



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS – UEG
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM AMBIENTE E
SOCIEDADE**

ANA PAULA APARECIDA DE OLIVEIRA ASSIS

**QUALIDADE DA ÁGUA DO Córrego da Formiga associada ao uso e
cobertura do solo em Quirinópolis (GO)**

MORRINHOS/GO
2016

ANA PAULA APARECIDA DE OLIVEIRA ASSIS

**QUALIDADE DA ÁGUA DO CÓRREGO DA FORMIGA ASSOCIADA AO USO E
COBERTURA DO SOLO EM QUIRINÓPOLIS (GO)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Ambiente e Sociedade, da Universidade Estadual de Goiás, como parte das exigências para o título de Mestre em Ambiente e Sociedade.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Rogério Giongo.

MORRINHOS/GO

2016

TERMO DE APROVAÇÃO

QUALIDADE DA ÁGUA DO CÓRREGO DA FORMIGA ASSOCIADA AO USO
E COBERTURA DO SOLO EM QUIRINÓPOLIS (GO)

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Pedro Rogério Giongo

UEG - Campus Santa Helena de Goiás/Morrinhos - Orientador



Prof. Dr. José Henrique da Silva Taveira

UEG - Campus Santa Helena de Goiás - Membro da Banca Examinadora



Prof. Dr. Marcos Antônio Pesquero

UEG - Campus Morrinhos - Membro da Banca Examinadora

APROVADA em 10 de Novembro de 2016.

"O êxito da vida não se mede pelo caminho que você conquistou, mas sim pelas dificuldades que superou no caminho".

Abraham Lincoln

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pela vida, proteção, força, foco e fé nos momentos difíceis, por proporcionar-me muitos momentos felizes e por estar sempre comigo.

Aos meus pais Lázaro e Maria, pelo constante apoio, incentivo, exemplo de vida, dedicação, amor, fé, força, e aos meus irmãos, Renata e Fabrício, pela alegria e momentos felizes e pelo amor incondicional que me proporcionam. Pelo companheirismo e apoio nesta jornada. Vocês são muito importantes para mim.

Ao professor Dr Pedro Rogério Giongo, pela orientação, pela paciência, ensino, apoio, incentivo e amizade. Muito obrigada!

Ao Laboratório de Análise de Água da SANEAGO (Companhia de Saneamento de Goiás S/A) unidade Santa Helena de Goiás, pela realização das análises de água e em especial, ao senhor Ademilton Borges (Gerente) e Antônio Francisco (Coordenador do Laboratório) pelo apoio e autorização para participar de um processo de análise de água para conhecer o laboratório e os procedimentos adotados para cada parâmetro analisado.

A amiga Grazielly pela amizade verdadeira, paciência nos momentos difíceis, apoio e ajuda durante as nossas viagens e nos momentos da vida.

A minha sogra e meu sogro, Diva e Norival, pelo apoio e motivação, me incentivando a continuar com força, fé e determinação.

Ao meu amor José Antônio, pelo apoio, incentivo, força, amor incondicional, paciência e auxílio nos trabalhos de campo.

Aos amigos mestrados Renata, Sandro, Ramariz, Gabriela e Cristielly pela paciência, pelos ensinamentos, amizade e apoio.

A todos que de alguma maneira contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Assis, Ana Paula Aparecida de Oliveira. **Qualidade da água do córrego da Formiga associada ao uso e cobertura do solo em Quirinópolis (GO)**. Dissertação de Mestrado em Ambiente e Sociedade. UEG. Morrinhos-GO. 80 p.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar os parâmetros de classificação da qualidade da água, por meio de análises de água, assim como mensurar as vazões do curso do córrego da Formiga em um ciclo hidrológico. Utilizar as ferramentas de geotecnologias para caracterização da microbacia do Córrego da Formiga e identificação das práticas de uso e ocupação do solo e a qualidade da água. O estudo foi desenvolvido a partir de pesquisas na literatura específica aos assuntos abordados, em análises de água, sendo coletada e avaliada a qualidade da água e vazão em cinco pontos amostrais do curso de água (P1 (nascentes), P2, P3, P4 e P5 (foz)). Para as análises de água (análise trimestral) foram avaliados parâmetros físicos, químicos e biológicos (temperatura, turbidez, cor aparente, pH, alcalinidade total, dureza total, cloretos, sólidos totais dissolvidos, nitrato, nitrito, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, DBO, ferro total, manganês, coliforme total e índice de Escherichia coli), que foram realizadas pelo órgão de saneamento de Goiás. Os parâmetros da análise de água em escala temporal foram submetidos à análise estatística pelo teste F, e quando significativo aplicou-se o Teste de Tukey, para análise espacial aplicou-se a análise multivariada o PLS-DA. O uso de geotecnologias auxiliou no georreferenciamento das análises de água, do mapeamento temático, da caracterização do geoprocessamento e elaboração de mapas temáticos como mapas de suscetibilidades erosivas, elaborados a partir da relação entre uso e ocupação do solo, da proximidade de vias rodoviárias, da declividade, dos tipos de solos e outros. Os parâmetros de qualidade da água foram enquadrados na classe III, de acordo com o CONAMA - Resolução nº357/2005. A qualidade de água no córrego da Formiga apresentou melhores resultados nos pontos P2 e P5, enquanto que, os demais apresentam estabilidade da qualidade no tempo. As vazões influenciadas pelo regime de chuvas têm correlação direta positiva para alguns parâmetros, enquanto que negativa para outros. Pela análise multivariada (PLS-DA), observa-se que os pontos são considerados distintos entre P1, P2, P3 e P5, e que os parâmetros com maior SCORES foram: pH, alcalinidade, cálcio e dureza. A antropização da bacia aumentou as classes de susceptibilidade erosiva nas classes baixas, média e muito alta, enquanto que diminuiu na classe alta.

Palavras-chaves: Análises de água. Curso d'água. Microbacia. SIG. Geotecnologias.

ABSTRACT

Assis, Ana Paula Aparecida de Oliveira. Quality of Formiga Stream's water associated to soil use and cover in Quirinópolis (GO). Master Dissertation on Environment and Society. UEG. Morrinhos-GO. 80 p.

This study aims to assess the parameters of water quality classification, through water analysis, as well as measure the course flows of Formiga Stream in a hydrological cycle. Using tools from geotechnologies for characterization of Formiga Stream's watershed and identification of land use and occupation practices and the water quality. The study was developed from research in specific literature on the subjects covered, in water analysis, being collected and assessed the water quality and the flow in five sample points of watercourse (P1 (springs), P2, P3, P4 and P5(outfall)). For the water analysis (quarterly analysis), physical, chemical and biological parameters were assessed (temperature, turbidity, apparent color, pH, total alkalinity, total hardness, chloride, total dissolved solids, nitrate, nitrite, electrical conductivity, dissolved oxygen, BOD, total iron, manganese, total coliform and Escherichia coli index), which were carried out by the Goiás Sanitation laboratory. The parameters of water analysis in time scale were submitted to statistical analysis by the F test, and when significant, the Tukey test was applied, for the spatial analysis the PLS-DA multivariate analysis was applied. The use of geotechnologies assisted in the georeferencing of water analysis, thematic mapping, geoprocessing characterization and thematic mapping as maps of erosive susceptibilities, elaborated from the relation between land use and occupation, proximity of roadways, slope, type of soils and others. The water quality parameters were classified in class III according to CONAMA - Resolution n ° 357 / 2005. The water quality in Formiga Stream presented better results in points P2 and P5, while the others presented stability time quality. The flows influenced by the rainfall regime have direct positive correlation for some parameters, while negative for others. Through the multivariate analysis (PLS-DA), it is observed that the points are considered distinct between P1, P2, P3 and P5, and that the parameters with higher SCORES, were: PH, alkalinity, calcium, and hardness. Basin anthropization increased erosive susceptibility classes in the low, middle and very high classes, whereas decreases in the high class.

Keywords: Analysis of water. Watercourse. Watershed. SIG. Geotechnologies.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 1 – MAPEAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DA MICROBACIA DO CÓRREGO FORMIGA EM QUIRINÓPOLIS/GO

Figura 1	– Mapa de localização da microbacia do Córrego da Formiga, Quirinópolis/GO.....	29
Figura 2	– Cobertura da microbacia do córrego da Formiga em imagem Landsat-8....	31
Figura 3	– Mapa de declividade (%) da microbacia do córrego da Formiga, Quirinópolis/GO.....	33
Figura 4	– Mapa hipsométrico da microbacia do córrego da Formiga, Quirinópolis/GO.....	36
Figura 5	– Usos e cobertura do solo da microbacia do córrego da Formiga, através de imagem Landsat 8, com data de passagem em 07/05/2015, na órbita/ponto 222/73.....	37

CAPÍTULO 2 – QUALIDADE DA ÁGUA DO CÓRREGO DA FORMIGA EM QUIRINÓPOLIS/GO

Figura 1	– Localização geográfica dos pontos de coleta de água no córrego da Formiga, Quirinópolis, GO.....	47
Figura 2	– Média e desvio padrão cor aparente (uC) (A), turbidez (uT) (B), Sólidos Totais Dissolvidos (mg L^{-1}) (C), Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$) (D), Temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$) (E), pH (F), Alcalinidade total (mg L^{-1} CaCO_3) (G), Dureza (mg L^{-1} CaCO_3) (H), Cloro (mg L^{-1}) (I), Nitrito (mg L^{-1} NO_3) (J), Nitrito (mg L^{-1} NO_2) (K), Oxigênio dissolvido (mg L^{-1} O_2) (L), DBO (mg L^{-1} O_2) (M), Ferro total (N), Manganês (O), Coliforme totais (NMP 100ml^{-1}) (P) e <i>Escherichia coli</i> (NMP 100ml^{-1}) (Q), em cinco pontos amostrados (trimestral, 2015), na microbacia do Córrego da Formiga, Quirinópolis, GO.....	53
Figura 3	– Componentes avaliados com relação aos pontos de coleta de água, com relação aos períodos analisados, a partir do método PLS-DA PLS-DA das componentes 1 e 2, (B) Os <i>loadings</i> das componentes 1 e 2, (C) VIP Scores e (D) Acurácia.....	60

Figura 5	–	Análise de correlação dos parâmetros de qualidade da água do Córrego da Formiga para o ano de 2015.....	61
----------	---	---	----

CAPÍTULO 3 – SUSCEPTIBILIDADE EROSIVA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DA FORMIGA, QUIRINÓPOLIS/GO

Figura 1	–	Reclassificação das variáveis para a suscetibilidade para Litologia (A), Classe de solos (B), Declividade (C), Intensidade das chuvas (D), Vigor de vegetação (E), Proximidade de vias (F) e Uso do solo (G).....	75
Figura 2	–	Mapas de suscetibilidade erosiva.....	76
Figura 3	–	Percentuais das classes de Suscetibilidade Erosiva Natural e Antropizada da Microbacia do Córrego da Formiga.....	76

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1 – MAPEAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DA MICROBACIA DO CÓRREGO FORMIGA EM QUIRINÓPOLIS/GO

Tabela 1	–	Classes de declividade e distribuição de área e percentual de cobertura da microbacia do córrego da Formiga, em Quirinópolis/GO.....	34
Tabela 2	–	Dados quantitativos dos usos do solo na microbacia do córrego Formiga, Quirinópolis/GO.....	38

CAPÍTULO 2 – QUALIDADE DA ÁGUA DO CÓRREGO DA FORMIGA EM QUIRINÓPOLIS/GO

Tabela 1	–	Datas de coleta e análise de água do córrego Formiga, Quirinópolis/GO.....	51
Tabela 2	–	Enquadramento dos corpos de água em classes (Resolução nº 357 de 17 de março de 2005) por pontos (S1 a S5) e períodos de coleta.....	50
Tabela 3	–	Resultados de medições de vazão no córrego da Formiga, Quirinópolis/GO.....	51
Tabela 4	–	Resumo da análise de Variância (QM quadrados médios) das análises de água com parâmetros físicos, químicos e biológicos para verificar a qualidade da água do Córrego da Formiga em Quirinópolis-GO, (2015).	57
Tabela 5	–	Valores médios dos parâmetros indicativos de qualidade da água monitorados em função dos períodos de amostragem das análises de água no Córrego da Formiga em Quirinópolis-GO (2015), adotando os parâmetros físicos, químicos e biológicos.....	58

CAPÍTULO 3 – SUSCEPTIBILIDADE EROSIVA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DA FORMIGA, EM QUIRINÓPOLIS/GO

Tabela 1	–	Pesos e variáveis aplicados aos mapas temáticos para geração de áreas suscetíveis a erosão.....	72
Tabela 2	–	Notas estabelecidas para os componentes de legenda.....	73

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1 Uso do solo.....	15
2.2 Área de Preservação Permanente.....	16
2.3 Solo e processos erosivos.....	17
2.4 Pastagem.....	18
2.5 Cultivo da cana-de-açúcar.....	19
2.6 Urbanização.....	20
2.7 Qualidade da água.....	20
2.8 O papel das geotecnologias na relação entre a qualidade da água e o uso e ocupação do solo.....	21
3 OBJETIVOS.....	22
3.1 Objetivo geral.....	22
3.2 Objetivos específicos.....	22
4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	22
CAPÍTULO 1 - MAPEAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DA MICROBACIA DO CÓRREGO DA FORMIGA EM QUIRINÓPOLIS/GO.....	26
1 INTRODUÇÃO.....	26
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	29
2.1 Localização da área de estudo.....	29
2.2 Materiais e procedimentos metodológicos.....	30
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
3.1 Declividade.....	32
3.2 Tipo de solo.....	34
3.3 Hipsometria.....	35
3.4 Uso e cobertura do solo.....	36
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40

CAPÍTULO 2 - QUALIDADE DA ÁGUA DO CÓRREGO DA FORMIGA EM QUIRINÓPOLIS/GO.....	43
1 INTRODUÇÃO.....	43
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	44
2.1 Área de estudo.....	44
2.2 Materiais e procedimentos metodológicos.....	45
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
3.1 Análise ambiental dos parâmetros de qualidade da água.....	51
3.2 Análises estatísticas dos parâmetros de qualidade de água.....	57
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	63
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
CAPÍTULO 3 – SUSCEPTIBILIDADE EROSIVA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DA FORMIGA, QUIRINÓPOLIS/GO.....	68
1 INTRODUÇÃO.....	68
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	70
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	73
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	78
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a qualidade das águas representa um grande desafio no Brasil que sofre com a crise hídrica devido à escassez e a alteração dos aspectos físicos, químicos e biológicos dos mananciais brasileiros. O que representa um alerta para a necessidade de planejar ações e práticas para a preservação dos recursos hídricos no país. A preocupação com a falta de água e a responsabilidade em conservá-la vem se tornando uma ação compartilhada, ou seja, todos os indivíduos, sem exceção, devem adotar de atitudes e formas para o uso consciente da água.

