

Estudo Da Qualidade Das Águas Por Meio Da Correlação De Parâmetros Físico-Químicos, Bacia Hidrográfica Do Ribeirão Anicuns

Tiago Godoi Ribeiro^{1*}
Geraldo Resende Boaventura²
Luciano Soares da Cunha²
Sandro Morais Pimenta³

¹ Programa de Pós-Graduação em Geociências Aplicadas
Instituto de Geociências
Universidade de Brasília (UnB)
Brasília (DF), Brasil.

² Instituto de Geociências
Universidade de Brasília (UnB)
Brasília (DF), Brasil

³ Instituto Federal de Goiás (IFG)
Goiânia (GO), Brasil.

*Autor para correspondência
godoiribeiro@gmail.com

Resumo

Foi empregado a correlação de Spearman, um método não paramétrico, para dados dispersos que não pertencem a uma escala de medida padrão, porém possuem uma ordenação, com o objetivo de identificar os parâmetros determinantes da qualidade da água na bacia do Ribeirão Anicuns, Goiânia, GO. Duas campanhas de coleta foram realizadas no ano de 2015, nos períodos de chuva e estiagem, em 12 pontos de amostragem. Foram determinados os parâmetros temperatura, cor, turbidez, pH, totais de sólidos dissolvidos, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, alcalinidade, amônia, sulfato, fosfato, nitrato, cloreto e fluoreto. A análise não paramétrica de Spearman, ajudou na compreensão e identificação das correlações entre os parâmetros físico-químicos, ratificando os resultados encontrados e sua relação com o processo de uso do solo. Foram constatadas diversas alterações antrópicas, decorrentes da falta aplicação do planejamento urbanístico, socioeconômico, ambiental, hoje previstos no Plano Diretor do município de Goiânia. Os parâmetros determinados durante o período de 2015 demonstram a variação da qualidade da água na bacia do ribeirão Anicuns, indicando a influência direta das atividades antrópicas.

Palavras-chave: Qualidade da Água, Parâmetros Físico-Químicos, Correlação.

Abstract

It was used Spearman, a nonparametric method for scattered data that do not belong to a standard measurement scale, but have an order, in order to identify the relevant parameters of water quality in Ribeirão basin Anicuns, Goiânia, GO. Two sampling campaigns were carried out in 2015, during the rainy and dry seasons, in 12 sampling points. Were determined parameters temperature, color, turbidity, pH, total dissolved solids, conductivity, dissolved oxygen, alkalinity, ammonia, sulfate, phosphate, nitrate, chloride and fluoride. The analysis nonparametric Spearman, helped in understanding and identifying the correlations between the physicochemical parameters, confirming the results and their relationship with the land use process. various anthropogenic changes were observed, resulting from the lack implementation of urban, socio-economic, environmental planning, today set out in the Master Plan of the city of Goiania. The parameters determined during the 2015 period shows the change in water quality in Anicuns stream basin, indicating the direct influence of human activities.

Keywords: Water Quality, Physical-chemical parameters, Correlation.

1. INTRODUÇÃO

A qualidade das águas superficiais é determinada pelo conjunto de características químicas, físicas e biológicas do corpo hídrico. Está diretamente ligada aos processos naturais (cobertura vegetal, intemperismo, intensidade das precipitações) e à ação antrópica (agricultura, atividade industrial, ocupação urbana) (Andrade et al. 2007, ALMEIDA et al. 2001, INEA 2016).

Avaliar a qualidade das águas superficiais se torna importante elemento no diagnóstico da bacia hidrográfica, atua como um parâmetro indicador dos impactos do uso e ocupação do solo (Pimenta et al. 2009, Moura 2010, Jardim 2011).

A Política Nacional de Recursos Hídricos em seus objetivos define a importância da qualidade da água, para garantir à atual e às futuras gerações, disponibilidade de água, em condições apropriadas aos respectivos usos (Brasil 1997).

Informações sobre a qualidade da água no país ainda são insuficientes ou inexistentes em várias bacias. Apenas nove unidades da Federação possuem sistemas de monitoramento da qualidade da água considerados ótimos ou muito bons, cinco possuem sistemas bons, e treze apresentam sistemas fracos (ANA 2005).

As águas superficiais são grande foco de diversas pesquisas destinadas a analisar a

qualidade da água, uma vez são importantes fontes de abastecimento para população, indústrias, agricultura, recreação e paisagismo (Jardim 2011, Moura 2010, Peixoto 2003).

Para avaliação da qualidade da água o uso de indicadores vem sendo discutidos e amadurecidos desde meados da década de 60. Tais indicadores foram inicialmente baseados na construção de curvas de qualidade e agregação ponderada de parâmetros selecionados, sendo aplicados em diversos lugares no mundo (Brown 1970 *apud* Mulholland 2009).

A avaliação da qualidade de água acaba se tornando complexa e onerosa, pois envolve uma grande quantidade de variáveis. Um dos métodos usados na formulação de índices de qualidade de água se baseia na técnica multivariada da análise fatorial, que representa uma forma exploratória de conhecer o comportamento dos dados a partir de uma dimensão reduzida do espaço original dos parâmetros (Moura 2010, Mulholland et al. 2010, Hair et al. 2009).

Este estudo objetiva avaliar a qualidade da água, na bacia do Ribeirão Anicuns, na cidade de Goiânia, durante os períodos chuvoso e seco de 2015. Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística por meio da correlação de Spearman (R).

2. ÁREA DE ESTUDO

O município de Goiânia, capital do Estado de Goiás, possui cerca de 1.400.000 habitantes, sendo a capital estadual mais próxima à capital federal. Seu território possui 733,116 km², situa-se na mesorregião do Centro Goiano e na Microrregião de Goiânia (IBGE 2016).

Possui geomorfologia contínua, com poucos morros e baixadas, apresentando terras planas na maior parte de seu território. Em sua hidrografia destacam-se o Rio Meia Ponte e o Ribeirão Anicuns, seu principal afluente no território municipal (Cassetti 1992).

O substrato rochoso da bacia é formado por rochas do Neoproterozoico, representadas pelo Complexo Granulítico Anápolis-Itauçu, pelo Grupo Araxá-Sul de Goiás e por Depósitos Aluvionares do Quaternário (Lacerda Filho 2000).

A Bacia do Ribeirão Anicuns (Figura 1), possui uma área de drenagem de

aproximadamente 199 km², com comprimento total do curso d'água de 24 km. O Ribeirão Anicuns nasce na divisa dos municípios de Goiânia e Trindade, próximo ao Parque Eldorado Oeste, e sua nascente é formada pelos Córregos Forquilha e Quebra Anzol. O Ribeirão Anicuns tem, como principais afluentes pela margem direita, os córregos: Cavalão Morto, Taquaral, Macambira, Cascavel e Botafogo; e, pela margem esquerda, os córregos: da Cruz e Samambaia. Sua foz deságua no Rio Meia Ponte pela margem direita (ITCO, 2008).

