fina, abundância de <i>C. fluminea</i> e estação sazonal, entre os pontos coletados. ....	73
Figura 6.14- Gráfico da análise da interação entre a Proporção de Areia muito Fina, abundância de <i>C. fluminea</i> e estação sazonal, entre os pontos coletados. ....	73
Figura 6.15- Gráfico da análise da interação entre a Proporção de Silte- Argila, abundância de <i>C. fluminea</i> e estação sazonal, entre os pontos coletados. ....	74
Figura 6.16- Gráfico da análise da regressão entre a Proporção de Cascalho Fino e o tamanho dos indivíduos de <i>C. fluminea</i> , entre os pontos coletados. ....	76
Figura 6.17- Gráfico da análise da regressão entre Proporção de Cascalho Muito Fino e o tamanho dos indivíduos de <i>C. fluminea</i> , entre os pontos coletados. ....	76
Figura 6.18- Gráfico da análise da regressão entre a Proporção de Areia Muito Grossa e o tamanho dos indivíduos de <i>C. fluminea</i> , entre os pontos coletados. ....	77
Figura 6.19- Gráfico da análise da regressão entre a Proporção de Areia Muito Grossa e o tamanho dos indivíduos de <i>C. fluminea</i> , retirando o ponto 6 seca e chuva. ....	78
Figura 6.20- Gráfico da análise da regressão entre a Proporção de Areia Grossa e o tamanho dos indivíduos de <i>C. fluminea</i> , entre os pontos coletados. ....	78
Figura 6.21- Gráfico da análise da regressão entre a Proporção de Areia Grossa e o tamanho dos indivíduos de <i>C. fluminea</i> , retirando o ponto 6 seca e chuva. ....	79

<b>Figura 6.22- Gráfico da análise da regressão entre a Proporção de Areia Média e o tamanho dos indivíduos de <i>C. fluminea</i>, entre os pontos coletados.....</b>	<b>79</b>
<b>Figura 6.23- Gráfico da análise da regressão entre a Proporção de Areia Média e o tamanho dos indivíduos de <i>C. fluminea</i>, retirando o ponto 6 seca e chuva. ....</b>	<b>80</b>
<b>Figura 6.24- Gráfico da análise da regressão entre a Proporção de Areia Fina e o tamanho dos indivíduos de <i>C. fluminea</i>, entre os pontos coletados. ....</b>	<b>80</b>
<b>Figura 6.25- Gráfico da análise da regressão entre a Proporção de Areia muito Fina e o tamanho dos indivíduos de <i>C. fluminea</i>, entre os pontos coletados.....</b>	<b>81</b>
<b>Figura 6.26- Gráfico da análise da regressão entre a Proporção de Silte- Argila e o tamanho dos indivíduos de <i>C. fluminea</i>, entre os pontos coletados.....</b>	<b>81</b>

## Lista de Tabelas

---

Tabela 2.1- Área dos municípios da bacia de drenagem, número de habitantes e área ocupada por atividades agropastoris, Greco (2002).....	12
Tabela 4.1- Tabela com a renomeação e localização dos pontos estudados.....	25
Tabela 4.2- Data e horário de amostragem dos pontos caracterizados no Reservatório de Volta Grande MG/SP.....	27
Tabela 5.1- Resultados dos parâmetros Físicos –Químicos.....	39
Tabela 5.2- Resultados das análises de elementos – traço obtidos nas amostras de água.....	47
Tabela 5.3- Resultados das análises de elementos–traço obtidos nas amostras de água de poro.....	48
Tabela 5.4- Proporção granulométrica das estações amostradas.....	50
Tabela 5.5- Percentual da composição mineralógica/petrográfica do sedimento.....	52
Tabela 5.6- Resultados das análises de elementos–traço obtidos nas amostras de sedimentos.....	55
Tabela 5.7- Distribuição por pontos amostrados da abundância e da densidade de indivíduos de <i>C. fluminea</i> durante as estações seca e chuvosa.....	57
Tabela 5.8- Resultados das análises de elementos–traço obtidos nas amostras das conchas de <i>C. fluminea</i> .....	60
Tabela 6.1- Dados estatísticos regressão físico – químico / abundância de <i>C. fluminea</i> .....	64
Tabela 6.2- Dados estatísticos da correlação entre granulometria/abundância de <i>C. fluminea</i> / estação sazonal, entre os pontos coletados.....	70
Tabela 6.3- Dados estatísticos da correlação entre mineralogia/abundância de <i>C. fluminea</i> , entre os pontos coletados.....	75
Tabela 6.4- Dados estatísticos da correlação entre granulometria/tamanho dos indivíduos de <i>C. fluminea</i> , entre os pontos coletados.....	76

## Resumo

*Corbicula fluminea* (Müller, 1774) é uma espécie de bivalve de água doce comum no continente asiático. Atualmente se encontra amplamente distribuída na Europa, América do Norte e do Sul.

O presente estudo realizou uma análise geral da situação ambiental do reservatório de Volta Grande MG/SP, em seis pontos escolhidos como áreas de estudo, caracterizando a hidrosedimentologia dos pontos determinados, nos períodos de seca e de chuva, por meio da determinação das formas e granulometria do sedimento depositado no leito; caracterização petrográfica/mineralógica do sedimento; análise de elementos traço no sedimento, na água, na água de poro e nas conchas de *C. fluminea*; analisando também os parâmetros físico-químicos da água nestes pontos de coleta no reservatório, para que se pudesse confrontar os dados com os resultados biológicos, determinando a abundância e o tamanho dos indivíduos em cada ponto amostrado, caracterizando a estrutura da população de *C. fluminea*.

Pôde – se perceber através da relação dos parâmetros da água em relação à abundância de *C. fluminea* que esta espécie é muito sensível a qualidade da água no que tange a análise físico-química.

A ocorrência de ondas e de um fluxo maior de águas na estação chuvosa ocasionou dificuldades na coleta, ocorreu uma lavagem no substrato e, conseqüentemente, a suspensão e mobilidade de alguns indivíduos ocasionando diminuição de organismos aquáticos, geologicamente nos casos em que o substrato é mais fino ocorreu suspensão do material de fundo fazendo com que a filtração destes organismos se tornassem mais difícil e conseqüentemente influenciando na distribuição dos mesmos.

A atividade antrópica, através da dragagem de areia para fins comerciais, em um dos pontos estudados apresentou clara influência no tamanho dos indivíduos coletados onde não ultrapassaram 0,5 mm de comprimento, além da variação na abundância durante duas estações (seca e chuva). Constatou-se que esta atividade antrópica dificulta a fixação e estabelecimento da população de *C. fluminea* no substrato o que pode ocorrer com outros indivíduos da fauna bentônica também.

A granulometria do substrato para as estações amostradas demonstrou que a presença de *C. fluminea* não é determinada pela preferência de algum tipo da composição granulométrica do substrato, uma interação complexa de vários fatores condiciona sua distribuição, tais como disponibilidade de oxigênio, pH da água, estação do ano, ocorrência de ondas, etc.

A caracterização granulométrica dos pontos apresentou grandes variações em todas as classes encontradas e a presença de *C. fluminea* era notada em todos os pontos de coleta, evidenciando também a grande capacidade adaptativa deste molusco em colonizar ambientes com características tão diferentes.

A granulometria não pode ser aplicada para determinar o tamanho de indivíduos visto que em todas as faixas granulométricas o teste apresentou significância concluindo então que *C. fluminea* pode ter tamanhos parecidos em toda as faixas granulométricas, considerando a espécie apta a colonizar uma variedade de substratos que vão desde pedras e cascalhos, a areia e argilas, pelos dados obtidos esta espécie não demonstra preferência por algum tipo de substrato.

A partir das análises dos resultados de elementos – traço, pode concluir que os valores estão dentro do parâmetro da normalidade, segundo a Resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005.

## Abstract

*Corbicula fluminea* (Müller, 1774) is a very common fresh water bivalve specie in Asiatic continent. Nowadays can be found widespread distributed in Europe, North and South America.

Considering their high reproductive rate and spreading capacity of their juvenile plancton forms, this bivalve could be considered as a highly invading specie, being a dominant component in a invaded environment.

The present study has done a general survey about the environmental condition and population structure in Volta Grande Hydroelectric Power Plant reservoir MG/SP. To do that, six points has sampled inside the study area and monitored during dry and wet seasons. In each sampling points were analyzed the granulometric bottom settled material to determined their petrography and mineralogy composition and quantify the abundant and trace elements. In the reservoir and interstitial water, in addition to quantifying the same elements, were determined a wide range of physical-chemical parameters. This data were then checked against biological results (abundance and specimens size; abundant and trace elements in their shells) and from use and reservoir occupation in such a way to allow a better understanding about condition parameters and mollusc distribution.

The waves and currents occurrence during raining seasons caused water and sediment movements, provoking some mobility and individuals suspension with consequential aquatic organisms decrease. In spots where the settled bottom material had a thinner granulometry (silt and clay) a sediment suspension occurred, causing a filtration decrease capacity and in consequence affecting its distribution. The granulometry couldn't be used to establish the individuals size considering that statistically, each granulometric layer showed significance, leading us to conclude that *C. fluminea* had similar sizes in all granulometric layers, being capable to colonize a large substrata variety, from rocks and gravels, to sand and clay. From obtained data, this specie hadn't showed preference to any kind of substratum. Could be seen from all physical-chemical parameters analyzed, that *C. fluminea* is very susceptible to changes in water quality.

In addition, their settled life habit turn them as a potentially water quality bioindicator. This could be observed from the analysed variables, by a direct relation between water quality and their abundance.

In one of the sampling points, the observed antropic activity by dragging sand for commercial purposes, clearly had influence in individual sizes collected when the specimens didn't oversize 0,5 mm in length and cannot be saw any variability between dry and raining seasons. It had realized that antropic activity makes settlement of *C. fluminea* difficult in the same way as other benthic organisms.

The sampling points substratum granulometry showed that *C. fluminea* presence is not established by substratum preference, but a complex interaction between different factors as oxygen concentration, water pH, year season, waves occurrence, etc.

The sampling points granulometric characteristics showed big variations in every defined granulometric class and the presence of *C. fluminea* in each one of those, is an evidence too about the great adaptative capacity of this mollusc in occupying different environments.

From the trace elements analysis results, has been possible to conclude that these parameters are into the normality established limits of the CONAMA Nº 357 Resolution ( 2005/03/17 ).



# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

---

Todo sistema biológico apresenta trocas de energia e matéria (e outras interações) com o mundo físico, embora a expressão desses processos mude de acordo com as condições ambientais específicas de cada lugar. É exatamente esta variedade de relações entre os ambientes que gera a diversidade biológica do mundo natural (Ricklefs, 1996). Para Henry (1999), mais do que apenas gerar essa grande diversidade de organismos, é a interação entre esses e o meio físico, em seu equilíbrio dinâmico, que cria um conjunto de condições ideais, essencial para a manutenção da vida no planeta.

Cada vez mais os estudos ambientais buscam uma análise interdisciplinar, de forma a criar diagnósticos mais realistas da resiliência a impactos. Neste contexto, vem ganhando destaque a aplicação do conceito de integridade ecológica na avaliação da qualidade de águas dos corpos de água continentais e de seus segmentos. Tal conceito se baseia no pressuposto de que as características ecológicas de um corpo hídrico (comunidade de organismos, características físicas do habitat, aspectos físico-químicos da água) são os melhores indicadores da qualidade de suas águas, é neste pensamento que se inserem os recentes trabalhos realizados com bioindicadores e que levam em consideração a qualidade física do habitat, relacionando-a com a comunidade biológica. Nos últimos anos, a utilização de comunidades de organismos aquáticos, no que tange à sua riqueza, diversidade e abundância, como indicadores da qualidade da água vem ocupando uma posição de destaque. Sabe-se que o processo de colonização e extinção de espécies, sucessão ecológica, em um dado local ocorre em diferentes escalas de tempo e em função de alguns acontecimentos fundamentais: facilitação, inibição e tolerância, (Begon et al., 1996). Estes acontecimentos podem ocorrer quando um novo habitat é criado ou se torna disponível para colonização, ou quando, por algum distúrbio, acontece a perda da maioria ou de todas as espécies de um ambiente (Odum, 1985). Ou seja, a manutenção da biodiversidade necessita da conservação de uma ampla variedade de habitats. Assim, estudos envolvendo a relação entre os fatores abióticos e as comunidades bióticas podem permitir uma melhor compreensão, por exemplo, dos elementos facilitadores da implantação e permanência de uma espécie invasora ou da relação de uma determinada espécie com o monitoramento de qualidade de água.

A formação do lago de uma hidrelétrica provoca o desequilíbrio da estrutura de comunidades aquáticas. As alterações físico-químicas da água podem ocasionar o desaparecimento ou a proliferação de espécies e a instalação de organismos invasores, além de causar alterações na relação entre as populações circunvizinhas e os novos lagos formados (CEMIG, 2004). Isto ocorre porque a criação de um reservatório modifica substancialmente as condições de crescimento e desenvolvimento da biocenose presente em sua área de influência, atuando de modo diferencial sobre cada população.

Como alterações de curto prazo, verificam-se a alteração do regime hídrico do corpo de água e de longo prazo, o acúmulo de sedimentos, a modificação da dinâmica da oxigenação, dentre outros. Tais alterações prejudicam ou favorecem algumas espécies, culminando em alterações na composição e estrutura das comunidades. Essas modificações são muito flagrantes em alguns grupos, como por exemplo, as macrófitas e a ictiofauna (Campos, 2003). Em alguns casos, pode ocorrer inclusive o crescimento descontrolado de uma espécie nativa, cujas populações de inimigos naturais (competidores, parasitas ou predadores) encontram-se reduzidas na nova condição ambiental a densidades insuficientes para suplantarem o favorecimento de seu crescimento excessivo (Campos, 2003).

Também a introdução de uma espécie exótica pode provocar a desestruturação do ecossistema de um reservatório. Sua dinâmica de interação com o novo ambiente pode se dar de diversas maneiras, que variam entre dois extremos: adaptar-se ao novo meio e atingir relativo equilíbrio com a comunidade preexistente sem alterá-la de modo expressivo ou expandir-se rapidamente e ocupar de modo efetivo o território (Campos, 2003). Dependendo de sua adaptação ao meio, são vários os impactos que podem ser produzidos pela introdução de uma fauna exótica em um novo território, já que esta é capaz de gerar problemas não só de ordem ecológica, mas também econômica e cultural (Correa & Boltovskoy, 1998). Segundo estes autores, o principal efeito ecológico que estas novas espécies ocasionam no ecossistema em que se inserem é a redução ou mesmo a extinção de espécies autóctonas, seja por predação direta ou através da competição por recursos. Além disso, as alterações provocadas pela introdução de determinada espécie, por sua vez, podem ocasionar profundas outras modificações no delicado equilíbrio do ecossistema, provocando um “efeito cascata” entre organismos com ele relacionado, cujas conseqüências são impossíveis de prever (Cataldo, 2001).

*C. fluminea* (Müller, 1774 - Figura 1.1) é uma espécie de bivalve de água doce comum no continente asiático, originalmente encontrada desde a Rússia e norte do Japão, Sul da Indonésia e oeste da África, leste das Filipinas (Morton, 1986). Atualmente, já encontra-se amplamente distribuído pela Europa (Bij de Vaate, 1991; Araújo et al., 1993), onde os primeiros exemplares deste molusco foram encontrados na França no ano de 1980 (Mouthon, 1981); América do Norte (Britton & Morton, 1979; Counts, 1980, 1981 e 1986; e McMahon, 1982 e 1983), sendo os primeiros exemplares deste molusco coletados em 1924, na localidade de Nanaimo Vancouver/Canadá (Counts, 1981); e América do Sul (Veitenheimer-Méndez & Olazarri, 1983; Olazarri, 1986; Martínez, 1987; e Dreher Mansur et al., 1991). A informação sobre a distribuição de *C. fluminea* na América do Sul é mais limitada, encontrando-se referências isoladas da espécie Venezuela (Martínez, 1987) e Uruguai (Veitenheimer Mendez & Lazzari, 1983; Olazarri, 1986). No Brasil, já se encontra amplamente distribuído no delta inferior do rio Paraná, alcançando densidades que ocasionalmente superam os 10.000 indivíduos m<sup>2</sup> (Boltovskoy et al., 1995), assim como nos rios Paraná, Paraguai e Uruguai (Ituarte, 1981, 1985 e 1994; Olazarri, 1986; Dreher Mansur et al., 1991).

O vertiginoso avanço científico-tecnológico registrado nas últimas décadas tem permitido o melhoramento das médias de produção e o aperfeiçoamento dos processos agrícolas, com o descobrimento de novos e eficientes recursos para combater pragas em geral. A utilização em grande quantidade e a diversidade destes produtos químicos, que muitas vezes são descartados no ambiente com total descaso e nenhum tratamento prévio, pode gerar uma degradação que muitas vezes se torna irreversível. Os ambientes aquáticos naturais têm sido dos sistemas mais afetados pelas descargas de contaminantes, seja indiretamente a partir de emissões atmosféricas, ou mediante o descarte direto de efluentes industriais ou urbanos. Os sistemas aquáticos não estão constituídos por uma única fase homogênea, apresentam, além da água, diferentes compartimentos ambientais, como o material particulado em suspensão, material coloidal e sedimentos de fundo (Cataldo, 2001). A distribuição das substâncias tóxicas nestes compartimentos distintos dos sistemas, assim como seu comportamento, depende de inúmeros fatores, incluindo a natureza química da substância e suas propriedades físico-químicas (como o coeficiente de adsorção, o coeficiente de solubilidade), as características climáticas, físicas, geoquímicas, hidrológicas e biológicas do ambiente, entre outras (Sunda *et al.*, 1978; Luoma & Bryan, 1981; Cutre, 1989; Luoma *et al.*, 1990).

Esta complexidade limita sensivelmente a utilização destas medições dos níveis de contaminantes na água, em particular quando se trata de avaliar o aspecto central da contaminação, relacionando seu impacto sobre a vida. A incorporação de substâncias químicas em organismos também pode dar lugar a uma resposta variada e, freqüentemente, apesar das correlações entre os diferentes níveis de exposição e os feitos biológicos resultantes não serem tão óbvios, estes dados são geralmente mais fáceis de interpretar em termos ambientais que as medições químicas (Landis & Ho Yu, 1999). Por exemplo, a presença de substâncias tóxicas na água e nos sedimentos causa efeitos negativos sobre o crescimento de diversas espécies de moluscos (Bayne & Worrall, 1980 e 1988; Luoma & Carter, 1991; Goldberg *et al.*, 1992), dentre eles o *C. fluminea* (Farris *et al.*, 1988; Belanger, 1991). Porém, segundo Bayne *et al.* (1979), uma das formas mais efetiva de quantificar as concentrações de substâncias tóxicas em moluscos é a partir da análise dos tecidos moles destes bivalves. Um método alternativo para avaliar o efeito da contaminação aquática sobre a biota consiste na exposição de organismos selecionados observando suas respostas (sobrevivência, crescimento, etc.) em comparação com organismos controle. Entre os organismos mais utilizados para este propósito se destacam as espécies bentônicas tais como oligoquetas (*Túbifex sp.*, *Limnodrilus sp.*), anfíbios (*Diporeira sp.*, *Hyaella azteca*, *Gammarus sp.*), e moluscos bivalves (*Anodonta sp.*, *Dreissena polymorpha*), incluindo-se aí a *C. fluminea* (Burton & Scott, 1992).

A sobrevivência de *C. fluminea* está associada à composição e a granulometria do sedimento, à carga de poluentes presentes no meio, e ao pH. Estes moluscos sobrevivem melhor em ambientes não poluídos, com sedimentos bem oxigenados e altas proporções de areia apresenta características

ideais para ser usado como espécie bioindicadora de contaminação (Belanger, 1991; Thompson *et al.*, 1984; Cain & Luoma, 1990).

## 1.1 – OBJETIVO

O objetivo geral desta pesquisa foi identificar a influência dos parâmetros geoquímicos e das características do substrato sobre a composição e estrutura da população de *C. fluminea* no reservatório da Usina Hidrelétrica de Volta Grande, MG/SP, durante os períodos de seca e de chuvas de um ciclo hidrológico. Além disso, testar a aplicabilidade do emprego desta espécie como um bioindicador na avaliação da qualidade de águas dos corpos de águas continentais e de seus segmentos, especialmente no que tange aos problemas de qualidade de água e sedimentação em reservatórios.

## 1.2 – METAS

Dentre as metas específicas desta pesquisa, constaram:

◆ Fazer uma análise geral da situação ambiental do reservatório nos pontos escolhidos como áreas (pontos) de estudo.

◆ Proceder à caracterização hidrossedimentológica de seis pontos a serem amostrados no reservatório, durante as estações de seca e de chuva, por meio da determinação dos seguintes fatores:

- Físicos

- formas das margens;
- granulometria do sedimento depositado no leito;
- caracteriza petrográfica/mineralógica do sedimento;

- Químicos

- análise de elementos traço no sedimento;
- na água;
- na água de poro;
- nas conchas de *C. fluminea*;

- Físico-químicos

- análise dos parâmetros físico-químicos da água nos seis pontos de coleta no reservatório de Volta Grande MG/SP;

- Biológicos

- determinação da abundância de indivíduos em cada ponto amostral,

- medidas de tamanhos dos indivíduos encontrados.

- ◆ Caracterizar a estrutura da população de *C. fluminea* associada a diferentes tipos de substratos;

- ◆ Comparar as diferenciações sazonais da estrutura da população de *C. fluminea* em função das variações do meio;

- ◆ Correlacionar os parâmetros físico - químicos da água à abundância de *C. fluminea* em função das variações do meio;

Como metas maiores a serem alcançadas buscaram-se:

- ◆ Indicar as possíveis variáveis responsáveis pelas diferenciações estruturais da população de *C. fluminea* em ambientes tropicais;

- ◆ Ampliar o conhecimento sobre a ecologia da população de *C. fluminea* em ambientes aquáticos tropicais;

- ◆ Aplicar o uso desta espécie como um bioindicador em ambientes aquáticos tropicais;

- ◆ Contribuir para o aprimoramento de metodologias de avaliação e monitoramento de ambientes lânticos, de forma a auxiliar no seu manejo, preservação e recuperação.



**Figura 1.1**– Fotografia mostrando a vista dorsal e ventral das conchas de *C. fluminea*.

## CAPÍTULO 2

### ÁREA DE ESTUDO

---

O estado de Minas Gerais tem um dos maiores potenciais hídricos do país. Cerca de 90% de sua área são drenados por cinco das maiores bacias brasileiras (São Francisco, Grande, Paranaíba, Doce e Jequitinhonha), enquanto os 10% restantes são drenados por dez bacias que abrangem pequenas áreas, (Costa *et al.*, 1998). A região de estudo está incluída na área drenada pela bacia do rio Paraná, sub-bacia do rio Grande.

A bacia do rio Grande é a segunda maior do estado e drena 15% de sua área, sendo que 60% da área da bacia encontra-se em território mineiro e o restante no estado de São Paulo (Costa *et al.*, 1998), o reservatório abrange os municípios de: Conceição das Alagoas, Água Comprida e Uberaba, no estado de Minas Gerais, e Miguelópolis, Ituverava, Aramina e Igapava, no estado de São Paulo (CETESB, 1976). A parte mineira da sub-bacia do rio Grande tem uma área de drenagem de cerca de 86.800 km<sup>2</sup>, correspondendo a 60,8% do total de toda a área de drenagem do estado mineiro (Campos, 2003).

O rio Grande nasce no Alto do Mirantão, na Serra da Mantiqueira, em Bocaina de Minas, a uma altitude de 1.980 metros. A partir daí, seu curso têm uma orientação SO-NE até a divisa dos municípios de Lima Duarte e Bom Jardim de Minas, deste ponto em diante, toma a direção SN, servindo como divisa entre estes dois municípios, e também entre os municípios de Andrelândia e Lima Duarte. Mais a jusante, passa a correr para S, e se mantém nesta direção até a barragem de Jaguará, em Sacramento. A montante de Jaguará, à altura do reservatório de Estreito, o rio Grande passa a receber as águas dos rios do estado de São Paulo, e serve como divisa entre este estado e Minas Gerais. O rio muda então seu curso e passa a correr segundo a direção E-O até sua confluência com o Rio Paranaíba, originando o rio Paraná (Castro, 2001). A bacia do rio Grande, apresenta uma série de onze reservatórios sendo eles, de montante a jusante: Carmagos, Itutinga, Furnas, Peixoto, Estreito, Jaguará, Igarapava, Volta Grande, Porto Colômbia, Marimbondo e Água Vermelha (Santos & Formagio, 2000).

O presente estudo se desenvolveu exatamente na bacia do rio Grande, mais precisamente no reservatório da Usina Hidrelétrica de Volta Grande (48° 25' e 47° 35' W; 19° 57' e 20° 10' S, a oeste de Belo Horizonte- Figura 2.1), sendo seu corpo principal formado pela calha central do rio Grande e desembocaduras de diversos ribeirões. Está situado a aproximadamente 500 metros acima do nível do mar, tendo a montante o reservatório de Igarapava e a jusante o reservatório de Porto Colômbia (Santos & Formagio, 2000). O reservatório possui uma área inundada de 222 km<sup>2</sup>, um perímetro de 80 km (Rolla *et al.*, 1990a) e um volume de 2,3 bilhões de m<sup>3</sup> de águas para fins de produção de energia

elétrica (Braga & Gomiero, 1997), com tempo de residência da água estimado em 21 dias (CETESB, 1976). Tendo iniciado sua operação em 1974, possui a capacidade instalada de 380 MW (Campos, 2003).

Segundo Greco (2002), o clima da região é de savana tropical, quente e úmido, com período seco correspondendo ao outono e inverno, que pode chegar de 5 (cinco) a 7 (sete) meses, e com 80% das chuvas entre outubro e março (Figura 2.2), sendo as menores médias de pluviosidade registradas no mês de agosto. Ainda segundo este autor, o índice médio pluviométrico anual da região atinge 1598,0 mm, conforme dados fornecidos pela CEMIG, com base nos dados obtidos na estação meteorológica situada no município de Uberaba. As maiores médias de temperaturas máximas são registradas nos meses chuvosos, chegando a atingir 30,23°C em outubro e março, já as menores médias de temperaturas mínimas são observadas nos meses de junho e julho. A temperatura média fica em torno de 23°C nos meses chuvosos e 19°C nos meses secos (Figura 2.2).

Geologicamente, o reservatório está inserido na região da bacia do Paraná, mais especificamente sobre as rochas basálticas da Formação Serra Geral. Esta formação é caracterizada por uma sucessão de derrames de lavas, predominantemente básicas, contendo domínios subordinados intermediários e ácidos, principalmente no terço médio e superior, com algumas intercalações arenosas (Brito, 1979). Segundo este autor, esta unidade se espalha por aproximadamente 1.200.000 km<sup>2</sup>, com uma espessura total variando de 600 a 1500m e derrames individuais medindo entre 50 e 100m. Para Petri & Fulfaro (1983), o magmatismo iniciou-se no Jurássico, manifestando-se até a segunda parte do Cretáceo (Figura 2.3).

Os afloramentos são extremamente raros, pois os solos, chamados Latossolos Vermelhos, são facilmente formados a partir do basalto e podem se apresentar até 20 metros de espessura (Castro, 2001); é a chamada “terra roxa” da região agrícola do Triângulo Mineiro (MG) e do sudoeste paulista, região de Ribeirão Preto (SP). Segundo Castro (2001), de modo geral, são solos porosos, bastante permeáveis e muito resistentes à erosão, em função do elevado grau de flocculação e da constituição da argila que o constitui. Ocorrem em grande parte em relevo propício à mecanização (semi-plano) e, quando devidamente adubados e corrigidos, apresentam grande potencialidade para produção de grãos (culturas de ciclo curto). Em áreas de possibilidades de irrigação ou de precipitação mais elevada, podem ser relacionados com culturas perenes. No estado de Minas Gerais, o reservatório de Volta Grande está inserido na região do Triângulo Mineiro, área com desenvolvimento de vegetação do tipo cerrado, atualmente altamente degradada pela agroindústria (Costa *et al.*, 1998 - Figura 2.4).

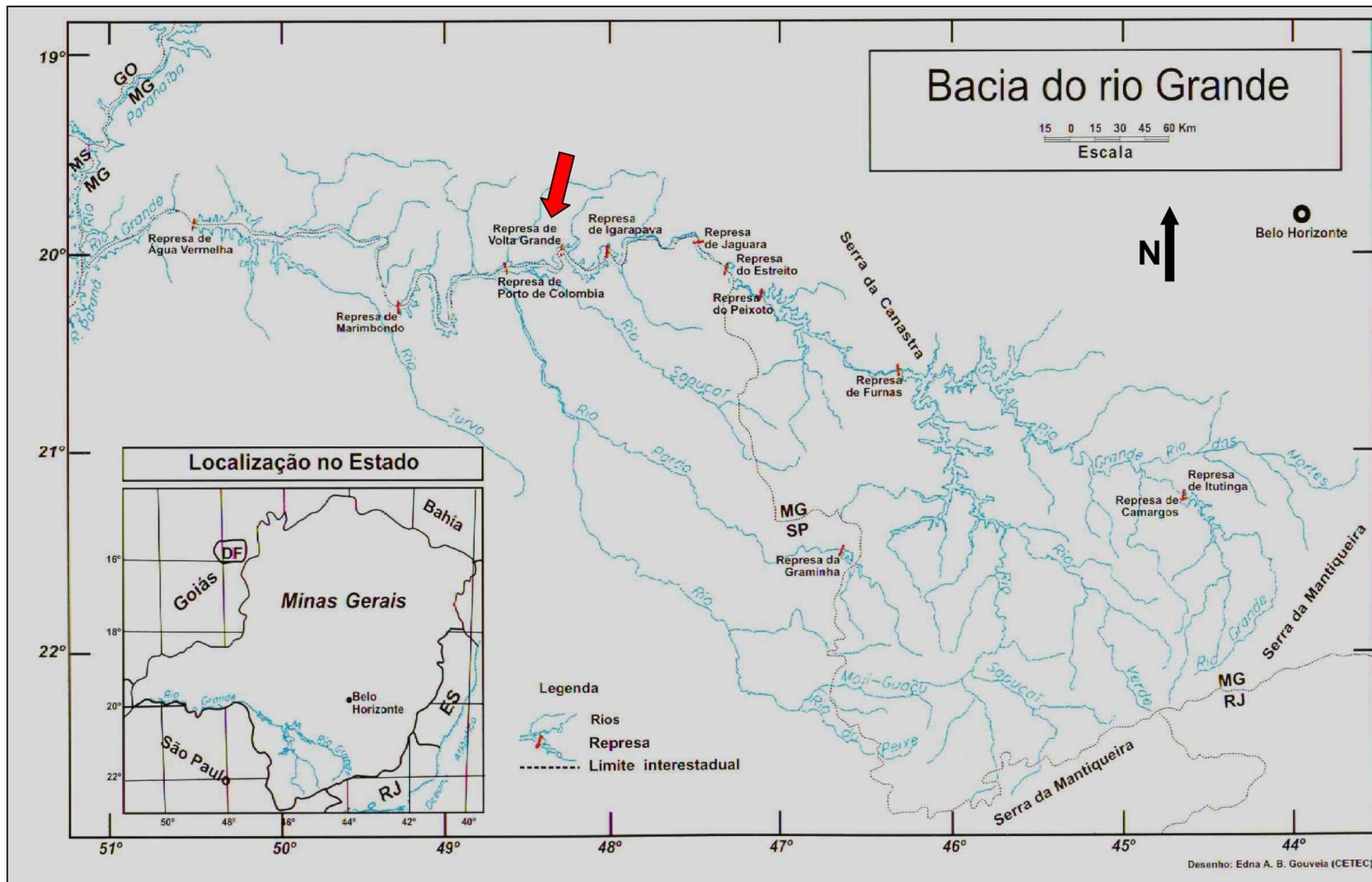


Figura 2.1- Localização do reservatório de Volta Grande MG/SP.

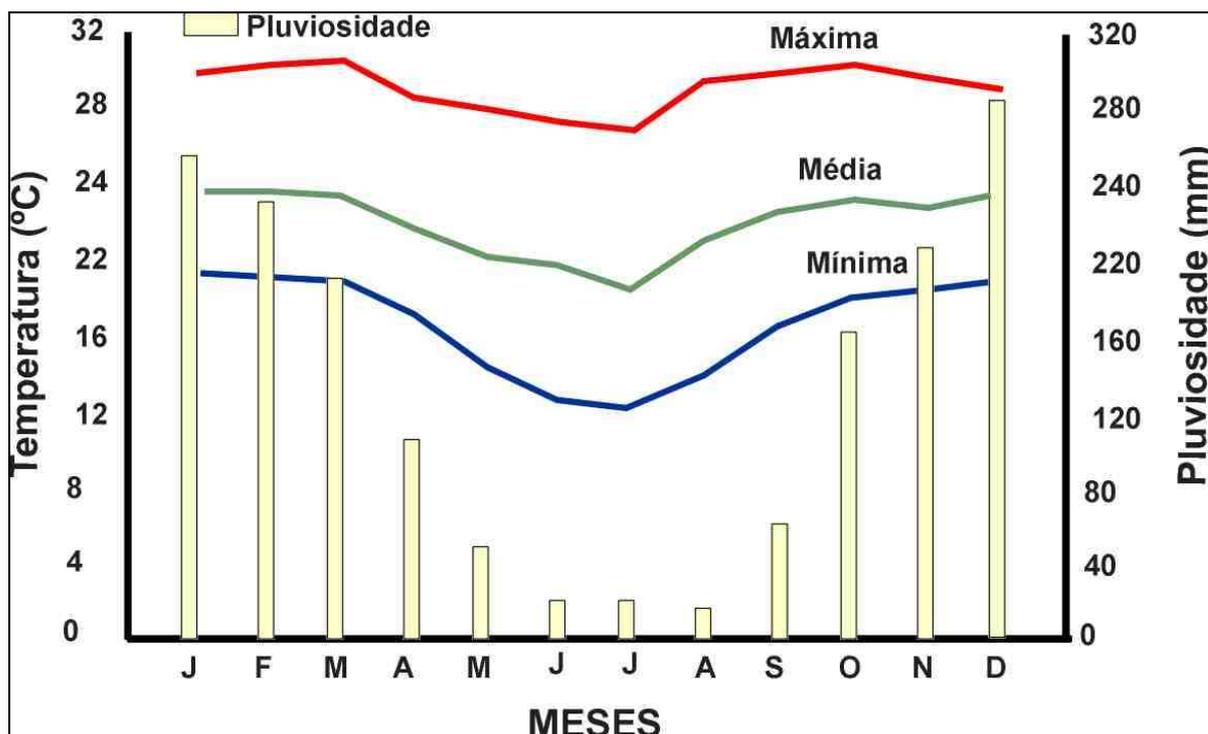


Figura 2.2- Médias mensais das temperaturas máxima, média e mínima e da pluviosidade no município de Uberaba (Grego, 2002).

Os latossolos localizados às margens do reservatório, sob a ação do embate das ondas, tendem a fazer surgir zonas críticas quanto à instalação de processos de solapamento das margens. Estes processos são conjugados a outros (erosão pluvial e fluvial) que por sua vez estão associados às condições de cobertura dos solos, textura, estrutura e declividade (Castro, 2001). Segundo este autor, é em neste cenário que ocorre o carreamento de sedimentos para o reservatório e a erosão remontante, invadindo os terrenos marginais destas áreas; estes processos podem se agravados ou não pelo incremento das variáveis mencionadas.

Segundo Castro (2001), do ponto de vista econômico a região de inserção da Usina Hidrelétrica de Volta Grande destaca-se principalmente pelas reservas de água mineral, argila, calcário, ferro e pedras britadas e ornamentais. As tendências atuais de desenvolvimento recaem sobre: a industrialização crescente, a agroindústria de alta tecnologia, os projetos de irrigação e infraestrutura de apoio, a construção de hidrelétricas e, em especial, o rápido crescimento demográfico e urbanização, com a população urbana sempre em maior número que a rural (Tabela 2.1). A região possui indústrias que vão desde usinas açucareiras implantadas logo na primeira metade do século a modernas indústrias químicas. Estas indústrias, formadoras do pólo químico de Uberaba (MG), Igarapara e Miguelópolis (SP), situam-se nas margens de afluentes do reservatório, lançando neles seus efluentes. Além disso, o extrativismo mineral, representado pela extração de sedimento de leito através de dragas, vem sendo feito ao longo dos últimos anos no reservatório, retirando inúmeras toneladas de areia (Campos, 2003).

O aumento do desenvolvimento econômico da região gera uma série de ameaças sobre os recursos naturais, dentre eles o uso intensivo de fertilizantes e defensivos agrícolas e lançamento de lixo e esgotos in natura (Costa *et al.*, 1998). Porém, segundo Greco (2002), apesar dos elevados aportes externos de nutrientes, a região lacustre do reservatório ainda mantém baixas concentrações de fósforo e nitrogênio total. Para esse autor, o corpo central do reservatório de Volta Grande encontra-se na categoria de oligo-mesotrófico (baixa à média produtividade de nutrientes). Essa condição tem sido mantida pela grande capacidade que o sistema possui em absorver os elevados aportes externos de fósforo. O atual estado trófico é, no entanto, transitório e depende de diversos mecanismos relacionados ao metabolismo de organismos planctônicos, bentônicos e de macrófitas. Atualmente, o reservatório é caracteristicamente pobre em macrófitas aquáticas, porém, o fundo do reservatório, em alguns pontos próximos à margem onde é formado por sedimento semiconsolidado, está pobremente recoberto por macrófitas submersas (Rolla *et al.*, 1990b).

**Tabela 2.1-** Área dos municípios da bacia de drenagem, número de habitantes e área ocupada por atividades agropastoris, Greco (2002).

