

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE QUÍMICA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA ANALÍTICA

DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DO
MUNICÍPIO DE TERESÓPOLIS - RJ

LUÍS CARLOS MARQUES PIRES

DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DO MUNICÍPIO DE TERESÓPOLIS-RJ

Luís Carlos Marques Pires

Dissertação submetida ao corpo docente do Departamento de Química Analítica do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de MESTRE EM CIÊNCIAS.

2005

David Miller
2642-4196

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE QUÍMICA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA ANALÍTICA

DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DO
MUNICÍPIO DE TERESÓPOLIS – RJ

LUÍS CARLOS MARQUES PIRES

Sob orientação do professor
Delmo Santiago Vaitsman

Dissertação submetida como
requisito parcial para obtenção
do grau de **Mestre em**
Ciências em Química Analítica

Rio de Janeiro, RJ
2005

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE QUÍMICA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA ANALÍTICA

Luís Carlos Marques Pires

FICHA CATALOGRÁFICA

Pires, Luís Carlos Marques

Diagnóstico da qualidade das águas superficiais do município de Teresópolis – RJ / Luís Carlos Marques Pires. Rio de Janeiro: UFRJ/IQ/DQA, 2005.

XI, 93, il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Química, Rio de Janeiro, 2005.

Orientador: Delmo Santiago Vaitsman

1. Água. 2. Meio ambiente 3. Química analítica – dissertação.

Paula Fernandes Aguiar (D.Sc.) – UFRJ
Membro

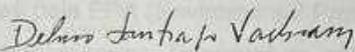
Paulo Bechara Dutra (D.Sc.) – UFRJ
Membro

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE QUÍMICA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA ANALÍTICA

Luís Carlos Marques Pires

Dissertação submetida ao corpo docente do Departamento de Química Analítica do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de MESTRE EM CIÊNCIAS.

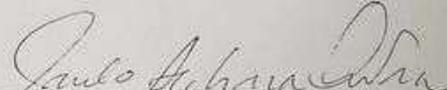
Dissertação aprovada em 27/06/2005



Delmo Santiago Vaitsman (D.Sc.) – UFRJ
Orientador


Fernanda B. Coutinho (D.Sc.) – UERJ
Membro


Paula Fernandes Aguiar (D.Sc.) – UFRJ
Membro


Paulo Bechara Dutra (D.Sc.) – UFRJ
Membro

RESUMO

DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DO MUNICÍPIO DE TERESÓPOLIS – RJ

O objetivo deste trabalho foi fazer um diagnóstico geral das águas superficiais, ainda não impactadas, no município de Teresópolis. Para tanto, foram selecionados seis pontos de coletas em rios diferentes com importância estratégica, uma vez que fazem parte do sistema de abastecimento de água da cidade. Todos os pontos fazem parte de área de proteção ambiental, quer seja federal (Parque Nacional da Serra dos Órgãos – IBAMA – MMA) ou estadual (Parque Estadual dos Três Picos – IEF).

Para realização deste trabalho foram realizadas 13 coletas no período de julho de 2003 a fevereiro de 2004, sendo cinco na estação de inverno, três na primavera e cinco no verão. Os procedimentos analíticos realizados neste trabalho obedeceram aos aceitos comumente em laboratórios e em particular ao disposto no Art. 17 e seu § 3º da Portaria nº 518-GM de 25/3/2004, bem como as metodologias assinaladas pela EPA (Environmental Protection Agency). Sendo os principais parâmetros determinados: Temperatura, pH, Sólidos Totais Dissolvidos, Turbidez, Metais alcalinos, Metais, Surfactantes, Amônia, Sulfeto, Cianeto, Fluoreto, Cloreto, Nitrito, Nitrato, Hipoclorito, Bromato, Sulfato, Dureza, Oxigênio Dissolvido, Radioatividade, Compostos Organoclorados e Grupo Coliforme.

Além do diagnóstico das águas este trabalho serve como background ambiental da região para trabalhos em áreas contaminadas, servindo de valor de referência para casos de desastres ambientais, bem como garantia de saúde pública para população que se abastece desta água.

ABSTRACT

This work had as objective to effect a diagnosis of superficial waters, in the city of Teresópolis. To attain this objective, six collecting points had been chosen in different water courses which has strategical importance, because they are part of the system of water supply for consumption in different quarters of the city. All the points are part of environmental protection National Park of the Serra dos Órgãos - IBAMA - MMA and State Park of Three Peaks - IEF.

In the period between July 2003 and February 2004, thirteen (13) samplings had been done, five (5) in the winter, three (3) in the spring and five (5) in the summer. The analytical procedures used in this work had obeyed the methodologies in Art. 17 §3º of "Portaria nº 518-GM form 25/03/2004, of Health Ministry, as well as the methodologies described in EPA (Environmental Protection Agency). For determination of temperature, pH, dissolved total solids (STD), turbidez, alkaline metals, metals, surfactante, ammonia, sulfeto, fluorid, chloride, nitrite, nitrate, hipoclorite, bromate, sulphate, hardness, dissolved oxygen, radioactivity, organochlorides compounds and Coliform group.

Beyond the diagnosis of waters this wok constitutes of an importat current knowledge of the quality of the waters in the region. It can serve as reference for eventual cases of ambient disasters.

AGRADECIMENTOS

Devo agradecer, em primeiro lugar, ao Senhor Deus, por ter-me dado condições de executar estas tarefas, e, em segundo lugar, ao Senhor Deus, por ter-me dado condições de viver.

Aos meus pais, Antonio Carlos e Madalena, pelo exemplo, amor e incentivo.

Aos meus irmãos, Antonio Carlos, Humberto, Cláudio e Roberto, pelo exemplo e incentivo.

Aos meus amigos, especialmente os meus colegas de trabalho, pelo exemplo e incentivo.

Aos meus professores, especialmente os meus professores do curso de Engenharia, pelo exemplo e incentivo.

Aos meus colegas de trabalho, especialmente os meus colegas do Departamento de Engenharia, pelo exemplo e incentivo.

Aos meus amigos, especialmente os meus amigos do curso de Engenharia, pelo exemplo e incentivo.

Aos meus colegas de trabalho, especialmente os meus colegas do Departamento de Engenharia, pelo exemplo e incentivo.

Aos meus amigos, especialmente os meus amigos do curso de Engenharia, pelo exemplo e incentivo.

A Deus, por ter me dado condições de executar minhas tarefas na presente encarnação.

Aos meus pais, Antonio Carlos e Madalena, pelo exemplo, amor e incentivo.

A minha noiva, Isabella, pelo carinho e atenção.

AGRADECIMENTOS

Aos professores Dr. Delmo Santiago Vaitsman, pela orientação, e Dr. Paulo Bechara Dutra, pela co-orientação, que além de mestres foram amigos e companheiros.

Aos Prof. Dr. Cláudio Cerqueira Lopes e Profa. Dra. Rosângela Sabbatini Lopes, pelo incentivo para minha especialização em Química Analítica.

Ao Prof. Dr. Renato da Silva Carreira, da UERJ, por me ter permitido dar continuidade ao mestrado.

A Dra. Ana Cristina de Mello Ferreira, do IRD – Serviços de Análises Ambientais, pela realização das análises dos radionuclídeos.

A Elba dos Santos, do INT, pelas análises de pesticidas e importantes troca de informações.

Ao pessoal do IBAMA/MMA, em especial ao Roberto Vancini, pela autorização de acesso às dependências do Parque Nacional da Serra dos Órgãos e troca de informações relevantes para escolha dos pontos.

Aos funcionários da CEDAE-RJ, José Roberto, Wilson e Alberto, por terem facilitado o acesso aos pontos de coleta e abraçado desde o início a idéia.

Ao Laboratório de Oceanografia Geológica da UERJ, em especial às colegas Mônia e Luciana, pelo apoio na digitalização e georreferenciamento do mapa.

Aos professores do Departamento de Química analítica da UFRJ, Júlio Afonso, Lúcia Maria Fortes, Nilce Carbonel e Paula F. Aguiar, pela amizade e confiança.

À Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), pela oportunidade oferecida para realização do curso.

Ao pessoal do Laboratório de Desenvolvimento Analítico, Alessandra, Rafael, Luciana Santos, Humberto, Cláudia, Josiane, Ailton Gomes, Flávia e Michelle, pelas orientações e amizade.

A todos os amigos e familiares que, direta ou indiretamente, contribuíram para realização deste trabalho.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	1
2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	7
2.1 Município de Teresópolis.....	7
2.2 Clima e Vegetação.....	8
2.3 Características Sócio-econômicas.....	9
3. QUALIDADE DAS ÁGUAS E RECURSOS HÍDRICOS..	16
3.1 Classificação das águas em território Brasileiro.....	18
3.2 Poluição e contaminação dos rios.....	22
3.3 A política de recursos hídricos.....	24
3.3.1 Política Nacional de Recursos Hídricos.....	24
3.3.2 Política Estadual de Recursos Hídricos.....	25
4. PARTE EXPERIMENTAL.....	26
4.1 Metodologia de coleta.....	26
4.2 Metodologia analítica.....	34
4.3 Metodologia estatística.....	40
5. RESULTADO E DISCUSSÃO.....	41
6. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	57
6.1 Análise de grupamentos (cluster).....	59
6.2 Análise Fatorial / Análise por Componentes Principais.....	63
7. CONCLUSÃO.....	82
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85
9. ANEXO.....	89

17823 - Tipos Pol.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Dedo de Deus, Teresópolis, Rio de Janeiro.....	2
Figura 2: Média pluviométrica (em mm).....	8★
Figura 3: Médias das temperaturas máximas e mínimas (em°C).....	9
Figura 4: Formas de abastecimento de água em domicílios permanentes.....	10
Figura 5: Esgotamento sanitário em residências permanentes.....	11
Figura 6: Produção agrícola (em mil reais) do ano 1999.....	11
Figura 7: Área ocupada (em hectares), ano 1999.....	12
Figura 8: Efetivo dos rebanhos.....	14
Figura 9: Empresas por ramo de atividade.....	15
Figura 10: Mapa da região de estudo.....	27 ←
Figura 11: Barragem de Penitentes.....	28
Figura 12: Barragem do Britador..... <i>Paquequet</i>	29
Figura 13: Barragem da Cascata dos Amores.....	30
Figura 14: Barragem do Ingá.....	31
Figura 15: Barragem do Beija-flor.....	32
Figura 16: Barragem Parque Nacional.....	33
Figura 17: Similaridade entre os pontos de coleta escolhidos no Município de Teresópolis.....	61
Figura 18: Similaridade entre as datas das coletas, revelando uma sazonalidade entre as coletas no município de Teresópolis.....	62
Figura 19: Número de CP que podem explicar a variância total do conjunto de dados.....	65
Figura 20: Gráfico do primeiro CP contra o segundo CP onde estão plotados os "scores" dos pontos de coleta.....	66
Figura 21: Gráfico "loading" do primeiro contra o segundo fator, traduzido por ponderabilidade, mostrando a existência de três grupos de variáveis, que podem estar relacionadas entre si.....	67
Figura 22: Variação da concentração dos íons mais importantes, com o tempo, na área da pesquisa.....	70
Figura 23: Número de PCs que podem explicar a variância total do conjunto de dados. Foram encontrados seis ao todo.....	72
Figura 24: "Loading" das 20 variáveis restantes no gráfico CP1 X CP2 – Minitab 14.....	73
Figura 25: Gráfico dos Scores dos pontos de coleta obtido no programa "Unscrambler" v. 9.1.....	74
Figura 26: Gráfico de "loading" das variáveis selecionadas, em nº de 19, obtidas no programa "Unscrambler" v. 9.1.....	75
Figura 27: Página do programa "Unscrambler" mostrando sua versatilidade e praticidade.....	76
Figura 28: Gráfico de CP2 X CP5 obtido após rotação, destacando-se os pontos de coleta 1 e 6.....	77
Figura 29: Gráfico CP2 X CP5 de "loading" das 19 variáveis selecionadas.....	77

Figura 30: Gráfico dos Scores dos pontos de coleta obtido no programa "Unscrambler" v. 9.1, excluído os valores considerados aberrantes.....	78
Figura 31: Gráfico CP1 X CP2 de "loading" das variáveis selecionadas, excluídos os valores considerados aberrantes.....	78
Figura 32: Gráfico dos Scores, na combinação CP2 X CP6 dos pontos de coleta obtido no programa "Unscrambler" v. 9.1, excluído os valores considerados aberrantes.....	79
Figura 33: Gráfico CP2 X CP6 de "loading" das variáveis selecionadas, excluídos os valores considerados aberrantes.....	80
Figura 34: Junção dos gráficos das figuras 32 e 33.....	81

Quadro 10: Características de origem (em mg/L).....	42
Quadro 11: Concentrações de cloro (em mg/L).....	47
Quadro 12: Concentrações de ferro (em mg/L).....	48
Quadro 13: Concentrações de manganês (em mg/L).....	50
Quadro 14: Concentrações de cálcio (em mg/L).....	51
Quadro 15: Concentrações de sódio (em mg/L).....	52
Quadro 16: Resultados dos sólidos totais.....	53
Quadro 17: Resultados dos sólidos totais.....	53
Quadro 18: Parâmetros de incalhe com organoclorado.....	55

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1: Inseticidas para controle de pragas do tomateiro	13
Quadro 2: Tipos de uso da água, requisitos de qualidade e efeitos	17
Quadro 3: Classificação das águas quanto à salinidade	18
Quadro 4: Valores máximos de <u>agentes químicos permitidos</u> para o consumo humano de água <i>háos californias</i>	20
Quadro 5: Datas das coletas de água realizadas	26
Quadro 6: Geo-referenciamento dos pontos de coleta (Datum: WGS84)	27
Quadro 7: Metodologias da determinação de metais por espectrofotometria de absorção atômica	36
Quadro 8: Concentrações de alumínio (em mg/L)	44
Quadro 9: Concentrações de cálcio (em mg/L)	45
Quadro 10: Concentrações de cloreto (em mg/L)	46
Quadro 11: Concentrações de dureza (em mg/L)	47
Quadro 12: Concentrações de ferro (em mg/L)	48
Quadro 13: Concentrações de magnésio (em mg/L)	50
Quadro 14: Concentrações de potássio (em mg/L)	51
Quadro 15: concentrações de sódio (em mg/L)	52
Quadro 16: Concentrações de sulfato (em mg/L)	53
Quadro 17: Resultados dos isótopos radioativos	54
Quadro 18: Parâmetros de trabalho com organoclorados	55

1. INTRODUÇÃO

Os Parques Nacionais são porções do território brasileiro, que devido aos seus elevados atributos naturais, estão sob jurisdição do Governo Federal, garantindo-se assim seu caráter de bem estar da humanidade.

Em termos gerais, os objetivos dos Parques Nacionais consistem em preservar e conservar, para fins científicos, educativos, estéticos ou recreativos, os patrimônios culturais e naturais da nação. Ao respeitar-se a evolução natural, dentro de seus limites, fica assegurada a perpetuidade natural de aspectos superlativos da flora, fauna, geomorfologia, paisagem, água e outros recursos nele inseridos.

Criado em 30 de novembro de 1939 (Brasil, 1939), pelo então Presidente da República Getúlio Vargas, e com seus limites definidos em 1984, pelo Presidente João Batista Figueiredo (Brasil, 1984), o Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNA-SO/IBAMA) ocupa uma área de 10.000 hectares, entre as terras dos Municípios de Petrópolis, Magé, Guapimirim e Teresópolis. Neste último está a sua sede.

O PARNA-SO/IBAMA abrange áreas protegidas, com terrenos acidentados, picos, escarpas íngremes, encostas nuas e áreas de luxuriante vegetação. Possui inúmeros rios que nascem nas montanhas e, no seu curso, formam cachoeiras e corredeiras.

No PARNA-SO/IBAMA se destaca o pico Dedo de Deus (figura 1), com 1.692m de altura, que é a marca turística da região, tendo como ponto culminante a Pedra do Sino, a 2.263 m (Brasil, 2001).

Nas partes mais baixas da Serra dos Órgãos, a Mata Atlântica domina a paisagem e conforme a altitude aumenta, inicia-se a formação dos chamados campos de altitude.

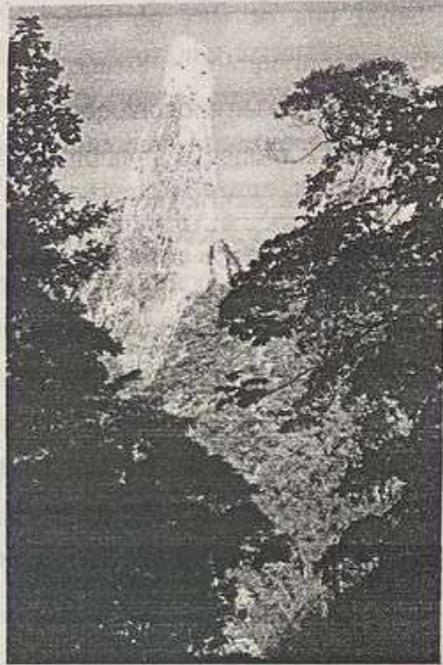


Figura 1: Dedo de Deus, Teresópolis, Rio de Janeiro.

A Mata Atlântica é uma floresta tropical úmida, com vegetação característica. Está entre os ecossistemas de maior biodiversidade do mundo. Desde 1988, a Constituição Federal declara a Mata Atlântica patrimônio nacional e, pela UNESCO, como Patrimônio da Humanidade em 1999 (UNESCO, 2004).

Originalmente, a Mata Atlântica ocupava 1.290.000 Km², ou seja, cerca de 12% do território brasileiro. Sua extensão levou à formação de diferentes ecossistemas, que incluem as faixas litorâneas do Atlântico, florestas de baixada e de encosta da Serra do Mar, florestas interioranas e matas de Araucária (Agência Estado, 2002).

Mesmo reduzida a cerca de 7% de seu território original e muito fragmentada, a Mata Atlântica possui uma importância social e ambiental muito grande. Para cerca de 70% da população brasileira que vive em seu domínio, ela regula o fluxo dos mananciais hídricos, assegura a fertilidade do solo, controla o clima e protege escarpas e encostas das serras, além de preservar um patrimônio histórico e cultural imenso. Na Mata Atlântica nascem diversos rios que abastecem as cidades e metrópoles brasileiras (Agência Estado, 2002).

Essa grande diversificação ambiental proporcionou à Mata Atlântica uma enorme diversidade biológica. O total de mamíferos, aves, répteis e anfíbios que ali existem, chega a 1.361 espécies, sendo que 567 são endêmicas (só ocorrem ali), representando 2% de todas as espécies do planeta, somente para esses grupos de vertebrados. A Mata Atlântica ainda possui 20.000 espécies de plantas - das quais 8.000 são endêmicas - e é o segundo maior bloco de floresta tropical do país.

Um levantamento realizado em 1996 na Estação Biológica de Santa Lúcia, no Espírito Santo, mostrou que, em apenas um hectare (1ha = 10.000m²) de Mata Atlântica, foram encontradas 476 espécies arbóreas, pertencentes a 178 gêneros e 66 famílias. É a maior diversidade de árvores do mundo, superando todos os valores conhecidos da Amazônia e demais florestas tropicais no mundo.

Apesar dessa grande biodiversidade, a situação é extremamente grave, pois das 202 espécies de animais ameaçadas de extinção no Brasil, 171 são da Mata Atlântica (Instituto Sócio-Ambiental, 2.000).

Um estudo da organização ambientalista *Conservation International* (CI) coloca a Mata Atlântica entre os cinco primeiros colocados na lista dos *Hot Spots*, áreas de alta biodiversidade mais ameaçadas do planeta e prioritárias para ações urgentes de conservação. Devido ao desmatamento - e à conseqüente perda de habitat - ainda acelerado e fora do controle dos órgãos públicos responsáveis.

A monitoração desse ecossistema realizado pela Fundação SOS Mata Atlântica, em parceria com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e o Instituto Sócio-ambiental (ISA), mostrou que, somente entre 1990 e 1995, mais de

meio milhão de hectares de florestas foram destruídos em nove estados nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, que concentram aproximadamente 90% do que resta da Mata Atlântica no país.

A conservação da qualidade da água, bem como preservação dos mananciais, para abastecimento humano, manutenção da biodiversidade e outras utilizações, depende da compreensão de que as águas superficiais e substâncias nela diluídas, são pequenas parcelas de uma região maior - a bacia hidrográfica - que compreende todo o território em que estão localizadas as nascentes, os rios, riachos e córregos que alimentam as represas, de onde são captadas as águas para as diversas finalidades de uso.

Ao fornecerem a água que se acumula nas represas, por exemplo, os cursos d'água podem transportar toda sorte de sedimentos, detritos e até poluentes que neles tenham sido despejados, diretamente, ou nas margens e/ou por aporte atmosférico. Por isso, pontos muito distantes das represas, as quais aparentemente não têm qualquer relação com ela podem influenciar na qualidade da água, justificando-se a manutenção das matas ciliares.

Além do despejo de substâncias poluentes e depósitos irregulares de lixo, outros fatores podem contribuir para impedir a recarga dos mananciais, tais como a impermeabilização do solo, resultante da urbanização não planejada das cidades, os desmatamentos indiscriminados, as atividades agrícolas sem controle de erosão, a ocupação de áreas protegidas e perda da mata ciliar.

Práticas como essas impedem a infiltração da água da chuva através do solo, a qual é responsável pela alimentação dos lençóis freáticos e, conseqüentemente, de todos os cursos d'água existentes na bacia hidrográfica. Os resultados dos fatores citados têm como conseqüência as inundações de verão. Além disso, grandes quantidades de solo são carreados para os rios, córregos e represas, tomando os cursos d'água mais rasos e, por isso, com menor quantidade de água.

Este estudo teve como objetivo, determinar o tipo de tratamento que eventualmente tenha de ser adotado, visando atender à Portaria nº 518-GM de 25/03/2004 do Ministério da Saúde (MS) e Resolução nº 357, de 17/03/2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) do Ministério do Meio Ambiente e ainda servir como base de dados de "background" ambiental, bem como auxiliar em outras pesquisas realizadas no âmbito do PARNA-SO/IBAMA nas áreas de ecologia, botânica e estudos da fauna silvestre.

Além disso efetuou-se um estudo sistemático, inédito, que permite avaliação do estado ²⁰⁰⁴ atual, de modo a permitir ações para conservação do ecossistema da região em conseqüência da qualidade da água, essencial para vida e manutenção do ecossistema. Na presente dissertação, além dos fatores comentados, destaca-se a importância da área sob jurisdição do PARNA-SO/IBAMA na qual onde estão inseridos mananciais e captações de água para distribuição e consumo humano e outras finalidades de uso nos Municípios de Teresópolis e Guapimirim.

Foram selecionados seis pontos de coleta, sendo três barragens na área sob jurisdição do PARNA-SO/IBAMA (Beija-flor, Britador e Parque Nacional), dois em barragens no seu entorno (Ingá e Cascata dos Amores) e um na Área de Proteção Ambiental do Jacarandá.

Em cada ponto, no período correspondente aos trabalhos experimentais realizados nesta dissertação, procedeu-se à determinação de parâmetros físicos (sólidos totais dissolvidos (STD), pH, temperatura), químicos (metais, dureza, oxigênio dissolvido, nutrientes, compostos orgânicos e pesticidas), microbiológicos (coliformes totais) e de radioatividade (radioatividade total e radionuclídeos), em um total de 2.652 determinações analíticas.

