
Avaliação da qualidade da água do Córrego

Vaca Brava: contribuições para Ciências

Ambientais e Saúde

Evaluation of the water quality of the Vaca Brava Stream: contributions to Environmental Sciences and Health

Patrícia Regina Gomes Verissimo de Faria Silva¹, Julio Cezar Rubin de Rubin^{1,2}

1 Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Saúde, Escola de Ciências Médicas, Farmacêuticas e Biomédicas. Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Rua 232, 128 – 3º andar – Área V – Setor Universitário. CEP: 74605-140 – Goiânia, GO.

2 Instituto Goiano de Pré-História e Antropologia, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa. Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Avenida Universitária, 1440 – Setor Universitário. CEP: 74605-010 – Goiânia, GO.

Resumo: o processo de ocupação do solo em Goiânia demonstra que, devido ao seu acelerado crescimento populacional, a cidade reproduziu todas as contradições socioambientais de uma grande metrópole. Esse estudo relata uma avaliação das características físicas, químicas e microbiológicas do córrego Vaca Brava, com uma análise da variação temporal e espacial das suas características limnológicas. A coleta das amostras foi realizada em oito pontos no eixo longitudinal do córrego Vaca Brava, entre junho de 2015 e maio de 2016, abrangendo as estações de chuva e seca. Foram monitorados 27 parâmetros físico-químicos e biológicos. Para os resultados foi realizada uma análise de componentes principais (PCA), com o teste *t* para verificar a existência de diferença entre os períodos de coleta (seca e chuva). De maneira geral, os resultados indicaram águas com baixos valores de turbidez, nutrientes, DBO₅ e Clorofila-*a*. No entanto, ocorreram exceções, como as elevadas concentrações de fósforo total, ortofosfato, nitrogênio total (Kjeldahl) e nitrogênio amoniacal registradas em alguns locais no período de seca. Baixas concentrações de oxigênio dissolvido também foram frequentes na área de estudo. Os resultados apontam para uma sazonalidade esperada, que podem estar correlacionados a uma maior contribuição de fontes poluentes. A proteção das cabeceiras do córrego Vaca Brava contribui para valores amenos nos pontos amostrais mais à jusante, muito provavelmente devido ao fato da criação do PMVB. A ocupação humana desordenada se reflete na maior concentração de residências (especialmente verticais) nas partes intermediárias do córrego Vaca Brava, sendo coerente com os resultados mais negativamente expressivos nesse trecho do córrego. Dentre todos os pontos amostrais, o de maior relevância para a maioria das alterações é o Ponto 5, que pode estar refletindo cargas de efluentes advindas de esgotos, comércio e pequenas indústrias, seja de forma canalizada ou por enxurradas na estação chuvosa.

Palavras-chave: Córrego Vaca Brava. Análise Limnológica. Cidade de Goiânia. Ocupação humana.

Abstract: the process of land occupation in Goiânia demonstrates that, owing to its accelerated populational growth, the city reproduced all the socioenvironmental contradictions of a big metropolis. This study reports an evaluation of the physical, chemical and microbiological characteristics of the Vaca Brava Stream, with a temporal and spatial analyses of its limnological characteristics. The samples collecting was carried out in eight points along the longitudinal axis of the Vaca Brava Stream between June 2015 and May 2016, encompassing the rainy and dry seasons. Twenty-seven physical-chemical and biological parameters were monitored. For the results a principal component analysis (PCA) was performed, with the *t*-test to verify differences between the collecting periods (dry and rainy). In a general manner, the results indicated waters with low values of turbidity, nutrients, DBO₅ and Chlorophyll-*a*. However, there were exceptions, as the high concentrations of total phosphor, orthophosphate, total nitrogen (Kjeldahl), and ammoniacal nitrogen, recorded in some places during the dry season. Low concentrations of dissolved oxygen were also frequent in the study area. The results point to an expected seasonality which may be related to a larger contribution of polluting sources. The protection of the Vaca Brava Stream headwaters contributes to better values in the sampling points located upstream, most probably owing to the fact of the VBMP. The disorderly human occupation is reflected in the higher housing concentration (especially vertical) in the intermediary parts of the Vaca Brava Stream, being coherent with the more negative results expressed in this stretch of the stream. Among all sampling points, the most relevant for the majority of alterations is the

DOI 10.18224/evs.v44i0.6045

Autor correspondente: patriciaryfsilva@gmail.com

Recebido: novembro, 2017 | Aceito: fevereiro, 2018 | Publicado: setembro, 2018



Este artigo está licenciado com uma Licença Creative Commons. Atribuição Sem Derivações 4.0 CC BY-NC-ND.

Point 5, which might be reflecting the effluent loads coming from sewers, commerce, and small industries as channeled form or surface runoff in the rainy season.

Keywords: Vaca Brava Stream. Limnological analysis. City of Goiânia. Human occupation.

Introdução

De acordo com a Resolução CONAMA Nº 001, de 23 de janeiro de 1986, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança e o bem-estar da população (DOU 17.02.1986).

A degradação de bacias hidrográficas ocorre devido a diversos fatores como: desmatamento, urbanização, obras de terraplenagem, mineração, dentre outros¹. O desenvolvimento urbano frequentemente está associado à substituição de ambientes naturais ou seminaturais por ambientes construídos, com o direcionamento das águas pluviais e dos esgotos para os corpos d'água adjacentes aos canais de drenagem². Como consequência, há o aumento do movimento de águas superficiais, além de diminuição da recarga dos aquíferos. A urbanização de forma desordenada, sem diretrizes de ocupação, impacta gravemente no ciclo hidrológico, pois causa drásticas alterações na drenagem, elevando a possibilidade de ocorrência de enchentes e deslizamentos, impondo riscos à saúde e à vida humana³.

Comparável com o que ocorre na cidade de Goiânia, os impactos ambientais desde a construção de Brasília provocaram o encolhimento de dois terços da vegetação do Quadrilátero do Distrito Federal devido ao uso e ocupação do solo de forma regular e irregular. Dos 581 mil hectares, sobraram 189 mil hectares, sendo 10% em áreas de Proteção Ambiental⁴.