Município	Área(km <sup>2</sup> )	População Urbana	População Rural	Área de Agricultura (%)
Água Comprida(MG)	490	2.092	739	81
Uberaba(MG)	4.516	244.171	7.880	50
Aramina (SP)	203	4.145	618	64
Igapava (SP)	467	24.037	1.888	66
Ituverava (SP)	698	34.221	2.047	69
Miguelópolis (SP)	827	17.561	1.458	59
Total	7.305	330.887	15.035	-

		<b>LITOESTRATIGRAFIA</b>						
Cronoes		Rio Grande do Sul	Santa Catarina	Paraná	São Paulo			
Quat		Barreiras, Terraços Aluviões	Barreiras, Terraços Aluviões	<i>Qha</i>	<i>Qha</i>			
Terc		Associação litológica primária	Associação litológica primária	<i>TQi</i>	<i>TQi</i>   Fm. Rio Claro			
Cret	Gr. Bauru				Fm. Marília			
Juro-Cretáceo	Gr. São Bento	Fm. Serra Geral	Fm. Serra Geral	Fm. Serra Geral	Fm. Serra Geral			
		Fm. Botucatu	Fm. Botucatu	Fm. Botucatu	Fm. Botucatu			
Trias	Gr. São Bento	Mb. Sta. Maria Fm. Rosário do Sul		Fm. Pirambóia				
Permiano	Gr. Passa Dois	Fm. Rio do Rasto	Mb. Morro Pelado Mb. Serrinha	Fm. Rio do Rasto	Mb. Morro Pelado Mb. Serrinha	Fm. Rio do Rasto	Mb. Morro Pelado Mb. Serrinha	Fm. Corumbatal
		Fm. Teresina	Fm. Est. Nova	Fm. Teresina	Fm. Teresina	Fm. Teresina	Fm. Teresina	
		Fm. Serra Alta		Fm. Serra Alta	Fm. Serra Alta	Fm. Serra Alta		
		Fm. Irati		Mb. Assistência Mb. Taquaral				
		Fm. Palermo		Fm. Palermo	Fm. Palermo	Fm. Palermo		
Carb. Sup	Gr. Itararé	Fm. Rio Bonito	Fm. Rio Bonito	Mb. Siderópolis Mb. Paraguaçu Mb. Triunfo	Fm. Rio Bonito	Mb. Paraguaçu Mb. Triunfo	Fm. Tatui	Fm. Tietê
		Fm. Rio do Sul	Fm. Rio do Sul	Fm. Rio do Sul	Fm. Rio do Sul	Fm. Rio do Sul		Fm. Aquidauana
			Fm. Mafra	Fm. Mafra	Fm. Mafra			
Devoniano	Gr. Paraná	Fm. Campo do Tenente	Fm. Campo do Tenente	Fm. Campo do Tenente				
		Fm. Ponta Grossa	Fm. Ponta Grossa	Fm. Ponta Grossa				
		Fm. Furnas	Fm. Furnas	Fm. Furnas			Fm. Furnas	
		Embasamento pré-Gonduânico						

Figura 2.3 - Coluna estratigráfica da Bacia do Paraná (modificada de Schneider *et al.*, 1974).

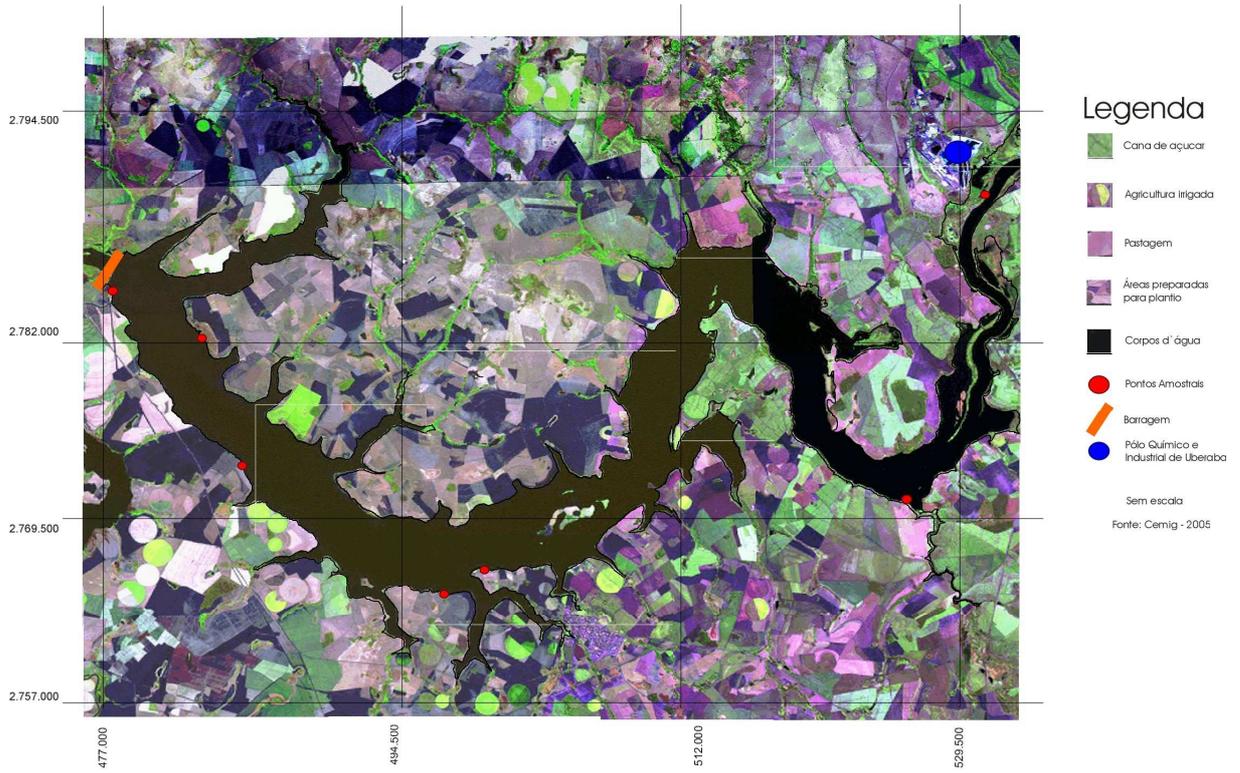


Figura 2.4- Imagem de satélite do entorno do Reservatório da Usina Hidrelétrica de Volta Grande MG/SP.

## CAPÍTULO 3

### *Corbicula fluminea*

---

#### 3.1 - A CLASSE BIVALVIA E A FAMÍLIA CORBICULIDAE

A classe Bivalvia, também chamada de Pelicypoda ou Lamellibranchia, inclui animais comuns como mariscos, ostras e mexilhões. Os bivalves possuem duas valvas, encaixadas em dobradiça dorsalmente, que envolvem todo corpo. O pé, como o restante do corpo, é lateralmente comprimido, daí a origem do nome Pelicypoda (que significa “pé ou machadinha”). A cabeça é mal-desenvolvida. A cavidade do manto é mais espaçosa do que em qualquer outra classe de molusco, e as brânquias são geralmente muito grandes, tendo assumido na maioria das espécies uma função de coleta de alimento além de realização de troca de gasosa (Barnes, 1977).

Corbiculidae constitui uma família de moluscos da classe bivalvia, pertencente à subclasse Heterodonta e à ordem Veneroida, que reúne 68 famílias, compondo o grupo mais numeroso de bivalves e aquele que apresenta a maior radiação evolutiva recente dos moluscos (Silva & Souza, 2004).

#### 3.2 - O GÊNERO *CORBICULA* (MERGELE VON MÜHLFELD, 1811)

O gênero *Corbicula* (Megerle von Mühlfeld, 1811), junto com *Polymesoda* (Rafinesque, 1828), *Batissa* (Gray, 1853), *Villorita* (Griffith & Pidgou, 1834) e *Neorcorbicula* (Fischer, 1887), forma a família Corbiculidae. Em sua maioria, são marinhos e de água salobra, porém, o gênero *Corbicula* tem também representantes na água doce. O gênero *Neorcorbicula* é constituído de espécies apenas dulcícolas, endêmico da América do Sul, e também conhecido, segundo alguns autores, como *Corbicula* (*Cyanocyclas*) de Blainville, 1818 (Keen & Casey, 1969).

A concha deste gênero apresenta um perfil cordiforme e ondulações concêntricas na superfície externa (Figura 1.1). O perióstraco (parte interna da concha) é geralmente brilhante amarelado ou esverdeado, variando também do marrom ao preto conforme a idade do animal ou ambiente que ocupa (Figura 1.1). Internamente, trata-se de um gênero integropalial, ou seja, não apresenta sínus na linha palial (Figura 1.1). A charneira apresenta uma dentição bem formada, com dentes cardinais em número de 3 em cada valva e dentes laterais muito alongados na região anterior e posterior aos umbos. Apresenta um pé robusto e arredondado, quando visto de lado, sua função é enterrar o animal no substrato onde vive total ou semi-enterrado (Mansur & Meier – Brook, 2000).

Segundo Morton (1982), este gênero constitui-se num complexo taxonômico devido ao grande número de espécies descritas. O autor menciona, só para a Ásia, a existência de mais de 100 nomes e

salienta que a definição das espécies não seria possível somente através do exame das conchas, nem mesmo por especialistas com prática no assunto. Ele define para a Ásia apenas duas espécies: *C. fluminea* (Muller 1774) e *C. fluminalis* (Muller 1774) e as distinguiu com base no estudo das estratégias reprodutivas e da tolerância a diferentes níveis de salinidade. Assim, *C. fluminea* é de água doce, de forma mais arredondada e menor (35 mm em Hong Kong e 60mm nos EUA) vivendo preferencialmente em ambientes lóticos, tolerando no máximo 13% de salinidade, vive no máximo 3 anos, formas duas linhas de crescimento por ano.

*C. fluminea* é uma espécie de hábito infaunal, com preferência pelos fundos calmos e bem oxigenados e se encontra presente em ambientes lóticos e lênticos de grande parte do planeta (Bickel, 1966; Lenat & Weiss, 1973; Dreier, 1977; Dreier & Tranquilli, 1981). O estudo dos níveis de contaminantes e os efeitos que estes causam sobre a saúde humana e aos ecossistemas são temas de crescente interesse no mundo.

Uma das características que mais tem contribuído para a rápida colonização e dispersão desta espécie é sua alta capacidade reprodutiva. *C. fluminea* é uma espécie hermafrodita, se reproduz duas vezes ao ano, incubando ovos fertilizados no interior das demibrânquias. Os jovens nascem sob a forma de pediveliger com aproximadamente 200 µm. Este jovem já possui um pequeno pé que permite ao molusco enterrar-se no substrato (Kraemer & Lott, 1977).

Estudos sobre *Corbicula* na América do Norte têm focado seus artifícios para a distribuição diversos habitats incluindo canais de drenagem e irrigação (Heinsohn, 1958; Eng, 1979; Marsh, 1985) e também em reservatórios (Dreier, 1977; Aldridge & McMahon, 1978; Abbott, 1979; Willians & McMahon, 1986). Alguns estudos sobre indivíduos e populações também têm sido feitos em reservatórios (Britton *et al.*, 1979), represas e em rios (Kraemer, 1976; Welch & Joy, 1984); entretanto, são necessários estudos básicos sobre os fatores que afetam o crescimento, a bioenergia e a dinâmica da população em sistemas lóticos (Stites *et al.*, 1995).

### 3.3 - INTRODUÇÃO NA AMÉRICA DO SUL

“A dispersão natural tem sido o principal mecanismo responsável pela colonização do planeta, a dispersão antrópica intencional ou acidental são responsáveis pelos maiores impactos ecológicos e econômicos nas últimas décadas. Para a fauna aquática em particular, a entrada acidental mais comum constitui a água de lastro dos barcos. Os grandes barcos mercantes enlastram nos portos milhões de litros de água, usada para conferir estabilidade durante a navegação, e deslatram nos portos onde recebem as cargas. Este mecanismo de transferência não seletiva transporta uma grande variedade de espécies, incluindo organismos patógenos e parasitas como vírus e bactérias, larvas e juvenis de invertebrados, etc. Milhares de espécies são transportadas pelo mundo na água de lastro dos barcos todos os dias (Gollasch & Leppakoski, 1999). Dentre os moluscos de água doce, há três espécies de

pelecípodos que se destacam por serem amplamente reconhecidas como espécies prejudiciais: *Dreissena polymorpha*, *Limnoperna fortunei* e *C. fluminea*.” - Cataldo (2001).

Segundo Cataldo (2001), uma das conseqüências do fenômeno da globalização, derivada da crescente mobilidade de pessoas e mercadorias entre os países do mundo, são os impactos ecológicos das espécies invasoras em geral, e dos moluscos aquáticos em particular. A invasão de espécies exótica tem causado dramáticos efeitos em ambientes terrestres, marinhos e de água doce, freqüentemente com severas conseqüências econômicas, ambientais e culturais. Os problemas derivados da invasão de espécies exóticas em geral, e de moluscos em particular, estão associados principalmente ao crescimento desordenado das populações. Este crescimento explosivo, que normalmente não se dá em seu lugar de origem, isto se dá porque os novos habitantes não têm inimigos naturais que limitem sua expansão, como predadores ou organismos patógenos que poderia desenvolver doenças. Os efeitos ecológicos negativos da introdução de espécies exóticas freqüentemente se devem ao que estas novas espécies ocasionam no ecossistema em que se inserem, seja por predação direta ou através da competição por recursos, podendo causar a extinção de espécies autóctonas. Estas alterações, por sua vez, podem ocasionar profundas modificações no delicado equilíbrio do ecossistema provocando um “efeito cascata” entre organismos com ele relacionado, cujas conseqüências são impossíveis de prever.

A grande maioria das espécies do gênero *Corbicula* tem sua origem na Ásia, porém, há registros para ilhas do Pacífico, Europa e África, sendo que a América do Norte, Europa e Japão têm registros fósseis destes moluscos (Araújo *et al.*, 1993). Já espécie *C. fluminea* (Muller, 1774), nativa do sudeste asiático, encontra-se atualmente introduzida em vários locais da América do Sul, do Norte, da África e da Europa. Segundo Isom (1986), a espécie foi espalhada acidentalmente pelo mundo através do homem e dentro dos mananciais, passivamente, através das correntes de água; para McMahon (1982) essa espécie pode inclusive ser considerada uma praga.

Cabe a Ituarte (1981) o primeiro registro da presença de *Corbicula* na América do Sul, em especial no Rio da Prata, nas cercanias de Buenos Aires. Este é o primeiro registro deste gênero para a América do Sul (Mansur & Pares Garces, 1988). O autor estimou que a sua introdução no Rio da Prata pelas áreas portuárias teria se dado em fins da década de 1960 e meados da década de 1970. Sem restrições o gênero *Corbicula* ocupa uma área contínua do litoral rioplatense, desde sua nascente até o balneário de Magdalena, porém, ainda não se encontrando em córregos afluentes do rio da Prata (Darrigran, 1992). No mesmo ano, Veitenheimer-Mendes (1981) registrou a presença de uma espécie de Corbiculidae de origem asiática pela primeira vez no sul do Brasil, na bacia do Guaíba. Foi coletada junto à Ponta da Cadeia onde se inicia a área portuária da cidade de Porto Alegre. Na época, foi identificada como *C. manilensis* (Philippi, 1884). Atualmente este nome é sinônimo júnior de *C. fluminea* (Muller, 1774). De acordo com a data de coleta e tamanho do animal, a autora estimou que a espécie teria sido introduzida neste manancial também no início da década de 1970.

Após estes estudos pioneiros, outros relatos sobre a presença deste invertebrado no Brasil e na América do Sul foram surgindo:

- Veitenheimer-Mendes & Olazarri (1983) citaram a presença da *Corbicula* asiática também no Rio Uruguai, com registro da primeira coleta em junho de 1979;
- Ituarte (1984) citou a presença de outra espécie de Corbiculidae exótica, *C. largillierti* (Philippi, 1844) no Rio da Prata, Argentina, e descreveu sua biologia reprodutiva.
- Martinez (1987) identificou como *C. manilensis* (Philippi, 1884) vários exemplares coletados em torno de 1985, em diferentes localidades de rios do estado de Monagas, na Venezuela.
- No Taim, junto a Lagoa Mirim, RS, Brasil, Mansur & Garces (1988) registraram *C. fluminea* nos canais e lagoas da Estação Ecológica do Taim e áreas adjacentes a partir de 1980, onde atingiu a densidade máxima de 5.191 indivíduos por m<sup>2</sup>.
- Masur *et al.* (1994), estudando um pequeno canal na área do Parque COPESUL, em direção ao Rio Caí, Município de Triunfo-RS, registraram uma densidade de 4.173 indivíduos por m<sup>2</sup>.
- Finalmente, em 2004, Souza & Silva, 2004 resumiram em um mapa a distribuição deste gênero na América do Sul (Figura 3.1).

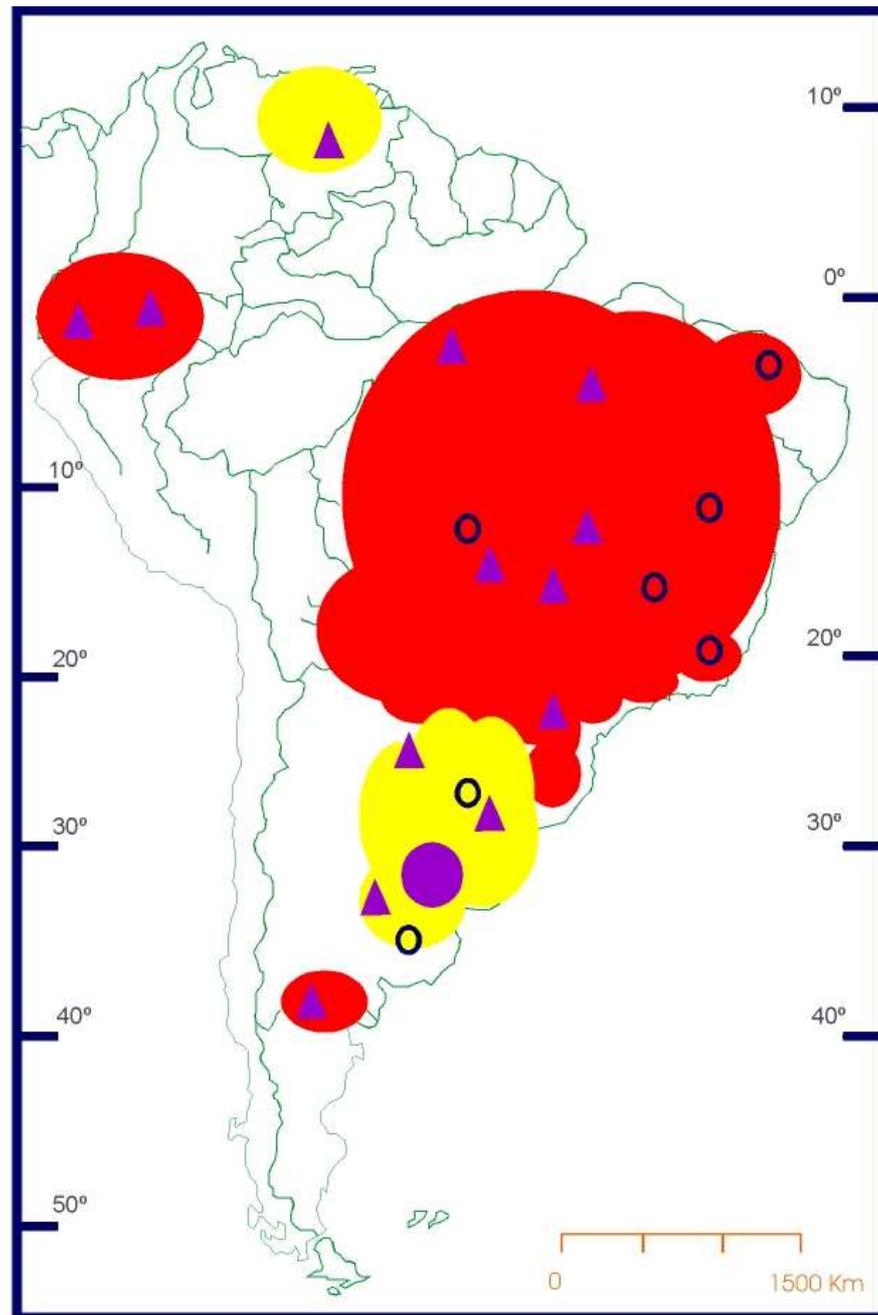


Figura 5.1 - Mapa da América do Sul com a cronologia da invasão de Corbiculidae asiáticos por décadas ● = 1970, ● = 1980, ● = 1990 em diante; e distribuição das espécies: ▲ = *Corbicula fluminea* (Muller, 1774); ○ = *C. largillierti* (Philippi, 1844). Obs.: o limite das áreas é aproximado. Fonte: exame de coleções científicas e citações bibliográficas disponíveis

**Figura 3.1-** Mapa da América do Sul com a cronologia da invasão de *Corbicula* (Souza & Silva, 2004).

### 3.4 - FATORES QUE CONDICIONAM A DISTRIBUIÇÃO DE *C. FLUMINEA*.

Estudos têm demonstrado que alguns fatores, como temperaturas, conteúdo de matéria orgânica, níveis de oxigênio dissolvido e salinidade da água, entre outros, condicionam a ocorrência ou abundância de *C. fluminea*.

Para Mattice (1979), temperaturas superiores a 30°C têm efeitos negativos, incluindo a diminuição da taxa de filtração, redução da taxa de produção e da liberação de jovens, fato este também observado por Aldridge & McMahon (1978). Em condições experimentais, o limite máximo de temperatura tolerado por organismos adultos durante períodos prolongados de exposição varia por volta de 30-35°C; mas, em períodos breves podem suportar temperaturas de até que 43°C sem ocorrerem mortalidades altas (Mattice & Dye, 1976; Isom *et al.*, 1978; Cherry *et al.*, 1980). Mattice & Dye (1976) destacam que o limite térmico inferior observado em laboratório foi de 2°C; fato corroborado por estudos no hemisfério norte que tem descrito altas taxas de mortalidades durante invernos com temperaturas da água em torno de 0°C (Horning & Keup, 1964; Bickel, 1966; Cherry *et al.*, 1980).

No sudeste da Ásia, seu país de origem, *C. fluminea* é encontrado em habitats lóticos e lênticos, porém nos Estados Unidos são mais encontrados em poços bem oxigenados e despolidos (Belanger *et al.*, 1985). Também Masur *et al.* (1994), em estudo no Município de Triunfo, RS demonstraram sua preferência por águas mais oxigenadas, enquanto Mansur & Garces (1988) registraram sua preferência por canais de irrigação. Ou seja, o *C. fluminea* é sensível aos níveis de oxigênio dissolvido (Aldridge & McMahon, 1978; McMahon, 1979; Eng, 1979); valores inferiores a 1.0 mg l<sup>-1</sup> em sedimentos e 3.0 mg l<sup>-1</sup> em interface sedimento-água, podem ser responsáveis por densidades baixas e retardos no crescimento (Belanger, 1991). Esta limitação pode se dar devido à baixa capacidade do animal em regular progressivamente a taxa de incorporação de oxigênio com o aumento da hipóxia (McMahon, 1979; Belanger, 1991). Não obstante, o molusco tem a capacidade metabolizar de forma anaeróbica quando as concentrações de oxigênio dissolvidas são extremamente baixas (Belanger, 1991).

Trabalhos mais recentes, baseados em estudos anuais e bianuais, relatam que na América do Norte *C. fluminea* tem uma vida de um a três anos e dois eventos reprodutivos por ano, um durante a primavera e o outro entre fins do verão e princípio do outono (Cataldo & Boltovskoy, 1999; Stites *et al.*, 1995; Boltovskoy *et al.*, 1997; Cataldo, 2001). Em rios dos Estados Unidos, por exemplo, se demonstra que há uma heterogeneidade nas frequências de tamanhos de *C. fluminea* em lugares onde se percebe o efeito diferenciado da corrente em épocas de chuvas (Payne *et al.*, 1989). No sistema hídrico quando as chuvas se repetem em ciclos irregulares havendo períodos de cheias, estes eventos produzem uma redistribuição de larvas e adultos que estariam relacionadas de maneira muito

complexa devido a sua distribuição no espaço, sua forma, profundidade e o grau de cobertura vegetal (Correa *et al.*, 1992).

Este molusco asiático sendo uma espécie de águas doce, dificilmente é encontrado em áreas com salinidades superior a 8% (Remane & Schlieper, 1971; Díaz, 1974). Em condições de laboratório, *C. fluminea* pode tolerar concentrações por volta de 24 % quando a salinidade é aumentada lentamente (Evans *et al.*, 1979). Esta maior tolerância se deve a que este molusco apresenta relativamente altos níveis osmóticos em seu sangue, alta taxa de transporte de íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$ , e a capacidade de regular baixa condição de estresse hiperosmótico, e volume dos fluidos internos mediante ajustes das concentrações de aminoácidos em seu sangue e tecidos (Gainey, 1978). Estas características, que a diferenciam da maioria dos outros bivalves de água doce, parecem indicar que *C. fluminea* ainda conserva parte das características fisiológicas de seus ancestrais estuários (Cataldo, 2001).

Apesar do grande poder de invasão desta espécie e de sua utilização em alguns estudos de bioindicação, poucas pesquisas têm sido realizadas sobre a influência do meio físico na ocorrência desta espécie. Masur *et al.* (1994), em seu estudo no Rio Grande do Sul, demonstraram sua preferência por declives suaves do terreno. Aparentemente, *C. fluminea* tem a capacidade de colonizar ambientes que apresentam uma ampla variedade de substratos, incluindo rocha desnuda, pedregulho, areia e argilas (Horne & McIntosh, 1979; Rodgers *et al.*, 1979; Belanger *et al.*, 1985), assim como restos de materiais de demolição, como os presentes no largo da ribeira do Rio da Prata (Cataldo, 2001). Porém, inúmeros autores destacam a preferência destes bivalves por substrato compostos por areia fina e mistura de areia fina a grossa (Fast, 1971; Eng, 1979; Cherry *et al.*, 1980; Belanger *et al.*, 1985; Masur *et al.*, 1994). Estudos, porém, demonstram que o animal evita sedimentos com alto conteúdo de matéria orgânica (Aldridge & McMahon, 1978; McMahon, 1979; Eng, 1979).

### **3.5 - BIOINDICAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS**

Os estudos de cunho hidrobiológico têm por objetivo avaliar de forma integrada e, em associação às análises físicas e químicas das águas, as alterações estruturais das comunidades de invertebrados aquáticos, pela mensuração da composição, abundância, riqueza, diversidade, similaridade e importância funcional dos grupos e táxons pertencentes a microfauna perifítica, pseudoperifítica, planctônica e ou aos macroinvertebrados de substratos pedregosos e de sedimentos (Johnson *et al.*, 1992).

As comunidades exercem papel fundamental no funcionamento do ambiente aquático, contribuindo de forma direta na dinâmica de nutrientes, na transformação da matéria e no fluxo de energia do ecossistema, além da função alimentar que exercem na dieta de peixes forrageiros e carnívoros.

Como indicadores biológicos, as funções vitais das comunidades estão tão estreitamente correlacionadas a determinados fatores ecológicos, que em resposta à alteração ambiental de origem

antrópica ou não, possuem a capacidade de responder rapidamente às perturbações alterando suas funções, com reflexos na sua estrutura, podendo assim ser utilizadas como indicadoras na avaliação da qualidade ambiental (Lima 2000, apud Ferreira 2001).

Ferreira (2001), com base na literatura consultada, salienta que a bioindicação na condição de avaliador de efeitos de agentes estressores, disponibiliza informações sobre os fatores de distúrbios e a necessidade da existência de medidas de proteção; monitora o desempenho dos procedimentos técnicos adotados, atuando como fator de decisão da proteção ambiental. Adicionalmente, permite a documentação espacial e temporal de distúrbios, subsidiando na identificação de alterações de origem local ou regional e na avaliação do alcance de seus efeitos e contribui ainda, para indicar o responsável pelos efeitos, mesmo quando o agente estressor se encontra na faixa de limite aceitável (Ferreira, 2001).

Segundo Cummins (1996), a análise dos grupos funcionais de invertebrados é sensível às propriedades naturais dos ecossistemas lóticos, tanto geomórficas quanto biológicas que ocorrem ao longo dos sistemas riverinos, desde suas cabeceiras até os trechos mais baixos, sendo assim, o diagnóstico feito com bioindicadores pode refletir não apenas a qualidade das águas, mas também as condições e níveis de degradação dos ecossistemas aquáticos no que diz respeito à poluição decorrente de alterações provocadas no substrato, por efluentes industriais, desmatamento ciliar, assoreamentos, defensivos agrícolas, dentre outros. Todos estes fatores interferem no desenvolvimento das populações no meio hídrico, influenciando vários mecanismos de sobrevivência dos organismos, com possíveis prejuízos no papel que também desempenham no processo de autodepuração da água.

### **3.5.1-O uso de *C. fluminea* como espécie bioindicadora**

A persistência, abundância e reprodução das populações nos ambientes contaminados são de total interesse para a conservação das espécies biológicas (Luoma & Carter, 1991). A presença de contaminantes no ambiente pode provocar queda na densidade das populações, assim como modificações na estrutura desta. Isto se deve a que nem todos os indivíduos são igualmente susceptíveis às substâncias tóxicas: geralmente os estágios diferenciados de desenvolvimento larvas e juvenis são mais vulneráveis que os adultos. Harrison *et al.* (1984) e Belanger *et al.* (1991) confirmaram mediante ensaios de laboratório que o estágio juvenil de charnela reta de *C. fluminea* é mais sensível à exposição ao cobre que os organismos adultos. Resultados similares foram obtidos para outros metais como o zinco e o cádmio, assim como para uma grande variedade de compostos orgânicos (Foster, 1981; Doherty & Cherry, 1988; Doherty, 1990).

A presença de substâncias tóxicas na água e nos sedimentos tem efeitos negativos sobre o crescimento das espécies de moluscos em geral (Bayne & Worrall, 1980; Widdows & Johnson, 1988; Luoma & Carter, 1991; Goldberg *et al.*, 1992), e em *C. fluminea* em particular (Farris *et al.*, 1988; Belanger, 1991).

A incorporação de substâncias químicas em organismos também pode dar lugar a uma resposta variada e freqüentemente, as correlações entre os níveis de exposição e os efeitos biológicos resultantes não são tão óbvios (Landis & Ho Yu,1999), estes resultados são geralmente mais fáceis de interpretar em termos ambientais que as medições químicas.

## CAPÍTULO 4

### METODOLOGIA

---

#### 4.1 - SELEÇÃO E DEMARCAÇÃO DOS PONTOS DO RESERVATÓRIO A SEREM AMOSTRADOS

Nesta etapa, foram realizadas a seleção e a demarcação dos segmentos do reservatório a serem amostrados. Estes trechos foram selecionados dentre aqueles que são estudados no projeto de monitoramento do reservatório realizado pelo CETEC (Campos, 2003), sendo a maioria das estações em comum.

Foram então definidos seis pontos de amostragem (Tabela 4.1), de forma a criar uma malha representativa dos diversos tipos de substratos e níveis de estruturação da população de *C. fluminea* encontrados no reservatório (Figura 4.1). Além disso, os pontos procuraram também abranger as diversas características geoquímicas do reservatório, em função da entrada de cursos de água, efluentes e uso e ocupação de suas margens. Todos os pontos amostrados foram georeferenciados, com aparelho de GPS Garmin.

Assim, para a definição dos pontos amostrais foram levados em conta os seguintes critérios, ordenados por importância:

- diferentes níveis de estruturação da população de *C. fluminea*, incluindo sítios com uma boa colonização e aqueles com altos índices de mortalidade;
- características granulométricas de substratos;
- zoneamento morfológico do reservatório;
- entradas dos cursos de água contribuintes do reservatório;
- lançamento de efluentes industriais;
- presença de assentamentos humanos e lançamento de dejetos domésticos;

**Tabela 4.1-** Tabela com a renomeação e localização dos pontos estudados.

Estações de coleta CETEC	Estações de coleta deste Projeto de Mestrado	Coordenadas Geográficas dos pontos	Altitude (m)
BIGR 03	P 01	20°02'30"S 48°13'42"W	502
BIGR 05	P 02	20°02'79"S 48°11'63"W	503
BIGR 07	P 03	20°09'87"S 48°04'62"W	499
BIGR 11	P 04	20°07'66"S 47°54'07"W	495
BIGR 15	P 05	20°06'14"S 48°10'89"W	495
-	P 06	20°01'71"S 47°52'42"W	500

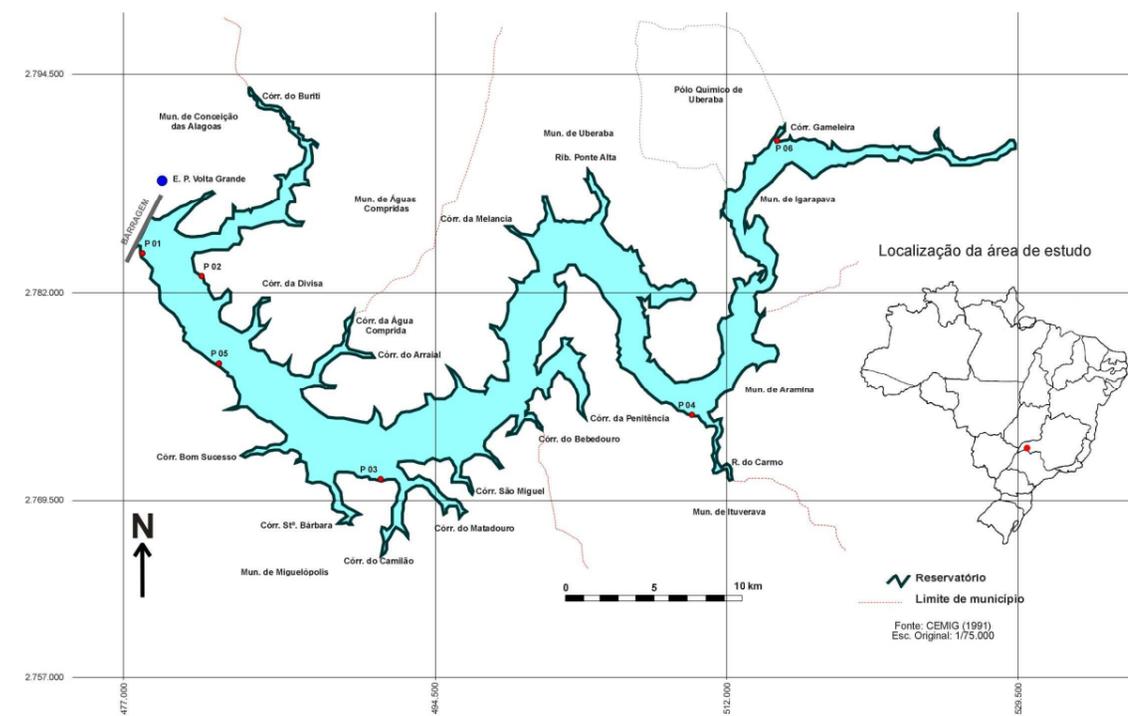


Figura 4.1- Localização dos pontos de coleta no reservatório da Usina Hidrelétrica de Volta Grande - MG/SP. Modificado de Greco, 2002.

## 4.2 – AMOSTRAGENS E COLETAS

Para comparação quantitativa da população de *C. fluminea* e possíveis variações das características físicas e químicas dos ambientes em cada ponto amostrado, a rede de amostragem foi operada com uma coleta no período chuvoso que compreendeu os meses de outubro/2003 a março/2004 e uma coleta no período de estiagem, correspondente aos meses de junho, julho, agosto e setembro/2003, de forma a completar um ciclo hidrológico (Tabela 4.2).

**Tabela 4.2**– Data e horário de amostragem dos pontos caracterizados no Reservatório de Volta Grande MG/SP.

Pontos amostrados	Estação sazonal	Data da coleta	Hora da coleta
P 01	seca	13.08.2003	10:00
P 02	seca	13.08.2003	14:45
P 03	seca	13.08.2003	13:50
P 04	seca	14.08.2003	08:20
P 05	seca	13.08.2003	13:10
P 06	seca	14.08.2003	09:50
P 01	chuvosa	18.11.2003	14:30
P 02	chuvosa	18.11.2003	11:25
P 03	chuvosa	20.11.2003	09:25
P 04	chuvosa	19.11.2003	13:00
P 05	chuvosa	18.11.2003	12:40
P 06	chuvosa	19.11.2003	08:30

Em todas as amostragens foram preenchidas fichas de campo constando informações e dados sobre a coleta. Assim, durante as campanhas de campo, os pontos analisados tiveram seus dados atualizados quanto à situação das margens e quanto ao uso e ocupação do solo das áreas de influência relacionada a cada ponto de coleta.

### 4.2.1- Medidas *in situ* de parâmetros físico-químicos

Durante as campanhas de campo, foi feita a determinação instantânea dos seguintes parâmetros físico-químicos da água no ponto amostrado: temperatura do ar e da água, pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido. As medidas foram realizadas a uma profundidade média de 20cm da lâmina de água, utilizando o equipamento “*Water Quality Checker*”, da marca Horiba (Figura 4.2).

### 4.2.2- Amostragem de água

Em cada ponto foram coletadas amostras de água para análise de Cálcio total, Fosfato total, demanda bioquímica de oxigênio, para posterior análise em laboratório.

Foi coletada ainda uma amostra de água que foi filtrada em campo usando uma seringa e um filtro de 0,45µm para reter as possíveis partículas sólidas em suspensão e acondicionada em vidros virgens de 60 ml sendo fixada com 2 (duas) gotas de ácido nítrico (Figura 4.3), para posterior análise dos elementos químicos.

Além das amostras de água do reservatório, também foi coletada uma amostra da água intersticial dos sedimentos (água de poro). Esta foi retirada manualmente, enterrando-se um tubo de ensaio plástico e tampando-o o mais rápido possível, ainda na água para evitar o contato da água com o ar, impedindo assim a contaminação por partículas do ar. O tubo devidamente fechado e etiquetado foi levado ao laboratório para filtração, diluição e posterior análise no ICP.



**Figura 4.2**– Foto dos detalhes da medição dos parâmetros físico–químicos da água.



**Figura 4.3**– Foto da filtração e coleta de água para posterior análise de metais.

#### **4.2.3- Amostragem do substrato**

Em cada ponto de coleta foram recolhidos cerca de 500g de sedimento de fundo, coletadas com um receptáculo com fundo fechado de forma a preservar todas as frações granulométricas do sedimento amostrado. Procurou-se realizar a coleta de forma a ser representativa do substrato ao longo

do transecto escolhido. Todas as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, devidamente etiquetadas, e levadas para posterior análise em laboratório.

#### 4.2.4– Amostragem da população de *C. fluminea*

Em cada ponto amostral foi feito um transecto de 50 m na margem onde foram coletadas 5 (cinco) amostras distribuídas uma a cada 10 metros. As coletas do molusco foram feitas segundo o método de “*Dipping 10*” (Malek, 1968 - Figura 4.4), com auxílio de uma concha coletora (Figura 4.4A), com tela de 0,5mm de poro. As amostras coletadas foram acondicionadas em sacos e cubas de plástico e fixadas em formol a 10%, devidamente etiquetados e levados para análise em laboratório (Figura 4.4B).



**Figura 4.4**– Foto A mostra o processo de amostragem e Foto B mostra o detalhe do acondicionamento das amostras de *C. fluminea*.