Com isso, esta pesquisa busca investigar a qualidade das águas do córrego da Formiga, localizado no município de Quirinópolis, cuja área de entorno do curso hídrico é de grande relevância para a região, pois este manancial é fonte de diversos usos, como para sistemas de irrigação de cana-de-açúcar, dessedentação de animais, piscicultura, entre outras formas de uso.

A proposta desta pesquisa é verificar se as práticas agrícolas associadas à monocultura canavieira, a pecuária e as atividades urbanas presentes na microbacia de estudo, estão sendo realizadas de forma adequada, ou seja, não estejam afetando a qualidade hídrica do córrego da Formiga. E a partir dos resultados, poderá equiparar-se como modelo para outras regiões que apresentem as mesmas características, ou pelo contrário, propondo medidas mitigadoras para minimizar os possíveis problemas ambientais que afetem a qualidade das águas.

Nos aspectos relacionados às práticas agrícolas, verificou-se o manejo do solo, a forma de cobertura, a existência de áreas de preservação permanente (APP), a atividade de irrigação, fertirrigação, processos erosivos e assoreamento, o uso de defensivos agrícolas, a declividade, o relevo, entre outros fatores consideráveis para esta análise, utilizando-se de sistemas de informação geográfica (SIG) e visita *in loco*.

Devido à existência de uma unidade industrial do setor sucroenergético, a qual é localizada na área da microbacia do córrego da Formiga, em Quirinópolis, proporcionou a mudança do cenário agrícola, ocasionando assim, a transição de outras atividades agropecuárias para o monocultivo da cana-de-açúcar.

Concernente ao plantio da cana-de-açúcar há uma movimentação de máquinas e implementos agrícolas que trafegam durante as fases da produção, como no plantio, no manejo e na colheita da cana-de-açúcar, que também pode representar aspectos de interferência à qualidade da água do córrego da Formiga.

Para a execução desta pesquisa, foram realizadas coletas e análises da água do córrego da Formiga, as medições de vazão e avaliação ambiental, através de visitas em campo. Utilizou-se como técnica o uso de geotecnologias por meio de imagens de satélite e SIG para realização de diagnósticos ambientais (o uso e cobertura do solo, APP, análise espacial da água), os quais serviram de subsídio para verificar se a influência do uso e da ocupação do solo associadas às práticas urbanas, e em especial, às práticas agropecuárias e agroindustriais presentes na região do manancial, as quais poderiam acusar interferência a qualidade da água.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

No Brasil, sempre se cultuou uma ideia de abundância de recursos hídricos. Baseado nesta concepção que antes prevalecia que a água era tratada como um recurso natural facilmente renovável e extremamente abundante (REBOUÇAS, 2011). Como consequência, habituou-se no mau uso e no desperdício da água, tanto nos processos de captação, de distribuição e consumo, sem uma preocupação maior com as condições necessárias para a sustentabilidade das atividades dependentes desses recursos.

A água é um recurso fundamental para a vida humana e quanto mais cresce a população mundial, maior é a necessidade deste recurso e menor a qualidade e quantidade de água potável disponível. Com isso, o Brasil encontra-se em situação privilegiada por deter em seu território cerca de 14% da água doce do mundo (PRADO, 2004). Porém, a distribuição da água no país é bastante irregular, o que faz com que algumas regiões venham a sofrer com a escassez de água e outras não, pelo contrário, terem em seu espaçamento geográfico bastante abundância de tal recurso natural, ou seja, a água.

Mesmo com toda essa disponibilidade hídrica, o Brasil sofre com a escassez dos recursos hídricos, visto que boa parte da água doce disponível para consumo não se encontra em condições de uso, cuja qualidade é afetada por fatores de ordem antrópica, como o lançamento de esgotos industriais, domésticos e agrícolas (FARIAS, 2006).

Muito se observa com relação às formas inadequadas de uso dos recursos hídricos que favorecem a escassez de água, como o processo de urbanização, o crescimento populacional, a instalação de indústrias de grande porte e a expansão das fronteiras agrícolas, vem sendo responsável pelo aumento da demanda pelo consumo de água (MÜLLER, 1996).

O desperdício de água, principalmente na agricultura, deve-se considerar que mais de 90% das áreas irrigadas no Brasil, utilizam sistemas ineficientes de irrigação, sendo cerca de

60% em espalhamento superficial, aspersão convencional chegam em torno de 18% e o uso do pivô central com aproximadamente 20% (REBOUÇAS, 2011). Com estes dados, percebe-se que há o consumo insustentável de água, assim como intenso uso de energia elétrica ou combustíveis fósseis.

O Centro-Oeste corresponde a uma região de forte expansão agrícola, através das atividades rurais que, a cada ano vêm conquistando maiores espaços e com isso, cresce as áreas ocupadas e as diferentes formas de uso do solo. Dentre as práticas realizadas, destaca-se o plantio de culturas distintas, como soja, milho, sorgo e principalmente a cana-de-açúcar, impulsionada pelas indústrias sucroenergéticas existentes no Estado de Goiás, em especial, no município de Quirinópolis, GO, corroborando para um novo modelo de uso e ocupação agrícola através da monocultura canavieira, alterando a paisagem natural, as transformações territoriais, relacionadas à inserção de grandes agroindústrias (BORGES, 2011).

A área agrícola do Município de Quirinópolis nos últimos anos passa de sistema de produção de alimentos, para fornecedora de matéria prima para agroindústrias de açúcar e etanol (BORGES, 2011), ou seja, as áreas agricultáveis passaram de grãos e de pastagem para o plantio de cana-de-açúcar. Este perfil atual pode afetar a qualidade das águas próximas às regiões de cultivo, da mesma forma, impactar as áreas de preservação permanente (APP) que desempenham função de proteção dos mananciais.

O Município de Quirinópolis encontra-se em um processo de expansão agrícola, dessa forma, percebe-se que o uso da água é de fundamental importância para o desenvolvimento regional.

Com relação aos recursos hídricos associados à demanda de uso do solo, as práticas de irrigação de culturas agrícolas utilizam a água de forma inadequada através das formas de captação, de má distribuição e uso, comprometendo assim, a disponibilidade hídrica do manancial ao longo dos anos, o que pode provocar ou acentuar a escassez das águas. Outros elementos que merecem atenção são as áreas de pastagem e urbana próximas aos cursos d'água.

A atividade de pecuária quando exercida sem os devidos cuidados representa riscos de poluição das águas através de acesso dos animais às margens dos mananciais, o pisoteio e a compactação do solo, entre outros problemas que podem provocar impactos ambientais, como erosão e carreamento de partículas do pavimento.

As atividades urbanas também representam fatores de riscos para os mananciais, isso ocorre pelo depósito de lixo, pelo despejo de efluentes, pelos resíduos de construção civil e abertura de novas áreas para o crescimento das cidades.

O córrego da Formiga é um importante recurso hídrico que atende distintos usos localizados na microbacia do córrego Formiga. Dessa forma, as análises dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água verificam a contaminação da mesma através do uso de insumos utilizados na agricultura, nas áreas próximas dos cursos d'água.

Outra importante ferramenta para a realização do estudo ambiental da microbacia do córrego da Formiga é o uso de geotecnologias através dos Sistemas de Informação Geográficas (SIG's), com intuito de avaliar a qualidade hídrica do manancial associada às atividades econômicas, como agricultura, agroindústria, pecuária, piscicultura entre outras.

Enfim, com a diversidade de atividades na área de estudo, é necessário discorrer sobre a qualidade da água, as práticas agrícolas, fontes de contaminação e o uso de geotecnologias aplicadas aos estudos ambientais, correspondendo a importantes fontes de pesquisa que norteiam o tema proposto para a formação de um novo conhecimento.

Dessa forma, vale destacar os fatores que representam vias de acesso à poluição, contaminação e degradação dos mananciais brasileiros, que seguem.

2.1 Uso do solo

O desenvolvimento das atividades agrícolas no Brasil vem contribuindo para a economia do País. E para isso, a exploração dos recursos naturais se torna cada vez mais intensiva. A forma de uso e ocupação do solo descaracteriza a paisagem natural do cerrado nas regiões centrais do Brasil, em especial, o Estado de Goiás que liderou o segundo lugar do ranking nacional em produção de grãos na safra de 2015/2016, chegando a produzir 20.927,2 mil de toneladas e crescimento de 10,4% com relação à safra anterior. Em área plantada, houve um aumento de 1,6%, chegando a 5.180,2 mil hectares (CONAB, 2016).

A agricultura moderna vem contribuindo para estes avanços no campo, valorizando a produção em massa e desvalorizando as riquezas ambientais. Outro destaque que alavancou a economia Goiana foi a produção da cana-de-açúcar. O Estado ocupa a segunda posição do ranking nacional no cultivo canavieiro, com 9,8% (891,6 mil hectares) de área plantada na safra de 2015/2016, houve um aumento de 4,4% com relação à safra anterior (CONAB, 2015). Neste mesmo segmento econômico, há a grande contribuição econômica da pecuária, que também representa um fator de degradação pela bovinocultura intensiva, ocupando milhares de hectares em gramíneas (pastagem), favorecendo a prática do desmatamento.

Para os estudos de qualidade da água é necessário conhecer as características físicas das microbacias, para poder compreender os fatores ambientais e antrópicos que possam causar a vulnerabilidade do solo a processos erosivos.

No monitoramento da qualidade da água, em conjunto com o uso do solo se utilizará do ambiente SIG para o cruzamento dos dados através de mapeamento temático e análise de Multicritérios, que torna realizável a identificação de diferentes fatores, a fim de produzir um mapa de síntese (BENAVIDES SILVA; MACHADO, 2014). Este mecanismo é possível a partir de um conjunto de técnicas aliadas na produção deste mapa. Estas técnicas consistem em realizar um:

Mapeamento de variáveis por plano de informação e na definição do grau de pertinência de cada plano de informação e de cada um de seus componentes de legenda para a construção do resultado final. A matemática empregada é a simples Média Ponderada, mas há pesquisadores que já utilizam a lógica Fuzzy para atribuir os pesos e notas (MOURA, 2007, p.2901).

Os usos de geotecnologias são utilizados na elaboração de mapa de suscetibilidade erosiva através de acesso em banco de dados espaciais, tratamento de bases existentes e confecção de mapas temáticos, para associar estas informações, que serão trabalhadas a partir da metodologia de análise de multicritério para produção de mapa de suscetibilidade erosiva, cruzando as informações referentes aos parâmetros de qualidade da água e uso e cobertura do solo da microbacia, conforme Benavides Silva e Machado (2014).

Derisio (2012, p. 77) explica que “os problemas de aplicação de defensivos agrícolas em áreas de cultivo, dos excrementos de animais, dos fertilizantes e da erosão, por se tratar de fatores de maior significância para a realização de um diagnóstico agropastoril.” Tais problemas são tratados a seguir conforme relação com a qualidade da água do córrego da Formiga e o uso e ocupação do solo na microbacia hidrográfica.

2.2 Área de Preservação Permanente

As vegetações que compõem as Áreas de Preservação Permanente realizam um importante papel ambiental, pois atuam na proteção dos recursos hídricos e da biodiversidade, auxilia na prevenção a processos de assoreamento e poluição dos mananciais (POLLO, 2013).

A destruição da cobertura vegetal natural vem acontecendo há décadas, principalmente pela expansão dos cultivos agrícolas. A área de preservação permanente

(APP), de acordo com a Lei 12.651 do Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012), é considerada como “área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”.

A vegetação seja nativa ou não, a qual compõe a faixa de proteção ao longo das margens dos cursos d'água (matas ciliares), as quais também desempenham papel fundamental a qualidade da água, pois, além de proteger contra os impactos ambientais, realiza a manutenção hídrica, regula a temperatura, proporciona estabilidade do solo, regulariza os ciclos de nutrientes da água. A necessidade de monitorar a APP tem como objetivo propor medidas de proteção e recuperação em propriedade que há o descumprimento legal.

Outro fator importante retratado pelo Código Florestal Brasileiro – Lei 12.651/2012, que as APP em áreas consolidadas, ou seja, que foram desmatadas no período antecedente a 22 de julho de 2008 são obrigadas a recuperar as faixas de APP, de acordo com o tamanho da propriedade rural. Sendo estas recomposições de 5 a 30 metros, conforme o módulo fiscal de cada região. No município de Quirinópolis, um módulo fiscal equivale a 30 ha. As demais APP, as quais se encontram preservadas com 30m de extensão, estas possuem a obrigatoriedade de serem mantidas e conservadas.

2.3 Solo e processos erosivos

Os problemas provenientes do uso irracional do solo, principalmente pela agricultura, acarretam vários danos ambientais, como por exemplo, os processos erosivos.

O solo, por influenciar e sofrer a ação dos processos erosivos, conferindo maior ou menor resistência, constitui o principal fator natural relacionado à erosão. Sua influência deve-se as suas propriedades física, química, biológica e mineralógica (GUERRA, 2005). As características do solo acarretam de forma significativa à ocorrência de erosão, principalmente ligadas as práticas agrícolas.

Para Mafra (2005), os solos se comportam distintamente com relação a vulnerabilidade à erosão, devido a características como a textura, a estrutura, a consistência, o desenvolvimento do perfil do solo, a quantidade de matéria orgânica, entre outros aspectos que favorecem a erosão do solo. A autora relata ainda que, a erosão do solo é mais intensa

onde águas de precipitações não conseguem ser filtradas, potencializando o carreamento de particulados no seu fluxo.

Jorge e Guerra (2013) relatam que as principais causas de erosão competem às atividades como agricultura e pecuária sem adoção de práticas conservacionistas, ao cultivo de lavouras e bovinocultura em áreas de morros e topos com declividade acentuada (acima de 45°), sem o uso de medidas de conservação e manejo, trilhas abertas por animais e a compactação do solo por mecanização agrícola, entre outros exemplos que propiciam a abertura de canais por onde a água escoar com facilidade.