O processo de ocupação do solo e o estabelecimento da cidade de Goiânia adquiriu ao longo do tempo características do próprio momento histórico, e foi se transformando em meio ao contexto político e econômico do país⁵. Goiânia se estabeleceu como espaço urbano através de quatro planos urbanísticos dos quais dois (Projeto Urbanístico de Atilio Correia Lima e o Plano Urbanístico de Armando Augusto de Godói) definiram a estrutura do espaço urbano⁶.

Devido ao seu acelerado crescimento populacional, a cidade reproduziu em seus espaços todas as contradições socioambientais de uma grande me-

trópole. A cidade foi planejada em 1933 para abrigar 50 mil habitantes e atualmente possui uma população estimada em 1,3 milhões de habitantes⁷. Com a expansão da capital e a crescente imigração foram desenvolvidos os setores periféricos sem infraestrutura adequada, destinados a classe social com menor poder aquisitivo e setores bem estruturados para atender à população de classe alta⁸. Os setores nobres como, por exemplo, o Bueno, foram estruturados para atender as necessidades da população da média e alta sociedade, se caracterizando pelo processo de verticalização e preservação ambiental. Estes setores foram construídos e estruturados para atender as necessidades de consumo da população. A preservação ambiental dos setores nobres de Goiânia está relacionada com as áreas de preservação ambiental, especialmente na forma de parques.

Neste contexto, o córrego Vaca Brava (afluente do córrego Cascavel) está parcialmente inserido no Parque Municipal Sullivan Silvestre, mais conhecido como Parque Vaca Brava (PMVB), que foi criado em 1951 pelo decreto que aprovou a loteamento do Setor Bueno. O projeto original contava com 12% de espaços livres destinados para praças e parques e em 1970 este número caiu para 4%^{9,10}.

A área do PMVB foi loteada em 1974 em 12 lotes de chácaras. Em 1985, através do Despacho nº139/85 foi autorizada a construção de 12 prédios de alto padrão na região pertencente ao Parque Vaca Brava⁹.

A associação nacional de órgãos municipais do meio ambiente, através de recursos judiciais recebe a autorização para recuperar as nascentes do Córrego Vaca Brava. E por meio de um inquérito criminal foi comprovado a adulteração do mapa do setor Bueno que gerou o loteamento ilegal na área do parque. O Ministério Público por meio de uma ação Civil Pública anula a escritura e devolve a área ao município de Goiânia, e em 1992, foi criada uma Área de Proteção Ambiental (APA) do córrego Vaca Brava^{9,10}.

O PMVB está localizado em uma área urbana, sendo que próximo a nascente, encontram-se edifícios verticais de uso residencial, e na área mais próxima ao Goiânia Shopping encontram-se supermercados, clínicas,

prestadoras de serviços e lojas horizontais. A vegetação é composta por espécies nativas do Cerrado e espécies exóticas introduzidas. A fauna é representada por animais silvestres de pequeno porte, adaptadas ao ambiente urbano. O lago do córrego Vaca Brava apresenta características lântico ornamental, com coloração verde oliva¹⁰.

Sendo um curso d'água que atravessa parte da cidade de Goiânia, o córrego Vaca Brava é extremamente importante do ponto de vista ambiental, mas também carrega uma carga muito grande de dejetos domésticos e industriais, comprometendo a noção de uma área de preservação dos recursos hídricos.

Em seu trajeto da nascente até a confluência com o córrego Cascavel, o córrego Vaca Brava começa a perder suas características logo abaixo do lago do PMVB,

com o recebimento das primeiras descargas de esgotos. Como um grande agravante, a área do PMVB apresenta-se completamente depauperada de cobertura vegetal ripária, favorecendo o escoamento de águas de superfície que transportam sedimentos principalmente em suspensão, favorecendo a assoreamento. A caracterização limnológica é um exercício de comparações com a realidade ambiental comum à grande maioria dos recursos hídricos do Estado de Goiás, representando uma fase de diagnóstico se implementado um programa de monitoramento.

A área de estudo compreende a bacia hidrográfica do córrego Vaca Brava, que também inclui o Parque Municipal Vaca Brava (PMVB), com uma área aproximada de 77.760,00 km² ¹⁰. Segundo Alves-Sobrinho *et al.* ¹¹ a área da bacia é de 79.890,63 m² (Figura 1).



Figura 1. Localização da área de estudo

Nota: mapa de Leonardo Nogueira.

Material e Métodos

A delimitação da bacia hidrográfica foi feita através da captura e interpretação de imagens de satélite com o uso de Sistema de Informações Geográficas (SIG). Foram utilizadas imagens do sensor Landsat, obtidas ao longo de 1990 a 2015, adquiridas pelo site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Para análise comparativa foram utilizadas imagens de CBERS.

A avaliação da qualidade dos recursos hídricos foi feita através da análise dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos em cada um dos pontos amostrais definidos no eixo longitudinal do córrego Vaca Brava. A coleta foi realizada entre junho de 2015 e maio de 2016, abrangendo as estações de chuva e seca.

Agostinho¹² sugere que a informação sobre um estado ou um fenômeno deve ser obtida em uma escala temporal que reflita suas variações no sistema, e que a maioria dos fenômenos biológicos e limnológicos são cíclicos e regulados por fatores ambientais que variam de forma periódica e previsível, como o fotoperíodo, as estações do ano, chuvas, níveis fluviométricos etc. Aliado a esses fatores somam-se as ações antrópicas de poluição e aceleração do processo de assoreamento.

1. Amostragem

A partir da nascente do Córrego Vaca Brava, que faz parte do PMVB, foram definidos oito pontos amostrais (Figura 2).

As coletas de amostras de água foram realizadas com uma garrafa coletora de amostra de água (Van Dorn) com capacidade para 3 litros, a qual foi submergida até a profundidade desejada, presa num cabo graduado. Amostras de água foram coletadas abaixo da superfície (aproximadamente 20 cm) com frascos de polietileno e acondicionadas em caixas de isopor com gelo. Parte das amostras foi filtrada, no mesmo dia da coleta, em membranas Whatman GF/C. As amostras filtradas e não filtradas foram preservadas para posterior determinação das formas dissolvidas e totais de nitrogênio e fósforo em laboratório. As amostras foram acondicionadas e preservadas conforme Tabela 1, e transportadas até o

laboratório de limnologia da empresa Life Consultoria Ambiental Ltda, em Goiânia, para realização das análises.

