ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Características de um Rio Cárstico na Bacia do São Francisco

José Henrique Izidoro Apezteguia Martinez; Henrique Paprocki.

¹Doutorando em Geografia pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Autor correspondente: email: jose.hiam@gmail.com; ²Doutor em Entomologia, Professor do Programa de Pós Graduação em Geografia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. email: paprocki@pucminas.br

Artigo recebido em 28/04/2017 e aceito em 19/07/2017

RESUMO

Este trabalho teve como objeto de estudo o Córrego do Barreado localizado na mesorregião do oeste do estado de Minas Gerais, que tem sua bacia contida na região da bacia do Alto São Francisco sobre relevo cárstico. A Bacia do São Francisco abastece 14,2 milhões de habitantes em 6 estados, sendo assim importante o conhecimento de suas características limnológicas. Para se avaliar as águas do Córrego do Barreado foi efetuado um monitoramento hidrológico mensal de um ano, entre outubro de 2014 e setembro de 2015, os parâmetros avaliados foram: precipitação, vazão, temperatura, condutividade, oxigênio dissolvido, pH, turbidez, nitrito, nitrato, ortofosfato e amônia. O acumulado de chuva anual entre outubro de 2014 e setembro de 2015 foi 1464,8 mm, as médias de cada parâmetro para todo o Córrego do Barreado foram respectivamente: oxigênio dissolvido (OD) – 2,83 mg/l, pH – 7,25, turbidez – 53,6, nitrito – 0,03 mg/l de NO₂, nitrato – 0,14 mg/l de NO₃, ortofosfato – 0,05 mg/l de P, amônia – 0,16 mg/l NH₃. Conclui-se que a combinação da impropriedade da qualidade das águas, ocupação do solo e alta sensibilidade dos aquíferos cársticos amplificam efeitos poluidores no Córrego do Barreado, que alteram suas características com efeito percebido principalmente nos valores de oxigênio dissolvido.

Palavras-chave: água, relevo cárstico, monitoramento hidrológico, usos da água.

Characteristics of a Cárstico River in the São Francisco Basin

ABSTRACT

This study object was the Córrego do Barreado located in the mesoregion of the western state of Minas Gerais, which has its basin inserted in the region of the Upper São Francisco basin on karst relief. The São Francisco River Basin supplies 14.2 million inhabitants in 6 states, so it is important to know its limnological characteristics. The following parameters were evaluated: rainfall, flow, temperature, conductivity, dissolved oxygen, pH, turbidity, nitrite, precipitation, precipitation, nitrate, orthophosphate and ammonia. The annual rainfall accumulated between October 2014 and September 2015 was 1464.8 mm, the mean of each parameter for the entire Barreado Stream were: OD - 2.83 mg / l, pH - 7.25, turbidity - 53.6, nitrite - 0.03 mg/l de NO₂, nitrate - 0.14 mg/l de NO₃, orthophosphate - 0.05 mg/l de P, ammonia - 0.16 0,16 mg/l NH₃. It is concluded that the combination of water quality impropersness, soil occupation and high sensitivity of the karstic aquifers amplify polluting effects in the Barreado Stream, which alter their characteristics with a perceived effect mainly on the values of dissolved oxygen.

Keywords: water, carstic relief, hidrologic monitoring, warer uses.

Introdução

A água cobre 70% da superfície terrestre, compõe cerca de 60% do corpo humano e é composição básica para todos os seres vivos. A água do planeta está presente em sua grande maioria nos oceanos e em menor quantidade nas

geleiras, nos continentes e na atmosfera e esta é a responsável pelo intemperismo mais ativo da superfície da Terra. Também é o elemento responsável pelo controle térmico da biosfera, assim propicia a existência de vida no planeta, já

que desde os primeiros seres humanos e civilizações a água foi fator determinante o que instigava a curiosidade humana (CHOW et al., 1988).

Os estudos sobre hidrologia ganharam importância nos anos de 1800 com a sistematização de medidas e equipamentos na Europa e Estados Unidos da América. Os primeiros dados sobre o ciclo hidrológico obtidos foram os de precipitação e no final do século XIX os de vazão. Já no Brasil as precipitações foram medidas no final do século XIX e as vazões no início do século XX. Neste período inicial a ciência da hidrologia, que era essencialmente descritiva dos fenômenos e as formulas dos processos naturais eram baseadas na experiência do pesquisador sobre determinado fenômeno, ou seja, de forma empírica. De acordo com Tucci (2001) a década de 1930 foi marcada pela mudança desse processo, através dos trabalhos quantitativos gerados nesse período, com Sherman em 1932 e com o conceito de hidrograma, Horton em 1933 e a equação de infiltração baseada no empirismo, Theiss em 1935 e sua teoria de hidráulica de poços. A hidrologia se desenvolveu como ciência interdisciplinar por abordar áreas variadas e de temas amplos, com causas e consequências que se desdobram e extrapolam áreas e conhecimentos (Tucci, 2001).

Segundo Chow et al. (1988) a hidrologia estuda a distribuição, circulação, propriedades físico-químicas da água e sua interação com o meio biótico e abiótico. De acordo com Linsley et al. (1949) a hidrologia é um ramo da Geografia física que se interessa pela origem, distribuição e propriedades da água no planeta. Os limites da hidrologia e outras ciências são indistintos e não há um bom propósito na tentativa de definir rigidamente esses limites.

Em pesquisas e estudos em Geografia a análise em multi-escala é um importante método para avaliação sistêmica e ratificação de dados. Os efeitos da modificação em micro escala podem ser notados em macro escala, assim como o inverso também ocorre. Já que modificações de áreas maiores podem ser mensuradas por elementos de escala microscópica (Bueno, 2014). Para estudos sobre características de corpos hídricos na Geografia uma variável importante a ser avaliada é a escala da análise, pois conforme o entorno do local onde se localiza um determinado corpo hídrico e pelas áreas onde suas águas drenam, determinados parâmetros variam de acordo com a especificidade local. Para conceituar e delimitar

essa área foi cunhado o termo de bacia hidrográfica.

Segundo Guerra e Da Cunha (1994), a bacia hidrográfica ou bacia de drenagem é uma área da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos num determinado ponto de um rio. O limite de uma bacia de drenagem é conhecido como divisor de drenagem ou divisor de águas. Do ponto de vista da ciência hidrológica a bacia hidrográfica é considerada de maneira explícita como agrupamento de áreas drenadas por um corpo de água coletor e seus afluentes, assim representa a unidade mais apropriada para o estudo qualitativo e quantitativo do recurso hídrico e dos fluxos dos sedimentos e nutrientes. (Likens et al., 1992).

