

## ANÁLISE AMBIENTAL DE BACIAS HIDROGRÁFICAS URBANAS: UM OLHAR A PARTIR DA AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DE ÁGUAS SUPERFICIAIS

### ENVIRONMENTAL ANALYSIS OF URBAN WATERSHEDS: A LOOK STARTING FROM THE EVALUATION PHYSICAL, CHEMISTRY AND SURFACE WATER MICROBIOLOGICAL

**WESLEY DA SILVA BELIZÁRIO**

Graduado em Geografia, Especialista em Gestão e Química do Meio Ambiente,  
Mestre em Geografia, Doutorando em Geografia.

Instituto de Estudos Socioambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia/GO  
wesleybelizario@hotmail.com

**Resumo:** Estudos ambientais em bacias hidrográficas urbanas demandam o manejo de variadas metodologias para alcançar resultados precisos e claros sobre a condição ambiental em que elas se encontram. Uma das possibilidades metodológicas é a leitura do ambiente pela avaliação da qualidade da água superficial, através da mensuração de parâmetros físico-químicos e microbiológicos, pois os resultados obtidos dessa forma são indicadores que determinam e/ou comprovam os tipos de usos e ocupações que intercorrem nesses espaços. Diante disso, esta pesquisa teve como objetivo fazer a análise ambiental de bacias hidrográficas situadas na área urbana de Aparecida de Goiânia/GO a partir da avaliação da qualidade da água, em que considerou-se parâmetros físico-químicos (turbidez, cor, pH, ferro, dureza, cloretos, alcalinidade, oxigênio consumido, CO<sub>2</sub> livre, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos) e microbiológicos (contagem de bactérias heterotróficas, coliformes totais e *Escherichia Coli*), que foram ponderados à luz da Portaria 2.914/11 do Ministério da Saúde e da Resolução CONAMA 357/05 do Ministério do Meio Ambiente, em virtude das finalidades dos usos dessas águas. Foram escolhidas duas bacias hidrográficas de importância econômica e social no município, principalmente por servirem para diluição de efluentes domésticos e industriais, uso residencial e abastecimento público, a saber, a bacia hidrográfica do córrego Almeida e a do córrego Santa Rita. Para a amostragem dos parâmetros supracitados, a água foi coletada em três pontos: o ponto 1, na bacia do córrego Almeida; o ponto 2, na bacia do córrego Santa Rita; e o ponto 3, na confluência das duas bacias hidrográficas. Concomitante a esse processo, foram feitas análises macroscópicas da paisagem a fim de identificar fontes poluidoras e usos potencialmente degradantes para relacionar com os dados quali-quantitativos obtidos. Como resultado foi observado maior carga poluidora nas águas na bacia do córrego Almeida e na confluência das bacias, sendo, assim, esses dois pontos os que obtiveram maiores índices de contaminação. As águas da bacia hidrográfica do córrego Santa Rita apresentaram parâmetros com menores valores de alterações, achando-se menos poluídas e contaminadas. Através desta pesquisa, foi possível verificar a qualidade da água superficial e, a partir disso, associar com os principais usos e ocupações que contribuem para as alterações contraproducentes diagnosticadas e, conseqüentemente, para a degradação ambiental dessas bacias hidrográficas.

**Palavras-chave:** Uso e ocupação do solo. Bacias hidrográficas. Qualidade da água. Degradação ambiental.

**Abstract:** Environmental studies in urban watersheds require the management of various methodologies to achieve accurate and clear results on the environmental condition in which they are found. One of the methodological possibilities is the reading of the environment by the evaluation of surface water quality, through the measurement of physical-chemical and microbiological parameters, since the results obtained in this way are indicators that determine and / or prove the types of uses and occupations in these spaces. The aim of this research was to analyze the environmental conditions of water basins located in the urban area of Aparecida de Goiânia/GO, based on the evaluation of the water quality, considering physical and chemical parameters (turbidity, color, pH, Iron, hardness, chlorides, alkalinity, consumed oxygen, free CO<sub>2</sub>, electrical conductivity and total solids dissolved) and microbiological (counting of heterotrophic bacteria, total coliforms and *Escherichia coli*), which were weighted in accordance with Portaria 2,914 / 11 of the Ministry of Health and CONAMA Resolution 357/05 of the Ministry of the Environment, due to the uses of these waters. Two hydrographic basins of economic and social importance were chosen in the municipality, mainly because they serve to dilute domestic and industrial effluents, residential use and public water supply, namely the Almeida

river basin and the Santa Rita stream. For the sampling of the aforementioned parameters, the water was collected in three points: point 1, in the Almeida stream basin; Point 2, in the basin of the Santa Rita stream; And point 3, at the confluence of the two river basins. Concomitant to this process, macroscopic analyzes of the landscape were made in order to identify polluting sources and potentially degrading uses to relate to the qualitative and quantitative data obtained. As a result, a higher pollutant load was observed in the waters in the Almeida stream basin and at the confluence of the basins, being thus, those two points that obtained the highest contamination indexes. The waters of the catchment area of the Santa Rita Stream presented parameters with lower values of changes, being less polluted and contaminated. Through this research, it was possible to verify the quality of surface water and, from that, to associate with the main uses and occupations that contribute to the counterproductive alterations diagnosed and, consequently, to the environmental degradation of these watersheds.

**Keywords:** Land use and occupation. Watersheds. Water quality. Ambiental degradation.

## 1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural de valor inestimável. Sua essencialidade é fator inescrutável, pois sem esse recurso não há possibilidade de existência e manutenção das atividades econômicas (sobretudo a industrial e agrícola), nem, tampouco, da vida humana.

Atualmente há uma crise hídrica que atinge os países do mundo, mesmo aqueles em que a quantidade de água ainda é considerável, como no caso brasileiro. A crise hídrica está relacionada, principalmente, à distribuição e à qualidade da água. Vários fatores contribuem para isso como a localização das bacias hidrográficas, a distância dos cursos d'água aos locais de consumo, a privatização de recursos hídricos (disputas pela água) e, com grande relevância, a poluição e contaminação dos recursos hídricos, que tem dificultado (quando não inviabilizado) o uso de inúmeros cursos d'água, principalmente nos grandes centros urbanos.

O Brasil ocupa um lugar de destaque e privilégio no que se refere à quantidade e disponibilidade de recursos hídricos. De acordo com Brasil (2007):

A vazão média anual dos rios em território brasileiro é de cerca de 180 mil metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ); para efeito de comparação, tal volume de água é equivalente ao conteúdo somado de 72 piscinas olímpicas fluindo a cada segundo. Este valor corresponde a aproximadamente 12% da disponibilidade mundial de recursos hídricos, que é de 1,5 milhões de  $m^3/s$ . Se forem levadas em conta as vazões oriundas de território estrangeiro e que ingressam no país (Amazônica, 86,321 mil  $m^3/s$ ; Uruguai, 878  $m^3/s$  e Paraguai, 595  $m^3/s$ ), a vazão média total atinge valores da ordem de 267 mil  $m^3/s$  (ou seja, cerca de 18% da disponibilidade mundial) (p. 19).

Mas toda essa quantidade não tem resolvido a crise hídrica que se alicerça no Brasil. Diversas regiões do país sofrem com a escassez de água apesar de o volume de recursos hídricos do Brasil ser suficiente para atender cerca de 57 vezes a demanda atual do país, podendo abastecer uma população de até 32 bilhões de pessoas, quase cinco vezes a população mundial (BRASIL, 2007).



No Brasil, os recursos hídricos são utilizados principalmente pela irrigação, que consome em torno de 63% da água. Em segundo lugar está o consumo humano urbano, que usa cerca de 18% da água. O uso industrial fica em terceiro lugar, sendo responsável por, em média, 14% do consumo de água no Brasil e, em último lugar fica a água para uso animal, consumindo em torno de 5% da água no Brasil (ANA, 2002).

Em se tratando de espaço urbano, a lógica que se alicerça é a do desenvolvimento industrial dentro cidades ou em seu entorno (com a formação dos polos industriais ou distritos industriais) e de uma urbanização descontextualizada socialmente, muitas vezes com equívocos em termos de planejamento. Isso gera e agrava problemas ambientais de maneira geral e, sobretudo, aqueles relacionados às águas, sendo possível, assim, observar uma relação direta entre a urbanização, a industrialização e impactos ambientais urbanos.

O crescimento urbano no Brasil está relacionado ao aumento da população urbana, que era pouco mais de 50% em 1970, passando para 83% na virada do milênio (TUCCI, 2008). Esse crescimento populacional foi impulsionado, principalmente, pelo desenvolvimento industrial nos grandes centros e, dado à dinâmica com a qual há a evolução das cidades, problemas de várias ordens têm surgido e se agravado. Os aspectos negativos do processo de urbanização abrangem formas socioeconômicas, institucionais, políticas e ambientais, sendo que todos os problemas advindos da dinâmica urbana atual afetam negativamente os recursos naturais em geral, principalmente as bacias hidrográficas urbanas e suas águas.

De acordo com Tucci (2008) “a urbanização concentrou a população no espaço sem um adequado planejamento e ocupação sustentável e com limitada infraestrutura de saneamento (água, esgoto sanitário, drenagem e resíduos sólidos)” (p. 71). Para Cordeiro (2009) os recursos hídricos sofrem a influencia de um processo de uso insustentável e ocupação desordenada do solo que, aliados aos problemas socioeconômicos, criam as condições para que áreas destinadas à preservação ambiental e manutenção do equilíbrio hídrico sejam utilizadas como alternativa de moradia ou recebam outros tipos de ocupação, inclusive as de atividades econômicas como indústrias, comércios, entre outros.

Com relação aos processos e fatores que levam à poluição das águas, Araújo (1997) destaca três razões principais: a primeira está relacionada ao elevado grau de urbanização aliado à falta de saneamento básico; a segunda está relacionada ao desenvolvimento industrial e seus despejos complexos, os quais conduzem os mais variados poluentes; a terceira razão diz respeito à necessidade cada vez maior e mais intensa da produção agrícola, que resulta numa carga mais pesada de pesticidas e fertilizantes transportada pelas águas. Para a autora, o

resultado disso é um aumento significativo da poluição dos rios, riachos, lagos e praias e, também, com grande intensidade, as fontes naturais de águas subterrâneas.

Para a autora os principais poluentes e contaminantes das águas são: a matéria orgânica, os óleos, os sólidos em suspensão e sedimentos, a temperatura, os nitratos, os fosfatos, as bactérias, os ácidos e os metais. Sendo a matéria orgânica, os sólidos, os nitratos, os fosfatos, as bactérias e os metais bem característicos de atividades desenvolvidas em áreas urbanas, responsáveis por relevante quantidade de cargas poluidoras em águas superficiais nesses espaços.