A adoção de medidas efetivas de controle preventivo e corretivo da erosão depende do entendimento correto dos processos relacionados com a dinâmica de funcionamento hídrico do terreno (GUERRA, 2005).

2.4 Pastagem

As áreas de pastagem correspondem ao uso do solo através de cobertura vegetal de baixo e médio porte (GUERRA, 2005), representada por espécies exóticas, característica a gramínea, com intensa atividade antrópica, principalmente através da pecuária de modo geral. A pastagem existente a região do córrego da Formiga representa a segunda maior parcela de ocupação do solo, devido ao cultivo acelerado da cana-de-açúcar que se encontra em maior área ocupada neste território.

Segundo Silva *et al.* (2012), isso acontece devido a transformação do uso da terra, convertendo áreas de vegetação para gramíneas (pastagem), esse comportamento gera a perda de solo e degradação, pois, as vegetações rasteiras permitem o escoamento da água com maior facilidade, com mínimo processo de absorção, contribuindo para a suscetibilidade erosiva.

Dessa forma, entende-se que, o manejo da pastagem é de suma importância para evitar possíveis impactos ambientais que possam comprometer a qualidade das águas do córrego da Formiga. O manejo adequado da pastagem requer medidas como a prática do piquete, onde os animais permanecem em regime de rodízio, com irrigação dos piquetes, utilização dos bebedouros para evitar o acesso dos animais em APP, tornando possível dirimir impactos ao meio aquático.

2.5 Cultivo da cana-de-açúcar

O cultivo da cana-de-açúcar pode ser em vários tipos de solo, com texturas diferenciadas, em terrenos com declividade de até 12%. Suporta temperaturas extremas, porém, com boa disponibilidade de água no solo, sobre características climáticas favoráveis e condições térmicas e hídricas satisfatórias (BORGES, 2011).

A cana-de-açúcar demanda de grande quantidade de água, necessitando de 250 partes de água para formar uma parte de matéria seca na planta com 125 mm de armazenamento no solo (BORGES, 2011), por isso, na maioria das vezes faz-se necessário a complementação de água no solo através de irrigação. A disponibilidade de água nos ambientes produtivos representa uma das principais causas que afetam o crescimento e o desenvolvimento da cana-de-açúcar.

A degradação, então, se inicia, a não ser que medidas especiais sejam tomadas para proteger a estrutura do solo e manter a fertilidade (ARAÚJO; ALMEIDA; GUERRA, 2011), por isso é importante o manejo correto do solo, especialmente em áreas de cultivo intensivo. Borges (2011) relata as técnicas divulgadas pela Embrapa no *Manual de métodos de análise de solos* referente às práticas a serem seguidas para o manejo adequado do solo no plantio da cana-de-açúcar.

- usar o solo de acordo com sua aptidão agrícola; - fazer a correção do solo, sobretudo o que diz respeito à acidez, a saturação por alumínio e a baixa fertilidade;
- observar o teor de argila (se estiver próximo do limite de 15%, cuidados especiais com manejos intensivos, principalmente em sistemas irrigados); - manter o solo coberto a maior parte do tempo, principalmente em períodos de chuvas (EMBRAPA *apud* BORGES, 2011, p. 76).

Com relação à questão do solo, práticas inadequadas proporcionam a redução do pousio, da infertilidade ou saturação através do uso exagerado de adubos e fertilizantes e impactos ambientais pela irrigação (ARAÚJO; ALMEIDA; GUERRA, 2011). Por isso, é de suma importância o uso de medidas eficientes para utilização do solo, evitando assim, de forma significativa, a degradação do meio-ambiente, e consecutivamente futuros impactos ambientais relacionados principalmente aos recursos hídricos.

O cultivo da cana-de-açúcar em grandes áreas demanda a utilização intensiva de defensivos agrícolas, assim como na adubação de nutrientes, sendo os mais importantes para esta cultura o nitrogênio (N) e o fósforo (P), que configuram uma melhoria importante na produtividade da cana-de-açúcar (BORGES, 2011).

2.6 Urbanização

O processo de urbanização quando ocorre próximo a cursos d'água, representa fatores de degradação para a qualidade das águas. Isso acontece devido o descarte de resíduos nos mananciais, de animais mortos, de entulho e despejo de esgotos (doméstico e industrial).

A expansão urbana em direção aos cursos das bacias hidrográficas provoca diversos impactos, através de obras como impermeabilização, drenagem de terrenos úmidos, canalizações que interferem nas condições naturais dos mananciais (BINDA; FRITZEN, 2013).

Um dos grandes problemas da urbanização para os recursos hídricos são as descaracterizações das áreas de preservação permanente, provocadas pela implantação de obras, de atividades de lazer, de empreendimentos que na maioria das vezes não respeitam estas áreas e com a falta de fiscalização permanecem instaladas nestes locais, causando a transformação da paisagem, provocando instabilidade geológica, assim como impactando a fauna e a flora (COLET, 2012).

Com a falta de cobertura vegetal, outros problemas ambientais são ocasionados nas bacias hidrográficas, como os processos erosivos, carreamento de material e produtos para os mananciais entre outros impactos. Sem falar nos casos que envolvem a poluição da água como mencionado anteriormente.

Dessa forma, estas transformações em uma bacia hidrográfica, ocasionadas pelo uso e ocupação do solo, representam fontes de impactos ambientais aos cursos d'água, caso não tenha medidas de preservação que evite tais problemas (SILVA *et al.*, 2016).

2.7 Qualidade da água

A água é fundamental para a existência, sem ela não haveria vida. A disponibilidade hídrica na Terra consiste em 97,5% representa a água salgada, a água potável no mundo chega em torno de 2,5% do total, distribuída em 29,9% água subterrânea doce, 68,9% calotas polares e geleiras, 0,3% rios e lagos e 0,9% outros reservatórios (SHIKLOMANOV, 1993 *apud* TUNDISI; TUNDISI, 2011).

Há Políticas Nacionais de Recursos Hídricos e demais legislações brasileiras que visam à proteção das águas e as formas de uso, porém, o não cumprimento coloca o Brasil em desvantagem, pois apesar de ser um dos países com a maior quantidade de água doce

disponível no planeta, com cerca de 14%, também é um dos que mais polui os recursos hídricos (TUNDISI, 2008).

No Brasil, a qualidade das águas é classificada de acordo com padrões estabelecidos pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), pela Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, que destina os corpos hídricos brasileiros para o uso adequado das águas e estabelece condições e padrões de lançamentos.

Para avaliação da qualidade da água dos recursos hídricos, há vários métodos que utilizam de análises de água física, química e biológica, para identificação das concentrações dos parâmetros estabelecidos pela Resolução do CONAMA nº 357. A partir das concentrações obtidas, realiza o enquadramento do manancial em classes (I, II, III e IV).

As classes vão restringindo os usos destinados a cada tipo de curso d'água, sendo mais rigorosos para classe I e II, que exige padrões de maior qualidade para seu uso, destinados a consumo humano, contato direto, irrigação de hortaliças, aquicultura, entre outros fins (BRASIL, 2005).

A qualidade da água pode ser afetada por fatores de ordem natural ou antrópica, através de práticas urbanas, industriais e agrícolas não planejadas. A utilização intensa do solo e as formas de uso e ocupação sem o devido manejo causam degradação nas microbacias hidrográficas, intensificado, principalmente pelos efeitos erosivos do solo, que transportam sedimentos para os cursos d'água (NÓBREGA *et al.*, 2015), comprometendo parâmetros como turbidez, sólidos totais dissolvidos, condutividade elétrica, cor, ferro e manganês, entre outros (SPERLING, 2005).

Por isso, é necessário estabelecer medidas de prevenção para um uso sustentável das microbacias hidrográficas, a fim de conservar os recursos hídricos.

2.8 O papel das geotecnologias na relação entre a qualidade da água e o uso e ocupação do solo

As inovações tecnológicas permitem no campo do conhecimento avançar nas pesquisas de forma rápida e precisa. Assim são as geotecnologias que proporcionam através de sensoriamento remoto, banco de dados e ferramenta computacional para a manipulação de informações para a obtenção de um produto (os mapas).

De acordo com Ibrahim (2014, p. 76), “desde a década de 1980, que há o uso de aplicativos, hardwares e softwares específicos do Sistema de Informação Geográfica (SIG) que foram surgindo para áreas como: agricultura, meio ambiente, transportes”, entre outros.

Em virtude da aptidão e uso agrícola das microbacias, os parâmetros de qualidade da água, as medidas de vazão e análises de solo, são dados necessários para juntamente com o uso de tecnologias de SIG, caracterizar ambientalmente as bacias hidrográficas, relacionando os possíveis pontos que oferecem riscos de contaminação, afim de estabelecer medidas e ações necessárias para o planejamento das atividades econômicas da região.

2 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

- Identificar e quantificar os usos do solo e caracterizar a microbacia do córrego da Formiga no município de Quirinópolis/GO, com o uso de geotecnologias e ferramentas de SIG.

3.2 Objetivos específicos

- Elaborar mapas temáticos: Hipsometria, declividade, solos, recursos hídricos e cobertura do solo para caracterização da microbacia do córrego da Formiga;
- Identificar e quantificar os usos dos solos no córrego da Formiga, com o uso de imagens de satélite de média resolução;
- Identificar áreas com potencial de risco de contaminação da água do córrego Formiga.
- Avaliar a oferta e a qualidade de água do córrego da Formiga, por meio de parâmetros químicos, físicos e biológicos;
- Elaborar mapa de suscetibilidade erosiva da microbacia do córrego da Formiga.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUJO, G. H. S.; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T. *Gestão Ambiental de áreas degradadas*. 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. 322 p.

BENAVIDES SILVA, V. C.; MACHADO, P. S. “SIG na análise ambiental: susceptibilidade erosiva da bacia hidrográfica do córrego Mutuca, Nova Lima – Minas Gerais”. *Revista de Geografia*. Universidade Federal de Pernambuco, v. 31, n. 2, 2014.

BINDA, A. L., FRITZEN, M. Uso do solo urbano e alterações na rede de drenagem da bacia hidrográfica do Lajeado Passo dos Índios, Chapecó-SC. *Geografia Ensino & Pesquisa*, v. 17, n. 2, maio./ago. 2013.

BORGES, V. M. S. *Formação de uma nova centralidade no setor sucroenergético no cerrado: o caso de Quirinópolis, Estado de Goiás*. Goiânia, 2011. Disponível em: <http://bdtd.ufg.br/tesesimplificado/tde_arquivos/46/TDE-2012-12-03T120050Z2225/Publico/Tese%20Vonedirce%202011.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2015.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA (2005). *Resolução nº 357 - 17 de março de 2005*. 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. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 02 fev. 2016.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. *Lei 12.651, de 25 de maio de 2012*. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>. Acesso em: 21 jul. 2015.

COLET, K. M. *Avaliação do impacto da urbanização sobre o escoamento superficial na bacia do córrego do Barbado, Cuiabá-MT*. Cuiabá, 2012. Dissertação de mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO. Disponível em: <<http://200.129.241.80/ppgeea/sistema/dissertacoes/61.pdf>>. Acesso em: 07 out. 2016.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. *Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar*. v. 1, Brasília, 2015. Disponível em <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_04_13_08_49_33_boletim_cana_portugues_-_1o_lev_-_15-16.pdf>. Acesso em: 04 fev. 2016.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. *Acompanhamento da safra brasileira de grãos*. v. 3, SAFRA 2015/16, n. 5, Brasília, 2016. Disponível em http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_02_04_11_21_34_boletim_graos_fevereiro_2016_ok.pdf>. Acesso em 04 fev. 2016.

DERÍSIO, J. C. *Introdução ao controle de poluição ambiental*. 4. ed. atual. São Paulo: Oficina de textos, 2012.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias. *Manual de métodos de análises de solo*. Centro nacional de pesquisas de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997.

FARIAS, M. S. S. *Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Cabelo*. Campina Grande, 2006, 152p. Tese de Doutorado – Centro de Tecnologia em Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba. 2006, 152p.

GUERRA, A. J. T. O início do processo erosivo. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELLO, R. G. M. (Org.). *Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações*. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 340 p.

IBRAHIN, F. I. D. *Introdução ao geoprocessamento ambiental*. São Paulo: Érica. 2014.

JORGE, M. C. O.; GUERRA, A. J. T. Erosão dos solos e movimentos de massa – recuperação de áreas degradadas com técnicas de bioengenharia e prevenção de acidentes. In: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. (Org.). *Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas*. São Paulo: Oficina de textos, 2013.

MAFRA, N. M. C. Erosão e planificação de uso do solo. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELLO, R. G. M. (Org.). *Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações*. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 340 p.

MOURA, A. C. Reflexões Metodológicas como Subsídio para Estudos Ambientais Baseados em Análise de Multicritérios. *Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Florianópolis, Brasil. Abril de 2007. P.2899-2906.

MÜLLER, A.C. (1996). *Hidrelétricas, meio ambiente e desenvolvimento*. São Paulo: MAKRON Books. 1996.

NÓBREGA, M. D. de A. C., SILVA, N. Q., FÉLIX, T. da S., SILVA, G. A., NÓBREGA, J. Y. de L., SOARES, C. M., COELHO, D. C. Análise físico-química e bacteriológica da água de abastecimento da cidade de São Domingos-PB. *INTESA*. Pombal-PB, v.9, n. 1, p. 10 - 14 Jan/ jun. 2015.

POLLO, R. A. *Diagnóstico do uso do solo na bacia hidrográfica do Ribeirão do Paraíso no município de São Manuel (SP), por meio de geotecnologias*. – Botucatu, 2013. Dissertação Mestrado. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas.

PRADO, R. B. *Geotecnologias aplicadas à análise espaço temporal do uso e cobertura da terra e qualidade da água do reservatório de Barra Bonita, SP, como suporte à gestão de Recursos hídricos*. São Carlos, 2004, 197p. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, 2004.

REBOUÇAS, Aldo. *Uso inteligente da água*. 1. reimp. São Paulo: Escrituras Editora, 2011.

SHIKLOMANOV, I. World fresh water resources. In: GLEICK, P. H. (Ed.). *Water in crisis: a guide to the world's fresh water resources*. Pacific Institute for studies in Development, Environment and Security, Stockholm Environmental Institute, 1993. p.13-23.

SILVA, L. F. T. C.; CASTRO, U. N.; GUERRA, A. J. T.; LIMA, F. S.; MENDE, S. P.; BEZERRA, J. F. R. “Degradação ambiental em áreas destinadas à pecuária na sub-bacia hidrográfica do rio Sana, Macaé – RJ”. *Revista de Geografia*. Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco-PE, v. 29, no. 1, mar. 2012.