2. Parâmetros físico-químicos e microbiológicos gerais

Foram monitorados 27 parâmetros físico-químicos e biológicos que melhor caracterizam o ambiente de estudo em sua extensão. As técnicas de análise de amostras de água para variáveis físico-químicas compreendem as descritas no AWWA¹³. Em campo, foram obtidos os valores de temperatura do ar (termômetro), pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos (STD), oxigênio dissolvido (O₂), saturação de oxigênio e temperatura da água (utilizando uma sonda YSI 556). A turbidez foi obtida através de um turbidímetro digital Hach. Os parâmetros microbiológicos gerais se referem a detecção de coliformes totais e *E. coli*, definidos como bactérias que podem indicar pontos poluentes de esgoto (Tabela 2).

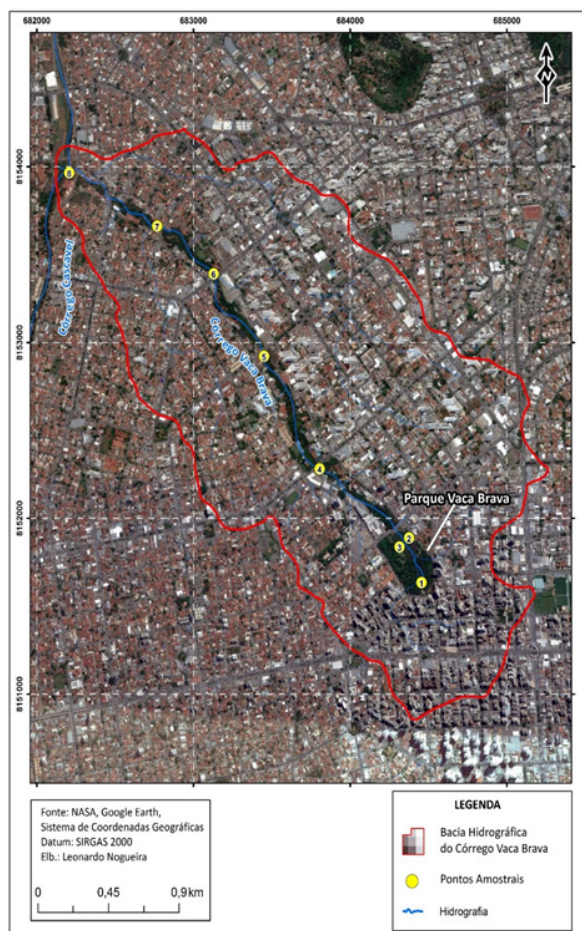


Figura 2. Pontos amostrais de limnologia na área de estudo

Nota: mapa de Leonardo Nogueira

Tabela 1. Métodos de acondicionamento, preservação e prazo para análise das amostras de água¹³¹⁴

Parâmetro	Acondicionamento	Preservação	Prazo
Físico-Químicos			
Alcalinidade	Frasco de PVC	Temperatura 4°C	14 dias
Clorofila	Frasco de PVC	Temperatura 4°C	48 horas
Cloretos	Frasco de PVC	Temperatura 4°C	28 dias
CO ₂ livre	Frasco de PVC	Temperatura 4°C	48 horas
CO ₂ total	Frasco de PVC	Temperatura 4°C	48 horas
Condutividade	Medição <i>in situ</i>	-	Imediato
Cor	Frasco de PVC	Temperatura 4°C	48 horas
DBO	Frasco de vidro	Temperatura 4°C	48 horas
Dureza	Frasco de PVC	Temperatura 4°C	12 horas
Ferro solúvel	Frasco de vidro	Temp. 4°C+2ml Ácido Nítrico/L de amostra	6 meses
Fósforo total	Frasco de PVC	Temperatura 4°C	48 horas
Nitrato	Frasco de PVC	Temperatura 4°C	48 horas
Nitrito	Frasco de PVC	Temperatura 4°C	48 horas
Nitrogênio Amoniacal	Frasco de PVC	Temp. 4°C + 2ml H ₂ SO ₄ /L de amostra	28 dias
Nitrogênio Kjeldahl	Frasco de PVC	Temperatura 4°C	48 horas
Nitrogênio orgânico	Frasco de PVC	Temperatura 4°C	48 horas
Odor	Medição <i>in situ</i>	-	Imediato
Óleos e Graxas	Frasco de vidro	Temp. 4°C + 6ml HCl/L de amostra	28 dias
Ortofosfato	Frasco de PVC	Temperatura 4°C	12 horas
Oxigênio dissolvido	Medição <i>in situ</i>	-	Imediato
pH	Medição <i>in situ</i>	-	Imediato
STD	Medição <i>in situ</i>	-	Imediato
Sulfato	Frasco de PVC	Temperatura 4°C	28 dias
Sulfeto	Frasco de PVC	Temperatura 4°C	28 dias
Temperatura	Medição <i>in situ</i>	-	Imediato
Transparência	Medição <i>in situ</i>	-	Imediato
Turbidez	Frasco de PVC	Temperatura 4°C	48 horas
Bacteriológicos			
Coliformes totais	Frasco de vidro	Temperatura 4°C	48 horas
Coliformes <i>E.coli</i>	Frasco de vidro	Temperatura 4°C	48 horas

Tabela 2. Métodos de análise e faixa de detecção dos parâmetros físico-químicos e biológicos segundo metodologia da AWWA¹³