Estima-se que 70% da população da capital estejam ocupando a bacia do Ribeirão Anicuns, perfazendo aproximadamente um milhão habitantes nessa localidade. Essa bacia apresenta problemas comuns a cursos d'água urbanos, tais como a deterioração da qualidade da água, enchentes, erosões e assoreamentos (ITCO, 2008).

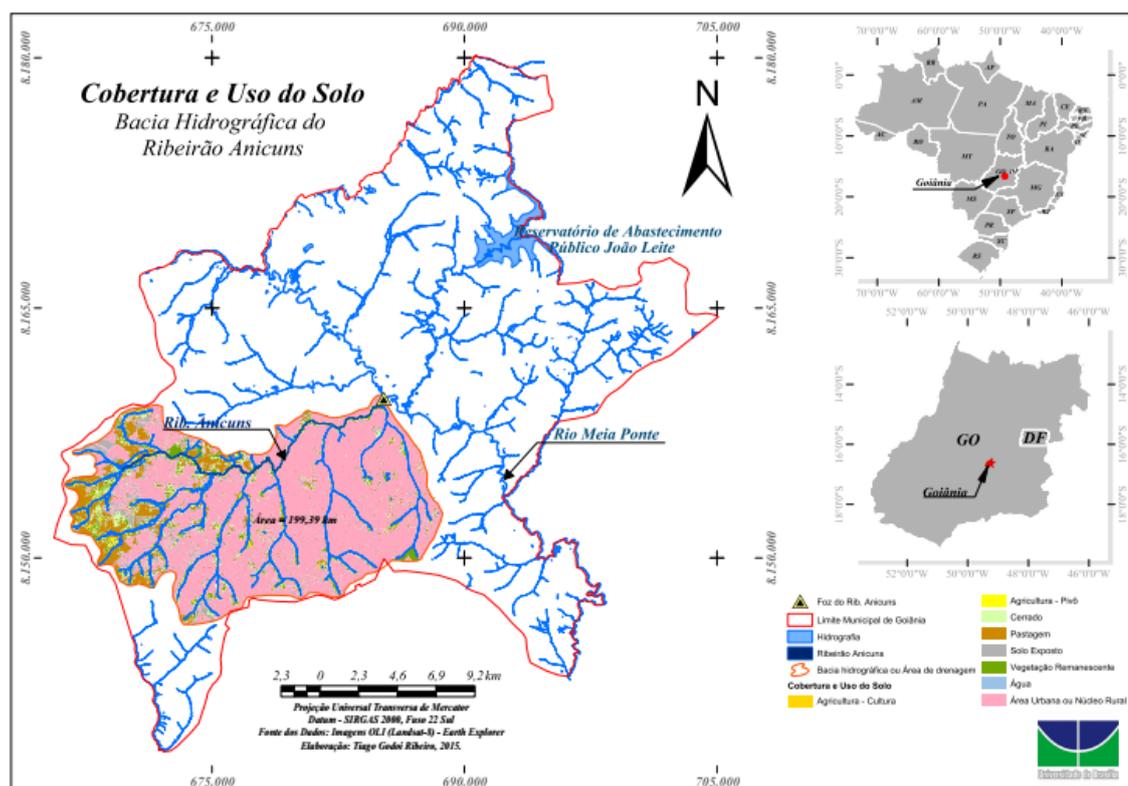


Figura 1 - Cobertura e Uso do Solo no Ribeirão Anicuns, Goiânia - GO.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Coleta e Identificação dos Pontos

As amostragens ocorreram de forma sazonal com o objetivo de descrever o comportamento dos corpos d'água ao longo dos períodos de estiagem e chuva. Conforme os dados de séries históricas das estações pluviométricas do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET instaladas na área de estudo, o período de estiagem compreende os meses de abril a

setembro e o período chuvoso dos meses de outubro a março.

Foram coletadas e analisadas amostras no primeiro e segundo semestre do ano de 2015 (período chuva/seca), em 12 pontos distribuídos ao longo da bacia do Ribeirão Anicuns e em alguns dos seus principais tributários. Os pontos coletados, assim como suas coordenadas, estão descritos na Tabela 1 e ilustrados na Figura 2.

Tabela 1 - Pontos de coleta de água amostrados no primeiro semestre de 2015. Universal Transversa de Mercator - UTM, WGS84.

Amostra	Coordenadas UTM	Elevação (m)	Referência de Localização
	22K		
P01	669368.00 - 8155027.00	795	Encontro das Nascentes do Anicuns
P02	672156.00 - 8156261.00	775	Ponte Conjunto Vera Cruz I
P03	675630.00 - 8154951.00	739	Pq. Industrial João Braz
P04	677325.00 - 8155092.00	733	Fim de quadra Bairro Goiá
P05	679121.00 - 8155721.00	721	Jardim Leblon, Avenida Macambira
P06	682342.00 - 8157799.00	713	Ponte Vila Clemente
P07	685026.00 - 8159184.00	707	Foz do Ribeirão Anicuns
P08	686305.00 - 8149902.00	835	Nascente Córrego Botafogo
P09	682539.00 - 8147872.00	829	Nascente Córrego Cascavel
P10	679120.00 - 8148495.00	827	Nascente Córrego Macambira
P11	676042.00 - 8148287.00	836	Encontro das Nascentes Córrego Capão Comprido
P12	671134.00 - 8150252.00	806	Nascente Córrego Salinas