SILVA, R. F. SANTOS, V. A., GALDINO, S. M. G. Análise dos impactos ambientais da Urbanização sobre os recursos hídricos na sub-bacia do Córrego Vargem Grande em Montes Claros-MG. *Caderno de Geografia*, v. 26, n. 47, 2016. Disponível em <http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/p.2318-2962.2016v26n47p966/10148>>. Acesso em: 08 out. 2016.

SPERLING, M. V. *Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos*. ed. 3, Belo Horizonte: UFMG. 2005, 452p.

TUNDISI, J. G. “Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções”. *Revista Estudos avançados*. São Paulo. v.22, n.63, 2008.

TUNDISI, J. G., TUNDISI, T. M. *Recursos hídricos no século XXI*. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

CAPÍTULO 1

MAPEAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DA MICROBACIA DO CÓRREGO DA FORMIGA EM QUIRINÓPOLIS/GO

RESUMO

Este estudo tem como objetivo mapear e caracterizar a microbacia do córrego da Formiga, localizado no município de Quirinópolis/GO, utilizando geotecnologias, na elaboração de mapas temáticos, a fim de identificar o uso e ocupação do solo, a declividade, a área da microbacia hidrográfica, a cobertura do solo, entre outros aspectos fisiográficos. Para confecção dos mapas temáticos utilizou-se dos programas QGIS 2.14 e SPRING 5.2.6, além de cartas geográficas, imagens de satélite do Landsat 8 e banco de dados disponíveis pelo IBGE, INPE e SIEG. Dentre os mapas confeccionados, destacam-se as áreas de preservação permanente (APP), os usos do solo com o cultivo da cana-de-açúcar, de pastagem, os pontos de coleta das amostras de água, os pontos de medição de vazão, a montante e a jusante no córrego da Formiga. Verifica que mais de 90% da área da bacia tem declividade inferior a 9%, e que os usos do solo predominantes são cana-de-açúcar (62%), pastagens (19%) e cobertura natural (13%). Destaca o uso potencial da bacia com relevo e solos aptos a produção agropecuária.

Palavras-chave: Fatores Fisiográficos. Microbacia. Geoprocessamento.

1 INTRODUÇÃO

A interferência antrópica no ambiente e a utilização inadequada dos recursos naturais pode comprometer a sustentabilidade futura. Para compreender as transformações no ambiente, é necessário primeiramente caracterizar a área de estudo, destacando assim fatores fisiográficos, como uso do solo, tipo de vegetação existente, pedologia, declividade, bacia hidrográfica que serão importantes para o planejamento e manejo ambiental.

A microbacia do córrego da Formiga encontra-se de forma planejada ao incentivo ao avanço das fronteiras agrícolas, favorecendo a expansão da cana-de-açúcar e seu escoamento devido à logística favorável pela localização da Usina Boa Vista (SANTOS; HERNANDEZ, 2013).

Com a urbanização em expansão, é crescente a ocupação de novas áreas na microbacia do córrego da Formiga, o que pode provocar problemas de ordem ambiental, como falhas no sistema hidrográfico, erosão, assoreamento, aumento do carreamento de

sedimentos para leito do curso d'água, lançamento de esgoto e lixo (BINDA; FRITZEN, 2013).

A caracterização da microbacia do córrego da Formiga tem como proposta identificar os tipos de uso e cobertura do solo, com intuito de possibilitar um planejamento ambiental para o uso racional e organizado, em face à preservação ambiental, juntamente com a visão econômica.

Para que isso seja alcançado, Pessoa e Fernandes (2011) salientam sobre a importância de realizar o levantamento do atual estado do objeto de estudo, de forma a inter-relacionar e resgatar o maior número de informações para promover a integração e o ordenamento territorial focado no desenvolvimento sustentável das atividades econômicas da região.

Segundo Botelho (2005), para planejamento ambiental, as microbacias devem apresentar fatores físicos e socioeconômicos relevantes para seu estudo. Considera-se para o planejamento, que as microbacias devem possuir áreas entorno de 25 a 45 km², o que possibilita de fato a aplicação dos objetivos. O planejamento ambiental requer estudos que enfatizam o uso racional e preservacionista dos recursos naturais, com destaque para os cursos d'água e o solo, principalmente em regiões que se destacam pela aptidão agrícola.

A caracterização da microbacia do Córrego da Formiga se faz mediante a confecção de mapas, que segundo Martinelli (2014, p. 19), é “a forma de saber socialmente construída”, são “imagens carregadas de julgamentos de valor”, ou seja, é a obtenção de informações por meio de imagens, os quais remetem a pareceres ou a conclusões acerca de determinado conhecimento, partindo de uma representação gráfica que revelará diferentes visões.

Para Prado *et al.* (2010, p.239), “o conhecimento da rede de drenagem de uma bacia hidrográfica é importante para o planejamento do uso das terras e manejo de bacias hidrográficas”, pois identificando as características como uso do solo, declividade, relevo, densidade, tipo de solo entre outros aspectos, é possível prever se esses fatores podem corroborar para a ocorrência de impactos ambientais, tais como, processos erosivos, a partir do carreamento de sedimentos para o leito dos cursos d'água, o que possibilitará formas de usos adequados as microbacias.

De acordo com o Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas, mediante Decreto-Lei nº 94.076, de 05 de março de 1987, as microbacias hidrográficas são consideradas como uma área drenada por um curso d'água e seus afluentes, sendo a montante de uma seção transversal, para o qual as águas convergem e escoam para uma determinada área. Porém, este conceito não difere de bacia hidrográfica, podendo inibir seu verdadeiro uso,

que para pesquisadores são tidos como uma área delimitada de estudo (BOTELHO, 2005). Para Faustino (1996), as microbacias são similares a uma sub-bacia e possuem áreas de até 100km².

Na atualidade, os usos das geotecnologias são considerados ferramentas essenciais para a realização de estudos ambientais. Através de programas, softwares e imagens de satélite é possível classificar o tipo do solo, relevo, recursos hídricos, uso do solo, entre outras características relevantes para obter informações com parâmetros do ambiente do local pesquisado.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) são sistemas que realizam tratamento aos dados geográficos, a partir do uso de máquinas (computadores). É uma ferramenta que armazena, resgata e analisa diferentes tipos de dados e atributos georreferenciados; e possuem diversas aplicações, como por exemplo, florestas, agricultura, cartografia entre outros (IGBOEKWE; AKANKPO, 2011).

Para Gupta *et al.* (2015), os SIG integram tecnologia cartográfica por meio de ferramentas de softwares e banco de dados, para isso utilizam de sensoriamento remoto, que são sensores, ou seja, mecanismos que captam a energia refletida por uma superfície qualquer, que são capturadas como imagens. O uso de geoprocessamento neste trabalho de pesquisa é operar as ferramentas computacionais para análises de fenômenos geográficos e relacioná-los a fenômenos ambientais, através da elaboração de mapas temáticos.

Para Arantes e Ferreira (2011), os mapas temáticos são definidos como “produtos cartográficos que se referem a um ou mais fenômenos espacialmente representáveis (tema do mapa), oriundos de uma base cartográfica pré-definida”. Na concepção de Câmara e Medeiros (1998), os mapas temáticos correspondem a uma “descrição de forma qualitativa, a distribuição espacial de uma grandeza geográfica”, como por exemplo, os mapas que representam geologia, pedologia, tipos de solo, declividade, uso do solo, entre tantos outros.

Este método apresenta diversas vantagens, como acesso rápido em maior número de informações e a dados georreferenciados, visualização de campo de abrangência com riqueza em detalhes, fonte de dados seguras, disponibilizadas por órgãos estatais, processamento de vários dados simultaneamente. Apesar dos benefícios das geotecnologias, não descarta a verificação *in loco* da área de estudo.

Dessa forma, o uso das geotecnologias, por meio de SIGs, permite a espacialização de inúmeras informações, permitindo a análise de eventos, que relacionados entre si, podem responder questões ambientais referentes a impactos, contaminações, riscos ambientais, entre outros, sendo capaz de contribuir na representação de informações e na tomada de decisões

(BENAVIDES SILVA; MACHADO, 2014).

Assim, este estudo foi baseado no uso de técnicas e ferramentas de geoprocessamento, como SIG, devido à possibilidade da espacialização da microbacia do córrego da Formiga e a obtenção de variáveis que possam confrontar-se entre si através de um conjunto de mapeamentos temáticos que caracterizasse a área de pesquisa.

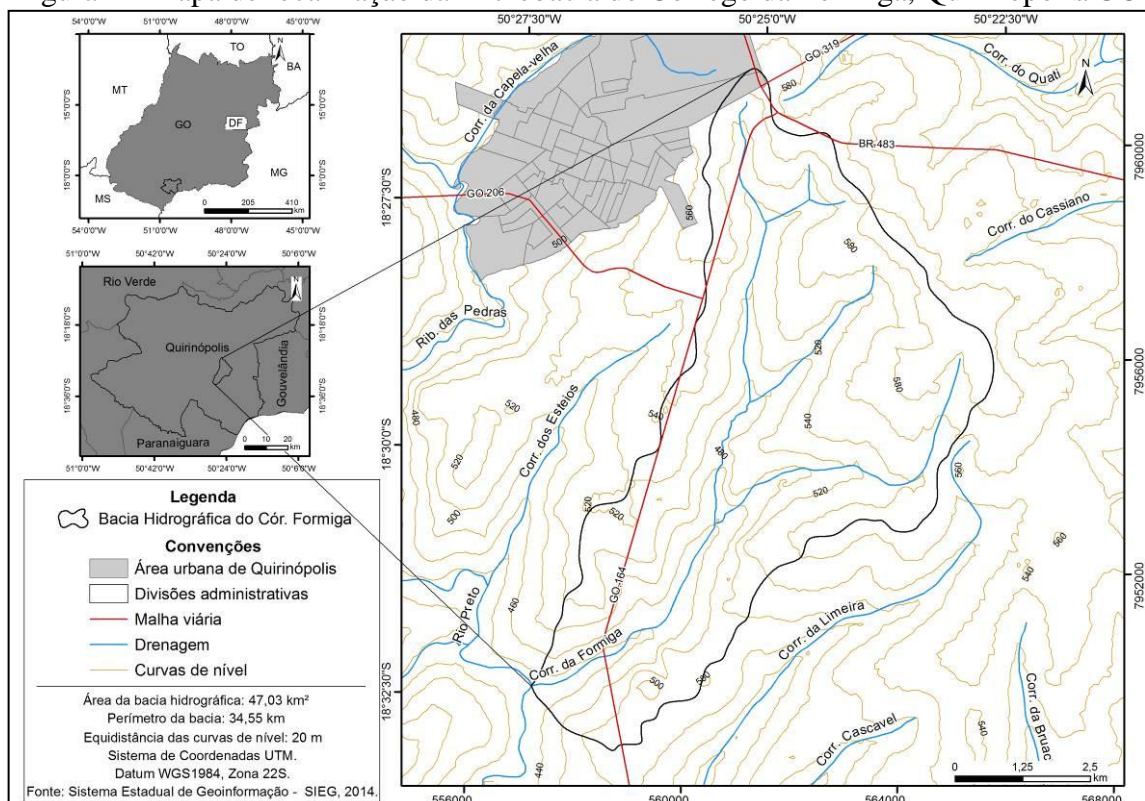
Dessa forma, este estudo tem como objetivo caracterizar a microbacia do Córrego da Formiga, localizado no município de Quirinópolis, através de mapeamento temático por meio de SIG, como hipsometria, declividade, tipos de solos, redes de drenagem, assim como identificar e quantificar os usos dos solos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização da área de estudo

A área de estudo localiza-se no Município de Quirinópolis, GO, com acesso pela Rodovia GO-164. A microbacia do Córrego da Formiga constitui uma área de 47,03 km² e perímetro de 34,55 km, (Figura 1), pertencente a mesobacia do Rio Preto, contribuinte da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.

Figura 1 - Mapa de localização da microbacia do Córrego da Formiga, Quirinópolis/GO



Fonte: Banco de Dados do Sistema Estadual de Estatísticas e Informações Geográficas – SIEG (2014).

Encontra-se na mesorregião Sul Goiana e microrregião n° 18, na zona 22S, com coordenada geográfica de localização da nascente do córrego da Formiga, latitude 18°27'30" S e longitude 50°25'0" W e foz latitude 18°32'30" S, e longitude 50°27'30" W. Sua nascente encontra-se em perímetro urbano de Quirinópolis.

2.2 Materiais e procedimentos metodológicos

Para o georreferenciamento da microbacia do córrego da Formiga, foi realizado o uso de receptor GNSS (GPS Garmin - modelo Etrex2) para demarcação de coordenadas geográficas dos pontos como de medição de vazão, de coletas de água, da nascente, da foz, de seus afluentes e os locais de coletas de solo.

O equipamento utilizado foi configurado pelo sistema geodésico de referência SAD 69 (South American Datum 1969) e o sistema de projeção Universal Transversa de Mercator - UTM e convertida para SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) através do programa *Pro Grid*, disponível gratuitamente pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Dentre as áreas referenciadas, destacam-se as áreas de preservação permanente (APP), o cultivo da cana-de-açúcar, de pastagem, os pontos de medição de vazão, a montante e a jusante no córrego da Formiga, e os pontos de coleta das amostras de água.

Com o uso da cartográfica temática responsável pela obtenção de informações a partir de coleta, análise, interpretação e representação dos aspectos ambientais (IBRAHIN, 2014) que compõe a microbacia hidrográfica do córrego da Formiga, realizou-se o mapeamento temático, com o objetivo de realizar a caracterização do local, sendo realizado os seguintes mapas: 1) hipsométrico, o qual representa a elevação de um terreno; 2) Declividade, que apresenta o grau de inclinação que uma vertente possui, com relação ao eixo horizontal. 3) Tipo de solo. 4) Uso e cobertura do solo, utilizado para identificar o tipo de uso e cobertura do solo. 5) Mapa de delimitação de bacia define o perímetro e área de abrangência da microbacia do córrego Formiga.

