



Relação da qualidade da água e cobertura da terra em microbacia antropizada do cerrado mineiro

Frederico Borges Machado¹, Andrezza Marques Ferreira², Tássio Franchi³, Renato Carneiro Fernandes da Silva⁴ e Leonardo Campos de Assis⁴

¹Instituto Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG.

²Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais, São José dos Campos, SP.

³Escola de Comando e Estado Maior do Exército/Instituto Meira Mattos, Rio de Janeiro, RJ.

⁴Laboratório de Geoprocessamento, Universidade de Uberaba, Uberaba, MG. E-mail: leonardo.assis@uniube.br (Autor correspondente).

Palavras-chave:

sensoriamento remoto
índice de qualidade da
água
análise integrada de
recursos hídricos

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade da água superficial e sua relação com a cobertura da terra no alto curso do ribeirão Conquistinha em área sob influência de atividade antrópica pela cidade de Uberaba-MG por meio de análise integrada dos recursos hídricos apoiada por geoprocessamento. Realizou-se campanhas mensais de coleta e análise da água superficial de acordo com padrões recomendados pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, no período entre outubro de 2012 a setembro de 2013, em três pontos distintos. Concomitantemente produziu-se uma carta-imagem da cobertura da terra para as cinco categorias mais representativas referente ao período de junho de 2011 (i.e., data próxima à de amostragem), cujas proporções verificadas foram: 42,07% agricultura, 29,97% de pastagem, 20,17% de atividade humana, 7,70% vegetação nativa e 0,09% de superfície aquosa. A qualidade da água foi avaliada segundo o Índice de Qualidade da Água (IQA) e a carta-imagem produzida por processo de classificação de imagens do Sensoriamento Remoto. Os resultados das análises de água apresentaram valores que se restringem às classes inferiores adotadas pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) para o IQA. Por meio de análise integrada dos recursos hídricos conclui-se que em regiões em que a presença humana é maior, também é a degradação da qualidade da água, já em regiões rurais, essa qualidade foi ligeiramente melhor. O planejamento urbano para o crescimento da cidade nesta direção deve ter cautela uma vez que a qualidade ambiental, especialmente quanto aos recursos hídricos, já se encontra comprometida.

Key words:

remote sensing
water quality index
water resources
integrated analysis

The relationship among water quality and land cover on a watershed influenced by human activities in the cerrado of minas gerais state

ABSTRACT

The objective was to analyze the surface water quality on the highlands of the Conquistinha river basin, an area influenced by human activities mostly due to proximity of the Uberaba city boundaries through integrated water resources supported on geoprocessing. The water sampling campaign occurred by month, from October 2012 to September 2013 at three surface water spots strategically located to detect the human influence. Remote sensing technique of image classification process was used to produce the Land Use/Land Cover (LULC) map highlighting five categories on July 2011: 42.07% on crops, 29.97% on pasture, 20.17 on human activity, 7.7% on forest and 0.09% on water. The Water Quality Index (WQI) was used to evaluate its categorize water quality. All water quality results, by spatial and time approaches, indicate bad and very bad WQI according to Minas Gerais Institute to Water Management. Integrated analysis of land cover and water parameters suggest the human presence influences on water quality worsening. Urban planning about the city growing direction must be done with care over this particular region once the environmental quality especially on water resources is now compromised.

Introdução

A água é um elemento indispensável à sustentabilidade da vida e um recurso fundamental

para diversas atividades humanas. A poluição hídrica altera as características da água, o que limita seu uso pelo homem (Von Sperling, 1996; Sardinha et al., 2008). Sua condição qualitativa é avaliada por

diversos parâmetros, representados por características físicas, químicas e microbiológicas, uma vez que a poluição de um manancial as altera (Cruz, 2003), e conhecer a qualidade da água é fundamental para a determinação da atividade causadora da poluição (Von Sperling, 2007), bem como para planejar ações mitigadoras.

A qualidade da água está relacionada às condições naturais, a interferências dos seres humanos e o controle está relacionado ao planejamento global, em escala de toda a bacia e não apenas pontual (Von Sperling, 2007). Desse modo, a boa qualidade da água refere-se a um padrão próximo ao “natural”, antes do contato do homem com os cursos hídricos (Sardinha, et al., 2008). Nesse contexto, o planejamento integrado dos recursos hídricos é útil por considerar as relações entre solo-água e o homem. Dentre as várias formas de ocupação humana, a agricultura é a mais representativa, exercendo influência na utilização dos recursos hídricos e contribuindo com possíveis poluições difusas ao longo dos cursos d'água (Pinheiro et al., 2014). Para monitorar a qualidade da água o Índice de Qualidade da Água (IQA) é uma ferramenta útil, pois permite acompanhar alterações de qualidade hídrica a custos reduzidos (Toledo & Nicolella, 2002).