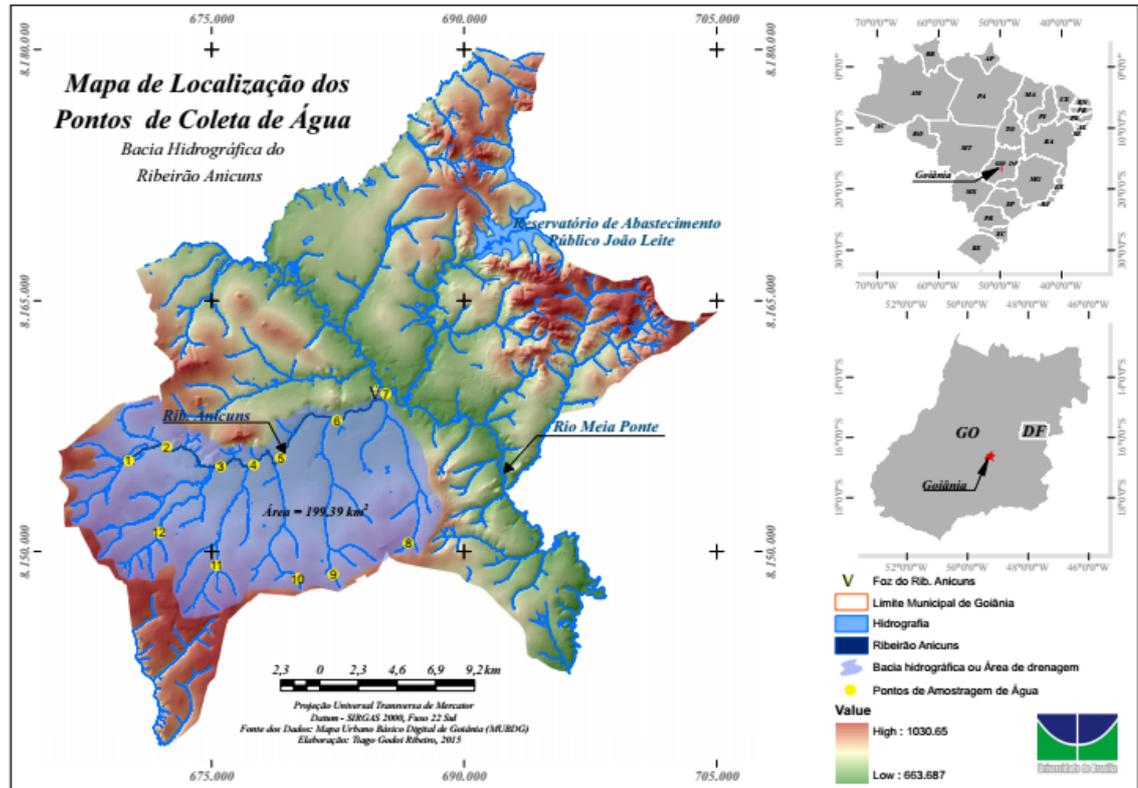


Figura 2 - Disposição espacial dos pontos de coleta de água.

3.2. Determinações em Campo e Laboratório

Nos 12 pontos de amostragem foram realizadas em campo as determinações de pH, Temperatura, Condutividade Elétrica e Totais de Sólidos Dissolvidos, utilizando um multiparâmetro portátil (Hach, série Sension 378) e Oxigênio Dissolvido por meio de Oxímetro Microprocessado portátil (modelo OMC-900). Para a coleta das amostras de água foram utilizados frascos de polietileno de 1L previamente identificados, lavados com ácido nítrico 10% v/v e com água obtida por sistema de purificação Milliq (resistividade de 18,2 MΩ cm⁻¹ a 25 °C). No momento da coleta, foram ambientados com a mesma água da amostra e acondicionadas sob refrigeração em caixas térmicas até a chegada nos Laboratório de Geoquímica da UnB e Laboratórios do Instituto Federal de Goiás. Turbidez; Cor e NH₃ foram determinados por técnicas colorimétricas com leitura em espectrofotômetro (Hach modelo DR 2000).

As amostras de água coletadas foram divididas em duas frações de 50 mL filtradas para dois frascos de centrífuga de 50 mL utilizando membranas em ésteres de celulose com poro de 0,45 μm Milipore. Uma das frações foi acidificada com ácido nítrico suprapur Merck até pH < 2 para

futura determinação de metais. A outra fração foi reservada para determinação dos ânions.

Os ânions: F⁻, Cl⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻ e SO₄²⁻ foram determinados por cromatógrafo iônico (IC) com condutividade suprimida da marca Dionex, modelo ICS90. A alcalinidade foi determinada por método titulométrico com H₂SO₄ a 0,02N padronizado com NaOH 0,05 N, utilizando um titulador automático da marca Schott, modelo Titroline Easy.

As metodologias utilizadas na determinação dos parâmetros foram baseadas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, edição da *American Public Health Association (APHA)*, *American Water Works Association (AWWA)* e da *Water Pollution Control Federation (WPCF)*. O controle de qualidade, nas análises laboratoriais, foi realizado por amostra padrão de referência do laboratório, amostra de controle (branco) e o balanço iônico conforme Logan (1965). As curvas analíticas do IC foram preparadas com soluções padrões de 1000 ppm da marca Vetec, a partir delas foram feitas as diluições necessárias para cada elemento.

Para avaliação dos resultados foi utilizado um método não paramétrico, já que os dados se apresentam dispersos, não pertencem a

uma escala de medida padrão, porém, possuem uma ordenação. Os resultados obtidos com as determinações físico-químicas durante o período de 2015 foram tratados aplicando a correlação de

Spearman (R), procedimento utilizado por Carmo et al. (2005), Poudel et al. (2013), Zhang, et al. (2014).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Resultados das Determinações Físico-químicas

Foram utilizados 14 parâmetros para as determinações físico-químicas, amostrados em 12 pontos do Ribeirão Anicuns e seus afluentes. Os

resultados dos parâmetros físico-químicos da primeira e segunda campanha de coleta são apresentados na tabela 02.

Tabela 2 - Parâmetros físico-químicos períodos chuva/seca, Ribeirão Anicuns, Goiânia-GO.