### 4.3- Análises laboratoriais

#### 4.3.1 – Análise da água

##### 4.3.1.1 - Água

Em cada ponto foram coletadas amostras de água para análise de Cálcio total, Fosfato total e Demanda Química de Oxigênio, que foram levadas para o Laboratório de Análises Químicas Ambientais do CETEC-SAM.

As amostras de água filtradas e fixadas em campo para análise de elementos dissolvidos na água tais como, Alumínio, Arsênio, Cádmio, Cromo, Chumbo, Cobre, Estanho, Ferro, Manganês, Mercúrio, Níquel, Selênio e Zinco ,foram encaminhadas para leitura no ICP do Laboratório de Geoquímica Ambiental do DEGEO.

#### 4.3.1.2 - Água de poro

A amostra da água intersticial dos sedimentos (água de poro) coletada em campo foi centrifugada durante 25 minutos e filtrada em bomba a vácuo usando filtro de poro 0,65 micras, sendo então fixada com 2 (duas) gotas de ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) (Figura 4.5) e levada para a análise no ICP para quantificação de elementos químicos dissolvidos na água, Alumínio, Arsênio, Cádmio, Cromo, Chumbo, Cobre, Estanho, Ferro, Manganês, Mercúrio, Níquel, Selênio e Zinco.



**Figura 4.5**– Foto da centrifugação e filtragem da água de poro.

#### 4.3.2– Análise do sedimento

A análise dos substratos incluiu, além da avaliação granulométrica, a identificação visual da natureza mineralógica e/ou petrográfica dos clastos. As análises foram realizadas no Laboratório de Sedimentologia do Departamento de Geologia/EM/UFOP.

##### 4.3.2.1 - Análise Granulométrica

No laboratório de Sedimentologia do DEGEO realizou-se a análise dos sedimentos coletados, o que incluiu: secagem em estufa a uma temperatura de 80°C até a evaporação completa da água; quarteamento; peneiramento, usando um conjunto de peneiras em latão Ø 8"x2", que foram agitadas em agitador mecânico por 20 minutos (Figura 4.6); pesagem do material retido em cada peneira e, finalmente, criação de um banco de dados com os resultados das análises granulométricas. O substrato foi dividido em 8 classes granulométricas a seguir: Cascalho Fino, Cascalho Muito Fino, Areia Muito Grossa, Areia Grossa, Areia Média, Areia Fina, Areia Muito Fina e o Silte e Argila. As peneiras utilizadas foram as de aberturas: 5#, 10#, 18#, 35#, 60#, 120#, 230#, seguindo a escala granulométrica de Wentworth (Figura 4.6).

#### 4.3.2.2 - Mineralogia e Petrografia

Após a avaliação granulométrica, os sedimentos retidos nas peneiras de 5#, 10#, e 18# foram analisados sob lupa binocular para avaliação da composição mineralógica/petrográfica dos clastos. Após a classificação do material, este foi pesado e estabelecida a composição percentual do sedimento retido em cada uma das peneiras (Medeiros *et al.* 2005). Posteriormente, os resultados das análises foram incorporados ao banco de dados.

#### 4.3.2.3 - Análise de Elementos - Traço

As amostras de sedimento coletadas foram levadas à estufa para secagem da água a uma temperatura de 60°C. Posteriormente foi retirada a porção mais fina (menor que 250#) do sedimento através do peneiramento. As peneiras utilizadas foram muito bem limpas para se evitar qualquer tipo de contaminação, sendo o mesmo procedimento realizado para todas as amostras: as peneiras foram lavadas no agitador por microondas para retirada das partículas mais finas, enxaguadas na água destilada e levadas à estufa por 1 hora para a secagem.



**Figura 4.6**– Foto do agitador de peneiras utilizado na análise granulométrica dos sedimentos.

Logo após este procedimento, a parte mais fina do sedimento foi levada para a estufa durante 2 (duas) horas para retirada de toda a umidade e pesagem de 1 (um) grama na balança de precisão. Em um béquer devidamente seco, limpo e lavado em ácido para que não houvesse contaminação por metais ou qualquer outro tipo de substância, o sedimento foi então tratado através do método de digestão parcial com água régia sendo 7ml de ácido clorídrico (HCl) e 2,33mL de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>), tampado com vidro relógio em temperatura ambiente por 16 horas, após as quais o material foi colocado em uma chapa a uma temperatura que poderia variar de 90° C à 100° C por 2 (duas) horas, deixando-se esfriar naturalmente até a temperatura ambiente. A filtragem do sedimento foi feita

usando filtro de papel descartável quantitativo JP41- Faixa Preta- 9 cm Ø e lavado com água deionizada para balão de 50 mL (Figura 4.8 A e B).



**Figura 4.7**– Foto A digestão das amostras de sedimento e Foto B detalhe da filtragem do sedimento usando filtro de papel.

Só então o material foi levado para ser analisado no espectrômetro de emissão atômica via plasma (ICP-AES), do Laboratório de Geoquímica Ambiental (LGqA) do DEGEO, para quantificação de elementos, Alumínio, Arsênio, Cádmio, Cromo, Chumbo, Cobre, Estanho, Ferro, Manganês, Mercúrio, Níquel, Selênio e Zinco; adsorvidos nos sedimentos (Figura 4.9).



**Figura 4.8**- Foto da análise das amostras de elementos traço no ICP.

### 4.3.3 – Análise de *C. fluminea*

#### 4.3.3.1 - Identificação e quantificação dos indivíduos

A primeira etapa para a execução da análise dos moluscos foi a triagem do material proveniente das coletas. Esta triagem foi feita inicialmente através de tamisação com peneira de 0,3 mm de malha para lavagem e separação dos organismos contidos nas amostras (Figura 4.10A). Em seguida procedeu-se a triagem do material em estereomicroscopia, acondicionando todos os organismos presentes nas amostras em vidros de 20 e 50 mL com álcool 70° para posterior análise quali-quantitativa das mesmas (Figura 4.10B). A identificação taxonômica dos organismos foi feita com auxílio de uma lupa, Wild M3Z, de aumento de até 40 vezes, chaves dicotômicas, comparação de pranchas ilustrativas e de técnicas usuais de microscopia óptica. Também foi feita a contagem de indivíduos mortos e vivos para comparação de reprodutividade. As triagens e as análises das amostras biológicas foram realizadas no laboratório de Esteromicroscopia do Setor de Recursos da Água do CETEC.

#### 4.3.3.2 - Tamanho dos indivíduos

Após a identificação dos indivíduos de *C. fluminea* cada indivíduo foi medido com auxílio de um cordão e de um paquímetro para determinação das médias de tamanho dos mesmos (Cunha 2005).



**Figura 4.9** – Foto A triagem dos indivíduos das amostras de sedimento e Foto B identificação dos moluscos.



**Figura 4.10** – Foto da medição dos indivíduos de *C. fluminea* (Cunha, 2005).

#### **4.3.3.3 - Elementos traço**

As conchas de *C. fluminea* foram lavadas com escova, água destilada e água milique para retirada do material aderido às conchas. Levadas a estufa para secagem a uma temperatura 60° C durante 2 (duas) horas, depois de secas as amostras foram pulverizadas no graol (Figura 4.12) e pesados 0,5 (meio) grama na balança de precisão do Laboratório de Geoquímica Ambiental (LGqA) do DEGEO. Em béqueres, devidamente secos, limpos e lavados em ácido para que não houvesse contaminação por metais ou qualquer outro tipo de substância, foi então acrescido a este material 3 (três) mL de água milique e 3 (três) mL de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) para digestão do material, que foi posteriormente tampado com vidro relógio em temperatura ambiente por 2 horas, depois de passado este tempo foi colocado em uma chapa a uma temperatura que poderia variar de 90° C à 100° C por 2 horas deixando esfriar a temperatura ambiente. A filtração do sedimento foi feita usando filtro de papel descartável quantitativo JP41- Faixa Preta- 9 cm Ø e lavado com água deionizada para balão de 25 ml. Depois o material foi analisado no espectrômetro de emissão atômica via plasma (ICP-AES) do Laboratório de Geoquímica Ambiental (LGqA) do DEGEO para quantificação de elementos químicos Arsênio, Cádmio, Cromo, Chumbo, Cobre, Estanho, Ferro, Manganês, Mercúrio, Níquel, Selênio e Zinco, adsorvidos nos sedimentos.



**Figura 4.11**– Foto da pulverização das conchas de *C. fluminea*.

#### **4.4 - ANÁLISES ESTATÍSTICAS**

Para testar se a variação de qualquer um dos parâmetros analisados, que seja na água, água de poro, sedimentos ou moluscos, exerceu alguma influência sobre a abundância e o tamanho dos indivíduos de *C. fluminea*, foi usado o teste estatístico de Correlação e Regressão linear, programa Statistica 5.0, (Snedecor & Cochran, 1989; Triola, 1999). Para melhor visualização do processo, os resultados obtidos foram expressos neste trabalho na forma de um gráfico (chamado diagrama de dispersão) e de um coeficiente de correlação linear (uma medida da intensidade da associação linear entre duas variáveis). Vale ressaltar que os testes foram realizados tanto com o total de dados, como após a separação dos resultados da estação chuvosa e seca.

## CAPÍTULO 5

### APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

---

#### 5.1 – CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS AMOSTRAIS

A partir das fichas preenchidas a cada campanha de coleta, foi possível se definir as características de cada ponto amostrado (Figura 4.1). A seguir, uma breve descrição de cada um, com detalhes do dia da coleta:

- **PONTO 01** - Região localizada na margem esquerda próxima à barragem e a estrada de acesso à usina, onde se observa uma parte da área sombreada pela mata ciliar. Trata-se de uma praia areno-cascalhosa de 1,30 a 1,70cm de largura, apresentando ondas de 10 a 15cm de amplitude média com frequência de 9 a 10 segundos em estação seca provocada pelo vento natural; na estação chuvosa foram observadas ondas fortes na data da coleta e o tempo estava nublado com ameaça de chuva (Figura 5.1).

- **PONTO 02** - Ponto na região litorânea próxima às casas de veranistas, margem direita, onde se observa um barranco de 30cm oscilando para mais ou para menos em alguns pontos. O leito apresenta-se plano com seixos pequenos, já as ondas apresentaram frequência entre 10 a 15 segundos e altura média de 8cm no período de seca, ondas fortes foram registradas na data da coleta na estação chuvosa e foi observado tempo nublado com ameaça de chuva (Figura 5.2).

- **PONTO 03** – Localizado na região litorânea na margem esquerda, com uma rala mata ciliar e ao fundo cultivo de cana, soja e pastagens. Apresenta leito plano com argila, neste ponto não foi registrada a ocorrência de ondas em nenhuma das estações coletadas (Figura 5.3).

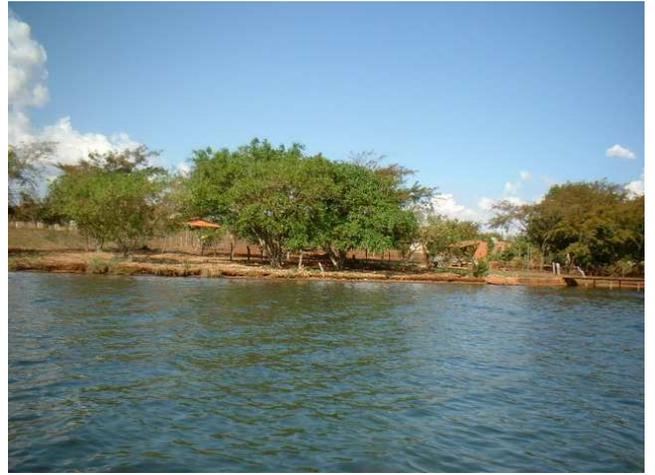
- **PONTO 04** -Foz do rio do Carmo, localizada aos fundos de uma propriedade rural tem suas margens em declive leve e não apresenta vegetação ripária, leito com matacões e seixos recobertos com argila sem ondulações efetivas em ambas as estações de coleta. Nesta região foi observado o crescimento de plantas aquáticas, tais como *Eichhomia sp.* (Figura 5.4).

- **PONTO 05** - Região localizada na margem esquerda, ocupada por atividades agrícolas, como cultivo de cana - de- açúcar. O ponto apresenta leito argiloso, sem mata ciliar, e margens com barrancos de 0,60 a 1m de altura; a constante presença de ondas nesta área na estação chuvosa provoca a erosão das margens. Durante a coleta na estação chuvosa observaram-se ondas com uma frequência entre 6 a 8 segundos e altura média de 20cm, o que ocasionava uma grande quantidade de partículas em suspensão fazendo com que a coloração da água, aumentando sua turbidez (Figura 5.5).

- **PONTO 06** - Foz do córrego Gameleira - margem direita. Foi observada a presença de capins nas margens em ambas as estações de coleta e também intensa extração de areia por dragagem do fundo, sendo esta atividade freqüente durante todo o ano (Figura 5.6). Esse córrego segundo Grego (2002), drena efluentes do pólo industrial de Uberaba, principalmente do complexo industrial de beneficiamento de fosfato (apatita).



**Figura 5.1** – Vista geral do Ponto 01



**Figura 5.2** – Vista geral do Ponto 02



**Figura 5.3** – Vista geral do Ponto 03



**Figura 5.4** – Vista geral do Ponto 04



**Figura 5.5** – Vista geral do Ponto 05



**Figura 5.6** – Vista geral do Ponto 06

## 5. 2- ÁGUA

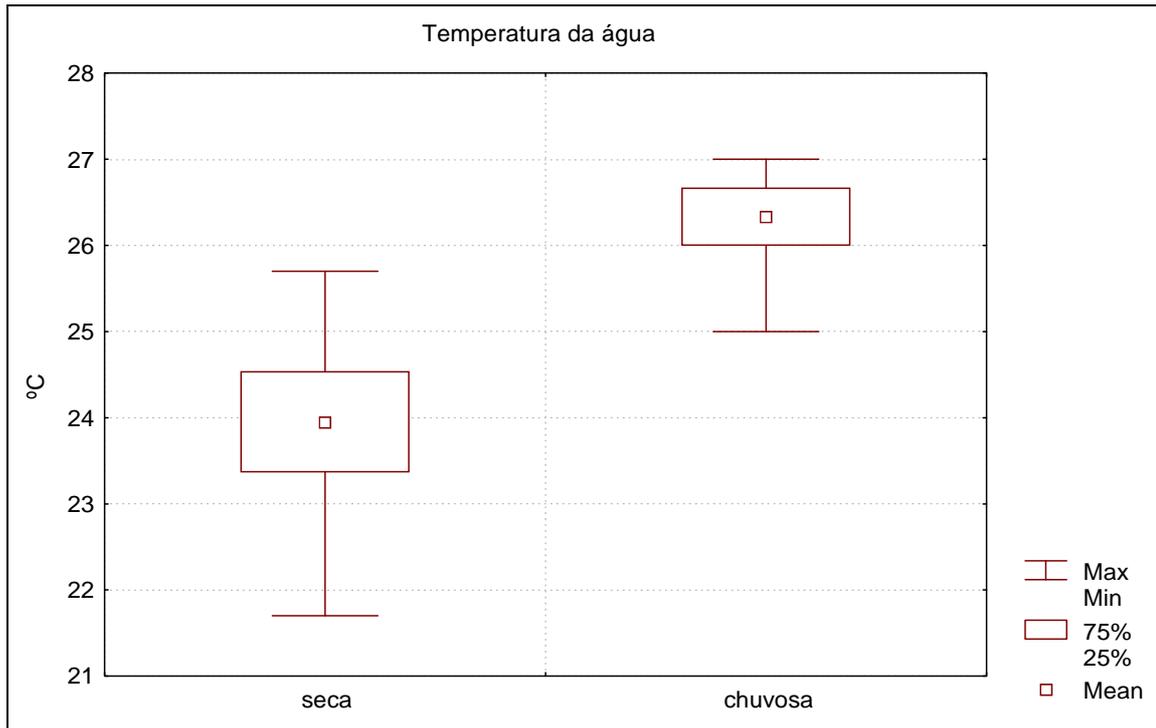
### 5.2.1 – Parâmetros Físico - químicos

Durante o período estudado, os pontos de coleta localizadas no reservatório de Volta Grande apresentaram variações significativas nas análises físico-químicas entre as duas estações estudadas (Tabela 5.1).

**Tabela 5.1** – Resultados dos parâmetros Físicos –Químicos.

Pontos	Estações	Temperatura da água °C	pH	Condu-tividade $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$	Oxigênio dissolvido mg/L	Demanda bioquímica de oxigênio mg/L	Cálcio total mg/L	Fosfato total mg/L
P 01	seca	23	7,30	48	8,40	0,92	3,14	0,02
P 02	seca	26	7,28	48	7,90	1,87	3,10	0,08
P 03	seca	24	7,21	48	8,00	0,58	2,34	0,02
P 04	seca	24	7,21	48	8,00	1,07	3,34	0,02
P 05	seca	25	7,11	48	8,00	1,77	3,18	0,02
P 06	seca	22	7,21	54	8,10	0,76	3,52	0,06
P 01	chuvosa	27	6,50	36	7,50	0,96	3,18	0,02
P 02	chuvosa	27	6,40	37	7,10	1,83	3,36	0,03
P 03	chuvosa	26	6,80	37	7,40	0,57	3,30	0,04
P 04	chuvosa	26	6,40	35	7,80	1,01	3,10	0,04
P 05	chuvosa	27	6,40	36	7,40	1,70	3,40	0,09
P 06	chuvosa	25	6,40	42	6,60	0,78	4,09	0,07
Médias	seca	24	7,22	49	8,1	1,16	3,10	0,04
	chuvosa	26	6,48	37	7,3	1,14	3,41	0,05

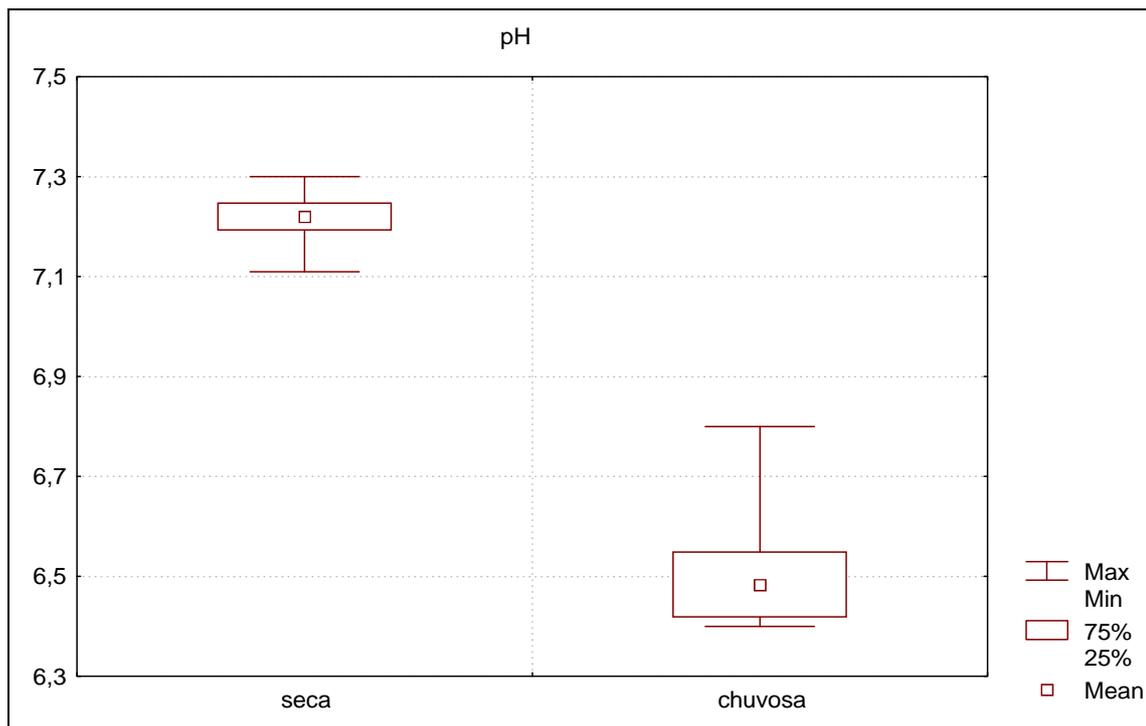
Foi observado um padrão de sazonalidade térmica entre os pontos de coleta nos dois períodos das estações coletadas, onde os maiores valores de temperatura da água foram registrados no verão e os menores no inverno, com variações entre 22° C à 25° C na estação seca e de 25° C à 27°C na estação chuvosa. A temperatura da água mostrou-se naturalmente mais baixa na estação seca (Figura 5.7).



**Figura 5.7** – Histograma de distribuição de frequência dos valores da temperatura da água entre as estações sazonais.

O pH do reservatório de Volta Grande (Figura 5.8) apresentou uma variação entre 6,4 e 7,3 nas estações avaliadas, refletindo uma tendência para águas neutras, diferenciando de estudos como os feitos por Campos (2003), onde as águas do reservatório foram classificadas como tendenciosas para águas alcalinas. Como este estudo foi feito em épocas diferentes, as características limnológicas do reservatório podem ter sido alteradas por fatores antrópicos ou naturais, tais como uso diferenciado do solo e ou aumento da pluviosidade.

Segundo Esteves (1998 a) grande maioria dos corpos d'água continentais tem pH variando entre 6 e 8, no entanto, pode-se encontrar ambientes mais ácidos ou mais alcalinos.



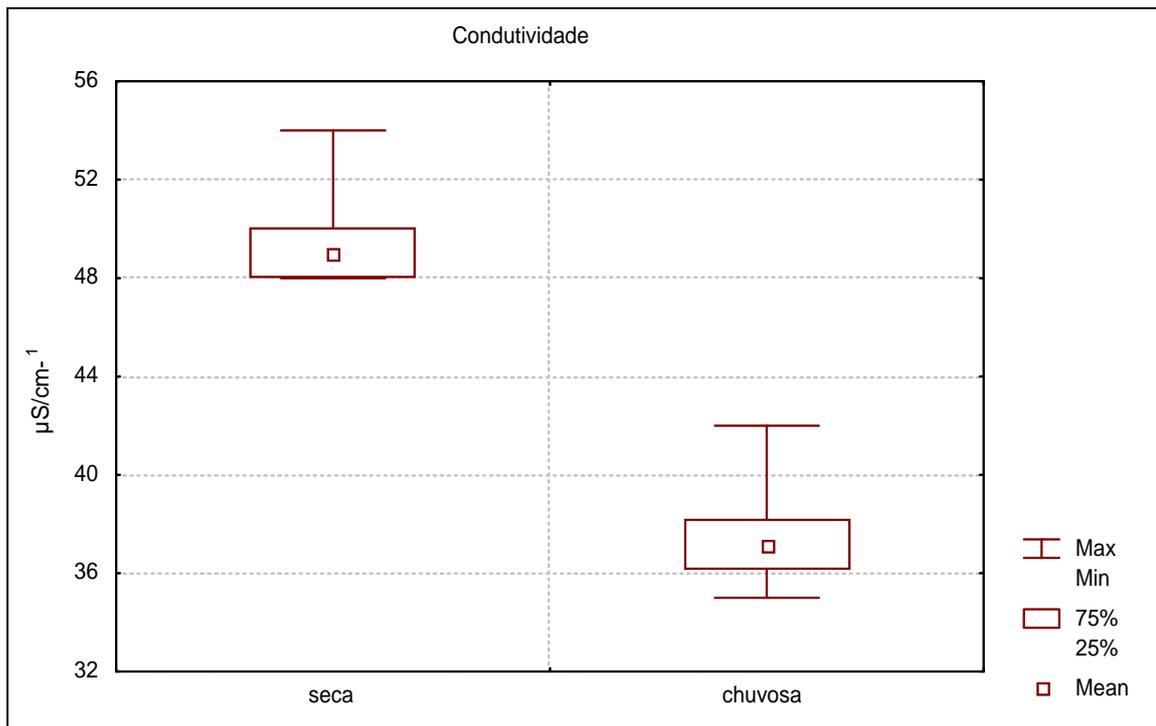
**Figura 5.8**– Histograma de distribuição de freqüência dos valores de pH encontrados na água entre as estações sazonais.

Condutividade elétrica é a capacidade de a água transmitir corrente elétrica, apresentado relação proporcional à concentração de substâncias iônicas dissolvidas. Em águas doces tropicais varia de 5 a 200  $\mu\text{s}/\text{cm}^{-1}$  a 25°C. Alterações são determinadas pela presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions. Grandes variações decorrem de lançamentos de despejos industriais e de mineração e esgotos domésticos (Esteves, 1998).

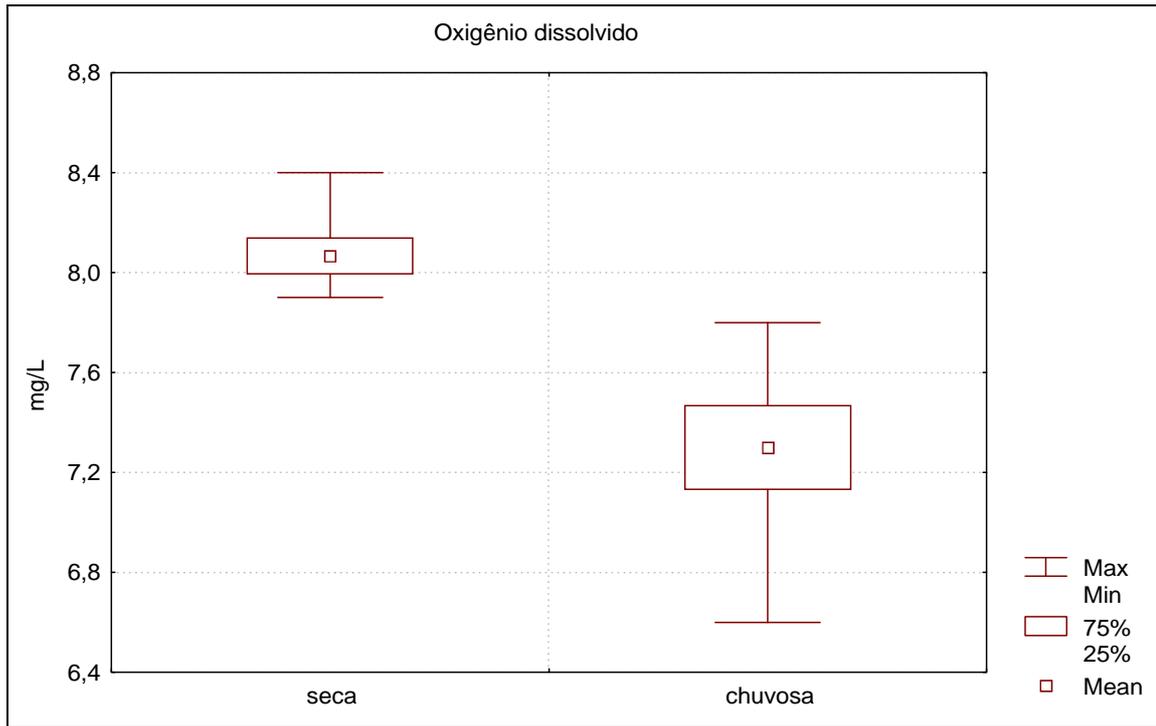
No reservatório, os valores de condutividade apresentaram-se, de um modo geral, mais elevados nos meses que correspondem à estação seca, mas estão dentro dos parâmetros normais descritos na literatura, como pode ser visto na Figura 5.9. Segundo Campos (2003), em estudos realizados na região, os valores de condutividade obtidos também demonstram uma tendência à distinção das duas estações. Para Esteves (1998), esta tendência da variação da condutividade pode, portanto estar associada ao maior aporte de material em suspensão em decorrência de fatores como, aumento do escoamento superficial ou do aporte de íons carreados por tributários. Em regiões tropicais os valores de condutividade nos ambientes aquáticos estão mais relacionados com características geoquímicas da região (estação seca e chuva) onde se localizam e com as estações de seca e chuva do que com o estado trófico.

Durante o período de estudos, de um modo geral as duas estações analisadas apresentam em média boas condições de oxigenação, com concentrações de oxigênio dissolvido variando entre 6,6 e 8,4 conforme a Tabela 5.1. Segundo Esteves (1998), dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio é um dos mais importantes na dinâmica e na caracterização de ecossistemas aquáticos. As principais

fontes de oxigênio para a água são a atmosfera e a fotossíntese. Por outro lado, as perdas são: o consumo pela decomposição de matéria orgânica (oxidação), perdas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxigenação de íons metálicos, como por exemplo, o ferro e o manganês. A solubilidade de oxigênio na água, como de todos os gases, depende de dois fatores principais: temperatura e pressão. Podemos ver através do histograma de frequência das concentrações (Figura 5.10) , que na estação seca os valores apresentam-se um pouco mais elevados e isto provavelmente se dá devido à relação direta da temperatura da água nesta época ser mais baixa que no período de chuva, influenciando assim em uma maior solubilidade de oxigênio na água.

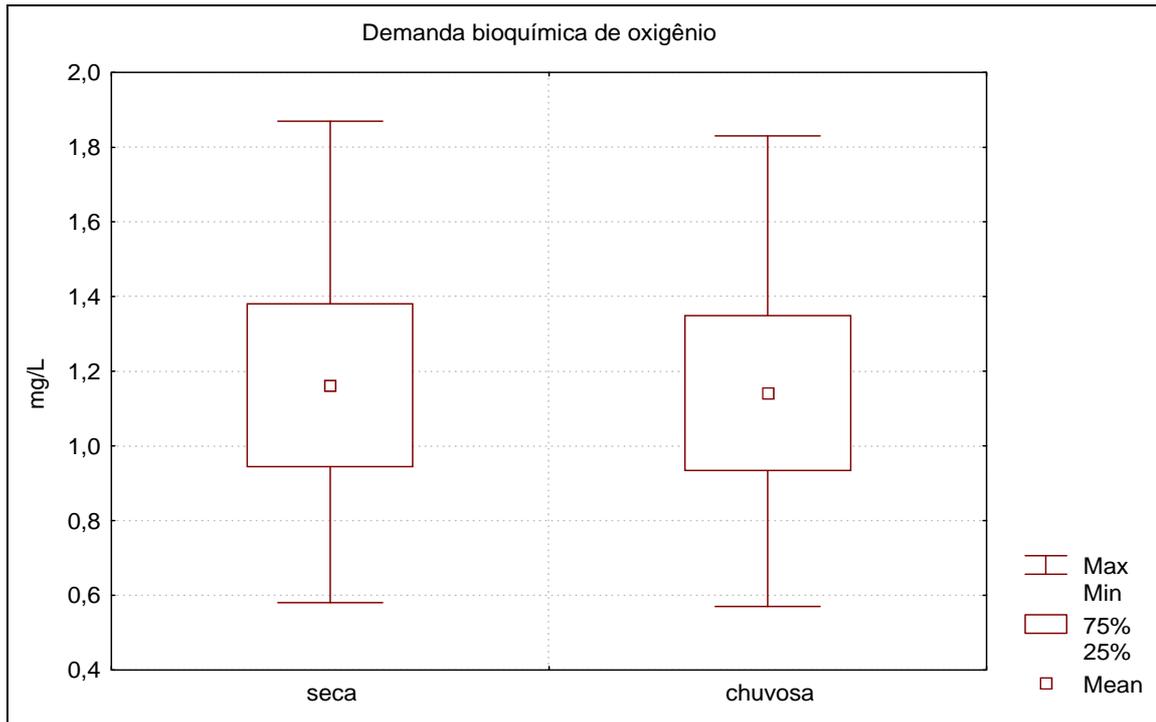


**Figura 5.9**– Histograma de distribuição de frequência dos valores de Condutividade obtidos na água entre as estações sazonais.



**Figura 5.10**– Histograma de distribuição de freqüência das concentrações de Oxigênio dissolvido encontrada na água entre as estações sazonais.

A DBO é a quantidade de oxigênio consumida na oxidação biológica da matéria orgânica, sendo o parâmetro mais usual de indicação de poluição orgânica, fornecendo uma estimativa da carga de matéria orgânica biodegradável presente na água. Ocorrendo naturalmente nas águas em nível reduzido em função da degradação de matéria orgânica (folhas, animais mortos, fezes de animais), aumentos de DBO podem ser provocados por despejos de origem predominantemente orgânica, tais como esgotos e lixo. Altos índices podem gerar a diminuição e até a extinção do oxigênio presente nas águas; nessas condições, os processos aeróbicos de degradação orgânica podem ser substituídos por outros anaeróbicos, gerando alterações substanciais no ecossistema, inclusive com a extinção das formas de vida dependentes de oxigênio (Esteves, 1998). Podemos observar na Figura 5.11 que os níveis de DBO estão em uma faixa ótima cujos valores não ultrapassam 5mg/L, valores máximos tolerados pela Resolução CONAMA N° 357, para as águas de classe 2, na qual estão classificadas as águas deste reservatório.

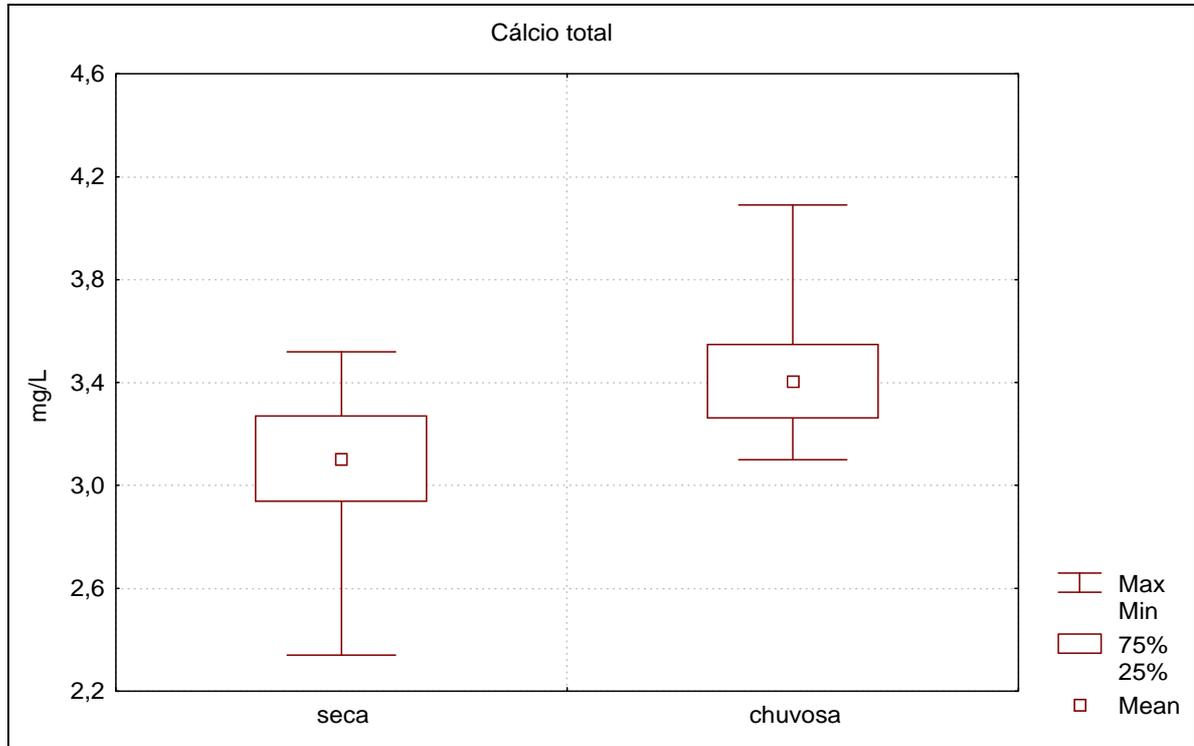


**Figura 5.11**– Histograma de distribuição de frequência dos valores da Demanda bioquímica de oxigênio encontrados na água entre as estações sazonais.

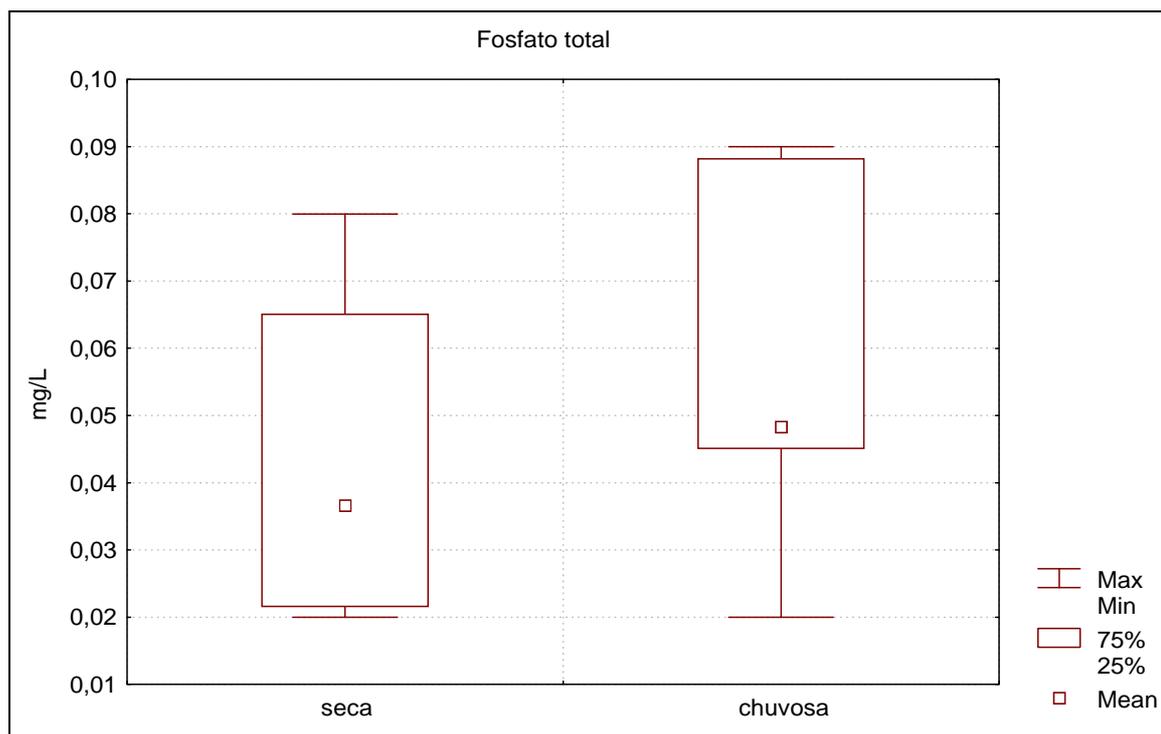
O cálcio assim como o magnésio, sódio, potássio e cloreto têm importante papel na produtividade global dos ecossistemas aquáticos, pois fazem parte de importantes processos fisiológicos de suas comunidades. Segundo Esteves (1998), o cálcio é essencial para o crescimento de algas, macrófitas e muitos animais, em especial moluscos. Encontra-se combinado em duas formas principais: carbonato e bicarbonato de cálcio. Este cátion tem grande importância, pois sua dinâmica influencia a ciclagem de outros elementos importantes como o fósforo. Além disto, interfere em um dos fatores físico-químicos mais importantes do meio aquático que é o pH. Os valores de cálcio não se alteram muito entre as estações (Figura 5.12), mas valores um pouco mais altos são encontrados na estação chuvosa, podendo ser reflexo de uma maior lixiviação deste constituinte e escoado pelas águas das chuvas até o reservatório.