As origens de Teresópolis datam do século XVII.

A primeira ocupação efetiva de Teresópolis, que possui uma topografia acidentada, iniciou em 1788 pelo Sr. Baltazar da Silva Leão, que em sua fazenda ocupava a área e fundou a Capela do Santo Padre e depois se tornou o primeiro a partir de 1821, quando o português de descendência inglesa George Mackenzie criou uma grande fazenda e transformou-a em uma fazenda modelo, com um núcleo urbano onde atualmente se encontra o Bairro do Alto.

A fazenda denominou-se Santo Antônio ou Sant'Ana da Paqueta e acabou por gerar o núcleo povoado de suas dependências ao longo do caminho que ligava a Corte à Província das Minas, desenvolvendo-se durante o século XIX e sua expansão, por obra e graça da região.

Apesar de que muitos acreditam, não o deslocamento de pessoas de Teresópolis para outras localidades verificou-se no século XIX, mas o crescimento que ocorreu na Minas Gerais em direção ao Sul, em função dos lucros da extração aurífera, tornando por Teresópolis, uma área estratégica para o comércio de produtos. Foi um momento, a que se refere ao deslocamento para o sentido Sul-Norte, com o advento da ligação ferroviária entre a Teresópolis, em 1934, permitindo o comércio de mercadorias e a instalação posterior do Distrito de Teresópolis, como Anexo do Município de Paqueta.

Quando em 6 de julho de 1967, através do Decreto nº 250, de 1967, o Governador Francisco Portela, a origem e origem é considerada o município passando a denominar-se Teresópolis, sendo o seu território desmembrado do Município de Maqui (Caramuru, 2007).

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

2.1 Município de Teresópolis

Teresópolis - "Cidade de Teresa" - é uma homenagem à Teresa Cristina, esposa de D. Pedro II. A família imperial encantou-se profundamente com as belezas naturais e clima desta bela região serrana, onde em freqüentes visitas e períodos de férias na região, descansavam. As origens de Teresópolis datam, entretanto, da primeira metade do século XIX.

A primeira descrição oficial de Teresópolis, que possui clima tropical de altitude, foi feita em 1788 pelo Dr. Baltazar da Silva Lisboa, que em seu relato descrevia a serra e também a Cascata do Imbuí. Porém a região só se tornou conhecida a partir de 1821, quando o português de descendência inglesa George March adquiriu uma grande gleba e transformou-a em uma fazenda modelo, com sua sede localizada onde atualmente se encontra o Bairro do Alto.

A fazenda denominava-se Santo Antônio ou Sant'Ana do Paquequer e acabou por gerar o primeiro povoado de maior importância ao longo do caminho que ligava a Corte à Província das Gerais, desenvolvendo de maneira considerável a sua agricultura, pecuária e veraneio da região.

Ao contrário do que muitos pensam, todo o crescimento e posterior desenvolvimento deste pequeno núcleo se verificou no sentido Norte-Sul, isto é, os comerciantes que vinham das Minas Gerais em direção ao Porto da Estrela, nos fundos da Baía da Guanabara, passando por Petrópolis, viam esta região como ponto estratégico de repouso. Só bem mais tarde, é que o fluxo foi alterado para o sentido Sul-Norte, com o advento da ligação rodoviária unindo o Rio a Teresópolis, em 1959. Lentamente, o povoado foi se desenvolvendo e, em 1855, passou à categoria de Freguesia de Santo Antônio do Paquequer.

Somente em 6 de julho de 1891, através do Decreto de nº 280 do então Governador Francisco Portela, a freguesia é alçada à condição de município, passando a denominar-se Teresópolis, sendo o seu território desmembrado do Município de Magé. (Teresópolis, 2001).

2.2 Clima e Vegetação

A cidade de Teresópolis, a 871m[?] do nível do mar, localizada na Serra dos Órgãos, apresenta-se ao redor do Parque Nacional, cercada de área verde, rios, cascatas, somadas à fauna e flora regionais pertencentes à Mata Atlântica (Brasil, 2001).

O clima na região é tropical de altitude, sendo a vegetação composta por Mata Atlântica, nas regiões mais baixas, e Campos de Altitude, nas regiões mais altas (Brasil, 2001). O período de chuvas compreende os meses de novembro a fevereiro, com médias pluviométricas variando de 188 mm a 341 mm e o período de estio ocorre nos meses de junho a agosto, com médias pluviométricas de 22 a 45 mm. (INMET, 2002).

Na figura 2, está apresentada a média mensal da precipitação pluviométrica em mm, na região de Teresópolis (INMET, 2002). *← calculada durante qual período? (só 2002?)*

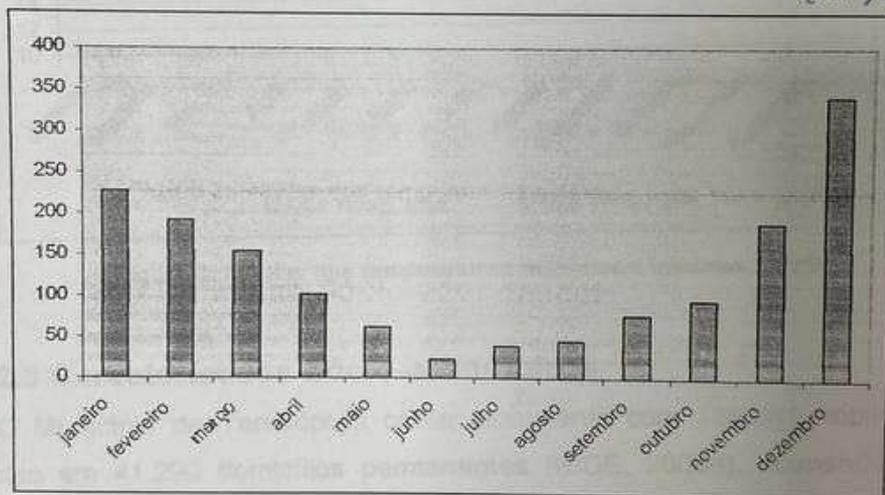


Figura 2: Média pluviometria (em mm)

*10 anos
(1982)*

A variação de temperatura segue um perfil semelhante ao das chuvas. No período de junho a agosto é que ocorrem as temperaturas mais baixas, e de dezembro a fevereiro as temperaturas são mais elevadas, como era de se esperar devido às estações do ano. A figura 3 mostra as médias das temperaturas extremas, observadas na região de Teresópolis, em 2002. (INMET, 2002)

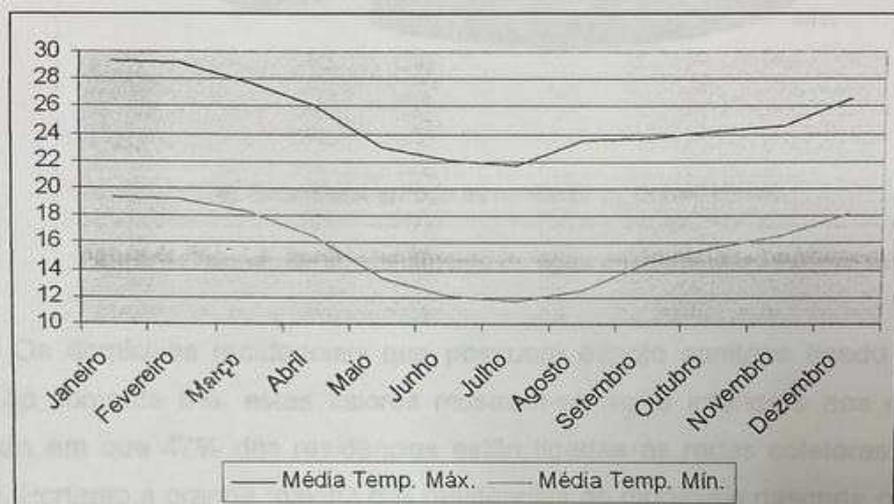


Figura 3: Médias das temperaturas máximas e mínimas (em°C)

10 anos
(1982)

2.3 Características Sócio-econômicas

O Município de Teresópolis conta atualmente com 138.081 habitantes, distribuídos em 41.293 domicílios permanentes (IBGE, 2000a), ocupando uma área total de 770,48 km² (IBGE, 2000a).

A rede de distribuição pública de águas da cidade atende a 64% de sua população. O restante usa água de poços ou de nascentes, que na maioria dos casos não possui estudo da qualidade ou tratamento prévio para o consumo, conforme mostrado na figura 4 (Fonte: IBGE, Censo demográfico 2000).

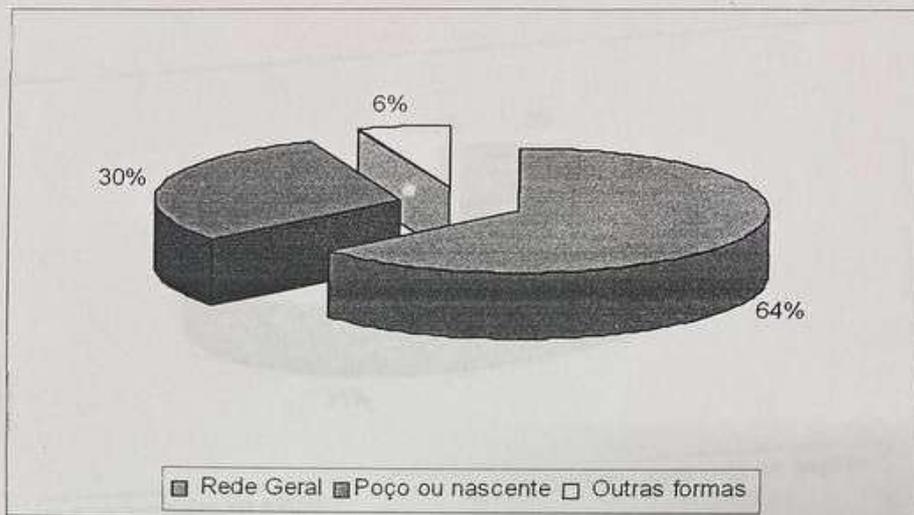


Figura 4: Formas de abastecimento de água em domicílios permanentes

Os domicílios residenciais que possuem esgoto sanitário ligado à rede geral são somente 8%, estes valores mostram-se muito inferiores aos padrões nacionais em que 47% das residências estão ligadas às redes coletoras (IBGE, 2000b). Portanto a grande maioria das residências do município descarta o esgoto sanitário *in natura* nos cursos d'água ou utilizam fossa, e procedem a infiltração no solo através de sumidouros, com possibilidade de contaminação do lençol freático.

A situação do esgotamento sanitário em residências permanentes (Fonte: IBGE, Censo Demográfico, 2000) está descrita na figura 5.



Figura 5: Esgotamento sanitário em residências permanentes

A região em questão tem sua força econômica principalmente voltada para o agro-negócio e o turismo. Onde se pode destacar a produção de tomates e tangerinas (IBGE, 1999a) e as atividades de olericultura tradicional e orgânica, ao longo da estrada Teresópolis-Friburgo, que abastece os municípios do Rio de Janeiro e Grande Rio, conforme mostrado nas figuras 6 e 7.

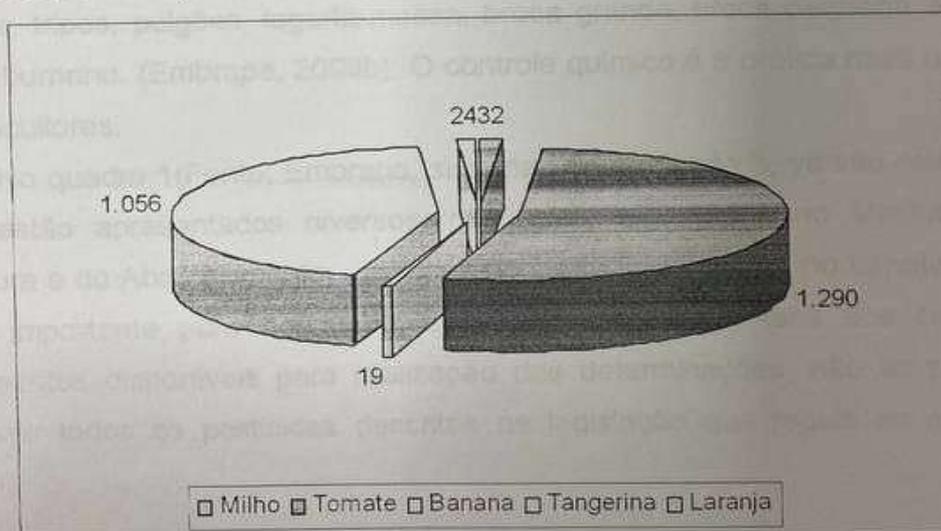


Figura 6: Produção agrícola (em mil reais), no ano de 1999

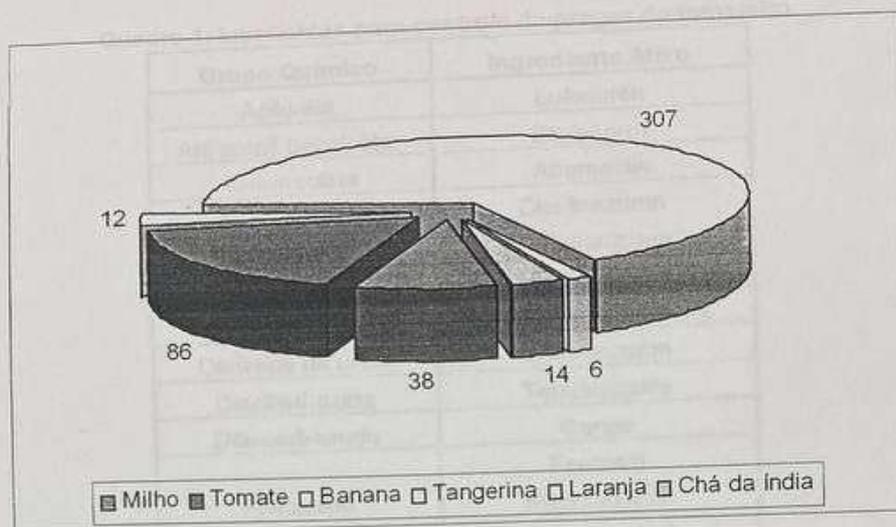


Figura 7: Área ocupada (em hectares), ano 1999.

Nas culturas de tomates, de modo geral, sugere-se a aplicação de 80 a 120 kg/ha de N (Nitrogênio), 300 a 450 kg/ha de P_2O_5 (Pentóxido de Fósforo) e 50 a 100 kg/ha de K_2O (Óxido de Potássio) (Embrapa, 2003a). Além desses macronutrientes, também devem ser adicionados micro-nutrientes como: cálcio, magnésio, enxofre, boro, zinco, molibdênio, cobre, manganês e ferro. As principais pragas do tomateiro são: traça-do-tomateiro, mosca branca, ácaros, larva minadora, tripses, pulgões, lagarta-mosca, broca grande, broca pequena, lagarta-militar e burrinho. (Embrapa, 2003b). O controle químico é a prática mais utilizada pelo agricultores.

No quadro 1(Fonte: Embrapa, sistemas de produção 3, versão eletrônica, 2003), estão apresentados diversos inseticidas, registrados no Ministério da Agricultura e do Abastecimento, utilizados no controle de pragas no tomateiro, um cultivar importante para economia local. Na dissertação, face aos custos e equipamentos disponíveis para realização das determinações, não foi possível determinar todos os pesticidas descritos na legislação que regula os recursos hídricos.

Quadro 1: Inseticidas para controle de pragas do tomateiro.

Grupo Químico	Ingrediente Ativo
Aciluréia	Lufenuron
Aril propil benzil éter	Etofenprox
Avermectina	Abamectin
Benzoiluréia	Clorfluazuron
	Teflubenzuron
	Triflumuron
Biológico	<i>Bacillus thuringiensis</i>
Derivado da uréia	Diflubenzuron
Diacíliadrazina	Tebufenozide
Ditiocarbamato	Cartap
Fosforado	Fentoato
	Metamidopos
	Paratíon Metil
Piretróide	Betaciflutrin
	Ciflutrin
	Cipermetrin
	Deltametrin
	Esfenialerate
	Fenpropatrin
	Fenialerate
	Lambdacialotrin
	Permetrin
	Ermetrin
Zetacipermetrin	

Outra atividade econômica de expressão, em Teresópolis, é a avicultura especialmente na produção de ovos e pintos. Há criação de galos, frangas, frangos para abate, bovinos (sendo 769 cabeças usadas na produção de leite), eqüinos e rebanhos de suínos, caprinos e ovinos, nos percentuais indicados na figura 8 (IBGE, 1999b).

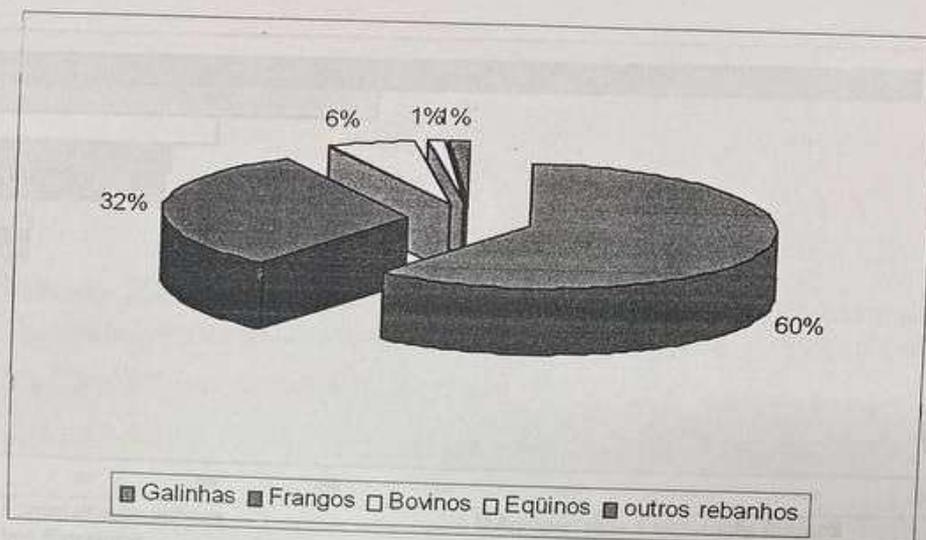


Figura 8: Efetivo dos rebanhos

O Município de Teresópolis possui 3.668 sedes de empresas legalizadas (IBGE, 1998). A atividade com maior número de estabelecimentos, 1.562 unidades, é a do tipo comercial, incluídas neste caso estão empresas de recuperação de veículos automotores e venda de objetos pessoais e domésticos, seguido de 666 estabelecimentos de atividades imobiliárias e 407 empreendimentos que atuam na área de alojamento e alimentação. Vale lembrar que Teresópolis possui 320 empresas no ramo da indústria de transformação e 16 indústrias extrativas.

Na figura 9, podemos observar a distribuição das empresas com sede no Município de Teresópolis.

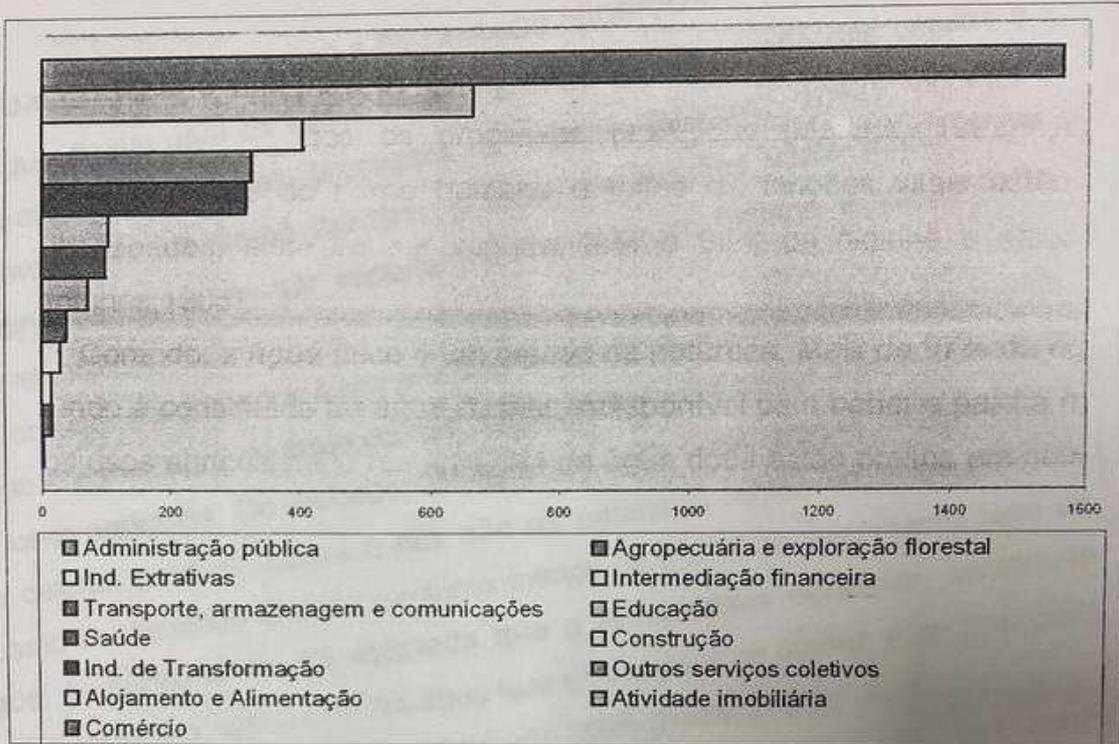


Figura 9: Empresas por ramo de atividade

3 QUALIDADE DAS ÁGUAS E RECURSOS HÍDRICOS

A água é vital para os seres vivos, participa da concepção das células e toma parte de todos os processos biológicos (Martins, 1992). A água representa 70% do corpo humano e todas as funções vitais estão a ela subordinadas, além de ser importantíssimo fator de higiene e salubridade (Antunes, 1986).

Contudo, a água doce é um prêmio da natureza. Mais de 97% da água do mundo é constituída de água do mar, indisponível para beber e para a maioria dos usos agrícolas. Do restante, 3/4 da água doce estão presos em geleiras e nas calotas polares. Lagos e rios são as principais fontes de água potável, mesmo constituindo em seu conjunto menos de 0,01% do suprimento total de água. Recentemente, foi estimado que a humanidade consome, sobretudo para agricultura, um quinto da água que escoia para os mares; e as previsões indicam que esta fração triplicará no ano 2025 (Baird, 2002).

Os recursos hídricos são utilizados nos mais diversos fins, tais como: abastecimento doméstico e industrial, irrigação, recreação, geração de energia e no transporte, entre outros. Porém, para atender a todos estes usos, a água raramente existe em quantidade, qualidade e localização ideais às necessidades do homem. Portanto, a sociedade deve participar de atividades educacionais relacionadas com a proteção de mananciais, e sustentabilidade do meio ambiente.

Segundo Sewell (1978), o uso da água pode ser dividido em quatro grandes grupos: uso físico direto pelo homem e animais domesticados; uso direto na agricultura e indústria; uso psicológico como parte de nosso ambiente estético e cultural; uso ecológico como componente vital no sistema de sustentação da vida na Terra.