BACIA DO RIBEIRÃO ANICUNS, GOIÂNIA-GO.												
PONTOS DE AMOSTRAGEM – PERÍODO CHUVOSO												
Parâmetros (unidades)	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	P12
Temperatura (°C)	21,90	22,10	22,10	23,70	24,20	24,60	23,50	25,30	24,00	21,60	23,30	24,90
Cor (uH)	12,00	14,00	15,00	24,00	29,00	53,00	25,00	<LD	3,00	10,00	13,00	21,00
Turbidez (NTU)	22,00	26,00	28,00	44,00	55,00	118,00*	46,00	1,00	7,00	19,00	25,00	57,00
pH	5,50	5,80	5,87	6,08	6,03	6,27	6,19	4,81*	5,76	5,63	6,01	6,23
T.S.D (mg/L)	7,40	27,90	27,80	30,40	47,00	72,60	80,60	14,80	25,30	5,90	28,20	21,30
C.E (ms/cm)	16,55	59,40	59,10	64,60	99,00	152,20	168,80	32,10	53,90	13,33	59,90	39,80
O. D (mg/L)	6,50	6,80	6,70	6,40	5,80*	5,30*	5,70*	6,60	5,20*	5,90*	6,90	7,90
Alcalinidade - HCO ₃ ⁻¹ (mg/L)	5,00	13,00	14,00	14,00	19,00	26,00	28,00	2,00	8,00	4,00	15,00	19,00
Amônia - NH ₃ (mg/L)	0,22	0,38	0,23	0,42	1,26	2,08	1,53	<LD	<LD	0,14	0,44	0,85
Sulfato - SO ₄ ²⁻ (mg/L)	0,50	1,10	1,43	1,86	4,98	7,44	6,77	0,36	0,46	0,00	0,81	0,20
Fosfato - PO ₄ ³⁻ (mg/L)	<LD	<LD	<LD	0,20*	0,32*	0,63*	0,35*	0,05*	0,01	0,01	<LD	<LD
Nitrato - NO ₃ ⁻¹ (mg/L)	<LD	1,16	1,97	2,76	4,27	9,08	15,49*	8,42	11,69*	<LD	3,33	<LD
Cloreto - Cl ⁻ (mg/L)	0,86	3,81	2,70	2,80	4,57	8,64	10,78	2,22	4,40	0,52	1,45	0,89
Fluoreto - F ⁻ (mg/L)	0,04	0,05	0,06	0,06	0,10	0,09	0,12	0,04	0,05	0,10	0,07	0,07
PONTOS DE AMOSTRAGEM - PERÍODO SECO												
Temperatura (°C)	27,10	30,00	28,00	28,80	30,30	29,90	29,40	28,50	28,60	29,60	32,00	32,00
Cor (uH)	11,00	8,00	7,00	5,00	18,00	9,00	5,00	<LD	2,00	<LD	4,00	16,00
Turbidez (NTU)	19,00	16,00	15,00	15,00	33,00	17,00	10,00	<LD	6,00	<LD	8,00	31,00
pH	5,31*	6,37	6,40	6,31	6,77	6,40	6,62	5,21*	5,66*	5,52*	5,91*	6,91
T.S.D (mg/L)	5,80	41,30	34,30	34,50	68,00	60,50	66,80	9,60	7,20	17,50	22,40	13,20
C.E (ms/cm)	13,30	87,30	72,70	73,20	142,70	127,00	140,30	21,20	16,24	37,70	47,90	28,80
O. D (mg/L)	6,00	4,00*	8,90	8,70	1,70*	2,70*	3,10*	8,40	8,40	9,70	6,80	7,70
Alcalinidade - HCO ₃ ⁻¹ (mg/L)	1,00	4,00	3,00	3,00	7,00	9,00	17,00	1,00	2,00	3,00	4,00	12,00
Amônia - NH ₃ (mg/L)	0,25	0,92	0,49	0,55	8,60*	5,20*	7,00*	0,07	0,06	<LD	0,76	0,25
Sulfato - SO ₄ ²⁻ (mg/L)	<LD	4,23	2,87	3,25	7,86	6,16	6,35	0,35	0,34	0,72	1,97	0,99
Fosfato - PO ₄ ³⁻ (mg/L)	0,22*	0,24*	<LD	<LD	1,27*	0,89*	0,72*	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Nitrato - NO ₃ ⁻ (mg/L)	<LD	0,51	5,02	5,18	<LD	3,53	5,85	7,46	0,66	13,88*	1,39	<LD
Cloreto - Cl ⁻ (mg/L)	0,95	10,66	7,89	7,62	16,14	12,25	14,02	2,13	1,49	2,41	2,05	1,46
Fluoreto - F ⁻ (mg/L)	<LD	<LD	0,09	0,07	0,18	0,13	<LD	0,05	0,04	0,04	0,13	0,06

Obs.: Resultados abaixo do limite de detecção (<LD); NTU= *Nephelometric Turbidity Unity* (unidade nefelométrica de turbidez); uH= unidade Hazen; (*) – valores fora do estabelecido pela CONAMA 357/2005, corpos de água doce classe 02.

A temperatura no período chuvoso variou de 21,6 a 25,3°C, e no período de estiagem a variação foi de 27,1 a 32°C. Para sete pontos amostrados no Ribeirão Anicuns, a temperatura aumentou sucessivamente à medida que os pontos de coleta se distanciavam de suas nascentes. A conservação da vegetação ciliar é a maneira mais eficaz de prevenir aumento da temperatura da

água (Donadio et al. 2005, Swift & Messer 1971 e Sugimoto et al. 1997).

O transporte de material sólido para o leito do Ribeirão Anicuns, fica evidenciado pelos resultados de turbidez. Nas épocas de seca e chuva a turbidez apresentou variação média de 14 e 37 NTU, respectivamente, com tendência a aumentar na época chuvosa.

Os Totais de Sólidos Dissolvidos (TSD) variou de 5,9 a 80,6 (chuva) e 5,8 a 68,0 (seca) e a condutividade elétrica (CE) apresentou variação de 13,33 a 168,80 (chuva) e 13,3 a 142,7 (seca). Ao longo da amostragem foi verificado uma evolução nos valores dos TSD e CE, justificando-se, pois, esses parâmetros são diretamente proporcionais e cumulativos.

O Ribeirão Anicuns e seus afluentes apresentaram pH levemente ácido a neutro. A variação de pH foi de 4,8 a 6,9, apresentando média de 6,1 na época seca e 5,8 na chuvosa. Em 6 pontos amostrados no período chuvoso e em 05 pontos do período de estiagem, os resultados ficaram abaixo dos critérios de proteção à vida aquática, estabelecidos pela legislação federal (CONAMA 2005). A concentração de íons H^+ e OH^- , na água no ambiente natural, é fortemente influenciada por sais, ácidos e bases presentes no meio. Esses dados fornecem informações sobre a sua qualidade, o tipo de solo por onde a água percorreu, o tipo de poluição química da água e a qualidade do ambiente (Donadio et al. 2005).

O termo cor inclui não somente as substâncias dissolvidas, mas também aquela que envolve a matéria orgânica suspensa (Macedo 2004). Os maiores valores aferidos foram constados no período seco devido à concentração dos elementos. No período chuvoso, constatou-se maior carreamento do solo, alterando principalmente os parâmetros Cor e Turbidez.

A alcalinidade apresentou variação de 1 a 17 no período de estiagem e 2 a 28 no período chuvoso, os valores aferidos foram cumulativos, possivelmente oriundos do arraste de sedimentos e intemperismo nas margens das drenagens.

O oxigênio dissolvido (OD) apresentou variação, diretamente ligada ao tipo do percurso nos pontos amostrados, ambiente lótico com a presença de corredeira, decorrente da geomorfologia local, mesmo com as evidentes contribuições de efluentes domésticos, este parâmetro apresentou pouca variação no período chuvoso, tendo suas principais alterações no período de estiagem, variando de 1,7 a 9,7.

A determinação do nitrogênio amoniacal em um corpo hídrico é de suma importância para determinação da qualidade de suas águas. A forma da amônia não ionizada (NH_3) é reconhecidamente a espécie mais tóxica de amônia (Erickson 1985). Nas amostragens realizadas o NH_3 apresentou variações de 0,22 a 2,08 no período chuvoso e as maiores concentrações no período de estiagem, com valores variando de 0,25 a 8,60. Conseqüentemente o ponto que apresentou a maior concentração de NH_3 , apresentou o menor

valor para o OD (1,7 mg/L). As variações encontradas de NO_3^- no período de chuva 1,16 a 15,49 e no período seco foi de 0,51 a 13,88. As formas de nitrogênio amoniacal encontradas nas amostras indicam lançamento de efluentes domésticos nos corpos hídricos da bacia do ribeirão Anicuns.