Conforme Santana (2003) o termo bacia hidrográfica refere-se a uma compartimentação geográfica natural delimitada por divisores de água. Esta, além de drenar a água carrega sedimentos e materiais dissolvidos para o exutório. Já Christofolletti (1980) faz uma definição mais simplificada de bacia hidrográfica: “a área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial”

A bacia hidrográfica é utilizada como unidade de análise da Geografia desde a década de 1960, mas foi nos anos 90 que ela foi amplamente difundida entre outros profissionais e áreas do conhecimento que tem como objeto de estudo o meio ambiente. A bacia hidrográfica dentro da Geografia é compreendida entre a paisagem e a região na escala de análise geográfica. Sendo a célula básica de análise ambiental, ela permite a avaliação dos elementos e processos que nela ocorrem, ou seja, uma análise sistêmica local (Botelho e Silva, 2004).

De acordo com Merten e Minella (2002) a ocupação do solo por atividades e urbanização modifica a interação dos processos biológicos, físicos e químicos dos sistemas das bacias. Essas alterações podem ser comprovadas através do monitoramento das características das águas dos corpos hídricos que vertem dessas áreas ocupadas. A chuva irá carrear os sedimentos e poluentes através do deflúvio para as drenagens, assim podemos concluir que o rio é um integralizador dos fenômenos ocorrentes nas vertentes da bacia.

O monitoramento de corpos hídricos é o desenvolvimento de base contínua de dados sobre o estado das características e variáveis, previamente elencadas em um período de tempo e espaço de um rio, lago ou qualquer volume de água. (Silva e Williams, 2001). Tais características

são monitoradas via o plano de amostragem, e estas são apreciadas tanto quantitativamente quanto qualitativamente. O plano de amostragem requisita a definição das variáveis a serem monitoradas, a periodicidade e a localização dos pontos amostrais. Não existe padronização para tais características, pois a localização e desenvolvimento dos corpos d'água variam particularmente, como também os objetivos do monitoramento. (Silva e Williams, 2001; Brandão, 2011).

O programa de amostragem exitoso deve considerar variáveis além do corpo hídrico como: usos, natureza, área de influência e características da área de estudo; e a caracterização do mesmo deve apreciar seus usos preponderantes como: consumo humano, preservação da vida aquática, irrigação dessedentação de animais, abastecimento industrial, recreação entre outros; pois estes elementos são abrangidos pela legislação. (Brandão, 2011).

No Brasil existem dificuldades para a operacionalização e aumento de participação pública na gestão das águas, um dos problemas capitais é a carência de informações hidrológicas em escala reduzida, ou seja, estes dados comumente não são gerados em escala de detalhe. A maior parte dos rios contemplados são os maiores rios de grandes bacias brasileiras. Os rios menores sofrem maior influência das atividades que ocorrem em sua bacia, como também alterações das suas características naturais. A ocupação da bacia do São Francisco é histórica e as modificações de sua área de drenagem se acumulam no tempo, entender como tais alterações modificam a água disponível para a população tem importância para o gerenciamento dessas águas.

O objetivo dessa pesquisa foi avaliar a qualidade da água superficial da bacia hidrográfica do Córrego do Barreado e suas alterações. Tal objetivo foi alcançado através do monitoramento hidrológico.

Material e métodos

O objetivo deste trabalho foi avaliar a utilização das águas do Córrego do Barreado com relação à disponibilidade e qualidade hídrica da bacia hidrográfica. Para este fim adotou-se o monitoramento hidrológico de parâmetros físico-químicos como método para se alcançar tal objetivo. O monitoramento hidrológico tem como princípio a coleta regular e periódica de amostras de água de pontos previamente selecionados, via estudos que possam prever impactos, que

condizem com a homogeneidade espacial e temporal da área. (Brandão, 2011).

O tempo entre a coleta e início das análises é um fator de degradação das amostras, pois as características da amostra são modificadas pela ação biológica, a alteração dos compostos químicos, volatilidade ou precipitação dos constituintes e efeitos de adsorção (Brandão, 2011). As análises químicas devem se iniciar até 24 horas após a coleta, pois mesmo utilizando todos os procedimentos para preservação, depois desse período alterações significativas já ocorrem. Para mitigar os efeitos na representatividade das amostras análises *in loco* são aconselhadas, pois degradação das amostras é reduzida (Brandão, 2011; Parron et al., 2011).

A localização dos pontos de monitoramento foi decidida após a escolha sobre qual técnica seria utilizada para se analisar as características das águas, pois dessa maneira as limitações empíricas de sua utilização poderiam ser avaliadas e mitigadas previamente e durante a execução do estudo. Concomitante a decisão da técnica de análise, mapas da rede hidrográfica local e trabalhos de campo foram efetuados para avaliação das condições locais.

Assim com base na escolha da técnica de análise química *in loco* com o Ecolit Sênior da Alfakit, avaliação em campo da rede de drenagem e disponibilidade hídrica do Córrego do Barreado e de seus contribuintes, a amostragem e seus pontos foram delimitados (Figura 1).

Os parâmetros elencados para avaliar as características das águas do Córrego do Barreado tiveram a função de representar de maneira significativa as alterações que ocorrem no seu leito e bacia, devido a sua localização em relação ao embasamento geológico e ao uso e ocupação de sua bacia. Como também otimizar esforços, para que houvesse uma melhor resposta de variáveis escolhidas diante do quadro apresentado.

Para esse estudo foi utilizado o formulário de avaliação de parâmetros físico-químicos do Rapid Bioassessment Protocol (RBP) (Barbour et al., 1999) que além de variáveis de medida locacional como: largura do rio, substrato do leito e condições de mata ripária; também inclui 4 principais variáveis físico-químicas de grande importância na avaliação de corpos d'água: pluviosidade, temperatura, pH, turbidez, condutividade e oxigênio dissolvido. Além dessas variáveis foram elencadas outras 4 variáveis químicas. Estas foram escolhidas devido ao

potencial poluidor que propicia sua ocorrência: ortofosfato, nitrito, nitrato e amônia.

Figura 1 – Localização dos Pontos de Amostragem no Córrego do Barreado. Fonte: Elaborado pelos autores

As variáveis temperatura e condutividade foram medidas com equipamentos específicos, termômetro analógico e condutímetro Oakton. Já pH, oxigênio dissolvido, ortofosfato, nitrito, nitrato e amônia foram medidas com equipamento da AlfaKit EcoKit Sênior. Também foi acompanhada a vazão em cada ponto, estas foram medidas através da técnica seção x velocidade, a largura da lâmina d'água foi medida em metros em seguida foi dividida em três seções de igual comprimento, onde a profundidade era mensurada, somando-se as profundidades e dividindo o comprimento do rio pelo número de seções. A velocidade das águas superficiais foi obtida através de flutuador de formato uniforme preenchido de água em $\frac{3}{4}$ de seu volume com água, para que tivesse estabilidade. Assim multiplicam-se os valores, onde se obtém a vazão superficial (Tucci, 2001). Para ampliar a observação das mudanças das variáveis e mitigar desvios e influências externas, também foi acompanhada a meteorologia local através da estação meteorológica convencional de Bambuí de código da Organização Meteorológica Mundial

(OMM) 83582, que dista da área de estudo 40 km, sendo a mais próxima.