A utilização da água pode ter caráter consuntivo, quando a água é captada do seu curso natural e somente parte dela retorna ao curso d'água de origem, ou não consuntivo, quando toda a água captada retorna ao curso d'água de origem (Amaral, 2002).

O quadro 2 apresenta uma classificação sistemática dos usos da água, segundo a ANA/ANEEL.

Quadro 2: Tipos de uso da água, requisitos de qualidade e efeitos

FORMA	FINALIDADE	TIPO DE USO	USO CONSUNTIVO	REQUISITOS DE QUALIDADE	EFEITOS NAS ÁGUAS
Com derivação das águas	Abastecimento urbano	Abastecimento doméstico, industrial, comercial e público	Baixo, em torno de 10% sem contar as perdas nas redes	Altos ou médios influenciando no custo do tratamento	Poluição orgânica e bacteriológicas
	Abastecimento Industrial	Sanitário de processo, incorporação	Médio, em torno de 20% variando com o tipo de uso e de indústria	Médios, variando com o tipo de uso	Poluição orgânica, substâncias tóxicas, elevação da temperatura
	Irrigação	Irrigação artificial de culturas agrícolas	Alto, em torno de 90%	Médios, dependendo do tipo de cultura	Carreamento de agrotóxicos e fertilizantes
	Abastecimento	Doméstico ou para dessedentação de animais	Baixo, em torno de 10%	Médios	Alterações na qualidade com efeitos difusos
	Aqüicultura	Estações de piscicultura e outras	Baixo, em torno de 10%	Altos	Carreamento de matéria orgânica
Sem derivação das águas	Geração de energia elétrica	Acionamento de turbinas hidráulicas	Perdas por evaporação do reservatório	Baixos	Alterações no regime e qualidade das águas
	Navegação Fluvial	Manutenção de calados mínimos e eclusas	Não há	Baixos	Lançamento de óleos e combustíveis
	Recreação, lazer e harmonia paisagística	Natação e outros esportes com contato direto	Lazer contemplativo	Altos especialmente na recreação de contato primário	Não há
	Pesca	Com fins comerciais de espécies naturais	Não há	Altos nos corpos de água corrente, lagos ou reservatórios artificiais	Alterações na qualidade após mortandade de peixes
	Assimilação de esgotos	Diluição, autodepuração e transporte de esgotos urbanos e industriais	Não há	Não há	Poluição orgânica, física, química e bacteriológica
	Usos de preservação	Vazões para assegurar o equilíbrio ecológico	Não há	Médios	Melhora da qualidade das águas

Fonte: ANEEL e ANA (2001 *apud* Amaral 2002)

3.1 Classificação das águas em território brasileiro

Os diferentes tipos de águas, no território nacional, estão claramente classificadas pela Resolução CONAMA nº 357 do MMA, de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes, conforme o quadro 3 (Resolução CONAMA nº 357/05):

Quadro 3: Classificação das águas quanto à salinidade

Classificação	Salinidade
Água doce	Igual ou inferior a 0,5 ‰
Água salobra	Entre 0,5 e 30 ‰
Água Salgada	Superior a 30 ‰

Quanto às classes a mesma resolução CONAMA nº 357/05 em seu artigo 1º classifica as águas doces conforme a seguir:

I - Classe Especial - águas destinadas a:

- a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II - Classe 1 - águas destinadas a:

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

III - Classe 2 - águas destinadas a:

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

IV - Classe 3 - águas destinadas a:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à pesca amadora;
- d) recreação de contato secundário, e;
- e) dessedentação de animais

V - Classe 4 - águas destinadas a:

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

Para que a água seja considerada potável, após o tratamento convencional, os parâmetros físico-químicos, microbiológicos e radiotativos, devem estar de acordo com a Portaria nº 518-GM M.S., que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências, revogando a Portaria nº 1469, de dezembro de 2000. Os parâmetros, unidades de expressão e os valores máximos permitidos (VMP), conforme Portaria 518-GM/2004, estão indicados no Quadro 4, transcrito "ipsis literis".

quais falta? - DBO/DBO, coliformes parciais/totais

Quadro 4: Valores máximos permitidos para o consumo humano.

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP
INORGÂNICAS		
Alumínio	mg/L	0,2
Amônia	mg/L	1,5
Antimônio	mg/L	0,005
Arsênio	mg/L	0,01
Bário	mg/L	0,7
Cádmio	mg/L	0,005
Cianeto	mg/L	0,07
Chumbo	mg/L	0,01
Cloreto	mg/L	250
Cobre	mg/L	2
Cromo	mg/L	0,05
Dureza	mg/L	500
Ferro	mg/L	0,3
Fluoreto	mg/L	1,5
Manganês	mg/L	0,1
Mercúrio	mg/L	0,001
Nitrato	mg/L	10
Nitrito	mg/L	1
Selênio	mg/L	0,01
Sódio	mg/L	200
Sulfato	mg/L	250
Sulfeto de hidrogênio	mg/L	0,05
Zinco	mg/L	5
ORGÂNICOS		
Acrilamida	µg/L	0,5
Benzeno	µg/L	5
Benzo[a]pireno	µg/L	0,7
Cloreto de Vinila	µg/L	5
1,2 Dicloroetano	µg/L	10
1,1 Dicloroetano	µg/L	30
Diclorometano	µg/L	20
Estireno	µg/L	20
Etilbenzeno	mg/L	0,2
Monoclorobenzeno	mg/L	0,12
Tetracloroeto de Carbono	µg/L	2
Tetracloroetano	µg/L	40
Triclorobenzenos	µg/L	20
Tricloroetano	µg/L	70
Surfactantes	mg/L	0,5
Xileno	mg/L	0,3

AGROTÓXICOS		
Alaclor	µg/L	20,0
Aldrin e Dieldm	µg/L	0,03
Atrazina	µg/L	2
Bentazona	µg/L	300
Clordano (isômeros)	µg/L	0,2
2,4 D	µg/L	30
DDT (isômeros)	µg/L	2
Endossulfan	µg/L	20
Endrin	µg/L	0,6
Glifosato	µg/L	500
Heptacloro e Heptacloro epóxido	µg/L	0,03
Hexaclorobenzeno	µg/L	1
Lindano (γ-BHC)	µg/L	2
Metolacloro	µg/L	10
Metoxicloro	µg/L	20
Molinato	µg/L	6
Pendimetalina	µg/L	20
Pentaclorofenol	µg/L	9
Permetrina	µg/L	20
Propanil	µg/L	20
Simazina	µg/L	2
Trifluralina	µg/L	20
CIANOTOXINAS		
Microcistinas	µg/L	1,0
DESINFETANTES E PRODUTOS SECUNDÁRIOS DA DESINFECÇÃO		
Bromato	mg/L	0,025
Clorito	mg/L	0,2
Cloro livre	mg/L	5
Monocloramina	mg/L	3
2,4,6 Triclorofenol	mg/L	0,2
Tri-halometanos Total	mg/L	0,1
RADIOATIVIDADE		
Radioatividade alfa global	BQ/L	0,1
Radioatividade beta global	BQ/L	1,0
FÍSICOS		
Cor aparente	Uh	15
Odor	-	Não objetável
Gosto	-	Não objetável
Sólidos totais dissolvidos	mg/L	1.000
Turbidez	UT	5

Fonte: Portaria 518 de 25 de março de 2004, Ministério da Saúde, Brasil."

3.2 Poluição e contaminação dos rios

O problema da poluição das águas não é recente, porém, com o crescimento da população humana, o desenvolvimento industrial e a urbanização das sociedades, este problema agravou-se, passando a despertar a preocupação mundial.

De modo geral a poluição das águas pode ser entendida como por uma ou mais das seis condições seguintes: perda do oxigênio dissolvido, contaminação patogênica, presença de nutrientes, produtos químicos nocivos e insultos estéticos, como turbidez e coloração.

A Lei nº 6.938/81, que trata da Política Nacional do Meio Ambiente, define a poluição como sendo: "a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente prejudiquem a saúde, a segurança e o bem estar da população, que criem condições adversas às atividades sócio-econômicas, que afetem desfavoravelmente a biota, que afetem condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente e lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos" (Brasil, 1981).

A poluição dos cursos d'água pode ter origens naturais, como as precipitações atmosféricas, retornando ao solo e água materiais dispersos na atmosfera, erosão do solo, que carreiam substâncias contidas nos solos, decomposição dos vegetais, etc. Neste aspecto deve-se considerar poluição antrópica, porque tem composição complexa e dificilmente são recicláveis biologicamente através da autodepuração dos rios (Amador, 2003).

A tabela 1 relaciona as principais fontes de contaminação dos corpos d'água, segundo Macedo (2002).

O Brasil tem uma série de registros de acidentes ambientais, destacando-se devido às suas magnitudes, o acidente ocorrido em julho de 2000, com o vazamento de 4 milhões de litros de óleo de um duto da Petrobrás, que contaminou seriamente os rios Barigui e Iguaçu, no Paraná. E o que envolveu a Indústria de Papel e Celulose Cataguazes, em Minas Gerais, em que 1,2 bilhão de litros de efluentes foram lançados no Rio Pomba, afluente do Rio

Paraíba do Sul, após a ruptura de uma barragem, que causou transtornos no abastecimento de água em várias cidades, bem como impedimento da pesca em parte do litoral norte fluminense.

Tabela 1: Principais Fontes de Poluição de águas

FONTES		
Poluição Natural	Poluição não associada à ação humana	- Chuvas e escoamento Superficial
		- Salinização
Poluição Industrial	Constitui-se de resíduos líquidos dos processos industriais	- Decomposição de vegetais e animais mortos
		- Fábricas de papel e Celulose
Poluição Urbana	Resíduos líquidos e sólidos	- Usinas de açúcar e Destilarias de álcool
		- Refinarias de petróleo
Poluição agro-pastoril	Poluição decorrente das atividades ligadas à agricultura e pecuária	- Siderúrgicas e metalúrgicas
		- Industrias têxteis
Poluição por mineração	Poluição relativa às atividades de mineração	- Curtumes
		- Laticínios
Poluição acidental	Poluição proveniente de acidentes	- Esgotos domésticos lançados direta ou indiretamente nos cursos d'água
		- Praguicida
		- Fertilizantes
		- Excremento animal
		- Erosão
		- Disposição de materiais inertes que sobram
		- Presença de elementos Tóxicos
		- Decorre de derramamento de materiais (na linha de produção ou transporte) <i>ou armazenamento</i>

Fonte: Macedo, J.A.B. ; Introdução a Química Ambiental, 2000.

3.3 A Política de Recursos Hídricos

3.3.1 Política Nacional de Recursos Hídricos

A gestão dos recursos hídricos no Brasil teve início com o Código das Águas de 1934, que estabelecia conceitos e definições, concessões para o uso da água, o pagamento pelo uso da mesma pelo setor elétrico, a formação de consórcios entre outros (Brasil, 1934).

Em 1988, a Constituição Federal realizou alterações importantes em diversos aspectos do Código das Águas, dentre eles a extinção do domínio privado da água e o estabelecimento de apenas dois domínios para os corpos d'água no Brasil, da União, que compreendem aqueles que cruzam estados e fronteiras do país, e os de domínio Estadual.

Por sua vez a Lei nº 9.433/97, mais conhecida como a Lei das Águas, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SINGERH), tendo como base deste sistema os comitês de bacia.

Com o objetivo de implementar a PNRH, diversos instrumentos, apontados na Lei nº 9.433/97 (Brasil, 1997), estão em fase de implementação ou em estudo:

- ✓ Os Planos de Recursos Hídricos (Planos de Bacias Hidrográficas, Planos Estaduais e Plano Nacional), constituindo-se de instrumentos básicos de gestão, sendo planos estratégicos de longo prazo, propondo diretrizes e metas.
- ✓ O enquadramento dos corpos d'água em classes de usos preponderantes, sendo o instrumento balizador da recuperação e manutenção da qualidade da água disponível.
- ✓ Outorga do direito de uso de Recurso Hídrico, tendo como objetivo o controle do quantitativo e qualitativo das águas superficiais e/ou subterrâneas.
- ✓ Cobrança pelo uso da água, que pode funcionar como mecanismo fomentador, disciplinador e educativo.

- ✓ Compensação aos Municípios pela ocupação de terras municipais em inundações por reservatórios artificiais.
- ✓ Sistema Nacional de informações sobre recursos hídricos, sendo o instrumento que serve de base a todos os anteriores.

Conforme as leis 9.433/97 e 9.984/00 (Brasil, 2000b) foi criada uma nova estrutura institucional para a gestão compartilhada do uso da água. O SINGREH, é integrado pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), órgão mais elevado na hierarquia, ao qual cabe decidir sobre as grandes questões do setor, Secretaria de Recurso Hídricos, vinculada ao Ministério do Meio Ambiente, que é a secretaria executiva do CNRH.

A Agência Nacional de Águas (ANA) tem a incumbência de implementar os instrumentos da PNRH, dentre eles os seguintes: os Comitês de Bacia, constituídos por representantes dos poderes públicos, dos usuários das águas e das organizações civis, tendo atribuições normativas, consultivas e deliberativas; as Agências de Águas são as responsáveis pela implementação das deliberações dos Comitês de Bacia, estruturando-se como um órgão executivo.

3.3.2 Política Estadual de Recursos Hídricos

Cabe aos poderes executivos estaduais, em sua área de competência, outorgar o direito de uso dos recursos hídricos, regulamentar e fiscalizar seus usos bem como promover a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental. (IBAMA, 2002).

No Estado do Rio de Janeiro, há falta de um maior incremento e divulgação de planejamento abrangente, de controle e fiscalização na utilização dos recursos hídricos. Portanto, disponibilidade hídrica começa a ser motivo de preocupação, pelo aspecto quantitativo e qualitativo das águas, devido ao crescimento da população e interesse dos governos estaduais e municipais na implantação de novos empreendimentos agrícolas, comerciais e industriais, objetivando o crescimento econômico.

4 PARTE EXPERIMENTAL

4.1 Metodologia de Coleta

As coletas foram planejadas de modo obter dados nos períodos de maior pluviosidade e período de estiagem (conforme pode ser observado na figura 1), realizando coletas durante 5 (cinco) semanas seguidas. No período intermediário foram feitas coletas mensais, exceto no mês de dezembro em que, por motivo de força maior, não foi possível realizá-la, perfazendo 13 (treze) coletas, num total de 78 amostras. A periodicidade das coletas e datas estão mostradas no quadro 5:

Quadro 5: Datas das coletas de água realizadas

Coleta #	Data	Coleta #	Data
1	01/07/2003	8	28/11/2003
2	08/07/2003	9	13/01/2004
3	15/07/2003	10	20/01/2004
4	22/07/2003	11	27/01/2004
5	30/07/2003	12	03/02/2004
6	04/09/2003	13	09/02/2004
7	27/10/2003		

*representatividade?
significativa
estatística?*

Os pontos de coleta determinados foram selecionados dentre as barragens, avaliando-se algumas variáveis importantes como a preservação da área (cobertura vegetal), importância para o ecossistema e para saúde pública e a acessibilidade aos pontos de captação. Todos os 6 (seis) pontos escolhidos no Município de Teresópolis, são utilizados na captação de águas para abastecimento da população local.

No quadro 6 estão listados os dados georreferenciados por GPS (Global Position System) dos pontos de coleta, utilizando o Datum WGS84.

6 locais, 13 amostras cada, de 1 ano só

(este ano foi atípico??)

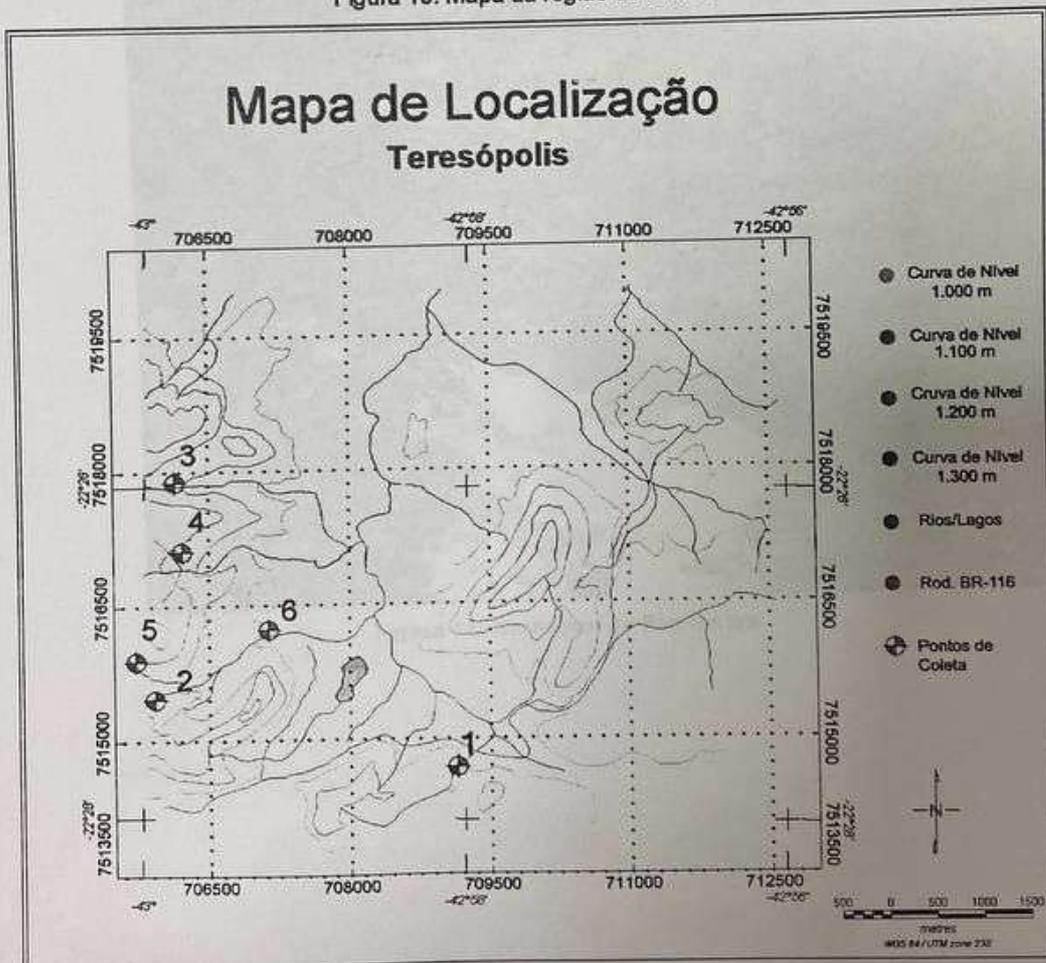
qual a situação durante cada coleta (chuvendo, volume do rio, hora/sol, etc.)?

Quadro 6: Georreferenciamento dos pontos de coleta (Datum: WGS84)

Nº	Local	Latitude	Longitude
1	Penitentes	22° 27' 40,9" S	42° 58' 02,9" W
2	Britador	22° 27' 17,0" S	42° 59' 55,6" W
3	Cascata dos Amores	22° 25' 58,3" S	42° 59' 49,1" W
4	Ingá	22° 26' 23,5" S	42° 59' 46,3" W
5	Beija-Flor	22° 27' 03,2" S	43° 00' 02,7" W
6	Parque Nacional	22° 26' 51,7" S	42° 59' 14,0" W

Na figura 10, está apresentado o mapa de localização dos pontos de coleta.

Figura 10: Mapa da região de estudo



Ponto 1 – Barragem de Penitentes

Situa-se em área de proteção ambiental, no Parque Estadual dos Três Picos, sob gestão do Instituto Estadual de Florestas (IEF), próxima a estrada BR-116 (Rio – Bahia), em local de difícil acesso, com subidas íngremes e no meio da mata. É a que apresenta o maior espelho d'água e mata ciliar preservada. Abastece a área da Granja Comary, sofisticado bairro de Teresópolis onde localiza-se o Centro de Treinamento da CBF. Sendo desinfectada por meio de pastilhas de hipoclorito de cálcio ou sódio.



Figura 11: Barragem de Penitentes

Ponto 2 – Barragem do Britador

Situa-se em área sobre proteção do PARNA-SO/IBAMA, em local de difícil acesso, localizada no meio da mata. Suas águas são coletadas e distribuídas pela CEDAE-RJ para abastecimento em parte do Bairro do Alto, sem qualquer procedimento de desinfecção de suas água.

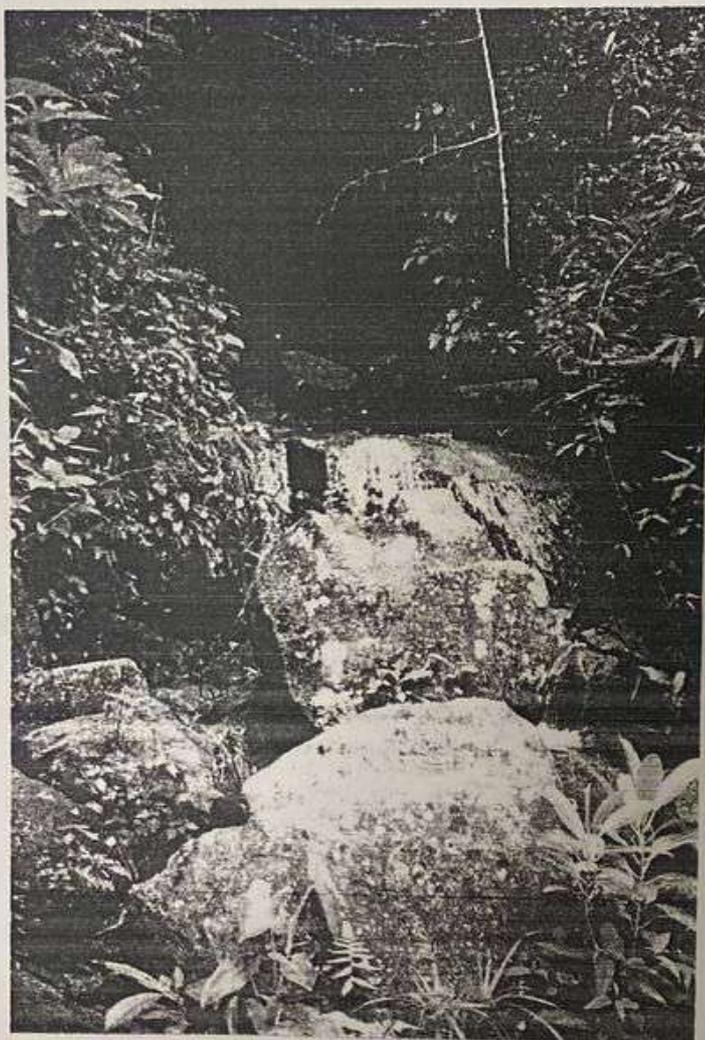


Figura 12: Barragem do Britador

Ponto 3 – Barragem Cascata dos Amores

Localizada no interior de propriedade particular, em área de cobertura vegetal preservada e no entrono do PARNA-SO/IBAMA. A CEDADE-RJ coleta e distribui a água desinfetada por cloro gasoso, para comunidade conhecida como Cascata dos Amores.