Devido à natureza espacial intrínseca das informações acerca da Bacia Hidrográfica, o emprego de geotecnologias tem se tornado fundamental para estudos e análises relacionadas aos recursos hídricos. Segundo Galvêncio et al. (2006), os avanços tecnológicos promovidos pelos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e a disponibilidade crescente da qualidade dos Modelos Digitais de Elevação (MDEs) têm ampliado o potencial de sua aplicação para muitos hidrologistas, engenheiros hidráulicos, atividades relacionadas aos recursos hídricos e investigações ambientais.

O estudo da qualidade da água e do uso do solo na bacia do ribeirão Conquistinha localizada nos municípios de Uberaba e de Delta, na região do Triângulo Mineiro, Estado de Minas Gerais é necessário, pois a empresa responsável pelo saneamento e abastecimento público da cidade de

Uberaba iniciou em 2010 a construção de uma nova Estação de Tratamento Esgoto (ETE) no ribeirão Conquistinha (não concluída até maio de 2016) que, segundo estimativas, com sua instalação a cidade elevará sua capacidade para tratamento de aproximadamente 98% dos efluentes (CODAU, 2008).

Atualmente estão em operação a ETE Francisco Velludo, que trata cerca de 76% de efluentes; e a ETE compacta Filomena Cartafina que trata cerca de 2%, enquanto o restante é lançado em mananciais superficiais sem qualquer tratamento (PMU, 2009). Assim sendo, há registros de lançamentos de efluentes sem tratamento, bem como disposição de resíduos sólidos nas margens e no próprio canal fluvial do ribeirão Conquistinha; tais práticas ocorrem na região de nascente, o que degrada a qualidade da água do manancial e produz consequências ambientais e sanitárias prejudiciais às populações e usuários à jusante, bem como indiretamente as populações dos dois municípios, uma vez que a região produz gêneros alimentícios consumidos em ambos núcleos urbanos. Estudos recentes (Xiao et al., 2016) afirmam que escalas espaço-temporais utilizando informações espaço-temporais são de vital importância para prover uma perspectiva acerca da relação entre o padrão da paisagem e a qualidade da água dos rios

Adicionalmente, o ribeirão Conquistinha localiza-se no bioma Cerrado, o segundo maior bioma brasileiro, presente em 12 estados, caracterizado por apresentar grande quantidade de espécies de mamíferos, peixes, avifauna, anfíbios e répteis. Todavia algumas dessas espécies correm risco de extinção decorrente de ações antrópicas como o desmatamento para propiciar o avanço das fronteiras agrícolas (MMA, 2013). Fonseca (2012) relata que o cerrado apresenta particularidades e peculiaridades, sendo considerado como um ambiente ímpar, resultante de um processo evolutivo.

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi identificar os tipos predominantes de cobertura da terra e analisar sua interferência na qualidade da água na região do alto curso da bacia hidrográfica do ribeirão Conquistinha com vistas a estabelecer um

marco para comparação da qualidade ambiental após a instalação da ETE no local.

Material e Métodos

Por meio de ferramentas de sensoriamento remoto produziu-se o mapa temático de cobertura da terra da bacia do ribeirão Conquistinha. Utilizou-se uma imagem de satélite Landsat 5 – sensor TM, disponível no catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) no formato TIF. A resolução espacial da imagem é 30 metros e representa a paisagem em 15 de junho de 2011. Foi utilizado também o Modelo Digital de Elevação (MDE) disponível no site da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) no formato *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer - Digital Elevation Model* (ASTER-DEM) também com resolução espacial de 30 metros.

Para avaliação da qualidade de água realizou-se coletas mensais conforme metodologia descrita no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998), assim como para a realização das análises; e para obtenção da classificação da amostra em relação ao IQA, foi

utilizada a planilha PROGRAMA_CÁLCULO_IQA repassada pelo IGAM (SEMAD, 2005).

Área de estudo

A área de estudo localiza-se na região do Triângulo Mineiro no Estado de Minas Gerais, compreendida entre os meridianos 47°48'30"W e 47°57'30"W e entre os paralelos 19°44'0"S e 19°59'30"S. A Figura 1 apresenta a localização da área de estudo.

Uberaba é um município que em 2010 possuía cerca de 296.000 habitantes e a estimativa para 2013 era de aproximadamente 315.000 de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Em relação ao município de Delta a população de 2010 conforme o IBGE era de 8.089 e a estimativa de 2013 é de 9.053 habitantes (IBGE, 2010).