Diante disso, a poluição da água, de modo geral, está ligada à forma como se dá o desenvolvimento econômico, principalmente quando relacionado a atividades agrícolas e industriais, e a dinâmica do espaço urbano. Embora a produção agrícola seja responsável por elevadas cargas poluidoras, nas cidades, com seu processo de urbanização acelerada e mal planejada, com suas zonas industriais, com a destruição das suas áreas naturais, entre outros, aumenta-se significativamente o processo de poluição das águas, sendo necessárias, inevitavelmente, ações para atenuar impactos nos recursos hídricos.

Conter a poluição significa preservar a qualidade da água, pois assim evita-se a contaminação dos corpos hídricos. Para Libâneo (2010) poluição indica a ocorrência de alterações prejudiciais no meio aquático e no momento em que estas se tornam fatores de risco para os elementos da biota e seres humanos que dele fazem uso, a poluição passa a se chamar contaminação.

Atualmente, há uma demanda pela água muito elevada e, em virtude do crescimento populacional e econômico (sobretudo agrícola e industrial) essa demanda aumenta substancialmente. Porém, a disponibilidade de água própria para o consumo não tem acompanhado esse ritmo. Isso leva a uma crise com relação à acessibilidade à água doce, fato que tem se agravado ainda mais por causa dos elevados níveis de poluição e contaminação desse recurso. Para D'Agostini *et al* (2013) ao se pensar na questão da água deve-se considerar tanto quantidade, qualidade e a regularidade na quantidade e qualidade das águas.

A alteração da qualidade e quantidade da água está relacionada a fatores comumente encontrados nos mais diversos espaços como o lançamento de resíduos da produção agrícola e industrial. Outros fatores aliados a esses vão intensificar esse processo em áreas citadinas como o lançamento de esgoto doméstico, o escoamento das águas pluviais, o lixo, o entulho, o desmatamento, as erosões e o assoreamento, fatores presentes na dinâmica do espaço urbano do município de Aparecida de Goiânia/GO.

O município de Aparecida de Goiânia localiza-se ao sul da cidade de Goiânia e integra o conjunto de vinte municípios que compõem a Região Metropolitana de Goiânia/Região de Desenvolvimento Integrado de Goiânia. Possui área de aproximadamente 278,539 km<sup>2</sup>, com 808 metros de altitude média, o clima é o tropical com estação seca e o bioma é o Cerrado (IBGE, 2014).

O município de Aparecida de Goiânia é um dos que mais cresce no Estado de Goiás e na Região Metropolitana de Goiânia/Região de Desenvolvimento Integrado de Goiânia (RMG/RDIG) em termos populacionais e econômicos. Até 1963 o município possuía uma população de 7.472 habitantes e em 2010 passou a ter 455.657 habitantes (IBGE, 2010). Atualmente, a população está estimada em 521.910 habitantes, com uma densidade demográfica de aproximadamente 1.580,27 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2015). É a segunda cidade mais populosa do Estado de Goiás e vem sendo palco de grandes transformações urbano-industriais.

Como se consolidou de forma desarranjada, o crescimento do município coopera para o surgimento de áreas periféricas nas quais a população se instala em locais irregulares, provocando problemas de ordem social, econômica, estrutural e de uso e ocupação do solo, o que gera inúmeros problemas ambientais (BELIZÁRIO, 2015).

Além disso, o crescimento do município foi e continua sendo estruturado em bases industriais fortes, porém a expansão desta atividade econômica tem contribuído para o surgimento e agravamento de diversos problemas ambientais. Algumas indústrias localizam-se em áreas de mananciais e Áreas de Preservação Permanente, provocando impactos decorrentes da poluição geradas a partir de seus processos produtivos (BELIZÁRIO, 2015), alterando, sobretudo, a qualidade da água superficial, que serve a diversos usos, inclusive o de consumo humano.

Em Aparecida de Goiânia/GO, as bacias hidrográficas vêm sendo palco de inúmeros processos contraproducentes do ponto de vista ambiental, em função da lógica de crescimento urbano e de desenvolvimento econômico-industrial experienciado na cidade. As bacias hidrográficas amargam os resultados do sufocamento advindo do avanço área urbana e das zonas industriais sobre elas.

Diante dessa perspectiva, este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade ambiental a partir da análise físico-química e microbiológica da água superficial de duas bacias hidrográficas em Aparecida de Goiânia/GO. Essas bacias, a saber, a bacia hidrográfica do córrego Almeida e do córrego Santa Rita, possuem relevante importância econômica e social, tendo em vista que são utilizadas para a diluição de efluentes industriais e domésticos,

uso residencial, abastecimento público, dessedentação de animais, entre outros usos. Com isso é possível considerar a avaliação físico-química e microbiológica da água como importantes instrumentos de análise ambiental, pois a partir delas é possível identificar as fontes de poluição e, principalmente, apontar os usos e ocupações que marcam de forma nociva o ambiente nas bacias de drenagem, mormente as que estão localizadas em áreas urbanas.

Este artigo resulta da pesquisa de mestrado defendida no programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Goiás (IESA/UFG) intitulada "Análise Geoquímica e Ambiental das Bacias Hidrográficas dos Córregos Almeida e Santa Rita em Aparecida de Goiânia/GO" e, portanto, apresenta discussões e resultados similares em vários pontos, havendo, portanto, uma relação bem próxima entre os dois trabalhos. Dessa forma, este artigo resultou de um detalhamento maior de campo com sustentação na referida dissertação.

## 2. METODOLOGIA

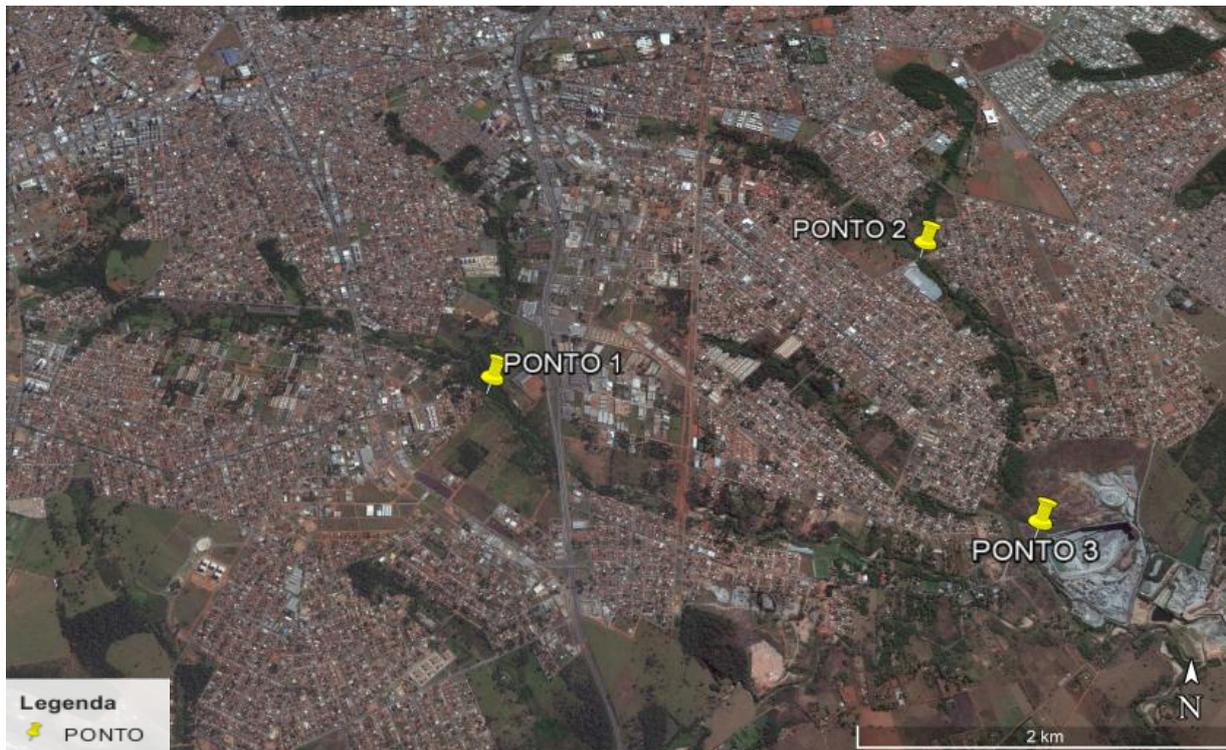
A água é de fundamental importância para o desenvolvimento social, econômico e para o bem estar da população, dos organismos aquáticos, fauna e flora. Para isso, é fundamental que ela tenha qualidade para ser usada não só para o consumo humano, mas também para outros usos como a irrigação, a dessedentação de animais, a recreação e atividades econômicas (como as industriais), entre outros usos (BELIZÁRIO, 2015), sendo essa qualidade o reflexo do uso e ocupação da bacia hidrográfica na qual o curso d'água está inserido.

A fim de verificar a qualidade da água e assim abstrair a respeito do uso e ocupação das bacias hidrográficas em questão, foram feitas análises físico-químicas e microbiológicas da água em três pontos nas bacias hidrográficas dos córregos Almeida e Santa Rita, ambas localizadas na área urbana do município de Aparecida de Goiânia/GO. O primeiro ponto de amostragem localiza-se no encontro de todos os tributários da bacia hidrográfica do córrego Almeida, o segundo no encontro de todos os tributários da bacia do córrego Santa Rita e o terceiro ponto na confluência das duas bacias hidrográficas (Figura 1). A coleta foi feita em dois períodos sazonais: o seco, em setembro de 2014, e o chuvoso, em março de 2015.

Foram analisados parâmetros físico-químicos (turbidez, cor, pH, ferro, dureza, cloretos, alcalinidade, oxigênio consumido, CO<sub>2</sub> livre, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos) e microbiológicos (contagem de bactérias heterotróficas, coliformes totais e *Escherichia Coli*), sendo que as amostras para a análise físico-química foram coletadas em

frascos de polietileno de 500ml e as da análise microbiológica foram coletadas em frascos de vidro de 100 ml com tampa de rosca para uso único. Em ambas as coletas, o material foi acondicionado em caixa de isopor refrigerado (em média 4°C). As amostras foram coletadas e levadas ao laboratório Aqualit - tecnologia em saneamento SS LTDA em menos de 24 horas, onde foram feitas as análises pertinentes.

**Figura 1** - Pontos de coleta da água



**Fonte:** Imagem de Google Earth (2015) - Elaborado por Belizario (2015)

No que se refere aos parâmetros físico-químicos a alcalinidade foi determinada pelo método titulométrico (SMWW 2320B); a determinação do cloreto foi feita pelo método argentométrico (SMWW 4500-Cl-B); o CO<sub>2</sub> livre foi determinado por titulação potenciométrica (SMWW 4500 CO<sub>2</sub>); a condutividade foi determinada por medição eletrométrica/conductimetria (SMWW 2510 B); e a cor pelo método espectrofométrico - comprimento de onda único - (SMWW 2120 C). A dureza foi determinada por titulometria por EDTA (SMWW 2340 C); o ferro foi pelo método colorimétrico com fenantrolina (SMWW 3500 Fe B); o oxigênio consumido foi determinado pela metodologia CETESB L5 143; o pH foi pelo método eletrométrico (SMWW 4500 H+ B); os sólidos dissolvidos totais foram determinados pela secagem a 180° (SMWW 2540 C); e a turbidez foi determinada pelo método nefelométrico (SMWW 2130B).