Os dados coletados foram utilizados para a confecção dos mapas temáticos, como hidrologia, vegetação existente, topografia, geologia, tipo de solo, áreas de preservação permanente e reserva legal, de uso e cobertura do solo e outros aspectos relevantes para apresentação dos resultados da pesquisa. As coordenadas serão processadas para confecção dos mapas temáticos, a partir do uso dos programas como QGIS 2.14 e SPRING – versão 5.2.6, além de cartas geográficas, imagens de satélite e banco de dados disponíveis pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto Nacional de Pesquisas

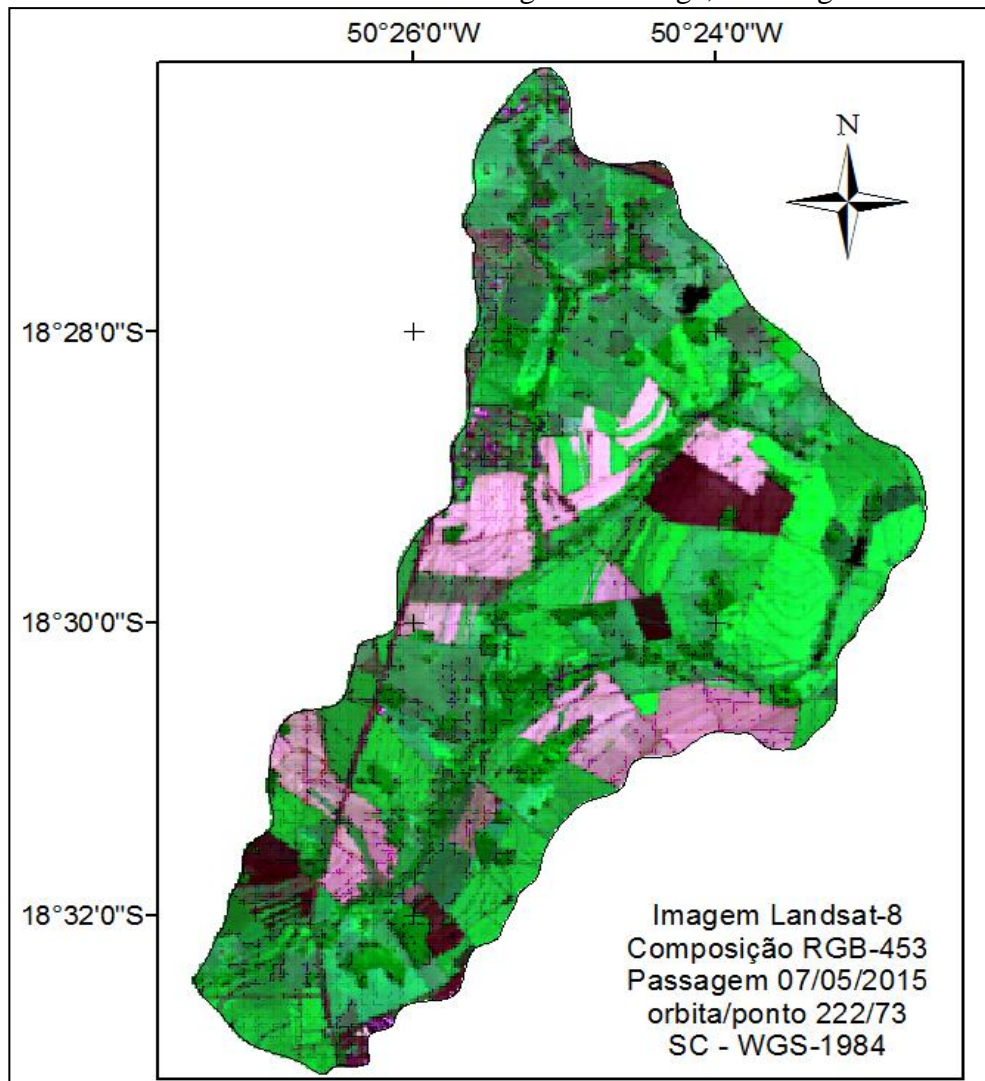
Espacial (INPE), Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás (SIEG), National Aeronautics and Space Administration (NASA).

Para os dados de altimetria do terreno, adquiriram-se os dados do TOPODATA, disponíveis em cartas ($4^\circ \times 6^\circ$, carta ao milionésimo), disponíveis no site do INPE, como imagem SRTM para elaboração de mapas. Através dos dados de altimetria foram processadas as imagens para obtenção dos mapas hipsométricos e de declividade do terreno, processadas em software SPRING – versão 5.2.6.

Para a caracterização através de mapeamento temático, utilizou-se as imagens do satélite Landsat 8, sensor OLI/TIRS, disponibilizadas pelo INPE, cujas imagens foram tratadas e processadas no software SPRING 5.2.6 e QGIS 2.14.

A imagem adquirida é referente a órbita/ponto 222/73, com data de passagem em 07/05/2015, a composição RGB da Imagem pode ser verificada na Figura 2.

Figura 2 – Cobertura da microbacia do córrego da Formiga, em imagem Landsat-8



Fonte: Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (2015)
Org.: GIONGO, P. R. (2016)

Para classificação das imagens, realizou-se a segmentação, conforme o tutorial do Spring (INPE, 2015). Essa é uma técnica de agrupamento de dados, na qual, somente as regiões adjacentes e espacialmente podem ser agrupadas.

O processamento das imagens foi feito pelo método de classificação supervisionada com o algoritmo bhattacharya, pela extração de atributos das regiões. Este método é baseado no índice de probabilidade das classes desejadas, ou seja, ele só irá classificar os pixels que tiverem valores aproximados às amostras do treinamento. Caso isso não aconteça, a imagem terá que ser reclassificada, até que todos os pixels sejam classificados, então, este método depende diretamente do treinamento supervisionado.

Na interpretação das imagens classificadas foi analisado o conjunto dos usos do solo, bem como, a localização e quantificação de cada um desses usos, possibilitando a completa caracterização e avaliação de uso do solo da microbacia do Córrego da Formiga, para o ano de 2015.

Realizou-se a caracterização da microbacia com mapas temáticos do tipo: declividade do solo e mapa hipsométrico. Estas informações foram disponibilizadas pelo TOPODATA/INPE (2015), cuja resolução de pixels é de 30 m. Os procedimentos de fatiamento das classes hipsométricas e declividade em percentual foram gerados pelo *software* Spring 5.2.6. E ainda através das informações disponibilizadas pelo SIEG (2015), obteve-se o limite da bacia, o tipo de solo, além das redes de drenagem e rodovias de acesso. O tipo de solo foi identificado apenas uma classe, o Latossolo Vermelho em toda microbacia do córrego da Formiga.

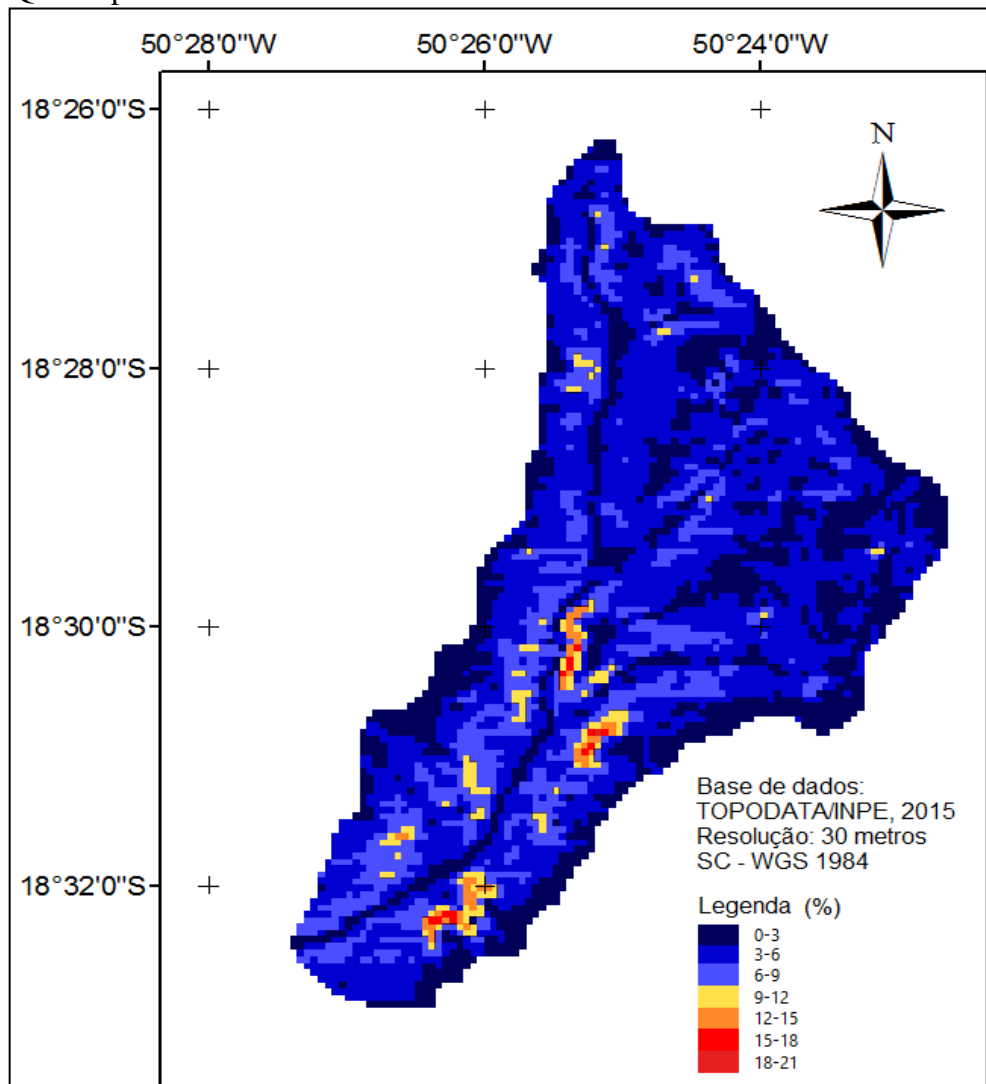
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Declividade

O mapa de declividade demonstra as áreas de maior e menor grau de inclinação, sugerindo que áreas mais inclinadas são propícias ao escoamento superficial acentuado, assim como identificar melhor o relevo e a capacidade de uso da terra e potencialidade para o uso agrícola (FLAUZINO *et al.*, 2010).

Com as porcentagens da declividade foi possível caracterizar o tipo de relevo da microbacia do córrego Formiga: 0 a 3% - relevo plano, 3 a 6% - relevo suave ondulado, 6 a 12% - relevo ondulado, 12 a 20% - relevo ondulado, acima de 20% - relevo fortemente ondulado (Fig. 3) (MACEDO *et al.*, 2013).

Figura 3 – Mapa de declividade (%) da microbacia do córrego da Formiga, Quirinópolis/GO



Fonte: Topodata/INPE (2015)
Org.: GIONGO, P. R. (2016).

De acordo com o percentual de área de declividade apresentado na Tabela 1 a seguir, a microbacia do córrego da Formiga possui o maior percentual de áreas com relevo entre plano (26,7%), suavemente ondulado (51,65%) e ondulado (18,22%), favorecendo as atividades de agricultura e pecuária na área, devido às características propícias para estas práticas econômicas.

A microbacia do córrego da Formiga, pelo resultado da classificação do relevo, não demonstra suscetibilidade a escoamento superficial acentuado, assim como processos erosivos naturais devido a presença de áreas mínimas com relevo acentuado, ou seja, acima de 20% de declividade (SOUZA *et al.*, 2013).

Tabela 1 – Classes de declividade e distribuição de área e percentual de cobertura da microbacia do córrego da Formiga, Quirinópolis/GO

Classe de declividade (%)	ha	Percentual de cobertura
0-3	1268,461922	26,70%
3-6	2454,310313	51,65%
6-9	865,720959	18,22%
9-12	111,011932	2,32%
12-15	40,446208	0,85%
15-18	11,187249	0,24%
18-21	0,860558	0,02%
Total	4751,99	100,00

Org.: ASSIS, A. P. O. A., 2016.

Com essas características de declividade, com terrenos mais planos, a microbacia do córrego da Formiga torna-se propícia a evolução e a expansão agrícola, facilitando o processo de mecanização, principalmente na lavoura de cana-de-açúcar que ocupa a maior área da microbacia.

Em áreas de perímetro urbano, a declividade está entorno de 0 a 9%, o que demonstra baixa suscetibilidade a processos erosivos nestes locais. Nos pontos de maior declividade foi verificado nas visitas em campo, que o manancial encontra-se mais assoreado.

3.2 Tipo de solo

O tipo de solo da área de estudo é representado por Latossolo Vermelho, de acordo com dados do SIEG (2015). Os variados tipos de solos dependem dos processos de formação que os caracterizam como o tipo de rocha e os minerais que irão compor este solo e demais aspectos como clima, topografia e morfologia do terreno.

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos, a classe latossolo são “solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200 cm da superfície do solo [...]” na classe do segundo nível categórico, o latossolo vermelho são “mais vermelhos na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B” (SANTOS, 2006).

Os latossolos, segundo Santos (2002), originam da formação da Serra Geral do grupo São Bento, formados por extensos e densos derrames de basaltos, cujas transformações dessas rochas, constituem solos de grande fertilidade e estão mais presentes em regiões que apresentam declividade menor ou áreas de topo. São solos profundos e bastante porosos (SORDI *et al.*, 2012).

De acordo com Souza (2013), por meio de informações do Radambrasil (1983), os solos tipo latossolos apresentam grandes quantidades de ferro, originando a coloração vermelho-escuro. São solos propícios para a agricultura moderna, devido à alta concentração de ferro.