Os córregos Desbarrancado, dos Carneiros, Jaó e Sucuri são os principais afluentes do ribeirão Conquistinha. A nascente do córrego Desbarrancado localiza-se na área urbana e possui contribuições do córrego dos Carneiros ainda no perímetro urbano. À jusante o córrego Desbarrancado deságua no ribeirão Conquistinha.

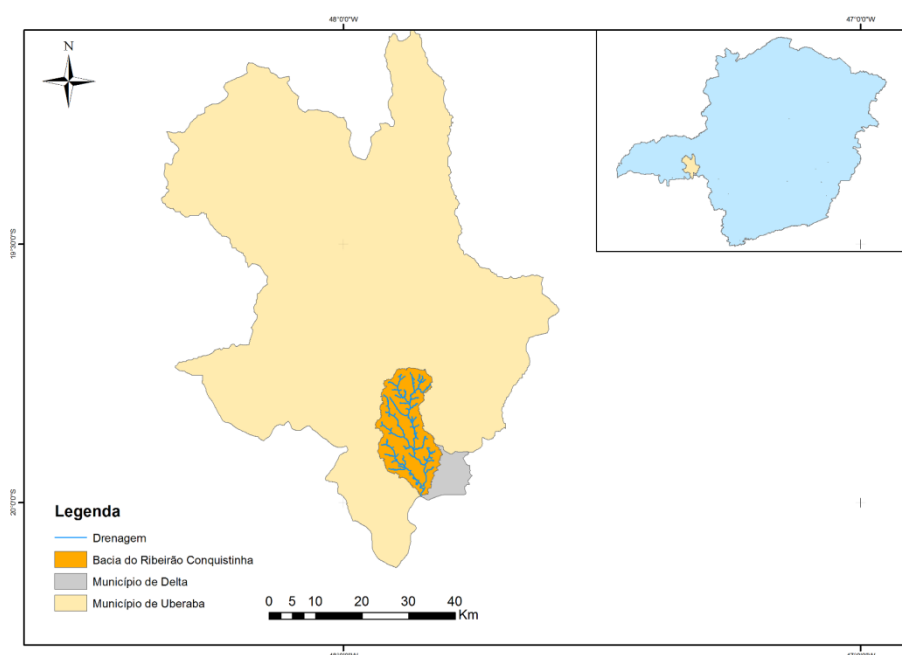


Figura 1. Mapa da localização da área de estudo

Conforme o mapa geológico elaborado em 2003 pela Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais (CODEMIG), na região de Uberaba existe as seguintes litologias: formação Marília, Uberaba e Serra Geral. Essas litologias estão localizadas na grande unidade de relevo da Bacia do Paraná. A nascente do ribeirão Conquistinha está inserida na formação Uberaba, e com o distanciamento da nascente, o curso hídrico percorre parte da formação Serra Geral.

A pedologia consiste no estudo dos diversos tipos de solos existentes (Muggler et al., 2005). Na bacia de estudo predomina o latossolo vermelho distrófico. De acordo com Santos et al. (2006), esse solo apresenta as características com teores de Fe_2O_3 entre 8% e 18% em solos argilosos ou muito argilosos e teores inferiores a 8% em solos de textura média e está presente em regiões de relevo plano ou suavemente ondulado. Também se caracteriza por ser um solo intemperizado, possuir aptidão agrícola e pecuária de alta tecnologia, porém, é pobre em alguns nutrientes, possui caráter ácido e pode ser facilmente degradado pelo seu uso inadequado (Santos et al., 2006).

A compreensão dos fatores climáticos é relevante para a determinação das espécies vegetais da região. Segundo Sá Júnior (2009), o clima, fundamentado na classificação de Köppen, é do tipo Aw, ou seja, Clima Tropical de Savana com inverno seco. Esse tipo climático é caracterizado por apresentar um período chuvoso de novembro a abril e um período de estiagem de maio a outubro. As precipitações são superiores a 750 mm, podendo chegar anualmente a 1800 mm (EMBRAPA, 1998).

A área localiza-se no bioma Cerrado, região com alto nível de biodiversidade em que ações conservacionistas são imprescindíveis, por apresentar abundância em espécies endêmicas com 11.627 catalogadas.

Índice de qualidade da água

Para avaliar a qualidade da água do ribeirão Conquistinha utilizou-se o IQA (Equação 1),

calculado a partir de parâmetros indicadores (Tabela 1).

$$IQA = \prod_{i=1}^n qi^{wi} \quad (1)$$

em que: IQA - índice de qualidade de água, número entre 0 e 100; qi - qualidade do i -ésimo parâmetro relativo as curvas médias da qualidade da água e a concentração do parâmetro, número entre 0 e 100; n - número de parâmetros; wi - peso do parâmetro.