Há muito tempo é conhecida a importância do fósforo nos sistemas biológicos. Esta importância se deve à participação deste elemento em processos fundamentais do metabolismo dos seres vivos, tais como: armazenamento de energia e estruturação da membrana celular. Em águas naturais, o fósforo é formado principalmente durante os processos biológicos de transformação de substâncias orgânicas em fósforo inorgânico, ou pela lixiviação de solos e minerais. Maiores concentrações decorrem do lançamento de esgotos domésticos, águas residuárias industriais e efluentes diversos que contenham detergentes, estas elevadas concentrações provocam a proliferação excessiva de algas e conseqüente eutrofização dos corpos d'água, a qual promove a desestabilização do ecossistema, causando grandes alterações nas condições físico-químicas das águas e na comunidade aquática (Esteves, 1998). Podemos observar na Figura 5.13 que os níveis de Fósforo ultrapassam

0,025mg/L, valores máximos tolerados pela Resolução CONAMA N° 357, para as águas de classe 2, na qual estão classificadas as águas deste reservatório. Percebe-se ainda na Figura 5.13 que os níveis são mais elevados na estação chuvosa. Como as fontes artificiais de fosfato são esgotos domésticos e industriais, fertilizantes agrícolas e material particulado de origem industrial contido na atmosfera, estes tem a tendência a serem mais carregados nesta estação, o que pode explicar esta elevação.



**Figura 5.12**– Histograma de distribuição de freqüência da concentração de Cálcio total encontrada na água entre as estações sazonais.



**Figura 5.13**– Histograma de distribuição de frequência da concentração de Fósforo total encontrada na água entre as estações sazonais.

Observando mais detalhadamente a variação do fósforo total nos pontos amostrais, percebem-se algumas variações interessantes. O P.02 ultrapassou os valores toleráveis tanto na estação seca quanto na chuvosa, a sua localização próxima a casas de veranistas pode ter influenciado estes valores, estudos mais detalhados seriam necessários para uma conclusão mais concreta. Já nos P03 e P05 somente na estação chuvosa percebeu-se alteração nos valores, é que no seu lado paulista a margem do reservatório é ocupada por pastos e agricultura, é importante observar que as plantações chegam até as margens do reservatório, sendo assim a concentração de fosfato total nestes pontos do reservatório, apresentaram seus maiores valores na estação chuvosa, quando podem ter sido carreados pela água da chuva até o reservatório. No P04 foi observado na estação chuvosa o aumento nos níveis de fosfato; neste ponto, por ser localizado muito próximo a Foz do rio do Carmo (SP/MG) recebe a influência do município de Ituverava. Trata-se de uma área amplamente ocupada por agricultura, apesar de seu trecho montante apresentar mata ciliar parcialmente preservada, em sua porção mais a jusante só se observam pastagens, que vão até a margem do rio. Em ambas as estações de coleta o P.06 apresentou valores alterados nos níveis de fosfato, facilmente explicados já que este córrego recebe todas as descargas de efluentes do Distrito Industrial III de Uberaba. Um dos maiores pólos de beneficiamento de apatita da América do Sul está instalado nessa região. O córrego recebe todo resíduo da indústria FOSFÉRTIL, e tem apresentado um aumento nas concentrações de nitrogênio e fósforo para o reservatório. Segundo Grego (2002), a análise de dados históricos sobre a concentração de fosfato nesse córrego era de 0,07mg/L em 1990, em 1994 era de 0,25 e em seu estudo foi encontrado um valor máximo de 0,47mg/L.

Todos os valores de fosfato mensurados neste estudo são comparáveis aos da literatura., pois, em rios na Europa, com forte influência antrópica, a concentração de fósforo pode variar de 0,01 a 1,27 mg/L, enquanto que em regiões com menor influência de atividades humanas a concentração não ultrapassa 0,41mg/L (Esteves, 1998). Segundo Greco (2002), na literatura são encontrados valores entre 0,025 a 0,270 mg/L para tributários da represa da Pampulha.

### 5.2.2 - Elementos – Traço

Elementos - traço são os elementos químicos que ocorrem na natureza, de um modo geral, em pequenas concentrações (Esteves 1998). Outras denominações para este grupo de elementos são freqüentemente encontradas na literatura como: “metais pesados”, “metais traços“, ”micronutrientes”, etc. A denominação mais aceita atualmente é elemento - traço, devido a não - distinção entre metal e não - metal e à sua ocorrência em baixas concentrações. O termo “metal pesado”, embora muito utilizado, não tem nenhum fundamento químico, visto que alguns elementos considerados como tal, nem sequer são metais, como o arsênio. Apesar de alguns elementos - traços serem essenciais para os organismos, podem, quando em grandes concentrações, apresentar alta toxicidade aos organismos vegetais e animais, como: Mn, Fe, Co e Zn,. Outros vários elementos considerados traço, como, Cr, Ni, Pb e As não tem função biológica conhecida e são geralmente tóxicos a uma grande variedade de organismos (Esteves 1998).

**Tabela 5.2-** Resultados das análises de elementos – traço obtidos nas amostras de água.

Ponto	Estação	Cr(mg/L)	Mn(mg/L)	Fe(mg/L)	Co(mg/L)	Ni(mg/L)	Zn(mg/L)	As(mg/L)	Pb(mg/L)
P 01	seca	0,01	0,02	0,05	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01
P 02	seca	0,01	0,01	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
P03	seca	0,01	0,03	0,06	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01
P 04	seca	0,01	0,04	0,06	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01
P 05	seca	0,01	0,03	0,05	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01
P 06	seca	0,01	0,01	0,07	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
P 01	chuvosa	0,01	0,02	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01
P 02	chuvosa	0,01	0,00	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01
P03	chuvosa	0,01	0,01	0,05	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01
P 04	chuvosa	0,01	0,02	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01
P 05	chuvosa	0,01	0,03	0,04	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01
P 06	chuvosa	0,01	0,03	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01

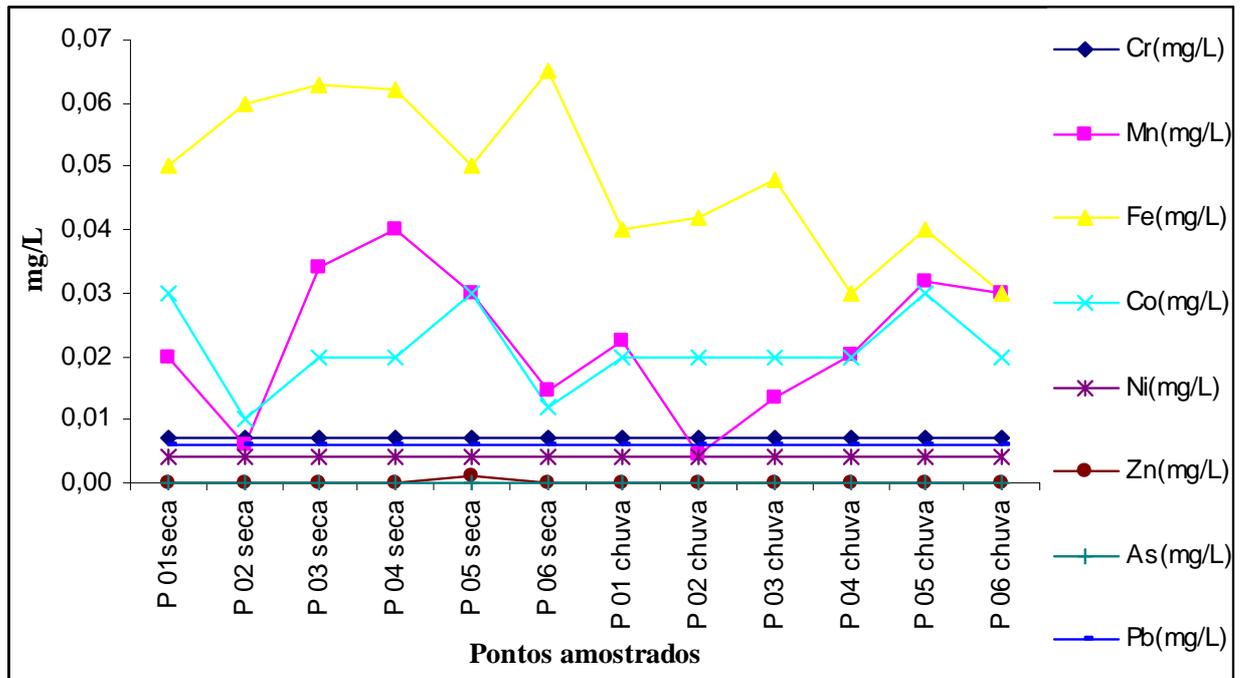
A partir das amostras de água coletadas em campo foram feitas análises no ICP do Laboratório de geoquímica Ambiental do Departamento de Geologia- DEGEO- UFOP/MG, onde se obteve os dados da tabela abaixo para os seguintes elementos.

Conforme mostrado na Tabela 5.2 os valores encontrados para os teores de elementos – traço contidos na água estão abaixo dos valores máximos tolerados pela Resolução CONAMA Nº 357, de para as águas de classe 2.

A partir da Figura 5.14, pode-se notar uma pequena diminuição dos valores de Fe e Mn durante a estação chuvosa, provavelmente oriundos da lixiviação dos solos e rochas da região do

reservatório (basaltos), valores que para os demais elementos permanecer praticamente iguais se comparado às duas estações coletadas.

De acordo com os valores orientadores para solo e água no Estado de São Paulo, (Doroty *et al.* 2001), os valores das análises nas amostras de água estão dentro da normalidade, não é esperado nenhum efeito adverso à saúde humana.



**Figura 5.14**– Histograma de distribuição de freqüência da concentração de elementos-traço obtidos a partir das amostras de água entre as estações sazonais.

### 5.3 - ÁGUA DE PORO

Após as análises no ICP (Espectrofotômetro de absorção atômica) do Laboratório de geoquímica Ambiental do Departamento de Geologia- DEGEO- UFOP/MG foram obtidos os seguintes resultados conforme a Tabela 5.3:

**Tabela 5.3**- Resultados das análises de elementos-traço obtidos nas amostras de água de poro.

Pontos	Estação	Cr(mg/L)	Mn(mg/L)	Fe(mg/L)	Co(mg/L)	Ni(mg/L)	Zn(mg/L)	As(mg/l)	Pb(mg/L)
P 01	seca	0,00	0,02	0,01	0,04	0,02	0,02	0,00	0,01
P 02	seca	0,00	0,01	0,03	0,03	0,01	0,01	0,00	0,01
P 03	seca	0,00	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,00	0,01
P 04	seca	0,00	0,02	0,04	0,01	0,02	0,04	0,00	0,01
P 05	seca	0,00	0,02	0,04	0,01	0,01	0,05	0,00	0,01
P 06	seca	0,00	0,03	0,03	0,03	0,01	0,03	0,00	0,01
P 01	chuvosa	0,01	0,06	0,01	0,03	0,01	0,04	0,00	0,01
P 02	chuvosa	0,00	0,02	0,06	0,04	0,01	0,03	0,00	0,01
P 03	chuvosa	0,00	0,08	0,07	0,03	0,01	0,03	0,00	0,01
P 04	chuvosa	0,02	0,04	0,09	0,03	0,01	0,08	0,00	0,01
P 05	chuvosa	0,00	0,04	0,08	0,03	0,01	0,07	0,00	0,01
P 06	chuvosa	0,00	0,09	0,07	0,03	0,02	0,07	0,00	0,01

Nota-se um relativo aumento nos valores de Fe, Mn e Zn durante a estação chuvosa, provavelmente oriundos da lixiviação dos solos e rochas da região do reservatório (basaltos) e para os demais elementos os valores permanecem praticamente iguais se comparado às duas estações coletadas.

De acordo com o os valores orientadores para solo e água no Estado de São Paulo, (Doroty *et. al.* 2001), os valores das análises nas amostras de água de poro estão dentro da normalidade, não.é esperado nenhum efeito adverso à saúde humana.

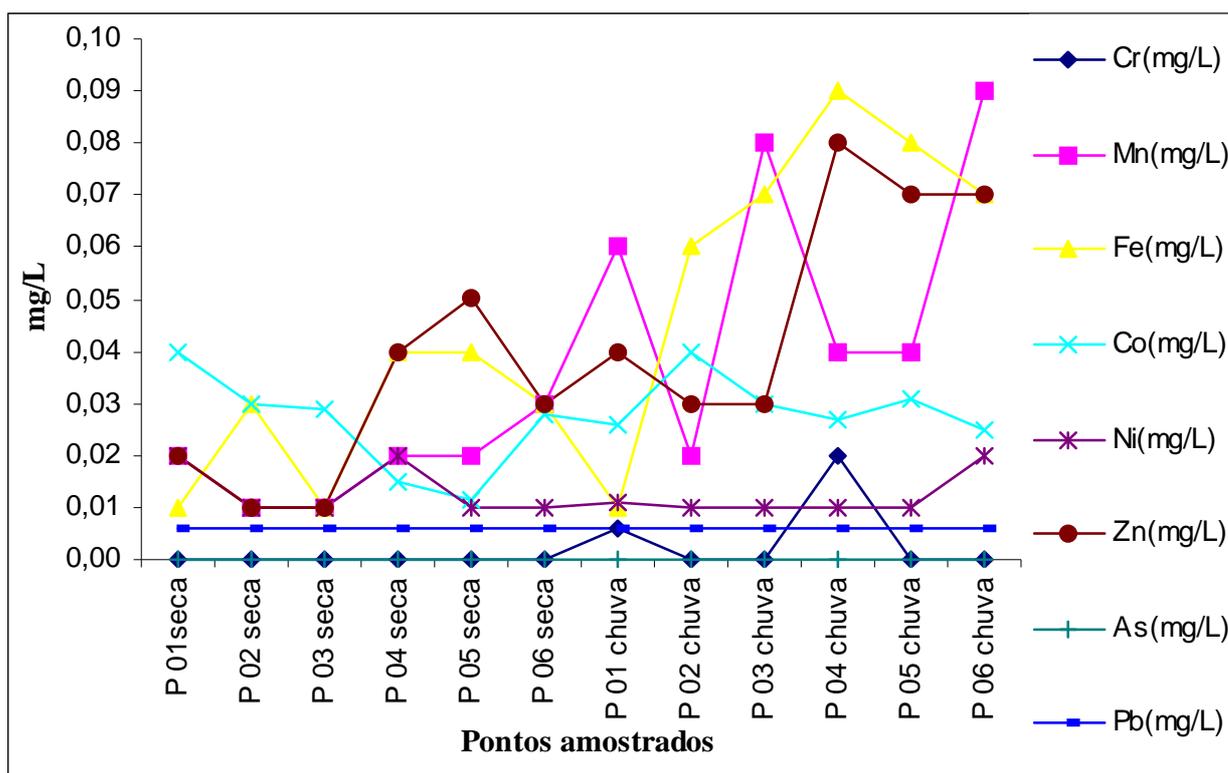


Figura 5.15– Histograma de distribuição de freqüência da concentração de elementos-traço obtidos a partir das amostras de água de poro entre as estações sazonais.

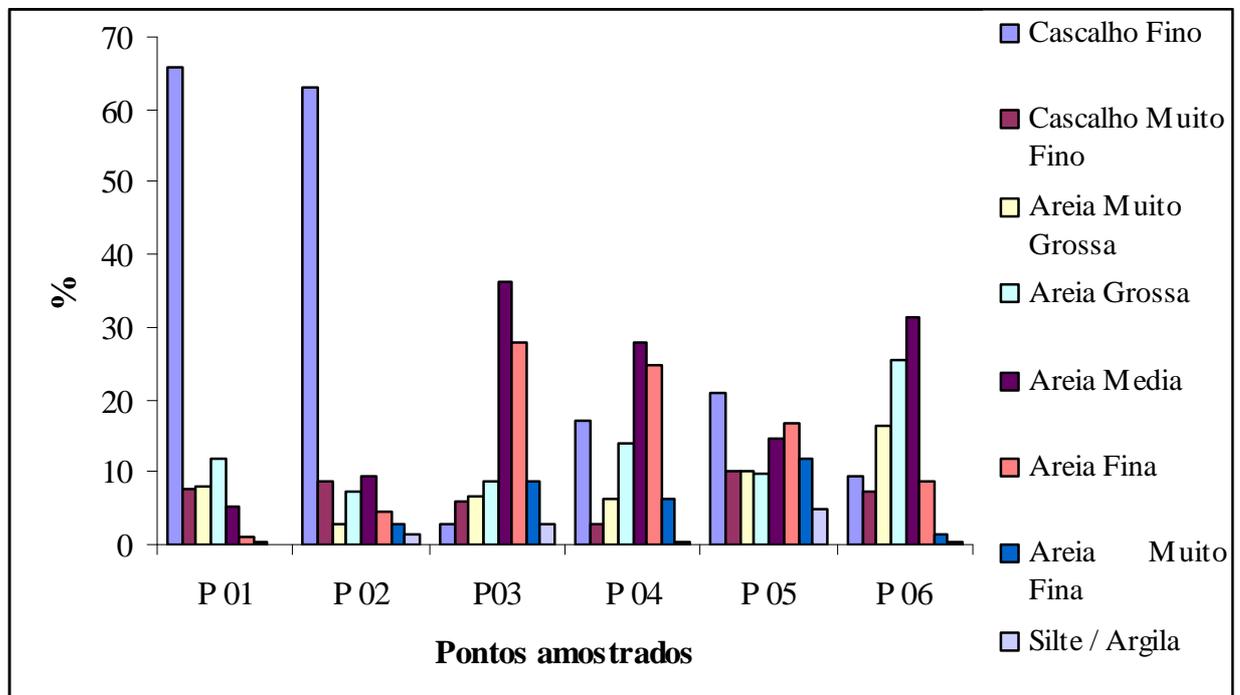
## 5.4 – SEDIMENTOS

### 5.4.1-Granulometria

Os valores encontrados para composição granulométrica nos pontos amostrados estão expressos na Tabela 5.4. Para melhor entendimento dos mesmos, foram confeccionados os histogramas, representados na Figura 5.16 para a estação seca e Figura 5.17 para estação chuvosa.

**Tabela 5.4**– Proporção granulométrica das estações amostradas.

Pontos	Estação	Cascalho		Areia Muito		Areia	Areia	Areia	Areia	Silte /
		Fino	Muito Fino	Grossa	Grossa	Media	Fina	Muito Fina	Argila	
P 01	seca	65,88	7,66	7,86	11,77	5,33	0,90	0,24	0,03	
P 02	seca	63,17	8,75	2,92	7,21	9,27	4,38	2,96	1,31	
P03	seca	2,65	5,98	6,47	8,57	36,18	27,96	8,65	2,71	
P 04	seca	16,91	2,76	6,22	14,09	27,87	24,77	6,39	0,52	
P 05	seca	21,03	10,25	9,99	9,64	14,62	16,89	11,92	4,72	
P 06	seca	9,45	7,36	16,41	25,26	31,20	8,54	1,47	0,28	
P 01	chuva	30,54	21,43	14,36	9,29	7,02	7,86	7,38	2,11	
P 02	chuva	51,62	13,57	5,33	6,85	10,75	7,64	2,91	1,16	
P03	chuva	10,05	9,33	12,75	20,51	18,14	13,47	10,38	5,26	
P 04	chuva	72,30	1,79	1,09	2,49	7,14	10,00	3,99	0,33	
P 05	chuva	6,35	1,61	2,33	4,03	17,11	40,86	22,78	4,64	
P 06	chuva	0,00	0,55	3,52	21,22	56,98	15,37	1,65	0,49	

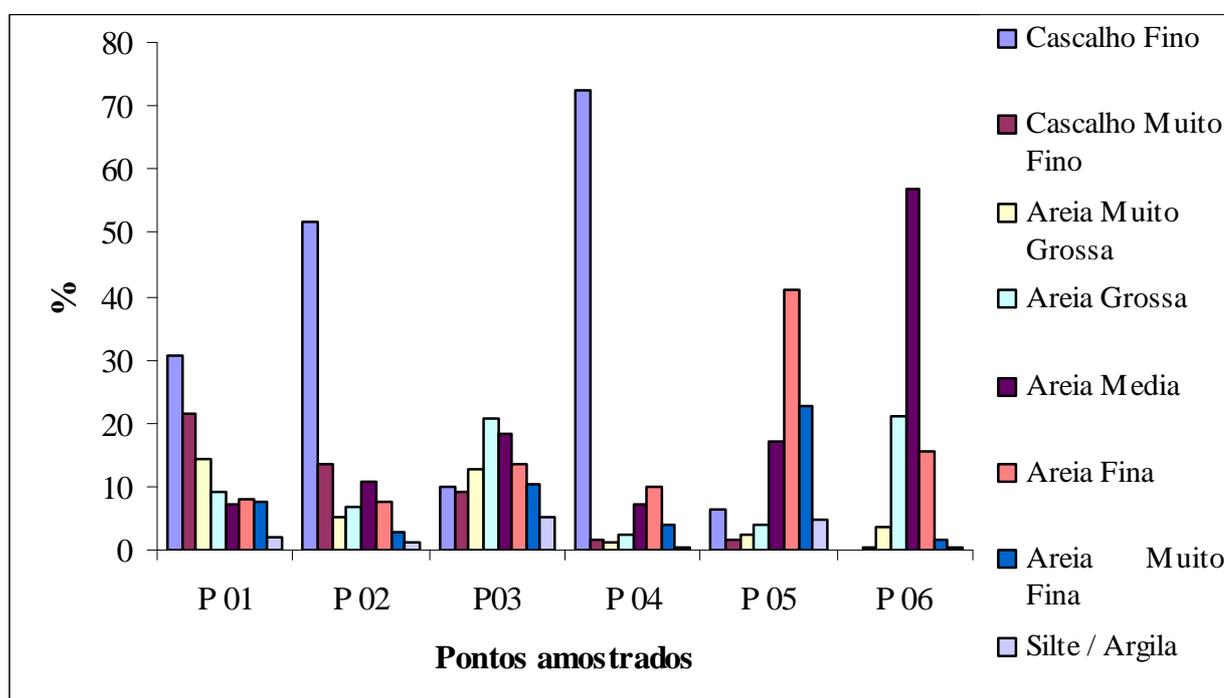
**Figura 5.16**- Gráfico mostrando a variação percentual durante a estação seca das diferentes classes granulométricas em cada ponto amostrado.

Os valores apresentaram grandes variações em todas as classes granulométricas, oscilando entre zero e 72,3% para o cascalho fino; 0,5 a 20,5% para o cascalho muito fino; 1,1 a 16,4% na categoria de areia muito grossa; de 2,5 a 25,3% para areia grossa; os valores de areia média variam entre 5,3 e 57%; para areia fina os valores encontrados são de 1 a 41%; na areia muito fina os valores foram de 0,2 a 43%; e os valores de silte e argila oscilaram entre 0,03 e 5,2%, apresentando as menores proporções granulométricas.

Durante a estação seca, no Ponto 01, verifica-se que o material, com a granulometria caracterizada por maior predominância de cascalho fino, areia grossa e areia muito grossa, enquanto que os demais tipos de sedimento têm pouca ocorrência proporcional neste ponto. Já estação chuvosa,

verifica-se uma melhor distribuição dos sedimentos, mas ainda com maior predominância de cascalho fino (Figura 5.16 e Figura 5.17). Este ponto apresentou na chuva um substrato bem selecionado, enquanto que durante a estação seca, foi moderada a pobremente selecionado.

O Ponto 02 apresenta uma distribuição granulométrica bem semelhante à verificada no Ponto 01, ou seja, sedimento com grande predominância de cascalho fino, areia grossa e areia muito grossa na estação seca, fator que se repete na estação chuvosa, mas com uma melhor distribuição granulométrica dos sedimentos, porém, predominando ainda a grande ocorrência de cascalho fino (Figura 5.16 e Figura 5.17). Trata-se de um ponto com substrato relativamente bem selecionado em ambas as estações.



**Figura 5.17-** Gráfico mostrando a variação percentual durante a estação chuvosa das diferentes classes granulométricas em cada ponto amostrado.

A partir do Ponto 03, as distribuições granulométricas começam a ficar mais homogêneas durante a estação seca. Verifica-se neste ponto uma maior predominância de areias (média e fina) durante as estações seca e chuvosa, sendo a ocorrência de areia, em proporção, bem maior na estação seca. A variação mais significativa neste ponto entre a estação seca e chuvosa que se pode verificar é o aumento da ocorrência de areia grossa na estação chuvosa em relação à estação seca (Figura 5.16 e Figura 5.17). Trata-se de um substrato sempre mal selecionado.

Para o Ponto 04, durante a estação seca a composição granulométrica se caracteriza por apresentar uma proporção maior de areias média e fina, apesar de não haver diferenças muito discrepantes entre as faixas granulométricas como ocorre na estação chuvosa, onde se inverte totalmente os parâmetros granulométricos observados, visto que a proporção de cascalho fino é um

tanto quanto exagerada em relação às outras faixas como pode ser visto no Gráfico 5.8, observando que esta faixa granulométrica representa mais de 70% da amostra (Figura 5.16 e Figura 5.17), caracterizando um substrato pobremente selecionado na estação seca e bem selecionado na estação chuvosa.

Durante a estação seca, o Ponto 05 possui uma proporção um pouco maior de cascalho fino e areia fina, mas nesta estação as distribuições apresentam mais homogêneas, caso que se inverte na estação chuvosa onde é observado que há predominância de mais de 40% areia fina e de 22 % de areia muito fina (Figura 5.16 e Figura 5.17), caracterizando um substrato pobremente selecionado na estação seca e moderadamente selecionado na estação chuvosa.

O Ponto 06 apresenta uma distribuição granulométrica parecida entre as estações seca e chuvosa, mas há uma variação significativa entre as proporções, onde se verifica uma diferença de mais de 55% da ocorrência de areia média na estação chuvosa em relação às outras faixas granulométricas, já na estação seca predomina-se também areia grossa, mas esta distribuição se torna menos abrupta e varia menos que 10% de areia grossa para areia média (Figura 5.16 e Figura 5.17). Trata-se de um substrato pobremente selecionado na estação seca e bem selecionado na estação chuvosa.

#### 5.4.2-Mineralogia e petrografia

A composição percentual do sedimento para as frações de cascalho fino, cascalho muito fino, areia muito grossa pode ser vista na Tabela 5.5.

**Tabela 5.5**– Percentual da composição mineralógica/petrográfica do sedimento.

Pontos	Estação	Basalto	Quartzo	Solo	Óxidos de Ferro	Quartzito	Feldspato/Mica
P01	seca	96,60	0,05	0,00	3,31	0,00	0,04
P02	seca	0,00	3,30	0,00	96,37	3,37	0,32
P03	seca	0,00	0,00	99,30	0,67	0,00	0,00
P04	seca	0,00	28,69	0,00	0,00	14,71	56,60
P05	seca	0,00	3,37	66,20	29,81	0,00	0,61
P06	seca	0,00	62,63	0,00	0,00	0,00	37,37
P01	chuva	89,67	0,35	0,00	9,96	0,00	0,02
P02	chuva	0,00	2,82	0,00	96,75	0,00	0,45
P03	chuva	0,00	1,87	24,74	73,39	0,00	0,00
P04	chuva	0,00	0,06	65,61	34,31	0,00	0,00
P05	chuva	0,00	0,06	65,61	34,31	0,00	0,00
P06	chuva	33,37	33,65	2,62	1,92	0,00	24,28

Para melhor visualização dos dados da Tabela 5.5 foram feitos os histogramas das Figuras 5.18 e 5.19; neste último, os valores de rochas e minerais afins foram agrupados, na tentativa de facilitar o entendimento da composição dos sedimento.

Observa-se que as distribuições mineralógicas entre os pontos amostrados apresentaram grandes variações, o que faz perceber que há uma diversidade mineralógica bem distinta entre eles.

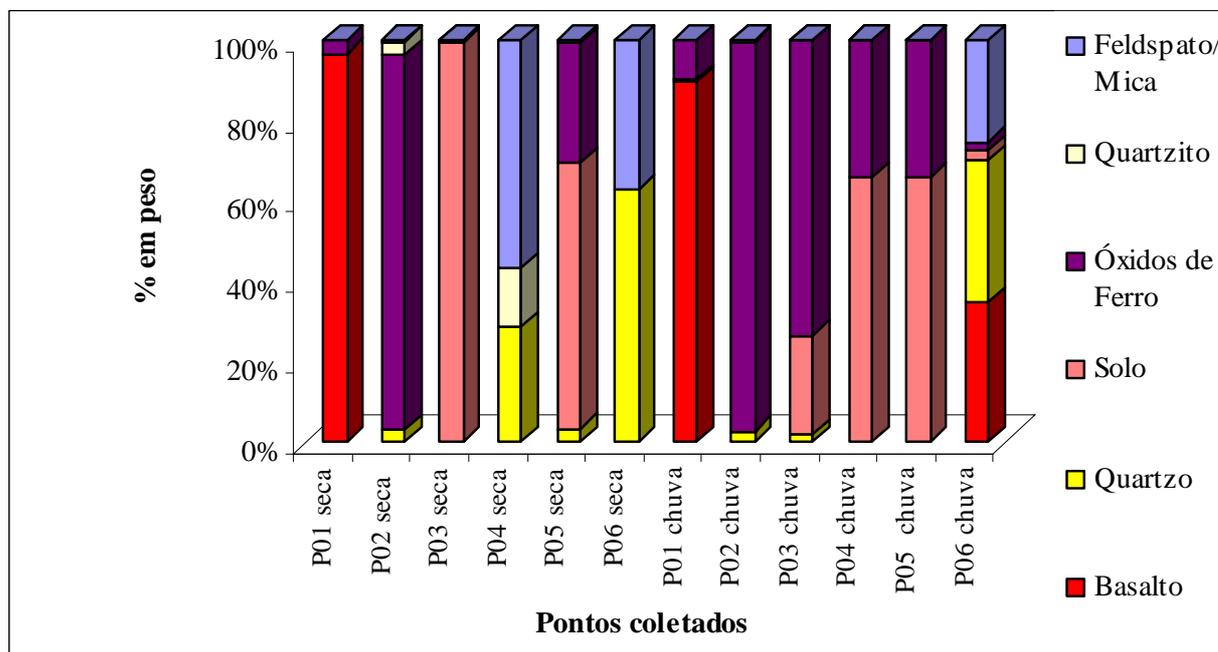


Figura 5.18- Análise mineralógica e petrográfica dos pontos em períodos de seca e chuva.

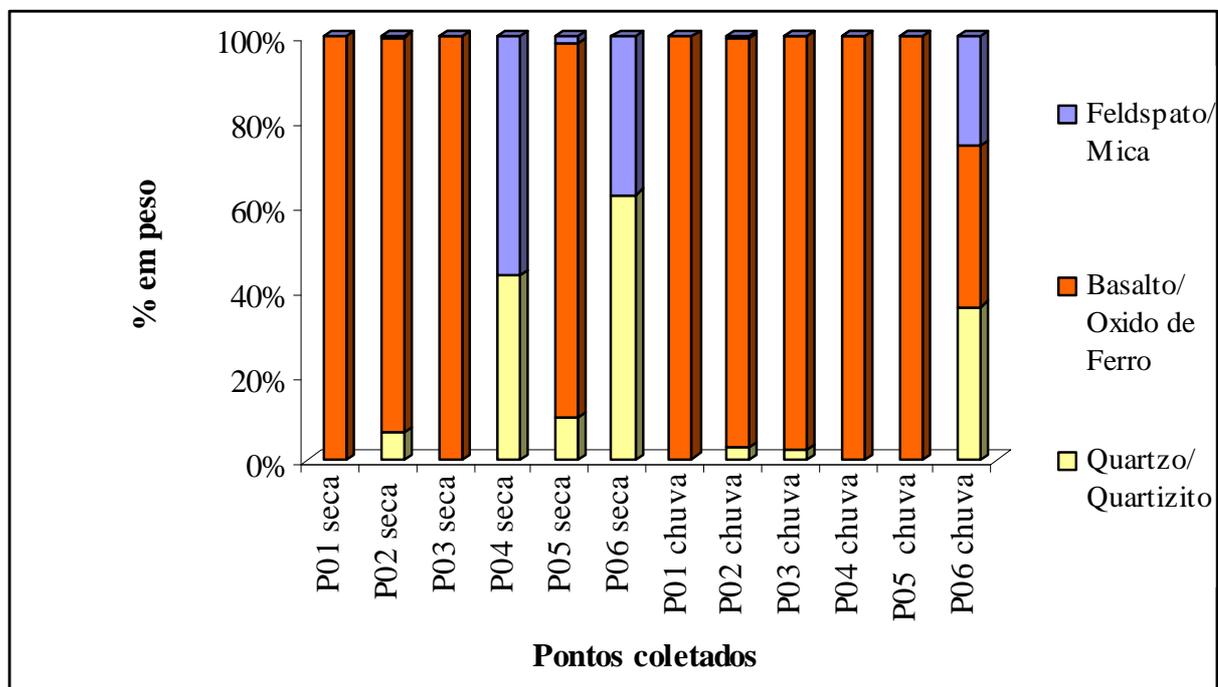


Figura 5.19- Análise mineralógica e petrográfica dos pontos em períodos de seca e chuva.

Observando o ponto 01 vemos que há uma predominância de basaltos em proporções um pouco maiores na estação seca e uma pequena presença de óxido de ferro também em ambas estações, mas esta proporção ao inverso do que ocorre com o basalto na estação seca ela é maior se comparada à estação chuvosa (Figura 5.18).

O ponto 02 apresenta mais de 96% de predominância de óxido de Ferro em ambas estações de coleta e uma pequena quantidade de quartzo (Figura 5.18).

Durante a estação seca, no Ponto 03, se caracteriza pela ocorrência de mais de 99% de solo, verifica-se que a composição mineralógica é bem diferenciada, se comparada com a estação chuvosa onde podemos observar uma proporção maior da presença óxido de ferro em relação ao solo (Figura 5.18).

O ponto 04 apresenta uma distribuição mineralógica parecida entre as estações seca e chuvosa, mas há uma variação na proporção dos componentes mineralógicos, onde se verifica na chuva uma proporção maior de quartzo e feldspato/mica (Figura 5.18).

Para o Ponto 05, durante a estação seca a composição mineralógica se caracteriza por apresentar uma proporção maior de Quartzo em relação à estação chuvosa, já para os componentes de maior proporção como solo e óxido de ferro ambas estações apresentam quase que as mesmas proporções (Figura 5.27).

Há uma variação mineralógica diferenciada entre as estações no ponto 06, a estação chuvosa deste ponto apresenta quartzo, feldspato/mica e basalto, sendo que este último não é encontrado na estação seca, este fato pode ser explicado pelo carreamento destes materiais pela água da chuva sendo este material então depositado neste local (Figura 5.18).

Quando analisado o gráfico da Figura 5.19, percebe-se que a presença do conjunto de basaltos e óxidos de ferro (este último geralmente associado à pedogênese do primeiro) tem um aumento significativo durante a estação chuvosa em todos os pontos, inclusive com alguns que não haviam apresentado estes fragmentos passando a tê-los. Vale lembrar que a presença dos íons de Fe, Co e As também apresentam aumentos relativos durante esta estação. Claramente, estes valores mais elevados estão relacionados aos processos de carreamento promovidos pelo aumento da precipitação.

### 5.4.3-Elementos traço

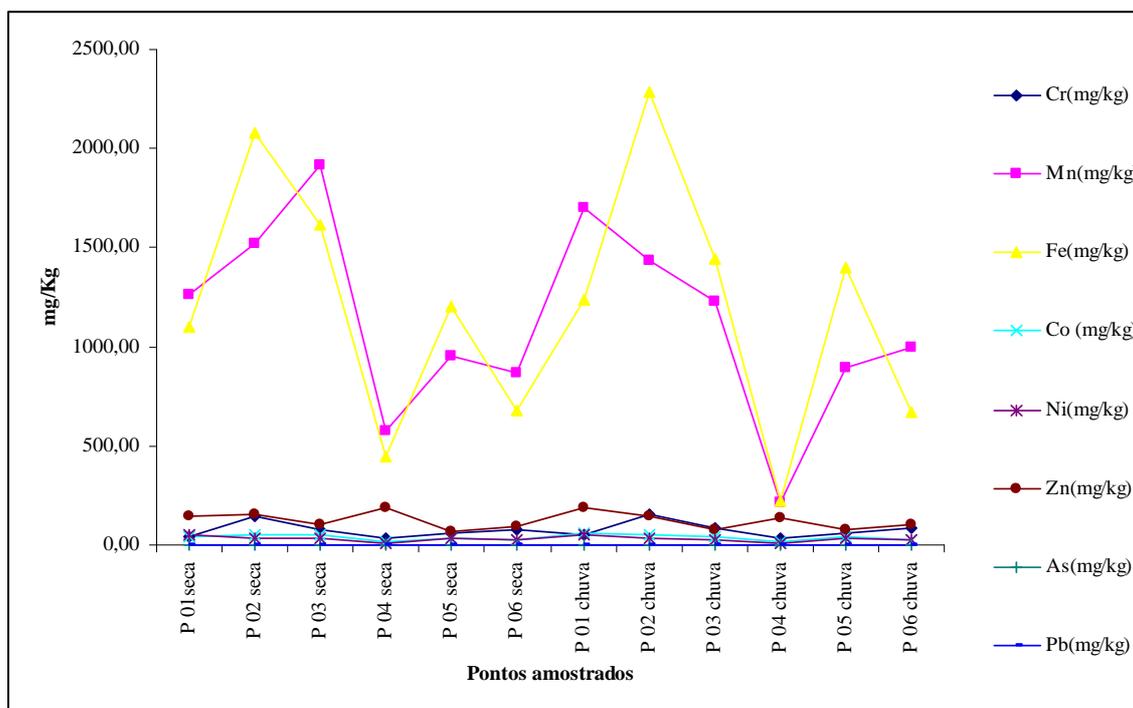
A seguir, pode ser visto o resultado das análises obtidas através do ICP conforme a tabela 5.6:

**Tabela 5.6-** Resultados das análises de elementos–traço obtidos nas amostras de sedimentos.

Pontos	Estações	Cr(mg/kg)	Mn(mg/kg)	Fe(%)	Co (mg/kg)	Ni(mg/kg)	Zn(mg/kg)	As(mg/kg)	Pb(mg/kg)
P 01	seca	42,56	1263,00	1097,00	45,21	49,18	143,30	0,00	0,20
P 02	seca	144,10	1517,00	2082,00	55,60	35,21	158,50	0,00	0,21
P 03	seca	80,60	1920,00	1615,00	55,40	33,75	100,20	0,00	0,19
P 04	seca	33,90	572,00	446,00	15,22	10,51	190,50	0,00	0,18
P 05	seca	61,80	956,00	1206,00	38,23	31,83	72,90	0,00	0,22
P 06	seca	80,00	868,00	676,00	26,64	29,05	96,90	0,00	0,14
P 01	chuva	50,10	1704,00	1235,00	56,90	54,80	190,80	0,00	0,23
P 02	chuva	155,10	1437,00	2286,00	54,40	31,21	148,80	0,00	0,15
P 03	chuva	89,50	1226,00	1443,00	40,70	27,85	78,30	0,00	0,17
P 04	chuva	30,39	214,00	223,00	14,62	11,24	136,60	0,00	0,22
P 05	chuva	58,40	890,00	1402,00	42,14	34,25	74,80	0,00	0,18
P 06	chuva	86,60	998,00	671,00	26,09	25,83	101,70	0,00	0,20

De acordo com o os valores orientadores para solo e água no Estado de São Paulo, (Doroty *et. al.* 2001), os valores das análises nas amostras de sedimentos estão dentro da normalidade.