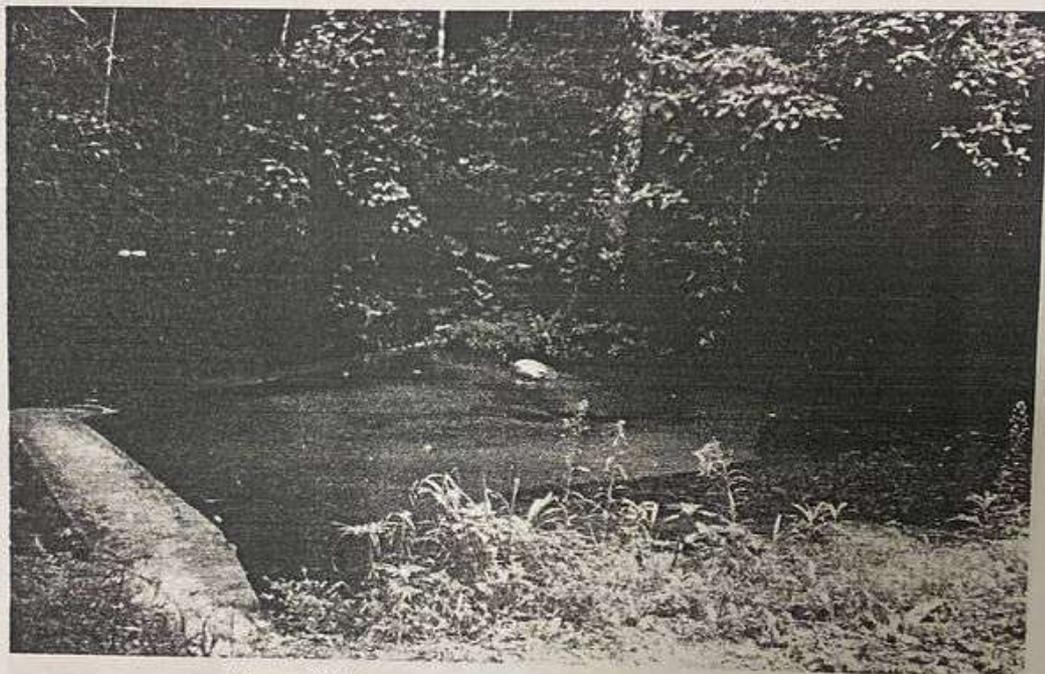


Figura 13: Barragem da Cascata dos Amores

Ponto 4 – Barragem Ingá

Com a cobertura vegetal mais sujeita à ação antrópica por ser considerada um local turístico devido a proximidade de pousadas e fácil acesso por trilha, localiza-se no entorno do PARNA-SO/IBAMA e suas águas atendem à região do Ingá. A montante do ponto de coleta a mata encontra-se preservada. Sua água é coletada e distribuída pela CEDAE-RJ, desinfetada por cloro gasoso.

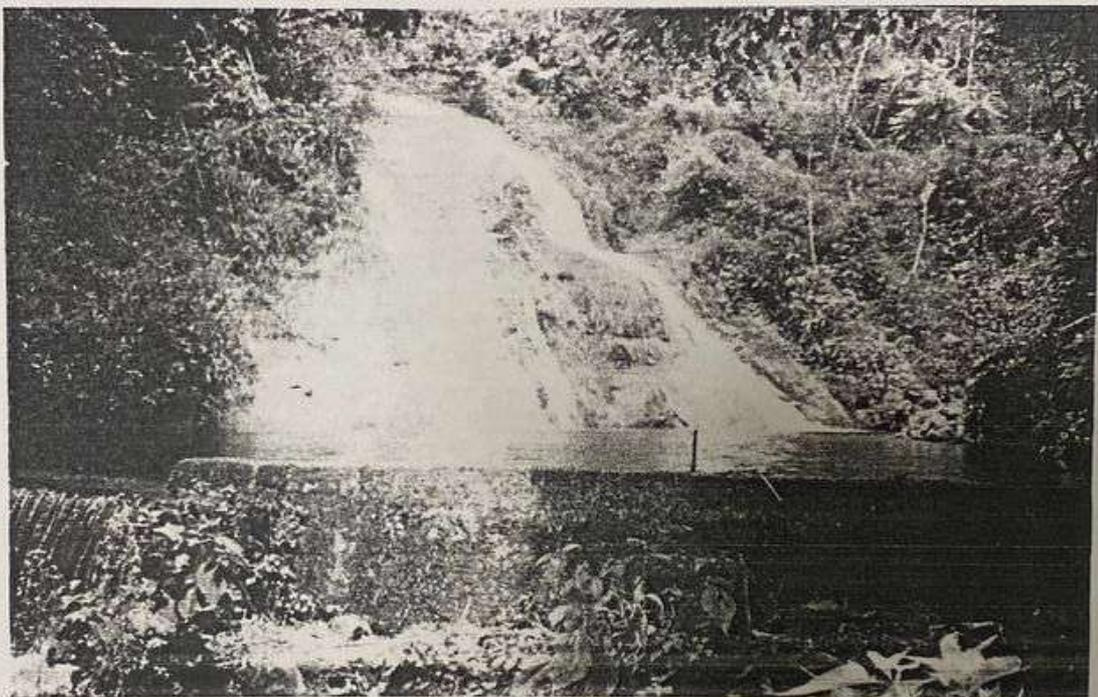


Figura 14: Barragem do Ingá

Ponto 5 – Barragem do Beija-flor

Localizada na área de preservação e espelho d'água de área média, sob jurisdição do PARNA-SO/IBAMA, situa-se no final da estrada do Parque Nacional, de fácil acesso ao público, a mata ciliar apresenta-se em bom estado de conservação. É ponto de captação de água pela Companhia Estadual de Águas e Esgotos (CEDAE-RJ), para abastecer parte do Bairro do Alto, sendo desinfectada por cloro gasoso.



Figura 15: Barragem do Beija-flor

Ponto 6 -Barragem Parque Nacional

Próxima da sede do PARNA-SO/IBAMA e de residências vizinhas, observa-se que a mata ciliar já está submetida à pressão antrópica e ajuzante são encontrados pontos de descarte de esgoto doméstico. Como as demais águas coletadas no PARNA-SO/IBAMA, atende a região do Bairro do Alto, e sofrem desinfecção por cloro gasoso.

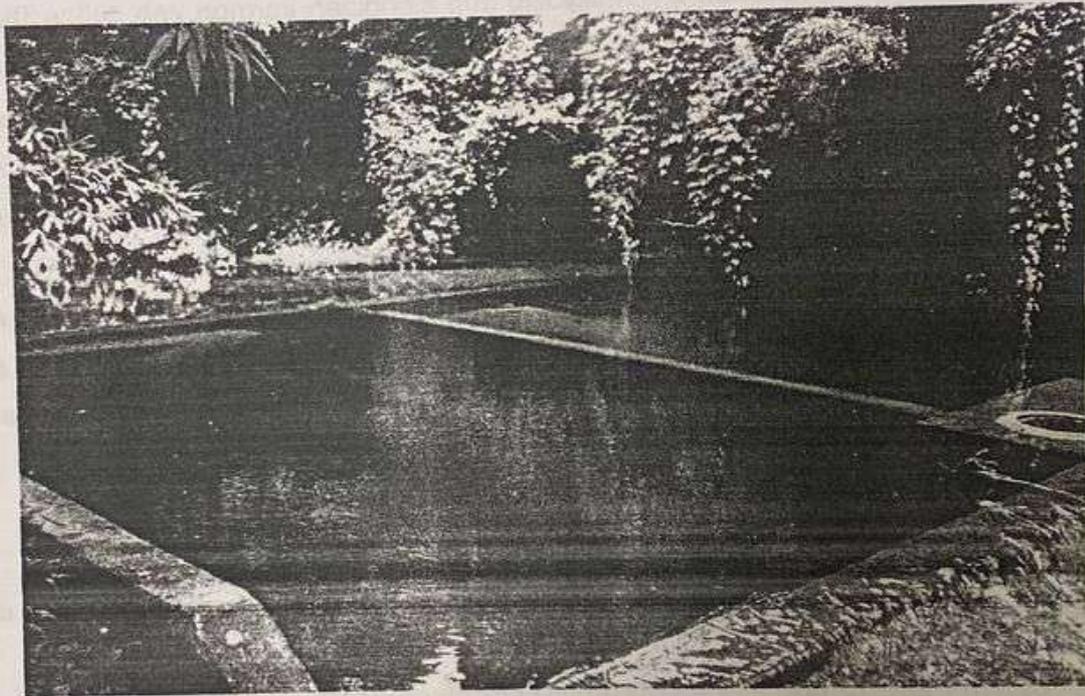


Figura 16: Barragem Parque Nacional

4.2 Metodologia Analítica

Todas as 2.652 determinações analíticas correspondentes a 78 amostras, coletadas no período de julho de 2003 a fevereiro de 2004, foram analisadas em triplicata, de forma garantir a repetitividade dos dados adquiridos.

Os procedimentos analíticos realizados neste trabalho obedeceram aos aceitos comumente em laboratórios e em particular ao disposto no Art. 17 e seu § 3º da Portaria nº 518 /GM de 25/3/2004, transcrita a seguir:

"Art. 17. As metodologias analíticas para determinação dos parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e de radioatividade devem atender às especificações das normas nacionais que disciplinem a matéria, da edição mais recente da publicação Standard Methods for Water and Wastewater, de autoria das instituições American Public Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) e Water Environmental Federation (WEF), ou das normas publicadas pela ISO (International Standartization Organization)."

"§ 3º As análises laboratoriais para o controle e vigilância da qualidade da água podem ser realizadas em laboratório próprio ou não, que em qualquer caso, deve manter programa de qualidade interna ou externa ou ainda ser acreditado ou certificado por órgãos competentes para esse fim."

Nas análises foram utilizados os seguintes métodos:

Turbidez

Empregou-se o turbidímetro digital da marca HACH, modelo 1720, na leitura direta da turbidez.

pH

A determinação do pH foi realizada utilizando-se eletrodo de vidro marca Analyser, modelo 2A13F6 e pHmetro Analyser pH/Ion 450M

Temperatura

A temperatura foi medida em campo, com termômetro de mercúrio previamente calibrado em laboratório.

Quadro 7: Metodologias da determinação de metais por espectrofotometria de absorção atômica

Elemento	Mistura combustível	Comprimento de onda
Cálcio	Ar – Acetileno	422,7 nm
Magnésio	Ar – Acetileno	285,2 nm
Alumínio	Óxido nitroso - Acetileno	309,3 nm
Manganês	Ar – Acetileno	279,5 nm
Cobre	Ar – Acetileno	324,8 nm
Estanho	Óxido nitroso – Acetileno	286,3 nm
Prata	Ar – Acetileno	328,1 nm
Cobalto	Ar – Acetileno	240,7 nm
Cromo	Ar – Acetileno	357,9 nm
Cádmio	Ar – Acetileno	228,8 nm
Chumbo	Ar – Acetileno	283,3 nm
Bário	Óxido nitroso - Acetileno	553,6 nm

Mercúrio

As determinações de mercúrio (Hg) foram realizadas utilizando a técnica de geração de vapor frio, por estanho. A Absorvância foi medida no espectrômetro de absorção atômica Varian modelo AA-1475, em 253,7 nm.

Surfactantes

As determinações de surfactantes foram realizadas com a extração deste indicativo químico, por clorofórmio, após a adição de azul de metileno. As leituras foram realizadas utilizando espectrofotômetro UV-VIS DNS 80 da Intralab, em 652 nm.

Amônia

As concentrações de amônia (NH_3) foram determinadas pela reação da amostra com nitroprussiato de sódio, fenol, acetona, e hipoclorito de sódio. A absorvância do produto desta reação foi medido em 635 nm, num espectrofotômetro UV-VIS marca Interlab modelo DNS 80.

Sulfeto

A determinação colorimétrica do sulfeto (S^{2-}) foi realizada reagindo a amostra com n,n-dimetil-sulfato, cloreto férrico e ácido sulfúrico e corrigindo o pH da solução com hidróxido de sódio, e lendo a amostra em espectrofotômetro UV-VIS (Interlab – DNS 80), em 670 nm.

Cianeto

Utilizou-se potenciometria direta utilizando eletrodo íon-seletivo Orion modelo Ionplus Cyanide.

Fluoreto (F^-), cloreto (Cl^-), nitrito (NO_2^-), hipoclorito (ClO^-), bromato (BrO_3^-), nitrato (NO_3^-) e sulfato (SO_4^{2-})

Os ânions foram assim agrupados uma vez que suas concentrações foram determinadas utilizando-se o cromatógrafo de íons Dionex mod. DX-80, com coluna AS-14A - 5 μ m Ionpack Dionex, loop de 25 μ L e vazão de solvente de 1.0 ml/min, com detector condutimétrico e sistema de aquisição de dados computadorizado. A amostra foi previamente filtrada utilizando-se filtros Whatman.

Dureza

Usou-se o método titrimétrico clássico, tendo como titulante o EDTA (ácido etilenodiaminotetracético), na forma de seu sal de sódio, indicador o Negro de eriocromo T e tampão amoniacal (cloreto/hidróxido de amônio).

Oxigênio Dissolvido

Para a determinação deste importante parâmetro, para a avaliação da qualidade das águas, usou-se o método colorimétrico semi-quantitativo. Ele se baseia na reação da água com o óxido manganoso (MnO_2) e iodeto de potássio (KI), que produz uma coloração amarela, que é comparada com um padrão de cores. Sendo um método rápido e de baixo custo, que atende à Resolução nº 357, do CONAMA.

Todas as determinações foram realizadas no LaDA-IQ/UFRJ.

Radioatividade

Urânio:

Para determinação de urânio nas amostras de água foi utilizada a técnica de fluorimetria, após uma pré concentração em solução de TOPO/ciclo-hexano. A fluorescência foi feita em pastilha de fluoreto de sódio dopada com 2% de fluoreto de lítio (para diminuir o ponto de fusão do fluoreto de sódio).

Tório:

A determinação de tório foi realizada por espectrofotometria, com arsenazo III em meio de metil-isobutil-cetona (MIBIC). As absorbâncias foram medidas em 660 nm. A pré-concentração do tório se deu através da coprecipitação com fluoreto de lantânio e posterior extração com solução de TOPO em metil isobutil cetona.

Radio (Ra-226 e Ra-228):

A determinação de Ra-226 e Ra-228 é feita após uma separação radioquímica por coprecipitação com sulfato de bário ($BaSO_4$). Após todas as etapas de purificação o radio é coprecipitado sob forma de sulfato de rádio devido a sua semelhança química. O precipitado é separado e reservado para a determinação do Ra-226 e Ra-228.

É necessário que se deixe o precipitado entrar em equilíbrio durante pelo menos 20 dias, prazo para completar pelo menos 5 meias vida do Rn-222, na realidade a emissão alfa medida para determinação do Ra-226 é a do Rn-222 em equilíbrio.

Para a determinação do Ra-228 é medida a emissão beta do mesmo precipitado de sulfato, descontando-se a emissão alfa medida para a determinação do Ra-226.

Chumbo (Pb-210):

O Chumbo também foi determinado após uma separação radioquímica, utilizando-se diferentes etapas de precipitação, complexação e finalizando-se com uma co-precipitação do Pb-210 com o cromato de chumbo (estável). O precipitado é separado e reservado para determinação do Pb-210.

A determinação se faz com a contagem de emissões beta do Bi-210 que estará em equilíbrio, no precipitado. Para esta medida faz-se necessário uma espera, de pelo menos 10 dias, para que o equilíbrio seja atingido.

As determinações dos rádionuclídeos foram realizadas no CNEN-IRD-DEPA.

Organoclorados

A amostra foi extraída da água utilizando-se extração em fase sólida (SPE), com disco impregnado de fase octadecil-silano (C18). Em seguida, foi eluído com diclorometano e trocado o solvente por hexano.

A amostra foi injetada num cromatógrafo Shimadzu, modelo 17A, equipado com detector de captura de elétrons (DCE). As condições cromatográficas utilizadas foram: Injetor splitless a 280°C, detector a 320°C, gás carreador: hidrogênio, coluna utilizada é a DB-5 (J&W), com dimensões 30m x 0,25mm x 0,25µm. Programação de temperatura do forno: 75°C por 1 minuto, 75°C a 210°C (50°C/min), 210°C a 216°C (0,7°C/min), 216°C a 280°C (21°C/min), 280°C por 2,2 minutos.

As determinações dos compostos organoclorados foram realizadas pelo INT.

Grupo Coliforme

A colimetria, presença/ausência de coliformes totais e fecais, visou a detecção de coliformes totais e fecais nas águas estudadas, o método seguido foi o APHA 9221 B.

4.3 METODOLOGIA ESTATÍSTICA

Nesta dissertação foi empregada metodologia estatística multivariada, utilizando-se programas de computador obtidos pela internet, em suas versões DEMO, podendo ser utilizados livremente por um período de 30 dias, MINITAB14 e o Unscrambler versão 9.1.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os cursos d'água podem ser classificados em função da temperatura de suas águas, fator importante devido a sua influência direta sobre a fauna e teores de gases dissolvidos, como oxigênio e gás carbônico, os quais influenciam o pH das águas. Variações bruscas de temperatura da ordem de 6 °C causam *choque térmico* em organismos sensíveis a variações de temperatura como p.ex., os peixes. Deve ser lembrado que na área estudada sob jurisdição do PARNA-SO/IBAMA, não ocorrem despejos industriais com temperaturas elevadas, capazes de provocar alterações nas águas.

A temperatura da água seguiu a mesma tendência da temperatura atmosférica apresentada na figura 2, isto é, temperaturas menores no inverno e superiores no verão, sendo sua temperatura máxima igual a 20°C.

A determinação do pH merece atenção em ecossistemas naturais, como os do PARNA-SO/IBAMA, pois é conhecido que o pH influi nos inúmeros processos fisiológicos que ocorrem em animais e vegetais. Alguns organismos, podem ter seu *habitat* em águas ácidas e outros não, de modo que variações significativas de acidez ou alcalinidade podem ser fator limitante à colonização de ecossistemas aquáticos, pelos diferentes organismos, que podem exigir condições ótimas para a sua existência. Muitas vezes, a predominância de organismos de uma mesma espécie pode indicar que as condições de acidez da água não são propícias à sobrevivência de outras espécies, incluindo os insetos aquáticos e outros.

Na maioria das águas naturais, o pH é influenciado pela concentração dos íons H^+ originados da dissociação do ácido carbônico (H_2CO_3), que diminui o valor do pH e pelas reações dos íons carbonato (CO_3^{2-}) e bicarbonato (HCO_3^-) que, ao contrário, elevam seu valor. Nos pontos estudados, o pH manteve-se próximo a 7 em todas as amostras, porém, na barragem de Penitentes, foram encontrados valores um pouco abaixo de 7.

Nas águas naturais, os STD são constituídos, principalmente, por carbonato (CO_3^{2-}), bicarbonato (HCO_3^-), cloreto (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}), fosfato (PO_4^{3-}) e nitrato de cálcio, magnésio, potássio, pequenas quantidades de ferro, magnésio e outras substâncias que, em altas concentrações, podem conferir sabor salino às águas. Os valores obtidos mantiveram-se baixos, nunca superiores a 10 ppm, o que foi corroborado pelas determinações analíticas dos diversos íons estudados neste trabalho (Vaitsman, 2005).

A turbidez muito baixa encontrada nas amostras é indicativo da não existência de muito material particulado suspenso nas águas. Isto se deve essencialmente, ao fato dos rios sob estudo não estarem impactados por despejos de qualquer espécie, além de seus leitos serem formados principalmente por rochas. *corrente / inclinação forte.*

Os valores elevados para oxigênio dissolvido (^{DO₂}OD), em todos os pontos de coleta, superiores a 9,0 mg/L, são indicativos da boa qualidade das águas dos rios estudados, onde não estão presentes substâncias que consumiriam o O.D., e ainda a ausência presença de esgotos domésticos ou descartes industriais.

Quanto aos componentes inorgânicos, foram realizadas mais de 2.500 determinações químicas, sendo que das 29 espécies químicas determinadas, somente em 31% apresentaram concentrações superiores ao limite de detecção, nos métodos utilizados em suas determinações, porém dentro dos limites da legislação vigente.

Metais pesados tais como Bário, Chumbo, Cádmio e Mercúrio, que são tóxicos aos seres vivos, já eram esperados de não serem encontrados na região, uma vez que as águas foram coletadas em área de proteção. Além disso, não foi verificado impacto de despejos de esgotos domésticos e nem a existência de unidades industriais, nas proximidades dos pontos de coleta. Portanto, as fontes dos componentes inorgânicos, relacionados a seguir, provavelmente, são resultantes da lixívia do solo ou aporte atmosférico.

Alumínio

O alumínio (Al) não ocorre livre na natureza. Combinado, representa 7,85% da crosta terrestre, sendo encontrado em inúmeros minerais: como a bauxita (Al_2O_3), criolita (Na_3AlF_6), feldspatos, caulim, argilas, de uma maneira geral denominados alumino-silicatos.

É muito usado em revestimentos na construção civil, na formulação de tintas, em fogos de artifício e na obtenção de cromo e manganês, no envase bebidas e refrigerantes.

A reciclagem do alumínio gera uma economia na ordem de 90% da energia necessária para sua produção a partir da bauxita.

Hoje em dia, há a associação desse elemento com o mal de Alzheimer (esclerose cerebral), além da possibilidade de deslocar o cálcio e o magnésio dos ossos provocando osteoporose (Vaitsman, 2001).

Embora não tenhamos encontrado valores altos para esse elemento, podemos destacar que em alguns pontos de coleta foram encontrados valores acima dos que indicam classe 1 na Portaria CONAMA 357/05 (0,1 mg/L), conforme podemos observar no quadro 8. nos pontos Ingá, Britador e Parque Nacional (dia 04/09/2003); Beija-flor e Parque Nacional (dia 28/11/03); Cascata dos Amores e Britador (dia 20/01/04) e Ingá (dias 27/01/04 e 03/02/04).

Quadro 8: Concentrações de alumínio (em mg/L)

limite = 0,10

	Inverno				
	1/7/2003	8/7/2003	15/7/2003	22/7/2003	30/7/2003
Penitentes	<0,02	0,05	<0,02	<0,02	<0,02
Amores	0,05	0,03	<0,02	<0,02	<0,02
Ingá	0,05	0,05	<0,02	0,13	<0,02
Beija-flor	0,05	0,08	<0,02	0,02	<0,02
Britador	0,03	0,03	<0,02	0,04	<0,02
Parque	0,02	<0,02	<0,02	0,01	<0,02
	Primavera				
		4/9/2003	27/10/2003	28/11/2003	
Penitentes		<0,02	<0,02	0,08	
Amores		<0,02	<0,02	<0,02	
Ingá		0,13	<0,02	<0,02	
Beija-flor		<0,02	0,04	0,11	
Britador		0,12	<0,02	0,08	
Parque		*0,27	<0,02	0,10	
	Verão				
	13/1/2004	20/1/2004	27/1/2004	3/2/2004	9/2/2004
Penitentes	<0,02	0,10	0,05	0,03	<0,02
Amores	<0,02	*0,26	<0,02	<0,02	0,05
Ingá	<0,02	<0,02	0,09	0,07	0,18
Beija-flor	<0,02	<0,02	*0,22	<0,02	0,09
Britador	<0,02	*0,36	<0,02	0,02	0,09
Parque	<0,02	<0,02	0,18	0,02	<0,02

Cálcio

O cálcio (Ca) não está citado especificamente na Portaria nº518/04-GM do MS ou tão pouco na Resolução nº 357/05 do CONAMA. Este elemento está relacionado aos valores de dureza das amostras embora não tenham importância sanitária.