No cálculo do IQA são considerados nove parâmetros e para cada um é atribuído um peso conforme consta na Tabela 1.

Tabela 1. Peso dos parâmetros para determinação do IQA adotados pelo IGAM.

Parâmetro	Peso (w_i)
Oxigênio Dissolvido (OD)	0,17
Coliformes fecais	0,15
Potencial Hidrogeniônico (pH)	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	0,10
Nitrato Total (NO_3)	0,10
Fósforo Total	0,10
Temperatura	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos totais	0,08

Fonte - SEMAD (2005).

Observe que $\sum_{i=1}^n w_i = 1$.

Como produto final do cálculo é possível classificar a qualidade da água do manancial conforme cinco categorias proposta pelo IGAM (Tabela 2):

Tabela 2. Categorias de classificação da qualidade da água adotadas pelo IGAM.

Categoria	Ponderação - IGAM
Excelente	$90 < IQA \leq 100$
Bom	$70 < IQA \leq 90$
Médio	$50 < IQA \leq 70$
Ruim	$25 < IQA \leq 50$
Muito Ruim	$IQA \leq 25$

Fonte - SEMAD (2005).

Três mananciais do alto curso da bacia do ribeirão Conquistinha foram analisados e categorizados em relação ao índice de qualidade da água e as campanhas de análises referentes a um ano hidrológico, correspondente aos meses de outubro de 2012 a setembro de 2013. Realizou-se coletas amostrais mensais no córrego Desbarrancado, córrego dos Carneiros e ribeirão Conquistinha, e os dados utilizados no cálculo do IQA foram fornecidos pela empresa de saneamento municipal.

Mapa de cobertura da terra

O uso de técnicas de sensoriamento remoto por meio de imagens de satélite possibilitou o mapeamento cartográfico com informações sobre as formas de cobertura do solo e suas transformações. Para a escala de trabalho foi utilizado o sistema projeção UTM (Sistema Universal Transverso de Mercator). Em relação ao sistema geodésico de referência, utilizou-se o SIRGAS 2000 como o oficial brasileiro, equivalendo-se ao sistema Global (WGS 84 – *World Geodesic System* 1984). Resalta-se que a bacia de estudo encontra na Zona UTM 23 S MC 45°.

Escolheu-se uma combinação conveniente de três cores do sistema RGB (*red*, *green* e *blue*) com três bandas espectrais para melhor visualização das características de vegetação, solo e água na imagem. É importante a escolha adequada das bandas em função do comportamento espectral dos alvos, no entanto, requer conhecimento e experiência sobre o comportamento dos alvos (Meneses & Almeida, 2012). Nesse sentido, a combinação de falsa cor foi utilizada com as bandas 4 (NIR – λ do infravermelho próximo) na cor vermelha (R); banda 3 (λ da luz vermelha) na cor verde (G) e banda 2 (λ da luz verde) na cor azul (B) para melhor identificação da vegetação, nesse caso representada com a tonalidade avermelhada.

A imagem foi ortorretificada para efeito de correção geométrica, e para correção de distorções causadas pelo relevo e pela posição de satélite no instante da aquisição (Gripp Junior, 2009). Além disso, esta técnica permite transformar uma imagem em um mapa, ou carta-imagem, por intermédio de

pontos de controle. Adotou-se um processo automático de coleção de pontos de controle no qual se identificou 491 unidades. A partir destes PCs determinou-se o erro médio quadrático (RMS) de 0,51 unidades de referência (metros) – valor baixo e, portanto, aceitável para o parâmetro.

Após o procedimento de ortorretificação foi criado um arquivo vetorial do tipo polígono que foi sobreposto na imagem digital para representar amostras de treinamento coletadas e utilizadas no processo de classificação automática supervisionada com intuito de identificar as seguintes classes: i) vegetação nativa: principalmente áreas de preservação permanente, com alta densidade de espécies vegetais e com dossel fechado; ii) pastagem: áreas destinadas à produção de bovinos, eqüinos, ovinos e búfalos; iii) área agrícola: destinada ao plantio de culturas agrícolas, tais como: cana de açúcar, milho, soja, sorgo entre outras; iv) área antropizada: região desprovida de cobertura vegetal natural, podendo ser área trabalhada para agricultura na qual o solo fica exposto por um pequeno período de tempo, ou mesmo áreas degradadas que não possuem vegetação. Também contempla áreas urbanas; v) água: lagoas, cursos hídricos e represas. Para cada classe mencionada amostrou-se pixels representativos conforme a Equação 2, sugerida por Mather (2004) para definir o número mínimo admissível:

$$Np = 30 * NVD * Ncl \quad (2)$$

em que: Np: é o número total de *pixels*; NVD: é o número de variáveis discriminantes (bandas espectrais); Ncl: o número de classes informacionais.