O ciclo do nitrogênio em um corpo hídrico fornece informações importantes para identificar o estágio de poluição de corpos d'água. A presença de amônia em sua forma não ionizada, indica poluição recente no corpo hídrico, enquanto a predominância de nitratos representa uma poluição mais antiga. Os nitritos normalmente estão em concentrações mais reduzidas, por serem instáveis e se oxidarem facilmente a nitrato. Quando todas estas espécies estão presentes, significa uma fase intermediária de poluição ou um despejo contínuo associado a um baixo padrão de circulação da água do corpo receptor, e está diretamente ligada a outros parâmetros como o pH (Leite 2004, Cerna 2008, Reis & Mendonça 2009). Considerando as características do ciclo do nitrogênio e os valores encontrados nas determinações de NH_3 , pode-se verificar que existem lançamentos de efluentes recentes nos pontos P05, P06 e P07 no período de estiagem. Já nos pontos P03, P04, P08, P10 e P11 os resultados indicam uma contaminação mais antiga para o mesmo período, observando-se o NO_3^- . No período chuvoso verifica-se que a maior parte da contaminação por efluentes domésticos é mais antiga em todos os pontos. Ressalta-se que existem lançamentos recentes, conforme resultados das determinações de NH_3 , mas os lançamentos mais antigos se destacam em todos os pontos.

O SO_4^{2-} variou de 0,34 a 7,86 (seca) e 0,20 a 7,44 (chuva) e o Cl^- apresentou variação de 0,95 a 16,14 (seca) e 0,52 a 10,78 (chuva). Verifica-se na determinação de Cl^- que os resultados são sistematicamente menores no período chuvoso, indicando a diluição do corpo hídrico pela precipitação. Ressalta-se o SO_4^{2-} e o Cl^- são indicadores da contaminação por esgotos sanitários e os resultados obtidos indicam contribuição de lançamento de efluentes domésticos na bacia do Ribeirão Anicuns.

Os sulfatos em corpos hídricos originam-se, a partir da oxidação da matéria orgânica ou da alteração de sulfetos e ou sulfatos das rochas, em processos geológicos de depósitos residuais. Em águas superficiais, altas concentrações estão ligadas a descargas de esgotos domésticos (Arruda et al. 2012).

A elevação do nível de cloreto em curso d'água está diretamente associado com o

lançamento de esgotos sanitários. As descargas de efluentes domésticos nas águas superficiais são fontes importantes de cloretos, sendo que cada pessoa expele através da urina cerca 6 g de cloreto por dia, o que faz com que os esgotos apresentem concentrações de cloreto que ultrapassam a 15 mg/L (Cetesb 2009).

Foi identificada a presença de PO_4^{3-} em quantidade superior ao permitido pela legislação federal (CONAMA 2005), em ambos os períodos da amostragem. Possivelmente oriundo efluentes domésticos, considerando as características de ocupação da bacia hidrográfica (Amostras - P1, P5, P6, P7).

A distribuição dos parâmetros físico-químicos na bacia do Ribeirão Anicuns pode ser

verificada nas figuras 3, 4, 5 e 6. Os parâmetros estão agrupados em A: Temperatura, Cor, Turbidez, Condutividade Elétrica; grupo B: pH, Oxigênio Dissolvido e Alcalinidade; grupo C: Fósforo- PO_4^{3-} e Fluoreto- F^- e grupo D: Amônia- NH_3 , Sulfatos- SO_4^{2-} , Nitratos- NO_3^- e Cloretos- Cl^- , períodos chuvoso e seco.

As figuras apresentam a distribuição proporcional dos parâmetros de qualidade da água aferidos entre os pontos de amostragem, evidenciando a diferença entre o período chuvoso e seco. Os valores aferidos para os parâmetros agrupados em A e B, são maiores e mais concentrados no período chuvoso, já nos grupos C e D as maiores concentrações podem ser visualizadas no período de estiagem (seco).

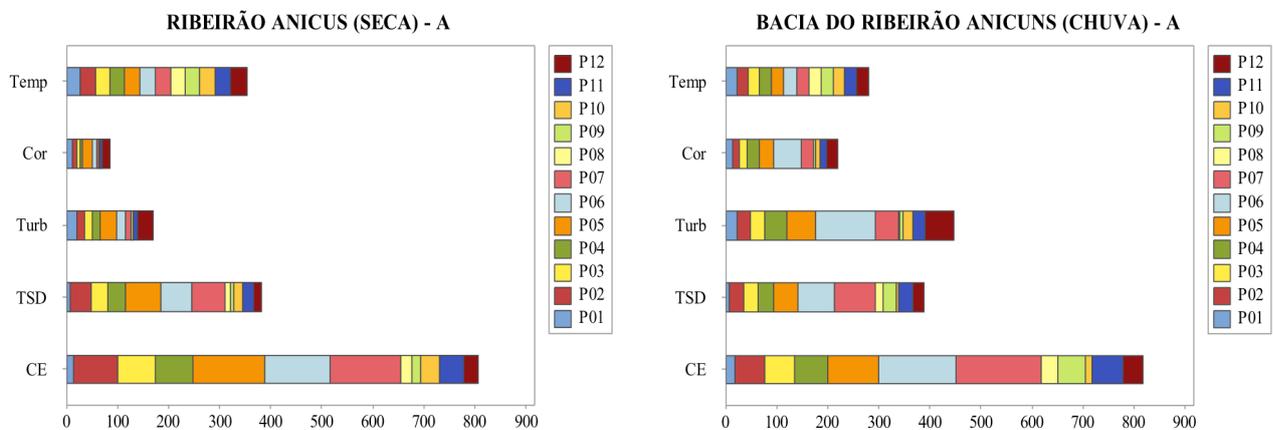


Figura 3 - Distribuição dos parâmetros físico-químicos do grupo A (Temperatura, Cor, Turbidez e Condutividade Elétrica), períodos de seca e chuva.

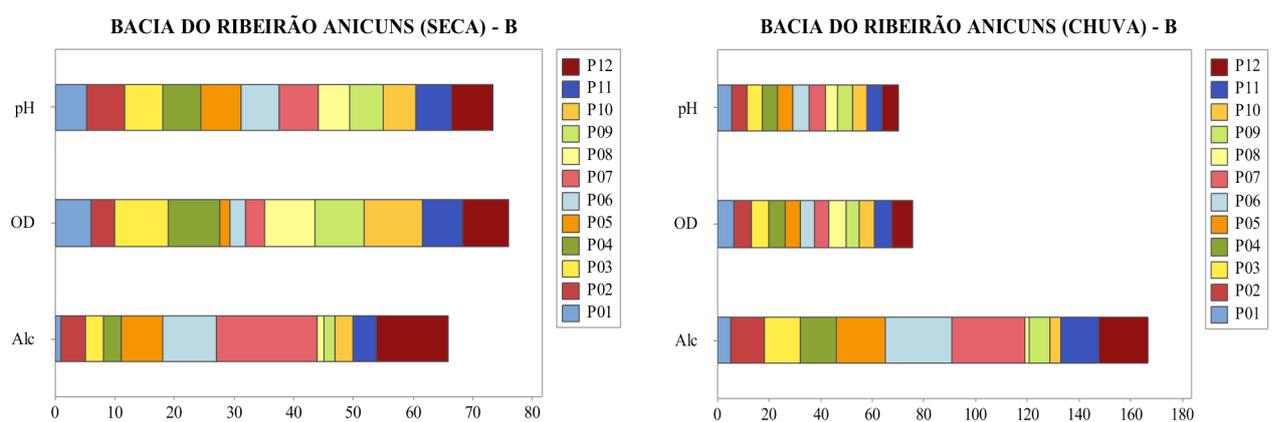


Figura 4 - Distribuição dos parâmetros físico-químicos do grupo B (pH, Oxigênio Dissolvido e Alcalinidade), períodos de seca e chuva.