Com relação à análise dos parâmetros microbiológicos, os coliformes totais foram determinados pelo método de tubos múltiplos (SMWW 9221 C); a contagem das bactérias

heterotróficas foi feita pelo plaqueamento em profundidade (SMWW 9215 B); e a determinação da *Escherichia Coli* foi feito pelo método tubos múltiplos (SMWW 9221 F).

Concomitante a esse processo, foram feitas análises macroscópicas da paisagem a fim de identificar fontes poluidoras e usos potencialmente degradantes para relacionar com os resultados quali-quantitativos obtidos.

Os resultados foram comparados com as normas estabelecidas pela resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e dá as diretrizes ambientais para o seu enquadramento (BRASIL, 2005), e com as normas instituídas pela portaria 2.914 do Ministério da Saúde de 12 de dezembro de 2011, que dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2011), tendo em vista que as águas das bacias possuem diversos usos como irrigação, dessedentação de animais, diluição de efluentes domésticos e industriais, uso industrial, doméstico e abastecimento residencial.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1. ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA NO PONTO 1

O ponto 1 localiza-se na Rua Palmares, bairro Jardim Palácio, nas coordenadas 16°45'24.46"S e 49°14'40.26"O. Foi escolhido em função de ser o encontro dos tributários que formam a bacia do córrego Almeida, pela proximidade com residências, com indústrias (laticínios, de tecidos, telhas, construção) e outras atividades produtivas (como serralherias, ferros-velhos, reciclagem, lava-jatos, supermercados, hospitais, postos de gasolina) que despejam efluentes, além de outros estabelecimentos que contribuem majoritariamente com a contaminação da água como o cemitério Jardim da Paz e a estação de tratamento de esgoto ETE Cruzeiro do Sul.

No período seco alguns parâmetros foram encontrados em não conformidade com a legislação referente à portaria 2.914, como a turbidez, que apresentou 32,4 UNT, sendo que a norma permite no limite 5,0 UNT (alteração de 548%). Outros indicadores ficaram também acima do permitido como o parâmetro cor, no qual foi obtido resultado 405,0 mg Pt-Co/L ao passo que a regulamentação da portaria permite 15,0 mg Pt-Co/L (2.600% acima do outorgado), e o parâmetro ferro, pois o resultado encontrado foi de 1,28 mgFe/L e a portaria 2.914 autoriza até 0,3 mgFe/L (alteração de 326%).

Com relação à resolução CONAMA 357, os parâmetros que estiveram acima do permitido, no período seco, foram: a cor (pois esta norma estabelece o valor máximo de 75

mg PT-co/L e, de acordo com os ensaios em laboratório, este parâmetro esteve 440% além do permitido) e o ferro, onde foi obtido resultado de 1,28 mgFe/L e a resolução permite no máximo 0,3 mgFe/L (alteração de 326%).

Houve alteração na quantidade de oxigênio consumido, onde o limite permitido é de 5 mg O<sub>2</sub>/L e obteve-se 10 mg O<sub>2</sub>/L, havendo alteração de 100% em relação à resolução. A condutividade deveria estar entre 75 e 100 µS/cm, porém o resultado foi de 499 µS/cm, desconformidade em 399% com relação à CONAMA 357.

No período chuvoso houve alterações nos parâmetros ferro, onde foi constatado o resultado de 1,49 mgFe/L (alteração de 396% referente à portaria 2.914 e à resolução CONAMA 357) e turbidez, que atingiu 51,0 UNT (alteração de 920% em relação à portaria 2.914). A quantidade de oxigênio consumido foi de 9 mgO<sub>2</sub>/L, alteração em 80%. A condutividade, com valor de 378 µS/cm, sendo o máximo permitido para este tipo de água ser de 100 µS/cm, alterou em 278%. Estes dois parâmetros comparados com a resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005), conforme pode ser observado na Tabela 01.

As variações dos parâmetros de um período para o outro se deram da seguinte forma: no parâmetro turbidez houve um acréscimo de 57,4% de unidades de turbidez do período seco para o chuvoso. No período seco o valor de unidades de turbidez apontou 32,4 UNT e no período chuvoso foi para 51 UNT, ou seja, 18,6 UNT de aumento de uma amostragem para outra.

O parâmetro cor, que no período seco apontou 405 mg Pt-Co/L, abaixou para 2,0 mg Pt-Co/L no período chuvoso, uma redução de 403 mg Pt-Co/L, ou seja, diminuição de aproximadamente 99,5%. O ferro aumentou em 0,21 mgFe/L, 16,4% a mais na concentração de ferro na água. Os valores avançaram de 1,28 mgFe/L para 1,49 mgFe/L, sazonalmente.

Dentre os outros parâmetros todos estiveram em conformidade com os valores determinados pela legislação. As variações ocorreram de um período para outro apontando alterações no comportamento ambiental, porém dentro do limite legal, como no caso do pH, que diminuiu, aproximadamente, 4,95%; a dureza, que reduziu 21,51%; a concentração de cloretos, que marcou 36,55% a menos; e a alcalinidade, com redução de 35,75% do período seco para o chuvoso.

O oxigênio consumido teve redução de 10% (mesmo ainda não atendendo a CONAMA 357); a concentração de CO<sub>2</sub> livre aumentou em 46,79%; a condutividade elétrica diminuiu 24,24% do período seco para o chuvoso (mesmo não atendendo a CONAMA 357) e a quantidade de sólidos totais dissolvidos reduziu 8,02%.

### 3.2. ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA NO PONTO 2

O ponto 2 localiza-se na Avenida Monte Cristo, bairro Jardim Olímpico, nas coordenadas 16°44'50.91"S e 49°13'7.23"O. Este local foi escolhido por ser o encontro dos tributários da bacia do córrego Santa Rita, que têm em suas margens e nas adjacências delas diversos usos como o industrial e outras atividades produtivas (fábrica de colchões, serralherias, marcenarias, ferros-velhos, lava-jatos, oficinas de carro), além de chácaras, condomínios residenciais, ocupações irregulares, entre outros.

Esses usos alteram a qualidade e a quantidade da água, pois os lançamentos de efluentes e o descarte de resíduos sólidos vão, pela sua própria dinâmica, poluir, contaminar e degradar esses ambientes, conforme aludido anteriormente.

No que se refere aos resultados da análise físico-química obtidos no período seco, comparando-os com as normas descritas na Portaria 2.914, de 12 de dezembro de 2012, houve alterações nos parâmetros turbidez (264% acima do permitido), cor (alteração em 73 mg Pt-Co/L, 486%) e ferro (acima 26,6%).

No tocante à CONAMA 357, houve alterações nos parâmetros cor (acima em 13 mg Pt-Co/L ou 17,3%), ferro (assim como na portaria 2.914, alteração em 26,6%) e condutividade, na qual a resolução permite até 100  $\mu$ S/cm e foi encontrado 169,7  $\mu$ S/cm, variando em 69,7  $\mu$ S/cm, ou seja, cerca de 69,7% acima do permitido legalmente (Tabela 01).

No período chuvoso houve alterações em alguns parâmetros, não se adequando à norma relativa à portaria 2.914 do Ministério da Saúde como a turbidez, que teve alteração em 67,5 UNT (1.350%); a cor, em que foi constatado 7,7 mg Pt-Co/L acima da padrão determinado, ou seja, 51,3% a mais em relação ao estabelecido por lei; e o ferro, 740% acima do permitido pela referida Portaria.

No que diz respeito à resolução CONAMA 357, os valores ficaram acima nos parâmetros condutividade (38,8% acima do permitido para este tipo de água) e ferro (2,22 mgFe/L além do estabelecido na resolução, 740% além do permitido), conforme pode ser observado na Tabela 01.

As variações de um período para outro no ponto 2 foram menores do que as variações no ponto 1 e isso se deve ao fato de no ponto 1 a poluição ter sido maior e. Diante disso, a poluição e contaminação da água no ponto 2 é menor.

A turbidez teve aumento em 54,3 UNT, ou seja, 298,3% a mais em relação ao período seco. A cor teve redução em 65,3 mgPt-Co/L, sendo a diminuição de 74,2%. O pH da água aumentou de 6,89 para 7,2, elevação em 0,31 (4,49%) de um período para o outro. A



concentração de ferro aumentou em 2,14 mgFe/L, ou seja, elevação em 563,1%. A dureza da água diminuiu em 9,25% e a quantidade de cloretos diminuiu em 28,74% da estação seca para a chuvosa.

A alcalinidade da água aumentou. No período seco o valor obtido para este parâmetro foi de 41,5 mgCaCO<sub>3</sub>/L e no chuvoso foi de 44 mgCaCO<sub>3</sub>/L, aumento de 2,5 mgCaCO<sub>3</sub>/L, ou seja, 6,02% a mais neste parâmetro. O oxigênio consumido aumentou de 1,1 mgO<sub>2</sub>/L para 2,8 mgO<sub>2</sub>/L, elevação de 1,7 mgO<sub>2</sub>/L, cerca de 154,5% além do que foi obtido no período seco. A concentração de dióxido de carbono diminuiu em 5,22 mgCO<sub>2</sub>/L, uma redução em 48,1%. A condutividade diminuiu de 169,7 µS/cm para 138,8 µS/cm, redução em 30,9 µS/cm ou 23,5%. A quantidade de sólidos dissolvidos também diminuíram, os valores passaram de 107,9 mg/L no período seco para 89 mg/L no período chuvoso. Neste parâmetro a redução foi de 17,5% ou 18,9 mg/L a menos que no período seco.

### 3.3. ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA NO PONTO 3

O ponto 3 localiza-se na Alameda Pedro de Sá, no condomínio de Chácaras São Pedro, nas coordenadas 16°45'56.42"S e 49°12'54.66"O. Foi escolhido por ser o encontro da bacia hidrográfica do córrego Almeida com a bacia hidrográfica do córrego Santa Rita. Uma área onde há empresas de construção, concreteiras e mineradoras que descartam seus efluentes e resíduos sólidos decorrentes do processo produtivo no corpo hídrico. Há também o lançamento de efluentes domésticos na água pelos moradores das chácaras e das áreas de ocupação irregular.

De acordo com a Portaria 2.914 do Ministério da Saúde, de 12 de dezembro de 2011, os parâmetros que, no período seco, estiveram acima do permitido pela referida Portaria foram a turbidez, que passou em 118%; a cor, que apresentou alteração em 57 mgPt-Co/L, ou seja, 380% acima da legislação; e a quantidade de ferro, que apresentou 0,4 mgFe/L além do estabelecido pela norma, 133% acima do máximo permitido.