PARÂMETRO	MÉTODO	STANDARD METHODS
Parâmetros Físico-Químicos		
Alcalinidade total	Titulação com Ácido Sulfúrico	SM22 2320 B
Cloretos	Titulação com Nitrato de Mercúrio	SM22 4500 Cl
CO ₂	Titulação com Hidróxido de Sódio	SM22 4500 CO ₂ D
Cor	Colorimétrico Platina/Cobalto	SM22 2120 C
Condutividade	Potenciométrico	SM22 2510 A
DBO	Diferença entre OD inicial e final	SM22 5210 B
Dureza	Titulação com EDTA	SM22 2340 C
Ferro Solúvel	Espectrofotometria pelo método Ferro Ver	SM22 3500-Fe B
Fósforo Total		SM22 4500-PE
Nitrato	Espectrofotometria pelo método Redução de Cádmio	SM22 4500-NO ₃ ⁻ E
Nitrito	Espectrofotometria pelo método Diazotação	SM22 4500-NO ₂ ⁻ A
N – amoniacal	Espectrofotometria pelo método de Nessler	SM22 4500-NH ₃ F
Odor	Olfato	
Óleos e Graxas	Extração com hexano	SM22 5520 D
Ortofosfato	Espectrofotometria pelo método do Ácido Ascórbico	SM22 4500-PE
Oxigênio dissolvido	Potenciométrico	SM22 4500-O C
pH	Potenciométrico	SM22 4500-H ⁺ B
STD	Fotométrico	SM22 2540 C
Sulfato	Espectrofotometria pelo método do Sulfa Ver 4 Sulfato	SM22 4500-SO ₄ ²⁻ E
Sulfeto	Espectrofotometria pelo método do Azul de Metileno	SM22 4500- SO ₃ ²⁻
Surfactantes	Separação por Sublimação	SM22 5540B
Temperatura	Termômetro	SM22 2550 B
Transparência	Disco de Secchi	
Turbidez	Nefelométrico	SM22 2130 B
Parâmetro Biológico		
Clorofila	Espectrofotômetro	SM22 10200 H
Coliformes E.coli	Tubos múltiplos	SM22 9221 B
Coliformes totais	Tubos múltiplos	SM22 9221 B

3. Potencial pontos poluentes diretos e da bacia

A extensão do córrego Vaca Brava foi percorrida para a identificação e caracterização de potenciais pontos de descarga de esgoto em quatro momentos do

ciclo anual de coletas de amostras de água, representando as estações chuvosa, seca e intermediárias chuva-seca e seca-chuva. Delimitada a bacia do córrego Vaca Brava, foram identificados e georreferenciados os seguintes pontos potencialmente poluentes: a) pos-

tos de combustíveis; b) hospitais; c) clínicas médicas; d) clínicas odontológicas; e) shopping centers; f) pet shops; g) lava jatos.

4. Monitoramento Limnológico

A legislação brasileira, através da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – (CONAMA) nº 357 de 17 de março de 2005¹⁵ estabelece limites para os teores de diversos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos que devem ser monitorados nas águas de Classe II (águas que podem ser destinadas ao uso humano). Os parâmetros físico-químicos e biológicos foram avaliados frente à Resolução CONAMA 357/2005 de forma direta e por gráficos e tabelas descritivas de seus resultados mensais. Os resultados foram confrontados também com a variação da vazão do córrego Vaca Brava e dos pontos potenciais de descarga de esgoto ou águas pluviais nesse curso d'água e as variações de temperatura e pluviosidade. Os dados de temperatura e pluviosidade de anos anteriores podem servir de um parâmetro comparativo do ano de monitoramento limnológico.

5. Análise Estatística

Com o objetivo principal de sintetizar o conjunto de dados abióticos, foi realizada uma análise de componentes principais (PCA)¹⁶, utilizando o programa R. Primeiramente, os valores de todas as variáveis físicas e químicas foram transformados em logaritmo (com exceção dos valores de pH). O teste *t* para amostras independentes foi aplicado utilizando os escores da análise de componentes principais (PCA) para verificar a existência de diferença entre os períodos de coleta (período de seca e chuva).

Resultados

1. Caracterização abiótica

De maneira geral, o trecho estudado do córrego Vaca Brava apresentou águas com baixos valores de turbidez, baixas concentrações de nutrientes, DBO₅ e baixas concentrações de *Clorofila-a*. No entanto, ocorreram exceções, como as elevadas concentrações de fósforo total, ortofosfato, nitrogênio total Kjeldahl e nitrogênio amoniacal registradas em alguns locais no período de seca. Baixas concentrações de oxigênio dissolvido também foram frequentes no trecho estudado (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios, mínimos, máximos e desvio padrão das variáveis limnológicas analisadas no córrego Vaca Brava, entre junho de 2015 e maio de 2016

Parâmetros	SECA				CHUVA			
	Média	Mínimo	Máximo	DP	Média	Mínimo	Máximo	DP
Temp. do ar (°C)	26,11	17,00	36,00	4,094	26,90	21,00	101,00	12,694
Temp. da água (°C)	24,16	19,80	29,00	2,302	25,36	2,18	28,59	4,033
pH	7,43	5,68	9,14	0,673	7,36	5,36	8,19	0,653
Alcalinidade (mg/L)	60,93	10,00	250,00	33,938	56,23	12,00	135,00	24,133
Condutividade (µS/cm)	185,78	31,00	829,00	116,708	168,40	56,00	281,00	70,645
STD (mg/L)	112,23	31,20	531,00	72,267	85,42	28,00	140,00	35,193
OD (mg/L)	4,38	0,40	9,00	13,048	4,77	1,60	6,50	1,202
Turbidez (NTU)	35,90	0,50	1333,20	178,856	10,68	0,99	142,00	22,936
Cloreto (mg/L)	14,70	0,00	70,00	10,426	9,91	3,00	21,00	4,916
CO ₂ livre (mg/L)	10,46	0,13	167,14	23,261	13,33	0,70	139,69	27,534
CO ₂ total (mg/L)	64,07	17,06	220,36	36,253	60,11	18,73	153,77	24,208
Cor (mg Pt/L)	13,04	0,00	260,00	34,775	15,48	0,00	58,00	13,693
DBO ₅ (mg/L)	1,92	0,00	5,70	1,453	1,06	0,00	3,50	0,917

continua...