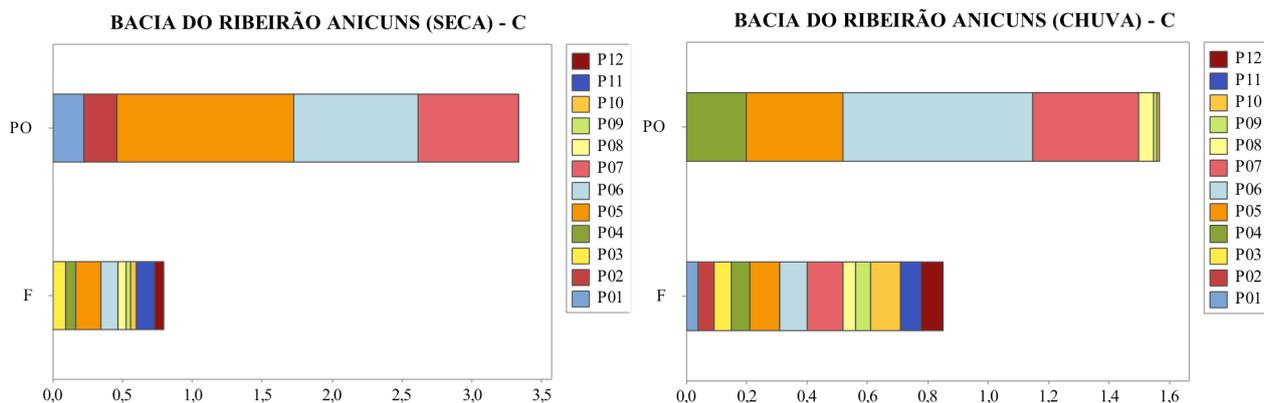


Figura 5 - Distribuição dos parâmetros físico-químicos do grupo C (Fosfato- PO_4^{3-} e Fluoreto-F), períodos de seca e chuva.

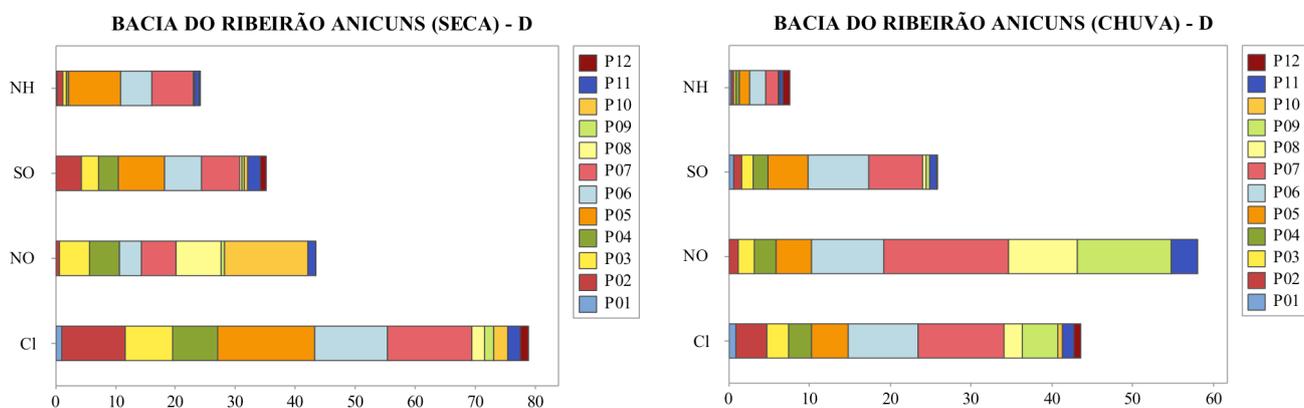


Figura 6 - Distribuição dos parâmetros físico-químicos do grupo D (Amônia- NH_3 , Sulfatos- SO_4^{2-} , Nitratos- NO_3^- e Cloretos-Cl), períodos de seca e chuva.

4.2. Correlações

O coeficiente de correlação de Spearman varia entre -1 e 1, sendo que o sinal, negativo ou positivo, indica a direção, enquanto que o valor indica a magnitude da correlação. Quanto mais perto de 1 mais forte é o nível de associação entre as variáveis. Quanto mais perto de zero, menor é o nível de associação, ou ausência de correlação. Uma correlação positiva indica que quando um parâmetro aumenta, ou outro também aumenta, ou seja, valores altos de determinado parâmetro estão associados a valores altos de outro parâmetro. Uma correlação negativa indica que quando um parâmetro aumenta, o outro diminui, ou seja, valores altos de determinado parâmetro estão

associados a valores baixos de outro parâmetro (Figueiredo et al. 2014).

A matriz de correlação composta pelas variáveis empregadas neste trabalho pode ser vista nas tabelas 3 e 4. Foi considerada a seguinte classificação para a magnitude dos coeficientes de correlação: valores entre 0,10 e 0,29 (fracos), escores entre 0,30 e 0,49 (moderados); e valores entre 0,50 e 1 (fortes), sendo negativos ou positivos. Para este estudo o coeficiente de correlação superior a 0,5 expressa uma forte relação e serão utilizados para avaliação (Helena et al. 2000, Cohen 1988). Todas as variáveis estudadas apresentaram correlação superior a 0,5 com pelo menos três outras variáveis.

Tabela 3 - Matriz de correlação de Spearman (R) entre os parâmetros físico-químicos, no período chuvoso.

	Temp	Cor	Turb	pH	TSD	CE	OD	Alc	NH ₃	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	F ⁻
Temp	1													
Cor	-	1												
Turb	-	0,96	1											
pH	-	0,89	0,93	1										
TSD	-	0,81	0,68	0,75	1									
CE	-	0,81	0,68	0,75	1	1								
OD	-	-	-	-	-	-	1							
Alc	-	0,89	0,89	0,94	0,83	0,83	-	1						
NH ₃	-	0,93	0,92	0,91	0,81	0,81	-	0,95	1					
SO ₄ ²⁻	-	0,81	0,64	0,61	0,92	0,92	-	0,71	0,72	1				
PO ₄ ³⁻	-	-	-	-	0,60	0,60	-0,77	-	-	0,58	1			
NO ₃ ⁻	-	-	-	-	0,64	0,64	-0,63	-	-	0,54	0,70	1		
Cl ⁻	-	0,60	-	0,51	0,85	0,85	-0,59	0,61	0,53	0,81	0,68	0,81	1	
F ⁻	-	0,63	0,59	0,64	0,52	0,52	-	0,69	0,69	-	-	-	-	1

Obs.: (-) abaixo do nível de significância; Temp (°C)-Temperatura; Cor (uH); Turb (NTU)-Turbidez; TSD (mg/L)-Totais de sólidos dissolvidos; CE (ms/cm)-Condutividade elétrica; OD (mg/L)-Oxigênio dissolvido; Alc (mg/L)-Alcalinidade; NH₃ (mg/L)-Amônia; SO₄²⁻(mg/L)-Sulfato; PO₄³⁻(mg/L)-Fosfato; NO₃⁻(mg/L)-Nitrito; Cl⁻(mg/L)-Cloro; F⁻(mg/L)-Fluoreto.