Os sais de cálcio podem ser prejudiciais nos usos domésticos e industriais, causando entupimentos, incrustações e perda de eficiência dos tensoativos. Algumas águas minerais apresentam alto teor destes sais, tal como a mundialmente famosa Perrier.

O teor desse elemento, não ultrapassou em nenhuma das amostras, a concentração de 1,5 mg/L. Os pontos em que foram encontrados os maiores

teores médios e individuais desse elemento foram no Parque Nacional e na Cascata dos Amores (vide quadro 9).

Quadro 9: Concentrações de cálcio (em mg/L)

	Inverno				
	1/7/2003	8/7/2003	15/7/2003	22/7/2003	30/7/2003
Penitentes	0,34	0,34	0,34	0,15	0,31
Amores	0,78	0,78	0,78	0,69	0,77
Ingá	0,54	0,54	0,54	0,58	0,54
Beija-flor	0,64	0,64	0,64	0,85	0,49
Britador	0,51	0,51	0,51	0,36	0,43
Parque	0,84	0,84	0,84	★ 1,47	0,65
	Primavera				
		4/9/2003	27/10/2003	28/11/2003	
Penitentes		0,17	0,02	0,54	
Amores		0,45	0,56	0,49	
Ingá		0,71	0,04	0,19	
Beija-flor		0,23	0,72	0,58	
Britador		0,51	0,36	0,41	
Parque		★ 1,11	0,92	0,83	
	Verão				
	13/1/2004	20/1/2004	27/1/2004	3/2/2004	9/2/2004
Penitentes	0,71	0,30	0,47	0,33	0,28
Amores	0,52	0,83	0,88	★ 1,17	★ 1,13
Ingá	0,83	0,68	0,71	0,81	0,41
Beija-flor	0,81	0,08	0,92	0,83	0,85
Britador	0,81	0,62	0,32	0,63	0,62
Parque	0,83	0,30	0,54	0,65	★ 1,11

esgoto
66

Cloreto

Quanto ao cloreto (Cl^-), a tolerância dos seres humanos para com esse íon varia com o clima e hábitos alimentares.

Os efeitos laxativos dos cloretos geralmente aparecem naqueles indivíduos que estavam habituados a dieta de baixa concentração. Em geral, é a associação do Ca, Mg, Na e K com o Cl^- que produz o efeito nocivo (Vaitsman, 2001).

Níveis muito altos deste ânion caracterizam a presença de esgotos sanitários ou matéria orgânica.

O limite para cloretos tanto na Portaria nº 518-GM/2004 do MS e como na Resolução 357/05 do CONAMA é de 250 mg/L, muito superior aos encontrados em todos os pontos de coleta, sendo um indicativo forte da não contaminação por esgotos, conforme pode-se observar no quadro 10.

Quadro 10: Concentrações de cloreto (em mg/L)

	Inverno				
	1/7/2003	8/7/2003	15/7/2003	22/7/2003	30/7/2003
Penitentes	1,41	1,45	1,59	0,39	0,66
Amores	1,29	0,93	1,18	0,34	0,69
Ingá	1,12	0,96	0,96	0,21	0,8
Beija-flor	1,02	0,79	1,4	0,18	0,6
Britador	1,11	0,89	2,11	<0,05	0,7
Parque	1,46	1,38	1,95	0,45	0,66
	Primavera				
		4/9/2003	27/10/2003	28/11/2003	
Penitentes		0,43	0,22	0,06	
Amores		0,38	<0,05	<0,05	
Ingá		0,41	<0,05	<0,05	
Beija-flor		0,28	<0,05	<0,05	
Britador		0,3	0,25	<0,05	
Parque		0,33	0,43	<0,05	
	Verão				
	13/1/2004	20/1/2004	27/1/2004	3/2/2004	9/2/2004
Penitentes	0,21	0,19	0,71	0,61	1,02
Amores	<0,05	<0,05	<0,05	0,73	0,69
Ingá	<0,05	<0,05	0,93	0,74	0,89
Beija-flor	<0,05	<0,05	0,88	0,1	0,97
Britador	0,06	0,1	0,06	0,61	0,92
Parque	<0,05	0,07	1,01	0,36	0,8

Dureza "Hard Water"

A dureza é dividida em permanente e temporária, sendo que a última é mais comum em águas subterrâneas devido a presença de bicarbonatos.

Está relacionada diretamente com sais de cálcio e magnésio. Os bicarbonatos de cálcio e magnésio quando aquecidos provocam incrustações e depósitos em tubulações, caldeiras e trocadores de calor, pela formação de carbonatos que são insolúveis.

Em nenhuma das amostras coletadas foram observados valores elevados para este indicador químico, como podemos verificar no quadro 11. Os valores listados estão dentro dos limites permitidos na legislação brasileira.

Quadro 11: Concentrações de dureza (em mg/L)

	Inverno				
	1/7/2003	8/7/2003	15/7/2003	22/7/2003	30/7/2003
Penitentes	9,26	12,21	13,90	11,89	9,82
Amores	10,11	11,79	10,95	12,72	11,79
Ingá	8,84	10,11	10,11	11,30	13,42
Beija-flor	11,79	12,63	14,74	12,84	11,80
Britador	8,00	11,37	11,79	11,37	13,20
Parque	14,74	12,63	16,42	14,78	10,63
	Primavera				
		4/9/2003	27/10/2003	28/11/2003	
Penitentes		7,62	9,82	10,23	
Amores		10,36	11,79	8,20	
Ingá		11,30	7,42	6,52	
Beija-flor		9,42	10,11	9,89	
Britador		8,23	8,23	7,54	
Parque		12,63	11,48	10,42	
	Verão				
	13/1/2004	20/1/2004	27/1/2004	3/2/2004	9/2/2004
Penitentes	11,89	8,72	10,23	10,23	11,89
Amores	10,48	7,85	8,20	10,95	9,45
Ingá	10,11	9,74	8,84	9,74	8,84
Beija-flor	11,40	7,54	8,45	9,23	8,32
Britador	11,82	8,23	10,20	11,37	10,20
Parque	10,42	8,42	9,74	10,62	11,10

Ferro

O ferro (Fe) é um elemento presente em quase todas as águas subterrâneas e superficiais, em diferentes concentrações. A legislação estabelece valores máximos de 0,3mg/L.

Em virtude de suas afinidades geoquímicas, quase sempre é acompanhado pelo manganês, suas fontes são minerais escuros (máficos) portadores de Fe: magnetita, biotita, pirita, piroxênios, anfibólios. O ferro no estado divalente (Fe^{2+}) forma compostos solúveis, principalmente hidróxidos. Em

ambientes oxidantes o Fe^{2+} é oxidado a Fe^{3+} podendo dar origem ao hidróxido férrico, dependendo do pH, precipitando e conferindo cor à água (Vaitsman, 2001).

Apesar do organismo humano necessitar de até 19 mg de ferro por dia, os padrões de potabilidade exigem que uma água de abastecimento público não ultrapasse os 0,3mg/L. Este limite é estabelecido em função de problemas estéticos relacionados com a presença de ferro na água e do sabor não agradável que o ferro lhe confere.

Conforme pode ser observado no quadro 12, o valor mais alto encontrado para o ferro é de 0,3 mg/L, dentro dos limites estabelecidos pela da legislação em vigor.

Quadro 12: Concentrações de ferro (em mg/L)

	Inverno				
	1/7/2003	8/7/2003	15/7/2003	22/7/2003	30/7/2003
Penitentes	0,20	0,18	0,30	<0,1	<0,1
Amores	0,18	0,21	0,30	<0,1	<0,1
Ingá	0,14	0,16	0,20	<0,1	<0,1
Beija-flor	0,18	0,11	0,30	<0,1	<0,1
Britador	0,20	<0,1	0,20	<0,1	<0,1
Parque	0,14	0,13	0,30	<0,1	<0,1
	Primavera				
	4/9/2003	27/10/2003	28/11/2003		
Penitentes	<0,1	<0,1	<0,1		
Amores	<0,1	<0,1	<0,1		
Ingá	<0,1	<0,1	<0,1		
Beija-flor	<0,1	<0,1	0,12		
Britador	<0,1	0,29	<0,1		
Parque	<0,1	<0,1	<0,1		
	Verão				
	13/1/2004	20/1/2004	27/1/2004	3/2/2004	9/2/2004
Penitentes	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Amores	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Ingá	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Beija-flor	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Britador	0,12	<0,1	<0,1	0,12	0,12
Parque	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

Magnésio

O magnésio (Mg) é um elemento cujo comportamento geoquímico é muito parecido com o do cálcio e, em linhas gerais, acompanha este elemento. Diferentemente do cálcio, contudo, forma sais mais solúveis.

Os minerais mais comuns fornecedores de magnésio para as águas subterrâneas são: biotita, anfibólios e piroxênios. Estes minerais são mais estáveis diante do intemperismo químico, do que os minerais fornecedores de cálcio, por isso seu teor nas águas subterrâneas é significativamente menor do que aquele.

Em região de rochas carbonáticas, o mineral dolomita é um importante fornecedor de Mg. Nas águas subterrâneas ocorre em teores entre 1 e 40mg/L. O magnésio, depois do cálcio, é o principal responsável pela dureza das águas (Vaitsman, 2001).

Conforme os dados observados no quadro 13, o valor máximo obtido nas amostras coletadas foi de 2,92 mg/L, na barragem Parque Nacional, que não pode ser considerado alto quando comparado com os valores para águas subterrâneas, que geralmente apresentam maiores teores deste metal.

Amostra	20	21	22	23	24
Mg (mg/L)	0,78	1,04	1,14	0,82	2,92

Potássio

O potássio (K) é um elemento cujo comportamento geoquímico é muito parecido com o do cálcio e, em linhas gerais, acompanha este elemento. Diferentemente do cálcio, contudo, forma sais mais solúveis.

Os minerais mais comuns fornecedores de potássio para as águas subterrâneas são: biotita, anfibólios e piroxênios. Estes minerais são mais estáveis diante do intemperismo químico, do que os minerais fornecedores de cálcio, por isso seu teor nas águas subterrâneas é significativamente menor do que aquele.

Em região de rochas carbonáticas, o mineral dolomita é um importante fornecedor de K. Nas águas subterrâneas ocorre em teores entre 1 e 40mg/L. O potássio, depois do cálcio, é o principal responsável pela dureza das águas (Vaitsman, 2001).

Quadro 13: Concentrações de magnésio (em mg/L)

	Inverno				
	1/7/2003	8/7/2003	15/7/2003	22/7/2003	30/7/2003
Penitentes	0,70	0,70	0,70	0,73	0,96
Amores	1,15	1,15	1,15	0,89	1,55
Ingá	0,99	0,99	0,99	1,05	1,97
Beija-flor	0,77	0,77	0,77	0,96	0,55
Britador	1,06	1,06	1,06	0,82	1,88
Parque	1,55	1,55	1,55	★ 2,92	0,95
	Primavera				
		4/9/2003	27/10/2003	28/11/2003	
Penitentes		0,87	0,11	1,28	
Amores		1,72	1,34	0,88	
Ingá		0,66	0,06	0,67	
Beija-flor		0,49	1,14	0,50	
Britador		1,07	0,93	1,57	
Parque		1,69	1,88	1,90	
	Verão				
	13/1/2004	20/1/2004	27/1/2004	3/2/2004	9/2/2004
Penitentes	0,99	0,34	0,84	0,66	0,41
Amores	1,57	1,41	1,21	0,66	0,81
Ingá	1,20	1,32	0,46	1,32	1,18
Beija-flor	1,37	0,06	1,11	0,63	0,86
Britador	1,02	0,20	1,28	0,49	1,33
Parque	0,78	0,59	1,27	0,89	★ 2,65

Potássio

O potássio (K) é um elemento químico abundante na crosta terrestre, mas ocorre em pequena quantidade nas águas subterrâneas, pois é facilmente fixado pelas argilas e intensivamente consumido pelos vegetais.

Seus principais minerais fontes são: feldspato potássico, mica moscovita e biotita, pouco resistentes aos intemperismo físico e químico. Nas águas subterrâneas seu teor médio é inferior a 10mg/L, sendo mais freqüente valores entre 1 e 5mg/L.

Conforme pode ser observado no quadro 14, as concentrações obtidas para o potássio não excedeu 1,28 mg/L, tendo a maioria das amostras concentrações inferiores a 1,00 mg/L.

Quadro 14: Concentrações de potássio (em mg/L)

	Inverno				
	1/7/2003	8/7/2003	15/7/2003	22/7/2003	30/7/2003
Penitentes	0,85	0,85	0,85	0,75	★ 1,28
Amores	0,72	0,72	0,72	0,86	0,86
Ingá	0,7	0,7	0,7	0,75	★ 1,17
Beija-flor	0,58	0,58	0,58	0,65	0,96
Britador	0,65	0,65	0,65	0,65	0,86
Parque	0,71	0,71	0,71	0,75	0,98
	Primavera				
		4/9/2003	27/10/2003	28/11/2003	
Penitentes		★ 1,13	0,75	0,85	
Amores		0,72	0,75	0,75	
Ingá		0,86	0,75	0,65	
Beija-flor		0,64	0,64	0,54	
Britador		0,75	0,65	0,65	
Parque		0,75	★ 1,17	0,65	
	Verão				
	13/1/2004	20/1/2004	27/1/2004	3/2/2004	9/2/2004
Penitentes	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Amores	0,65	0,65	0,65	0,75	0,54
Ingá	0,54	0,54	0,54	0,54	0,65
Beija-flor	0,54	0,44	0,44	0,44	0,54
Britador	0,54	0,54	0,65	0,54	0,65
Parque	0,54	0,54	0,54	0,65	0,54

Sódio

O sódio (Na) é um elemento químico quase sempre presente nas águas subterrâneas e superficiais. Seus principais minerais por onde percolam as águas, como o feldspatos plagioclásios, são pouco resistentes aos processos intempéricos, principalmente os químicos. Os sais formados nestes processos são muito solúveis.

Nas águas subterrâneas o teor de sódio varia entre 0,1 e 100mg/L, sendo que há um enriquecimento gradativo deste metal a partir das zonas de recarga. A quantidade de sódio presente na água é um elemento limitante de seu uso na agricultura (Vaitsman, 2005).

Em aquíferos litorâneos, a presença de sódio na água poderá estar relacionada à intrusão da água do mar. Segundo a OMS, o valor máximo recomendável de sódio na água potável é 200mg/L.

Assim como o potássio, o sódio manteve suas concentrações bem inferiores aos limites permitidos pela legislação, conforme pode ser observado no quadro 15.

Quadro 15: concentrações de sódio (em mg/L)

	Inverno				
	1/7/2003	8/7/2003	15/7/2003	22/7/2003	30/7/2003
Penitentes	1,26	1,26	1,26	1,16	1,30
Amores	1,61	1,96	1,49	1,57	1,30
Ingá	1,38	1,38	1,38	1,43	1,43
Beija-flor	1,38	1,49	1,38	1,43	1,43
Britador	1,02	1,02	1,26	1,03	1,30
Parque	1,73	1,85	1,49	1,83	1,43
	Primavera				
		4/9/2003	27/10/2003	28/11/2003	
Penitentes		1,21	1,16	1,30	
Amores		1,17	1,16	0,89	
Ingá		1,30	1,02	0,76	
Beija-flor		1,16	0,89	0,35	
Britador		1,03	1,03	0,76	
Parque		1,16	1,16	0,76	
	Verão				
	13/1/2004	20/1/2004	27/1/2004	3/2/2004	9/2/2004
Penitentes	1,30	1,03	0,76	0,76	0,62
Amores	0,76	0,62	0,89	1,03	0,75
Ingá	0,76	0,62	0,76	1,02	0,76
Beija-flor	0,48	0,35	0,49	0,76	0,62
Britador	0,35	0,62	0,62	0,76	0,62
Parque	0,62	0,62	0,76	1,16	0,48

Sulfato

O sulfato (SO_4^{2-}) um indicador de presença de descartes industriais em corpos d'água. Porém, na região de estudo, este tipo de suposição não tem fundamentação, uma vez que as concentrações de sulfatos são baixas, não excedendo o valor de 1,50 mg/L.

Portanto, podemos concluir que os teores observados nos pontos de coleta, provavelmente devem-se a lixívia do solo ou aporte atmosférico. Uma vez que substâncias, tais como sulfato de amônio e sulfato de cálcio são utilizadas como fertilizantes em algumas culturas e o sulfato de cobre é usado como pesticida e germicida, bem como para correção de solos, que não são utilizados na região..

Quadro 16: Concentrações de sulfato (em mg/L)

	Inverno				
	1/7/2003	8/7/2003	15/7/2003	22/7/2003	30/7/2003
Penitentes	0,45	0,74	0,56	<0,05	0,23
Amores	0,74	0,58	0,66	<0,05	0,15
Ingá	0,86	0,43	0,43	<0,05	0,19
Beija-flor	* 1,05	* 1,18	0,85	0,20	0,26
Britador	0,71	0,86	0,95	<0,05	0,33
Parque	0,85	0,97	0,83	<0,05	0,30
	Primavera				
	4/9/2003	27/10/2003	28/11/2003		
Penitentes	0,29	0,35	0,12		
Amores	0,58	<0,05	<0,05		
Ingá	<0,05	<0,05	0,13		
Beija-flor	0,11	<0,05	0,09		
Britador	0,17	<0,05	<0,05		
Parque	<0,05	0,07	<0,05		
	Verão				
	13/1/2004	20/1/2004	27/1/2004	3/2/2004	9/2/2004
Penitentes	<0,05	<0,05	0,49	* 1,50	0,56
Amores	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,78
Ingá	<0,05	<0,05	<0,05	0,49	0,74
Beija-flor	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,88
Britador	<0,05	<0,05	<0,05	0,42	0,69
Parque	<0,05	<0,05	0,62	0,08	0,30

Radioatividade

Em relação a radioatividade encontrada naturalmente, a qual existe nas águas superficiais, como as estudadas, não tem conseqüências ou efeitos nocivos para a saúde, pois seus níveis são muito baixos.

No Brasil, o Ministério da Saúde fixou um (em um) limite para radioatividade alfa total, isto é, para o teor total de radiações alfa num determinado

período de tempo. Esse limite é de 0,1 Bequerel por litro (0,1 Bq/L), sendo Bequerel uma unidade de medida de radiação que corresponde a uma desintegração de isótopo por segundo. Esse limite de radiação alfa inclui o isótopo Rádio 226 (Ra-226), emissor de radiação alfa, que provavelmente é a principal fonte desse tipo de radiação nas águas subterrâneas. Já para a radioatividade beta total o limite é de 1 Bq/L (Brasil, 2005).

limite alfa = 0,1

limite beta = 1,0

Na análise da radioatividade foram pesquisados cinco isótopos radioativos, são eles: Chumbo-210, Rádio-226, Rádio-228, Urânio natural e Tório total.

Em nenhum momento foram encontrados valores para radioatividade superiores ao permitido pela legislação para o consumo destas águas, mesmo realizando um somatório de todos os isótopos pesquisados.

Quadro 17: Resultados dos isótopos radioativos

Local	Pb-210 (Bq/L)		Ra-226 (Bq/L)		Ra-228 (Bq/L)	
	ATIV.	S	ATIV.	S	ATIV.	S
Coleta						
Penitentes	2,37E-02	5,33E-03	2,61E-03	0,00179	<1,87E-02
Casc. Amores	1,15E-02	4,34E-03	4,03E-03	2,25E-03	<1,74E-02
Britador	2,52E-02	5,03E-03	<5,48E-03	1,05E-02	5,42E-03
Ingá	2,33E-02	3,95E-03	7,43E-03	2,55E-03	<1,35E-02
Beija Flor	1,40E-02	4,91E-03	3,09E-03	2,07E-03	<1,21E-02
Parque Nacional	1,70E-02	5,18E-03	6,81E-03	3,30E-03	<1,62E-02
Local	U-nat (Bq/L)		Th-total (Bq/L)			
	ATIV.	S	ATIV.	S		
Coleta						
Penitentes	3,31E-02	7,63E-04	7,51E-02	1,74E-02		
Casc. Amores	3,75E-02	8,34E-04	7,51E-02	1,74E-02		
Britador	1,79E-02	6,94E-04	7,51E-02	1,74E-02		
Ingá	2,54E-02	7,61E-04	9,34E-02	1,74E-02		
Beija Flor	3,95E-02	1,05E-03	9,34E-02	1,74E-02		
Parque Nacional	2,61E-02	5,75E-04	9,34E-02	1,74E-02		

Organoclorados

Dos compostos organoclorados persistentes citados na Resolução CONAMA 357/05, foram determinados o lindano, alaclor, heptacloro, metolacloro, aldrin, dieldrin, alfa e beta endossulfan, DDT e seus isômeros, além dos agrotóxicos cis e trans-permetrina, pala divisão de meio ambiente do Instituto Nacional de Tecnologia. Seus tempos de retenção, limites de quantificação e faixa de trabalho encontram-se no quadro 18.

Quadro 18: Parâmetros de trabalho com organoclorados

Agrotóxicos	Tempo de Retenção (min.)	Faixa de trabalho	Limite de Quantificação (µg/L)
Lindano	5,72	1,25-25	0,0093
Alaclor	6,68	1,25-25	0,0243
Heptaclor	6,85	1,25-25	0,0151
Metolaclor	7,25	1-20	0,1090
Aldrin	7,46	5-100	0,0219
2,4 DDE	8,96	1,25-25	0,0078
α-Endossulfan	9,28	1-20	0,0287
4,4 DDE	9,94	1-20	0,0181
Dieldrin	10,07	1-20	0,0243
2,4 DDD	10,29	1-20	0,0169
Endrin	10,88	1-20	0,0197
β-Endossulfan	11,15	1-20	0,0270
4,4 DDD	11,57	2-40	0,0293
2,4 DDT	11,74	2-40	0,0188
4,4 DDT	13,12	10-200	0,0157
Cis-permetrina	16,38	1,25-25	0,0142
Trans-permetrina	16,53	1,25-25	0,0137

Os pontos de captação nas barragens do Beija-flor, Britador, Cascata dos Amores e Ingá não apresentaram valores superiores ao Limite de Quantificação, porém, nos pontos Parque Nacional e Penitentes foram observados traços de alguns pesticidas.

↑
Ernhia

↑
Rio Bahia

Para confirmação deste dado, foram feitas coletas de solo próximo as barragens, e o substrato foi injetado no cromatógrafo a gás com detector de captura de elétrons (CG-DCE). O perfil cromatográfico foi semelhante ao da água. Para confirmação deste resultado, o mesmo substrato também foi injetado num cromatógrafo a gás acoplado a espectrômetro de massas (CG-EM), que não identificou os sinais como pesticidas e sim como ácido húmicos, normalmente presentes no solo. O fato é corroborado pela coloração da água destas represas, mais escuras que as dos demais pontos, indicativo de material orgânico dissolvido nas águas. Portanto, não há indicativos de contaminação por pesticidas organoclorados.