Dureza (mg/L)	53,04	12,00	100,00	22,618	57,10	10,00	102,00	25,444
Ferro (mg/L)	0,66	0,00	12,50	1,774	0,43	0,01	2,52	0,561
Fósforo total (mg/L)	0,209	0,000	4,22	0,587	0,037	0,0000	1,19	0,190
Ortofósforo (mg/L)	0,131	0,000	3,98	0,538	0,024	0,0000	0,89	0,141
Nitrato (mg/L)	2,78	0,14	6,20	1,810	2,63	0,20	5,70	1,467
Nitrito (mg/L)	0,076	0,003	0,41	0,105	0,046	0,001	0,29	0,065
NTK (mg/L)	1,50	0,04	45,30	6,130	0,32	0,01	3,40	0,565
N-amoniaco (mg/L)	1,36	0,03	43,50	5,848	0,29	0,01	3,40	0,541
N-orgânico (mg/L)	0,12	0,00	1,80	0,257	0,05	0,00	0,40	0,104
Sulfato (mg/L)	5,32	0,00	44,00	8,249	6,63	0,00	53,00	9,153
Sulfeto (mg/L)	0,006	0,000	0,18	0,025	0,007	0,000	0,08	0,015
Surfactantes (mg/L)	0,010	0,000	0,14	0,022	0,008	0,000	0,10	0,017
Clorofila- <i>a</i> (µg/L)	10,12	0,00	65,08	12,320	6,01	0,00	31,40	8,585

Legenda: em vermelho: parâmetros que apresentaram alterações fora dos limites da Resolução CONAMA 357/2005; DP = desvio padrão.

2. Caracterização Biótica

A caracterização biótica se refere a presença/quantificação de bactérias (*E. coli*) nas amostras de água e os resultados se encontram na Tabela 4 que tem como base o número mais provável de *E. coli* em cada 100 ml de amostra (NMP/100 ml).

A análise de componentes principais explicou 53% da variabilidade dos dados, sendo que o componente principal 1 explicou 33 %. De acordo com essa análise, o primeiro componente principal foi negativamente correlacionado com condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, alcalinidade, ortofósforo, fósforo total, nitrogênio total Kjeldahl, nitrogênio amoniacal e surfactantes.

Tabela 4. Valores médios, mínimos e máximos e desvio padrão das colônias de *E. coli* analisadas no Córrego Vaca Brava, entre junho de 2015 e maio de 2016

Parâmetro	Seca				Chuva			
	Média	Mínimo	Máximo	DP	Média	Mínimo	Máximo	DP
<i>E. coli</i>	3752,30	18	17000	5769,81	5284,25	78	17000	6919,17

A análise de componentes principais demonstrou uma variação espacial superior a variação temporal. Foi possível verificar que os pontos 1, 2 e 3 apresentaram menores valores de condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, alcalinidade, ortofósforo, fósforo total, nitrogênio total Kjeldahl, nitrogênio amoniacal e surfactantes, enquanto que os pontos 4, 5, 6, 7 e 8 apresentaram maiores valores desses parâmetros. Por outro lado, não

houve uma diferença significativa entre os períodos de seca e chuva. O teste *t* demonstrou ausência de diferença significativa entre os valores dos escores (eixo 1), comparando os períodos sazonais ($t = -1,6; p = 0,111$) (Figura 2).

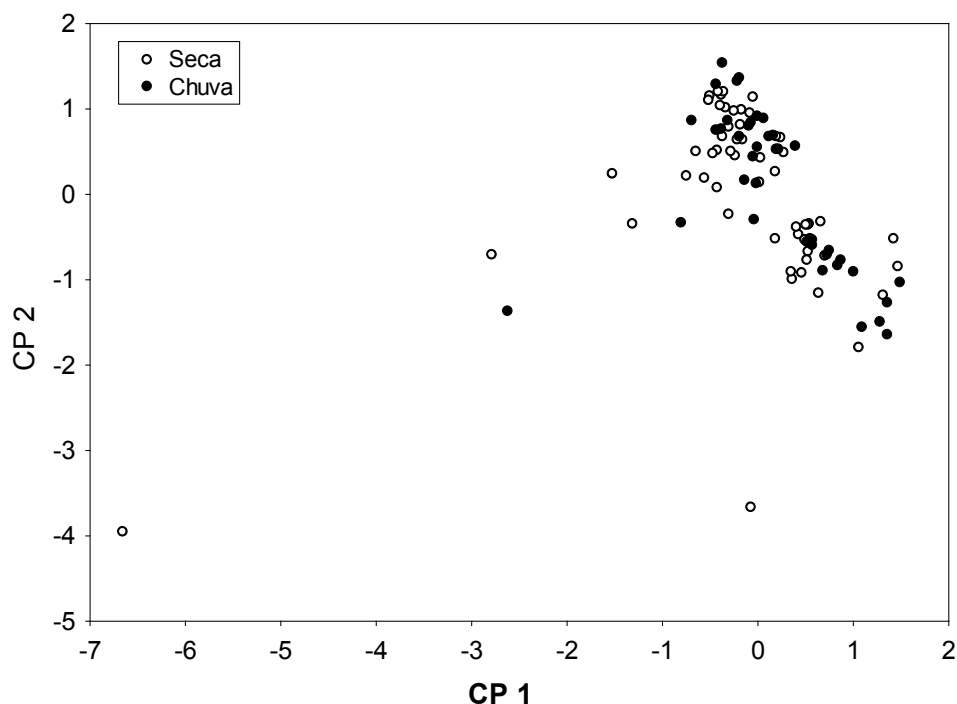


Figura 2. Resultado da análise de componentes principais (PCA), como os escores dos pontos de coleta, nos diferentes meses de estudo

Legenda: Variáveis: Cond = condutividade elétrica; STD = sólidos totais dissolvidos; Alc = alcalinidade; PT= fósforo total; Orto = ortofosfato; NTK = nitrogênio total Kjeldahl)

Nota: as variáveis apresentadas são aquelas com maiores correlações com o primeiro eixo de ordenação e a direção da seta indica se essas variáveis estão positivamente ou negativamente correlacionadas com esse eixo.

A variação temporal e espacial das principais variáveis que se destacaram na análise de componentes principais (PCA) demonstrou que o ponto 5 destaca-se dos demais, principalmente nas coletas realizadas em julho e dezembro de 2015 e em maio de 2016. Os resultados demonstram que a variação espacial foi maior que a variação temporal. De fato, o Ponto 5 destaca-se dos demais, tendo em vista os elevados valores de condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, alcalinidade, ortofosfato, fósforo total, nitrogênio total Kjeldahl, nitrogênio amoniacal e surfactantes (variáveis negativamente correlacionadas com o componente principal 1).