A temperatura não apresentou correlação com nenhum parâmetro no período chuvoso, já no período de estiagem apresentou forte correlação com pH e alcalinidade.

O parâmetro cor no período de estiagem não apresentou correlação com os seguintes parâmetros: oxigênio dissolvido, fosfato e nitrato. No período de estiagem apresentou forte correlação com a turbidez, pH, amônia e fosfato, apresentou correlação inversamente proporcional com o oxigênio dissolvido e nitrato.

As fortes correlações do TDS e CE na época seca, com os ânions HCO₃⁻, NH₃, SO₄²⁻, PO₄³⁻, Cl⁻, (R= 0,67 a 0,99) e chuvosa (R= 0,60 a 0,92) nas águas da bacia do Ribeirão Anicuns e a correlação no período chuvoso com os parâmetros NO₃⁻ (R= 0,64) e F⁻ (R=0,52), sugerem a contribuição das atividades domésticas (efluentes). O fluoreto é adicionado às águas de abastecimento público para conferir-lhes proteção

à cárie dentária, pode ser excretado pela urina e sua eliminação é influenciada por diversos fatores, tais como o estado de saúde da pessoa e seu grau de exposição a esta substância (Cetesb 2009).

O pH tem forte correlação com o parâmetro NH₃. Isso confirma a influência do pH no ciclo do nitrogênio amoniacal, e mostra que no período chuvoso o despejo de efluentes é mais acentuado. A forte correlação inversa do OD com NH₃ (ver tabela 04) no período de estiagem, confirma que a contaminação nos pontos P05, P06 e P07 é recente, os resultados demonstram um ambiente redutor, onde tem-se valores elevados para NH₃ e OD baixo.

No período chuvoso observa-se mais claramente a forte correlação dos elementos e compostos (NO₃, SO₄²⁻, PO₄³⁻, HCO₃⁻ e NH₃) que na época seca. Assim, a influência de áreas urbanas é maior no período das chuvas.

Tabela 4 - Matriz de correlação de Spearman (R) entre os parâmetros físico-químicos, no período estiagem.

	Temp	Cor	Turb	pH	TSD	CE	OD	Alc	NH ₃	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	F ⁻
Temp	1													
Cor	-	1												
Turb	-	1	1											
pH	0,55	0,67	0,65	1										
TSD	-	-	-	0,68	1									
CE	-	-	-	0,68	1	1								
OD	-	-0,63	-0,61	-	-0,54	-0,54	1							
Alc	0,73	-	-	0,87	0,72	0,72	-0,56	1						
NH ₃	-	0,55	0,54	0,65	0,88	0,88	-0,80	0,69	1					
SO ₄ ²⁻	-	-	-	0,74	0,99	0,99	-0,58	0,76	0,90	1				
PO ₄ ³⁻	-	0,60	0,58	-	0,67	0,67	-0,90	-	0,78	0,67	1			
NO ₃ ⁻	-	-0,79	-0,79	-	-	-	0,52	-	-	-	-	1		
Cl ⁻	-	-	-	0,52	0,94	0,94	-	0,53	0,76	0,92	0,67	-	1	
F ⁻	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1

Obs.: (-) abaixo do nível de significância; Temp (°C)-Temperatura; Cor (uH); Turb (NTU)-Turbidez; TSD (mg/L)-Totais de sólidos dissolvidos; CE (ms/cm)-Condutividade elétrica; OD (mg/L)-Oxigênio dissolvido;

Alc (mg/L)-Alcalinidade; NH₃ (mg/L)-Amônia; SO₄²⁻(mg/L)-Sulfato; PO₄³⁻(mg/L)-Fosfato; NO₃⁻(mg/L)-Nitrato; Cl⁻(mg/L)-Cloreto; F⁻ (mg/L)-Fluoreto.

5. CONCLUSÕES

Os parâmetros determinados durante o período de 2015 demonstram a variação da qualidade da água na bacia do ribeirão Anicuns, indicando a influência direta das atividades antrópicas. As áreas dos pontos amostrados possuem passivos ambientais oriundos de atividades antrópicas, contribuindo significativamente para mudanças na qualidade da água. Essas alterações são observadas, nas áreas de preservação permanente com ausência de cobertura vegetal ou lançamentos de efluentes domésticos e resíduos sólidos.

O ponto de amostragem P08 – nascente do córrego Botafogo, indica boa qualidade da água amostrada. Os demais pontos amostrados em áreas de nascente (P01, P09 e P10) mesmo apresentando no contexto geral bons resultados para os parâmetros determinados, indicam alterações de origem antrópica. Ressalta-se que os pontos P09 e P10 localizados na área de implantação do Parque Municipal Macambira Anicuns, estão sofrendo intervenções urbanas, com a verticalização das construções, (implantação de prédios residenciais), adensando

a região, o que justifica as fortes alterações nos parâmetros, NO₃⁻ e NH₃.

Os parâmetros fosfato, nitrato, amônia, turbidez, pH e oxigênio dissolvido ficaram acima do Valor Máximo Permitido-VMP, estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005, tanto em período chuvoso quanto de estiagem.

Destaca-se que os valores encontrados para os parâmetros NH₃, NO₃⁻, SO₄²⁻, PO₄³⁻ e Cl⁻, indicam contaminação do corpo hídrico pelo lançamento de esgotos sanitários. Ressalta-se que conforme as características geológicas da bacia hidrográfica do Ribeirão Anicuns não há contribuições da geologia local para esses parâmetros.

A análise não paramétrica de Spearman, ajudou na compreensão e identificação das correlações entre os parâmetros físico-químicos, ratificando os resultados encontrados e sua relação com o processo de uso do solo (urbanização). Pôde ser constatado diversas alterações antrópicas, decorrentes da falta de aplicação do planejamento urbanístico, socioeconômico e ambiental, hoje previstos no Plano Diretor do município de Goiânia.

6. AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Geociências Aplicadas da UnB, aos professores e técnicos Laboratório de Geoquímica do Instituto de Geociências da UnB,

ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiás – IFG, ao CNPq e a CAPES.