Com relação à resolução CONAMA 357, os parâmetros que apresentaram não conformidade foram o ferro (133% acima do máximo permitido) e a condutividade, que apresentou valor de 309 µS/cm, sendo o máximo permitido de 100 µS/cm. Assim, a alteração neste parâmetro ficou em 209% com relação à esta regulamentação (Tabela 01).

No período chuvoso os valores que ficaram além do permitido pela Portaria 2.914 do ministério da saúde foram a turbidez, que esteve acima em 77,4 UNT, ou seja, 1.548% além do permitido; a cor, que apresentou 182 mgPt-Co/L além da legislação (1.213,3% fora da

portaria) e a concentração de ferro que registrou 1,99 mgFe/L, ou seja, 563,3% além do permitido.

No que se refere à resolução CONAMA 357, os parâmetros que ficaram em desconformidade foram a cor, que apontou para 122 mgPt-Co/L a mais do que permitido (162,6% além do outorgado); a concentração de ferro, 563,3% acima da legislação; e a condutividade, com registro de 245 µS/cm, sendo que a resolução permite no máximo 100 µS/cm para este tipo de água, ou seja, 145% além do consentido, conforme pode ser observado na Tabela 01, que segue:

**Tabela 01 - Análise físico-química da água nos pontos de amostragem**

Parâmetro de Análise	Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3		Legislação		UD	
	P.S	P.C.	P.S.	P.C.	P.S.	P.C.	CONAMA 357	Port. 2914		
Turbidez	32,4	51,0	18,2	72,5	10,9	82,4	100	5	UNT	
Cor	405	2	88,0	22,7	72	197	75	15	mg.Pt-Co/L	
pH	7,26	6,9	6,89	7,2	7,46	7,2	6 - 9	6 - 9,5	NA	
Ferro	1,28	1,49	0,38	2,52	0,7	1,99	0,3	0,3	mgFe/L	
Dureza	79	62	54	49	79	72	500	500	mg CaCO <sub>3</sub> /L	
Cloretos	35,15	22,3	12,35	8,8	20,42	11,6	250	250	mgCL-/L	
Alcalinidade Total	179	115	41,5	44,0	119	69	NA	NA	mg CaCO <sub>3</sub> /L	
Alcalinidade a Bicarbonato (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	179	115	41,5	44	119	69	NA	NA	mg CaCO <sub>3</sub> /L	
Alcalinidade a Carbonato (CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> )	0,0	< 0,1	0,0	< 0,1	0,0	< 0,1	NA	NA	mg CaCO <sub>3</sub> /L	
Alcalinidade a Hidróxido (OH <sup>-</sup> )	0,0	< 0,1	0,0	< 0,1	0,0	< 0,1	NA	NA	mg CaCO <sub>3</sub> /L	
Oxigênio Consumido	10	9	1,1	2,8	2	4,9	Até 5	NA	mg O <sub>2</sub> /L	
CO <sub>2</sub> livre	19,96	29,3	10,85	5,6	8,37	8,8	NA	NA	mg CO <sub>2</sub> /L	
Condutividade a 25°	499,0	378	169,7	138,8	309	245	75 a 100	NA	µS/cm	
Sólidos Totais Dissolvidos	349	321	107,9	89	199,6	155	500	1.000	mg/L	
Gosto/Odor	N.O	N.O	NO	N,O	N,O	N,O	N,O	N.O	N.A	
<b>P.S.</b>	Resultado do Período Seco - 10/09/2014				<b>NA</b>		Não Aplicável			
<b>P.C.</b>	Resultado do Período Chuvoso - 10/03/2015				<b>NO</b>		Não Objetável			

**Fonte:** Elaborado por Belizario (2015)

Com relação às variações entre cada parâmetro do período seco para o chuvoso, neste ponto, foi verificado que a turbidez aumentou em 71,5 UNT de uma estação para outra, variação para mais em 655,9% entre as estações; a cor aumentou em 125 mgPt-Co/L, ou seja,

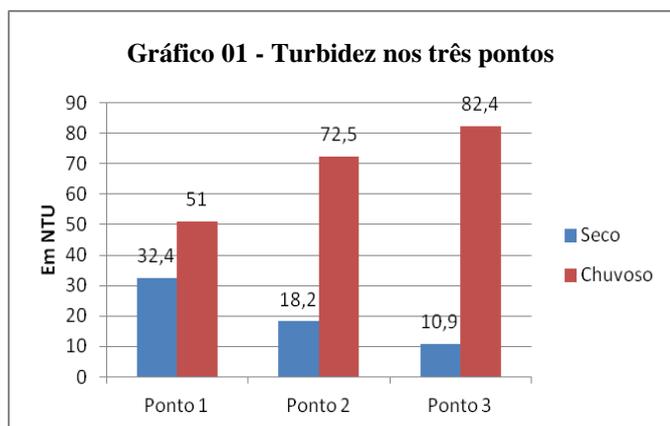
elevação em 173,6% de um período a outro; o pH diminuiu 3,48% de uma estação à outra; a quantidade de ferro por litro aumentou em 1,29 mg Fe/L, cerca de 184,2%.

A dureza reduziu em 7 mgCaCO<sub>3</sub>/L, diminuição de 8,86%; houve redução também na quantidade de cloretos em 8,82 mgCl/L ou 43,19%; a alcalinidade decresceu em 50 mgCaCO<sub>3</sub>/L, ou seja, redução de 42,01%. O consumo de oxigênio cresceu em 145%; a quantidade de dióxido de carbono aumentou em 0,43 mgCO<sub>2</sub>/L, ou seja, acréscimo de 5,13% de um período a outro. A condutividade diminuiu consideravelmente. Foi de 309 µS/cm para 245 µS/cm, redução em 64 µS/cm (menos 20,71%) bem como a quantidade de sólidos dissolvidos que diminuiu em 44,6 mg/l, ou seja, redução em 22,3% de uma estação a outra.

### 3.4. TURBIDEZ

No período seco a turbidez foi maior no ponto 1 e menor no ponto 3, mas aumentou, consideravelmente, do período seco para o período chuvoso em todos os pontos de amostragem (Gráfico 01). O ponto 1 é um local onde a velocidade e a quantidade de água é menor que nos outros três pontos, a profundidade é em torno de 30cm e recebe carga de 5 tributários.

O ponto 2 recebe carga de 2 tributários, tem profundidade em torno de 50cm e a velocidade da água é maior do que no ponto 1. O ponto 3 (profundidade entre 70 cm e 100 cm, largura em torno de 9 metros a 15 metros) recebe carga de todos os tributários das duas bacias, a quantidade de água é maior, a profundidade e a velocidade da água também, em função da presença de corredeiras.



Fonte: Elaborado por Belizario (2015)

Os fatores que contribuem para a turbidez e o aumento dela na água são o lançamento de esgoto doméstico, efluente industrial e o assoreamento do leito, o qual aumenta a turvação da água em função dos sólidos em suspensão e dissolvidos, diminuindo a transparência da água.

No período seco a turbidez é menor do que no período chuvoso em função da movimentação da água. Nesta estação a velocidade da água e a vazão são menores do que no período chuvoso, o que faz com que agitação da água seja branda. Na estação seca, o ponto 1,

possivelmente por receber cargas de mais tributários, tem turbidez maior que nos outros pontos. Outros fatores que colaboram para isso são o assoreamento do leito e as erosões muito próximas a este ponto.

Na estação seca a turbidez é menor no ponto 3. Provavelmente isso se deve ao fato de, às épocas das coletas das amostras, haver menos poluição por efluentes domésticos e industriais neste ponto e, também, como é o último ponto, no fim das bacias, a capacidade de autorrecuperação do corpo hídrico tenha contribuído para obtenção de menores valores de turbidez.

Na estação chuvosa, por causa da elevação nos índices pluviométricos, há uma agitação maior da água, fazendo com que os sólidos se movimentem de forma mais intensa. Contribui também para o aumento da turbidez a água proveniente das galerias pluviais, pois traz materiais particulados das ruas diretamente para o corpo hídrico. A chuva também leva terra, areia e outros materiais que estão próximos e/ou nas margens, pois, como a vegetação ao longo das bacias hidrográficas é bastante degradada, sendo escassa em muito locais e inexistentes em outros, esses materiais vão diretamente para o corpo hídrico. Uma situação esperada, pois, conforme a análise dos trechos das bacias feita anteriormente, a água das bacias, na maior parte delas, se encontra com a coloração turva, escura ou acinzentada.

A turbidez vai aumentando no período chuvoso nos pontos 1, 2 e 3, respectivamente. A quantidade de carga poluidora e assoreamento se diferenciam em cada uma deles. Nisto se encontra a diferença nos valores obtidos. O ponto 3 tem turbidez maior que os outros pontos por contribuição, também, do restante das bacias, pois o aumento da quantidade da água e da velocidade nesse período fez com que parte dos sedimentos, da poluição e contaminação à montante alcançasse essa área.

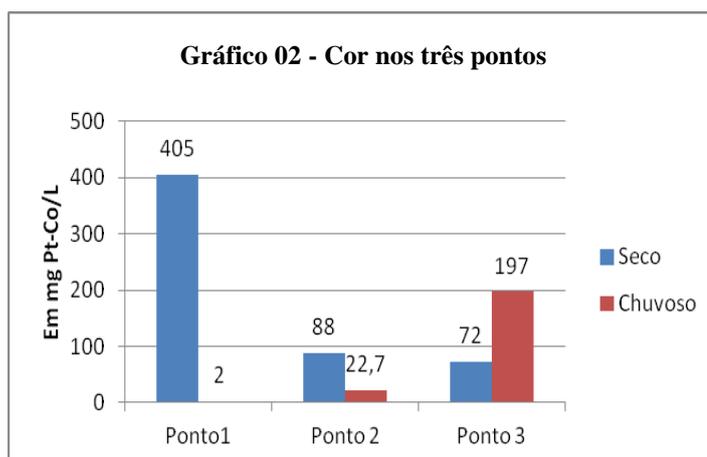
### **3.5. COR**

O parâmetro cor, elevado no período seco, possivelmente está relacionado com a quantidade de sólidos dissolvidos e suspensos, dos ácidos húmicos, fúlvicos, (originados da decomposição de vegetais) e taninos, juntamente com a diminuição quantidade de água (comum nesse período) e de partículas coloidais (decorrentes do esgoto doméstico).

As variações nos valores da cor (Gráfico 02) também são resultantes da presença de substâncias como ferro e manganês ou resíduos orgânicos e inorgânicos de indústrias como as de mineração, tecido, serralheria, entre outras, presentes nessas bacias hidrográficas.