Resultados

A bacia do Córrego do Barreado está localizada entre os municípios de Dorésópolis e Piumhi em Minas Gerais, sendo seu limite leste está na fronteira entre os municípios de Pains e Pimenta, estes municípios estão localizados na mesorregião Oeste do estado de Minas Gerais (Figura 2). (IBGE, 2012). O leito coletor principal desta bacia, o Córrego do Barreado é o divisor político dos municípios de Dorésópolis e Piumhi, sendo que a porção sul da bacia pertencente a Piumhi detém a maior área da bacia. A bacia do córrego do Barreado está contida na bacia do Alto São Francisco e sua área de drenagem é de 7.863 hectares.

Figura 2 - Localização do córrego do Barreado. Fonte: Elaborado pelos autores

A Bacia do Córrego do Barreado está inserida no extremo sul da Bacia Intracratônica do São Francisco, na região sul-sudoeste do cráton de mesmo nome. Esta porção cratônica da bacia possui cerca de 500.000 km² e engloba parte dos estados de Minas Gerais, Bahia e Goiás. A localização da área de estudo foi tectonicamente muito ativa, já que estava na fronteira da faixa de dobramentos Brasília (Martins Neto e Pinto, 2001).

A geologia local da bacia do Córrego do Barreado está dividida em duas litologias predominantes, ao sul Formação Samburá e ao norte a Formação Sete Lagoas (Figura 3). Para a folha de Piumhi foram reconhecidas duas unidades de formação de rochas sedimentares calcárias, uma basal constituída por calcipelitos rosados e esverdeados e outra de topo composta por calcários cinza escuros, estes últimos presentes na bacia do Córrego do Barreado na Formação Sete Lagoas (Ribeiro et al, 2008). A Formação Samburá é

representada por metaconglomerados e metapelitos sedimentados em um evento sin-compressional em bacia de foreland, durante a orogênese colisional brasileira (Ribeiro et al, 2008). Na região da área de estudo esta formação ocorre junto à base do grupo Bambuí. As ocorrências mais significativas

em relação a sua exposição situam-se no vale do Rio Samburá, no município de Bambuí, no vale do Alto São Francisco, nos municípios de Vargem Bonita, São Roque, Piumhi e Pimenta (Figura 3) (Castro e Dardenne, 2004).

Figura 3 – Geologia da Bacia do Córrego do Barreado. Fonte: Adaptado de TIMO, 2014.

O contexto hidrogeológico da Bacia do Córrego do Barreado é o da grande Bacia do São Francisco, mais especificamente o Alto São Francisco. A Bacia do Alto São Francisco apresenta quatro tipos de sistemas aquíferos, considerando o caráter lito-estrutural e os tipos de permeabilidade (primária e secundária) das unidades lito-estratigráficas que ocorrem na área da bacia: 1) aquíferos granulares ou porosos; 2) aquíferos cársticos; 3) aquíferos cárstico-fissurados e 4) aquíferos fissurados. (IGAM, 2011).

Para este trabalho as informações de maior importância e disponibilidade são sobre os aquíferos cársticos, que compõe a maior área da bacia do Córrego Barreado. Os aquíferos cársticos têm sua permeabilidade e porosidade dependentes do grau de fraturamento e da dissolução dos carbonatos, que criam cavidades e aberturas nas rochas onde a água se acumula. A dissolução dos calcários não é uniforme e ocorre em função das características que drenam a região, de local a local, assim a permeabilidade secundária varia segundo as características locais, o que pode elevar o potencial hidrogeológico (IGAM, 2011).

O Córrego do Barreado é uma sub-bacia que integra a bacia do Ribeirão dos Patos, sendo este o exutório do Barreado. O Ribeirão dos patos foi objeto de estudo hidrogeológico conjuntamente com o Rio São Miguel por Menegasse et al. (2002). O balanço hídrico de Thornthwaite-Mather para área total das bacias demonstrou dois períodos distintos, um de excedente hídrico de novembro a abril e outro de déficit hídrico de maio a outubro. Esses meses são concomitantes aos da estação chuvosa e seca, porém com uma defasagem para o início dos respectivos períodos, que é explicada como sendo a fase de recomposição dos aquíferos (Menegasse et al., 2002).

Para o Ribeirão dos Patos as descargas médias anuais, totais, subterrâneas e superficiais, calculadas são respectivamente: 506mm, 347mm, 159mm. Da vazão média anual da bacia do Ribeirão dos Patos, $8,7\text{m}^3/\text{s}$ ($268\text{Mm}^3/\text{ano}$), resulta uma contribuição subterrânea de 68,5% do escoamento total e 24% da precipitação. Existe um predomínio da contribuição subterrânea sobre a superficial principalmente no período seco, esse predomínio chega a ser de 95% no mês de julho e mesmo em dezembro o escoamento subterrâneo foi calculada para 54%, o que demonstra a importância das águas subterrâneas e dos aquíferos cársticos para o abastecimento fluvial local (Menegasse et al., 2002).

A bacia do Córrego do Barreado está localizada na Depressão do alto São Francisco inserida no Domínio da Bacia e Cobertura Sedimentar do São Francisco. Esta designação adotada pelos pesquisadores do Projeto Radar Amazônia (RADAM) tem relação com seu posicionamento estrutural e morfológico no

decorrer da história geológica. Esta bacia sedimentar se originou da orogênese dos geossinclinais que a cercam: os planaltos do Espinhaço, a leste, os planaltos do divisor de água São Francisco/Paranaíba, a oeste, e o planalto da Canastra ao sul (BRASIL, 1983a, RADAM).

A instalação da rede de drenagem do São Francisco foi responsável pela morfogênese recente, que ocasionou a formação das depressões interplanálticas atuais. A presença de formas de relevo dissecados, demonstra que as condições climáticas eram de maior umidade e assim mais agressivas a rocha. O episódio mais recente de evolução morfológica da área foi devido à ação da drenagem, que resultou em colinas com vertentes convexo-côncavas e topos amplos ou arredondados, recobertas por sedimentos arenosos-argilosos de granulometria grosseira. Observa-se que o reafileamento deste último compartimento de terreno leva a junção das vertentes sem que haja acidente geográfico (BRASIL, 1983a, RADAM; Baptista et al. 2010).

Em um estudo elaborado para o mapeamento geomorfológico da folha de Piumhi (SF.23-V-B-II), Martins (2013) usa técnicas de geoprocessamento e análises geológicas e geomorfológicas para definir as unidades morfoesculturais da citada região. Martins (2013) definiu três unidades morfoesculturais predominantes para a bacia do Córrego do Barreado: Depressão Cárstica do Ribeirão dos Patos, Planalto Dissecado de Piumhi-Pimenta e Serra de Piumhi (Figura 4).