7. REFERÊNCIAS

- Almeida, S. G. et al. 2001. *Crise socioambiental e conversão ecológica da agricultura brasileira: subsídios à formação de diretrizes ambientais para o desenvolvimento agrícola*. AS-PTA, Rio de Janeiro, 122 pp.
- ANA - Agência Nacional de Águas. 2005. *Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil*. Agência Nacional de Águas, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos, Brasília, 176 pp.
- Andrade E.M., Araújo L.F.P., Rosa M.F., Gomes R.B., Lobato F.A.O. 2007. Fatores determinantes da qualidade das águas superficiais na bacia do Alto Acaraú, Ceará, Brasil. *In: Ciência Rural*, **37**(6):1791 – 1797.
- Arruda G.B., Correia K.V., Menor E.A., Lins V. 2012. Contaminações em sulfato e cloretos em águas de superfície e subsuperfície na região de Araripina-PE. *In: Estudos Geológicos*, **22**(2): 149-171.
- BRASIL.1997. Lei 9433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm. Acessado em 23 jan 2016.
- Carmo, M.S.; Boaventura, G. R.; Oliveira, E.C. 2005. Geoquímica das Águas da Bacia do Rio Descoberto. *In: Química Nova*, **28**(4):565-574.
- Cassetti V. 1992. Geomorfologia do município de Goiânia-GO. *In: Boletim Goiano de Geografia*, **1**(12): 65-85.
- Cerna C.E.L. 2008. Degradação da amônia em efluentes com ácido de caro. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Metalúrgica, PUC-Rio, 102 p.
- Cetesb – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2009. Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e

- metodologias analíticas e de amostragem. Disponível em <http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/variaveis.pdf>. Acessado em 15 maio 2016.
- Cohen, J. 1988. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*, Second Edition. LEA - Lawrence Erlbaum Associates, New York, 567pp.
- Conama. 2005. Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acessado em 23 jan 2016.
- Donadio N.M.M., Galbiatti J.A., Paula R.C. 2005. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego Rico, São Paulo, Brasil. *In: Engenharia Agrícola*, **25**(1): 115-125.
- Erickson R.J. 1985. An evaluation of mathematical models for the effects of ph and temperature on ammonia toxicity to aquatic organisms. *In: Water Research*, **19**: 1047-1058.
- Figueiredo Filho D.B., Rocha E.C., Silva Jr J., Paranhos R., Neves J.A.B., Silva M.B. 2014. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Perarson. *In: Leviathan Cadernos de Pesquisa Política*, **8**: 66-95.
- Hair, J.F., Black W.C. Babin B.J., Anderson R.E. 2009. *Análise Multivariada de Dados*. Bookman Editora, Porto Alegre, 688pp.
- Helena B., Pardo R., Veja M., Barrado E., Fernandez J.M., Fernandez L. 2000. Temporal evolution of groundwater composition in an alluvial aquifer (Pisuerga river, Spain) by principal component analysis. *In: Water Research*, **34**(3): 807-816.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2016. Censo 2010 e Estimativa da População 2014. Disponível em <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=520870>. Acessado em 12 jan 2016.
- INEA – INSTITUTO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. 2016. Gestão da Qualidade das Águas. Disponível em <http://www.inea.rj.gov.br/Portal/MegaDropDown/Monitoramento/Qualidadedaagua/index.htm&lang=PT-BR>. Acessado em 21 jan 2016.
- ITCO - Instituto de Desenvolvimento Tecnológico do Centro-Oeste. 2008. Zoneamento ecológico-econômico do município de Goiânia. Prefeitura Municipal de Goiânia, Goiânia, 377pp.
- Jardim, B.F.M. 2011. Variação dos parâmetros físicos e químicos das águas superficiais da Bacia do Rio das Velhas-MG e sua associação com as florações de cianobactérias. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 113 p.
- Lacerda Filho, J.V. 2000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, Geologia e Recursos Minerais do Estado de Goiás e do Distrito Federal. Escala 1:500.000. CPRM/METAGO/UnB, Goiânia, 184p.
- Leite A.E.B. 2004. Simulação do lançamento de esgotos domésticos em rios usando um modelo de qualidade d'água, SisBAHIA. Dissertação de Mestrado, Escola Nacional de Saúde Pública, Fiocruz, 86p.
- Logan J. 1965. *Interpretação de Análises Químicas da Água*. US. Agency for International Development, Recife, 75p.
- Macedo J.A.B. 2004. *Águas & águas*. CRQ-MG, Belo Horizonte, 977p.
- Moura L.H.A., Boaventura G.R., Pinelli, M.P. 2010. A qualidade da água como indicador de uso e ocupação do solo: bacia do Gama – Distrito Federal. *In: Química Nova*, **33**(1):97 – 103.
- Mulholland D.S. 2009. Geoquímica Aplicada à Avaliação da Qualidade de Sistemas Aquáticos da Bacia do Rio Paracatu (MG). Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 95 p.
- Mulholland D.S., Boaventura G.R., Araújo D.F. 2010. Modelo Geoquímico aplicado à Avaliação da Qualidade da Água da Bacia do Alto Curso do Rio Paracatu. *In: Braz. J. Aquat. Sci. Technol.*, **14**(2): 39-46.
- Peixoto, P.P.P. 2003. Aspectos qualitativos das águas superficiais do córrego Curral de Arame. *In: CBCS*, **29**, Resumos.
- Pimenta S.M., Lima C.V., Ribeiro T.G. 2009. Avaliação físico-química da qualidade da água, relação com uso do solo na bacia do ribeirão Santo Antônio. *In: Revista Processos Químicos*, **3**(5): 88-104.
- Poudel D.D., Lee T., Srinivasan R., Abbaspour K., Jeong C.Y. 2013. Assessment of seasonal and spatial variation of surface water quality, identification of factors associated with water quality variability, and the modeling of critical nonpoint source pollution areas in an agricultural watershed. *In: Journal Soil and Water Conservation Society*, **68**(3):155-171.
- Reis J.A.T., Mendonça A.S.F. 2009. Análise técnica dos novos padrões brasileiros para ammonia em efluentes e corpos d'água. *In: Engenharia Sanitária e Ambiental*, **14**(3): 353-362.
- Sugimoto S., Nakamura F., Ito A. 1997. Heat budget and statistical analysis of the relationship between stream temperature and riparian forest in the Toikanbetsu river basin, Northern Japan. *In: Journal of Forest Research*, **2**(2): 103-107.
- Swift Jr. L.M., Messer J.B. 1971. Forest cuttings raise temperatures of small streams in the southern Appalachians. *In: Journal of Soil and Water Conservation*, Ankeny, **26**(23): 111-17.
- Takeno N. 2005. Atlas of Eh-pH diagrams, Intercomparison of thermodynamic databases. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Japan, 287pp.
- Zhang Z., Chen Y., Wang P., Shuai J., Tao F., Shi P. 2014. River discharge, land use change, and surface water quality in the Xiangjiang River. *In: Hydrological Processes*, **28**(13):4130-4140.