A partir da Figura 5.20 nota-se valores mais elevados para Fe e Mn, onde o ponto 04 em ambas as estações mostra valores mais baixos se comparados a outros pontos coletados,provavelmente oriundos da lixiviação dos solos e rochas do entorno deste ponto (basaltos) e para os demais elementos os valores permanecem praticamente iguais se comparado às duas estações coletadas.



**Figura 5.20–** Histograma de distribuição de freqüência da concentração de elementos-traço obtidos a partir das amostras de sedimento entre as estações sazonais.

#### **5.4.4- *Corbicula fluminea***

##### **5.4.4.1 – *Indivíduos identificados***

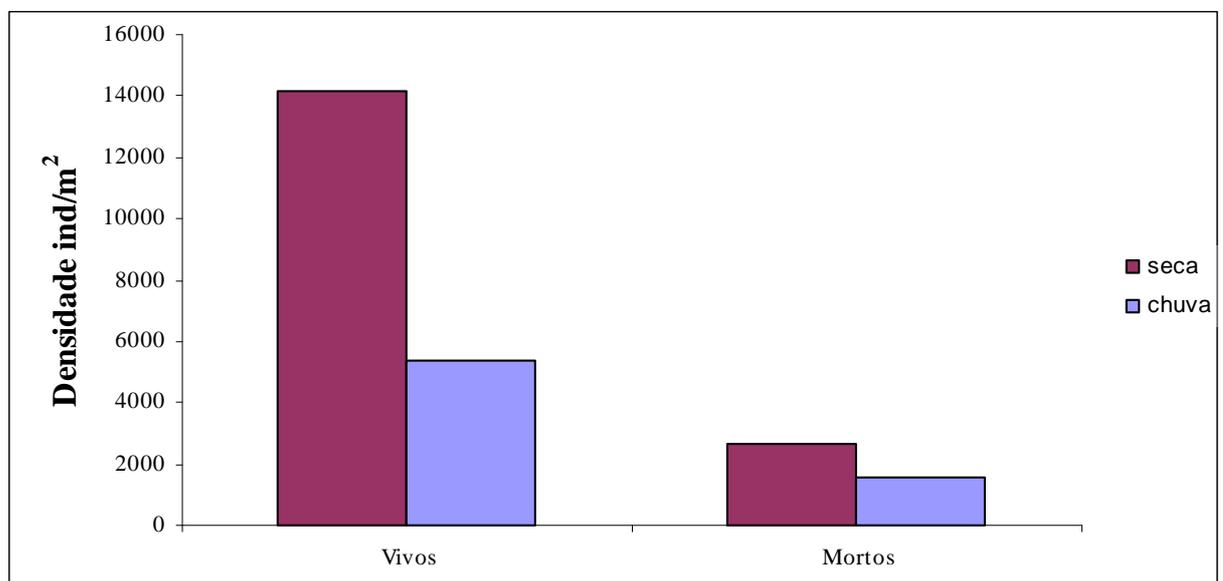
Após a triagem foi feita a identificação dos indivíduos, onde foi contato um total de 672 indivíduos entre jovens e adultos de *C. fluminea*. Deste total de indivíduos 119 estavam mortos.

As densidades de indivíduos assim como as abundâncias a serem consideradas são bem diferenciadas entre os pontos, Tabela 5.7, mostrando que esta espécie em alguns pontos coletados tem uma densidade muito alta de indivíduos vivos, enquanto que em alguns pontos não foi registrado nenhum indivíduo. Os valores encontrados no reservatório de Volta Grande MG/SP estão entre os valores descritos na literatura que é de 2609 ind/m<sup>2</sup> no rio Paraná das Palmas, sub-bacia do rio da Plata, descrito por Cataldo (2001) em seus estudos de densidade e por Boltovskoy *et al.* (1995) com valores de densidades que ocasionalmente superam os 10.000 indivíduos m<sup>2</sup> na bacia do rio Paraná.

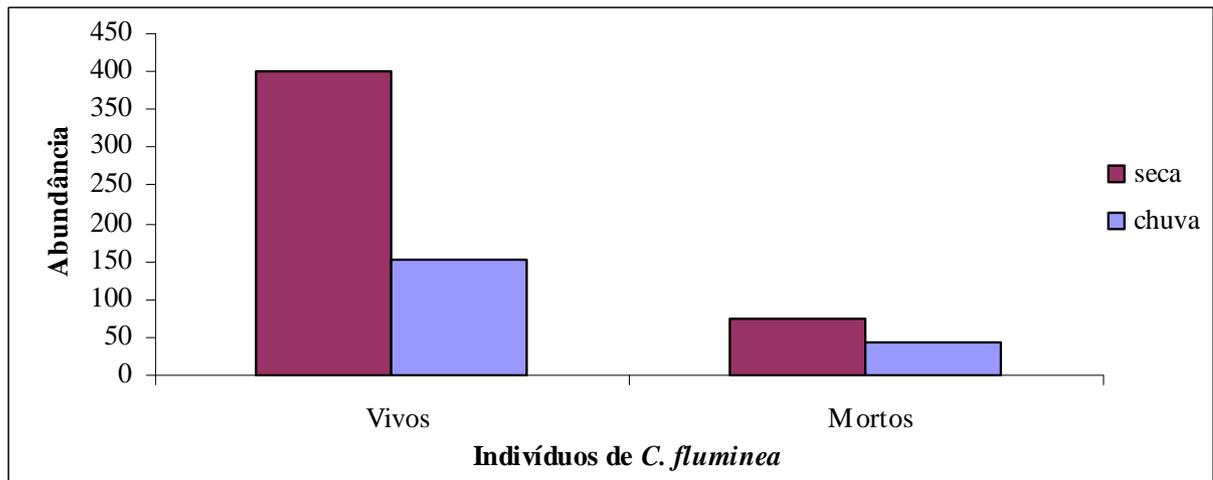
Como pode ser visto na Figura 5.28, a densidade de indivíduos vivos supera a densidade de indivíduos mortos, mostrando uma dinâmica na população de *C. fluminea*, com o número de indivíduos vivos superando o número de mortos em ambas estações coletadas. A estação chuvosa apresentou menor ocorrência de indivíduos vivos e mortos (Figura 5.21 e Figura 5.22), fato este que pode ser explicado pela ocorrência de ondas fortes e mais frequentes em alguns pontos amostrados nesta estação, fazendo com que os indivíduos vivos e mortos fossem assim carreados para outros pontos; já na estação seca, as ondas fracas apenas provocadas pela brisa natural deste período pode ter influenciado em um maior número de indivíduos nos pontos amostrados.

**Tabela 5.7**– Distribuição por pontos amostrados da abundância e da densidade de indivíduos de *C. fluminea* durante as estações seca e chuvosa.

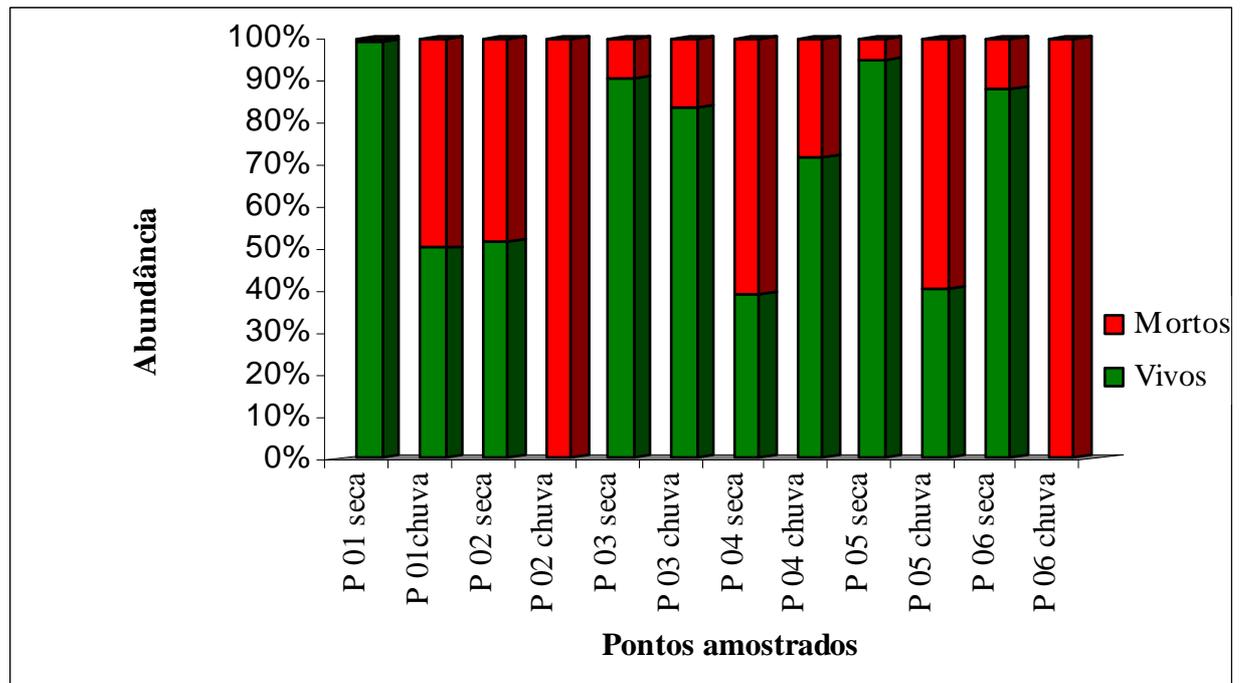
Pontos	Estação	Abundância de <i>C. fluminea</i> (vivos)	Densidade de <i>C. fluminea</i> (vivos/m <sup>2</sup> )	Abundância de <i>C. fluminea</i> (mortos)	Densidade de <i>C. fluminea</i> (mortos/m <sup>2</sup> )
P 01	seca	146	5159	1	35
P 02	seca	45	1590	42	1484
P 03	seca	117	4134	12	424
P 04	seca	9	318	14	495
P 05	seca	69	2438	4	141
P 06	seca	15	530	2	71
P 01	chuvosa	6	212	6	212
P 02	chuvosa	0	0	2	71
P 03	chuvosa	137	4841	27	954
P 04	chuvosa	5	177	2	71
P 05	chuvosa	4	141	6	212
P 06	chuvosa	0	0	1	35
	seca	401	14170	75	2650
	chuvosa	152	5371	44	1555
	seca/chuva	553	19541	119	4205



**Figura 5.21**– Histograma da densidade dos indivíduos vivos e mortos de *C. fluminea* na estação seca e chuvosa.



**Figura 5.22**– Histograma mostrando a diferença da abundância de indivíduos vivos e mortos entre as estações seca e chuvosa.



**Figura 5.23**– Histograma mostrando a diferença da abundância de indivíduos vivos e mortos de *C. fluminea* nos pontos amostrados entre as estações sazonais.

O Ponto 01 foi o que apresentou maior abundância de indivíduos na estação seca, declinando abruptamente na estação chuvosa, esta diferença pode ser explicada pela descrição do ponto no dia da coleta na estação chuvosa onde foi observada a presença de fortes ondas, podendo ter carreado a grande maioria dos indivíduos de *C. fluminea* (Figura 5.23).

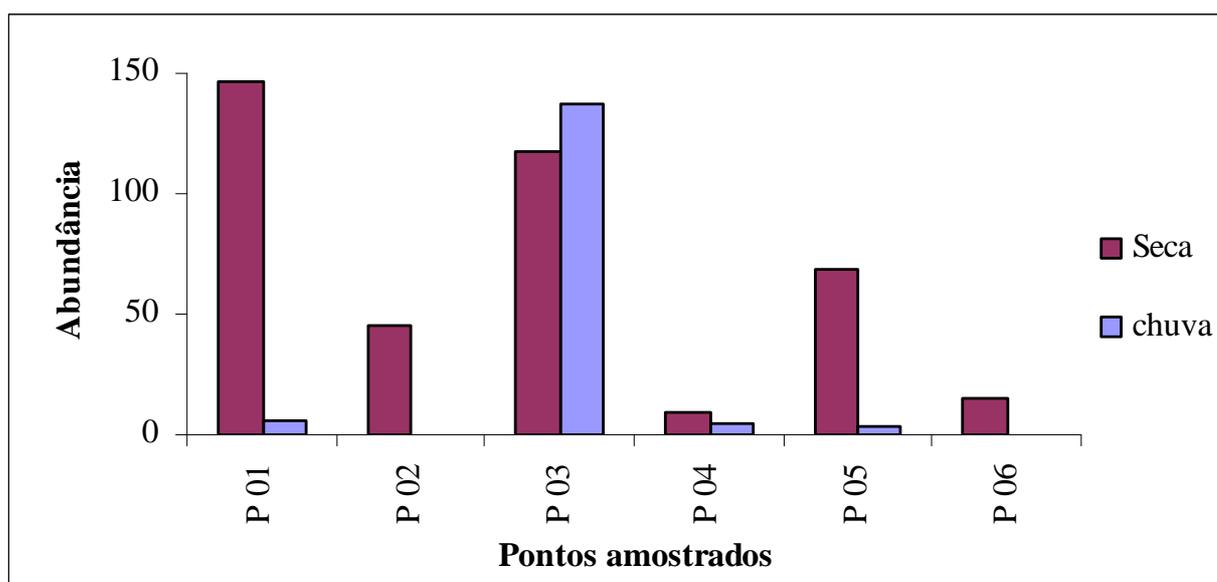
Observando a abundância do Ponto 02, pode – se ver que na estação chuvosa não foi identificado nenhum indivíduo já na estação seca houve uma ocorrência significativa, fato este que também pode ser explicado pelas fortes ondas na estação chuvosa (Figura 5.23).

Analisando o Ponto 03, vê-se que é um ponto onde a estação sazonal não influenciou nas proporções de indivíduos, pois observa - se que em ambas as estações a abundância de indivíduos permaneceu alta, fazendo com que este ponto não seguisse a tendência dos demais. Este ponto foi o único em que ocorreu uma amostra significativa de indivíduos durante a estação chuvosa (Figura 5.23).

O Ponto 04 é o ponto que apresenta a menor abundância registrada entre os demais, e não foram registradas ondas em nenhuma das coletas, a baixa abundância neste ponto não pode ser explicada pela presença de onda (Figura 5.23).

Já o ponto 05 apresentou assim como os demais pontos onde foram registradas ondas fortes na coleta da estação chuvosa uma diminuição da abundância de indivíduos nesta estação. Apresentando um número significativo de indivíduos na estação seca (Figura 5.23).

O Ponto 06 assim como o ponto 04 também apresentou uma baixa abundância de indivíduos na estação seca e nenhum exemplar na estação chuvosa. (Figura 5.23).



**Figura 5.24**– Histograma mostrando a proporção de indivíduos vivos entre as duas estações seca e chuvosa nos pontos amostrados.

#### 5.4.4.2– Elementos - traço nas conchas de *C. fluminea*

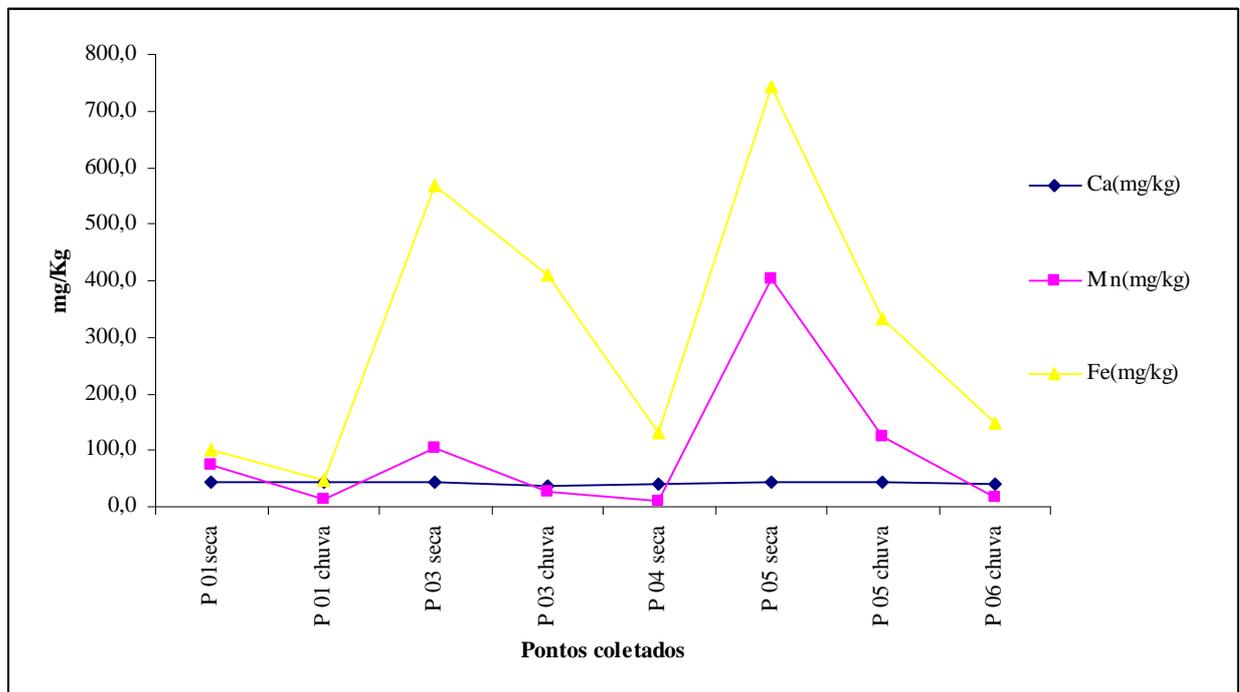
Após a leitura da amostra no ICP do Laboratório de Geoquímica Ambiental do Departamento de Geologia- DEGEO- UFOP/MG, obteve –se os dados da Tabela 5.8.

**Tabela 5.8-** Resultados das análises de elementos-traço obtidos nas amostras das conchas de *C. fluminea*.

Pontos	Estações	Ca(mg/kg)	Cr(mg/kg)	Mn(mg/kg)	Fe(mg/kg)	Co (mg/kg)	Ni(mg/kg)	Zn(mg/kg)	As(mg/kg)	Pb(mg/kg)
P 01	seca	42,9	0,0	72,8	101,3	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
P 01	chuva	42,5	0,0	13,3	46,1	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0
P 03	seca	43,0	0,0	105,3	567,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
P 03	chuva	37,1	0,0	27,5	409,5	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0
P 04	seca	39,2	0,0	10,0	129,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
P 05	seca	42,1	0,0	404,2	742,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0
P 05	chuva	43,1	0,0	124,6	333,3	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
P 06	chuva	41,0	0,0	15,4	148,9	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0

Como pode ser visto na Figura 5.25, não foram todos os pontos amostrados que obtiveram exemplares de *C. fluminea* para a análise de metais nas conchas, e destes exemplares houve valores apenas para Ca, Mn e Fe, como nas análises de elementos – traços nas amostras analisadas de água, água de poro e sedimento os valores destes elementos também foram altos acredita-se que houve uma influência do meio em relação a *C.fluminea*, provavelmente oriundos da lixiviação dos solos e rochas do entorno deste ponto (basaltos).

Como não se tem valores de referência para conchas de *C. fluminea* em nenhuma bibliografia pesquisada, os valores orientadores usados foram os mesmos para solo e água no Estado de São Paulo, (Doroty *et. al.* 2001), os valores das análises da concha de *C. fluminea* estão dentro da normalidade.



**Figura 5.25** – Histograma de distribuição de frequência da concentração de elementos-traço obtidos a partir das amostras das conchas de *C. fluminea* nos pontos entre as estações sazonais.

#### 5.4.4.3 – Tamanho dos indivíduos de *C. fluminea*

No Ponto 01 (Figura 5.31) foram identificados 146 indivíduos na estação seca, onde pode-se observar uma ampla distribuição dos indivíduos em quase todas as faixas de tamanho, na estação

chuvosa como foram encontrados poucos indivíduos (6 indivíduos) não se diversificaram muito, mas pode-se perceber que em ambas estações de coleta o tamanho dos indivíduos se concentram entre 17 a 18 mm.

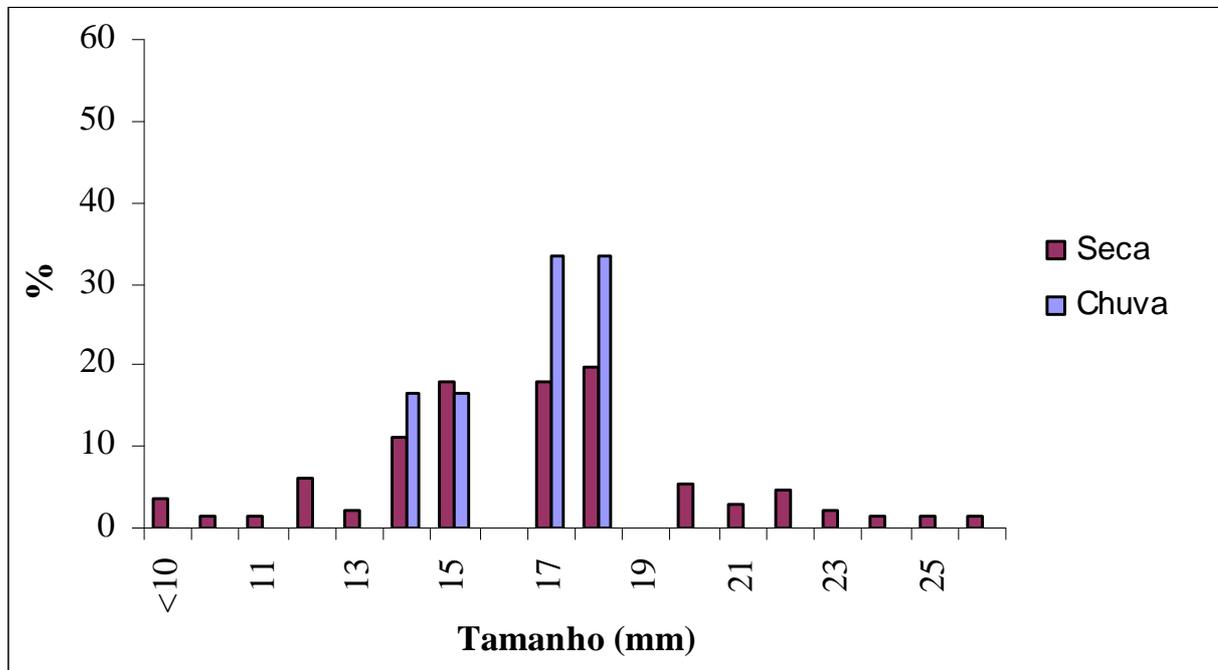


Figura 5.26 - Histograma do tamanho corporal dos indivíduos de *C. fluminea*, no Ponto 01.

No Ponto 02 (Figura 5.27) com 45 indivíduos identificados na estação seca apresentou uma distribuição por todas as faixas de tamanho acima de 14mm e uma tendência a se concentrar entre 18 e 19 mm, como pode observar pelo histograma na estação chuvosa não foi coletado nenhum indivíduo.

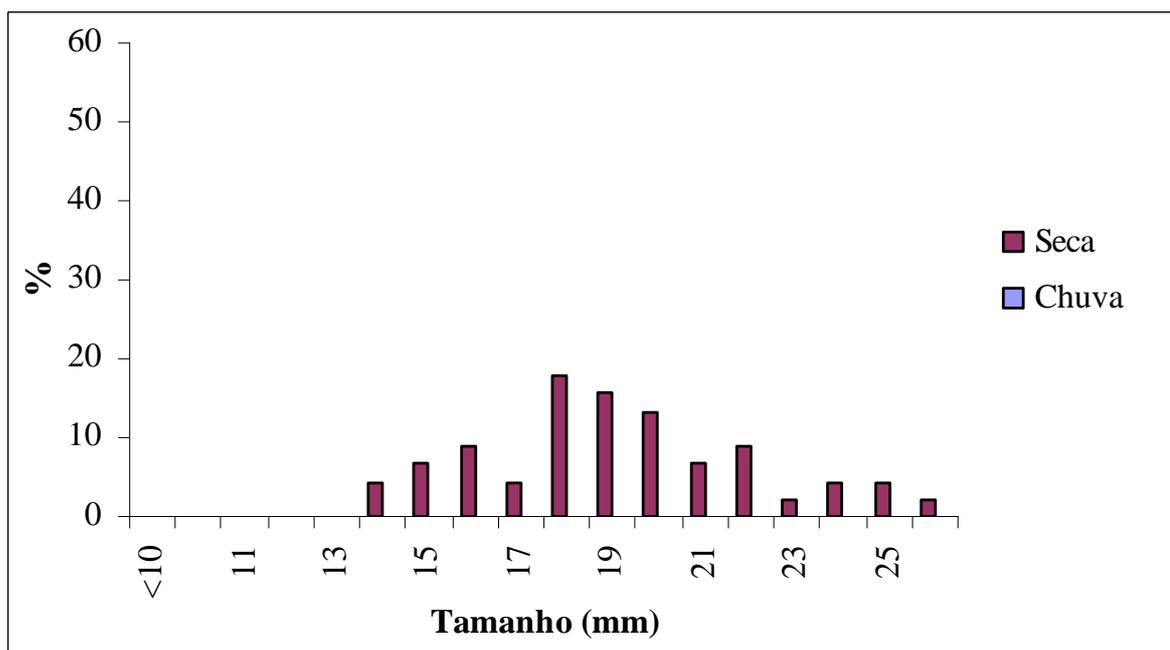
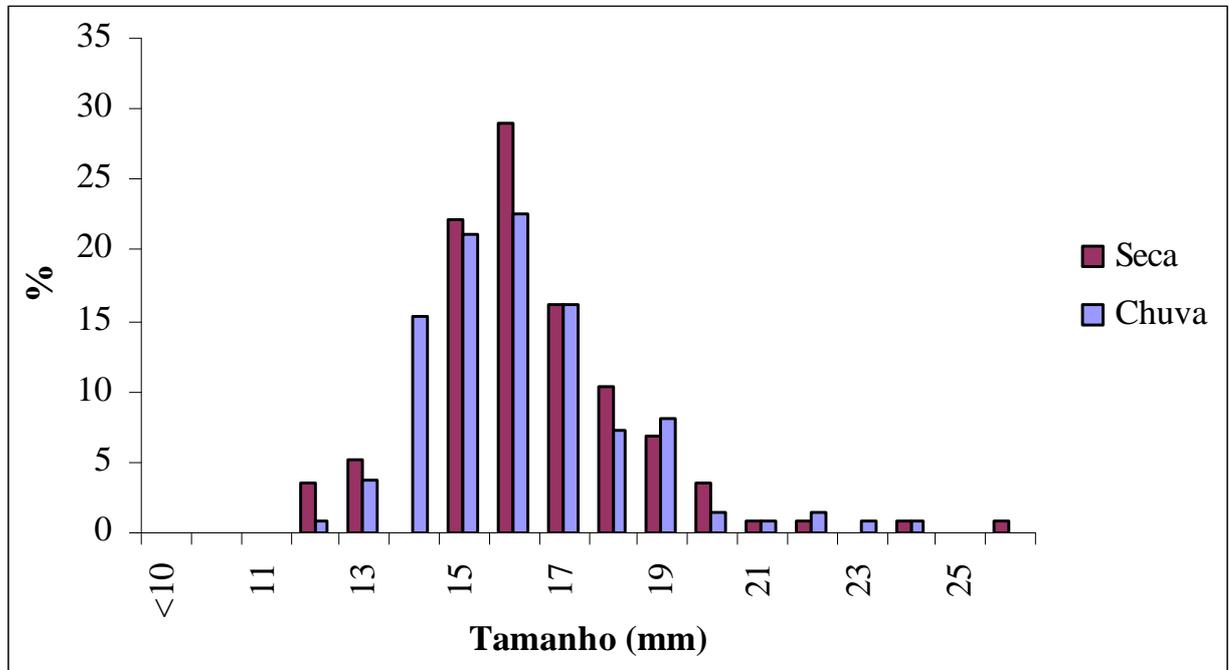


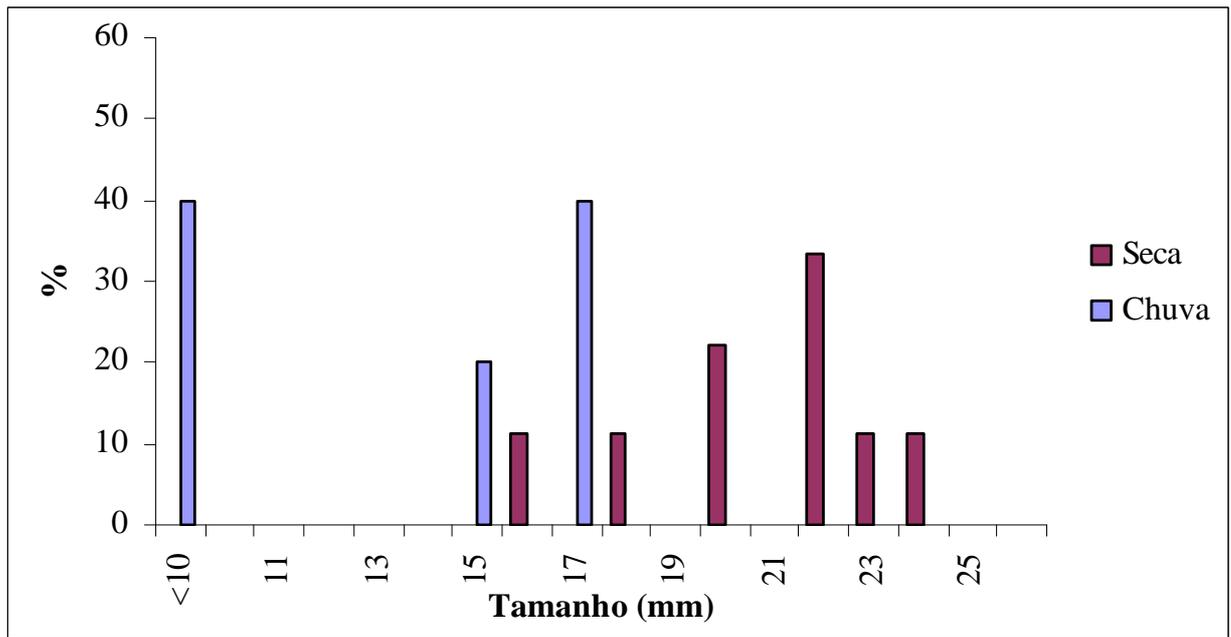
Figura 5.27- Histograma do tamanho corporal dos indivíduos de *C. fluminea*, no Ponto 02.

A Figura 5.28 retrata o Ponto 03 e mostra que em ambas as estações tiveram os tamanhos dos indivíduos muito próximos, onde apresentou uma distribuição bem parecida por todas as faixas de tamanho acima de 12mm e uma tendência a se concentrar entre 15 e 16 mm em ambas as estações de coleta.



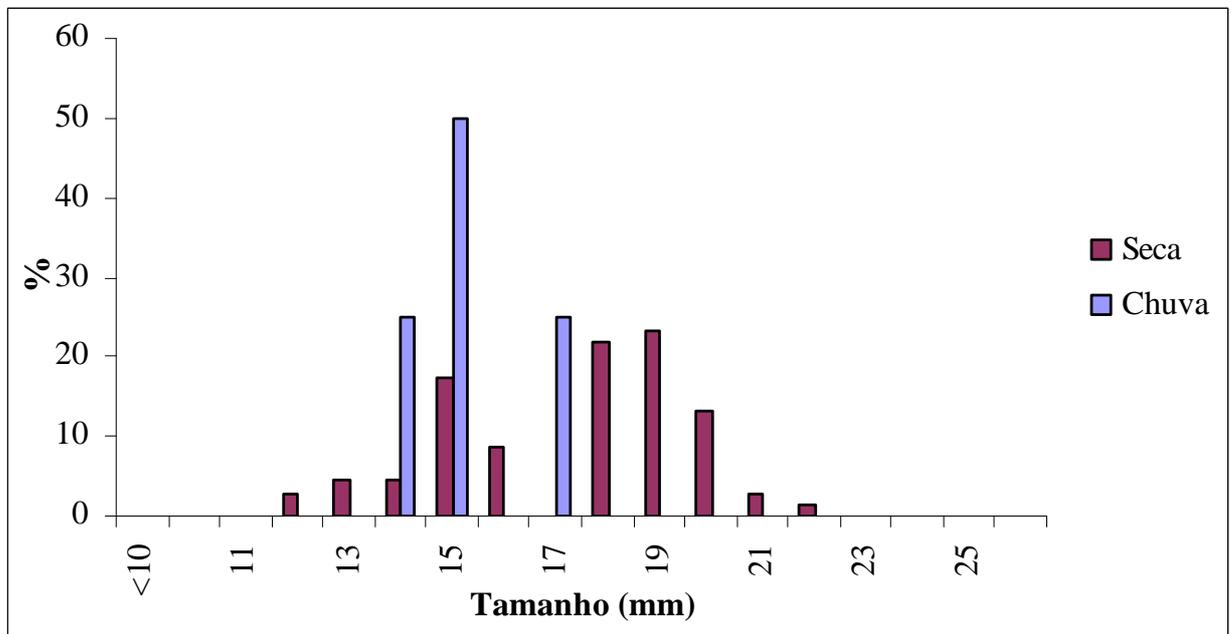
**Figura 5.28-** Histograma do tamanho corporal dos indivíduos de *C. fluminea*, no Ponto 03.

Pode-se notar na Figura 5.29, onde retrata o Ponto 04 que não se apresentou uma uniformidade nos tamanhos dos indivíduos e a quantidade de indivíduos coletadas também foi muito baixa sendo 5 indivíduos na estação chuvosa e 9 indivíduos na estação seca, fazendo como que os dados não se tornassem consistentes.



**Figura 5.29-** Histograma do tamanho corporal dos indivíduos de *C. fluminea*, no Ponto 04.

O Ponto 05 (Figura 5.30) na estação chuvosa apresentou uma variação muito grande nas faixas de tamanho dos indivíduos identificados e a predominância ficou entre 16 e 20 mm, na estação chuvosa a maioria dos indivíduos encontrados tem o tamanho de 15mm.



**Figura 5.30-** Histograma do tamanho corporal dos indivíduos de *C. fluminea*, no Ponto 05.

No Ponto 06 todos os indivíduos encontrados na estação seca estavam abaixo de 10mm e na estação chuvosa não foi encontrado nenhum indivíduo.

## CAPÍTULO 6

## ANÁLISE ESTATÍSTICA

**6.1 – ABUNDÂNCIA DE *C. FLUMINEA***

Para se testar uma possível influência da variação dos valores obtidos nas análises de água, sedimento e água de poro sobre a abundância de *C. fluminea*, foi usado o teste estatístico de Correlação e Regressão linear com auxílio de um diagrama de dispersão e de um coeficiente de correlação linear - uma medida da intensidade da associação linear entre duas variáveis (Snedecor & Cochran, 1989 e Triola, 1999).

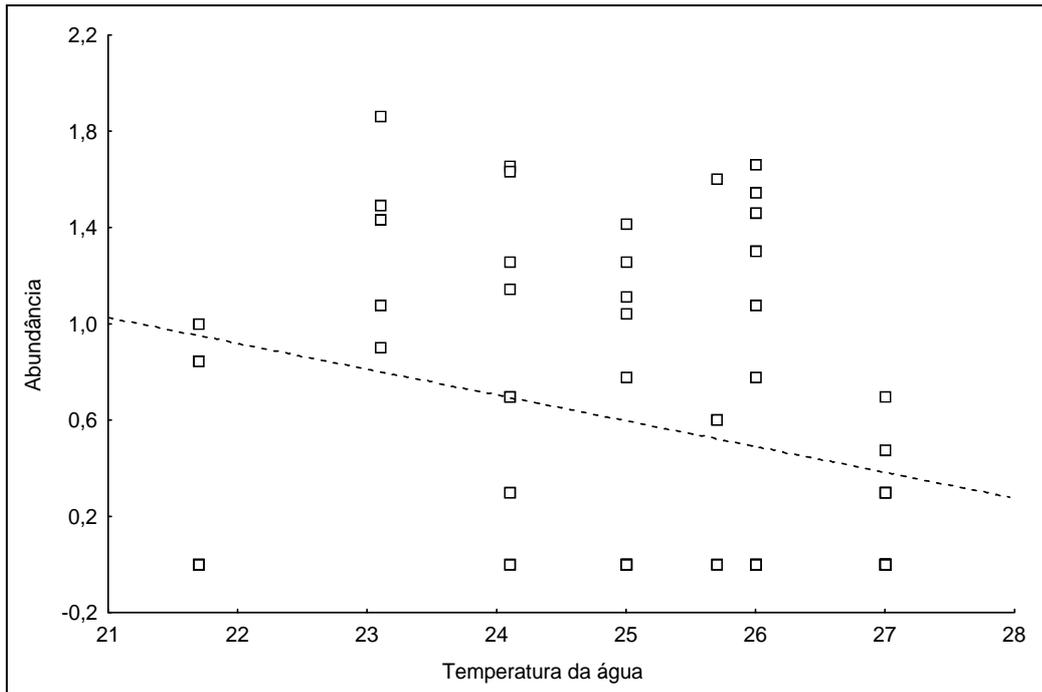
**6.1.1 – Parâmetros físico-químicos da água**

Como pode ser visto na Tabela 6.1 os valores de  $p < 0,05$  foram representativos para todas as análises de correlação entre as características físico-químicas e *C. fluminea*.