Figura 4 – Mapa de Geomorfológico da Bacia do Córrego do Barreado. Fonte: Adaptado de TIMO, 2014.

Para se classificar o clima da região foi utilizado dados da estação meteorológica convencional de Bambuí, de código OMM 83582, pois não existe estação climatológica dentro da bacia do Córrego do Barreado. A classificação mundial climática de Köppen & Geiger consiste, genericamente, na divisão mundial do clima em cinco grupos maiores, que conjuntamente com 11 principais tipos auxiliam no conhecimento rudimentar do clima do globo. A utilização de símbolos adicionais chega a um nível de detalhe satisfatório para trabalhos regionais. (Sá Junior, 2009).

Ao se utilizar a classificação de Köppen & Geiger para a região do Córrego do Barreado, usando os dados da estação climatológica de Bambuí, chega se a conclusão que o tipo climatológico local é o *Cwa* (clima subtropical úmido). Assim quando essa classificação é

confrontada com os dados colhidos na estação de Bambuí sua classificação fica clara:

- Temperatura média do mês mais frio, julho é de 16,4°C ($> -3^{\circ}\text{C} < 18^{\circ}\text{C}$);
- Existem duas estações bem definidas, verão quente e úmido e inverno frio e seco, o mês de julho precipitação média é de 10,7 mm (estação seca < 60 mm);
- Temperatura média do mês mais quente, fevereiro é de 30,2°C ($> 22^{\circ}\text{C}$).

O córrego do Barreado está situado em um ambiente de transição entre a Mata Atlântica e o Cerrado brasileiro, as particularidades do solo e da vegetação apresentam elementos dos dois biomas. Estes dois biomas nacionais são os que mais sofrem a degradação de sua integridade, pois estão localizados em uma zona de uso agrícola e exploração mineral (Myers, 2000).

Na respectiva bacia o uso preponderante de sua terra se concentra para o uso agropecuário, com plantações de café, milho e pastagem para o gado. Esse uso preponderante é devido a baixa declividade da geomorfologia local, principalmente das terras mais baixas, na Depressão Cárstica do Ribeirão dos Patos, que não ultrapassam os 3° de inclinação, o que favorece o estabelecimento de tais uso. (Figura 5).

Observa-se a existência da Mata-Seca (Floresta Tropical Seca) sobre feições residuais, os maciços calcários. Essa ocorrência é devida a complexa utilização dessas áreas para uso agropecuário, já que são grandes blocos rochosos

de difícil acesso difícil solos rasos e pouco desenvolvidos (Timo, 2014).

A vegetação também foi suprimida na Serra de Piumhi, que apresenta declividades maiores que 20%, porém prepondera o uso pastoril. Nos entalhes dos vales dessa região pode se observar a existência de matas densas de ambiente úmido, estas ocorrem pela altitude local que favorece a umidade e a altura da zona vadosa, que neste ponto está próxima a superfície (Timo, 2014; Martins, 2013).

Figura 5 – Mapa de Declividade da Bacia do Córrego do Barreado. Fonte: Elaborado pelos autores

Avaliação dos parâmetros monitorados - Pluviosidade

A normal climatológica de pluviosidade local foi calculada através das médias mensais de

chuva dos últimos 30 anos da estação meteorológica convencional de Bambuí (Sá Junior, 2009), sendo o período de abrangência entre os anos de 1983 e 2013 (Tabela 1) .

Tabela 1- Chuvas Outubro 2014 - Setembro 2015 na Bacia do Córrego do Barreado Comparada a Normal Climatológica e Desvio Padrão. Fonte: Dados da pesquisa.

Mês	Prec. (mm)	Média (mm)	Des.Pad. (mm)
Outubro 2014	63,6	112,1	57,8
Novembro 2014	408,1	176,0	68,3
Dezembro 2014	111,8	303,1	108,6
Janeiro 2015	119,1	300,2	138,2
Fevereiro 2015	206,3	187,6	106,6
Março 2015	319,3	159,6	86,7
Abril 2015	44,9	80,3	65,2
Mai 2015	76,8	46,8	33,6
Junho 2015	15	16,5	22,9
Julho 2015	1,4	10,7	16,9
Agosto 2015	1,3	16,4	21,6
Setembro 2015	97,2	61,7	40,6
Acumulado	1464,8	1471,2	-

Pode se constatar que a chuva acumulada no ciclo hidrológico 2014-2015 foi de 1464,8 mm, apenas 6,4 mm menor que a média climatológica de 1471,2 mm, contudo fica evidente a má distribuição da precipitação dentro do período chuvoso. Os meses de novembro e março excederam em respectivamente 232,1 mm e 159,7 mm as médias calculadas para estes meses (176mm e 159,6mm) extrapolando os limites máximos dos desvios padrões (68,3mm e 86,7mm), enquanto os meses de dezembro e janeiro tiveram comportamento contrário, as chuvas nos respectivos meses foram de 111,8 mm e 119,1 mm, representando menos de 40% da pluviosidade média do período (303,1mm e 300,2mm) extrapolando o desvio padrão (108,6mm e 138,2mm).

Avaliação dos parâmetros monitorados - Vazão

As vazões apresentadas dos pontos de amostragem mais a montante: 1, 2 e 5; que estão sobre litologia calcária, demonstram um atraso na recarga nos meses de novembro, início do período chuvoso (Tabela 2).

O ponto de amostragem 2 teve vazão superficial igual a 0 por 7 meses durante o ano. O ponto de amostragem 5 foi o que apresentou a maior vazão 2,414 m³/s e respectivamente o maior desvio padrão para vazão 0,934 m³/s. O Ponto de amostragem 3 foi alocado neste ribeirão para que sua influência sobre o Córrego do Barreado fosse medida, assim se constatou que este ribeirão possui o menor valor de desvio padrão para vazão de todo o monitoramento 0,087 m³/s, o que demonstra sua uniformidade no fornecimento de água para o rio principal.