A partir das amostras de treinamento coletadas a classificação foi realizada pelo respectivo Identificador numérico (ID). O fator de rejeição utilizado no algoritmo *Maximum Likelihood Classification* (Classificação pela Máxima Verossimilhança) foi de 0%, o que significa classificar todos os pixels, mesmo os que apresentam baixa probabilidade de pertencer a uma determinada classe.

Modelo Digital de Elevação

Primeiramente, utilizou-se o procedimento de transformação de sistemas para converter o sistema de coordenadas geográficas da imagem do MDE original (Aster GDEM) que se apresentava em unidades angulares para o sistema de projeção cartográfica UTM, fuso 23 S, MC 45, com unidades de referência em metros, equivalente à imagem de Landsat TM empregada no processo de classificação.

O Modelo Digital de Elevação (MDE) é a representação digital da altimetria do terreno (superfície topográfica) e foi utilizado para o dimensionamento da bacia hidrográfica a partir dos modelos digitais de direções de fluxo e de fluxo acumulado. Em seguida determinou-se a localização da foz e obteve-se a rede de drenagem numérica à montante. Empregou-se o algoritmo adaptado por Assis (2008) em etapa de pré-processamento para fins de correção de depressões espúrias, frequentemente verificadas em MDEs.

A partir do MDE corrigido calculou-se as direções de escoamento, cujo resultado deve apresentar somente os valores correspondentes às seguintes direções cardiais 1 (E), 2 (SE), 4 (S), 8 (SO), 16 (O), 32 (NO), 64 (N) e 128 (NE). A partir do Modelo Digital de Direções de Escoamento (MDDE) obteve-se o Modelo Digital Fluxo Acumulado (MDFA), que contabiliza o número de pixels que drenam para cada pixel adjacente no sentido de montante à jusante na bacia hidrográfica. O próximo passo foi identificar o pixel de maior fluxo acumulado na bacia do ribeirão Conquistinha e criar um arquivo vetorial do tipo ponto para a determinação da foz. A partir do arquivo vetorial da foz e do MDDE delimitou-se a área de drenagem da bacia hidrográfica do ribeirão Conquistinha através do algoritmo de crescimento de regiões. A extensão aproximada calculada é de 230,20 km² abrangendo parte dos municípios de Uberaba e Delta.

A rede de drenagem numérica da bacia do ribeirão Conquistinha foi determinada por procedimento de avaliação condicional de expressões operada no MDFA, em abordagem por pixel. Neste procedimento cada pixel é avaliado em relação à sua capacidade de acumulação de fluxo. Se o valor do

pixel do MDFA em avaliação for maior que o valor especificado pelo analista, por exemplo, 1000 unidades, a expressão é assumida verdadeira e o pixel é assinalado com o valor 1, caso contrário a expressão é assumida como falsa e o pixel recebe valor nulo. Uma vez que a resolução espacial do MDE é 30 metros, a área de drenagem mínima que representa o início da rede de drenagem numérica corresponde a 90 hectares. A partir dela localizou-se os pontos de amostragem de água utilizados para determinação dos parâmetros que constituem o IQA. A área de drenagem obtida pelo processamento digital de imagens permitiu recortar o mapa de uso e cobertura do solo da bacia do ribeirão Conquistinha.

Resultados e Discussão

Por meio da técnica de classificação de imagens obteve-se o mapa apresentado na Figura 2 que ilustra a cobertura da terra da bacia do ribeirão Conquistinha em junho de 2011. Esse mapa identifica as categorias: áreas agrícolas, vegetação nativa, área antropizada, pastagem e água. Verificou-se que cerca de 42% da área da bacia é coberta por áreas agrícolas, cuja cultura predominante é cana-de-açúcar, conforme constatação por visitas a campo com receptor GNSS de navegação para localização das classes informacionais amostradas. Esta afirmação é corroborada por estudo recente que constata cerca de 36% de área cultivada pela cana-de-açúcar na região do Triângulo Mineiro em 2013 (Petronzio, 2014). A pastagem também apresenta valores representativos, da ordem de 30% da cobertura do solo. Áreas antropizadas correspondem a cerca de 20%, expressivamente representada pela urbanização da cidade de Uberaba no eixo noroeste-sudeste do mapa. Entre outros fatores, observa-se que o padrão de ocupação humana se verifica as margens de rodovias (feições lineares). Outro aspecto importante é que cerca de 8% da área da bacia é coberta com vegetação nativa remanescente e a superfície aquosa apresenta apenas 0,09% do total.