No período chuvoso, devido ao aumento do volume de água e na condição de diluição desses elementos os valores para o

parâmetro cor diminuíram consideravelmente. Somente no ponto 3 que este aumentou, possivelmente devido ao aumento da turbidez (com foco nos efluentes industriais e domésticos em maior quantidade na área nesse período).



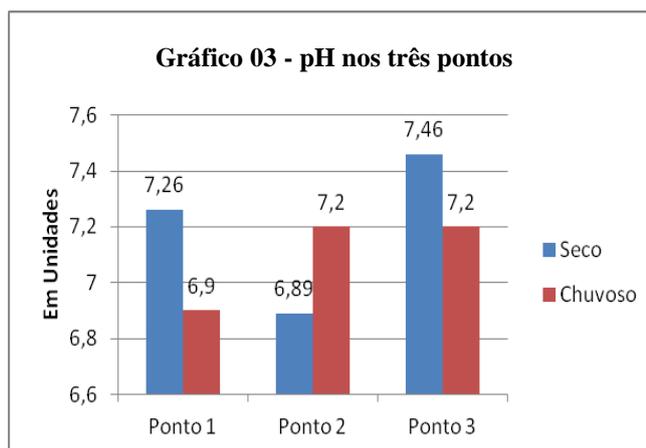
Fonte: Elaborado por Belizario (2015)

### 3.6. pH

O pH é um parâmetro utilizado para mostrar acidez ou alcalinidade de uma solução, sendo uma das determinações de qualidade de água frequentemente utilizadas, pois ela indica a condição ácida ( $H^+$ ) ou alcalina ( $OH^-$ ), que podem ter origens em fatores naturais do terreno ou resultantes dos processos de poluição e contaminação da água que eleva a carga de poluentes dissolvidos.

De acordo com Vasconcelos (2010), nas águas naturais, o pH é alterado pelas concentrações de íons  $H^+$  originados da dissociação do ácido carbônico, que gera valores baixos de pH, e pelas reações de íons de carbono e bicarbonato com a molécula de água,

que elevam os valores de pH para a faixa alcalina. A escala de pH é constituída de uma série de números variando de 0 a 14, os quais indicam o nível de acidez ou alcalinidade. Valores de pH abaixo de 7 e próximos de zero indicam acidez elevada ao passo valores de 7 a 14 indicam aumento da alcalinidade.



Fonte: Elaborado por Belizario (2015)

De acordo com Vasconcelos (2010), o pH da grande maioria dos corpos d'água varia entre 6 e 8. Ecossistemas que apresentam valores baixos de pH têm elevadas concentrações de ácidos orgânicos dissolvidos de origem alóctone e autóctone. De acordo com a autora, “nesses ecossistemas são encontradas altas concentrações de ácido sulfúrico, nítrico, oxálico, acético, além de ácido carbônico, formado principalmente pela atividade metabólica dos micro-organismos aquáticos” (p.310, 311).

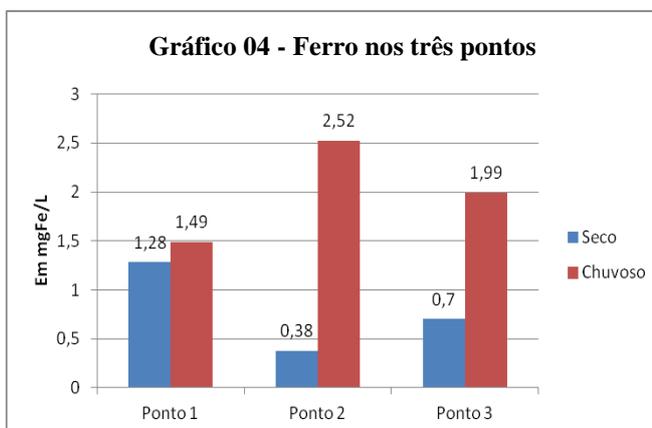
Nas bacias de drenagem em estudo, o pH foi maior nos pontos 1 e 3 levando em consideração os períodos seco e chuvoso (Gráfico 03). Isso se dá, possivelmente, ao fato de a dureza e da alcalinidade serem maiores nesses pontos.

### 3.7. FERRO

O parâmetro ferro sofreu poucas variações de um período para o outro em todos os pontos, apesar de em todos eles, nas duas estações, estar com valores maiores do que o permitido pela normatização, tanto da resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005) quanto da Portaria 2.914 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011).

O aumento no nível de ferro, sobretudo nas estações chuvosas, se dá, possivelmente, pelo assoreamento e erosão das margens e pelos efluentes industriais lançados. No ponto 2 é onde há a maior variedade de atividades relacionadas à metalurgia, o que pode influenciar no aumento da concentração desse elemento da água. No ponto 3, a contribuição maior vem das indústrias de mineração e concreto.

De acordo com Parron *et al* (2011), as fontes de ferro são minerais escuros (máficos) portadores de Fe: magnetita, biotita, pirita, piroxênios e anfibólios. No estado ferroso ( $Fe^{2+}$ ) formam compostos solúveis, principalmente hidróxidos. Em ambientes oxidantes o  $Fe^{2+}$  passa a  $Fe^{3+}$  dando origem ao hidróxido férrico, que é insolúvel e se precipita, tingindo fortemente a água. As altas concentrações de ferro provoca coloração amarelada, acarretando sabor



Fonte: Elaborado por Belizario (2015)

amargo e adstringente. Dessa forma, o limite estabelecido pela legislação de 0,3 mgFe/L existe em função dos problemas estéticos relacionados à presença de ferro na água e do sabor que este lhe confere.

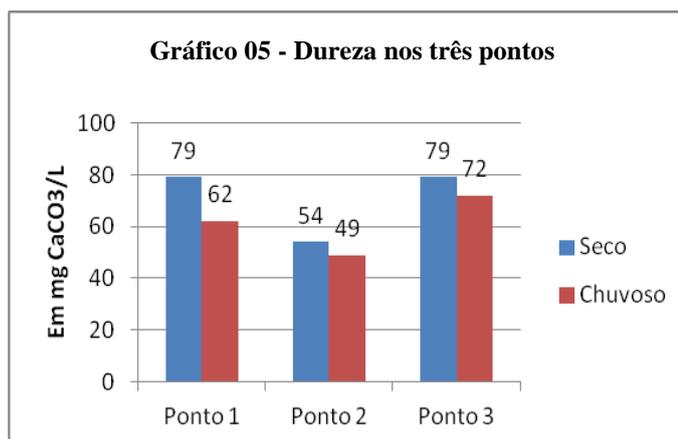
Em todos os pontos os valores da concentração de ferro estiveram acima do limite da legislação ambiental. No período seco é que ficou mais próximo do permitido pela legislação, principalmente nos pontos 2 e 3 (Gráfico 04).

### 3.8. DUREZA

O parâmetro dureza está relacionado à presença de sais de metais alcalinos terrosos como cálcio e magnésio, metais como ferro e manganês, estrôncio, zinco, alumínio ou outros metais bivalentes como o cobre que, dependendo da concentração, pode causar alterações no sabor e dar efeito laxante às águas.

Ela é dividida em dois tipos:

dureza permanente (provocada pelos sulfatos, fosfatos e outros sais de cálcio e magnésio, além dos sulfatos, cloretos e nitratos de cálcio e magnésio) e dureza temporária (provocada pelos bicarbonatos de cálcio e magnésio que se precipitam, a soma desses dois dá a dureza total expressa em mg/L).



Fonte: Elaborado por Belizario (2015)

De acordo com Vasconcelos (2010) os valores registrados menores que 50 mgCaCO<sub>3</sub>/L classificam a água como água mole. As águas de dureza moderada são aquela que registram de 50 mgCaCO<sub>3</sub>/L a 100 mgCaCO<sub>3</sub>/L, e as águas duras as que registram acima de 100 mgCaCO<sub>3</sub>/L. A dureza pode ter origem natural, através da dissolução de rochas calcárias ricas em cálcio e magnésio, ou antrópicas, através do lançamento de efluentes industriais (FUNASA, 2006)

Nos pontos analisados a água tem dureza moderada, que é aquela que vai de 50 a 100 mgCaCO<sub>3</sub>/L, tanto na estação seca quanto na chuvosa, com exceção do ponto 2 onde, no período de chuvas, registrou baixa dureza e foi o local onde a dureza foi menor nos dois períodos em comparação com os pontos 1 e 3. A diminuição da dureza nos três pontos está,

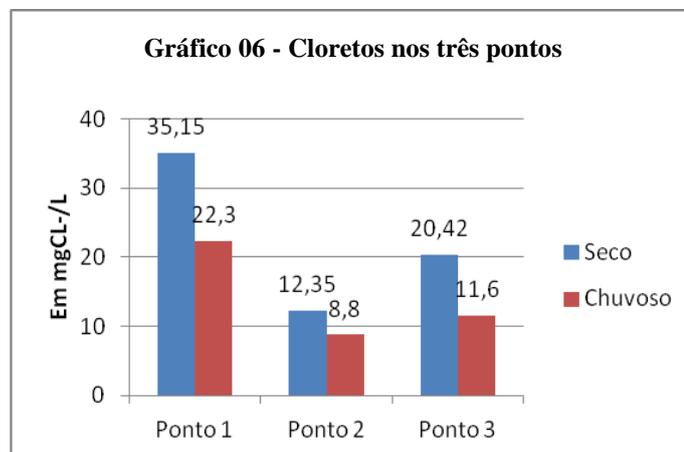
provavelmente, relacionada à capacidade de diluição da água em função do aumento do volume e da velocidade da água no período chuvoso (Gráfico 05).

### 3.9. CLORETOS

Os cloretos estão presentes em todas as águas naturais, pois os íons cloretos resultam da dissolução de minerais ou de sais. Em águas de áreas urbanas a quantidade de cloreto pode aumentar devido ao contato com efluentes domésticos, responsáveis por elevar a quantidade de cloreto na água. Dessa forma, a presença de cloreto indica contato ou mistura, recente ou passada, com águas residuárias. Os cloretos provocam sabor salgado e efeito laxativo e podem ser encontrados nas formas de cloreto de sódio, cloreto de cálcio e cloreto de magnésio.

Nos pontos analisados a quantidade de cloretos não ultrapassou o permitido nas legislações, tanto da resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005) quanto da Portaria 2.914 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011), que exigem que a concentração não ultrapasse a 250 mg Cl-/L. Porém, os valores que foram encontrados permitem considerar preocupante a quantidade e a periodicidade de lançamentos de efluentes domésticos das chácaras e das habitações irregulares que ficam às margens dos cursos d'água das bacias hidrográficas em estudo e, até mesmo, a quantidade de esgoto sendo lançado *in natura*.

No período seco a quantidade de cloretos é maior em função da quantidade de água para a diluição ser menor nesse período. No período chuvoso a quantidade de



Fonte: Elaborado por Belizario (2015)

cloretos diminui nos três pontos por causa do aumento do volume de água, possibilitando maior capacidade ao corpo hídrico de dissolver esses compostos.