3.3 Hipsometria

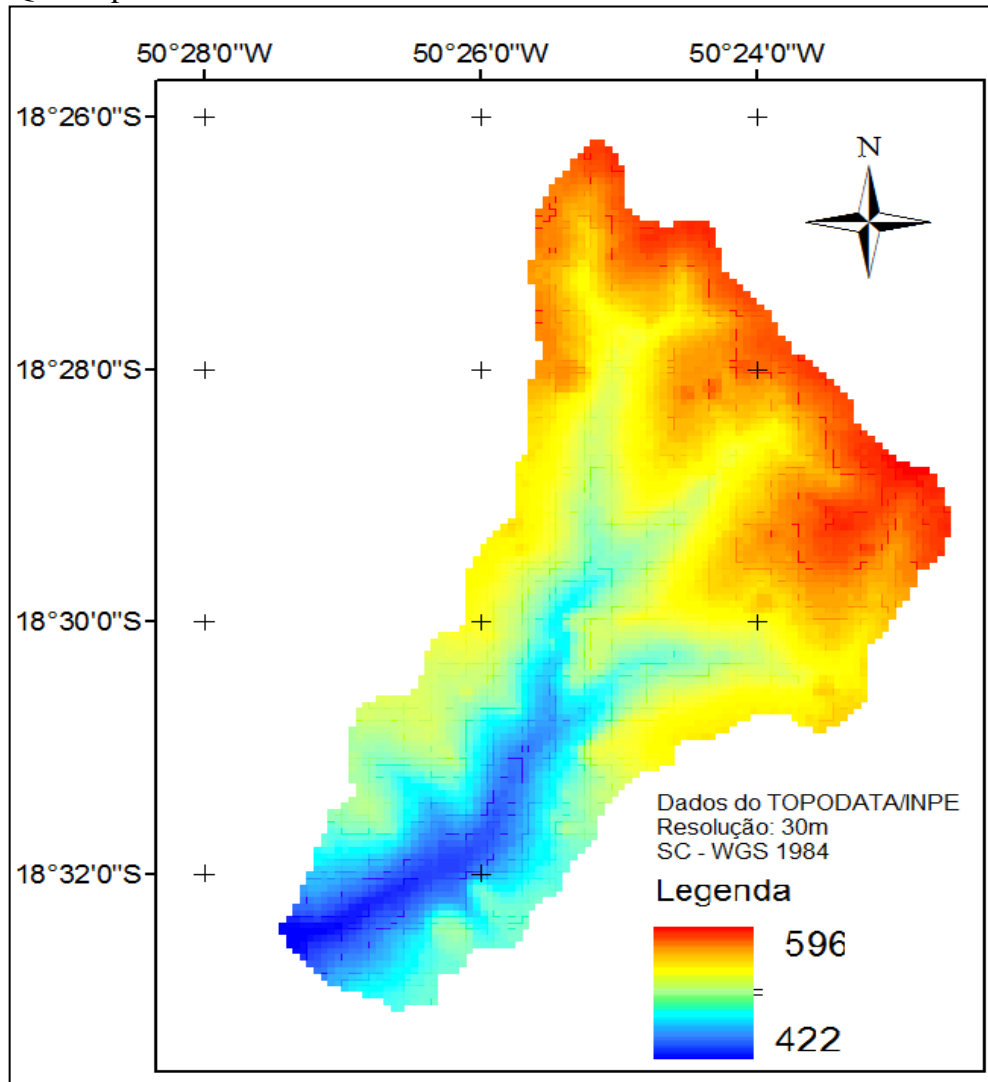
A análise referente à hipsometria da microbacia do córrego da Formiga apresenta as variações de altimetria, para melhor compreender o relevo, as principais elevações e reconhecimento dos limites da área de estudo (FLAUZINO *et al.*, 2010).

Os mapas hipsométricos reproduzem o relevo de um terreno por meio de um sistema gradual de cores que representam de baixas a altas altitudes, cada cor indica a cota de elevação do solo.

A hipsometria é muito utilizada para indicar a topografia de um terreno. A partir da hipsometria é possível determinar as curvas de nível, que são linhas representadas por uma cota definida.

A Figura 4 apresenta as classes hipsométricas da microbacia do córrego da Formiga, representada por um intervalo de cota altimétrica, variando entre 422m a 596m. As áreas com elevações menores apresentam relevos mais planos e menos acidentados, propícios as práticas agrícolas, enquanto que, as áreas de maior elevação, representam relevos mais ondulados, cujos processos operacionais agrícolas são inviáveis, devido a inclinação do terreno. Estes locais são mais propensos à pecuária, sendo a segunda atividade mais presente na microbacia do córrego da Formiga.

Figura 4 – Mapa hipsométrico da microbacia do córrego da Formiga, Quirinópolis/GO



Fonte: Topodata/INPE (2015)
Org.: GIONGO, P. R.(2016)

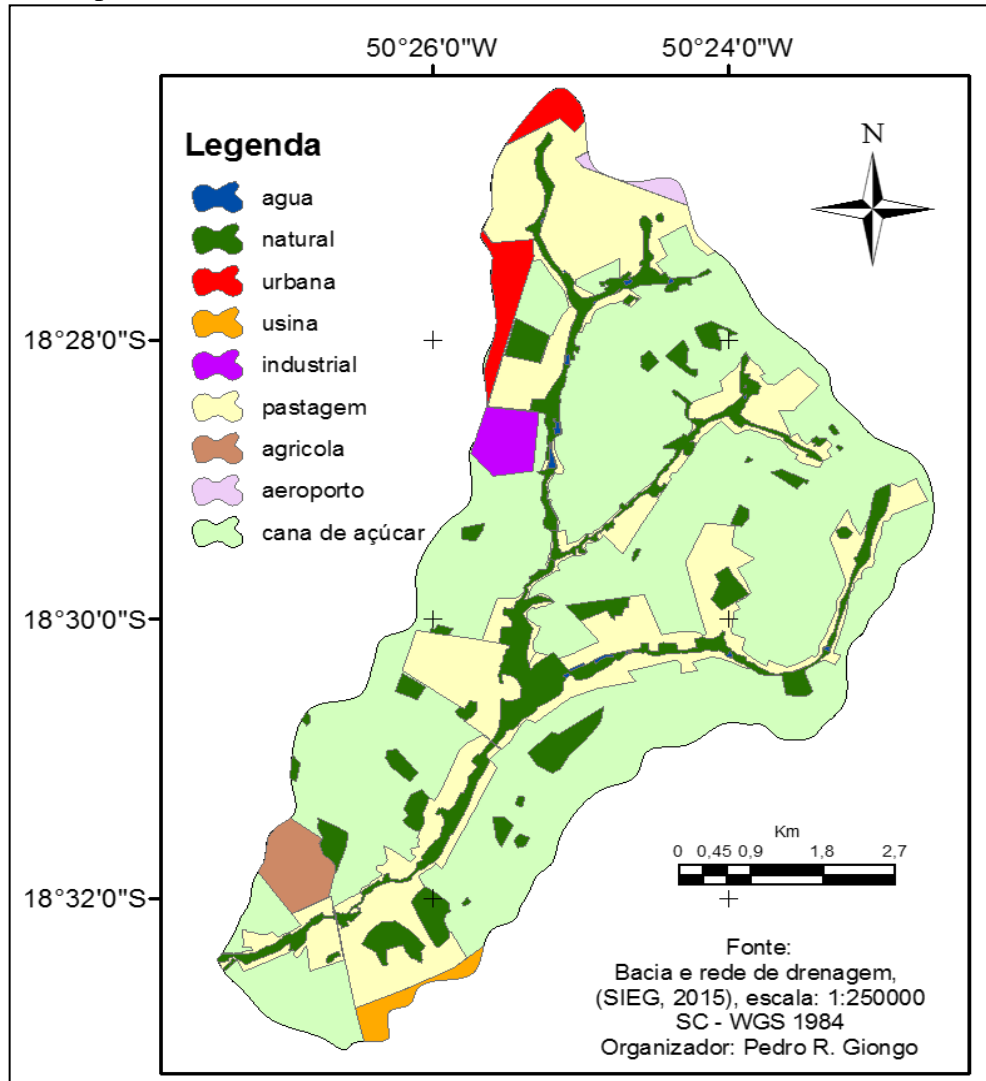
Durante os trabalhos de campo, verificou-se que as áreas agrícolas com plantio de cana-de-açúcar se encontram em superfícies do relevo mais planas, enquanto que os locais mais acidentados e com ondulações estão mais presentes as pastagens e vegetação nativa.

3.4 Uso e cobertura do solo

Nota-se, a partir da análise do uso e cobertura do solo (Figura 5), que a microbacia do córrego da Formiga consiste em uma área produtiva devido a diversidade de atividades como, polo industrial com empresas de diferentes ramos de atuação, aterro sanitário, laticínio, fábrica de ração, vegetação do cerrado, entre outras. Todas as características descritas

mostram que esta região é formada por terrenos mais planos que permitem maior exploração econômica, principalmente agrícola, com o plantio de cana-de-açúcar e pastagens.

Figura 5 – Usos e cobertura do solo da microbacia do córrego da Formiga, através de imagem Landsat 8, com data de passagem em 07/05/2015, na órbita/ponto 222/73



Fonte: Bacia e rede de drenagem, (SIEG, 2015)
Org.: GIONGO, P. R. (2016)

O uso e cobertura do solo da microbacia do córrego da Formiga, caracteriza-se pelas seguintes categorias, vegetação natural (Cerrado), água, perímetro urbano, usina sucroenergética, polo industrial, pastagem, agrícola, aeroporto e cana de açúcar.

A área urbana é representada por empreendimentos diversificados, loteamentos residenciais, aeroporto, polo industrial e pastagem. Observou-se *in loco* que estes locais se encontram em relevo plano, havendo mínimas ondulações, mais acentuadas nas proximidades

do córrego da Formiga. No mapa, elas estão representadas pelas superfícies em pastos, aeroporto, polo industrial e área urbana.

As áreas de pastagem representam a parcela da microbacia formada por gramíneas destinadas à prática da pecuária de corte e leiteira. Pode-se observar que estas áreas concentram-se boa parte nas regiões de maior declividade, ou seja, apresentam um terreno com relevo mais acidentado, dificultando o processo mecanizado da agricultura.

Os estudos mostraram que a microbacia do Córrego da Formiga destina-se principalmente a atividade de cana-de-açúcar, ocupando o maior percentual de área. Intimidando a expansão da pastagem e principalmente, a regeneração do cerrado.

A compilação dos dados do uso da terra (antrópico) e da cobertura vegetal possibilitou verificar que cerca de 79,03% da microbacia em estudo está ou foi ocupada por algum tipo de atividade econômica, como pecuária, atividades agrícolas, áreas urbanizadas, agroindústrias (Usina sucroenergética, fábrica de ração, Graxaria), aquicultura entre outras. Dentre essas áreas, 1,58% encontram-se como área agrícola, podendo representar regiões menos produtivas, degradadas ou áreas de preparo para o cultivo, conforme Tabela 2 e Figura 5.

Tabela 2 – Dados quantitativos dos usos do solo na microbacia do córrego da Formiga, Quirinópolis/GO

Usos	Hectares (ha)	%
Água	7,206	0,15
Aeroporto	11,23	0,24
Usina Boa Vista	37,4	0,80
Parque industrial	57,5	1,22
Agrícola	74,9	1,58
Urbano	87,4	1,86
Cerrado	582,5363	12,39
Pastagem	909,4637	19,34
Cana de açúcar	2936,174	62,43
Total	4703,81	100

Org.: ASSIS, A. P. A. O. (2016)

A área de cobertura vegetal, representado por vegetação natural, caracterizada por floresta decidual, classificada a partir da sazonalidade climática, marcada por duas estações bem definidas, sendo um período chuvoso e a outra seca (SANTOS; SANTOS, 2014), representada por apenas 12,39% de ocupação da microbacia do córrego da Formiga, correspondente a 582,5363 ha (Tabela 2).

Observa-se que a área de estudo possui a presença marcante da monocultura da cana-de-açúcar, incentivada pela indústria do setor sucroenergético, localizado na microrregião deste município. Devido à proximidade da Usina Nova Fronteira Bioenergia Ltda (Usina Boa Vista S/A) que ocupa 0,8% da área e condições edafoclimáticas favoráveis ao cultivo canavieiro, ocupando 62,43% (2.936,174 ha) do território da microbacia do córrego da Formiga (Tabela 2).

Com relação à categoria Água, a Tabela 2 apresenta um percentual de 0,15% (7,206 ha), uma pequena representatividade, em relação a outras categorias, porém, esta representa apenas barramentos de maior área, destinados a atender às necessidades agrícolas e aquicultura. A parte de urbanização corresponde a 3,32% da área ocupada da microbacia, ou seja, 156,13 ha representados por urbano, aeroporto e polo industrial.

A partir do mapeamento do uso e cobertura do solo da microbacia do córrego Formiga, tem-se a divisão das áreas de ocupação que representam mais de 80% (cana de açúcar, pecuária e agrícola), a economia da região. Visto que se trata de uma área que desperta o interesse de produtores de cana-de-açúcar devido à localização estratégica, onde o empreendimento sucroenergético se encontra, tornando a logística um dos fatores mais relevantes para os agricultores e para a agroindústria.

O planejamento ambiental da microbacia hidrográfica do córrego da Formiga visa a redução de impactos ambientais causados pela antropização. É necessário, mediante as medidas adotadas nos planejamentos, à orientação da ocupação do homem sobre a terra, a fim de promover a proteção das áreas ambientais, dos recursos naturais, da suscetibilidade a processos erosivos, a movimento de massas que certos tipos de solo e paisagem possam favorecer, enfim, respeitar as limitações do meio físico, da água e do solo, à implantação das práticas humanas, sendo capaz de integrar o meio ambiente ao avanço econômico, afim de produzir de forma sustentável (BOTELHO, 2005).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em meio às práticas agropecuárias da microbacia do córrego da Formiga, futuramente a tendência destas áreas descobertas é torná-las produtivas, através do cultivo da cana-de-açúcar, pois se trata de um processo inevitável devido à expansão da fronteira agrícola em Quirinópolis, tomada pelas condições que a área oferece a lavoura canavieira.

Com isso, os avanços dos empreendimentos no local de estudo também tendem a crescer, ocupando maiores áreas, a fim de atender a demanda do setor sucroenergético, sendo o mais representativo desta região.

A caracterização fisiográfica da microbacia do córrego da Formiga resultou em um apanhado de informações que traduz a importância econômica do território para o Município de Quirinópolis, com destaque para a produção canavieira. Mas, em contrapartida, serve como alerta para a necessidade da implantação de planejamento, programas e ações para atender às condições ambientais.

Dessa forma, busca-se propor mecanismos que favoreçam o uso sustentável da região. Tendo em vista as características geográficas da área da microbacia em estudo, esta torna-se propícia a ocupação por atividades do agronegócio, portanto, esta é capturada pelo capital sucroenergético, promovendo impactos socioambientais, pela ocupação acelerada de terras, favorecendo o êxodo rural na região. Os produtores que ainda permanecem na microbacia, atuam em outras atividades como a pecuária e estão sobrevivendo à pressão do setor canavieiro.