A Figura 2 apresenta a malha de drenagem, cobertura do solo, limite da bacia e os pontos do IQA. O córrego Desbarrancado é representado pelo

valor 1, o córrego dos Carneiros pelo valor 2 e o valor 3 para o ribeirão Conquistinha. Verifica-se ainda que haja mananciais cujas nascentes encontram-se em área antropizada e/ou percorrem essa forma de cobertura do solo. Estes apresentaram resultados inferiores de categorias do IQA em relação ao manancial que não percorre área urbana e possui nascente em área rural (área agrícola e pastagem), conforme gráfico ilustrado na Figura 3. A baixa qualidade da água deve-se à contaminação humana nas áreas próximas aos córregos Desbarrancado e dos Carneiros. Adicionalmente, as

regiões de cabeceira são notadamente mais frágeis por apresentarem menor vazão e, portanto, menor capacidade de depuração. Em estudo realizado em bacia hidrográfica rural localizada na região da Mata Atlântica, Pinheiro et al. (2014) avaliaram a relação entre o uso do solo e a qualidade da água e concluíram que áreas preservadas, notadamente de mata nativa, apresentaram melhores resultados, enquanto as áreas urbanizadas, mesmo que em pequena porção do solo, resultaram em valores de parâmetros indicadores que superaram os máximos admitidos estabelecidos na legislação.

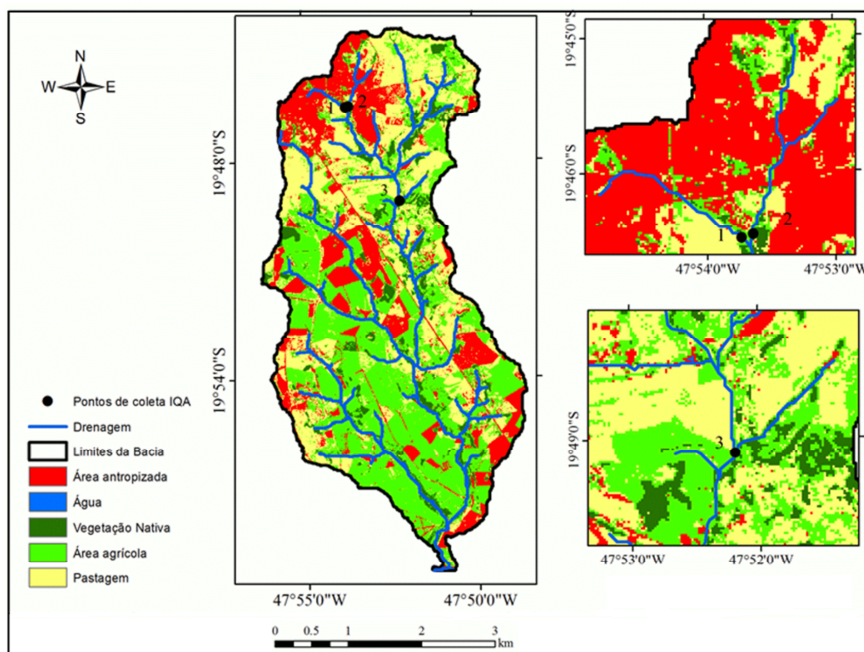


Figura 2. Mapa de cobertura do solo da Bacia do ribeirão Conquistinha em junho 2011, rede de drenagem numérica representando os córregos do Desbarrancado (1), dos Carneiros (2) e ribeirão Conquistinha (3) com respectivos pontos de amostragem da água utilizados para determinar o IQA.

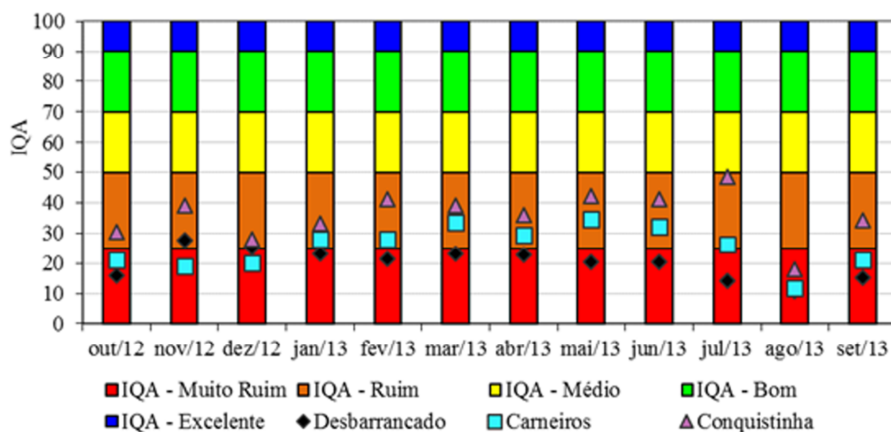


Figura 3. Resultados do IQA, no córrego Desbarrancado, córrego dos Carneiros e ribeirão Conquistinha.