No ponto 1 a quantidade de cloretos foi maior tanto na estação seca quanto na chuvosa (Gráfico 06). Provavelmente (além de outros fatores) este fato está relacionado proximidade deste ponto com a ETE Cruzeiro do Sul, que lança o efluente pós-tratamento na água, e devido à proximidade com o cemitério Jardim da Paz, onde há necrochorume contaminando o solo e a água, além dos efluentes derivados das indústrias de laticínios.

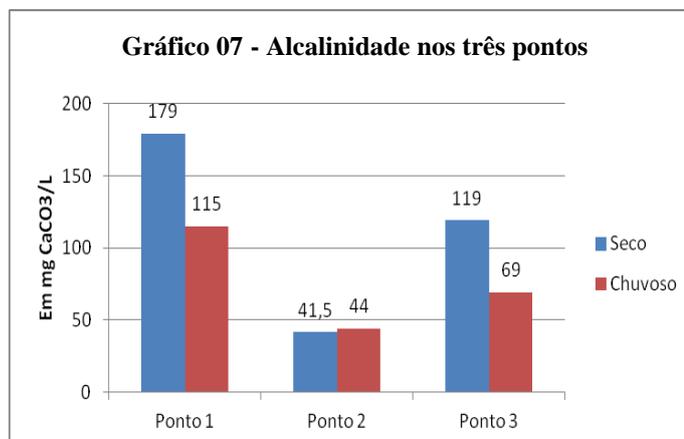
### 3.10. ALCALINIDADE

A alcalinidade diz respeito à quantidade substâncias presente em um sistema aquoso que tem a capacidade de neutralizar ácidos, ou tamponar ácidos. Esta capacidade depende de alguns compostos, principalmente bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos, que podem ser oriundos de rochas (MACHADO, 2009).

De acordo com Parron *et al* (2011), a alcalinidade é a medida da capacidade que a água tem de neutralizar ácidos, sendo os compostos responsáveis pela alcalinidade total os sais que contém carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ), hidróxidos ( $\text{OH}^-$ ) e, secundariamente, aos íons hidróxidos (como cálcio e magnésio) e outros compostos como silicatos, boratos, fosfatos e amônia.

Para Vasconcelos (2010) a alcalinidade das águas ocorre na presença de bicarbonatos produzidos pela ação do gás carbônico dissolvido na água sobre rochas calcárias e não tem significado sanitário, a menos que seja devido a hidróxidos ou que contribua na qualidade de sólidos totais. Em concentrações moderadas na água de consumo humano, a alcalinidade não possui nenhum significado sanitário, porém, em níveis elevados, pode trazer sabor desagradável (PEREIRA *et al*, 2010).

A alcalinidade elevada está associada à decomposição de matéria orgânica ou aos processos que derivam dessa decomposição. Dessa forma, a contaminação de rios e córregos em áreas urbanas por águas residuárias residenciais contribui



Fonte: Elaborado por Belizario (2015)

para aumento dos valores desse parâmetro. Nesse sentido, normalmente, água de rios e córregos urbanos tem a alcalinidade mais elevada, pois são locais onde é comum o lançamento de efluentes domésticos sem tratamento ou com tratamento parcial nas águas.

Nos pontos analisados a alcalinidade diminuiu de uma estação à outra (Gráfico 07). Somente no ponto 2 houve aumento, porém mínimo.

Os valores mais elevados de alcalinidade possivelmente estão relacionados a decomposição de matéria orgânica, sobretudo em função do lançamento de efluentes domésticos. Nesta análise, o ponto 1 e o ponto 3 tem os maiores valores de alcalinidade em ambas as estações. Isso acontece porque o ponto 1, devido à proximidade com o cemitério

Jardim da Paz, à ETE Cruzeiro do Sul e os laticínios, recebe cargas poluidoras maiores do que os outros dois, e o ponto 3, por receber os efluentes domésticos decorrentes de ocupações nas margens e devido aos resíduos industriais, mais intensos nessa área.

A redução da alcalinidade nos pontos analisados de uma estação à outra está relacionada, principalmente, à diluição das concentrações de  $\text{CaCO}_3$  na água, em função do aumento do volume hídrico no período chuvoso.

### 3.11. OXIGÊNIO CONSUMIDO

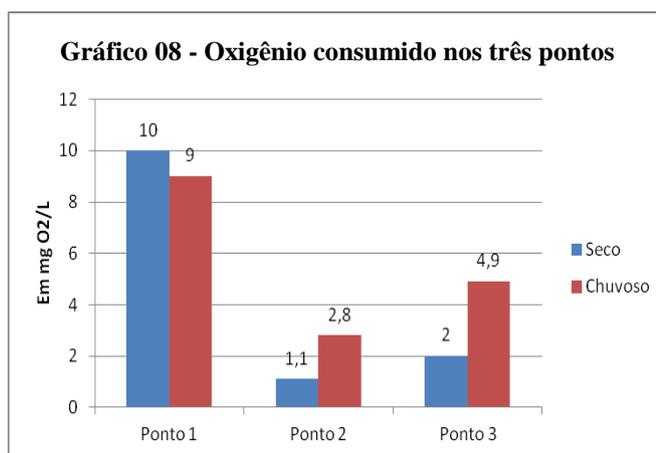
A concentração de matéria orgânica é uma das principais causas de poluição das águas, pois ela tem a capacidade de reduzir a concentração de oxigênio dissolvido na água em função das atividades respiratórias das bactérias que agem para estabilizar a matéria orgânica ou nas reações químicas de oxidação, aumentando o consumo de oxigênio do meio aquoso.

A análise deste parâmetro é importante, pois mostra a existência de matéria orgânica dissolvida na água e assim indica o consumo ou a demanda de oxigênio necessária para estabilizar esse material. Quanto mais matéria orgânica, maior o consumo de oxigênio que, em níveis muito elevados, pode levar ao fim do oxigênio na água, ocasionando morte de organismos e animais aquáticos.

O aumento nos valores de oxigênio consumido está relacionado com o lançamento de matéria orgânica como foi o caso dos pontos analisados, onde o consumo de oxigênio foi maior no ponto 1 do que nos pontos 2 e 3.

É possível que isso se deva à carga de matéria orgânica ser maior nesse ponto, tanto pelos fatores comuns a todos os pontos (lançamento de esgoto doméstico) quanto por despejos de matéria orgânica provenientes da ETE Cruzeiro do Sul e do cemitério Jardim da Paz, além dos despejos de indústrias de laticínios.

Mesmo na estação chuvosa onde a quantidade de água é maior, o consumo de oxigênio no ponto 1 continuou sendo consideravelmente maior do que dos pontos 2 e 3.



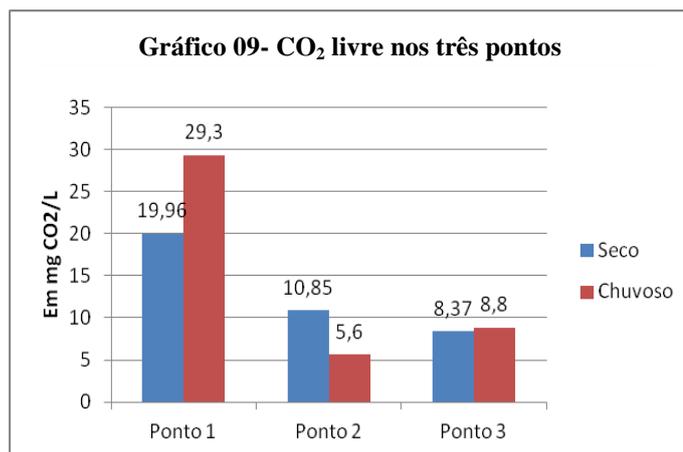
Fonte: Elaborado por Belizario (2015)

O ponto 3, além de ser o ponto de encontro das duas bacias, e assim receber carga de todas elas, ainda conta com lançamento de efluentes domésticos das chácaras e outras habitações das proximidades juntamente com efluentes industriais de mineradoras, e concreteiras, contribuindo para o aumento desse parâmetro nesse ponto (Gráfico 08).

### 3.12. CO<sub>2</sub> LIVRE

De acordo com FUNASA (2006), as águas superficiais possuem gás carbônico dissolvido e esse gás pode ser proveniente da atmosfera, da respiração de seres aquáticos e até da reação de sulfato de alumínio quando este reage com a alcalinidade natural da água.

O CO<sub>2</sub> livre é um parâmetro utilizado nas determinações de pH, pois influencia diretamente na acidez do meio, onde pH maior que 8 indica CO<sub>2</sub> ausente; pH entre 4,5 e 8, indica acidez influenciada por CO<sub>2</sub> livre; e pH menor que 4,5 indica acidez por ácidos minerais fortes, como os provenientes das indústrias. A origem da acidez tanto pode ser natural (gás carbônico absorvido da atmosfera ou resultante da decomposição de matéria orgânica) ou antrópica, através de lançamento de efluentes domésticos e industriais, por exemplo.



Fonte: Elaborado por Belizario (2015)

Nos pontos 2 e 3 a quantidade de CO<sub>2</sub> livre foi menor do que 10 mgCO<sub>2</sub>/L. Um fator positivo, pois as águas naturais geralmente não ultrapassam esse valor a menos que estejam com excesso de poluição, como foi o caso do ponto 1, tanto no período seco quanto no período chuvoso (Gráfico 09).

A poluição maior no ponto 1 (principalmente pelos efluentes domésticos, pelos resíduos da ETE, do cemitério e dos laticínios) fez com que este tivesse valores de CO<sub>2</sub> Livre bem acima dos outros pontos nas duas estações. Essa poluição intensa é fator que contribui para elevação da quantidade de matéria orgânica, situação que colabora para a diminuição da quantidade de oxigênio dissolvido em virtude da decomposição da matéria orgânica concentrada, restando CO<sub>2</sub> livre em altos níveis, podendo levar ao fim da vida aquática.

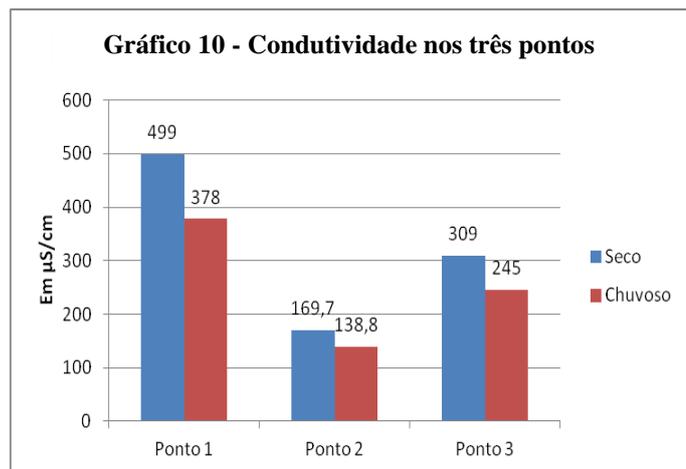
### 3.13. CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

A condutividade elétrica é a capacidade da água de transmitir corrente elétrica, sendo sensível à variação dos sólidos dissolvidos, principalmente sais minerais (MACHADO, 2009). O aumento ou diminuição da condutividade depende das concentrações iônicas e da temperatura, sendo um parâmetro importante na indicação da quantidade de sais existentes na água.