Tabela 2 – Vazão Amostrada do Córrego do Barreado Out. 2014 - Set.2015. Fonte: Elaborado pelos autores

Vazão (m ³ /s)	22/10/2014	15/11/2014	17/12/2014	24/01/2015	22/02/2015	28/03/2015
Ponto 1	0,169	0,094	0,225	0,102	0,381	0,355
Ponto 2	0,275	0,313	-	-	0,938	1,179
Ponto 3	0,042	0,105	0,157	0,375	0,196	0,219
Ponto 4	0,070	0,100	-	-	0,780	0,484
Ponto 5	0,550	0,234	0,890	0,170	2,414	2,043
Ponto 6	0,043	0,206	0,499	0,150	1,239	1,273
Ponto 7	0,075	0,575	0,863	0,484	1,328	1,598
Vazão (m ³ /s)	24/04/2015	25/05/2015	30/06/2015	25/07/2015	29/08/2015	26/09/2015
Ponto 1	0,350	0,287	0,212	0,154	0,113	0,088
Ponto 2	1,031	-	-	-	-	-
Ponto 3	0,162	0,108	0,129	0,104	0,089	0,076
Ponto 4	0,780	-	0,220	-	-	-
Ponto 5	2,414	0,361	0,403	0,269	-	-
Ponto 6	1,123	0,310	0,339	0,171	0,115	0,109
Ponto 7	1,224	0,656	0,305	0,098	0,101	0,103

Avaliação dos parâmetros monitorados –
Temperatura

Os pontos de amostragem 1, 2 e 5 apresentaram os valores mais altos de temperatura, respectivamente 26°C, 29°C e 26°C

(Tabela 3), estes valores máximos de temperatura ocorreram no mês de dezembro, mês central do período chuvoso/quente e quando ocorre o solstício de verão, quando a incidência dos raios solares é maior no hemisfério sul (Silva, 2006).

Tabela 3 – Temperatura Amostrada nas Águas do Córrego do Barreado Out. 2014 - Set.2015. Fonte: Elaborado pelos autores

Temperatura (°C)	22/10/2014	15/11/2014	17/12/2014	24/01/2015	22/02/2015	28/03/2015
Ponto 1	23	23	26	24	25	25
Ponto 2	22	24	29	21	24	25
Ponto 3	20	21	23	23	23	22
Ponto 4	24	23	24	24	25	25
Ponto 5	23	24	26	24	26	26
Ponto 6	21	22	23	22	24	24
Ponto 7	21	22	23	23	23	24
Temperatura (°C)	24/04/2015	25/05/2015	30/06/2015	25/07/2015	29/08/2015	26/09/2015
Ponto 1	24	23	17	18	22	25
Ponto 2	24	23	19	19	22	23
Ponto 3	22	20	16	15	17	22
Ponto 4	24	23	17	18	19	24
Ponto 5	24	23	17	18	20	23
Ponto 6	23	22	17	17	19	23
Ponto 7	24	22	17	18	19	21

Avaliação dos parâmetros monitorados -
Condutividade

Ao se observar a tabela 4 de condutividade elétrica pode se observar a relação desta variável com a temperatura, esta relação se dá devido ao

embasamento geológico calcário. Nos pontos de amostragem 1, 2, 4, 5 e 7, quanto menor a temperatura maior é a condutividade, já no ponto de amostragem 3 que está sobre a litologia de metapelitos os valores de condutividade elétrica e

oxigênio dissolvido não acompanham a temperatura e tem pouca influência do embasamento geológico.

Tabela 4 – Condutividade Amostrada nas Águas do Córrego do Barreado Out.2014 - Set.2015. Fonte: Elaborado pelos autores

Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}^2$)	22/10/2014	15/11/2014	17/12/2014	24/01/2015	22/02/2015	28/03/2015
Ponto 1	598	510	437	329	268	185
Ponto 2	645	568	464	398	312	184
Ponto 3	199	104	125	112	98	101
Ponto 4	724	681	715	655	403	230
Ponto 5	687	574	510	477	381	203
Ponto 6	630	295	480	545	419	215
Ponto 7	645	620	430	595	388	240
Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}^2$)	24/04/2015	25/05/2015	30/06/2015	25/07/2015	29/08/2015	26/09/2015
Ponto 1	176	196	213	222	233	255
Ponto 2	156	212	328	279	281	289
Ponto 3	90	81	72	72	72	88
Ponto 4	210	254	395	420	430	493
Ponto 5	179	221	257	270	293	309
Ponto 6	183	198	257	261	275	311
Ponto 7	193	217	290	285	316	311

Avaliação dos parâmetros monitorados – Oxigênio Dissolvido

todos os pontos apresentaram baixos valores de OD durante o monitoramento hidrológico.

Os pontos de amostragem 2 e 4 foram os que obtiveram os menores valores de percentual saturação de OD em todo o Córrego do Barreado (Tabela 5), respectivamente 8% e 4,3%. Contudo

Tabela 5 – Percentual de Saturação de OD Outubro de 2014 - Setembro de 2015 das Águas do Córrego do Barreado. Fonte: Elaborado pelos autores

% Saturação de OD	Out.2014	Nov.2014	Dez.2014	Jan.2015	Fev.2015	Mar.2015	Abr.2015	Mai.2015	Jun.2015	Jul.2015	Ago.2015	Set.2015
Ponto de Amostragem 1	46,3	53,7	35,8	54,8	32,6	33,5	28,9	40,0	37,6	36,1	61,5	
Ponto de Amostragem 2	44,4	38,7	11,4	23,6	8,0	12,9	11,7	21,5	20,7	19,9	39,3	
Ponto de Amostragem 3	48,0	39,8	42,1	41,2	49,0	46,9	39,9	46,1	43,7	39,4	49,3	
Ponto de Amostragem 4	54,3	41,4	6,3	14,9	11,2	4,3	4,7	5,7	5,3	14,8	13,3	
Ponto de Amostragem 5	47,6	36,5	16,3	35,0	17,6	15,7	13,3	25,1	23,0	27,3	30,1	11,3
Ponto de Amostragem 6	55,2	55,9	51,4	49,0	49,9	43,8	41,5	47,2	41,7	40,5	56,1	62,7
Ponto de Amostragem 7	50,2	54,8	45,3	50,9	50,0	43,0	39,9	43,7	39,4	37,3	44,7	56,4

Avaliação dos parâmetros monitorados – pH

As águas do Córrego do Barreado se mantiveram com pH médio próximo de 7,3, apenas o ponto de amostragem 1 apresentou pico de acidez

forte no mês de março com um valor de pH de 5, os outros pontos oscilaram pouco, mantendo-se próximo da média. O ponto de amostragem 3, afluente de litologia diferente do leito principal apresentou um pH de 5,5 em maio, contudo o valor não se repetiu (Tabela 6).