E para a área urbana, medidas ambientais dentro do planejamento ambiental deve orientar o município de Quirinópolis para a preservação das coleções hídricas, o solo, a vegetação natural, o clima, entre outros aspectos ambientais, assim como recuperar as áreas degradadas por meio de práticas ambientais, como sugerir medidas para a população não depositar resíduos em locais inadequados, preservar a água e o solo, evitando contaminação por escoamento de contaminantes, enfim, promover o uso consciente destas áreas através do acompanhamento do poder público, a fim de garantir a preservação ambiental da microbacia.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARANTES, T. G. F.; FERREIRA, W. R. O geoprocessamento na elaboração de mapas temáticos do transporte de cargas: Mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba/MG. *Geografia Ensino & Pesquisa*, Santa Maria-RS, v. 15, n.2, maio./ago. 2011.

BENAVIDES SILVA, V. C.; MACHADO, P. S. “SIG na análise ambiental: susceptibilidade erosiva da bacia hidrográfica do córrego Mutuca, Nova Lima – Minas Gerais”. *Revista de Geografia*. Universidade Federal de Pernambuco V. 31, n°. 2, 2014.

BINDA, A. L.; FRITZEN, M. Uso do solo urbano e alterações na rede de drenagem da bacia hidrográfica do Lajeado Passo dos Índios, Chapecó-SC. *Geografia Ensino & Pesquisa*, v. 17, n. 2, maio/ago, 2013.

BOTELHO, R. G. M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELLO, R. G. M. (Org.). *Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações*. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 340 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Coordenação Nacional do PNMH. *Programa nacional de microbacias hidrográficas. Manual operativo*. Brasília: 1987, 60p.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. Princípios básicos em geoprocessamento. In: ASSAD, E. D; SANO, E. E.(Eds). *Sistemas de informações geográficas: aplicações na agricultura*. 2. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 1998. 3-13p.

FAUSTINO, J. *Planificación y gestión de manejo de cuencas*. Turrialba: CATIE, 1996. 90p.

FLAUZINO, F. S.; AMORIM, M. K. S.; NISHIYAMA, L.; ROSA, R. Geotecnologias aplicadas à gestão dos recursos naturais da bacia hidrográfica do rio Paranaíba no cerrado mineiro. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, v. 22 n. 1 p.75-91, abr. 2010.

GUPTA, I., KUMAR, A., SINGH C., KUMAR, R. Detection and Mapping of Water Quality Variation in the Godavari River Using Water Quality Index, Clustering and GIS Techniques. *Journal of Geographic*, Mumbai, v. 7, 71-84, 2015.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Cartas geográficas*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 20 ago. 2015.

IBRAHIN, F. I. D. *Introdução ao geoprocessamento ambiental*. São Paulo: Érica. 2014.

IGBOEKWE, M. U. AKANKPO, A. O. Application of Geographic Information System (GIS) in Mapping Groundwater Quality in Uyo, Nigeria. *International Journal of Geosciences*. v. 2, 394-397, 2011.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. *Imagem de satélite LANDSAT 8 e SRTM*. Disponível em: <<http://www.inpe.br/>>. Acesso em: 18 ago. 2015.

MACEDO, F. L.; SILVA, H. R.; RODRIGUES, R. A. F. Análise fisiográfica da microbacia hidrográfica do córrego da Véstia, Selvíria - MS. *Caminhos de Geografia*. Uberlândia. Vol. 14, n° 46 jun./2013 p. 196–203.

MARTINELLI, M. *Mapas, gráficos e redes: elabores você mesmo*. São Paulo: Oficina de textos, 2014. 19p.

NASA, NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. Disponível em: <<http://www.nasa.gov/>>. Acesso em: 19 ago. 2015.

PESSOA, M. C. P. Y, FERNANDES, E. N. Modelagem matemática e simulação de sistemas aplicados ao planejamento ambiental e da atividade agrícola. In: GOMES, M. A. F, PESSOA, M. C. P. Y. (Ed. Téc.). *Planejamento ambiental do espaço rural com ênfase para microbacias hidrográficas: manejo de recursos hídricos, ferramentas computacionais e educação ambiental*. Brasília: Embrapa, 2010. 470 p.

PRADO, R. B., NOVO, E. M. L. M., FERREIRA, C. G. “Mapeamento e caracterização dos fatores fisiográficos da bacia hidrográfica de contribuição para o reservatório de Barra Bonita – SP”. *Caminhos de Geografia*, Uberlândia v. 11, n.º. 36 dez/2010 p. 237 - 257 Página 239.

SANTOS, F. S. M. dos. Fatores geomorfológicos e antrópicos na avaliação da fragilidade a processos erosivos no Município de Quirinópolis. (Dissertação de Mestrado). Goiânia: Universidade Federal de Goiás, UFG, Brasil, 2002.

SANTOS, H. G. et al (ed. técnicos). Sistema brasileiro de classificação dos solos. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa solos, 2006. 306p.

SANTOS, G. O., HERNANDEZ, F. B. T. Uso do solo e monitoramento dos recursos hídricos no córrego do Ipê, Ilha Solteira, SP. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, v.17, n.1, p.60–68, 2013.

SANTOS, G. C.; SANTOS, F. S. M. Microrregião Limeira: aspectos naturais e socioeconômicos. In: URZEDO, M. F. A. (Org.). Quirinópolis: cultura e desenvolvimento regional-mãos e olhares diferentes (1832-2014). Goiânia: Kelps, 2014. 592 p.

SIEG - SISTEMA ESTADUAL DE ESTATÍSTICA E INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS DE GOIÁS. *Arquivo Shapefile Bacia Hidrográfica*. Disponível em: <<http://www.simego.sectec.go.gov.br/>>. Acesso em: 26 ago. 2015.

SORDI, M. V.; VARGAS, K. B.; DAL SANTO, T.; NASCIMENTO, P. B. “Caracterização fisiográfica da bacia hidrográfica do ribeirão Laçador – Faxinal/PR.” *Revista Geonorte*, ed. especial, v.2, n.4, p.289 – 300, 2012.

SOUZA, E. A. *O território e as estratégias de permanência camponesa da comunidade Pedra Lisa no processo de expansão das lavouras de cana-de-açúcar em Quirinópolis/GO*. (Tese de doutorado). Uberlândia. Universidade Federal de Uberlândia, Brasil, 2013.

CAPÍTULO 2

QUALIDADE DA ÁGUA DO CÓRREGO DA FORMIGA EM QUIRINÓPOLIS/GO

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo avaliar a qualidade de água do córrego da Formiga no município de Quirinópolis, por meio de parâmetros físicos, químicos e biológicos e sua relação com a vazão hídrica do manancial. Foram observados cinco pontos (P1-nascente; P2 a P4 intermediários; P5-Foz do córrego) em escala trimestral no ano de 2015. O monitoramento da qualidade da água do córrego da Formiga tende a relacionar fatores como diluição, concentração de materiais, assim como demais aspectos associados aos padrões estabelecidos pela Resolução do CONAMA nº357 de 17 de março de 2005. Para avaliação dos parâmetros de qualidade da água, se fez necessário a aplicação do tratamento estatístico para os dados obtidos nas amostras de água que envolveu análise descritiva, ANOVA, teste de Tukey e PLS-DA. A qualidade da água do córrego da Formiga apresentou melhores resultados nos pontos P2 e P5. Os resultados das análises de água apontaram para um perfil de estabilidade com relação aos parâmetros ambientais para níveis de qualidade da água. Dentre as variáveis analisadas, apresentaram normalidade os parâmetros como sólidos totais dissolvidos, a condutividade elétrica e temperatura. A análise PLS-DA demonstrou que os pontos amostrais são distintos exceto o P4 que sobrepõe aos P3 e P5.

Palavras-chave: Parâmetros Físicos. Químicos e Biológicos. Vazão Hídrica. Curso d'água.

1 INTRODUÇÃO

A água representa um dos mais importantes elementos essenciais à vida, considerado o mais importante (NUNES *et al.*, 2015). Sem esse recurso, a humanidade seria extinta. Segundo Farias (2006), a partir do século XX, com o crescimento populacional e a exploração da água em diversas finalidades, tornam este bem cada vez mais escasso, sendo necessário o uso discriminado e racional para conservação e sustentabilidade.

A água é vista como um recurso inesgotável, devido a quantidade armazenada no país, por isso seu uso incontrolado. Porém, a Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH, Lei 9.433 de 1997 (BRASIL, 1997) dispõe sobre o gerenciamento dos recursos hídricos, de forma a garantir o uso múltiplo das águas, assim como salienta sobre a adesão da bacia hidrográfica como forma de planejamento para a gestão das águas brasileiras (LUCENA *et al.*, 2013).

No Brasil, a água é considerada um recurso abundante, porém, sua distribuição é bastante irregular, visto que há regiões do país que se encontra de forma bastante escassa e em outras localidades em grande quantidade. Isso acaba tornando um problema de ordem social,

colocando em risco a preservação da vida em diversas regiões do país (DONADIO *et al.*, 2005). Além de outros contratempos como, o despejo inadequado de efluentes e resíduos industriais, o uso indiscriminado na agricultura e o lançamento de esgotos que acabam comprometendo a qualidade das águas.

Na região Centro-Oeste, mais especificamente no Estado de Goiás, uma das maiores disputas por água é no setor agrícola, em consequência a territorialização do agronegócio (MATOS, 2013). Dessa forma, entende-se que o uso do solo pode influenciar a qualidade e quantidade de água nos mananciais, conforme o uso da terra.

Essa pesquisa buscou analisar a qualidade da água do córrego da Formiga e as vazões de cada trecho, relacionando-as a fatores como diluição, concentração de materiais, dados meteorológicos como precipitação, temperatura e umidade, assim como demais aspectos associados aos padrões estabelecidos pela Resolução do CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005, que classifica os corpos hídricos brasileiros para o uso adequado das águas e estabelece condições e padrões de lançamentos.

Os usos múltiplos da água como agricultura, abastecimento público, hidroelétricas, usos industriais diversos, turismo, pesca, aquicultura, navegação, mineração, saúde e as práticas de exploração econômica em uma bacia hidrográfica pode afetar a qualidade hídrica (REPULA; QUINÁIA, 2009; ANDRIETTI *et al.*, 2016). Tundisi e Tundisi (2011) relata que todos os setores que utilizam da água se beneficiam, desde a produção de alimentos até a geração de energia. E de todos esses setores, a agricultura se destaca no consumo de água, devido a exploração agrícola.

O presente trabalho objetivou avaliar a qualidade de água do córrego da Formiga no município de Quirinópolis, por meio de parâmetros físicos, químicos e biológicos e sua relação com a vazão hídrica deste manancial, em cinco pontos amostrais, trimestralmente durante o ano de 2015.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O presente trabalho foi realizado em pontos de coletas de água ao longo do curso d'água do córrego da Formiga, localizado no perímetro urbano e trajeto a jusante da área rural no município de Quirinópolis, com perímetro total de 34,55km. Possui ao longo do seu curso áreas de preservação permanente (APP), representadas por matas de galerias e cerrado,

totalizando uma área de 582,5363ha de vegetação nativa. Em boa parte, encontra-se preservada, principalmente em áreas de cultivo de cana-de-açúcar e pequenas propriedades rurais. Observou-se nesse período os aspectos de degradação da vegetação existente, assim como a irregularidade com relação a faixa de 30m que deve ser obrigatoriamente isolada, conforme a Lei 12.651 de 25 de maio de 2012, do Código Florestal Brasileiro.

O córrego da Formiga localiza-se na microrregião Confusão do Rio Preto, e representa uma importante região econômica do Município de Quirinópolis. As principais fontes do manancial são basicamente de uso doméstico, agrícola, dessedentação de animais e aquicultura.

2.2 Materiais e procedimentos metodológicos

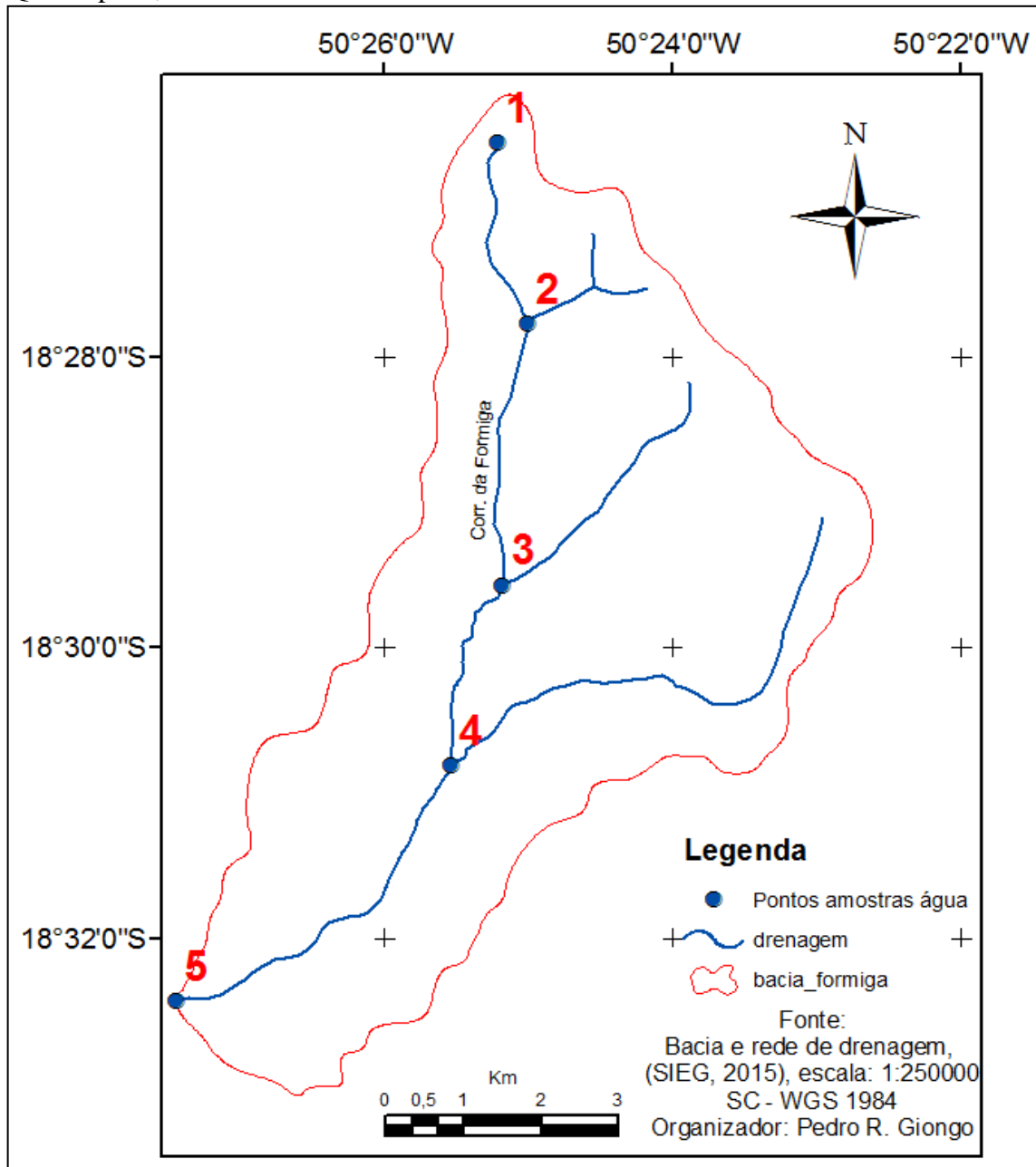
Este trabalho foi avaliado de forma qualitativa e quantitativa. A avaliação qualitativa segue a verificação *in loco* e a identificação das possíveis fontes de contaminação. Deve-se ressaltar a preservação da microbacia do córrego da Formiga e fatores antrópicos de interferência, como a inexistência de áreas de preservação permanente em alguns trechos ao longo da faixa marginal do curso d'água, áreas suscetíveis à erosão e suas causas, o manejo da pastagem, do cultivo da cana-de-açúcar, que podem representar fatores de riscos para o manancial. E de forma quantitativa, através da realização de análises de água física, química e biológica e medições de vazões no percurso do curso d'água.