**Tabela 6.1-** Dados estatísticos regressão físico – químico / abundância de *C. fluminea*.

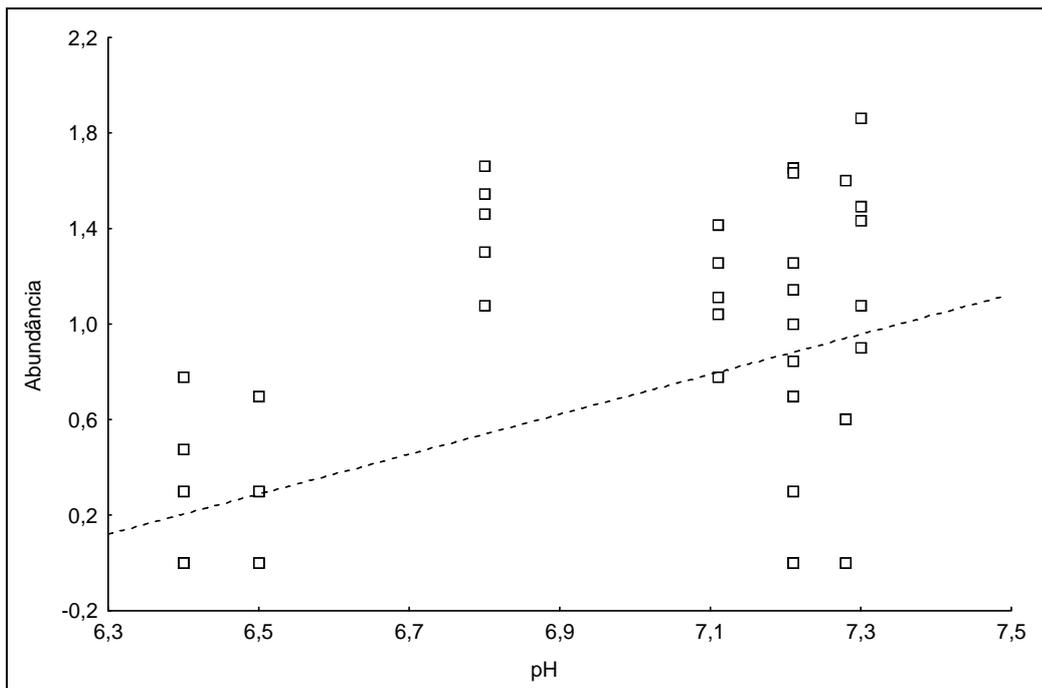
	R <sup>2</sup>	gl	p
T á g u a	0,078	1,580	0,030
p H	0,280	1,580	< 0,001
C o n d	0,083	1,580	0,025
O D	0,208	1,580	< 0,001
D B O	0,079	1,580	0,030
C á l c i o t o t a l	0,210	1,580	< 0,001
F o s f a t o t o t a l	0,118	1,580	0,007

Através da Figura 6.1 pode ser melhor visualizada a correlação de temperatura/abundância de *C. fluminea*, onde se vê uma maior preferência por temperaturas entre as faixas de concentração varia de 23 a 26°C.



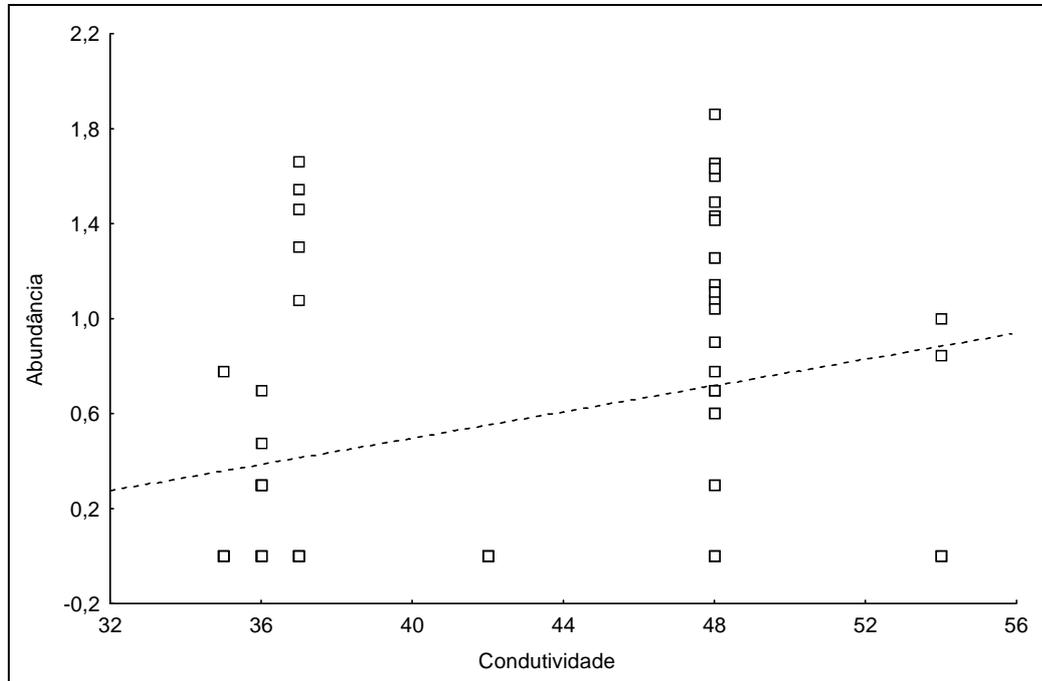
**Figura 6.1-** Gráfico da análise da correlação entre temperatura da água / abundância de *C. fluminea*.

A correlação do pH/abundância de *C. fluminea* pode ser mais bem visualizada na Figura 6.2, onde se vê o crescimento da reta, sendo explicada por um valor de  $R^2$  de 28% ( $p < 0,001$ ), e que demonstra que quanto maior os valores de pH maior é a abundância de *C. fluminea*, Esteves (1998) diz que Thienemann em 1918, início deste século, reconheceu o pH como fator limitante à colonização dos ecossistemas aquáticos pelos diferentes organismos, vimos que com *C. fluminea* também corresponde a esta teoria



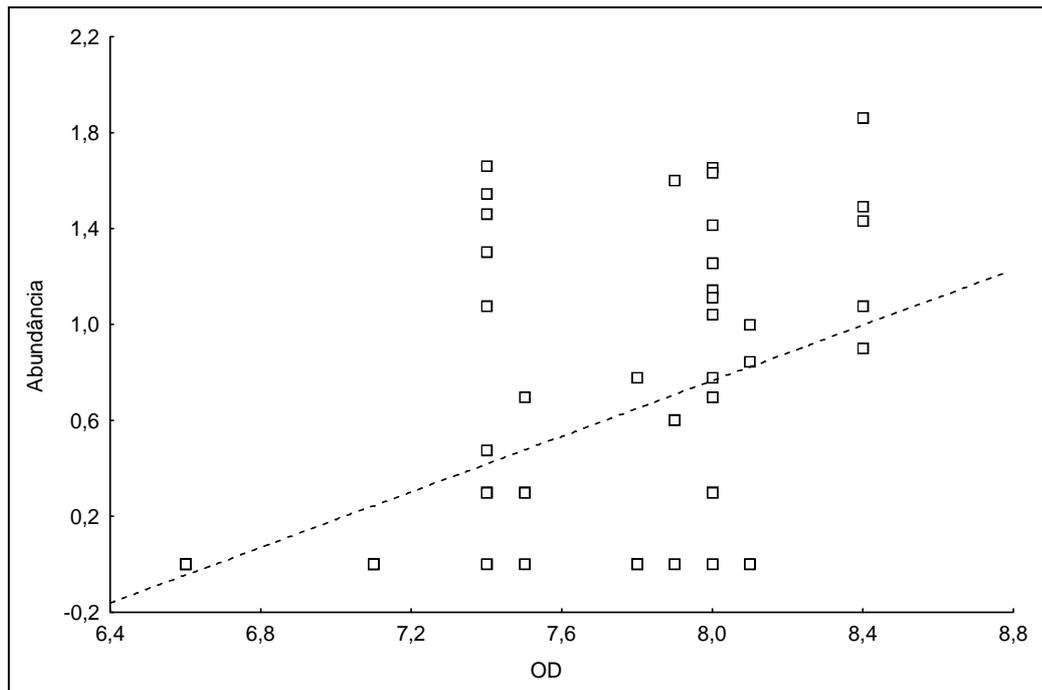
**Figura 6.2-** Gráfico da análise da correlação entre pH / abundância de *C. fluminea*.

Na correlação entre Condutividade/ abundância de *C. fluminea* pode-se observar que há uma preferência de *C. fluminea* por condutividades mais altas, Figura 6.3, onde se observa que a reta se eleva com os valores mais altos de condutividade.



**Figura 6.3-** Gráfico da análise da correlação entre Condutividade/ abundância de *C. fluminea*.

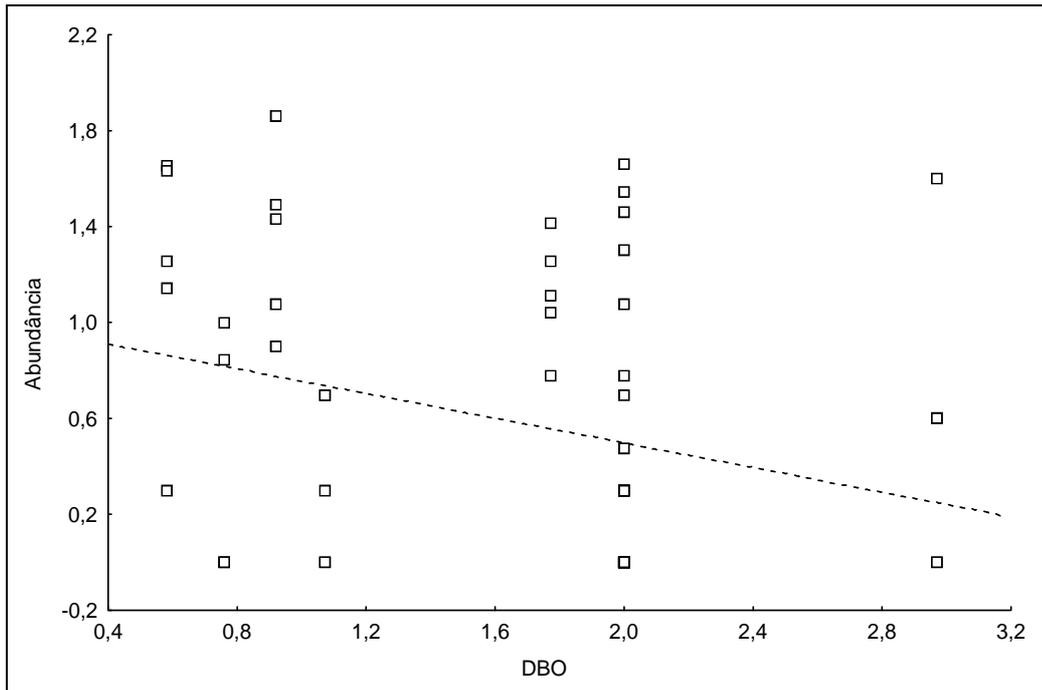
Podemos ver na Figura 6.4, que a correlação do OD/abundância de *C. fluminea* também se mostra satisfatória à análise estatística feita, onde se nota o crescimento da reta sendo explicada por um valor de R<sup>2</sup> de quase 21%, onde se vê que quanto maior os valores de oxigênio dissolvido maior é a abundância de *C. fluminea*, como o oxigênio é um dos gases dissolvidos na água dos mais importantes na dinâmica e na caracterização de ecossistemas aquáticos, também podemos levar em consideração esta análise para a relação OD/abundância de *C. fluminea*, sendo este bivalve um filtrador o nível de oxigênio dissolvido na água influencia de modo bem representativo ( $P < 0,001$ ) a sua abundância.



**Figura 6.4**– Gráfico da análise da correlação entre OD/ abundância de *C. fluminea*

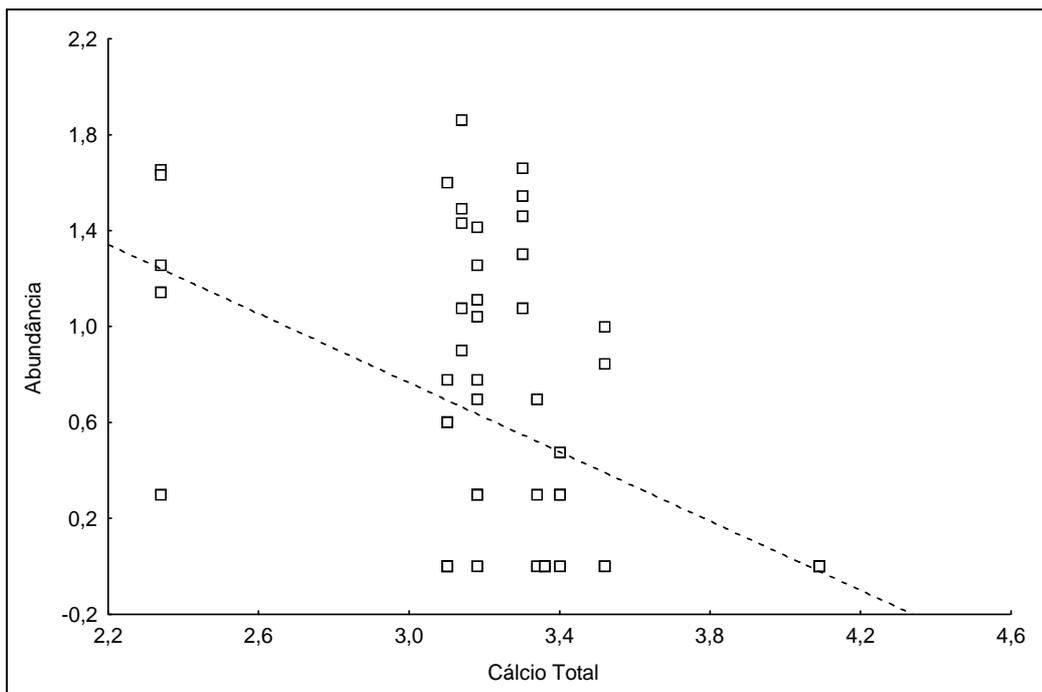
A relação à correlação de DBO/abundância de *C. fluminea*, podemos observar através da Figura 6.5, que apesar dos níveis de DBO estarem em uma faixa ótima cujos valores não ultrapassam 5mg/L, a medida que os níveis aumentam diminuem a abundância de *C. fluminea*, o que mostra que

altos índices podem gerar a diminuição e até a extinção do oxigênio presente nas águas, gerando alterações substanciais no ecossistema, inclusive com a extinção das formas de vida oxigênio-dependentes, Esteves (1998).



**Figura 6.5-** Gráfico da análise da correlação entre DBO / abundância de *C. fluminea*.

Como já foi falado por Esteves (1998), o cálcio é essencial para o crescimento de algas, macrófitas e muitos animais, em especial moluscos, mas podemos ver que a abundância de *C. fluminea* é determinada pela concentração de valores encontrados para cálcio total entre 3,0 e 3,5 mg/L, como se pode ver na análise para a relação Cálcio total/abundância de *C. fluminea*, onde se nota que a representatividade dos dados é alta ( $p < 0,001$ ), a reta é explicada por um valor de  $R^2$  de 20% (Figura 6.6).



**Figura 6.6-** Gráfico da análise da correlação entre Cálcio total/ abundância de *C. fluminea*.

A partir da Figura 6.7, pode-se observar que a abundância de *C.fluminea* é menor a medida que os valores de Fósforo total aumentam,  $p < 0,007$ .

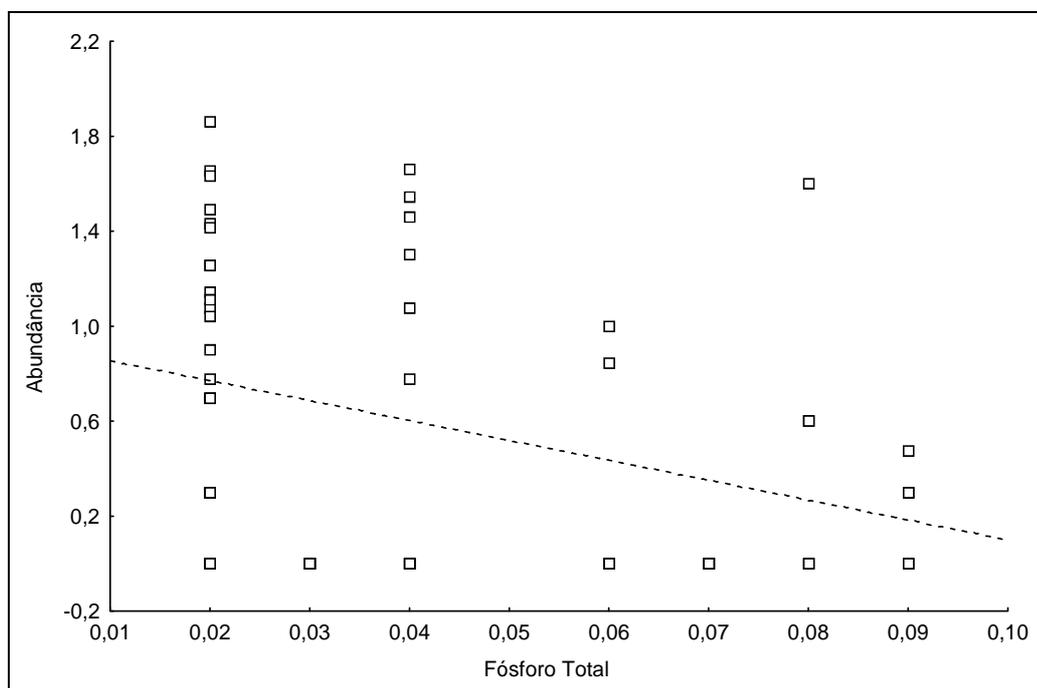


Figura 6.7- Gráfico da análise da correlação entre Fósforo total/ abundância de *C. fluminea*.

### 6.1.2 – Elementos - traços

As análises de correlação entre a abundância de *C. fluminea* e elementos-traço não foram possíveis de serem rodadas pelo programa de estatística, Statistica 5.0, pois não havia amostras suficientes para uma análise segura entre as partes a serem testadas.

### 6.1.3 – Granulometria

Após a realização das análises das amostras granulométricas do substrato e de abundância de indivíduos foram feitas análises de correlações para determinar se a ocorrência dos indivíduos de *C. fluminea* pode ser determinada a partir da variação das faixas granulométricas e as estações do ano.

A partir do objetivo deste estudo as hipóteses testadas foram:

- Se as estações do ano têm interações com as granulométricas dos pontos coletados.
- Se a estação do ano em que foram coletados os dados, influenciam na abundância de indivíduos de *C. fluminea*.
- Se a abundância entre os pontos coletados era influenciadas pela granulometria dos substratos.

Um critério para a avaliação da estimativa do cálculo é o valor de F, quanto maior o valor de F, maior a significância da análise, ( $F = \frac{\text{variância da soma dos quadrados explicados}}{\text{variância da soma dos quadrados residuais}}$ ).

Aplica-se um teste de covariância que avalia se a amostra pertence a uma população sem associação entre as variáveis. A hipótese zero é, existe correlação entre a abundância de *C.fluminea*, a granulometria e a estação sazonal entre os pontos coletados. A hipótese zero é testada e pode ser rejeitada com valores de  $p > 0,05$ , Tabela 5.6.

**Tabela 6.2-** Dados estatísticos da correlação entre granulometria/abundância de *C. fluminea*/ estação sazonal, entre os pontos coletados.

Correlações	gl	F	p
granulometria/estação	1	0,91	0,37
estação/abundância	1	0,91	0,37
cascalho fino/abundância	1	0,00	0,98
granulometria/estação	1	0,24	0,64
estação/abundância	1	1,62	0,24
cascalho muito fino/abundância	1	0,12	0,73
granulometria/estação	1	1,40	0,27
estação/abundância	1	1,28	0,29
areia muito grossa/abundância	1	0,35	0,57
granulometria/estação	1	3,02	0,12
estação/abundância	1	1,42	0,26
areia grossa/abundância	1	0,07	0,79
granulometria/estação	1	0,25	0,63
estação/abundância	1	1,63	0,23
areia média/abundância	1	0,26	0,62
granulometria/estação	1	0,01	0,91
estação/abundância	1	1,47	0,26
areia fina/abundância	1	0,13	0,73
granulometria/estação	1	0,04	0,85
estação/abundância	1	1,61	0,24
areia muito fina/abundância	1	0,07	0,80
granulometria/estação	1	0,56	0,48
estação/abundância	1	2,69	0,14
silte-argila/abundância	1	2,11	0,18

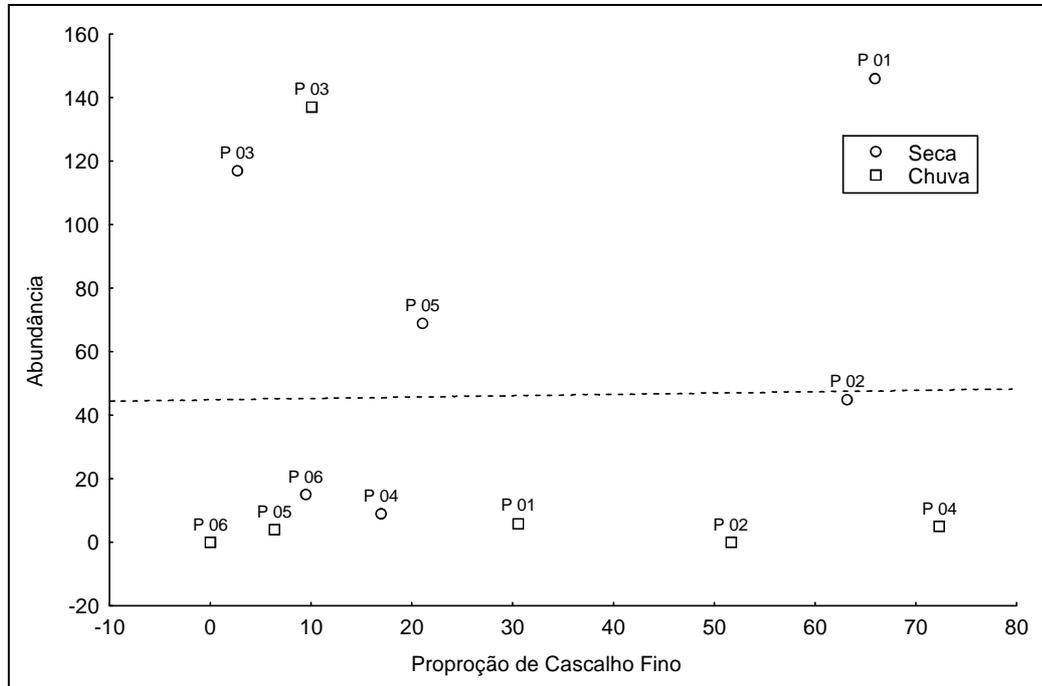
Como pode ser visto na Tabela 6.2 a interpretação da significância do coeficiente de estimativa ( $p < 0,05$ ) encontrados nas análises de correlação não asseguram significância entre as faixas granulométricas, abundância de *C. fluminea* e estações sazonais.

A partir das Figuras 6.8 a 6.15, uma interpretação mais fácil destes dados podem ser vistos onde é confirmado que a abundância de indivíduos de *C. fluminea* não pode ser explicada pela proporção da granulometria do substrato.

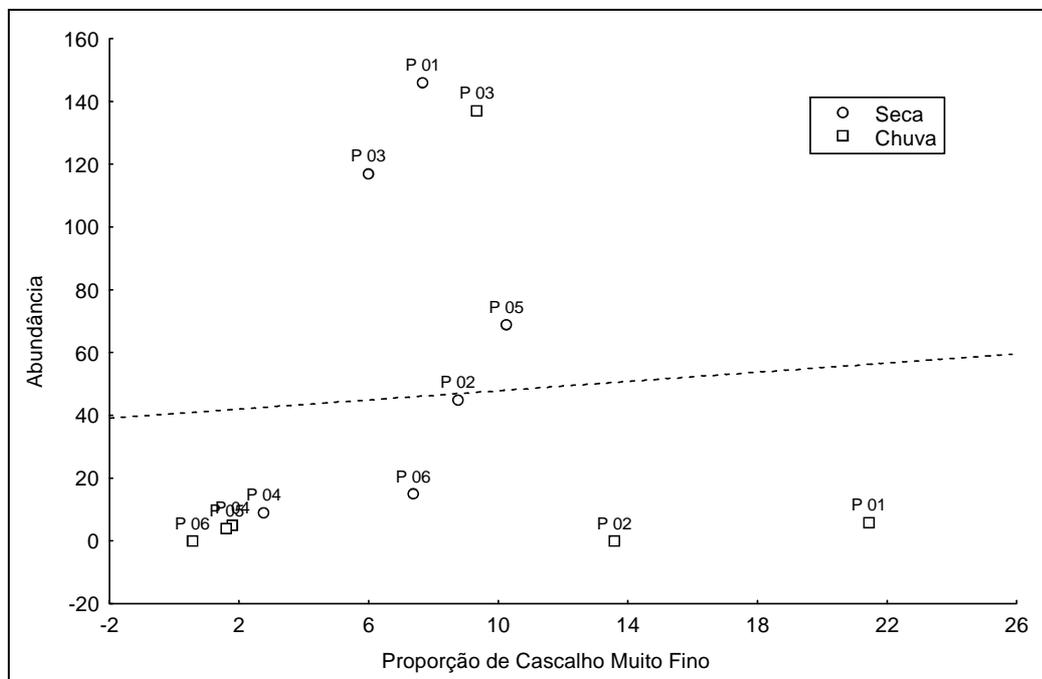
Na Figura 6.8, nota-se que os pontos 02 seca e chuva, 04 chuva e 01 seca apresentaram os maiores valores de proporção de Cascalho Fino, mas a proporção varia muito mesmo entre os demais.

Observa-se na Figura 6.9, que há uma concentração de pontos entre a faixa de 6 a 14% da concentração das proporções de Cascalho Muito Fino, mas não explica uma significância entre as variáveis testadas.

Pode-se ver (Figura 6.10) que a variação da proporção de Areia muito Grossa entre os pontos é bem diversificada não mostrando uma tendência de proporção relacionada à abundância em nenhum dos pontos.



**Figura 6.8**– Gráfico da análise da interação entre a Proporção de Cascalho Fino, abundância de *C. fluminea* e estação sazonal, entre os pontos coletados.

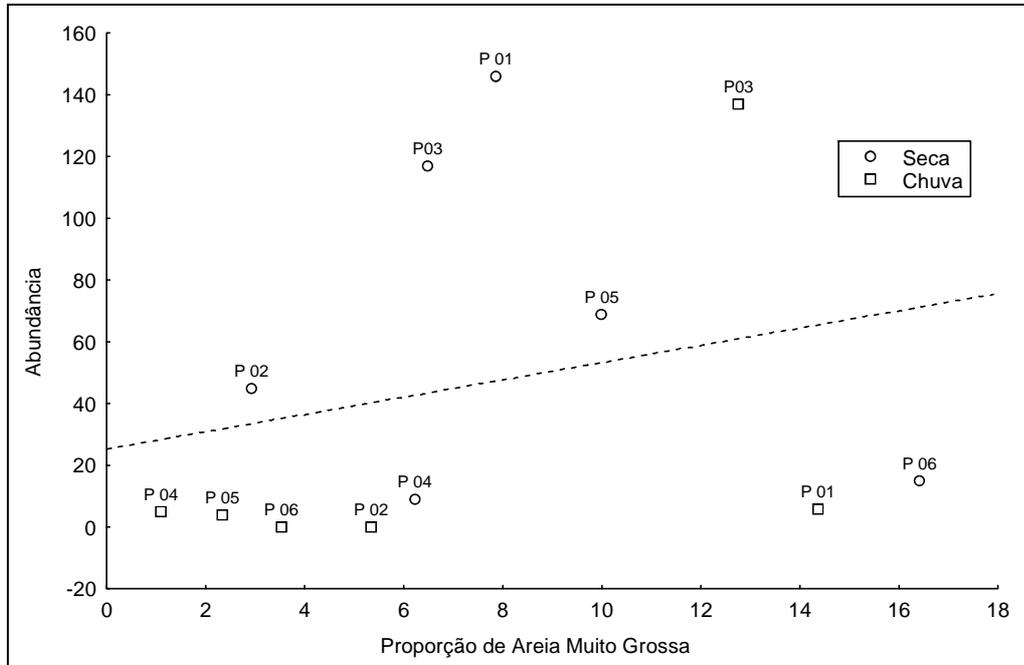


**Figura 6.9**– Gráfico da análise da interação entre Proporção de Cascalho Muito Fino, abundância de *C. fluminea* e estação sazonal, entre os pontos coletados.

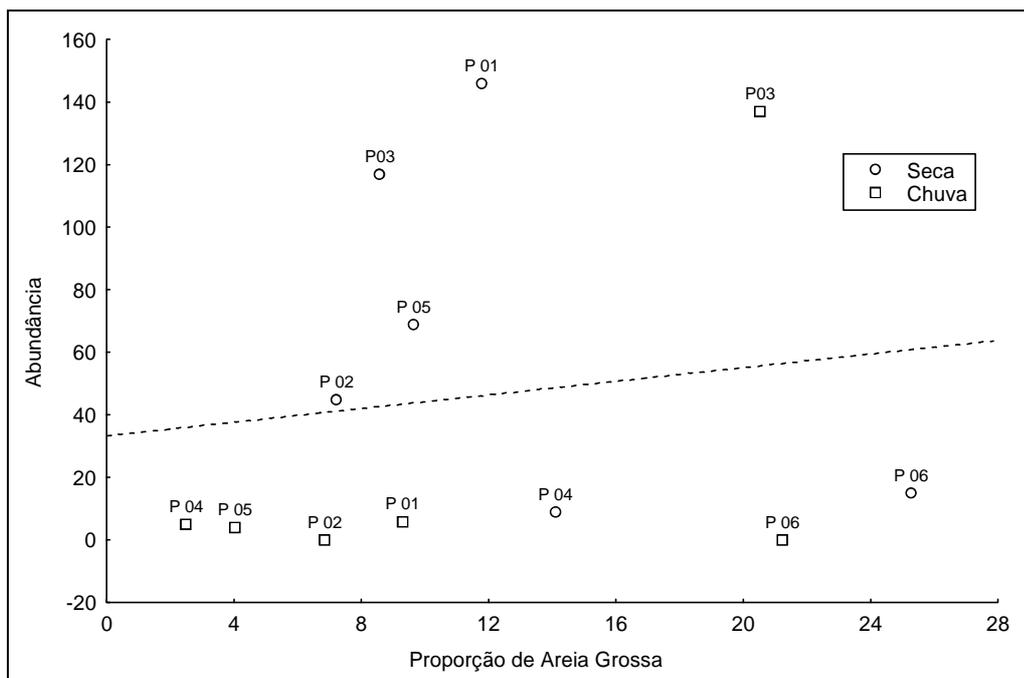
A Figura 6.11 ilustra a proporção de Areia Grossa e é visto que os pontos 06 seca e chuva, 03 chuva são os que apresentam maior proporção desta faixa granulométrica.

Observa-se na Figura 6.12, que a maioria dos pontos se concentram em proporções variadas de areia média e que se destaca o ponto 06 chuva onde sua proporção se destaca dos demais.

Vê-se que na Figura 6.13, que existe um grupo de pontos onde a proporção de Areia Fina se mostra igual entre eles, mas este pequeno aglomerado não influencia em uma significância dos dados, haja vista que a distribuição dos pontos é muito diversificada.



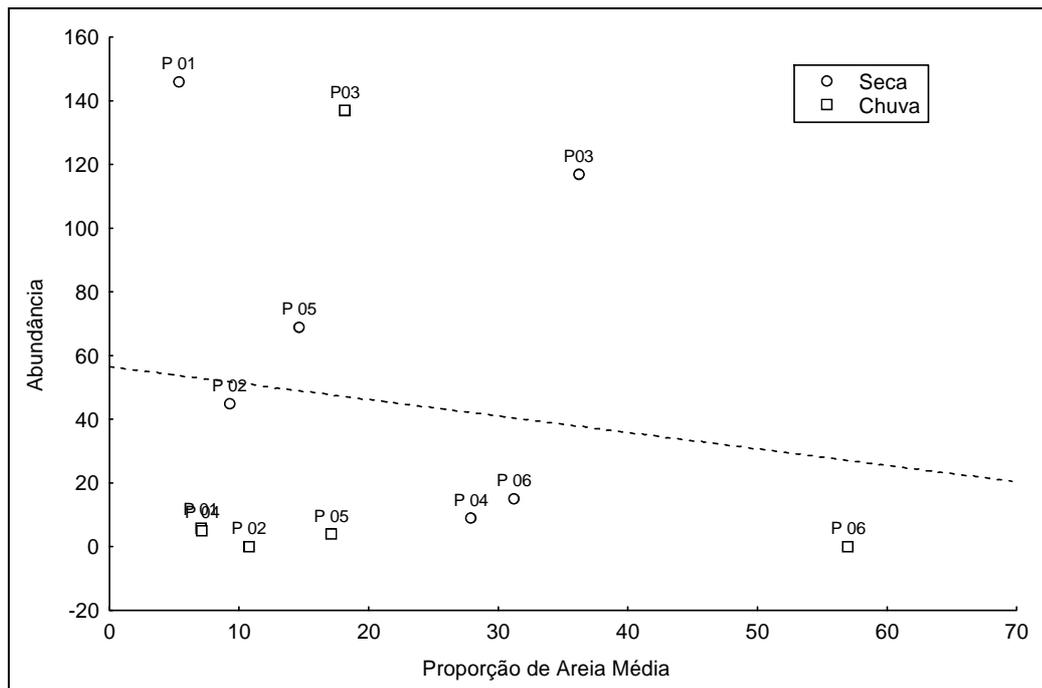
**Figura 6.10**– Gráfico da análise da interação entre a Proporção de Areia Muito Grossa, abundância de *C. fluminea* e estação sazonal, entre os pontos coletados.



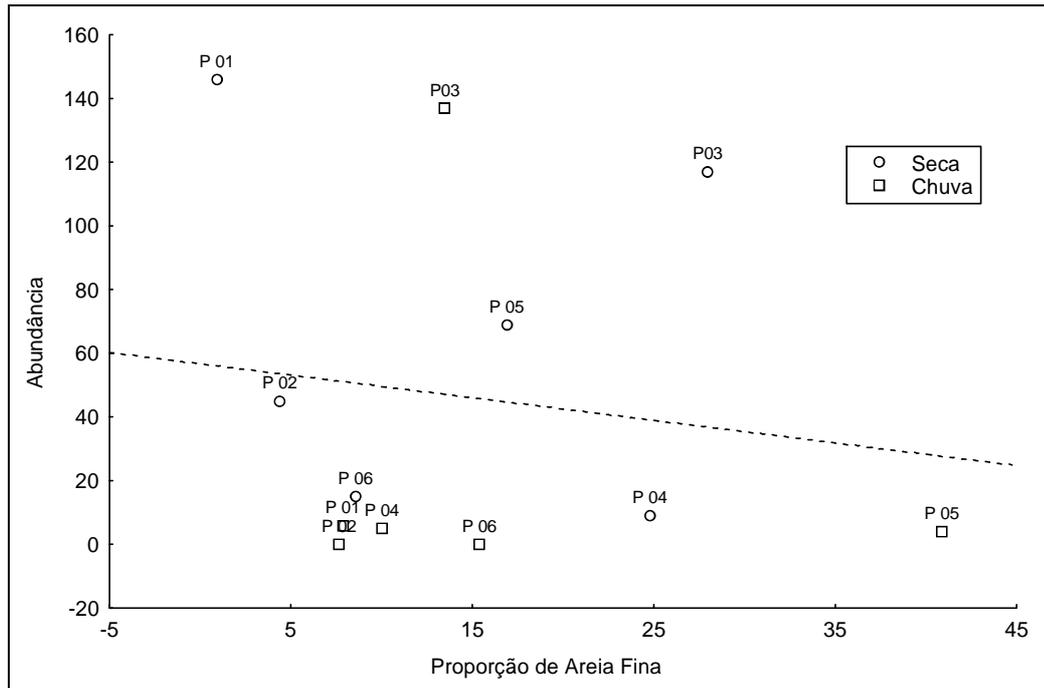
**Figura 6.11**– Gráfico da análise da interação entre a Proporção de Areia Grossa, abundância de *C. fluminea* e estação sazonal, entre os pontos coletados.

Vê-se na (Figura 6.14) uma concentração dos pontos em uma proporção menor de Areia muito Fina, mas destaca-se o ponto 05 chuva como sendo o que apresentou a maior proporção desta faixa granulométrica, e a variação existente também não tem uma relação explicada.

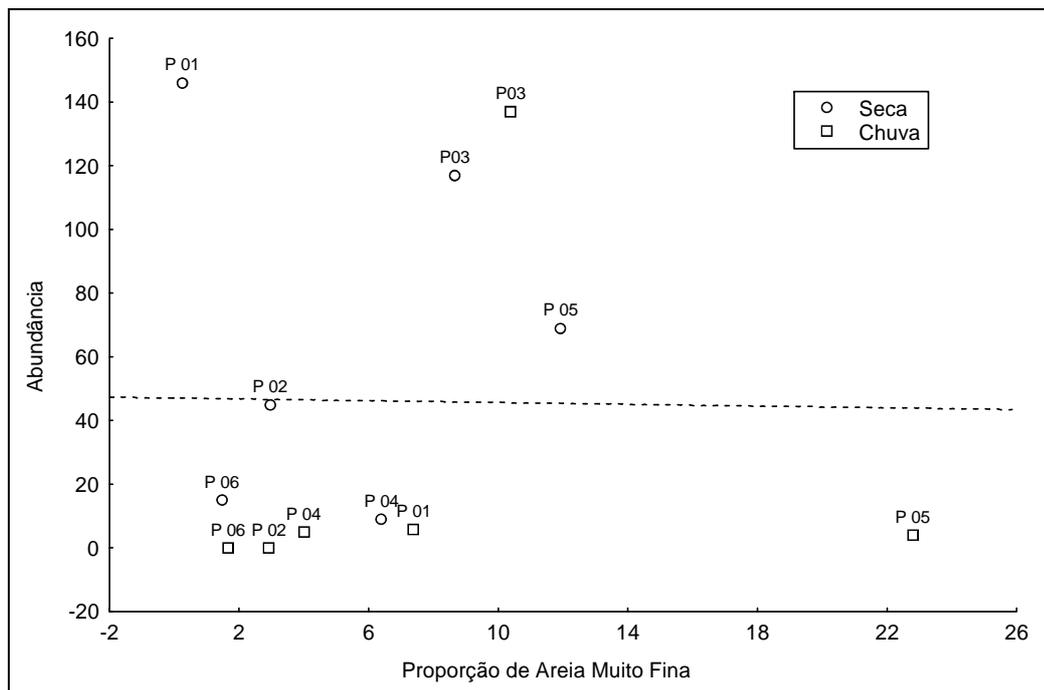
Pode-se ver (Figura 6.15) que a variação da proporção de Silte-Argila entre os pontos é menor se comparada com outras faixas granulométricas, e observa-se que a maioria dos pontos se concentram-se em proporções menores desta faixa granulométrica, mas a variação existe e não tem uma relação explicada.