Tabela 6 – Ph Amostrado na Água no Córrego do Barreado Out. 2014 - Set.2015. Fonte: Elaborado pelos autores

OD (mg/L)	22/10/2014	15/11/2014	17/12/2014	24/01/2015	22/02/2015	28/03/2015
Ponto 1	7,0	7,0	7,5	7,5	7,0	5,0
Ponto 2	7,5	7,5	7,5	7,5	7,0	6,5
Ponto 3	7,0	7,0	6,5	7,0	7,0	7,0
Ponto 4	7,5	7,5	7,5	7,5	7,0	7,0
Ponto 5	7,5	7,5	7,0	7,5	7,5	7,5
Ponto 6	7,5	7,0	7,5	7,5	7,0	7,0
Ponto 7	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
OD (mg/L)	24/04/2015	25/05/2015	30/06/2015	25/07/2015	29/08/2015	26/09/2015
Ponto 1	7,5	7,0	7,5	7,5	7,5	7,0
Ponto 2	7,0	7,5	7,5	7,5	7,5	7,0
Ponto 3	7,0	5,5	7,5	7,0	7,0	6,0
Ponto 4	7,0	7,5	8,0	7,5	7,0	7,0
Ponto 5	7,0	7,5	8,0	8,0	7,5	6,0
Ponto 6	7,0	7,0	8,0	8,0	8,0	7,0
Ponto 7	7,5	7,5	7,5	8,0	8,0	6,5

Avaliação dos parâmetros monitorados – Turbidez

As águas do Córrego do Barreado se mantiveram translúcidas por quase todo o monitoramento, pois hidrogeologia local que prepondera sobre o escoamento superficial o ano todo fornece águas mais límpidas.

Avaliação dos parâmetros monitorados – Nitrito e Nitrato

Durante o monitoramento os pontos de amostragem 1, 2, 4 e 5 apresentaram quantidades de nitrito e nitrato com pouca variação até o mês de

abril, contudo a partir de maio as flutuações desses elementos foram mais frequentes e os picos de máxima presença se deram nos meses seguintes.

Os pontos de amostragem a jusante, 6 e 7 tiveram comportamento dispare em relação aos pontos anteriores, pois as maiores concentrações de nitrito e nitrato ocorreram em dezembro, início do período chuvoso. O ponto de amostragem 3 apresentou valores baixos de nitrito e nitrato para os meses iniciais do ciclo hidrológico (Tabelas 7 e 8).

Tabela 7 – Concentração do Nitrito Amostrado na Água do Ponto do Córrego do Barreado Out. 2014 - Set.2015. Fonte: Elaborado pelos autores

Nitrito (mg/L N-NO ₂)	22/10/2014	15/11/2014	17/12/2014	24/01/2015	22/02/2015	28/03/2015
Ponto 1	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
Ponto 2	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Ponto 3	0,00	-	0,01	0,01	0,01	0,01
Ponto 4	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Ponto 5	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Ponto 6	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01
Ponto 7	0,01	0,01	0,3	0,01	0,01	0,01
Nitrito (mg/L N-NO ₂)	24/04/2015	25/05/2015	30/06/2015	25/07/2015	29/08/2015	26/09/2015
Ponto 1	0,01	0,01	0,01	0,10	0,01	0,10
Ponto 2	0,01	0,01	0,01	0,10	0,01	0,10
Ponto 3	0,03	0,10	0,01	0,01	0,01	0,01
Ponto 4	0,01	0,10	0,01	0,01	0,01	0,00
Ponto 5	0,01	0,10	0,05	0,01	0,10	0,30
Ponto 6	0,01	0,01	0,01	0,01	0,10	0,01
Ponto 7	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Tabela 8 – Concentração de Nitrato Amostrado na Água do Ponto do Córrego do Barreado Out. 2014 - Set.2015. Fonte: Elaborado pelos autores

Nitrato (mg/L N-NO ₃)	22/10/2014	15/11/2014	17/12/2014	24/01/2015	22/02/2015	28/03/2015
Ponto 1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Ponto 2	0,0	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1
Ponto 3	0,0	-	0,1	0,1	0,1	0,1
Ponto 4	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Ponto 5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Ponto 6	0,1	0,1	0,3	0,1	0,0	0,1
Ponto 7	0,1	0,1	2,5	0,1	0,1	0,3
Nitrato (mg/L N-NO ₃)	24/04/2015	25/05/2015	30/06/2015	25/07/2015	29/08/2015	26/09/2015
Ponto 1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,3
Ponto 2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3
Ponto 3	0,1	0,0	0,1	0,3	0,1	0,3
Ponto 4	0,3	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
Ponto 5	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0
Ponto 6	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Ponto 7	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Avaliação dos parâmetros monitorados – Ortofosfato

A variável ortofosfato teve comportamentos variados nos pontos de amostragem. Esse comportamento foi ordenado principalmente pela fonte de fósforo no local. Os pontos de amostragem 2 e 4 apresentaram as ocorrências mais altas no período seco em meses

isolados. Nos pontos de amostragem 6 e 7 a ocorrência de ortofosfato foi conjunta com nitrito, nitrato e amônia durante o início do período chuvoso. Apesar do ponto de amostragem 3 não ter apresentado alteração nos valores de nitrito e nitrato a ocorrência da amônia também indica poluição por fertilizantes. Os pontos 1 e 5 não apresentaram valores para ortofosfato durante todo o monitoramento (Tabela 9).

Tabela 9 – Concentração de Ortofosfato Amostrado na Água do Ponto do Córrego do Barreado Out. 2014 - Set.2015. Fonte: Elaborado pelos autores

Ortofosfato (mg/L PO ₄)	22/10/2014	15/11/2014	17/12/2014	24/01/2015	22/02/2015	28/03/2015
Ponto 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponto 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponto 3	0,00	-	0,75	0,00	0,00	0,00
Ponto 4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponto 5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponto 6	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponto 7	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00
Ortofosfato (mg/L PO ₄)	24/04/2015	25/05/2015	30/06/2015	25/07/2015	29/08/2015	26/09/2015
Ponto 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponto 2	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponto 3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponto 4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75
Ponto 5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponto 6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponto 7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Avaliação dos parâmetros monitorados – Amônia

O comportamento da amônia também foi característico à origem desse composto, como nos pontos de amostragem 1 e 5 (Tabela 10), os primeiros valores encontrados ocorreram no mês de março, a presença da amônia oscilou até o mês de julho quando se manteve no mesmo patamar até o final do monitoramento. Os pontos de

amostragem 2 e 4 tem comportamento similar e a carga de amônia ocorre entre os meses chuvosos de novembro, fevereiro e março. Os pontos de amostragem 3, 6 e 7 tem a presença de amônia atrelada ao escoamento superficial de fertilizantes do tipo nitrogênio, fósforo e potássio (NPK) (Castro, 2011).