Para Cavalcanti (2010), a condutividade está relacionada com a presença de íons dissolvidos na água, que são partículas eletricamente carregadas. Quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos maior será a condutividade elétrica da água. Para a autora, em águas doces continentais, os íons diretamente responsáveis pelos valores da condutividade são o cálcio, o magnésio, o potássio, o sódio, carbonatos, bicarbonatos, sulfatos e cloretos.

De acordo com Machado (2009) a condutividade de águas naturais varia entre 10  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Acima desse valor os ambientes podem ser considerados impactados,

sobretudo pelo lançamento de esgotos e efluentes industriais. Corroborando com essa afirmação, Cavalcanti (2010) considera que este parâmetro não determina, especificamente, quais os íons que estão presentes em determinada amostra de água, mas pode contribuir para possíveis reconhecimentos de impactos ambientais que ocorram na bacia de



Fonte: Elaborado por Belizário (2015)

drenagem ocasionados por lançamentos de resíduos industriais, mineração, esgotos, etc. Assim, a condutividade elétrica é uma medida importante da concentração de poluentes.

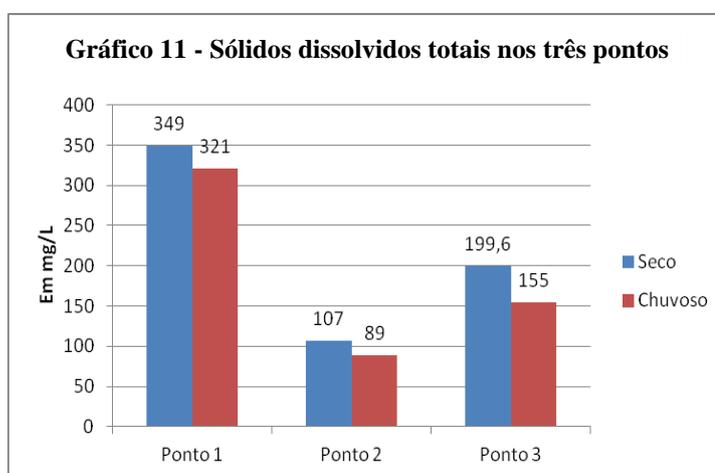
Conforme pode ser observado no gráfico abaixo, a condutividade foi maior nas estações seca e chuvosa no ponto 1 seguido do ponto 3. Em ambos a carga recebida de poluentes industriais e domésticos é maior do que no ponto 2, sendo o ponto 1 o que mais recebe cargas orgânicas advindos do lançamento de efluentes domésticos e industriais.

O ponto 1 é onde foram encontrados os maiores valores de sólidos dissolvidos, fator que contribui consideravelmente para o aumento da condutividade. Porém, todos os pontos estão poluídos se analisarmos com base neste parâmetro, pois, tanto no período seco como no chuvoso, todos passam os 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Gráfico 10).

### 3.14. SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS

Sólidos totais dissolvidos correspondem à soma de todos os constituintes químicos dissolvidos na água (PARRON *et al*, 2011). Para Carvalho e Oliveira (2003), os sólidos totais dissolvidos se dão pela soma dos teores de todos os constituintes minerais presentes na água. São os responsáveis pela cor verdadeira e influenciam diretamente na condutividade elétrica, além de influenciarem em outros parâmetros como o pH, a dureza, a alcalinidade, entre outros, pois as substâncias dissolvidas podem conter íons orgânicos e inorgânicos (carbonato, bicarbonato, cloreto, sulfato, fosfato, nitrato, cálcio, magnésio e sódio) que influenciam diretamente em outros aspectos da qualidade das águas.

As fontes primárias de sólidos totais dissolvidos podem ser agrícolas e residenciais. Advém, também, da lixiviação do solo contaminado e de fontes pontuais de descarga de poluição como de efluentes industriais, de efluentes domésticos ou de estações de tratamento de esgoto (PARRON *et al*, 2011).



Fonte: Elaborado por Belizario (2015)

Na avaliação desse parâmetro, os pontos 1 e 3 estiveram com níveis maiores do que o ponto 2. Porém, em nenhum dos três pontos houve quantidade de sólidos dissolvidos que ultrapassassem os limites normativos da resolução CONAMA 357, de 500 mg/L e nem da portaria 2.914 do Ministério da Saúde, de 1000 mg/L, conforme pode ser observado no Gráfico 11.

Os fatores que contribuem para que os valores de STD no ponto 1 sejam maiores que nos outros são (além dos comuns aos três pontos) os efluentes resultantes das atividades da ETE Cruzeiro do Sul, os efluentes de laticínios e outras indústrias, o necrochorume do cemitério Jardim da Paz e os resíduos das concreteiras.

No ponto 3 o lançamento de efluentes das mineradoras e das concreteiras contribuem para valores mais altos nesse ponto. Há de se considerar que a quantidade de sólidos totais dissolvidos diminuiu do período seco para o chuvoso, possivelmente em função do aumento do volume da água e consequente melhora na capacidade de diluição dos efluentes lançados.

### 3.15. ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA

A avaliação microbiológica da água é importante porque indica o nível de poluição e contaminação, decorrente de efluentes domésticos, de um corpo hídrico. Mostra a quantidade e os tipos de bactérias e as possíveis doenças de veiculação hídrica em um curso d'água em função de seu estado de contaminação. Da mesma forma revela as possibilidades de tratamento para as águas a fim de servirem para consumo humano e outros usos.

Na avaliação microbiológica é verificada a quantidade de bactérias heterotróficas, a quantidade de coliformes (totais e termotolerantes) e de *Escherichia Coli*, sendo os coliformes totais e *E. Coli* mais específicos no que se refere à identificação de contaminação da água por fezes humanas e animais. Bactérias como a *Escherichia Coli* podem ser encontradas nas fezes e também no meio ambiente onde há elevados teores de material orgânico, solo ou vegetação em decomposição. Assim, a determinação da *E. Coli* (e de outras bactérias) é um bom indicador de contaminação bacteriológica da água (FUNASA, 2006).

As bactérias heterotróficas são aquelas que utilizam compostos orgânicos como fontes de carbono estando incluídas neste grupo tanto bactérias patogênicas como aquelas pertencentes ao grupo dos coliformes. Elas estão presentes em todos os tipos de água, nos alimentos, no solo, na vegetação e no ar, sendo a sua contagem, assim como a de coliformes totais e *E. Coli*, importante para fornecer uma indicação geral sobre a qualidade microbiológica da água (CETESB, 2006).

A determinação da quantidade de bactérias faz-se necessário, pois um aumento na população bacteriana pode comprometer a detecção de coliformes totais e/ou termotolerantes, prejudicando análises mais completas. Apesar da maioria das bactérias heterotróficas não serem patogênicas, elas podem representar riscos a saúde bem como também comprometer a qualidade da água, provocando o aparecimento de odores e sabores desagradáveis (DOMIGUES *et al*, 2007; CETESB, 2006).

Com relação aos coliformes totais, eles não são indicadores úteis de contaminação fecal, pois este grupo inclui diversos gêneros e espécies de bactérias não entéricas como a *Serratia* e *Aeromonas*. Porém, os coliformes totais são indicativos da qualidade higiênico-sanitária da água. Em condições normais, os coliformes não são por si só patogênicos, porém algumas linhagens ou a proliferação destes microrganismos podem causar diarreias e infecções urinárias (CONTE *et al*, 2004 apud JAWETZ, 2000 e SILVA, 2001).

O grupo dos coliformes possui 19 gêneros e 80 espécies. A maioria desses organismos está presente em vários ambientes (solo, águas superficiais, trato intestinal

humano e de animais, peixes, moluscos, plantas, insetos e roedores). A *Escherichia Coli*, por exemplo, possui a capacidade de crescer e fermentar a lactose em temperaturas mais elevadas. Seu habitat é quase que exclusivamente limitado ao trato intestinal de seres humanos e animais de sangue quente, enquanto que as demais bactérias termotolerantes definidas como coliformes possuem o mesmo habitat, mas não são mais abundantes no ambiente (CETESB, 2008). Daí a importância da determinação da *Escherichia Coli* para o monitoramento da qualidade da água, sobretudo quando ela é direcionada para consumo e uso humano ou para a irrigação.

De acordo com a portaria 2.914 de 12 de dezembro de 2011, a água não deve conter nenhuma quantidade de coliformes, nem *Escherichia Coli*, e apresentar, no máximo, contagem de 500 UFC/mL de bactérias heterotróficas (BRASIL, 2011). A definição da Portaria 518 de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde coloca que, dos coliformes totais (bactérias do grupo coliforme), as bactérias mais comuns são as pertencentes aos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, mesmo havendo outras bactérias que pertençam a esse grupo (BRASIL, 2004). A resolução CONAMA 357/2005, utiliza coliformes termotolerantes como indicadores do padrão de qualidade microbiológica, mas permite sua substituição pela *Escherichia Coli*, de acordo com critério do órgão ambiental competente (BRASIL, 2005).

Nesta pesquisa, a coleta de água para a análise microbiológica foi realizada nos mesmos pontos onde foram feitas as coletas de água para as análises físico-químicas, tanto no período seco quanto no período chuvoso, considerando o mesmo dia e horário de coleta e entrega ao laboratório. As análises consistiram em verificar a quantidade de bactérias heterotróficas, coliformes totais e *Escherichia Coli*, tendo em vista que esses parâmetros são suficientes para indicar o tipo e a magnitude da contaminação bacteriológica de um corpo hídrico.

### 3.16. ANÁLISE MICROBIOLÓGICA NO PONTO 1

No período seco foi verificado que a quantidade de bactérias heterotróficas ultrapassa os limites estabelecidos pela legislação, pois o valor obtido foi de 6.500 UFC/mL, sendo o máximo permitido de 500 UFC/mL, alteração de 1.200% em relação à normativa.

Houve, também, não conformidade com relação aos coliformes totais e *Escherichia Coli*, que deveriam estar ausentes, mas superaram os 23 NPM/100mL. No período chuvoso os valores se mantiveram os mesmos, ou seja, com as mesmas variações em relação à normativa



da Portaria 2.914 do ministério da saúde (BRASIL, 2011), conforme pode ser observado na Tabela 02.