O componente principal 1 foi negativamente correlacionado com as variáveis condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, alcalinidade, ortofosfato, fósforo total, nitrogênio total Kjeldahl, nitrogênio amoniacal e surfactantes.

Nas amostras foram encontrados valores superiores que o limite estabelecido pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA: Ponto 1 (julho de 2015 e março de 2016), Ponto 3 (março de 2016), Ponto 4 (julho a outubro de 2015), Ponto 5 (junho a dezembro de 2015 e janeiro a maio de 2016), Ponto 6 (junho a dezembro

de 2015 e janeiro a maio de 2016). As estações dos anos não foram significativas de acordo com os meses de estudo, ou seja, não houve diferença na seca e chuva. O que indica o aumento das concentrações dos parâmetros analisados e a contaminação por esgoto (lugares onde não houve algum planejamento urbano, áreas onde encontram-se bueiros, ruas movimentadas, pontos comerciais, residenciais e clínicas em geral). Os efluentes que chegam no córrego Vaca Brava aumentam o nível de matéria orgânica e aumenta a de *E. coli*, que por sua vez está vinculada com doenças hídricas.

3. Áreas de risco ambiental

A área de risco ambiental se estende do Ponto 4 ao Ponto 8, decorrente de fontes poluidoras de origem doméstica e industrial. As cargas poluidoras de origem domésticas referem-se aos pontos de esgotos coletados em áreas urbanas. São consideradas como fontes pontuais de esgoto direta dos cursos d'água onde são lançadas e também afeta o solo de forma indireta. O esgoto doméstico é caracterizado pela quantidade de matéria orgânica biodegradável, responsável pela perda do oxigênio na água, tendo como resultado a

presença de bactérias. As cargas poluidoras de origem industrial correspondem aos lançamentos de efluentes diretamente nos rios e córregos sem qualquer tratamento prévio. Durante o período de coleta ficou evidente o lançamento de efluentes no córrego Vaca Brava, e a falta de planejamento urbano é um agravante. Verifica-se que os pontos de maior contaminação são preocupantes os mais problemáticos e que necessitam de maior atenção do poder público.

Discussão

O uso e a ocupação da bacia do córrego Vaca Brava em Goiânia, sofreu intervenções antrópicas em toda a sua extensão, resultado de um jogo de interesses de instituições privadas junto com a especulação imobiliária, interesses econômicos, políticos e sociais¹⁷.

No início, a ocupação não se deu próximo aos cursos d'água e matas ciliares, ocorrendo principalmente nas encostas ou vertentes que delimitam a bacia. Com a pressão resultante da ocupação urbana as áreas antes preservadas tornaram-se objeto do mercado, com a preservação dos fundos dos vales, protegido pela legislação, ficando em segundo plano. Destaca-se na área o adensamento urbano com casas, prédios residenciais e comércio em torno do Parque Municipal Vaca Brava, além de vias públicas, impermeabilizando o solo e ocasionando problemas como enchente, alagamento, desmoroamento e assoreamento¹⁸.

A estrutura do PMVB foi planejada para preservar as nascentes e diminuir o impacto ambiental ocorrido devido ao acelerado crescimento populacional e ao mesmo tempo proporcionar o lazer dentro da perspectiva de requalificação da área. Para isso o parque foi dividido em três zonas⁹:

Zona de Proteção Integral (ZPI) - onde a ação do homem foi mínima em aspecto de intervenção antrópica negativa. Esta área está localizada entre o lago e a rua T-5, abrangendo as matas ciliares e as áreas onde estão localizadas as nascentes do Córrego Vaca Brava (Ponto Amostral 1).

Zona de Uso Intensivo (ZUI) - abrange uma área de paisagem natural e uma outra área que teve ação do homem, onde é possível a realização de atividades recreativas. Faz parte ainda dessa zona, a estrutura física que dá suporte para o atendimento ao público como pista de caminhada e trilhas internas e

loais com equipamento de ginástica⁹. A ZUI corresponde aos Pontos Amostrais 2 e 3. Os valores alterados podem ser resultado da intensa presença do público, de seus animais de estimação e das águas de escoamento superficial.

Zona de Uso Restrito (ZUR) - abrange áreas destinadas as atividades de manutenção e administração do parque e está localizada entre o lago e o cruzamento das vias T-15 e T-1, podendo estar relacionadas os valores alterados dos resultados das amostras do Ponto 4.

Zona de Recuperação (ZRE) - essa última zona é composta pelas áreas que sofreram intenso processo de degradação ambiental provocada pela interferência do homem chamada de zona de recuperação, localizada na Avenida T-15 com a T-5.

O lago do PMVB foi criado da necessidade de aproveitar as áreas alagadas em pontos próximos à nascente e ao longo do leito⁹.

Nesse sentido, a urbanização e a falta de planejamento urbano pode ter resultado nas alterações limnológicas observadas nos pontos amostrais. A discussão aqui desenvolvida aborda os resultados relacionados com *Escherichia coli* (*E. coli*), uma vez que é a variável mais significativa em relação aos índices obtidos, mais significativamente nos Pontos 4 e 5, mas também alterados nos Pontos 6, 7 e 8.

Nesse sentido, é a variável mais adequada para a abordagem relacionada com ambiente e saúde. A discussão é centrada nos resultados e no contexto que envolve os pontos amostrados, a partir da qual é possível estabelecer correlações entre segmentos do córrego Vaca Brava.

Pontos 1, 2 e 3 - localizados dentro da área de preservação ambiental (PMVB) em estudo podem ter suas condições naturais alteradas devido ao escoamento de águas superficiais das vertentes que os delimitam, e de montante que abrange as ruas T-3, T-4, T-5; T-38; T-56; T-58; T-66 e T-67. Neste ponto concentra-se grande quantidade de comércios, clínicas médicas, postos de gasolina, hospital e residências e, apesar de poderem contar com sistema de esgotos e escoamento pluvial, as inundações são frequentes e causadas por entupimento das entradas das caixas de captação de águas superficiais por lixo. Nesse segmento os resultados obtidos para *E. coli* variaram, na seca, entre 18 e 5.400 NMP/100 ml, com uma média

de 1.132,9 NMP/100 ml, e no período chuvoso, entre 78 e 2.200 NMP/100 ml, com uma média de 8.813 NMP/100 ml.