Tabela 10 – Concentração de Amônia Amostrada nas Águas do Ponto do Córrego do Barreado Out. 2014 - Set.2015. Fonte: Elaborado pelos autores

Amônia (mg/L N-NH ₃)	22/10/2014	15/11/2014	17/12/2014	24/01/2015	22/02/2015	28/03/2015
Ponto 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
Ponto 2	0,10	0,10	0,50	0,10	0,10	0,25
Ponto 3	0,00	-	0,25	0,10	0,10	0,10
Ponto 4	0,00	0,10	0,10	0,25	0,10	0,10
Ponto 5	0,00	0,25	0,10	0,10	0,10	0,10
Ponto 6	0,25	0,10	1,00	0,25	1,00	0,10
Ponto 7	0,10	0,10	2,00	0,25	0,10	0,10
Amônia (mg/L N-NH ₃)	24/04/2015	25/05/2015	30/06/2015	25/07/2015	29/08/2015	26/09/2015
Ponto 1	0,00	0,10	0,00	0,10	0,10	0,10
Ponto 2	0,25	0,10	0,10	0,10	0,10	0,25
Ponto 3	0,10	0,10	0,00	0,10	0,10	0,25
Ponto 4	0,00	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00
Ponto 5	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00
Ponto 6	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,25
Ponto 7	0,25	0,00	0,50	0,00	0,10	0,25

Discussão

Após o tratamento dos dados e o estabelecimento de suas relações, se faz necessário comparar os resultados obtidos na amostragem do programa de monitoramento (Tabela 11) com os limites legais estabelecidos para os parâmetros elencados. O principal marco legal que regula os aspectos com relação a água no Brasil é a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 357/2005.

A CONAMA 357/2005 não estabelece parâmetros para temperatura e condutividade, dessa forma os parâmetros comparados serão: oxigênio dissolvido, pH, turbidez, nitrito, nitrato, ortofosfato e amônia (Tabela 12). Os valores de referência de vazão foram estabelecidos através da Q95. (Tucci, 2001). As médias do monitoramento foram plotados em um mapa (Figura 6), onde se estabeleceu uma cor indicadora para cada classe de água da resolução 357/2005. É importante salientar que quando apenas um parâmetro estando em desconformidade legal é o suficiente para determinar sua classe.

Tabela 11 – Valores Médios dos Parâmetros das Águas do Ponto do Córrego do Barreado Out. 2014 - Set.2015. Fonte: Elaborado pelos autores

Média em Q95	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7
OD (mg/L)	3,316	1,822	3,668	1,229	1,977	4,012	3,757
pH	7,1	7,3	6,8	7,3	7,4	7,4	7,5
Turbidez (NTU)	50	50	66,67	50	54,2	54,2	50
Nitrito (mg/L NO ₂)	0,023	0,024	0,019	0,017	0,053	0,019	0,034
Nitrato (mg/L NO ₃)	0,125	0,125	0,119	0,101	0,084	0,108	0,317
Fósforo total (mg/L P)	0,000	0,063	0,068	0,063	0,000	0,063	0,063
Nitro.Amon.(mg/L NH ₃)	0,042	0,171	0,109	0,088	0,096	0,288	0,313

Tabela 12 – Limites Permitidos por Classe. Fonte: CONAMA 357/2005

CONAMA 357/2005	Classe I	Classe II	Classe III	Classe IV
Oxigênio Dissolvido (mg/l)	≥ 6	≥ 5	≥ 4	≥ 2
pH	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9
Turbidez (NTU)	≤ 40	≤ 100	≤ 100	≤ 100
Nitrito (mg/L NO ₂)	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1
Nitrato (mg/L NO ₃)	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10
Fósforo total (mg/L P)	$\leq 0,1$	$\leq 0,1$	$\leq 0,15$	$\leq 0,15$
Nitrog. Amon. (mg/L NH ₃)	3,7 - pH $\leq$ 7,5	3,7 - pH $\leq$ 7,5	13,3 - pH $\leq$ 7,5	13,3 - pH $\leq$ 7,5
	2,0 - 7,5 < pH $\leq$ 8	2,0 - 7,5 < pH $\leq$ 8	5,6 - 7,5 < pH $\leq$ 8	5,6 - 7,5 < pH $\leq$ 8
	1,0 - 8 < pH $\leq$ 8,5	1,0 - 8 < pH $\leq$ 8,5	2,2 - 8 < pH $\leq$ 8,5	2,2 - 8 < pH $\leq$ 8,5
	0,5 - pH > 8,5	0,5 - pH > 8,5	1 - pH > 8,5	1 - pH > 8,5

Figura 6 – Classes dos pontos de Amostragem no Córrego do Barreado. Fonte: CONAMA 357/2005

Ao se observar cada ponto no mapa (figura 6) constata-se que ao longo do monitoramento no Córrego do Barreado 6 dos 7 pontos estudados são classificados como classe 4, somente o ponto de amostragem 6 é classificado como classe 3, assim a água é imprópria para o uso que foi definida. O principal fator que estabelece essa classificação é o oxigênio dissolvido, pois a recorrência de valores abaixo de 4 mg/l é muito alta, ocorrendo mesmo em períodos chuvosos quando a vazão está alta. Os dados apresentados reforçam os estudos de Kovacic e Ravbar (2003), que determinaram a alta sensibilidade de corpos hídricos cársticos devido às

particularidades de recarga, camada protetora de solo e armazenamento.

Conclusão

A pluviosidade é caráter importante na avaliação das águas do Córrego do Barreado, já que este parâmetro controla o volume de água disponível no rio. Quando avaliado a normal climatológica local fica evidente os distúrbios locais ocasionados por fenômenos climatológicos de maior escala, já que a grande variação e

concentração das chuvas em curtos períodos afeta a capacidade do lençol freático e aquíferos de abastecer o Córrego do Barreado, gerando inundações no período chuvoso e redução drástica nas vazões no período seco, pois o escoamento superficial prepondera sobre a infiltração quando as chuvas ficam concentradas. As mudanças climáticas previstas pelo Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) agravam essa situação, já que eventos climáticos extremos como longos períodos de seca e chuvas com pluviografia intensa podem ocorrer com maior frequência. O que aumenta o risco tanto para a disponibilidade quanto para a qualidade das águas do Córrego do Barreado.

Para as condições geológicas do Córrego do Barreado a anomalia da concentração de chuvas tem caráter mais deletério, em virtude da sensibilidade natural que aquíferos cársticos possuem, pois a preponderante contribuição de águas subterrâneas sobre as superficiais devido ao embasamento calcário torna a recarga dos rios inconstantes. Após um período de chuva intensa os aquíferos fraturados cársticos se enchem, contudo esse volume não é prontamente repassado ao leito do rio, pois as chuvas cessam ou sua quantidade diminui muito, o que reduz o volume transferido à superfície.

Com relação aos parâmetros físico-químicos as principais alterações observadas foram na temperatura, condutividade, oxigênio dissolvido e saturação de OD. A alta condutividade está relacionada à liberação de sais do intemperismo químico da rocha carbonática. O uso consolidado das terras das bacias do Córrego do Barreado para fins agropecuários suprimiu a maior parte da mata ciliar, o que expôs as águas do rio aos raios solares e consequentemente aumentou a temperatura de suas águas. Essa alteração tem efeito sobre o parâmetro oxigênio dissolvido e consequentemente sobre a saturação de OD, já que águas mais quentes tem menor capacidade de reter o OD, conjuntamente a esse fator está a condição de sensibilidade natural dos aquíferos cársticos. Devido a matéria orgânica acumulada nas oclusões, que consumida pelos microorganismos decompositores reduzem a quantidade de oxigênio disponível, como também a falta de luz impede os organismos fotossintetizantes de liberar oxigênio na água.