Grupo Coliforme

Finalmente, os resultados das análises microbiológicas de coliformes totais e fecais nas águas dos pontos de coleta, em todas as amostras, indicam a presença de contaminação por coliformes provenientes do intestino de animais superiores.

A presença de coliformes em águas naturais de superfície se explica pelo fato dos leitos dos cursos d'água percorrerem locais com vasta fauna, característica da floresta, bem como a proximidade de trilhas e da estrada que corta o parque.

Ressalta-se que a presença de coliformes em águas, especialmente, as naturais como as disponíveis no PARNA-SO, sob administração IBAMA, não representa, por si só, perigo à saúde, porque os mesmos fazem parte da flora intestinal do homem e de outros animais como anteriormente indicado.

O número de microorganismos eventualmente causadores de doenças ao homem é imenso, tomando-se inviável, na prática, sua determinação em rotina, daí, se aceitar internacionalmente, a caracterização da presença ou ausência de bactérias do grupo coliforme como indicador da possível presença de excreta proveniente de animais superiores.

cadê a tabela??

6 Análise Estatística

Os resultados analíticos provenientes das pesquisas em meio ambiente são, normalmente, caracterizados por sua alta variabilidade. As origens principais desta variabilidade são geológicas, hidrológicas, meteorológicas e também fontes de antropogenia como descargas de emissores poluentes, atividades de agricultura e outros.

Incertezas resultantes das amostragens, necessidades de conservação das amostras, pré-tratamentos, bem como as determinações analíticas e os processos de calibração estão contidos nos dados. Portanto, não há surpresas que nas pesquisas ambientais, e aí se incluem os rios, os rotineiros resultados das amostras coletadas apresentem alta variabilidade e influências de outros sistemas ambientais.

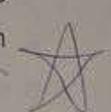
Isto significa que uma grande quantidade de dados redundantes e informações latentes são produzidos. Então, os métodos de análise de dados devem ser aplicados para avaliar e interpretar estas informações latentes e filtrar a redundância natural contida nestes dados.

A estatística univariada (média, desvio padrão) é insuficiente para descrever e retirar a informação contida nos dados. Somente métodos de análise de dados multivariados são poderosos suficientemente para avaliação objetiva, compreensiva, além da interpretação e estimativa de dados ambientais. Eles têm sido amplamente usados (Brown, 1996; Vega, 1998; Helena, 2000; Wunderlin, 2001; Voncina, 2002; Reghunath, 2002; Simeonov, 2002; Singh, 2004; Mendiguchia, 2004; Parinet, 2004) como métodos sem interpretações tendenciosas nas análises da qualidade da água, no sentido de estabelecer um panorama pleno de informações significativas.

No anexo 1, seguem os resultados utilizados no tratamento estatístico (média das replicatas), que teve como resultados as figuras de 17 a 34.

É fácil prever que, na determinação quantitativa alguns elementos selecionados para compor este trabalho pudessem ficar abaixo do limite de detecção. Isto porque, objetivou-se a determinação de parâmetros físico-químicos

ask Result



sensibilidade da tecnologia do momento

nas águas de mananciais que, em geral, não são poluídos. São fontes, riachos e rios ainda não deteriorados pela ação do homem, nos quais a composição das águas é reflexo da ação da natureza, que se faz presente de modo suave, interagindo com outros fenômenos naturais como as intempéries e a ação não premeditada dos animais silvestres.

As técnicas da estatística multivariada, como análise de agrupamentos (Cluster) e análise do componente principal, vão esbarrar com esta provável limitação técnica de alguns resultados quantitativos ficarem abaixo do limite de detecção. A representação destes resultados usualmente é "< LD", o que não permite sua inserção nos programas estatísticos modernos.

ask
Rounds!

O procedimento para o manuseio destes dados dependem da técnica envolvida. Geralmente se relaciona com a quantidade de dados que estão abaixo do limite de detecção, do tamanho do conjunto de dados e da distribuição da probabilidade em que as medidas se apresentam. Quando o número de observações "< LD" é pequeno sua substituição por um valor fixo e constante, como "LD/2" é perfeitamente satisfatório (EPA, 1989).

Os valores comumente utilizados para substituir "< LD" são 0, o próprio limite de detecção ou a metade de seu valor. A substituição por um valor constante, seja qual for, é uma prática já usual (Helsel, 1990; Aruga, 1997; Clake, 1998). Outro ajuste, também empregado, é utilizar-se o próprio valor produzido, mesmo abaixo do LD, pelos equipamentos analíticos e que não são relatados porque são julgados irreais (Hinton, 1993).

Um trabalho comparativo e meticuloso foi publicado por Famham e al. (2002) onde 19 parâmetros, a nível de traços, foram estudados com os valores "< LD" substituídos por 0, LD e LD/2. Para o conjunto de dados como um todo, a simulação com os valores LD/2 foi de *sobremaneira superior* à substituição por 0 ou LD. Também mostrou que os métodos apresentaram resultados ruins nestes dois últimos casos.

6.1 – Análise de grupamentos (cluster)

É uma técnica de reconhecimento não direcionado que expõe a estrutura intrínseca que sustenta o comportamento de um conjunto de dados, sem formular *a priori* nenhuma hipótese sobre eles, com a finalidade de classificá-los em grupamentos ou categorias, baseado na proximidade ou similaridade entre eles.

A análise de grupamentos não é um teste estatístico típico colocando os objetos em grupos de acordo com definidas regras de similaridade.

A hierarquização é a forma mais comum de formação de grupos, e nela os grupos são formados seqüencialmente, começando com o par de conjunto de resultados que apresenta a maior similaridade e, assim, passo a passo vão se formando os grupos maiores.

A distância entre os grupos, é representada pela diferença entre os valores analíticos dos grupos que se formam. Sendo a distância Euclidiana (distância geométrica no espaço multidimensional, é calculada como: distância $(x,y) = [\sum_i (x_i - y_i)^2]^{1/2}$) ou a distância Euclidiana quadrática (distância $(x,y) = \sum_i (x_i - y_i)^2$) são as mais selecionadas entre as opções apresentadas nos programas de análise estatística.

Esta hierarquização é efetuada nos resultados completos, normalizados, usualmente, através do método de Ward e empregando as distâncias Euclidianas quadráticas como medida de similaridade.

A distância Euclidiana simples é empregada nos dados não normalizados. O método de Ward emprega a análise de variância como modelo para calcular as distâncias entre os grupos. Existem outros métodos, com emprego da média, ou da mediana ou mesmo do centróide dos conjuntos de dados.

Outro ponto a ser observado diz respeito aos valores e as unidades nas quais as medidas são relatadas. Para evitar os problemas, decorrentes desta provável discrepância numérica, é necessário normalizar os dados da tabela. Existem vários procedimentos:

- a) redistribuir os resultados, de cada parâmetro, entre -1 e $+1$
- b) subtrair um valor fixo, o mesmo para cada parâmetro, em toda a planilha e dividir por um valor fixo.
- c) Dividir pelo desvio padrão
- d) Subtrair a média
- e) Subtrair a média e dividir pelo desvio padrão
- f) Outros mais

Para a organização em grupos foi feita a opção pela letra e para a normalização dos dados.

As figuras 17 e 18 mostram os agrupamentos formados. Inicialmente a similaridade espacial, em seguida a similaridade temporal ou sazonal.

Na figura 17 pode ser vista a similaridade entre os pontos Beija-flor e Parque, formando um grupo e os demais pontos formando um outro grupo. No entanto geograficamente, Britador, Beija-Flor e Parque formam um sistema diferenciado, sem conexão com os demais pontos. Verifica-se que Britador não influencia a similaridade entre Beija-Flor e Parque, isto é, suas águas não interferem nem modificam a interpretação dos resultados analíticos do conjunto Beija-Flor/Parque.

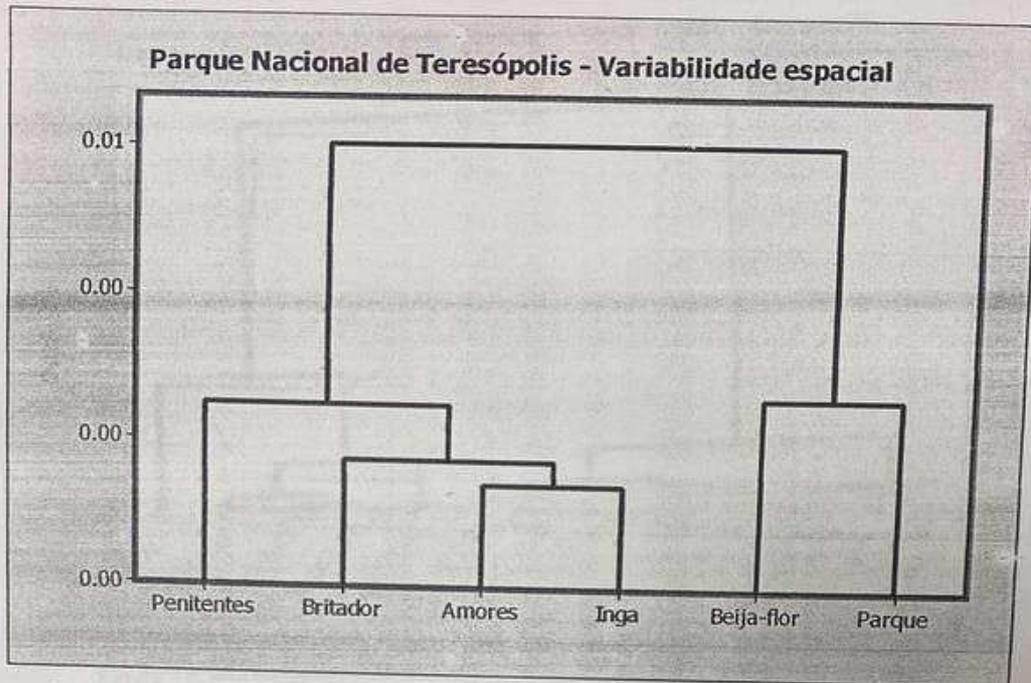


Figura 17: Similaridade entre os pontos de coleta escolhidos no Município de Teresópolis.

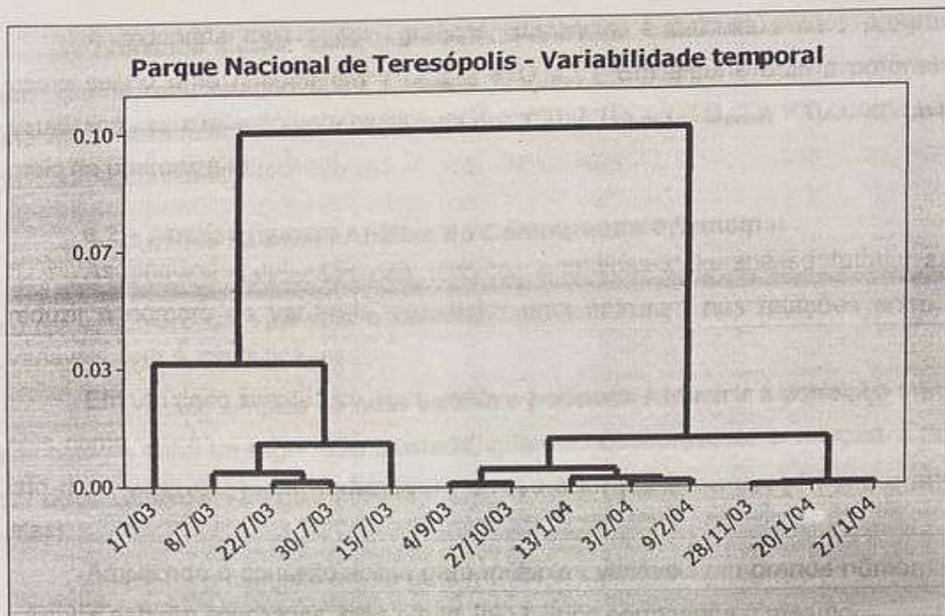


Figura 18: Similaridade entre as datas das coletas, revelando uma sazonalidade entre as coletas no município de Teresópolis.

Na figura 18 é interessante notar dois grandes grupamentos formados. Da direita para a esquerda observa-se um grande grupo envolvendo as datas das estações da primavera e verão. O outro grupo envolve as datas de inverno. Isto mostra que deve haver uma diferença perceptível nos resultados das amostras colhidas segundo a sazonalidade mencionada.

Provavelmente estão envolvidos os parâmetros temperatura e todos aqueles outros que podem sofrer alterações em função das chuvas, modificando o padrão dos resultados. Este resultado sugere a divisão dos dados coletados, para estudo em duas grandes épocas do ano: primavera/verão e outono/inverno. Outra possível divisão seria estudar este sistema de setembro a fevereiro e de março a agosto, face não terem sido feitas coletas entre os meses de março a junho, ficando somente a sugestão.

A ordenada destes dois gráficos, distância, é calculada pelo programa como sendo uma relação entre $D_{\text{ligação}}$ e D_{max} . Em alguns outros programas estatísticos esta relação vem multiplicada por 100, $(D_{\text{ligação}} / D_{\text{max}}) \times 100$, como um meio de padronizá-la.

6.2 – Análise Fatorial / Análise do Componente Principal

As principais aplicações das técnicas analíticas de análise fatorial são: reduzir o número de variáveis e detectar uma estrutura nas relações entre as variáveis, isto é, classificá-las.

Em um caso simples de duas variáveis podemos resumir a correlação entre elas como a linha de regressão ajustada, que melhor represente a relação. Com isto duas variáveis foram reduzidas a um só fator (que é a relação linear entre elas).

Ampliando o conceito acima para múltiplas variáveis um grande número de cálculos estarão envolvidos, mas o princípio básico permanece o mesmo.

Não é escopo do trabalho entrar em detalhes dos aspectos computacionais da análise do componente principal (ACP) mas, em duas dimensões, podemos imaginar uma rotação no eixo X para que se aproxime da linha de regressão. Esta rotação é chamada de maximadora de variância porque o critério para a rotação foi maximizar a variância (variabilidade) da nova variável (fator), ao mesmo tempo minimizando a variância em torno da nova variável.

Depois de ter sido encontrado um novo eixo, ou melhor linha, na qual a variância é máxima, ainda resta alguma variabilidade em torno dela. Na ACP, depois deste fator ter sido obtido ("extraído"), isto é, depois da primeira linha ter sido traçada através dos dados, é mister prosseguir e definir outra linha que maximize a variabilidade que permaneceu; e assim por diante.

Deste modo consecutivos fatores são extraídos. Exclusivamente porque cada fator assim extraído, consecutivamente, definido por maximizar a variabilidade não capturada pelo fator precedente, estes fatores são completamente independentes uns dos outros. São chamados não correlacionados ou "ortogonais" entre si.

Os "eigenvalues" ou autovalores refletem a qualidade da projeção do espaço N-dimensional inicial no menor número de dimensões, após o emprego da técnica exposta acima.

Cada autovalor corresponde a um fator, e cada fator a uma dimensão. Em resumo: cada fator é combinação linear de variáveis iniciais e todos os fatores são não correlacionados ($r=0$).

A técnica da ACP extrai os auto valores (e os auto vetores) da matriz de covariância (se for matriz quadrada) ou da matriz de correlação das variáveis originais. Os principais componentes (CP) são variáveis não correlacionadas (ortogonais), obtidas pela multiplicação das variáveis correlacionadas originais pelo auto vetor, o qual é uma lista de coeficientes.

Portanto, os CP são combinações lineares, ponderadas, obtidas a partir das variáveis originais, fornecendo informações sobre os parâmetros mais significativos, os quais descrevem todo o conjunto de dados, dando suporte e aporte para a redução dos mesmos, com perda mínima para o conjunto de informações originais.

É uma técnica poderosa para reconhecer, indicar, modelos que tentam explicar a variância do enorme conjunto de dados interrelacionados e, também, os transformam em um conjunto menor de variáveis independentes (não correlacionadas), os CPs.

Antes de prosseguir, é conveniente deixar claro, que quando valores com variância tendendo a zero ("outliers") são encontrados, primeiramente, após identificá-los, devem ser eliminados e novamente desenvolver os cálculos fatoriais (Massart, 1997). É muito provável que o novo CP apresente alguma diferença do anterior.

De todos os programas utilizados neste trabalho, o único que permite a identificação dos valores aberrantes e permite retirá-los, rodando novo ACP com extrema facilidade, é o programa Unscrambler. Neste trabalho foi utilizada a versão 9.1 obtida na Internet, versão Demo válida por 30 dias.

Prosseguindo então, como anteriormente, os dados da média espacial foram transferidos para o programa estatístico Minitab 14, e calculados os componentes principais, sem redução da matriz de dados. O primeiro gráfico a ser obtido é o que fornece o número de CP que explicaria a variância total, 100%. É chamado de, em tradução literal, gráfico cascalho ("scree plot").

Na figura 19 pode ser visto este gráfico, que indica, então que 6 CPs explicariam a variância total do conjunto de dados.

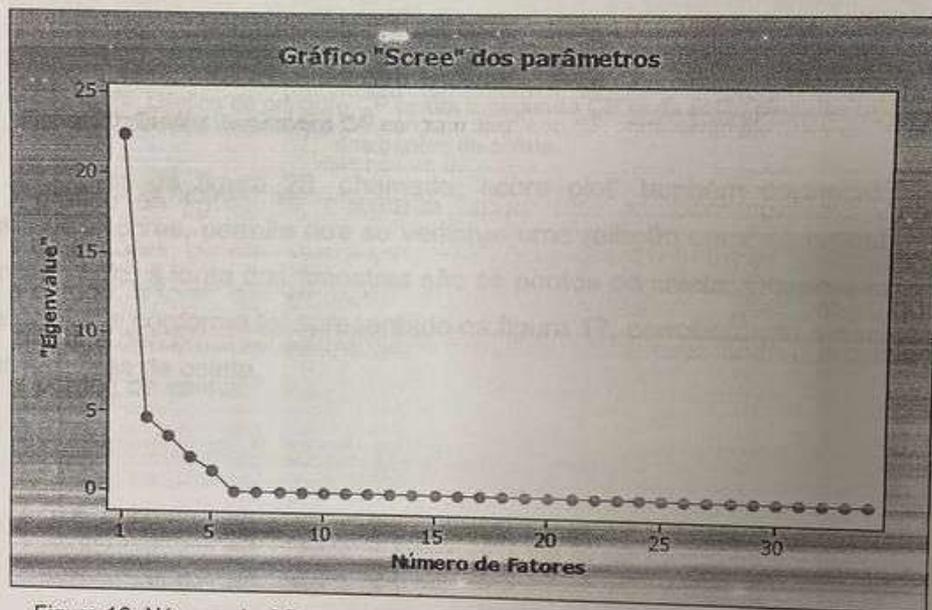


Figura 19: Número de CP que podem explicar a variância total do conjunto de dados.

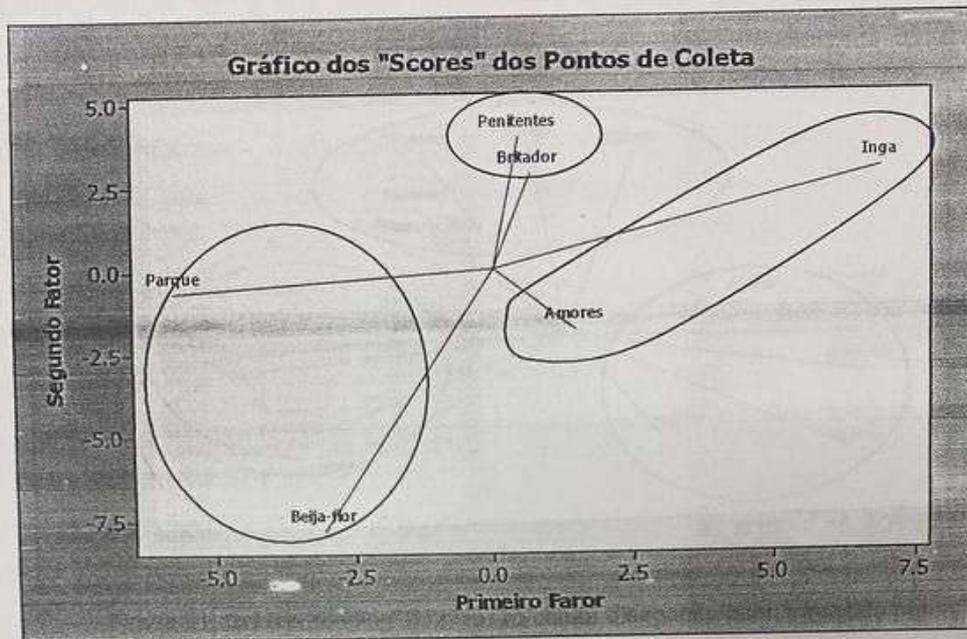


Figura 20: Gráfico do primeiro CP contra o segundo CP onde estão plotados os "scores" dos pontos de coleta.

O gráfico da figura 20, chamado "score plot" também conhecido como gráfico de escores, permite que se verifique uma relação entre as amostras. No presente estudo, a fonte das amostras são os pontos de coleta. Observa-se que a relação existe e conforme foi apresentado na figura 17, corroborando a associação daqueles pontos de coleta.

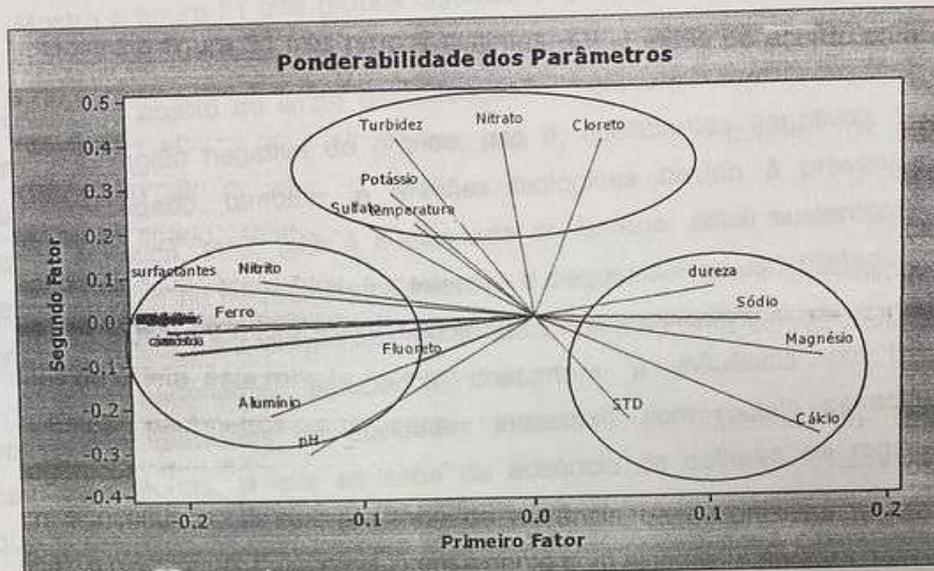


Figura 21: Gráfico "loading" do primeiro contra o segundo fator, traduzido por ponderabilidade, mostrando a existência de três grupos de variáveis, que podem estar relacionadas entre si

A figura 21 foi obtida no programa Minitab 14, também obtido na Internet na versão demo válida por 30 dias. A planilha eletrônica que deu origem à figura 21 continha as variáveis já normalizadas, o que pode trazer perda de informações, que afetariam a geração do gráfico e da mesma forma, não foram retirados os valores aberrantes, se houvessem, tampouco foi reduzido o número de variáveis, ainda em 34.