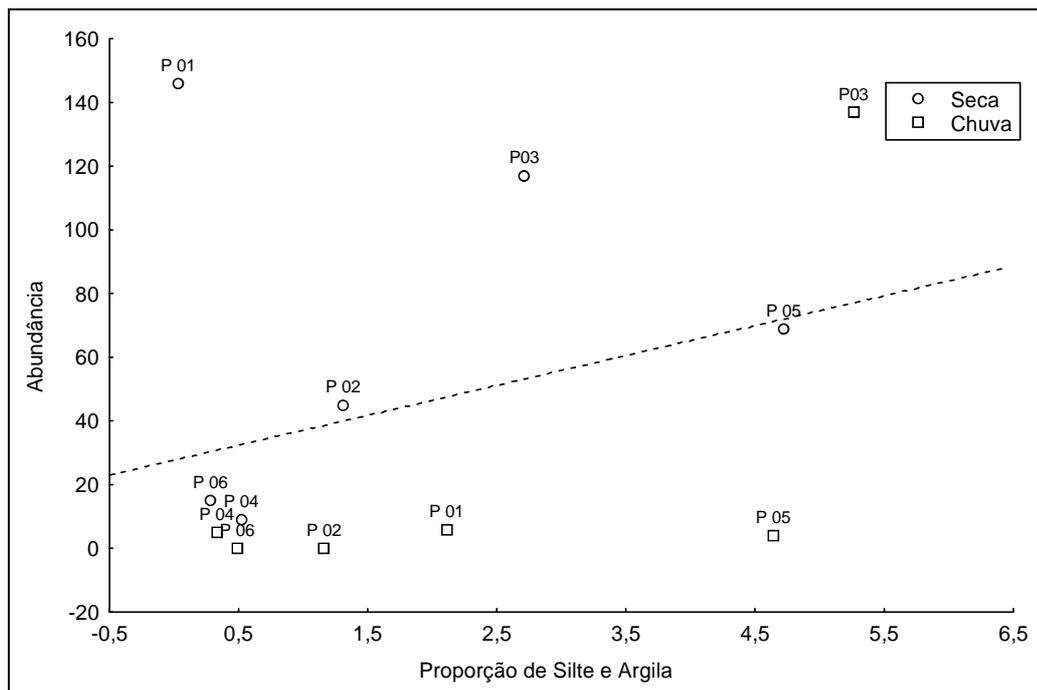
**Figura 6.12**– Gráfico da análise da interação entre a Proporção de Areia Média, abundância de *C. fluminea* e estação sazonal, entre os pontos coletados.



**Figura 6.13**– Gráfico da análise da interação entre a Proporção de Areia Fina, abundância de *C. fluminea* e estação sazonal, entre os pontos coletados.



**Figura 6.14**– Gráfico da análise da interação entre a Proporção de Areia muito Fina, abundância de *C. fluminea* e estação sazonal, entre os pontos coletados.



**Figura 6.15**– Gráfico da análise da interação entre a Proporção de Silte- Argila, abundância de *C. fluminea* e estação sazonal, entre os pontos coletados.

### 6.1.4 – Mineralogia

Para se testar uma possível influência da variação dos valores obtidos nas análises mineralógicas sobre a abundância de *C. fluminea*, foi usado o teste estatístico de Correlação e Regressão linear, e como pode ser visto na Tabela 6.3 todos os valores obtidos para p foram maiores que  $p < 0,05$ , assegurando que a abundância de *C. fluminea* não tem nenhuma relação com a mineralogia do sedimento onde foi encontrado este molusco.

**Tabela 6.3**- Dados estatísticos da correlação entre mineralogia/abundância de *C. fluminea*, entre os pontos coletados.

	$R^2$	gl	p
Basalto/abundância	0,040	1,100	< 0,534
Quartzo/abundância	0,129	1,100	< 0,251
Solo/abundância	0,052	1,100	< 0,474
Óxidos de Ferro/abundância	0,000	1,100	< 0,982
Quartzito/abundância	0,042	1,100	< 0,520
Feldspato/Mica/abundância	0,042	1,100	< 0,520

### 6.2 – TAMANHO DE *C. FLUMINEA*

Para se testar uma possível influência da variação dos valores obtidos nas análises de granulometria do sedimento sobre o tamanho de *C. fluminea*, foi usado o teste estatístico de Correlação e Regressão linear com auxílio de um diagrama de dispersão e de um coeficiente de

correlação linear - uma medida da intensidade da associação linear entre duas variáveis (Snedecor & Cochran, 1989 e Triola, 1999).

### 6.2.1 – Granulometria

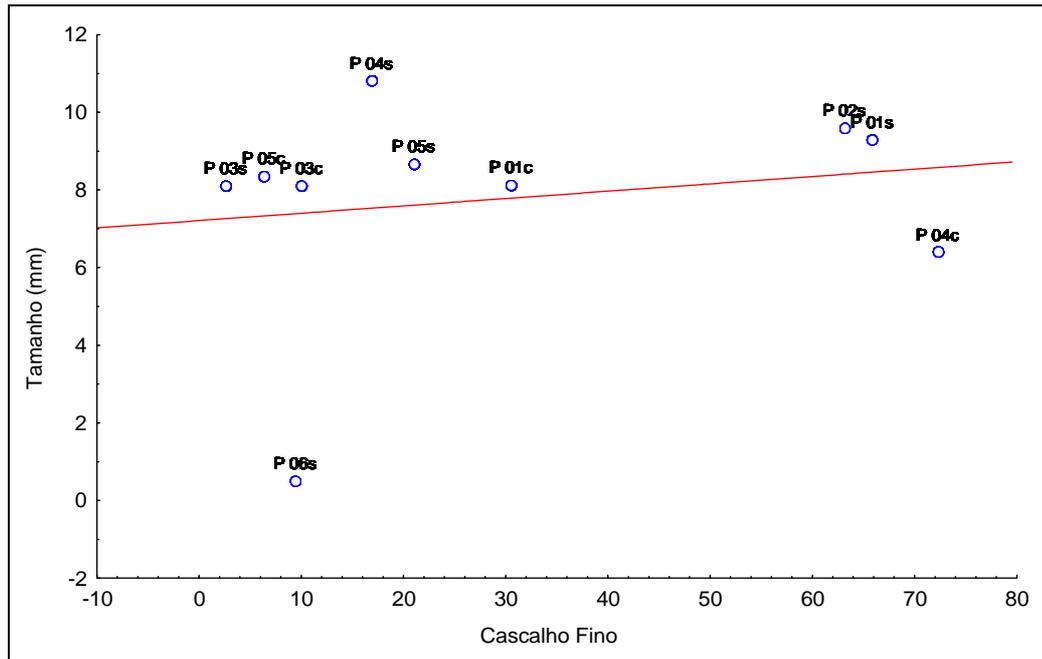
**Tabela 6.4-** Dados estatísticos da correlação entre granulometria/tamanho dos indivíduos de *C. fluminea*, entre os pontos coletados.

Correlação	gl	F	p
cascalho fino/tamanho	1	35,48	<0,00
cascalho muito fino/tamanho	1	0,01	0,78
areia muito grossa/tamanho	1	314,35	<0,00
areia grossa/tamanho	1	369,43	<0,00
areia média/tamanho	1	114,11	<0,00
areia fina/tamanho	1	44,15	<0,00
areia muito fina/tamanho	1	69,27	<0,00
silte-argila/tamanho	1	57,13	<0,00

Como pode ser visto na Tabela 6.4 a interpretação da significância do coeficiente de estimativa ( $p < 0,05$ ) encontrados nas análises de correlação asseguram significância entre as faixas granulométricas e o tamanho dos indivíduos de *C. fluminea*, mas este tipo de correlação não pode ser aplicado para determinar o tamanho de indivíduos a partir da granulometria visto que em todas as faixas granulométricas o teste apresentou significância demonstrando que o tamanho de *C. fluminea* pode variar ou apresentar-se parecido em quase todas as faixas granulométricas, exceto cascalho muito fino.

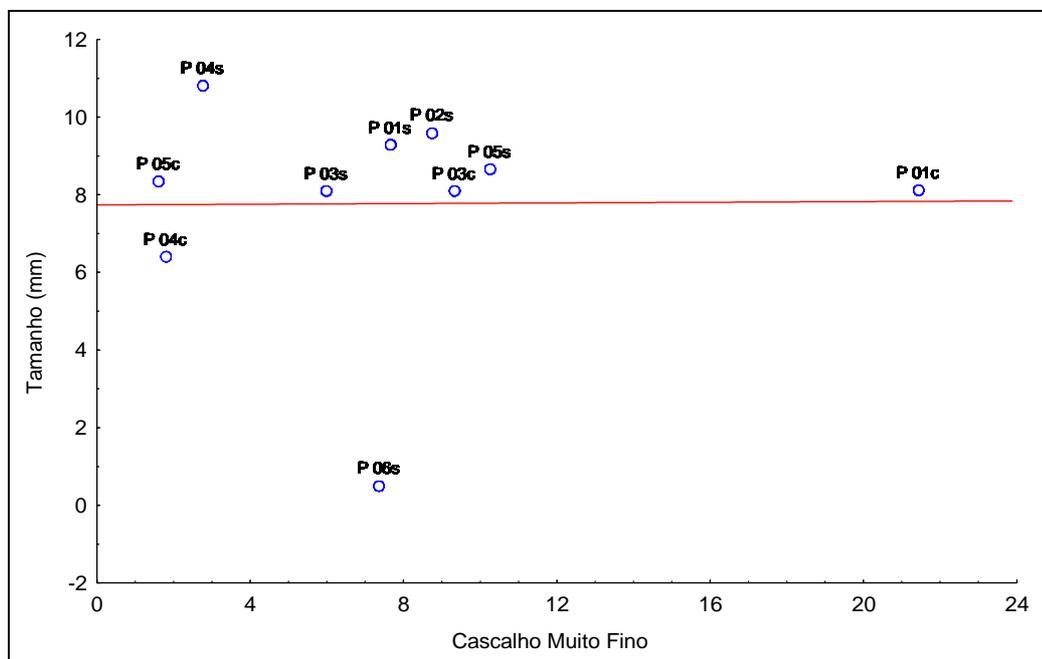
A partir das Figuras 6.16 a 6.26, uma interpretação mais fácil destes dados podem ser vistos onde é confirmado que a abundância de indivíduos não pode ser explicada pela proporção da granulometria do substrato.

Na Figura 6.16, nota-se que os pontos 06 seca é o ponto que apresenta os menores valores de tamanho de *C. fluminea* e os demais permanecem na mesma faixa de tamanho entre 6 a 10 mm.



**Figura 6.16-** Gráfico da análise da regressão entre a Proporção de Cascalho Fino e o tamanho dos indivíduos de *C. fluminea*, entre os pontos coletados.

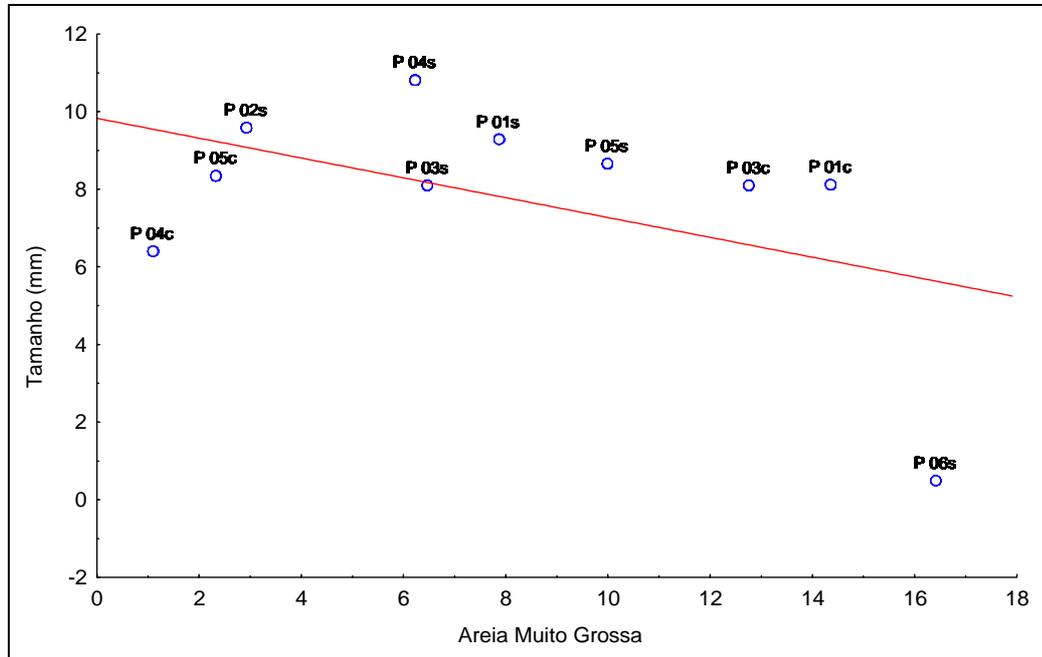
Observa-se na Figura 6.17, que há uma concentração de pontos entre a faixa de 2 a 12% da concentração das proporções de Cascalho Muito Fino, mas não explica uma significância desta faixa granulométrica se comparado com os tamanhos dos indivíduos de *C. fluminea*.



**Figura 6.17-** Gráfico da análise da regressão entre Proporção de Cascalho Muito Fino e o tamanho dos indivíduos de *C. fluminea*, entre os pontos coletados.

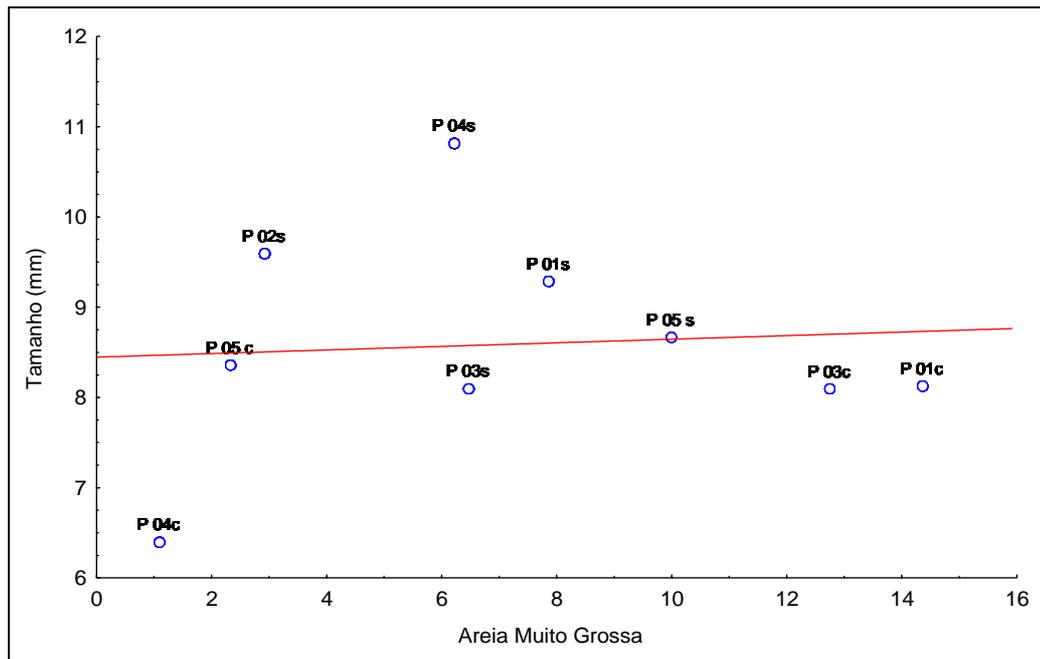
Pode-se ver (Figura 6.18) que a variação da proporção de Areia muito Grossa entre os pontos é bem diversificada mostrando que o tamanho dos indivíduos não se restringe a nenhuma proporção de

areia muito grossa, confirmando que *C. fluminea* pode ocorrer muito bem em diversas proporções de Areia Muito Grossa, mas o ponto 6 seca nesta análise faz com que a reta siga uma tendência mascarada se comparada com a Figura 6.19 onde foi retirado este ponto.



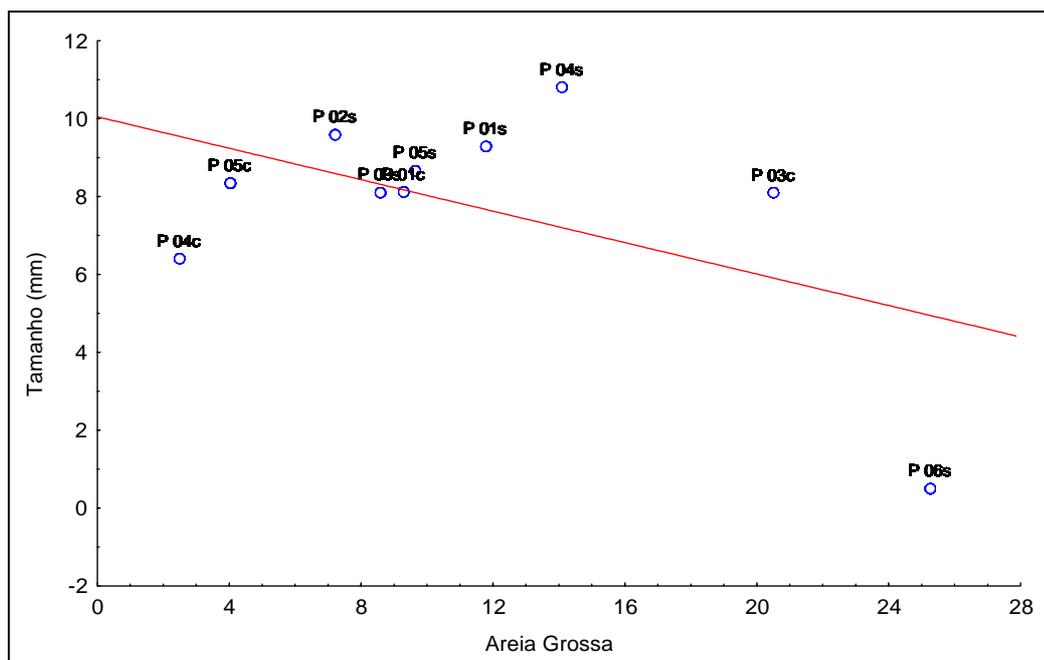
**Figura 6.18-** Gráfico da análise da regressão entre a Proporção de Areia Muito Grossa e o tamanho dos indivíduos de *C. fluminea*, entre os pontos coletados.

Na Figura 6.19, o ponto 6 seca foi retirado da análise por conter poucos indivíduos, fato que está mascarando a tendência da reta, através do gráfico pode-se comprovar que este ponto é diferente dos demais como foi visto em campo, pois este sofre uma modificação antrópica, através da dragagem de areia para fins comerciais, o que dificulta a fixação e estabelecimento da população de *C. fluminea* no substrato, tendo assim uma baixa contagem de indivíduos e os poucos encontrados são de tamanho muito inferior se comparado com os indivíduos encontrados nos demais pontos.

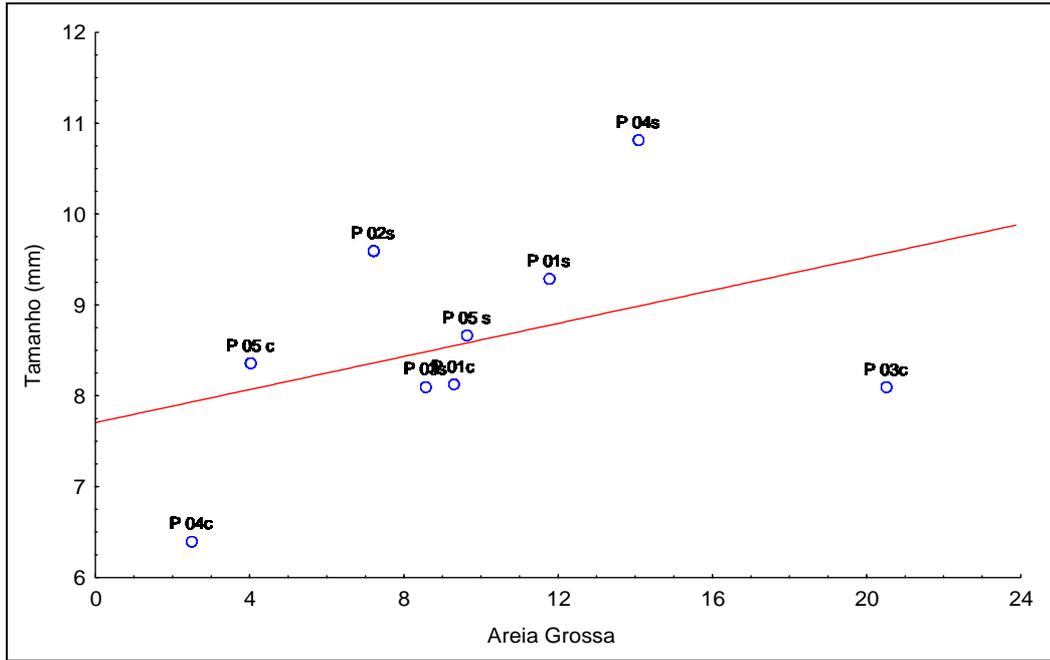


**Figura 6.19-** Gráfico da análise da regressão entre a Proporção de Areia Muito Grossa e o tamanho dos indivíduos de *C. fluminea*, retirando o ponto 6 seca e chuva.

A Figura 6.20 ilustra a proporção de Areia Grossa e é visto que o ponto 06 seca assim como em outras granulometrias tende a puxar a tendência da reta para baixo, apesar dos dados na Tabela 6.3, onde podemos ver que este ponto não influencia na significância dos dados que mostra que *C. fluminea* pode ocorrer também em várias proporções de Areia Grossa, mas demonstra como foi discutido para Areia Muito Grossa que este ponto é atípico e sofre influência antrópica, Figura 6.21.

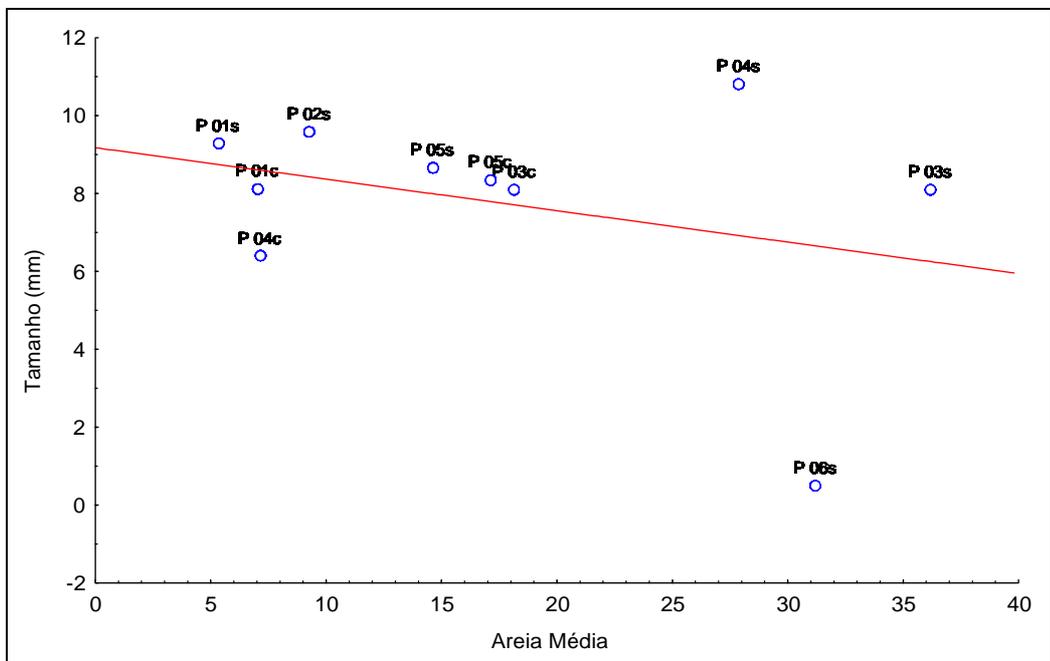


**Figura 6.20-** Gráfico da análise da regressão entre a Proporção de Areia Grossa e o tamanho dos indivíduos de *C. fluminea*, entre os pontos coletados.

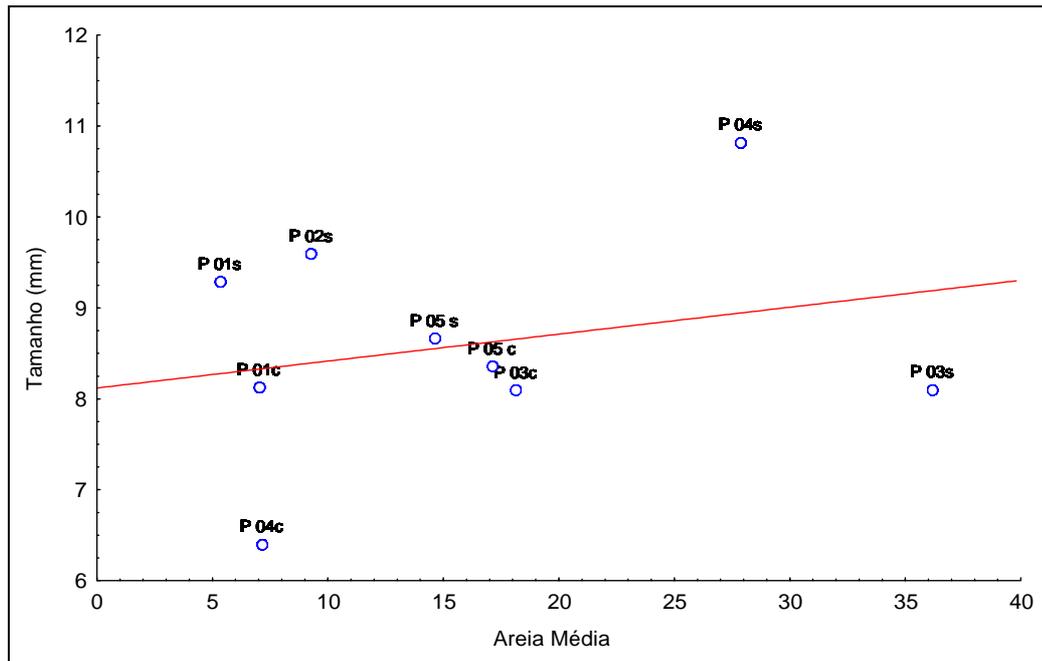


**Figura 6.21-** Gráfico da análise da regressão entre a Proporção de Areia Grossa e o tamanho dos indivíduos de *C. fluminea*, retirando o ponto 6 seca e chuva.

Observa-se na Figura 6.22, que a maioria dos pontos não se concentram em um ponto específico e que se distribuem em proporções variadas de Areia Média, e o ponto 6 seca também influencia na tendência da reta Figura 6.23.

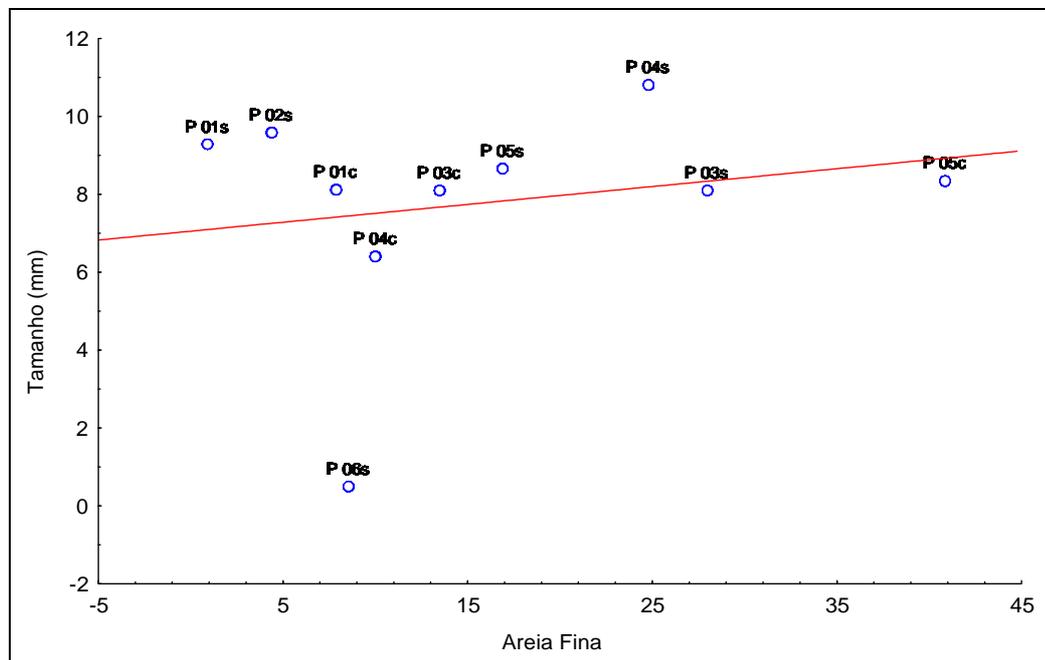


**Figura 6.22-** Gráfico da análise da regressão entre a Proporção de Areia Média e o tamanho dos indivíduos de *C. fluminea*, entre os pontos coletados.



**Figura 6.23-** Gráfico da análise da regressão entre a Proporção de Areia Média e o tamanho dos indivíduos de *C. fluminea*, retirando o ponto 6 seca e chuva.

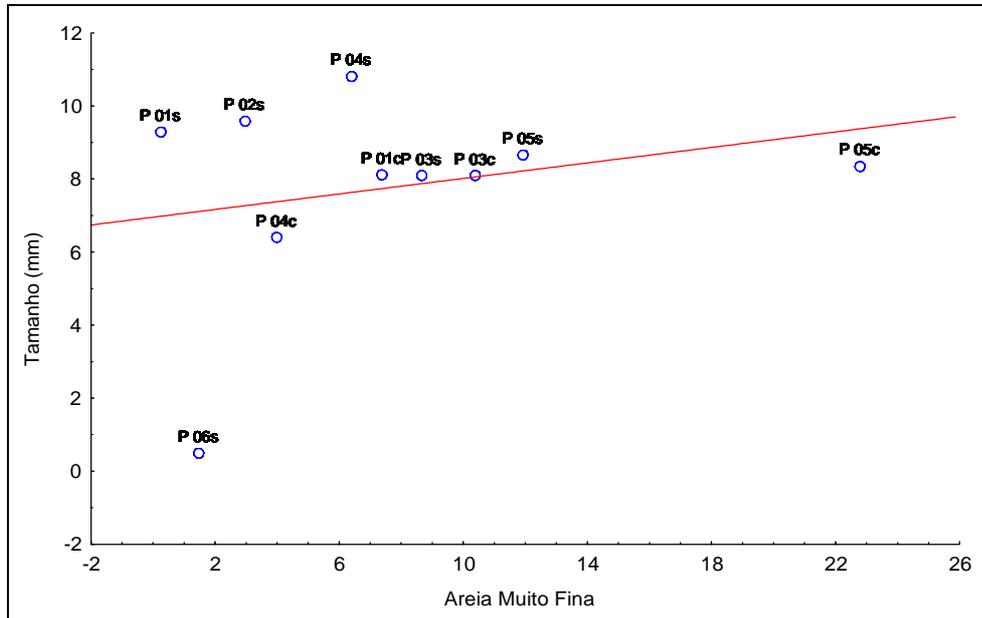
Observa-se na Figura 6.24 o que se observa nos gráficos anteriores, onde as distribuições dos pontos variam em quase todas as proporções de Areia Fina, confirmando os dados da Tabela 6.3.



**Figura 6.24-** Gráfico da análise da regressão entre a Proporção de Areia Fina e o tamanho dos indivíduos de *C. fluminea*, entre os pontos coletados.

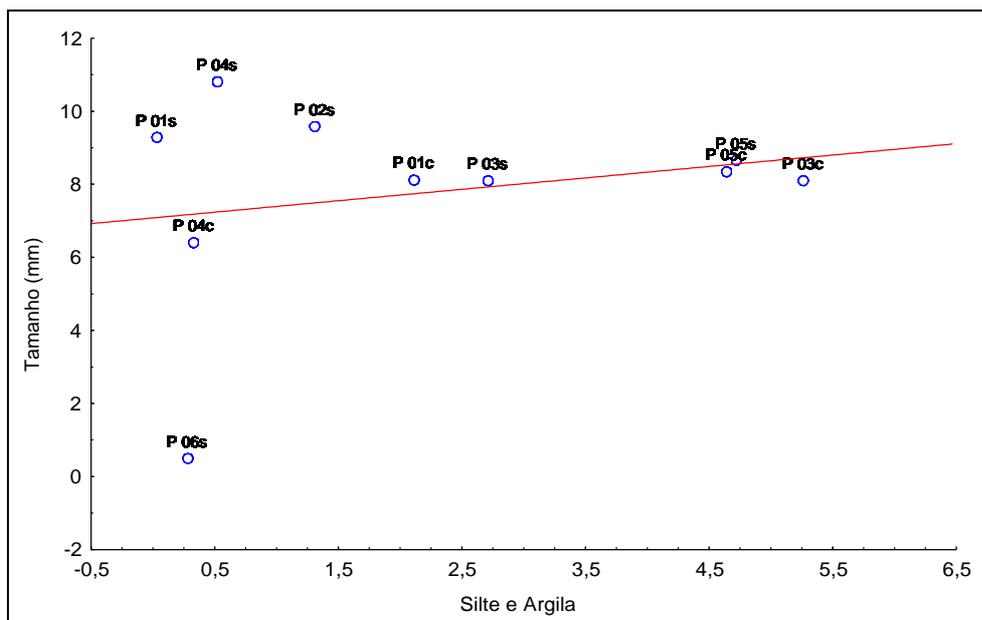
Vê-se na (Figura 6.25) uma concentração dos pontos na proporção de 2 a 14% de Areia muito Fina, mas destaca-se o ponto 05 chuva como sendo o que apresentou a maior proporção desta faixa granulométrica e também se manteve o tamanho dos indivíduos próximos dos demais pontos fazendo

com que a relação da proporção de Areia muito Fina e o tamanho dos indivíduos de *C. fluminea* fosse também significativa.



**Figura 6.25-** Gráfico da análise da regressão entre a Proporção de Areia muito Fina e o tamanho dos indivíduos de *C. fluminea*, entre os pontos coletados.

Pode-se ver (Figura 6.26) que a variação da proporção de Silte- Argila entre os pontos é menor se comparada com outras faixas granulométricas (0,5 a 55 %), que a maioria dos pontos não se concentram em um ponto específico e que se distribuem de forma ampla e variadas por estas proporções.



**Figura 6.26-** Gráfico da análise da regressão entre a Proporção de Silte- Argila e o tamanho dos indivíduos de *C. fluminea*, entre os pontos coletados.

## CAPÍTULO 7

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

#### 7.1 - CARACTERIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO

A situação das margens do reservatório de Volta Grande, no período estudado, foi observado em alguns pontos de coleta partes recobertas por área sombreada devido à presença de uma pequena mata ciliar rala, áreas ocupadas por atividades agrícolas, como cultivo de cana-de-açúcar, sendo encontrado também a presença de capins nas margens e em um ponto específico do reservatório a intensa extração de areia por dragagem do fundo, sendo esta atividade freqüente durante todo o ano.

O reservatório de Volta Grande apresentou sazonalidade nos valores de temperatura. O ambiente é caracterizado por uma variação na temperatura tendo valores mais baixos no período de seca e valores mais altos no período chuvoso, típicos de muitos outros reservatórios da região sudeste do Brasil, Tundisi *et al.* (1995) e Grego (2002). A variação da temperatura da água afeta a solubilidade dos gases, influenciando as concentrações de oxigênio dissolvido. A diminuição da temperatura no inverno aumenta a disponibilidade de oxigênio aos consumidores, como pode ser observado.

No que tange a situação da qualidade da água pode ser observado nos valores de pH, condutividade, DBO, Cálcio total e Fosfato total encontrados estão abaixo dos valores máximos tolerados pela Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005, para as águas de classe 2, na qual se destina as águas deste reservatório.

Para Grego (2002) “o reservatório encontra-se em condições de oligo - mesotrofia e retém fósforo, sendo um reservatório novo (27 anos), e com um pequeno tempo de residência da água (21 dias), considerou-se que esse já apresenta sinais que tornam necessário um estudo de implementação de planos para reversão das cargas importadas de fósforo”. Segundo a autora medidas devem ser tomadas para mitigar o aporte externo de fósforo ao sistema, tais como: implementação de estações de tratamento de esgotos nas cidades das sub - bacias dos afluentes do reservatório, e deve haver intensificação do plano de recuperação de matas ciliares desenvolvido pela CEMIG. Apesar disso, os dados deste estudo, assim como estudos anteriores feitos no reservatório de Volta Grande por Grego (2002) e por Campos (2003), mostra que a região lacustre do reservatório não apresenta tendência de eutrofização ao longo da última década.

#### 7.2 - CARACTERIZAÇÃO DA POPULAÇÃO DE *C. FLUMINEA*

As densidades de indivíduos assim como as abundâncias a serem consideradas são bem diferenciadas entre os pontos, em alguns pontos coletados tem uma densidade muito alta de indivíduos vivos.