A variação do IQA nos três mananciais monitorados no período de outubro de 2012 a setembro de 2013 apresentou os piores resultados para o Córrego Desbarrancado, conforme se observa no gráfico da Figura 3. Os resultados do IQA referentes a este manancial apontaram para 10 meses na categoria *muito ruim*, cujos valores oscilaram de 10,7 (agosto de 2013) a 27,7 (novembro de 2012) e seu valor médio observado igual a 20. Os resultados indicam que o córrego dos Carneiros apresentou 5 meses na categoria *muito ruim* de IQA e seus extremos variaram de 11,8 (agosto de 2013) a 34,8 (maio de 2013) com valor médio de 25,5. No ribeirão Conquistinha o menor valor foi de 18,1 em agosto de 2013 e o maior de 48,3 em julho de 2013 com média de 35,9. Esse curso hídrico apresentou 11 meses na categoria *ruim*.

A rede de drenagem do ribeirão Conquistinha nos pontos analisados não apresentou resultados de IQA nas categorias *médio*, *bom* ou *excelente* em nenhum dos meses do período analisado. Os três mananciais oscilaram nas categorias de IQA *muito ruim* e *ruim* e os piores resultados encontrados são referentes ao mês de agosto de 2013, provavelmente por ser o final do período seco do ano hidrológico na região, época em que a vazão dos rios se encontra reduzida. O estudo permitiu verificar ainda que os parâmetros mais influentes na determinação do IQA foram DBO, coliformes fecais e fosfatos, neste caso indicadores de contaminação pela presença humana.

A forma pela qual os seres humanos usam e ocupam o solo tem implicação na qualidade da água. O despejo de efluentes domésticos e industriais, a aplicação de defensivos agrícolas, contribuem negativamente na qualidade da água, pois introduzem compostos que podem alterar as características do curso hídrico (Von Sperling, 2007). Observou-se em campo a disposição inadequada de resíduos no córrego dos Carneiros e o acúmulo de efluentes no córrego Desbarrancado, além do lançamento de esgoto. Estas ações constantes ou frequentes provocam a perda de qualidade da água dos mananciais da bacia de estudo. Xiao et al. (2016) afirmam que em escalas menores, como é o caso do ribeirão Conquistinha, as áreas antropizadas

desempenham influência significativa na qualidade da água, em consequência de efluentes domésticos e industriais.

Conclusões

Este estudo possibilitou estabelecer um marco referencial para monitoramento da qualidade hídrica ao longo de um ano hidrológico e caracterizar a ocupação territorial antes da operação da ETE-Conquistinha, o que permitirá avaliar sua eficiência em diferentes cenários futuros. Adicionalmente se destaca a urgência de operação da referida ETE, pois a baixa qualidade da água verificada na região da nascente prejudica sobremaneira os usuários à jusante, que se definem majoritariamente por atividades de agricultura e pecuária, portanto necessitam de água de boa qualidade para manutenção de suas atividades produtivas;

A análise integrada dos recursos hídricos a partir dos resultados de cobertura do solo e de IQA permitiu concluir que em regiões onde a presença humana é maior, também é a degradação da qualidade da água, já em regiões rurais os resultados foram um pouco melhores. Desse modo, a qualidade de água está fortemente relacionada à influência humana na região. Portanto, qualquer planejamento da expansão urbana na região da bacia do ribeirão Conquistinha deve se atentar para a garantia da qualidade ambiental, especialmente quanto aos recursos hídricos, que já se encontra em situação de degradação.

Agradecimentos

Agradecemos ao Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) pela planilha eletrônica utilizada no cálculo do IQA e ao Centro Operacional de Desenvolvimento e Saneamento de Uberaba (CODAU) pela realização das análises físico-químicas nas amostras de água.

Referências

APHA - American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater.