Quando a matéria orgânica se acumula no leito do rio, seja pelo aporte vindo dos aquíferos na época de chuva como também pela redução da vazão e sedimentação de galhos, folhas e outros

elementos, as bactérias aeróbias (ex. *Nitrossomonas*) consomem o oxigênio dissolvido para decompor a matéria orgânica, reduzindo ainda mais a percentual de saturação de OD do Córrego do Barreado. Esse efeito é intensificado devido as práticas agrícolas locais, já que a adição de fertilizantes do tipo NPK no período pré chuvoso foi identificado.

O estudo demonstrou que a sensibilidade empírica dos aquíferos cársticos e o uso não adequado de suas águas e áreas de recarga reduzem para níveis críticos o oxigênio dissolvido, o que classifica as águas do Córrego do Barreado segundo a norma CONAMA 357/2005 como classe IV, restringindo sua utilização à navegação e harmonia paisagística, o que impossibilita o consumo humano, dessedentação animal e irrigação.

Agradecimentos

A PUC Minas e a CAPES pela bolsa e ambiente acadêmico propício a condução da pesquisa.

Aos Professores Luiz Eduardo Panisset Travassos pela acolhida e tutoria e Alecir Antônio Maciel Moreira pela motivação e suporte

A minha família e a Janaína pelo apoio e carinho.

Referências

- Baptista, M. C., et al. 2010. Aspectos Gerais do Meio Físico. In: Machado, M. F., Silva, S. F. Geodiversidade do estado de Minas Gerais. 1, ed. CPRM, Belo Horizonte.
- Barbour, M. T., et al. 1999. Rapid Bioassessment Protocols For Use In Streams And Wadeable Rivers. 1, ed. USEPA, Washington.
- Botelho, R. G. M., Silva, A. S. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: Vitte, A. C., Guerra, A. J. T., 2004. Reflexões sobre a geografia física no Brasil. 2, ed. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro.
- Brandão, C. J., et al., 2011. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. 1, ed. ANA, Brasília.
- Bueno, G. T., 2014. Análise estrutural em geografia e o recorte espacial na pesquisa. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Geografia – Tratamento da Informação Espacial, Belo Horizonte.

- Castro, E. 2011. Estudo Hidrogeoquímico ambiental em região cárstica no município Sete Lagoas - Minas Gerais: investigação da contaminação de águas superficiais e subterrâneas por nitrato de antrazina, na área do centro nacional de pesquisa de milho e sorgo da EMBRAPA. 2011. Tese (Doutorado). Belo Horizonte. UFMG.
- Castro, P. T. A., Dardenne, M. A., 2004. O conglomerado samburá (grupo bambuí, neoproterozóico) e rochas sedimentares associadas no flanco leste da serra da pimenta, sw de Minas Gerais: um sistema de fan delta. Geonomos [online], 2. Disponível em: <http://general.igc.ufmg.br/geonomos/PDFs/castro.PDF>. Acesso em: 15 novembro 2015.
- Chow, V. T., Maidment, D. R., Mays, Larry W. 1988. Applied hydrology, 1 ed. McGraw-Hill, New York.
- Christofolletti, A., 1980. Geomorfologia. 1, ed. Edgard Blucher, São Paulo.
- Guerra, A. T., Cunha, S. B., 1994. Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos, 1 ed. Bertrand Brasil, São Paulo.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012. Estado de Minas Gerais: mesorregiões. Belo Horizonte.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1983. Projeto RADAMBRASIL: levantamento de recursos naturais. 1:1.000.000. Folhas SF. 23/24 (Rio de Janeiro/Vitória). Brasília.
- IGAM, INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS, 2011. Aspectos estratégicos para a gestão dos recursos hídricos 2007/2011. Belo Horizonte.
- Kovačič, G., Ravbar, N., 2003. Karst aquifers vulnerability or sensitivity?. Acta Carsologica [online] 32. Disponível em: <https://ojs.zrc-sazu.si/carsologica/article/view/358>. Acesso em: 25 novembro 2015.
- Likens, G. E., Kinne, O.; Williams, W. D., 1992. The ecosystem approach: its use and abuse, 1 ed. Ecology Institute, Oldendorf.
- Martins, T. I. S. 2013. Mapeamento geomorfológico da folha Piumhi, Minas Gerais. Dissertação (Mestrado). Uberlândia. UFU.
- Martins-Neto, M. A., Pinto, C. P., 2001. A Bacia do São Francisco: definição e base de dados. In: Pinto, C. P., Martins-Neto, M. A. Bacia do São Francisco: Geologia e Recursos Naturais. SBG. Belo Horizonte.
- Menegasse, L. N., Gonçalves, J. M., Fantinel, L. M., 2002. Disponibilidades hídricas na província cárstica de Arcos-Pains-Doresópolis, Alto São Francisco, Minas Gerais, Brasil. Revista Águas Subterrâneas [online], 1. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterranea/article/view/1297>. Acesso em: 22 novembro 2015.
- Merten, G. H., Minella, J. P. G., 2002. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. Revista Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável [online] 4. Disponível: http://www.emater.tcche.br/docs/agroeco/revista/ano3_n4/artigo2.pdf. Acesso: 10 novembro 2015.
- Myers, N., et al. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature [online] 403. Disponível em: <http://www.nature.com/nature/journal/v403/n6772/full/403853a0.html>. Acesso em: 30 novembro 2015.
- Parron, L. M., Muniz, D. F., Pereira, C. M., 2011. Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água. 1, ed. Embrapa Florestas, Colombo.
- Ribeiro, A., et al., 2008. Geologia da Folha de Piumhi SF. 23-V-B-II. 1, ed. CPRM, Brasília.
- Sá Júnior, A. 2009. Aplicação de classificação de Köppen para o zoneamento climático do estado de Minas Gerais. Dissertação (Mestrado). Lavras. UFLA.
- Santana, D. P., 2003. Manejo integrado de bacias hidrográficas, 1 ed. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas.
- Silva, M. A. V., 2006. Meteorologia e Climatologia 1, ed. Recife.
- Sliva, L., Williams, D. D., 2001. Buffer zone versus whole catchment approaches to studying land use impact on river water quality. Water Research, [online] 14. Disponível: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135401000628>. Acesso: 21 novembro 2015.
- Timo, M. B., 2014. Mapeamento geomorfológico da região cárstica do Córrego do Cavalo, Piumhi (MG). Dissertação (Mestrado em Geografia). Belo Horizonte. PUC-MG.
- Tucci, C. E. M., 2012. Hidrologia: ciência e aplicação, 3 ed. ABRH, São Paulo.