Ponto 4 - localizado na avenida T-9, sofre influência das águas superficiais advindas da Av. C-233 e principalmente das ruas paralelas, C-234; C 235 e C -244, localizadas na margem esquerda da bacia. Na margem direita as ruas T-2; T-30; T-54 e T-55 são as principais contribuintes pelo escoamento superficial (jusantes aos pontos 1, 2 e 3). Além das mesmas condições potenciais de comprometimento da qualidade da água descritos para os Pontos 1, 2 e 3, soma-se o início de saídas clandestinas de esgotos *in natura*, diretamente no córrego Vaca Brava. Nesse segmento os resultados obtidos para *E. coli* variaram, na seca, entre 170 e 9.200 NMP/100 ml, com uma média de 2.522,9 NMP/100 ml, e no período chuvoso, entre 92 e 3.500 NMP/100 ml, com uma média de 1.382,4 NMP/100 ml.

Ponto 5 - localizado na Rua C-206. Na margem esquerda da bacia predomina atividades comerciais e na margem direita clínicas médicas e comércio. São visíveis as saídas de esgotos *in natura* sendo lançado no córrego. Este ponto fica a jusante dos pontos anteriores e sofre influência das águas superficiais vindas da sua área de contribuição e de montante, agravando as condições ambientais do córrego. O resultado para *E. coli* nesse ponto variaram, na seca, entre 1.500 e 17.000 NMP/100 ml, com uma média de 8.900 NMP/100 ml, e no período chuvoso, entre 1.400 e 17.000 NMP/100 ml, com uma média de 11.180 NMP/100 ml.

Ponto Amostral 6 - localizado na avenida T-7. A área de contribuição das duas margens apresenta comércio, clínicas médicas e residências, ou seja, uma diversidade de atividades, que somado a influência da ocupação e das águas de montante do córrego pode explicar os valores de encontrados. O resultado para *E. coli* nesse ponto variaram, na seca, entre 68 e 9.200 NMP/100 ml, com uma média de 2.498 NMP/100 ml, e no período chuvoso, entre 2.800 e 17.000 NMP/100 ml, com uma média de 9.140 NMP/100 ml.

Ponto Amostral 7 - potencialmente afetado por despejos advindos do comércio, clínicas médicas e posto de combustíveis e do encontro das ruas C-2 e C-32. O resultado para *E. coli* nesse ponto variaram, na seca, entre 230 e 17.000 NMP/100 ml, com uma média de 8.262,8 NMP/100 ml, e no período chuvoso, entre

940 e 17.000 NMP/100 ml, com uma média de 10.085 NMP/100 ml.

Ponto Amostral 8 - Esse ponto marca o final do córrego Vaca Brava, confluência com o córrego Cascavel, limite jusante da área de pesquisa. Na área de contribuição do ponto destacam-se, em ambas as margens, atividades de comércio, hospitais, clínicas médicas e postos de combustíveis, assim como nos demais pontos, potenciais poluentes do córrego. Este ponto, por concentrar as águas de montante, pode apresentar resultados que não estejam relacionados diretamente a sua área de contribuição junto as margens, mas de toda a bacia. O resultado para *E. coli* nesse ponto variaram, na seca, entre 490 e 1.700 NMP/100 ml, com uma média de 6.282,8 NMP/100 ml, e no período chuvoso, entre 240 e 17.000 NMP/100 ml, com uma média de 10.488 NMP/100 ml.

A análise acima permite estabelecer uma correção entre os pontos amostrados e segmentos do córrego Vaca Brava, mencionando as variações para *E. coli*.

Segmento 1 - Pontos 1, 2, 3 e Ponto 4:

Neste segmento os valores variaram entre 18 e 9.200 NMP/100 ml, com uma média de 1.018,6 NMP/100 ml (seca) e entre 78 e 3.500 NMP/100 ml, com uma média de 802,5 NMP/100 ml (chuva).

Segmento 2 - Ponto 4 e Ponto 5:

Neste segmento os valores variaram entre 170 e 17.000 NMP/100 ml, com uma média de 5.711,4 NMP/100 ml (seca) e entre 92 e 17.000 NMP/100 ml, com uma média de 6.281,2 NMP/100 ml (chuva).

Segmento 3 – Ponto 5 e Ponto 6:

Neste segmento os valores variaram entre 68 e 17.000 NMP/100 ml, com uma média de 5.699,1 NMP/100 ml (seca) e entre 1.400 e 17.000 NMP/100 ml, com uma média de 1.400 NMP/100 ml (chuva).

Segmento 4 – Ponto 6 e Ponto 7:

Neste segmento os valores variaram entre 68 e 17.000 NMP/100 ml, com uma média de 5.380,6 NMP/100 ml (seca) e entre 940 e 17.000 NMP/100 ml, com uma média de 8.698 NMP/100 ml (chuva).

Segmento 5 – Ponto 7 e Ponto 8:

Neste segmento os valores variaram entre 230 e 17.000 NMP/100 ml, com uma média de 7.272,9 NMP/100 ml (seca) e entre 240 e 17.000 NMP/100 ml, com uma média de 9.372 NMP/100 ml (chuva).

A análise dos segmentos acima permite demonstrar claramente a relação direta do corpo d'água (córre-

go Vaca Brava) com a contaminação por *E. coli*, principalmente aumentada nos trechos de maior densidade populacional. Esse fato fica evidenciado nos valores mais baixos encontrados nos pontos mais a montante (1 a 4), um aumento gradual a partir do Ponto 4, mantendo valores expressivos até o Ponto 8.

Com o acelerado crescimento populacional, Goiânia, assim como qualquer outra grande metrópole, adquiriu ao longo da história várias contradições socioambientais. A imigração intensificada dividiu a cidades em setores destinados as classes de maior poder aquisitivo e setores de menor poder aquisitivo com problemas de infraestrutura urbana¹⁹. Podemos citar os Setores Sul, Bueno (onde está incluída a área de pesquisa), Nova Suíça, Marista, Bela Vista e Jardim América como exemplos de setores com elevado valor imobiliário muitas vezes vendendo a ideia de são bem estruturados para atender as necessidades da população das classes média e alta.