- American Water Works Association**, Water Environmental Federation, 20th ed. Washington: American Public Health Association, 1998.
- ASSIS, L. C. **Uso de informações contextuais no processo de classificação de imagens do Sensoriamento Remoto**. Viçosa-MG: Universidade Federal de Viçosa, 2008. 139 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Viçosa, 2008.
- CODAU - Centro Operacional de Desenvolvimento e Saneamento de Uberaba. **Plano de controle ambiental da estação de tratamento de esgoto Conquistinha**. 2008.
- CODEMIG - Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais. **Mapeamento Geológico**. Disponível em: <http://www.comig.com.br/>. Acesso em: 10 ago. 2013.
- CRUZ, L. B. S. **Diagnostico ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Uberaba - MG**. Campinas-SP: Universidade Estadual de Campinas, 2003. 181 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Estadual de Campinas, 2003.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Clima**. Disponível em: <http://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>. Acesso em: 12 mai. 2015.
- FONSECA, V. M. **O gigante de pés de barro: Capitalismo e desenvolvimento sustentável**. 2012. 334 f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- GALVÍNCIO, J. D., SOUZA, F. A. S., SHIRINIVASAN, V. S. Análise do relevo da Bacia Hidrográfica do Açude Epitácio Pessoa. **Revista de Geografia**, Recife, p.54-69.
- GRIPP JÚNIOR, J. Ortorectificação de imagens de alta resolução para aplicação em Cadastro Técnico Rural e mapeamento de áreas de preservação permanente e reservas legais. Viçosa-MG: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 174 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa, 2009.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. **Cidades**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 10 ago. 2013.
- MATHER, P. M. **Computer processing of remotely sensed images: an introduction**. 3 Ed. Chichester: John Wiley & Sons. 2004.
- MENESES, P. R., ALMEIDA, T. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: UnB. 2012.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. 2013. **Bioma Cerrado**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>. Acesso em: 31 ago. 2015
- MUGGLER, C. C., CARDOSO, I. M., RESENDE, M., FONTES, M. P. F., ABRAHÃO, W. A. P., CARVALHO, A. F. **Conteúdos básicos de geologia e pedologia**. Viçosa. 95 p. Disponível em: http://www.cefetbambui.edu.br/grupos_de_estudo/gesa/download/livros/geologia_e_%20pedologia_do_solo.pdf. Acesso em: 12 mai. 2015.
- PETRONZIO, J. A. C. **A expansão canavieira na mesorregião Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba de 2000 a 2013**. Uberlândia-MG: Universidade Federal de Uberlândia, 2014. 95 p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Uberlândia, 2014.
- PINHEIRO, A.; SCHOEN, C.; SCHULTZ, J.; HEINZ, K. G. H; PINHEIRO, I. G.; DESCHAMPS, F. C. Relação entre o uso do solo e a qualidade da água em bacia hidrográfica rural no Bioma Mata Atlântica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 3, p.127-139, 2014.
- PMU - Prefeitura Municipal de Uberaba. 2009. **Uberaba em dados: infraestrutura**. Disponível em: http://www.uberaba.mg.gov.br/portal/acervo/desenvolvimento_economico/arquivos/uberaba_em_dados/Edicao_2009/capitulo_02.pdf. Acesso em: 10 ago. 2013.
- SÁ JÚNIOR, A. **Aplicação da classificação Köppen para o zoneamento climático do Estado de Minas Gerais**. Lavras-MG: Universidade Federal de Lavras, 2009. 101 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Lavras, 2009.
- SANTOS, H. G.; FIDALGO, E. C. C.; COELHO, M. R.; ÁGLIO, M. L. D. **Cultivo do Arroz de Terras Altas no Estado de Mato Grosso**. Sistemas de Produção Embrapa, n. 7. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozTerrasAltasMatoGrosso/solos.htm#lvd>. Acesso em: 12 mai. 2015.
- SARDINHA, D. S.; CONCEIÇÃO, F. T.; SOUZA, A. D. G.; SILVEIRA, A.; De JULIO, M.; GONÇALVES, J. C. S. I. Avaliação da qualidade da água e autodepuração do ribeirão do meio, Leme (SP). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 13, n. 3, p. 329-338. 2008.
- Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais – SEMAD – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais. **Sistema de Cálculo da Qualidade da Água (SCQA): Estabelecimento das Equações do índice de Qualidade das Águas (IQA)**. 2005. Disponível em: <http://www.engenhariaambiental.unir.br/admin/prof/arq/calculo-IQA.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2016.
- TOLEDO, L. G. & NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacias sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agricola**, Jaguariúna, v. 59, n. 1, p.181-186, 2002.
- Von SPERLING, M. **Estudo e modelagem da água de rios**. 1ª Ed. Belo Horizonte: UFMG, 2007. 588p.
- Von SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2ª ed. Belo Horizonte: UFMG. 1996.
- XIAO, R.; WANG, G.; ZHANG, Q.; ZHANG, Z. Multi-scale analysis of relationship between landscape pattern and urban river water quality in different seasons. **Nature**, 6, 25250; doi: 10.1038/srep25250, 2016.