Mesmo assim, é tentadora uma análise preliminar da figura 21 com todos as variáveis examinadas. De acordo com Massart e colaboradores (1997), quando duas variáveis mostram um alto coeficiente de correlação os valores de uma variável podem ser previsto em grande extensão para outra. O que também significa que, uma vez determinada uma variável, a outra não vai trazer muito mais informação adicional.

Mostra a figura 21 três grupos distintos e que estão de acordo com seus papéis no conjunto dos resultados. Todos os íons que não variaram, que tiveram seus resultados abaixo do limite de detecção e mais o parâmetro pH estão à esquerda, na região negativa do gráfico, isto é, coeficientes negativos. O pH poderia estar ligado, também, a reações biológicas devido à presença de vegetação aquática. Mas, face à declividade do terreno, difícil sustentação de atividade biológica ou microbiológica intensa, e pequeníssima variabilidade entre os pontos de coleta, esta relação foi descartada como importante.

Estes parâmetros agrupados descartam a influência de fatores antropogênicos derivados de atividades industriais com metais pesados (e também agrícolas, já que se sabe da ausência de culturas na região da pesquisa); e relacionam o pH mais intensamente com alumínio e fluoreto. Isto está indicando que estes íons são provenientes da solubilização da formação do subsolo, afetando as águas subterrâneas que afloram.

Contudo, o ponto de coleta que apresentou maior média para fluoreto foi o mesmo que apresentou a menor média para alumínio: o ponto de coleta Amores. E mais, as datas das coletas que maior influência têm coincidem com o inverno, estação com menor intensidade pluviométrica, cujas concentrações destes elementos estariam em seu máximo, face à menor intensidade de chuvas.

O segundo grupo reúne temperatura, turbidez, sulfato, nitrato, cloreto e potássio. Existe uma relação entre a temperatura e a turbidez mostrada através das médias dos pontos de coleta no sentido que se a temperatura aumenta, aumenta a turbidez e vice-versa, até o início da estação de chuvas que rompe este equilíbrio.

Uma relação curiosa existe entre cloreto, nitrato e sulfato (figura 22). No inverno, período de estio, quando nitrato está em seu máximo o cloreto e o sulfato também estão em seu máximo. A partir de agosto, os máximos e mínimos se ajustam. O sulfato tem exatamente o mesmo comportamento do cloreto. Sulfato e cloreto passam por um mínimo no meio da primavera, enquanto que o nitrato no início da primavera. O nitrato, pois, está muito mais ligado a outros fenômenos

naturais diferentes dos fenômenos ligados ao cloreto e ao sulfato. Parece que o nitrato está afinado com a relação entre os animais e a natureza, por exemplo, queda das folhas das árvores, maior atividade de acasalamento entre os animais, fixação biológica do nitrogênio e excrementos em maior quantidade, que acabam parando dentro das águas dos riachos.

Também é interessante observar que estes elementos (cloreto, sulfato e nitrato) devam ter um aporte constante na natureza, e com o início do período de chuvas há a diluição destes elementos. Enquanto o Magnésio e o Potássio, que tem seus máximos no verão, seu aporte principal, supõe-se que seja por meio da lixívia do solo.

Não fosse assim, a intensidade das chuvas no verão fariam diminuir a concentração de nitrato, o que não acontece. Já com cloreto e sulfato, as linhas de ajuste dos valores médios, mostrada na figura 22, apresentam a mesma taxa de crescimento. Isto indica que a presença de cloreto e sulfato aumentam na estação chuvosa e, provavelmente iniciam uma queda que dura toda a estação seca, reiniciando o ciclo.

As justificativas possíveis seriam chuvas ácidas, com alguma salinidade, dada a proximidade do mar e ausência de anteparos das montanhas para a evaporação das águas marinhas se misturarem com a umidade carregada pelos ventos provenientes do sul do país. Neste caso, seria natural que o sódio estivesse neste grupo. Mas não, está o potássio. Isto nos leva a admitir que o sulfato sim provém das chuvas, caracterizando-as como ácidas; e o cloreto e potássio teriam origem no subsolo, quando aumentam o volume dos mananciais aumentam a sua concentração.

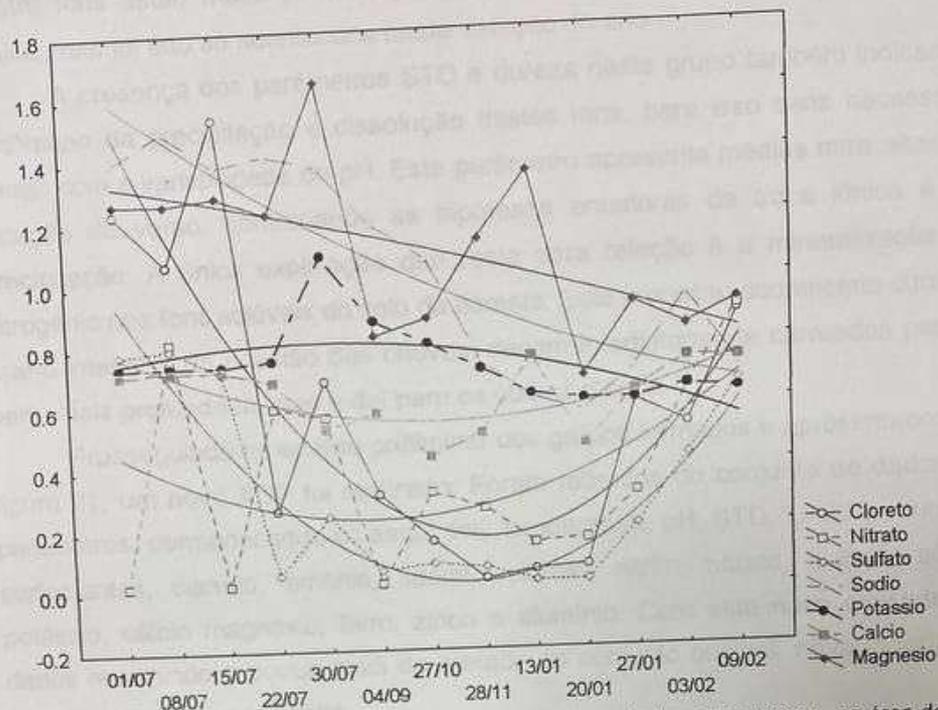


Figura 22: Variação da concentração dos íons mais importantes, com o tempo, na área da pesquisa.

O terceiro grupo reúne STD (sólidos totais dissolvidos), dureza, cálcio, magnésio e sódio.

Normalmente, cálcio e magnésio juntos costumam ser explicados pela sua fácil absorção pelas rochas, por troca iônica com sódio e potássio. Porém sódio e potássio não estão no mesmo grupo, afastando esta hipótese como menos provável.

O cálcio acompanha o comportamento médio global dos ânions nitrato, sulfato e cloreto em relação à sazonalidade. Já o sódio e o Magnésio têm comportamento semelhante, de acordo com a mesma sazonalidade global. Entretanto, observando as datas das coletas de modo individual, no verão, quando as chuvas são mais intensas, os valores nominais das concentrações destes

quatro íons estão muito próximas, o que poderia reforçar a hipótese da troca iônica, mas tal fato só aconteceria nesta estação do ano.

A presença dos parâmetros STD e dureza neste grupo também indicam o fenômeno da precipitação e dissolução destes íons, para isso seria necessário contar com a variabilidade do pH. Este parâmetro apresenta médias mais altas na estação do verão, contrariando as hipóteses anteriores da troca iônica e da precipitação. A única explicação que resta para relação é a mineralização do nitrogênio nos íons solúveis do solo da floresta. Este processo aconteceria durante o ano inteiro e, na ocasião das chuvas, seriam imediatamente carregados para a parte mais profunda do solo e daí para os cursos d'água.

Prosseguindo na análise preliminar dos grupos formados e apresentados na figura 21, um novo ACP foi realizado. Foram retirados do conjunto de dados 14 parâmetros, permanecendo os seguintes: temperatura, pH, STD, turbidez, dureza, surfactantes, cianeto, amônia, fluoreto cloreto, nitrito, nitrato, sulfato, sódio, potássio, cálcio magnésio, ferro, zinco e alumínio. Com este novo conjunto de dados resumindo a pouco mais da metade do conjunto original, nova rodada de análise fatorial foi executada.

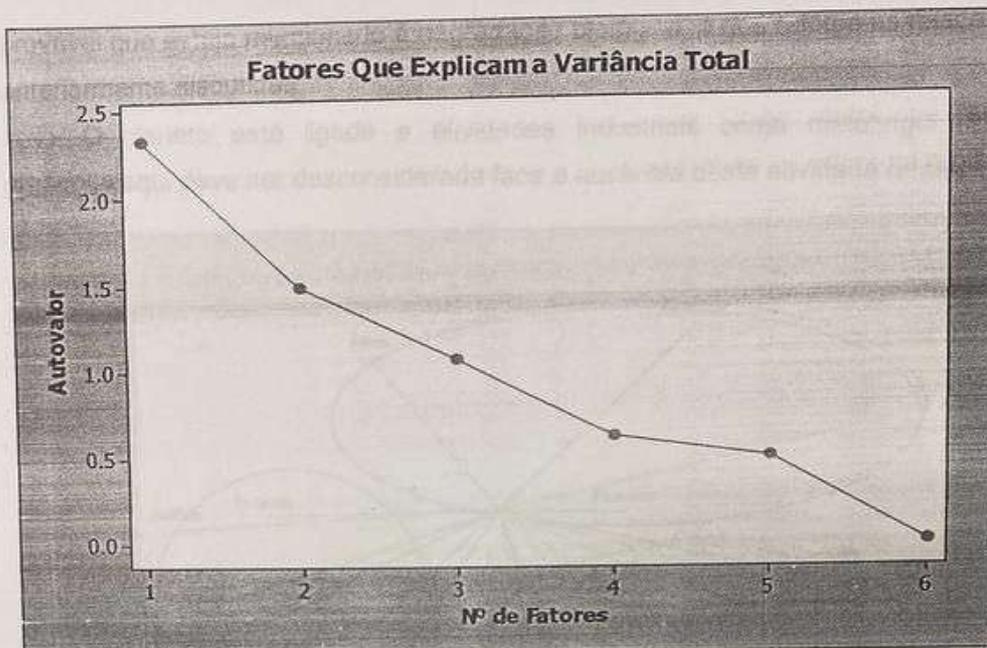


Figura 23: Número de CPs que podem explicar a variância total do conjunto de dados. Foram encontrados 6 ao todo.

Continuam 6 CP necessários para explicar a variância total, como antes, como pode ser visto na figura 23. À análise dos componentes principais, ainda no programa minitab 14, sobre as variáveis que restaram promoveu-se uma rotação varimax (rotação maximizadora das variâncias), a mais comum neste tipo de estudo. Os resultados são mostrados na figura 24.

Em relação à figura 21 houve uma rotação entre dois grupos, continuam todas as relações sendo fracas (Liu, 2004) na matriz de correlação (abaixo de 0.5), permanecendo o terceiro grupo na mesma posição antes da rotação e eliminação dos parâmetros. Com esta eliminação, o nitrito trocou de grupo e mais dois parâmetros, cianeto e amônia, surgiram com relações no terceiro grupo. Nitrito e nitrato juntos estão relacionados com atividades urbanas (Singh, 2004), o que não é descartável totalmente face ao parque ser aberto à visitação pública, o que até justificaria a estreita relação entre nitrato e surfactantes. Contudo, é mais

provável que esteja relacionado à degradação biológica, o que reforça as relações anteriormente discutidas.

O cianeto está ligado a atividades industriais como metalurgia, sua presença aqui deve ser desconsiderada face a ausência desta atividade na região.

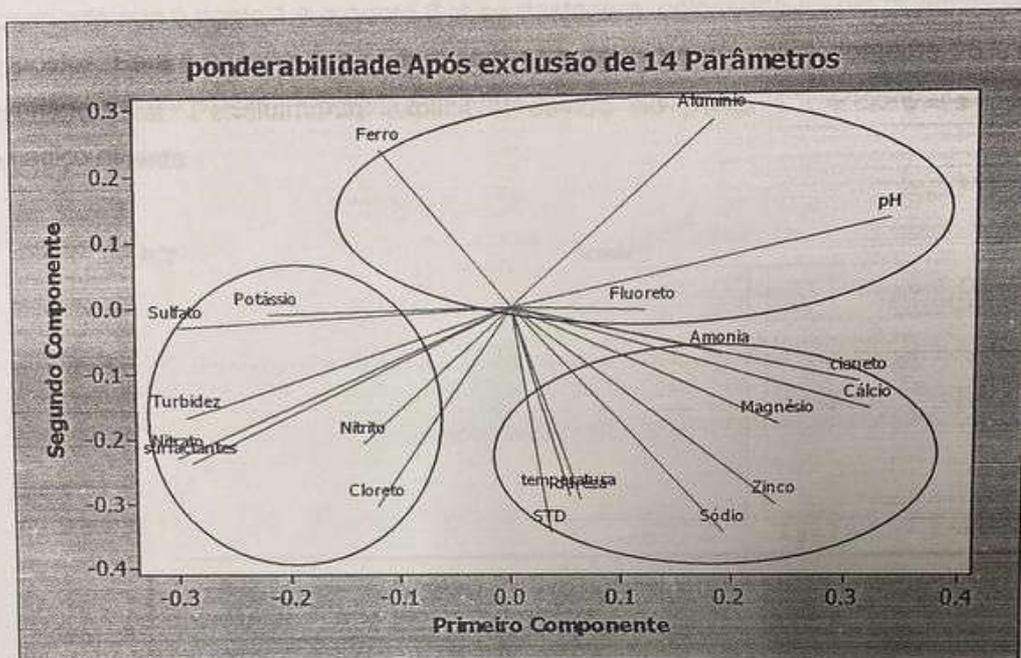


Figura 24: "Loading" das 20 variáveis restantes no gráfico CP1 X CP2 – Minitab 14

Sendo o programa Unscrambler mais completo para ACP, a mesma matriz sem os componentes já assinalados, e retirada a variável STD, sólidos totais dissolvidos, foi submetida a ele.

O resultado inicial desta primeira rodada pode ser visto na figura 25, gráfico dos "scores obtidos com os pontos de coleta. O nº 1 se refere a Penitentes, o nº 2 relativo ao Britador, o nº 3 corresponde a Amores, o nº 4 se referente a Ingá, o nº 5 se refere a Beija-Flor e, por último o nº 6 representa o Parque. Pode ser observado que o ponto 1 e o ponto 6 já se destacam, colocando-se em quadrantes opostos. Esta é a visão que se tem com este gráfico que explica somente 25% da variância total. Perfeitamente explicável devido ao ponto 1 encontrar-se em maciço diferente.

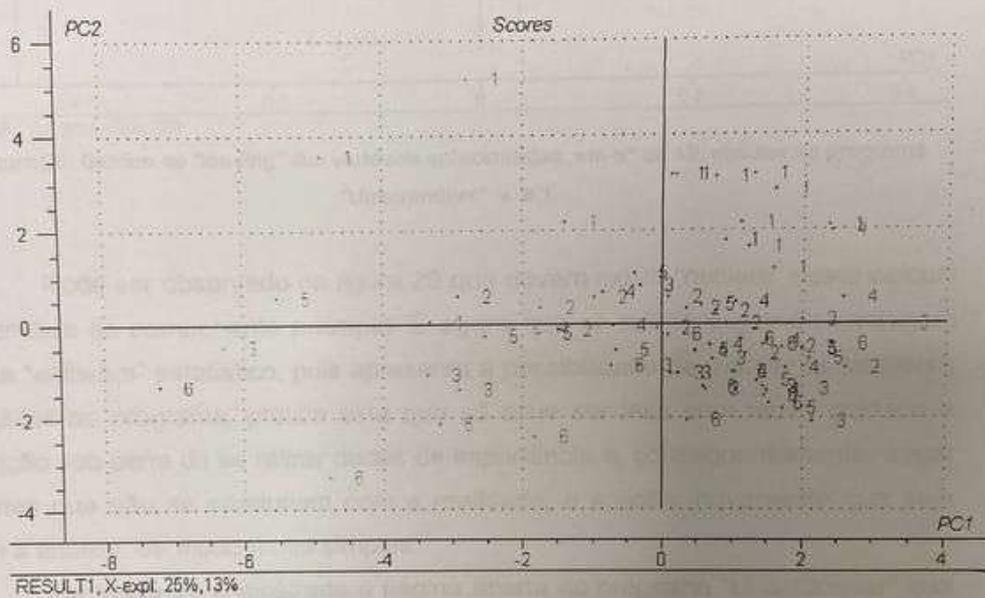


Figura 25: Gráfico dos Scores dos pontos de coleta obtido no programa "Unscrambler v. 9.1

A opção "default" do programa é assinalar como aberrante todos os valores que, após a normalização que o próprio programa efetua, ultrapassarem o valor 3.0; foi alterada esta opção, visando margens mais amplas, menos severas, para o valor 5.0, isto é, evitando que sejam retiradas demasiadas variáveis.

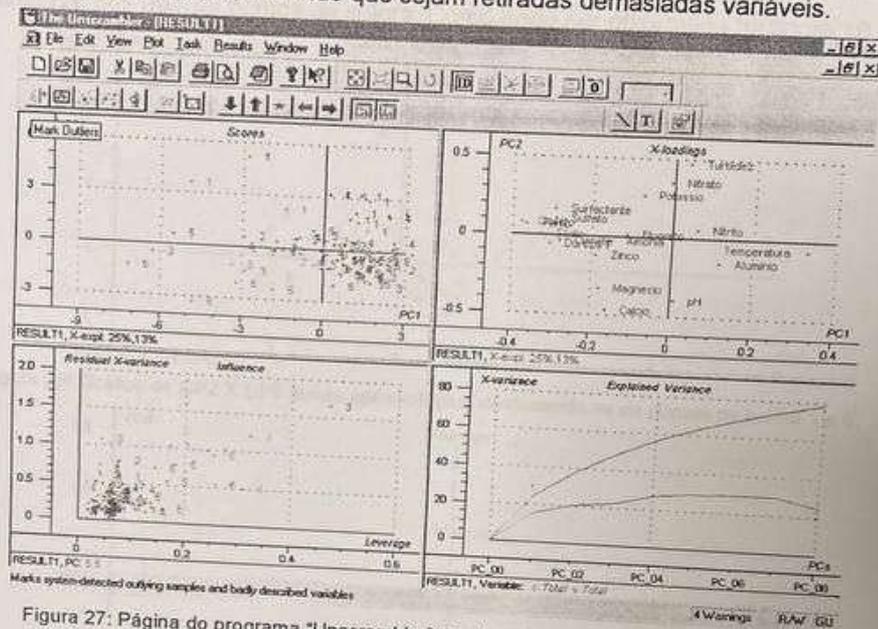


Figura 27: Página do programa "Unscrambler" mostrando sua versatilidade e praticidade.

Outra possibilidade do programa é aplicar a rotação nos eixos de modo que outras combinações de CPs sejam imediatamente visíveis. Isto é, executado acionando-se as setas que estão em verde na terceira linha da mesma caixa de ferramentas. Não custa lembrar que, não raro, outras combinações de CPs, com explicações menores da variância total, podem mostrar aspectos do estudo não visualizados na combinação principal de CP1 X CP2.

Esta operação foi executada e selecionado o gráfico de "Scores" CP2 X CP5 como mostrado na figura 28. Destaca-se uma separação mais nítida entre os grupos 1 e 6, o que se justifica uma vez que Penitentes encontra-se em maciço diferente dos demais pontos de coleta. Como pode ser observada na figura 10.

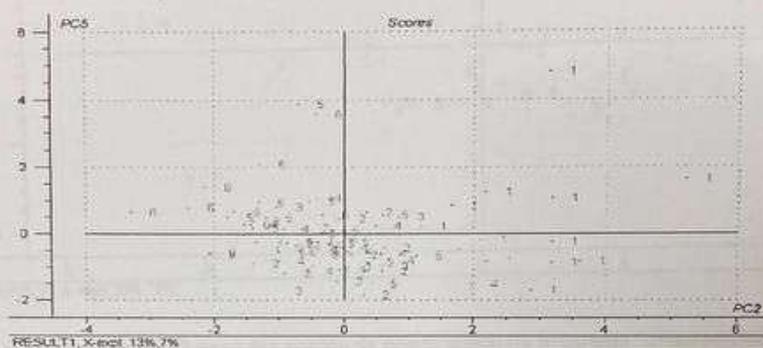


Figura 28: Gráfico de CP2 X CP5 obtido após rotação, destacando-se os pontos de coleta 1 e 6.

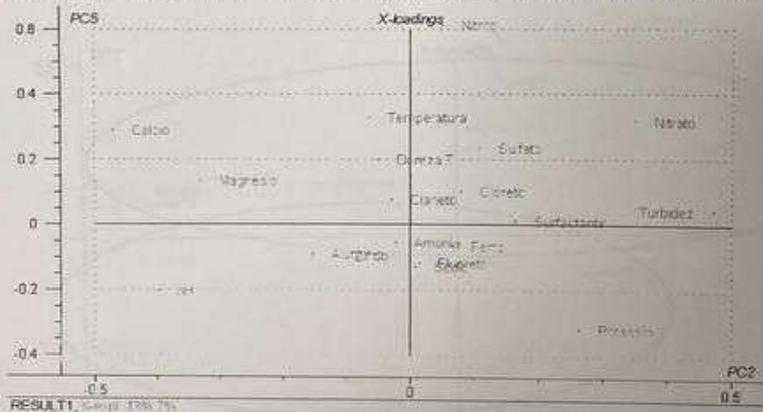


Figura 29: Gráfico CP2 X CP5 de "loading" das 19 variáveis selecionadas.

Após 2 rodadas adicionais para identificação e supressão de alguns valores pertencentes a alguns poucos parâmetros, na terceira foram obtidos os gráficos das figura 30 e 31, de CP1 X CP2, respectivamente "score" e "loading".

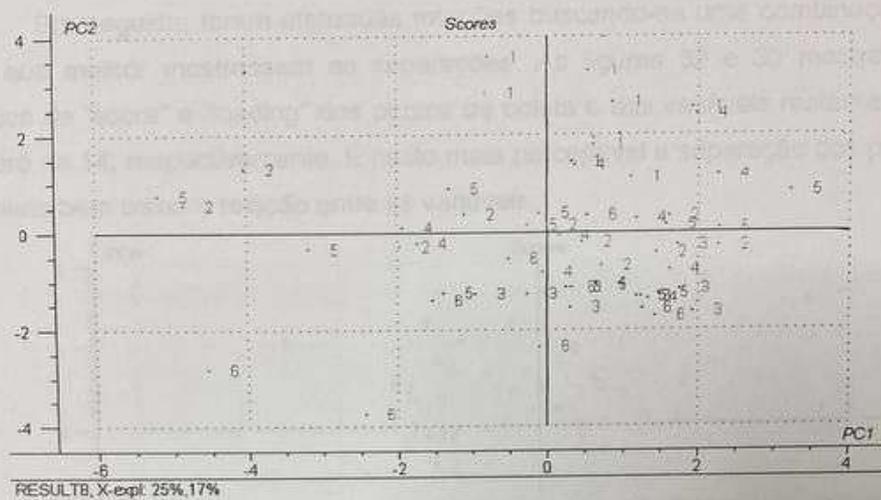


Figura 30: Gráfico dos Scores dos pontos de coleta obtido no programa "Unscrambler v. 9.1, excluído os valores considerados aberrantes.