Na concepção deste artigo a infraestrutura urbana, ou a estrutura adequada para atender a população, não inclui apenas instalação de parques, praças, rotatórias floridas, ciclovia e áreas para caminhadas, por exemplo, mas também a qualidade da preservação dos fundos de vales e da água dos córregos e ribeirões. No caso da qualidade da água ficou demonstrado o perigo potencial para a população em relação a exposição ao *E. coli*.

A *Escherichia coli* é uma bactéria na forma de bastonete e anaeróbia facultativa. Seu habitat primário é o trato gastrointestinal de humanos e outros animais endotérmicos. É considerada um indicador de qualidade de água e alimentos através da análise de coliformes totais e fecais, indicando a contaminação da água por fezes de animais endotérmicos. A maioria das cepas são inofensivas, mas alguns sorotipos podem causar graves intoxicações alimentares nos seres humanos^{9,20}.

Os resultados obtidos mostram com clareza que os valores alterados são mais espaciais e não temporais, mas confirmam a contaminação de, pelo menos, cinco dos oito pontos amostrais por *E. coli*, justificando ser o parâmetro mais importante nessa avaliação limnológica.

Os resultados apontam para uma sazonalidade esperada, concomitante com as estações de seca e chuva e maior representatividade em alguns pontos amostrais, que devem estar correlacionados a uma maior contribuição de fontes poluentes. A proteção das cabeceiras (nascente) do córrego Vaca Brava contribui para valores amenos (mais próximos da normalidade estabelecida pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA) nos pontos amostrais mais à jusante, muito provavelmente devido ao fato da criação do Parque Municipal Vaca Brava. A ocupação humana desordenada se reflete na maior concentração de residências (especialmente verticais) nas partes intermediárias do córrego Vaca Brava, sendo coerente com os resultados mais negativamente expressivos nesse trecho.

De uma forma quase que padronizada, os valores que refletem cargas poluidoras começam a aparecer no Ponto 4 e são detectadas nos Pontos 5, 6, 7, e 8, com variações temporais. Dentre todos os pontos amostrais, o de maior relevância para a maioria das alterações é o Ponto 5, que pode estar refletindo cargas de efluentes advindas de esgotos, comércio, pequenas indústrias, seja de forma canalizada ou por enxurradas na estação chuvosa.

Agradecimentos

Apoio financeiro: Esse estudo recebeu apoio financeiro da CAPES – Coordenação de Pessoal de Nível Superior.

Referências

1. DIAS, L. E. & GRIFFITH, J. J. 1998. Conceituação e caracterização de áreas degradadas. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. U. (Ed) *Recuperação de Áreas Degradadas*. Pp. 1-7. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 7 p.
2. HAUGHTON, G. & HUNTER, C. 1994. *Sustainable Cities*. Londres, Jessica Kingsley. 350 p.
3. BENINI, R. M. & MENDIONDO, E. M. 2015. Urbanização e impactos no ciclo hidrológico da bacia do Mineirinho. Belo Horizonte. *Floresta e Ambiente* 22(2): 211-222.

4. GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. 2011. *Impactos Ambientais Urbanos no Brasil*. 8°. Ed. - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 418 p.
5. CAVALCANTI, L. S. 2001. *Geografia da Cidade: A Produção do Espaço Urbano de Goiânia*. Goiânia: Alternativa. 237 p.
6. DAHER, T. 2009. O Projeto Original de Goiânia. Goiânia: *Revista da UFG*. 15 p.
7. IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2014. *Perfil dos Municípios Brasileiros*. Brasília. 282 p.
8. MARINHO, C. B. 2006. Região sul de Goiânia: um lugar valorizado na metrópole Espaço e Tempo. Editora GEOUSP: *Espaço e Tempo* (Online), São Paulo, n. 19, p. 113-129. 16 p.
9. AMMA. Agência Municipal do Meio Ambiente de Goiânia. 2006. Parque Vaca Brava. Acesso em 26/03/2015. Disponível em: <http://www.goiania.go.gov.br/shtm/amma/parquesebosques>
10. CAU/GO. Relatório 7, Parque Vaca Brava, 2013. Acesso em: 15/04/2015. Disponível em: <http://www.caugo.org.br/wp-content/uploads/2013/06/7-Vaca-Brava.pdf>.
11. ALVES SOBRINHO, T., OLIVEIRA, P. T. S., RODRIGUES, D. B. B. & AYRES, F. M. 2010. Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM. *Engenharia Agrícola* [online] 30(1): 46-57. 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162010000100005>.
12. AGOSTINHO, A. A. 1995. Considerações sobre a atuação do setor elétrico na preservação da fauna aquática e dos recursos pesqueiros. In: COMASE/ELETROBRÁS. *Seminário sobre fauna aquática e o setor elétrico brasileiro*. Pp. 8-19. COMASE/ELETROBRÁS, Rio de Janeiro. 86 p.
13. AWWA. 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Port City Press. Baltimore, Maryland. 1350 p.
14. CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2011. *Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras*. ANA. Brasília, DF. 327 p.
15. BRASIL. Resolução CONAMA nº 357/2005. 2005. Ministério do Meio Ambiente, Governo do Brasil. Diário Oficial da União 17 de julho de 2005.
16. LEGENDRE, P. & LEGENDRE, L. 1998. *Numerical Ecology*. 2a Ed, Amsterdam: Elsevier Science B.V. 852p.
17. CADORE JR., & MENDES, T. A. 2016. Parques públicos urbanos: o caso do Parque Vaca Brava – Goiânia (GO). *Revista Mirante* 9 (1): 112-136.
18. MORENO, M. M. 2016. *Parâmetros para Implantação Efetiva de Áreas Verdes em Bairros Periféricos de Baixa Densidade*. Campinas, 2006. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas. 147p.
19. ARANTES, G. F. 2011. Intervindo no espaço construído: o caso do Parque Vaca Brava. *Enciclopédia Biosfera* 7 (12): 1-12.
20. WETZEL, R. G. & LIKENS, G. E. 2005. *Limnological Analyses*. Springer. New York. 357p.