Na área estudada, *C. fluminea* foi encontrado em praticamente todas as estações amostradas com densidades variáveis, chegando a 14170 ind/m<sup>2</sup> na estação seca e 5371 ind/m<sup>2</sup> na chuvosa. Os valores encontrados no reservatório de Volta Grande MG/SP estão entre os valores descritos na literatura que é de 2609 ind/m<sup>2</sup> no rio Paraná das Palmas, sub-bacia do rio da Plata, descrito por Cataldo (2001) em seus estudos de densidade e por Boltovskoy *et al.* (1995) com valores de densidades que ocasionalmente superam os 10.000 indivíduos m<sup>2</sup> na bacia do rio Paraná. Contudo, se comparado às duas épocas do ano estudadas a população de *C. fluminea* parece ter sido influenciada pelas concentrações de oxigênio que foram um pouco mais altas na estação seca, ou seja, sua abundância foi maior nesta estação. Os dados estatísticos confirmaram através do cálculo dos valores de OD/abundância de *C. fluminea* que o nível de oxigênio dissolvido na água interfere de modo bem representativo (P<0,001) em sua abundância. Assim como o descrito por Masur *et al.* (1994), no Município de Triunfo, RS, onde *C. fluminea* demonstrou preferência por águas mais oxigenadas.

### **7.3 – INFLUÊNCIA DOS DIFERENTES FATORES AMBIENTAIS NA POPULAÇÃO DE C. FLUMINEA**

#### **7.3.1 – Situação física do reservatório**

Analisando se os dados de abundância dos indivíduos de *C. fluminea* nos pontos amostrados, pode-se perceber, de uma maneira geral, uma grande diferença entre a estação seca e a chuvosa, com a diminuição na abundância de indivíduos na estação chuvosa, com exceção do ponto 03 onde houve um aumento no número de indivíduos.

Esta redução em praticamente todos os pontos de indivíduos de *C. fluminea* durante a estação chuvosa, e mais quente, pode ser relacionada com diversos fatores:

- **Ocorrência de ondas e de um fluxo de águas maior em virtude das chuvas** - além de ocasionar dificuldades na coleta, nestes períodos ocorre uma lavagem no substrato e, conseqüentemente, a suspensão e mobilidade de alguns indivíduos ocasionando diminuição de organismos aquáticos, mesmo daqueles indivíduos que se enterram no substrato como é o caso da espécie *C. fluminea*, como aconteceu nos pontos 01, 02, 05 e 06 em maior escala de diferença de organismos encontrados. Além disso, nos casos em que o substrato é mais fino pode ocorrer a suspensão do material de fundo fazendo com que a filtração destes organismos se tornassem mais difícil e conseqüentemente influenciando na distribuição destes organismos.
- **Atividade antrópica** - Além da variação na abundância durante duas estações (seca e chuva) ocorreu uma grande diferença entre o tamanho médio dos indivíduos nos pontos 01 a 05 se comparado com os indivíduos do ponto 06. Sabe-se que este último ponto sofre uma modificação antrópica, através da dragagem de areia para fins comerciais, o que dificulta a fixação e estabelecimento da população de *C. fluminea* no substrato. Este fato explica a anormalidade do ponto quanto à abundância, apenas quinze animais, e o tamanho médio dos indivíduos (todos com menos de

10mm). Ou seja, quanto à sua idade, os espécimes deste ponto se encontram no estágio juvenil, isto é, entre zero e um ano de idade (Cunha 2005).

- **Características do Substrato** -Os resultados do presente trabalho demonstram, que para as estações amostradas a presença de *C. fluminea* não é determinada pela preferência de algum tipo específico da composição granulométrica do substrato, sendo confirmado através de dados e análises estatísticas que mostram uma interação complexa de vários fatores condicionam sua distribuição, tais como disponibilidade de oxigênio, pH da água, estação do ano, ocorrência de ondas, etc.

Através dos dados obtidos e das análises estatísticas realizadas, verificou-se que todos os parâmetros físico-químicos avaliados obtiveram um resultado de correlação com a abundância de *C. fluminea* altamente significativo. Além disso, seu hábito de vida sedentário e suas altas taxas de filtração, fazem destes moluscos possíveis organismos para serem usados como espécie bioindicadora de qualidade de água.

Sabe-se que a estrutura do habitat tais como cobertura, substrato, vegetação ripária, variações químicas (pH, temperatura, metais, solubilidade química) são determinantes na performance de qualquer comunidade ou população, como pode ser comprovado por este estudo.

Os valores sobre a caracterização granulométrica dos pontos apresentaram grandes variações em todas as classes granulométricas, oscilando, por exemplo, entre zero e 72,3% para o cascalho fino; de 1 a 41% para areia fina e de 0,2 a 43% na areia muito fina, apesar destas variações a presença de *C. fluminea* era notada em todos os pontos de coleta, evidenciando também a grande capacidade adaptativa deste molusco em colonizar ambientes com características tão diferentes.

Quanto ao tamanho dos indivíduos de *C. fluminea* em relação a granulometria, as análises de correlação asseguram significância entre os resultados, mas este tipo de correlação não pode ser aplicado para determinar o tamanho de indivíduos a partir da granulometria visto que em todas as faixas granulométricas o teste apresentou significância demonstrando que o tamanho de *C. fluminea* pode variar ou apresentar-se parecido em quase todas as faixas granulométricas, concluindo então que *C. fluminea* pode ter tamanhos parecidos em todas as faixas granulométricas, concordando com os autores dos estudos a seguir, onde relatam que o *C. fluminea* tem a capacidade de colonizar ambientes que apresentam uma ampla variedade de substratos, incluindo rocha desnuda, pedregulho, areia e argilas (Horne & McIntosh 1979; Rodgers *et al.* 1979; Belanger *et al.* 1985), assim como restos de materiais de demolição, como os presentes no largo da ribeira do Rio da Prata (Cataldo 2001; Masur *et al.* 1994) relatam que *C. fluminea* demonstrou preferência por substrato com a presença de grãos na fração areia. Porém, inúmeros autores destacam a preferência destes bivalvos por substrato compostos por areia fina e mistura de areia fina a grossa (Fast 1971; Eng 1979; Cherry *et al.* 1980; Belanger *et al.* 1985; Masur *et al.* 1994). Este trabalho concorda com a avaliação de Graney *et al.* (1980), que

consideram a espécie apta a colonizar uma variedade de substratos que vão desde pedras e cascalhos, a areia e argilas; e de Correa *et al.* (1992), que também a consideram adaptada a uma grande variedade de substratos, visto que pelos dados obtidos esta espécie não demonstra preferência por algum tipo de substrato.

Quando comparado a abundância dos indivíduos de *C. fluminea* em relação à mineralogia do substrato, as análises de correlação não asseguram significância entre os resultados, concluindo que a mineralogia do sedimento não determina a abundância de *C. fluminea*.

### 7 3.2 – Situação físico-química da água do reservatório

Quanto aos aspectos químicos da água verificou-se que todos os parâmetros avaliados obtiveram um resultado de correlação com a abundância de *C. fluminea* altamente significativo.

A influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais se dá pelos seus efeitos diretos sobre a fisiologia e distribuição das diversas espécies. E pelo seu efeito indireto, podendo, em determinadas condições de pH contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados, e em outras condições podem exercer efeitos sobre as solubilidades de nutrientes (Esteves 1998). Sendo assim podemos considerar uma queda nos valores do pH na época chuvosa, Tabela 5.1, visto que na época seca os íons se encontram mais concentrados havendo um aumento no número dos valores encontrados, assim podemos concluir que *C. fluminea* tem preferência por valores de pH maior que 7 onde pode ser comprovado através das análises estatísticas que quanto maior os valores de pH maior é a abundância de *C. fluminea*, confirmando a teoria citada por Esteves (1998).

Os níveis de Oxigênio Dissolvido (OD) em sistemas aquáticos revelam muito sobre o seu metabolismo. Sua concentração reflete o balanço momentâneo entre o estoque de oxigênio proveniente da atmosfera e da fotossíntese, e o metabolismo do processo que consome oxigênio. Níveis baixos de OD não afetam somente a distribuição e o crescimento de peixes e invertebrados, mas também tem uma grande influência na solubilidade de fósforo e outros nutrientes inorgânicos (Lampert & Sommer, 1997).

Assim como descrito por Aldridge & McMahon (1978), McMahon (1979) e Eng (1979), *C. fluminea* é muito sensível aos níveis de oxigênio dissolvido, neste estudo a correlação do OD/abundância de *C. fluminea* também se mostra satisfatória à análise estatística feita, onde se vê que quanto maior os valores de oxigênio dissolvido maior é sua abundância, sendo este bivalve um filtrador o nível de oxigênio dissolvido na água interfere de modo bem representativo na sua abundância.

Os níveis de OD foram mais altos na época da seca onde foi registrado maior abundância de indivíduos, conclui - se então que a relação OD/ abundância de *C. fluminea* é um fato importante a ser considerado em estudos da dinâmica populacional deste bivalve.

Como já foi falado por Esteves (1998), o cálcio é essencial para o crescimento de algas, macrófitas e muitos animais, em especial moluscos, a distribuição do cálcio ao longo do reservatório não demonstrou nenhum valor tendencioso em nenhuma dos pontos amostrados, mas podemos ver que a abundância de *C. fluminea* é determinada pela concentração de valores encontrados para cálcio total entre 3,0 e 3,5 mg/L, confirmado pela análise estatística para a relação Cálcio total/abundância de *C. fluminea*, onde se nota que a representatividade dos dados é alta ( $p < 0,001$ ).

### 7.3.3 – Elementos – traço

Os sedimentos de lagos e reservatórios constituem-se em ecossistemas potenciais para acúmulo de metais pesados (como Fe, Zn, Mn, Cu, Pb, Cr, Ni, Cd, Hg), sendo esse compartimento um dos mais importantes na avaliação do nível de contaminação dos ecossistemas aquáticos continentais, pois são neles que a poluição fica acumulada e armazenada (Wetzel, 2001).

Conforme a classificação do reservatório como sendo de classe 2, segundo a CEMIG, sendo a água destinada ao abastecimento doméstico, após o tratamento convencional, à recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho), à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas, à criação natural e ou intensiva (aqüicultura) de espécies destinadas à alimentação humana, a partir das análises dos resultados de elementos – traço, pode –se concluir que os valores estão dentro do parâmetro da normalidade, segundo a CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005.

De acordo com os valores orientadores para solo e água no Estado de São Paulo, (Doroty *et al.* 2001), os valores das análises nas amostras de sedimentos estão dentro da normalidade, os valores encontrados para elementos-traço são provavelmente oriundos da própria lixiviação dos solos e rochas do entorno dos pontos (basaltos) demonstrando que o reservatório da Usina Hidrelétrica de Volta Grande MG/SP não apresenta valores preocupantes para os elementos analisados.

Vários testes estatísticos não puderam ser realizados devido ao pequeno número de indivíduos coletados para a análise de elementos - traço, isto inviabilizou a execução do software, Statistica 5.0, que só torna confiável os testes estatísticos com no mínimo 5 (cinco) amostras.

#### 7.4 – CONCLUSÃO FINAL

Estudos como este, envolvendo a relação entre os fatores abióticos e população biótica, são de suma importância e podem permitir uma melhor compreensão, por exemplo, dos elementos facilitadores da implantação e permanência de uma espécie invasora ou da relação de uma determinada espécie com o monitoramento de qualidade de água.

Após estudos sobre vários aspectos físicos, químicos e biológicos do ambiente percebe-se e conclui-se que a dinâmica de interação com o ambiente pode se dar de distintas maneiras: adaptar-se ao novo meio e atingir relativo equilíbrio com a comunidade preexistente sem alterá-la de modo expressivo ou, expandir-se rapidamente e ocupar de modo efetivo o território, sobretudo quando apresenta, entre outros aspectos, alta taxa de crescimento, grande energia reprodutivo-adaptativa, forte capacidade de dispersão e, ademais, se carece de inimigos naturais no novo ecossistema, sejam eles predadores ou competidores pelos mesmos recursos. Sabe-se que a estrutura do habitat tais como as variações físicas (substrato, granulometria, mineralogia), vegetação ripária, variações químicas (pH, temperatura, metais, solubilidade química) são de suma importância na performance de qualquer comunidade ou população e como pode ser comprovado por este estudo nem todas essas características citadas influenciam a população de *C. fluminea* no reservatório da Usina Hidrelétrica de Volta Grande.

Sendo assim, a dinâmica da população de *C. fluminea* no reservatório ainda requer estudos mais aprofundados tais como interações bióticas como competição doenças, predação, reprodução, alimentação, etc, aliados a um tempo maior de estudo para concluir se esta espécie alterou ou convive harmonicamente com as espécies locais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

(www.cemig.com.br 13/03/04)

ABBOTT, T. M. 1979. Asiatic clam (*Corbicula fluminea*) vertical distributions in Dale Hollow Reservoir, Tennessee. In Proc. 1 st Int. Corbicula Symp. Edited by J. C. Britton. Texas christian Universtjty Research Foundation, Fort Worth, Tex. Pp. 11-118.

ALDRIDGE, D. W. & McMAHON, R.F. 1978. Growth, fecundity and bioenergetics in a natural population of the asiatic freshwater clam *Corbicula manilensis* Phillipi from north central Texas. J. Molluscan Stud. 44: 49-70.

ARAUJO, R., Moreno, D., RAMOS, M.A., 1993. The Asiatic clam *Corbicula fluminea* (Muller, 1774) (Bivalvia: Corbiculidae) in Europe. Am. Malacol. Bull. 10, p.39-49.

BARNES, Robert D. 1977. Zoologia de los Invertebrados. 3ed. México. 1029p.

BAYNE B. L., M. N. Moore, J. Widdows, D. R. Livingstone y P. Salked, 1979. *Measurement of the responses of individuals to environmental stress and pollution: studies with bivalve mollusks*. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B., 286: 563-581.

BAYNE, B. L. & WORRAL, C. M., 1980. *Growth and production of mussel Mytilus edulis from two populations*. Mar. Ecol. Prog. Ser., 3: 317-328.

BEGON, M.;HARPER, J. L.; TOWNSEND, C. R. 1996. *Ecology: individuals, populations and communities*. 3 ed. Blackwell Science Ltd. Oxford, p. 692-710.

BELANGER S. E., 1991. *The effect of dissolved oxygen, sediment, and sewage treatment plant discharges upon growth, survival and density of Asiatic clams*. Hydrobiologia, 218: 113-126.

BELANGER S. E., D. S. CHERRY, J. L. FARRIS, K. G. SAPPINGTON & J. CAIRNS, 1991. *Sensitivity of the Asiatic clam to various biocidal control agents*. J. Am. Water works Assoc: 79-87.

BELANGER S. E., Farris, J. L., Cherry D. S. & Cairns, J. 1985. Sediment preference of the freshwater Asiatic clam, *Corbicula fluminea*. Nautilus, **99**: 66-73. in Cataldo, D.H. (2001). Dinámica poblacional y potencial bioindicador de contaminación acuática del molusco bivalvo en el delta del río Paraná *Corbicula fluminea*. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Universidad de Buenos Aires, Argentina. 175p.

BICKEL D., 1966. Ecology of *Corbicula manilensis* Philippi in the Ohio river at Louisville, Kentucky. Sterkiana, 23: 19-24.

BIJ DE VAATE A., 1991. Colonization of German part of the river Rhine by the Asiatic clam, *Corbicula fluminea* Müller, 1774 (Pelecypoda, Corbiculidae). Bull. Zool. Museum. Amsterdam, 13(2): 13-16.

BOLTOVSKOY D., I. Izaguirre & N. Correa, 1995. Feeding selectivity of *Corbicula fluminea* (Bivalvia) on natural phytoplankton. Hydrobiologia, 312: 171-182.

BOLTOVSKOY, D., Correa, N., Cataldo, D., Stripeikis, J. & Tudino, M. 1997. Environmental stress on *Corbicula fluminea* (Bivalvia) in the Paraná River Delta (Argentina): complex pollution-related disruption of population structures. Arch. Hydrobiol. 138 (4): 483-507.

BRAGA, F. M. de S.; GOMIERO, L.M. , 1997. *Análise da pesca experimental realizada no reservatório de Volta Grande, rio Grande (MG-SP)*. Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo, v. 24, p. 131-138.

BRITO, I. M. 1979. *Bacias Sedimentares e Formações pós-paleozóicas do Brasil*. Rio de Janeiro, Editora Interciência. 165 pp.

- BRITTON J. C. E & B. MORTON, 1979. *Corbicula* in North America: The Evidence Reviewed and Evaluated. En J. C. Britton (ed.), Proc. First Internat. *Corbicula* Simp. Texas Christian University, Fort Worth: 249-287.
- BRITTON, J.C., MORTON, B., MATTICE, J.S., MURPHY, C.E., Newland, L.W., 1979. *Corbicula* in North America: the evidence reviewed and evaluated. , Proceedings of the First International *Corbicula* Symposium, Texas Christian University: 249-287.
- BURTON G. A. & K. J. SCOTT, 1992. Sediment Toxicity Evaluations. Their niche in ecological assessments. *Environmental Science and Technology*, 26: 2068-2075.
- CAIN D. J. & S. N. LUOMA, 1990. Influence of seasonal growth, age, and environmental exposure on Cu and Ag in a bivalve indicator, *Macoma balthica*, in San Francisco bay. *Marine Ecology Progress. Series*, 60: 45-55.
- CAMPOS, M.C.S (Coord). 2003. Pesquisa para o desenvolvimento de ecotecnologias de prevenção e controle de *Limnoperna fortunei*;Estudo de caso:Reservatório de Volta Grande. Relatório parcial. Belo Horizonte:CETEC. 48 p. Relatório parcial.
- CASTRO, A. A. (Cord.) 2001. Proposição do escopo para a elaboração do relatório Ambiental da UHE Volta Grande baseado no termo de referência do IBAMA- Licenciamento Ambiental Corretivo. Eia Rima CEMIG. Nova Lima. 167p.
- CATALDO, D. & BOLTOVSKOY, D. 1999. Population dynamics of *Corbicula fluminea* (Bivalvia) in the Paraná River Delta (Argentina). *Hydrobiologia* 380: 153-163.
- CATALDO, D. 2001. Dinámica poblacional y potencial bioindicador de contaminación acuática del molusco bivalvo en el delta del río Paraná *Corbicula fluminea*. Tese de Mestrado. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Universidad de Buenos Aires,Argentina. 175p.
- CETESB,1976. Relatório Final do Levantamento Ecológico-Sanitário das Represas do Rio Grande; Considerações sobre a Psicultura e a Recreação. São Paulo. Sistemas FURNAS-CEMIG, 78p.
- CHERRY D. S., J. H. RODGERS, R. L. GRANNEY & J. CAIRNS, 1980. Dynamics y control of the Asiatic clam in the New Rivers, Virginia. *Bull. Va. Water Resour. Res. Cent.*, 123: 1-72.
- CORREA, N.& BOLTOVSKOY,D.1998 Las Invasiones Biológicas Componente Ignorado del Cambio Global.Ciência e investigación, 51(112) 1998,pp 04-14.
- CORREA, N., PETRACCHI, C. & BORDINO, P. 1992. Datos preliminares sobre abundancia y estructura de tallas de *Corbicula fluminea* (Mollusca, Bivalvia) en el Delta Inferior del Rio Paraná. *Com.Soc.Malac.Urug. Vol.VII. 62-63*: 290-303.
- COSTA, C. M. R., HERRMANN, G., MARTINS, C. S., LINS, L.V., & LAMAS,I.R. (orgs.) 1998. Biodiversidade em Minas Gerais (um Atlas para sua conservação). Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte. 91p.
- COUNTS C. L., 1980. The genus *Corbicula* Muhlfield (Bivalvia: Corbiculidae) in Africa and South America: zoogeographic and taxonomic problems. *Bull.Am. Malacol. Union*: 71-72.
- COUNTS C. L., 1981. *Corbicula fluminea* (Bivalvia: Corbiculidae) in British Columbia. *Nautilus*, 95(1): 12-13.
- COUNTS C. L., 1986. The zoogeography and history of invasion of the United Statesby *Corbicula fluminea* (Bivalvia: Corbiculidae). En: R.S. Prezant (ed.), Proc. Second Internat. *Corbicula* Symp. Am. Malacol. Bull., Special Edition, 2: 7-39.
- CUMMINS, K. W.. 1996. Trophic relations of aquatic insects. *Annu. Rev. Entomol.* 18: 183-206.
- CUNHA, M.F..2005. Análise da influência do substrato no desenvolvimento de *Corbicula fluminea*,(BIVALVIA). Ouro Preto. Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Biológicas do Instituto de Ciências Exatas e Biológicas da Universidade Federal de Ouro Preto. 51p.

CUTRE G. A., 1989. The estuarine behaviour of selenium in San Francisco Bay. *Estuarine, Coastal shelf Sci.*, 28: 13-34.

DARRIGRAN G. A., 1992. Variacion Temporal y espacial de la distribucion de las especies de *Corbicula Megerle*, 1811(Bivalvia, Corbiculidae), en el estuario del rio de la Plata, Republica Argentina. *Neotropica*, 38 (99): 59-63.

DÍAZ R. J., 1974. Asiatic clam, *Corbicula fluminea* (Philippi) in the tidal James River, Virginia. *Chesapeake Sci.*, 15: 118-120.

DOHERTY F. G. & D. S. CHERRY, 1988. Tolerance of the Asiatic clam, *Corbicula sp.* to lethal levels of toxic stressors- a review. *Environmental Pollution*, 51: 236-311.

DOHERTY F. G., 1990. The Asiatic clam, *Corbicula sp.*, as a biological monitor in freshwater environments. *Environmental Monitoring and Assessment*, 15: 143-181.

DOROTY C. P.C.; DIAS C. L.; LEMOS M. M. G.. 2001. Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo. Série Relatórios Ambientais. São Paulo : CETESB, 73 p.

DREHER MANSUR M. C., C. SCHULZ, M. G. OLIVEIRA da SILVA & N. M. RODRIGUES, 1991. Moluscos Bivalves Límnicos da Estação Ecológica do Taim e Áreas Adjacentes, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia, Ser. Zool. Porto Alegre*, 71: 43-58.

DREIER H. & J. A. TRANQUILLI, 1981. Reproduction, growth, distribution, and abundance of *Corbicula* in an Illinois cooling lake. *Illinois Nat. History Survey Bull.*, 32: 378-393.

DREIER, H. 1977. Study of *Corbicula manilensis* in Lake Sangchris. In The annual report for fiscal year 1976, Lake Sangchris Project Section 7. Illinois Natural History Survey, Urbana, Ill. Pp. 7.1-7.52.

ENG L. L., 1979. Population dynamics of the Asiatic clam, *Corbicula fluminea* (Müller) in concrete-lined Delta-Mendota Canal of central California. En: J.C. Britton (ed.), Proc. First Internat. *Corbicula* Simp. Texas Christian University, Fort Worth, Texas: 249-287.

ESTEVEZ, F.A. 1998. Fundamentos de Limnologia. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 602pp.

EVANS L. P., C. E. MURPHY, J. C. BRITTON & L. W. NEULAND, 1979. Salinity relationships in *Corbicula fluminea* (Müller). J.C. Britton (ed.), Proc. First Internat. *Corbicula* Simp. Texas Christian University, Fort Worth, Texas: 193-214.

FARRIS J. L.; VAN HASSEL, J. H.; BELANGER, S. E.; CHERRY, D. S. & J. CAIRNS 1988. Application of cellulolytic activity of Asiatic clams (*Corbicula sp.*) to instream monitoring of power plant effluents.- *Environm. Toxicol. Chem.*, 7:701-713.

FAST A. W., 1971. The invasion and distribution of the Asiatic clam (*Corbicula manilensis*) in the southern California reservoir. *Bull. South. Calif. Acad. Sci.*, 70: 91-98.

FERREIRA, H. L. M. Bioindicadores da qualidade ambiental. Ouro Preto/MG. DEGEO/UFOP, 38p. Anexos. 2001. (Seminário da disciplina Princípios da Ecologia e Meio Ambiente. Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais).

FOSTER R. B., 1981. Use Asiatic clam larvae in aquatic hazard evaluations. Ecological Assessments of Effluent Impacts on Communities of Indigenous Aquatic Organisms. ASTM STP 730. J.M. Bates and C.L. Weber, Editors. American Society Test. Materials: 280-288.

GAINNEY L. F., 1978. *The response of the Corbiculidae (Mollusca: Bivalvia) to osmotic stress: The organismal response.* *Physiol. Zool.*, 51: 68-78.

GOLDBERG, E. D.; FARRINGTON, J. W.; DAWSON, R.; SCHNEIDER, E.; JERNELOY, A. B. & MEE, L. D., 1992. The international mussel watch. A global assessment of environmental levels of chemical contaminants. UNESCO: Paris 1992: 332p.

- GRANEY, R.L., CHERRY, D.S., RODGERS, J.H & CAIRNS, J.J. 1980. The influence of thermal discharges and substrate composition on the population structure and distribution of the Asiatic clam, *Corbicula fluminea*, in the New River, Virginia. *The Nautilus*, **94** (4): 130-135.
- GRECO, M. K. B.. 2002. Balanço de Massa de Fósforo, Evolução da Eutrofização e o Crescimento de Macrófitas Flutuantes no Reservatório de Volta Grande (MG/SP), Universidade Federal de Minas Gerais, ICB, Belo Horizonte, 157p.
- HARRISON F. L., J. P. KNEZOVICH & D. W. RICE, 1984. The toxicity of copper to the adult and early life stages of the freshwater clam, *Corbicula manilensis*. *Arch. Environm. Contam. Toxicol.*, **13**: 85-92.
- HEINSOHN G. E., 1958. Life history and ecology of the freshwater clam, *Corbicula fluminea*. M.A. Thesis, University of California, Berkley: 64 pp.
- HENRY, R 1999. Ecologia de reservatórios: Estrutura, função e aspectos sociais/ Raoul Henry, editor.- Botucatu: FUNDIBIO: FAPESP. 800p.
- HORNE F. R. & S. McINTOSH, 1979. Factors influencing distribution of mussels in the Blanco river of Central Texas. *Nautilus*, **93**: 119-133.
- HORNING W. B. & L. KEUP, 1964. Decline of the Asiatic clam in Ohio River. *Nautilus*, **78**: 29-30.
- ISOM B. G., 1986. Historical review of asiatic clam (*Corbicula*) invasion and biofouling of waters and industries in the Americas. In: BRITTON, J. C. & PREZANT, R. S. *International Corbicula Symposium*, (American mal. Bull., Special), Hattiesburg, **2(2)**:1-15.
- ISOM B. G., C. GOOCH, L. T. NEILL & J. MOSSES, 1978. Acute thermal effects on Asiatic clam (*Corbicula manilensis* Philippi) Rep. No 1-WQ-78-12. TVA Division of Environmental Planning. special Projects and Research Program. Water Quality Ecology Branch, Muscle Shoals, Alabama: 356 pp.
- ITUARTE C. F., 1981. Primera noticia acerca de la presencia de pelecipodos asiáticos en el área rioplatense. *Neotropica*, **27**: 79-82.
- ITUARTE C. F., 1984. Aspectos biológicos de las poblaciones de *Corbicula largillierti* (Philippi, 1844) (Mollusca Pelycipoda) en el Río de La Plata. *revta del Museu de la Plata (nueva serie)*, **13(143)**: 231-247.
- ITUARTE C. F., 1985. Growth dynamics in a natural population of *Corbicula fluminea* (Bivalvia, Sphaeriacea) at Punta Atalaya, Río de la Plata, Argentina. *Stud. Neot. Fauna Envir.*, **20**: 217-225.
- ITUARTE C. F., 1994. *Corbicula* and *Neocorbicula* (Bivalvia: Corbiculidae) in the Paraná, Uruguay, and Río de la Plata Basins. *Nautilus*, **107**: 129-135.
- JOHNSON. R. K., WIEDERHOLM, T. & ROSENBERG, D. .M. 1992. Freshwater biomonitoring using individual organisms. Populations and species assemblages of benthic Macroinvertebrates. In: *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates* (D. M. Rosenberg & V. H. Resh, eds.), pp. 40-158 , New York: Chapman & Hall.
- KEEN , M. & CASEY, R. 1969. Superfamilia Corbiculacea Gray, 1847. In: Moore, R. C. *Treatise on Invertebrate Palentology*, Part N, Vol. 2, Mollusca 6 Bivalvia. The Geological Soc. F America & Univ. of Kansas, Lawrence. N 664- N 670.
- KRAEMER L. R. & S. LOTT, 1977. Microscopic anatomy of the visceral mass of *Corbicula fluminea* (Bivalvia: Sphaeriacea). *Bulletin of the American Malacological Union*, **1977**: 48-56.
- KRAEMER L. R. 1976. An evaluation of the effects of dredging within the Arkansas River Navegation System. Vol. 4. The effects upon the benthic associations. Arkansas Water Resources Center Publication No. 46, University of Arkansas, Fayetteville, Ark.
- LAMPERT, W. & SOMMER, U. 1997. *Limnoecology: the ecology of lakes and streams*. New York, 382p.

- LANDIS W. G. & M. HO YU, 1999. Introduction to environmental toxicology: impacts of chemicals upon ecological system. Lewia Publishers. Boca Raton London New York Washington D.C.: 390 pp.
- LENAT D. R. & C. M. WEISS, 1973. Distribution of benthic macroinvertebrates in Lakes Wylie North Carolina- South Carolina. Dep. Environ. Sci. Eng., Publ. No 331 School of Public Health, University of North Carolina at Chapel Hill. Chapel Hill: 269 pp.
- LUOMA S. N. & G. W. BRYAN, 1981. A statistical assessment of the form of metal in oxidized estuarine sediments employing chemical extractants. Sci. Total Environ., 17: 165-196.
- LUOMA S. N., R. DAGOVITZ & E. AXTMANN, 1990. Temporally intensive study of trace metals in sediment and bivalves from a large river-estuarine system: Suisun bay/ Delta in San Francisco bay. The Science of Total Environment, 97/98: 685-712.
- LUOMA, S. N. & J. L. CARTER, 1991. Effects of trace metals on aquatic benthos. In: Newman, M.C., McIntosh, A.W. (Eds.), Metal ecotoxicology: concepts and applications. Lewis: 261-300.
- MALEK, E.A..1968. A guide for the identification of the snail intermediate hosts of schistosomiasis in the america. Washington: Pan American Health Organization.
- MANSUR, M. C. D & PARES GARCES, L. M. M., 1988. Ocorrência e densidade de *Corbicula fluminea* (Muller, 1774) e *Neocorbicula limosa* (Maton, 1811) na Estação Ecológica do Taim e áreas adjacentes. Rio Grande do Sul, Brasil. Iheringia, sér. Zool., 68: 99-116.
- MANSUR, M. C. D. & MEIER –BROOK, C. 2000. Morphology of Eupera Bourguignat 1854, and Byssanodonta Orbigny, 184 with contribution to the Phylogenetic Systematics of Sphaeriidae and Corbiculidae ( Bivalvia: Veneroidea). Archiv fuer Molluskenkunde, 128(1-2): 1-59.
- MANSUR, M. C. D.; VALER, R. M. & AIRES, N. C. M. 1994. Distribuição e preferências ambientais dos moluscos bivalves do açude do Parque de Proteção Ambiental COPESUL, município de Triunfo, RS – Brasil. Biociências, 2(1): 27-45.
- MARSH, P. C. 1985. Secondary production of introduced Asiatic clam *Corbicula fluminea* in a central Arizona canal. Hydrobiologia, 24: 103-110.
- MARTÍNEZ E. R., 1987. *Corbicula manilensis* Asiatic mollusc introduced in Carpieand San Juan rivers, Monagas, Venezuela. Acta Cient. Venez., 38(3): 0384-385.
- MATTICE J. S. & L. L. DYE, 1976. Thermal tolerance of adult Asiatic clam. ERDA Symp. Ser., 40: 130-135.
- MATTICE J. S., 1979. Interactions of *Corbicula sp.* with power plants. En: J.C. Britton (ed.), Proc. First Internat. *Corbicula* Simp. Texas Christian University, Fort Worth, Texas: 119-138.
- McMAHON R. F., 1979. Response to temperature and hypoxia in the oxygen consumption of the introduced Asiatic freshwater clam *Corbicula fluminea* (Müller). Comp. Biochem. Physiol., 63: 383-388.
- McMAHON R. F., 1982. The occurrence and spread of the introduced asiatic freshwater clam, *Corbicula fluminea* (Müller), in North America: 1924- 1982. The Nautilus, 96 (4): 134-141.
- McMAHON R. F., 1983. Ecology of an invasive pest bivalve *Corbicula*. The Mollusca. Ecology. In W.D. Russell-Hunter (ed.), Academic Press, Inc., New York: 505-561.
- MEDEIROS JR., E. B.; MOTA, H. R.; LEITE, M. G. P. 2005.– “Análise da influência dos sedimentos de fundo na população de *Corbicula sp.*, na região do reservatório de Volta Grande, MG” – Anais do XIII Seminário de Iniciação Científica da Universidade Federal de Ouro Preto – 2005.
- MORTON B., 1982. Some Aspects of the population struture and sexual satrategy of *Corbicula cf fluminalis* (Bivalvia: Corbiculiacea) from the Pearl River, People’s Republic of China. The Journal of Molluscan Studies, 48(1): 1-23.
- MORTON B., 1986. *Corbicula* in Asia – an update synthesis. American Malacological Bulletin, Special edition, 2: 113-124.

- MOUTHON, J., 1981. Sur la presence en France et au Portugal de *Corbicula* (Bivalvia, Corbiculidae) originaire d'Asie. *Basteria* 45, p. 109–116.
- ODUM, E.P. 1985. *Ecologia*. 6 ed Ediciones Omega, S. A. Barcelona. pp.737-787.
- OLAZARRI J., 1986. Las almejas del género *Corbicula* en el río Uruguay. Resúmenes de Comunicaciones, Seminario " El río Uruguay y sus recursos" CARUINAPE-INIDEP. Entre Ríos, Argentina.
- PAYNE, B.S., HARTFIED, P. D. & McMAHON, R. F. 1989. Variation in size demography of a lotic populations of *Corbicula fluminea* (Müller). *The Nautilus*, 103: 78-82.
- PETRI, S.; FULFARO, V. J. 1983. *Geologia do Brasil*. São Paulo, EDUSP. 631pp.
- REMAME A. & C. SCHLIEPER, 1971. *Biology of brackish water*. Wiley Interscience New York: 236 pp.
- RICKLEFS, R.E. 1996. *A Economia da Natureza*. Rio de Janeiro: Universidade da Pensilvânia, Guanabara Koogan. 470p.
- RODGERS J. H., D. S. CHERRY, K. L. DICKSON & J. CAIRNS, 1979. Invasion, population dynamics and elemental accumulation of *Corbicula fluminea* in the New Fiver at Glen Lyn, Virginia. In J. C. Britton (ed.) In J. C. Britton (ed.), *Proc. First Internat. Corbicula Simp.* Texas Christian University, Fort Worth, Texas: 99-110.
- ROLLA, M. E.; ROSA, S.G. *et al.* 1990a. Composição físico química e biológica do sedimento do reservatório de Volta Grande, Minas Gerais/ São Paulo. *Acta Limnol. Brasil*, São Paulo, 3: 201-218.
- ROLLA, M. E.; DABÉS, M.B.G.S., FRANÇA, R.C. e FERREIRA, E.M.V.M. 1990b. Aspectos limnológicos do reservatório de Volta Grande, Minas Gerais/São Paulo. *Acta Limnol. Bras.*, 3: 219-244.
- SANTOS, G.B. e FORMAGIO, P.S. 2000. Estrutura da ictiofauna dos reservatórios do rio Grande, com ênfase no estabelecimento de peixes piscívoros. *Inf. agrop.*, Belo Horizonte, 21 (2):98-106.
- SCHNEIDER, R.L.; MÜHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R. A.; DAEMON, R. F.; NOGUEIRA, A. A. ., 1974. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, Porto Alegre, 1974. *Anais ... Porto Alegre : SBG*, 1974. v. 1, p.41-65.
- SILVA, J. S. V. da & SOUZA, R. C. C. L. de (Org.), 2004, *Agu de Lastro e Bioinvasão*. Rio de Janeiro: Interciência, 223p.
- SNEDECOR, G. W. & COCHRAN, W. G. 1989. *Statistical Methods*. 8<sup>ed</sup>. Iowa State University. Press/ AMES, 503p.
- STITES, D.L.; BENKE, A.C. & GILLESPIE D. M. 1995. Population dynamics, growth, and production of the asiatic clam, *Corbicula fluminea*, in a blackwater river. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 52: 425-437.
- SUNDA W. G.; ENGEL D. W. & THUOTTE R. M., 1978. Effect of chemical speciation on toxicity of cadmium to grass shrimp *Palaemonetes pugio*: Importance of free cadmium ion. *Environ. Sci. Technol.*, 12: 409-413.
- THOMPSON E. A., S. N. LUOMA, C. E. JOHANSSON & D. J. CAIN, 1984. Comparison of sediments and organisms in identifying sources of biologically available trace metal contamination. *Water Res.*, 18: 755-766.
- TRIOLA, M. F. 1999. *Introdução à estatística básica*. 7ed. Editora LTC. 410p.
- TUNDISI, J. G., BICUDO, C. E. M. & MANTSUMURA TUNDISI, T. 1995. *Limnology in Brazil*. ABC/ SBL, Rio de Janeiro, 384 p.

Mota, H. R., 2006, Análise da influência geoquímica e do substrato na população *C. fluminea*...

VEITENHEIMER- MENDEZ I. L. & J. OLAZARRI, 1983. Primeros registros de *Corbicula Megerle*, 1811 (Bivalvia Corbiculidae) para el río Uruguay, Boletín de la Sociedad Zoológica del Uruguay, 1: 50-53.

VEITENHEIMER- MENDEZ, I. L. 1981. *Corbicula manilensis*, (Philippi, 1844) molusco asiático, na bacia do Jacuí e do Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil (Bivalvia, Corbiculidae). Iheringia. Ser. Zool. (60): 63-74.

WELCH, K.J. & JOY, J.E. 1984. Growth rates of the Asiatic clam, *Corbicula fluminea* (Müller), in the Kanawha River, West Virginia. Freshwater Invertebr. Biol. 3: 139-142.

WETZEL, R.G. 2001. Limnology lake and river ecosystems. 3<sup>rd</sup> Ed. Philadelphia. 1006p.

WIDDOWS J. & D. JONHSON, 1988. Physiological energetic of *Mytilus edulis*: scope for growth. Mar. Ecol. Prog. Ser., 46: 113-121.

WILLIAMS, C.J. & McMahon, R.F. 1986. Power station entrainment of *Corbicula fluminea* (Müller) in relation to population dynamics, reproductive cycle and biotic and abiotic variables. Am. Malacol. Bull. Spec. Ed. No 2: 99-111.