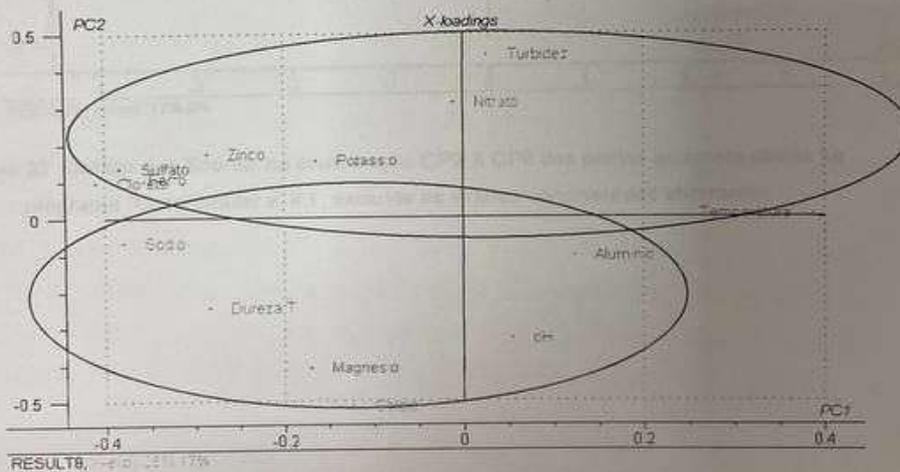


Figura 31: Gráfico CP1 X CP2 de "loading" das variáveis selecionadas, excluídos os valores considerados aberrantes.

Em seguida, foram efetuadas rotações buscando-se uma combinação de CPs que melhor mostrassem as separações. As figuras 32 e 33 mostram os gráficos de "score" e "loading" dos pontos de coleta e das variáveis restantes, em número de 14, respectivamente. É muito mais perceptível a separação dos pontos de coleta bem como a relação entre as variáveis.

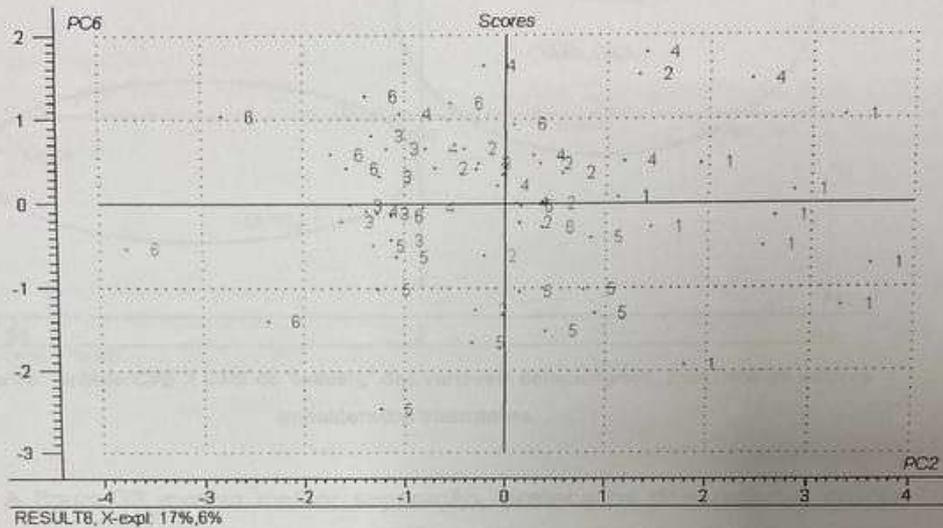


Figura 32: Gráfico dos Scores, na combinação CP2 X CP6 dos pontos de coleta obtido no programa "Unscrambler v. 9.1, excluído os valores considerados aberrantes.

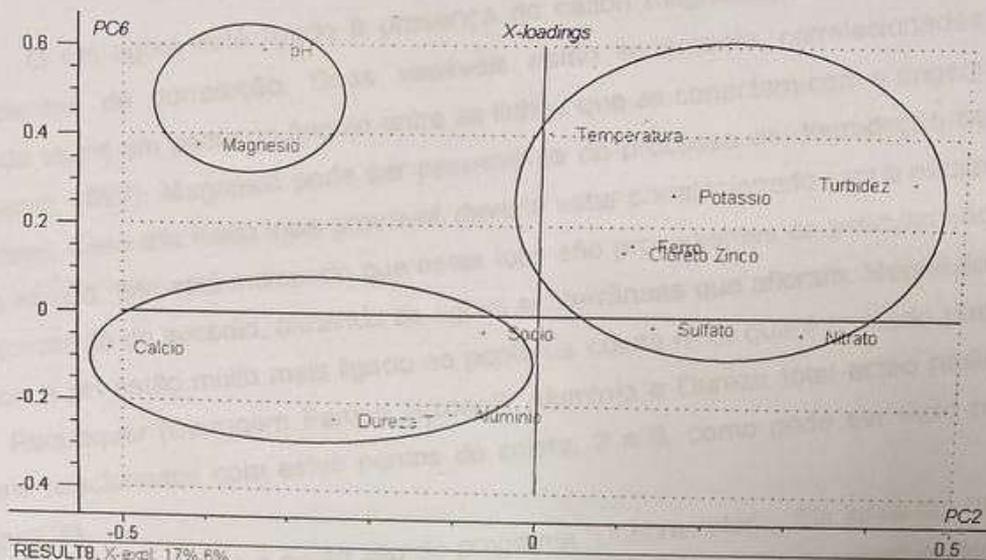


Figura 33: Gráfico CP2 X CP6 de "loading" das variáveis selecionadas, excluídos os valores considerados aberrantes.

A figura 33 mostra melhor separação, destaca os dois grandes grupos revelados na figura 31. Uma simples rotação dos eixos de CP1 X CP2 revelou-se sobremaneira simplificadora. É possível agora analisar e estabelecer o significado das correlações reveladas.

Em primeira observação, vê-se que o programa Unscrambler sugere relações mais categóricas entre os parâmetros estudados e seus resultados obtidos. Assim sendo, convém revisitar as relações concluídas para o primeiro grupo da figura 21 e verificar as influências sobre os dois grupos restantes, cujas relações não se alteraram.

O pH agora está ligado à presença do cátion magnésio, face aos seus coeficientes de correlação. Duas variáveis estão fortemente correlacionadas quando existe um pequeno ângulo entre as linhas que as conectam com a origem (Massart, 1997). Magnésio pode ser proveniente do processo de degradação de vegetais. Caso isto fosse mais provável, deveria estar correlacionado com o nitrato pelo menos. Isto está indicando que estes ions são provenientes da solubilização da formação do subsolo, afetando as águas subterrâneas que afloram. Magnésio, cálcio e pH estão muito mais ligados ao ponto de coleta nº 6, que é formado pelo rio Paquequer (Barragem Parque Naional). Alumínio e Dureza total estão muito mais relacionados com estes pontos de coleta, 2 e 5, como pode ser visto na figura 34.

A figura 34 é o ponto alto do programa "Unscrambler". Ele junta em um gráfico só os gráficos de "score" e "loading" possibilitando relacionar a variável com o ponto de coleta.

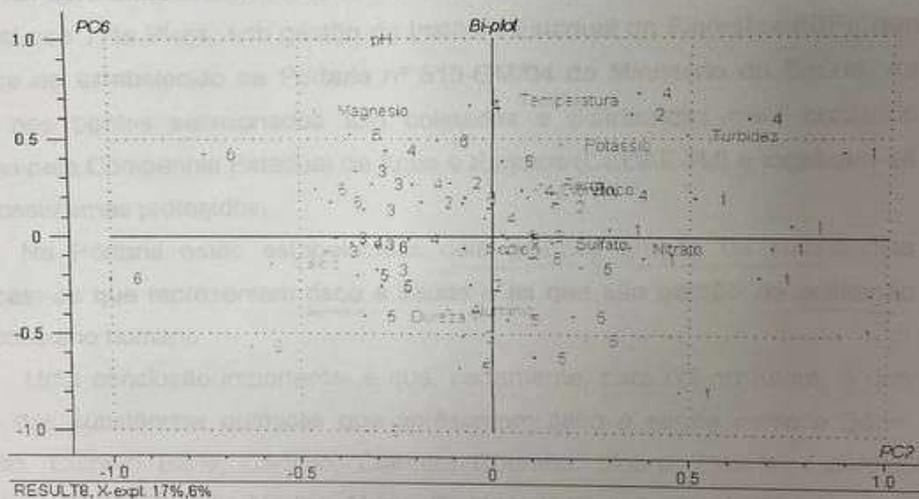


Figura 34: Junção dos gráficos das figuras 31 e 32.

7. Conclusão

A execução dos trabalhos experimentais que resultaram na presente dissertação, abrangeu três estações climáticas, no período de julho de 2003 a fevereiro de 2004. A análise dos gráficos da média dos últimos dez anos das precipitações (figura 2) e temperatura máxima e mínima (figura 3), obtidos através dos dados da estação meteorológica de Teresópolis e cedidos gentilmente pelo INMET, confirmou o que a análise estatística multivariada nos retornou como informação: o agrupamento das datas de amostragem (figura 17), separando as amostras em inverno e verão. Vale ressaltar que as coletas feitas na primavera se aproximam em características daquelas coletadas no verão.

O trabalho experimental foi direcionado para a avaliação da qualidade das águas no PARNA-SO/IBAMA e entorno, incluindo a barragem de Penitentes situada a aproximadamente 2 Km da entrada da cidade em área do Parque Estadual dos Três Picos, sob gestão do Instituto Estadual de Florestas (IEF), que obedece ao estabelecido na Portaria nº 518-GM/04 do Ministério da Saúde. As águas dos pontos selecionados são coletadas e distribuídas para consumo humano pela Companhia Estadual de Água e Esgotos (CEDAE-RJ) e localizam-se em ecossistemas protegidos.

Na Portaria estão estabelecidos dois grandes grupos de substâncias químicas: as que representam risco à saúde e as que são padrão de aceitação para consumo humano.

Uma conclusão importante, e que, certamente, será útil no futuro, é que 100% das substâncias químicas que apresentam risco à saúde como o Bário, Cádmiio, Cianeto Bário, Cádmiio, Cianeto, Chumbo, Cobre, Cromo, Fluoreto, Mercúrio, Nitrato, Nitrito, Alaclor, Aldrin, Dieldrin, DDT (isômeros), Endossulfan, Endrin, Heptacloro, Lidano, Metolacloro, Permetrina e Bromato encontravam-se dentro dos limites estabelecidos pela Portaria nº 518-GM/04 do M.S..

Ainda no que tange aos padrões de aceitação para consumo humano, da citada Portaria, do mesmo modo verificou-se que os parâmetros: Alumínio, Amônia, Cloreto, Dureza, Ferro, Mangarês, Sódio, Sólidos dissolvidos totais, Sulfato, Surfactantes, Turbidez e Zinco, em 100% das amostras, foram encontrados valores inferiores aos Valores Máximos Permitidos.

Em relação à acidez das águas, é recomendado pela Portaria valores na faixa de 6,0 a 9,5. Neste trabalho foram encontrados pH de 6,9 a 7,6, em 78 amostras, fato extremamente importante, pois o pH influi em diversos processos fisiológicos tanto de vegetais quanto de animais, além de ser fator limitante à colonização de ecossistemas aquáticos (Vaitsman, 2005).

Um dos parâmetros estabelecidos na Portaria nº 518-GM/04 do MS é a Radioatividade, a qual necessita de equipamentos específicos para sua determinação. Certos minerais emitem radiação e uma vez que a água percola o leito da rocha, esta radioatividade é transferida, em parte, para a mesma. Estas águas devem ter a radioatividade inferior ao permitido pela legislação sob risco de causar danos para saúde da população.

Os Valores Máximos Permitidos para radioatividade são de 0,1 Bq/L para radioatividade alfa global e 1,0 Bq/L para radioatividade beta global. Em nenhum momento sequer foram encontrados valores próximos a esses limites, nem mesmo quando foi feito o somatório da concentração de todos os radionuclídeos pesquisados.

Quanto ao estado sanitário das águas, no PARNA-SO/IBAMA e entorno, as quais sofrem simples desinfecção por cloro para distribuição e consumo humano, deve-se enfatizar alguns aspectos importantes, tais como:

- ✓ A impossibilidade de se determinar rotineiramente o incontável número de microorganismos patogênicos;
- ✓ A fauna regional;
- ✓ O acesso público aos mananciais.

??

5. Ref: A Organização Mundial da Saúde (OMS) estabeleceu como parâmetro para controle sanitário o estudo do grupo coliforme, também conhecido como colimetria, onde o microorganismo representante é o *Escherichia Coli*, habitante natural do trato intestinal dos animais superiores. Em todas as amostras foram encontrados valores positivos para coliformes totais e fecais.

bactéria
E. Coli

← quais valores??

Finalmente, a análise estatística permitiu constatar, conforme discutido no capítulo 6, que os pontos de coleta Beija-flor e Parque Nacional apresentam as mesmas características físico-químicas, que se justificam pelo fato do rio Beija-Flor ser afluente de maior aporte d'água do rio Paquequer, onde se encontra a barragem denominada Parque Nacional.

porque não
Britador
também?

Os resultados obtidos vieram corroborar com a expectativa de que a área de estudo pode ser considerada ainda não impactada e encontra-se dentro dos limites estabelecidos pela Portaria nº 518/04-GM do M.S.

↑
comparar com
outros trechos
do Paquequer!

mesmo nível
de poluição
antes + depois
Granja Guaraní??

8. Referências Bibliográficas

AGÊNCIA ESTADO, www.estadao.com.br/ext/ciencia/arquivo/mata/, acessado em 13 de janeiro de 2003, 2002.

AMADOR, André Bittencourt *Caracterização da qualidade das águas da Bacia do Alto Rio Macaé, Nova Friburgo – RJ* Rio de Janeiro Dissertação de Mestrado em Geografia na Universidade Federal Fluminense, 2003.

AMARAL, Sonia Burmester do. *Aspectos da relação entre uso-ocupação do solo e qualidade da água na Bacia do Rio Pequeno – São José dos Pinhais/PR* Curitiba: Dissertação de Mestrado em Geografia, UFPR. 2002, 133p.

ARUGA, R., 1997. *Treatment of responses below the detection limit: some current techniques compared by factor analysis on environmental data*. Anal. Chim. Acta 354, 255-262.

BAIRD, C. *Química Ambiental*. Rio de Janeiro. Ed. Bookman. 2002, 443p, 472p

BRAILE, P.M., Cavalcanti, J.E.W.A. *Manual de tratamento de águas residuárias industriais*. São Paulo. Ed. CETESB. 1993

BRASIL, *Código das Águas – Decreto Federal Nº 24.643 de 10 de Julho de 1934*. Rio de Janeiro, 1934.

BRASIL, *Decreto Lei Nº 1.822, de 30 de novembro de 1939*. Rio de Janeiro, 1939.

BRASIL, *Política Nacional do Meio Ambiente Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981* Brasília: Secretaria Especial do Meio Ambiente – SEMA, 1981

BRASIL, *Decreto Nº 90.023, 02 de agosto de 1984*. Brasília, 1984.

BRASIL, *Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasília, 1988.

BRASIL, *Política Nacional dos Recursos Hídricos Lei Nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997*. Brasília, Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, Secretaria dos Recursos Hídricos, 1997.

BRASIL, *Fundação Nacional de Saúde. Portaria do Ministério da Saúde – Nº 1.469/2000, de 30 de dezembro de 2000*. Brasília, 2000a.

BRASIL, *Política Nacional dos Recursos Hídricos Lei Nº 9.984, de 17 de julho de 2000*. Brasília, Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, Secretaria dos Recursos Hídricos, 2000b.

BRASIL, *IBAMA-MMA, Folder do Parque Nacional da Serra dos Órgãos*, 2001.

BRASIL, Fundação Nacional de Saúde. *Portaria do Ministério da Saúde – Nº 518/2004, de 25 de março de 2004*. Brasília, 2004.

BRASIL, Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Brasília, SEMA, 2005.

BRASIL, Banco de pesquisas IBICT, versão eletrônica, http://www.canalciencia.ibict.br/pesquisas/pesquisa.php?ref_pesquisa=106, acessado em 10/04/2005, 2005.

BROWN, S. D., SUM, S. T. e DESPAGNE, F., 1996. Chemometrics, *Anal. Chem.* 68, 21R-61-R

CLARKE, J. U., 1998. *Evaluation of censored data methods to allow statistical comparisons among very small data samples with below detection limit observations*. *Environ. Sci. Technol.* 32, 177-183.

EMBRAPA, *Sistemas de produção, 3*, Versão Eletrônica, Janeiro/2003, <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial/adubacao.htm>, acessado em 17/04/2004, 2003a.

EMBRAPA, *Sistemas de produção, 3*, Versão Eletrônica, Janeiro/2003, <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial/pragas.htm>, acessado em 17/04/2004, 2003b.

FARNHAM, I. M., SINGH, A. K., STETZENBACH, K. J. E JOHANNESSEN, K. H., 2002. *Treatment of nondetects in multivariate analysis of groundwater geochemistry data*. *Chemometr. Intell. Lab. Syst.* 60, 265-281.

HELENA, B., PARDO, R., VEGA, M., BARRADO, E., FERNÁNDEZ, J. M., FERNÁNDEZ, L., 2000. *Temporal evolution of groundwater composition in an alluvial aquifer (Pisurga River, Spain) by principal component analysis*. *Water Res.* 34, 807-816.

HELSEL, D. R., 1990. *Less than obvious; Statistical treatment of data below the detection limit*. *Environ. Sci. Technol.* 24, 1766-1773.

HINTON, S. W., 1993. *Δ Log-normal statistical methodology performance*. *Environ. Sci. Technol.* 27, 2247-2249.

IBAMA, *GEO Brasil 2002 – Perspectivas do Meio Ambiente no Brasil*. Brasília Edições IBAMA. 2002 447p.

IBGE, *Cadastro Central de Empresas 1998*, 1998.

IBGE, *Produção Agrícola Municipal 1999*, 1999a.

IBGE, *Produção Pecuária Municipal 1999*, 1999b.

- IBGE, *Censo demográfico 2000*, 2000a.
- IBGE, *Base de informações Municipais – Malha municipal Digital*, 2000b
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET), *Banco de dados Meteorológicos*, 2002.
- INSTITUTO SÓCIO-AMBIENTAL, *Programa Mata Atlântica/Mananciais*, 2000.
- LIU, C. W., LIN, K. H., e KUO, Y. M., 2003. *Application of factor analysis in the assessment of groundwater quality in a blackfoot disease area in Taiwan*. *Sci Tot. Environ.* 313, 77-89. citado por SIGH, K. P., MALIK, A., MOHAN, D. e SINHA, S., 2004. *Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India)-a case study*. *Water Res.* 38, 3980-3992.
- MACEDO, J. A. B. – *Introdução a Química Ambiental – Química & Meio Ambiente & Sociedade – CRQ-MG – Juiz de Fora – MG – 2002.*
- MARTINS, Celso. *Biogeografia e ecologia*. São Paulo: Ed. Nobel, 1992, 115p.
- MASSART, D. L., VANDEGINSTE, B. G. M., BUYDENS, L. M. C., DE JONG, S., LEWI, P. J. E SMEYERS-VERBEKE, J., Elsevier Editors, *Handbook of Chemometrics and Qualimetrics: Part A*, Amsterdam, 1997.
- MENDIGUCHIA, C., MORENO, C., GALINDO-RIÑÓ, M. D e GARCIA-VARGAS, M., 2004. *Using chemometric tools to assess anthropogenic effects in river water. A case study: Guadalquivir River (Spain)*. *Anal. Chim. Acta* 515, 143-149.
- PARINET, B., LHOTE, A. e LEGUBE, B., 2004. *Principal component analysis: an appropriate tool for water quality evaluation and management-application to a tropical lake system*. *Ecological Modelling* 178, 295-311.
- REGHUNATH, R., MURTHY, T. R. S. e RAGHAVAN, B. R., 2002. *The utility of multivariate statistical techniques in hydrogeochemical studies: an exemple from Karnataka, India*. *Water Res.* 36, 2437-2442.
- RIO DE JANEIRO, *Legislação Básica. Lei nº 3.239 de 02 de agosto de 1999. Política Estadual de recursos Hídricos. Secretaria de Estado de Saneamento e Recursos Hídricos. Governo do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999.*
- SEWELL, G.H. *Administração e controle da qualidade ambiental* São Paulo: EPU:EDUSP:CETESB, 1978, 294p.

SIMEONOV, V., STRATIS, J. A., SAMARA, C., ZACHARIADES, G., VOUTSA, D., ANTHEMIDIS, A., SOFONIOU, M. E KOUIMTZIS, Th., 2003. *Assesment of the surface water quality in Northern Greece*. Water Res. 37, 4119-4124

SINGH, K. P., MALIK, A., MOHAN, D. e SINHA, S., 2004. *Multivariate statistical techniques for the evaluation of special and temporal variations in water quality of Gomti River (India)-a case study*. Water Res. 38, 3980-3992.

STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 20 ed. Washington: APHA, 1998. 1v

Statistical Analysis of Ground-Water Monitoring Data at RCRA Facilities, US Environmental Protection Agency Technological Report, EPA 530-SW-89-026, Washington, DC, 1989.

TERESÓPOLIS. *Secretaria Municipal de Turismo e Desenvolvimento Econômico*. www.uol.com.br/teresopolison/historia.htm

UNESCO. *O Brasil e a Convenção do Patrimônio Mundial* http://www.unesco.org.br/programas/cultura/cul_conv.asp, acessado em 17/06/2004, 2004

VAITSMAN, D. S., Afonso, J.C., Dutra, P.B. *Para que servem os elementos químicos*, Rio de Janeiro, Editora Interciência, 2001.

VAITSMAN, D. S., Notas de aula disciplina IQA-830 – Tópicos especiais em Química Analítica – Análise de águas, Rio de Janeiro, 2001.

VAITSMAN, D.S., Vaitsman, M.S. *Água Mineral*, Rio de Janeiro, Editora Interciência, 2005.

VEGA, M., PARDO, R., BARRADO, E. e DEBAN, L., 1998. *Assesment of Seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis*. Water Res. 32, 3581-3592.

VONCINA, D. B., DOBCNIC, D., NOVIC, M., e ZUPAN, J., 2002. *Chemometric characterization of the quality of river water*. Anal. Chim. Acta 462, 87-100.

WUDERLIN, D. A., DIAZ, M. P., AME, M. V., PESCE, S. F., HUED e A. C. BISTONI, M. A. 2001. *Pattern recognition Techniques for the evaluation of special and temporal variations in water quality. A case study: Suquia river basin (Cordoba-Argentina)*. Water Res. 35, 2881-2894.

9. Anexos

(Dados obtidos na execução da dissertação)