### 3.17. ANÁLISE MICROBIOLÓGICA NO PONTO 2

Os mesmos valores do ponto 1 se repetiram para o ponto 2 no período seco e chuvoso em todos os parâmetros, exceto na contagem de bactérias heterotróficas que, na estação chuvosa, neste ponto, indicou 5.600 UFC/mL, cerca de 1.020% além do permitido na normativa da Portaria 2.914 do ministério da saúde (BRASIL, 2011).

### 3.18. ANÁLISE MICROBIOLÓGICA NO PONTO 3

Da mesma forma que no ponto 1, os valores de cada parâmetro não se diferenciaram no ponto 3, em nenhum dos períodos sazonais. Verificou-se que, no período seco, a quantidade de bactérias heterotróficas ultrapassa os limites estabelecidos pela legislação, pois o valor obtido foi de 6.500 UFC/mL, sendo o máximo permitido de 500 UFC/mL, alteração de 1.200% em relação à normativa. E, com relação aos coliformes totais e *Escherichia Coli*, que deveriam estar ausentes, houve constatação de mais de 23 NPM/100mL. No período chuvoso os valores se mantiveram os mesmos, conforme pode ser observado na Tabela 02.

**Tabela 02** - Análise microbiológica da água nos pontos 1, 2 e 3

Análise	Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3		Legislação		UD
	P. S	P. C.	P. S.	P. C.	P. S.	P. C.	C. 357	Port. 2.914	
Contagem de bactérias heterotróficas	> 6.500	> 6.500	> 6.500	> 5.600	> 6.500	> 6.500	N.A.	500,0	UFC/mL
Coliformes totais	>23,0	> 23,0	> 23,0	> 23,0	> 23,0	> 23,0	N.A.	Ausent.	NMP/100mL
<i>Escherichia Coli</i>	>23,0	> 23,0	> 23,0	> 23,0	> 23,0	> 23,0	N.A.	Ausent.	NMP/100mL
P. S.	Result. Período Seco - 10/09/2014			P.C	Resultado do Período Chuvoso - 10/03/2015				

Fonte: Elaborado por Belizario (2015)

De modo geral, a quantidade de coliformes totais, *Escherichia Coli* e bactérias heterotróficas permaneceram praticamente iguais em toda a área estudada, apontando para um nível de contaminação hídrica semelhante em todas as duas bacias de drenagem, com relação à legislação ambiental. Esses dados apresentados apontam para a contaminação bacteriológica da água. Com os cursos superficiais alterados biologicamente há a proliferação de diversos

patógenos, conseqüentemente, devido ao contato direto e indireto de pessoas com essa água, gera-se problemas de saúde, isso porque os patógenos tem resistência diferenciada (FUNASA, 2006).

A contaminação da água por efluentes domésticos nessas bacias hidrográficas se evidencia pelas análises ambientais, físico-químicas e microbiológicas realizadas. As contagens de bactérias heterotróficas tão elevadas (que variaram entre 5.600 UFC/mL no ponto 2, e mais de 6.500 UFC/mL nos pontos 1 e 3) indicam a contaminação por esses efluentes, mas por outro lado impede que seja feita a contagem mais precisa de coliformes totais e *Escherichia Coli*, para uma análise mais sólida.

A poluição e a contaminação da água por efluentes domésticos, como já foi mostrado durante toda a pesquisa, é um fator preocupante, pois pode provocar inúmeros danos à saúde das pessoas que usam a água dessas bacias hidrográficas nas suas atividades domésticas, como no caso dos donos dos sítios e das chácaras que usam a água para abastecimento interno (água para cozinha, banheiros e limpeza doméstica), na recreação (encher piscina ou banho direto nos córregos) e na irrigação (hortas), além do fato dessa água ser usada para o abastecimento público, quando da distribuição por caminhões pipa.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com as análises físico-químicas e microbiológicas da água feitas em cada um dos três pontos, relacionando com a variação do período seco para o período chuvoso, e com as médias de cada parâmetro, atrelado às análises ambientais realizadas durante toda a pesquisa de campo, conclui-se que as alterações e variações nos parâmetros de análise são maiores no ponto 1 (bacia hidrográfica do córrego Almeida), sendo, portanto, as suas águas mais poluídas e contaminadas, sobretudo por receber mais cargas orgânicas e inorgânicas de fontes pontuais e difusas, seguido das águas do ponto 3 (confluência das duas bacias hidrográficas) e por último, com águas menos poluídas e contaminadas, as do ponto 2 (bacia hidrográfica do córrego Santa Rita), conforme pôde ser observado nos gráficos acima, onde, na maioria deles, o ponto 1 aparece mais impactado, seguido do ponto 3.

Apesar de em alguns parâmetros nenhum dos pontos ter excedido os valores estabelecidos pela legislação ambiental, eles foram correlacionados a fim de verificar qual se encontra mais alterado. Mesmos nestes, chegou-se à conclusão de que foi o ponto 1. Somente no parâmetro ferro total que o ponto 2 aparece com mais concentração do que os outros dois.

Diante disso, com base nos parâmetros físico-químicos e ambientais verificou-se que as águas das bacias hidrográficas dos córregos Almeida e Santa Rita estão poluídas, porém, em níveis em que ainda é possível recuperação se forem tomadas as devidas providências de fiscalização, controle e gestão para estes recursos hídricos, abrangendo-as para todos os recursos hídricos do município, tendo em vista que resultados como os aqui apresentados podem ser encontrados em águas de outras bacias hidrográficas de Aparecida de Goiânia/GO.

Nessa perspectiva, a poluição e a contaminação da água é um fenômeno processual e está condicionada à realidade e à dinâmica urbana, tendo em vista que as alterações nos parâmetros físico-químicos e microbiológicos surgem a partir da degradação das áreas próximas aos cursos superficiais, e esta degradação permanece submetida à forma de uso e ocupação do espaço.

Portanto, há, indubitavelmente, relevante necessidade de se repensar a forma como se dá o uso e a ocupação do espaço urbano do município de Aparecida de Goiânia, bem como a gestão do meio ambiente urbano e de seus recursos naturais, a fim de dirimir problemas socioambientais e, conseqüentemente, melhorar a qualidade e quantidade das águas dos rios e córregos urbanos na perspectiva de manter o sistema hídrico em funcionamento e, assim, elevar a qualidade socioambiental no espaço citadino.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, S. M. **Introdução às ciências do ambiente para a engenharia**. Paraíba: Universidade federal da Paraíba - Centro de ciências e tecnologia, Departamento de engenharia civil, 1997.

BELIZÁRIO, W. S. **Análise Geoquímica e ambiental das bacias hidrográficas dos córregos Almeida e Santa Rita em Aparecida de Goiânia/GO**. 2015. 217f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

BRASIL. **A Evolução da Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil**. Brasília: ANA, 2002.

\_\_\_\_\_. **Portaria 518** (revogada pela portaria 2.914). Normas e padrões de potabilidade da água destinada ao consumo humano. Brasília: Ministério da Saúde, 2004.

\_\_\_\_\_. **Portaria 2.914**. Dispões sobre vigilância e controle da qualidade da água pra consumo humano. Brasília: Ministério da Saúde, 2011.

\_\_\_\_\_. **Resolução CONAMA 357**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005.



\_\_\_\_\_. **Recursos hídricos: componente da série de relatórios sobre o estado e perspectivas do meio ambiente no Brasil.** Brasília: MMA/ANA, 2007.

CARVALHO, R. A.; OLIVEIRA, M. C. V. **Princípios básicos de saneamento do meio.** 3ª Ed, São Paulo: Editora SENAC, 2003.

CAVALCANTI, D. S. P. **Qualidade físico-química da água da Bacia no Alto do Rio Paraná/GO.** 2010. 80f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Produção Sustentável) Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia/GO.

CETESB. **Contagem de bactérias heterotróficas: métodos de ensaio.** São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2006.

CETESB. **Determinação de oxigênio consumido em água - método do permanganato de potássio: método de ensaio.** São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 1983.

CETESB. **Monitoramento de Escherichia coli e coliformes termotolerantes em pontos da rede de avaliação da qualidade de águas interiores do Estado de São Paulo.** São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2008.

CETESB. **Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo: significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem.** São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2009.

CONTE, V. D; COLOMBO, M; ZANROSSO, A. V; SALVADOR, M. Qualidade microbiológica de águas tratadas e não tratadas na região Nordeste do Rio Grande do Sul. **Revista Infarma**, V. 16, n. 11-12, 2004.

CORDEIRO, M. R. A. **Estudo da influencia da urbanização na condição hídrica da bacia do rio do Cobre - Salvador - Bahia.** 2009. 214f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) - Universidade Federal da Bahia.

D'AGOSTINI, R; ALVES, J. M; SOUZA, F. N. S. **AQUA: Avaliação da qualidade do uso da água.** Rio de Janeiro: Garamond, 2013.

DOMINGUES, V. O; TAVARES, G. D; STIKER, F; MICHELOT, T. M; REETZ, L. G. B; BERTONCHELI, C. M; HORNER, R. Contagem de bactérias heterotróficas na água pra consumo humano: comparação entre duas metodologias. **Revista Saúde**, Santa Maria/ RS, Vol. 33, n. 1, p. 15-19, 2007.

FUNASA. **Manual prático de análise de água.** 2ª ed. Brasília: Revisada, 2006.

IBGE. **Censo demográfico 2010.** Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

IBGE. **Aparecida de Goiânia**, 2014. Disponível em <http://cod.ibge.gov.br/4H6>.

IBGE. **Aparecida de Goiânia**, 2015. Disponível em <http://cod.ibge.gov.br/4H6>.

JAWETZ, E.; MELNICK, J. A.; ADELBERG, E. A. **Microbiologia médica**. 21. Ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

LIBÂNEO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas: Átomo, 2010.

MACHADO, E. V. **Qualidade das águas da bacia hidrográfica do Córrego Góis, Anápolis/GO**. 2009. 74f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Estudos Sócio-Ambientais. Universidade Federal de Goiás, Goiânia/GO.

PARRON, L. M; MUNIZ, D. H. F; PEREIRA, C. M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. Colombo/PR: Embrapa Florestas, 2011.

PEREIRA, S. F. P; COSTA, A. C.; CARDOSO, E. S. C.; CORREA, M. S. S.; ALVES, D. T. V.; MIRANDA, R. G.; OLIVEIRA, G. F. F. Condições de potabilidade da água consumida pela população de Abaetetuba-Pará. **REA - Revista de Estudos Ambientais (online)**, Blumenau/SC, v. 12, n. 1, p. 50-62, 2010.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A. **Manual de métodos de análises microbiológicas de alimentos**. 2. Ed., São Paulo: Varela, 2001.

TUCCI, C. E. M. Gestão integrada das águas urbanas. **Revista REGA**, Porto Alegre/RS, v. 5, n. 2, p.71-81, 2008.

VASCONCELOS, V. M. M. **Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém-PA**. 2010. 43f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). Programa de pós-graduação em ciências ambientais, Universidade de Taubaté, Taubaté/SP.