O estudo desenvolvido no córrego da Formiga, baseou-se primeiro na amostragem de água, realizada em 5 pontos, em escala trimestral durante um ano e para medições de vazões próximos aos pontos de coleta, em períodos paralelos as coletas, totalizando 4 medições, realizadas trimestralmente durante o ano de 2015, também em 5 pontos de amostragem.

Os aspectos analisados da água foram físico-químicos e biológicos, abordando os parâmetros de qualidade adotados pela Resolução do CONAMA nº357/2005. Para estas coletas, utilizou-se como procedimento, dividir a microbacia do córrego da Formiga em subáreas, de forma a abranger todos os afluentes do manancial. A microbacia foi dividida em pontos de coleta de água, ou seja, as coletas foram realizadas em 5 pontos amostrais (P1, P2, P3, P4 e P5) representados da seguinte forma: a nascente, representando o primeiro ponto amostral na seção pluviométrica (S1). O segundo, na seção pluviométrica (S2) e assim sucessivamente, até o quinto, sendo a última seção pluviométrica (S5), onde se localiza a foz do córrego da Formiga, tributário ao Rio Preto (PINHEIRO *et al*, 2014), representados na Figura 1.

Para o mapeamento dos locais de coleta, utilizou-se banco de dados do Sistema Estadual de Estatística e Informações Geográficas de Goiás – SIEG, para identificação do canal de drenagem e delimitação da microbacia em estudo, na escala 1:125.000 e sistema de coordenadas WGS84, processado através do software SPRING - versão 5.2.6 e equipamento GPS – Garmim, modelo Etrex 20.

Figura 1 – Localização geográfica dos pontos de coleta de água no córrego da Formiga, Quirinópolis, GO



Fonte: SiEG (2015)
Org.: GIONGO, P. R. (2016)

As amostras de água foram coletadas, armazenadas e enviadas para o laboratório da Concessionária de Saneamento do Estado de Goiás, localizada no município de Santa Helena de Goiás. O procedimento para coleta de água seguiu as normas do laboratório que disponibilizou todos os materiais para esses procedimentos.

Os pontos de coleta possuem as coordenadas geográficas descritas na Tabela 1, nas seguintes datas e períodos.

Tabela 1 – Datas de coleta e análise de água do córrego Formiga, Quirinópolis/GO.

Data coleta	Horário	Coordenada geográfica dos Pontos de Coleta				
		S1	S2	S3	S4	S5
09/03/2015	Matutino					
17/06/2015	Matutino	18°26'32''S	18°27'45''S	18°29'34''S	18°30'47''S	18°32'25''S
21/09/2015	Matutino	50°25'13''W	50°24'59''W	50°25'11''W	50°25'32''W	50°27'27''W
10/12/2015	Matutino					

Org.: ASSIS, A. P. A. O. (2016)

Os parâmetros analisados foram a temperatura da água (no local), a turbidez, a cor aparente, o pH, a alcalinidade total, a dureza total, os cloretos, os sólidos totais dissolvidos, o nitrato, o nitrito, a condutividade elétrica, o oxigênio dissolvido, o DBO, o ferro total, o manganês, o alumínio, o magnésio, a matéria orgânica, o coliforme total e o índice de *Escherichia coli*. A metodologia de análise de qualidade da água utilizada foi “STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER” da APHA/AWWA (1995), é o método adotado pelo laboratório que realizou as análises, cujos resultados são baseados no CONAMA – Resolução nº 357 de 17 de março de 2005, que enquadra os corpos de água em classes.

Com relação à água para abastecimento humano, a Portaria 2.914 de 12 de dezembro de 2011, que dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Para a medição de vazão do córrego da Formiga, foi adotado o método flutuador (manual), utilizado em cursos d'água que possui pequena extensão e baixa vazão. Este mecanismo é de simples aplicação e de baixo custo, por isso, não foi necessário utilizar métodos de maior precisão, que são indicados para mananciais mais caudalosos, que possuem vazões superiores a 1000 L/s (CARVALHO, 2008).

Na nascente foi utilizado o método direto volumétrico (SILVA *et al*, 2014), pois não há uma formação regular de um canal de drenagem que desse condições para aplicar o método flutuador.

Com os dados coletados calculou-se a média das medidas transversais (largura) e verticais (profundidade) e determinou-se a vazão através da equação:

$$Q = \frac{P(m) \times L(m) \times D(m) \times 0,8}{\text{Tempo (s)}} \quad (\text{Equação: 01})$$

Em que:

Q = vazão em $m^3/s \Rightarrow L/s$; $P (m)$ = profundidade média; $L (m)$ = largura média; $D (m)$ = distância demarcada.

Coefficiente de correção de vazão = 0,8 para manancial que apresentam leito arenoso (EPA, 1997 apud BONIFÁCIO; FREIRE, 2013).

As medições de vazões foram realizadas em períodos paralelos as coletas para análises da água, permitindo assim relacionar a qualidade hídrica à vazão do córrego da Formiga, em todas as subáreas no ano de 2015.

Para avaliação dos parâmetros de qualidade da água, se fez necessário realizar o tratamento estatístico para os dados obtidos nas amostras de água, que envolveu análise descritiva (médias, desvios padrões, máximos e mínimos), análise de variância (ANOVA), que trabalha na redução da quantidade de dados em fatores (matriz fatorial), o que tende a facilitar a interpretação e teste de médias, por meio do teste de Tukey, que é utilizado para comparar múltiplas médias, aplicado juntamente com ANOVA, quando o teste F for significativo, assim como por ser um método de fácil aplicação e bastante preciso (GONÇALVES, 2009; PORTELA, 2013).

E por fim, a análise discriminante por Mínimos Quadrados Parciais (PLS-DA), que Silva (2013, p.22) conceitua como “um método de reconhecimento de padrão supervisionado baseado no algoritmo PLS, técnica de calibração inversa que busca a relação entre a resposta instrumental e propriedades de interesse”. Muito utilizado para analisar amostras mais complexas, ou seja, com maior número de classes relacionando entre si.

No tratamento dos parâmetros de análises de água, utilizou-se o método estatístico multivariado para consolidar os resultados obtidos. A amostra consiste em 20 parâmetros citados anteriormente, cujas coletas foram em quatro períodos, em 5 locais diferentes durante o ano de 2015, resultando em 20 amostras, que variavam em função do período (tempo) e dos pontos de coletas (espaço), os métodos estatísticos adotados foram os citados acima.

A ANOVA consiste em uma “técnica de teste de hipótese usada para comparar médias de três ou mais populações”, cuja população deve ter a mesma variância, população normal e amostras independentes entre si, segundo Larson e Faber (2010, 469p). E para comparação das médias, utilizou-se o Teste de Tukey. Os dados foram processados no programa de análises estatísticas Sisvar versão 5.0.

Os dados, foram submetidos a análise multivariada, por meio de tratamento de Análise Discriminante de Mínimos Quadrados Parciais PLS-DA, (“Partial Least Squares”), através da análise on-line com o software metaboAnalyst com acesso em <http://www.metaboanalyst.ca/MetaboAnalyst/faces/Home.jsp>, (2016). O tratamento dos dados a partir da PLS-DA, ou seja, regressão por mínimos quadrados parciais são comparações em pares para realizar a classificação de um grupo de amostras, se fazem parte ou não de uma determinada classe. Os resultados são obtidos a partir de regressão PLS-DA, conforme Taveira *et al.* (2014).

Estes métodos permitem fazer uma análise integrada de todas as informações, abrangendo os parâmetros avaliados, seja físico, químico e biológico. Os resultados permitiram uma visão integrada da qualidade da água (SENA *et al.*, 1999).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A concentração dos parâmetros de qualidade da água depende da sua função, há uma representação em termos de classificação, considerando a destinação de uso deste corpo hídrico. O córrego da Formiga destina-se principalmente ao uso doméstico, da piscicultura, pecuária, irrigação e da preservação da fauna e flora.

As análises de água realizadas apresentaram resultados divergentes para os parâmetros analisados. A partir das concentrações de cada parâmetro obtido, em consonância com o CONAMA – Resolução nº 357 de 17 de março de 2005, o laboratório realizou o enquadramento dos corpos de água em classes (classe I, classe II, classe III e classe IV).

De acordo com os resultados das análises, o córrego da Formiga apresentou enquadramento diferente com relação a cada ponto, entre classe II e classe III (Tabela 2), porém, nestes casos, a concessionária de água que realizou as análises, adotou a maior classificação, sendo, portanto, de classe III.

Tabela 2 – Enquadramento dos corpos de água em classes (Resolução nº 357 de 17 de março de 2005) por pontos (S1 a S5) e períodos de coleta

	P1	P2	P3	P4	P5
Março/15	III	III	III	III	III
Junho/15	II	II	II	III	II
Setembro/15	III	III	III	III	II
Dezembro/15	III	II	III	II	III

Fonte: ASSIS, A. P. A. O. (2016)

A Resolução do CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 define a classificação das águas em doce, salina e salobra. Para este estudo, trata-se de água doce, Classe III: a) abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; c) à pesca amadora; d) à recreação de contato secundário; e e) à dessedentação de animais.

Todavia, para este estudo foi relevante avaliar as causas que determinaram divergência nos resultados, apesar de ter adotado os mesmos procedimentos e as coletas nos mesmos locais. Essas alternâncias em classes no mesmo curso d'água em trechos distintos poderão ocorrer em função de diversos fatores como variações sazonais, vazão hídrica e aspectos ambientais (naturais e antrópicos). Os parâmetros que mais sofreram alterações que justificam essa alternância de classes foram as concentrações de coliformes fecais e *Escherichia coli*.

Na primeira, terceira e quarta análise de água (março, setembro e Dezembro/2015) predomina a classe tipo III. No primeiro e último período, o manancial se encontrava com maior vazão, devido incidência de chuvas, favorecendo o carreamento de solo e outras substâncias para a água, assim como apresentar maior risco bacteriológico e no terceiro, há indicadores que se mantiveram constantes, podendo representar uma característica natural do corpo hídrico, que não dependa de fatores externos.

O padrão de água classe III, destina-se ao uso como dessedentação de animais e a irrigação de espécies diversas, exceto àquelas que são consumidas cruas e ao uso doméstico, sendo necessário o tratamento prévio a sua utilização. Para a atividade de aquicultura, para um padrão de água classe três, não é favorável seu uso, sendo proibido pela CONAMA nº 357/2005, assim como para irrigação de hortaliças e frutas e a recreação de contato primário.

A análise realizada no segundo período apresentou uma melhoria nos padrões de qualidade, enquadrada em quase todos os pontos amostrais como classe II (Tabela 3), exceto ponto 04, cujo local possui o acesso de animais (bovinos) no curso d'água, podendo ser um dos motivos que levaram a classe III.

Para Gonçalves et al (2005), a concentração de coliformes fecais e *Escherichia coli* alteram em função da mistura de sedimentos no leito dos cursos d'água, na transformação do terreno e no regime da vazão. Os pontos de maior concentração de poluentes foram próximos as lavouras de cana-de-açúcar (S3 e S5), em locais de pastagem com acesso de animais no córrego da Formiga (S4) e perímetro urbano (S1), principalmente no período mais chuvoso.

Paralelo as coletas de água, realizou-se as medições de vazão em cinco locais, realizadas no percurso do córrego da Formiga, obedecendo a sequência dos pontos (P1, P2, P3, P4 e P5). Os períodos de medição, as coordenadas geográficas de localização dos pontos medidos e os resultados seguem descritos na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados de medições de vazão no córrego da Formiga, Quirinópolis/GO

Período	P1	P2	P3	P4	P5
Coordenadas Geográficas	18°26'30''S 50°255'12''W	18°27'51''S 50°24'29''W	18°29'19''S 50°25'09''W	18°31'03''S 50°25'42''W	18°32'22''S 50°27'24''W
	L s ⁻¹	L s ⁻¹	L s ⁻¹	L s ⁻¹	L s ⁻¹
Março/2015	0,1	326,3	182,7	532,2	851,4
Julho/2015	0,04	130,9	102,1	457,6	521,3
Outubro/2015	0,00	58,1	44,9	242,6	263,9
Janeiro/2016	0,07	360,1	370,8	629,3	947,8

Fonte: ASSIS, A. P. A. O. (2016)

A partir dos valores encontrados para a vazão do córrego da Formiga, pode-se observar que entre os períodos de julho a outubro de 2015, houve um decréscimo da vazão em todos os pontos amostrais. As menores vazões correspondem ao período de maior estiagem, o que causa a diminuição do volume de água do manancial.

Pode-se observar que nos meses de março/2015 e janeiro/2016, houve um acréscimo significativo na vazão do manancial, período que coincide a precipitações constantes. Contribuindo para diversos aspectos distintos, os quais foram observados em campo e pelas análises de água.

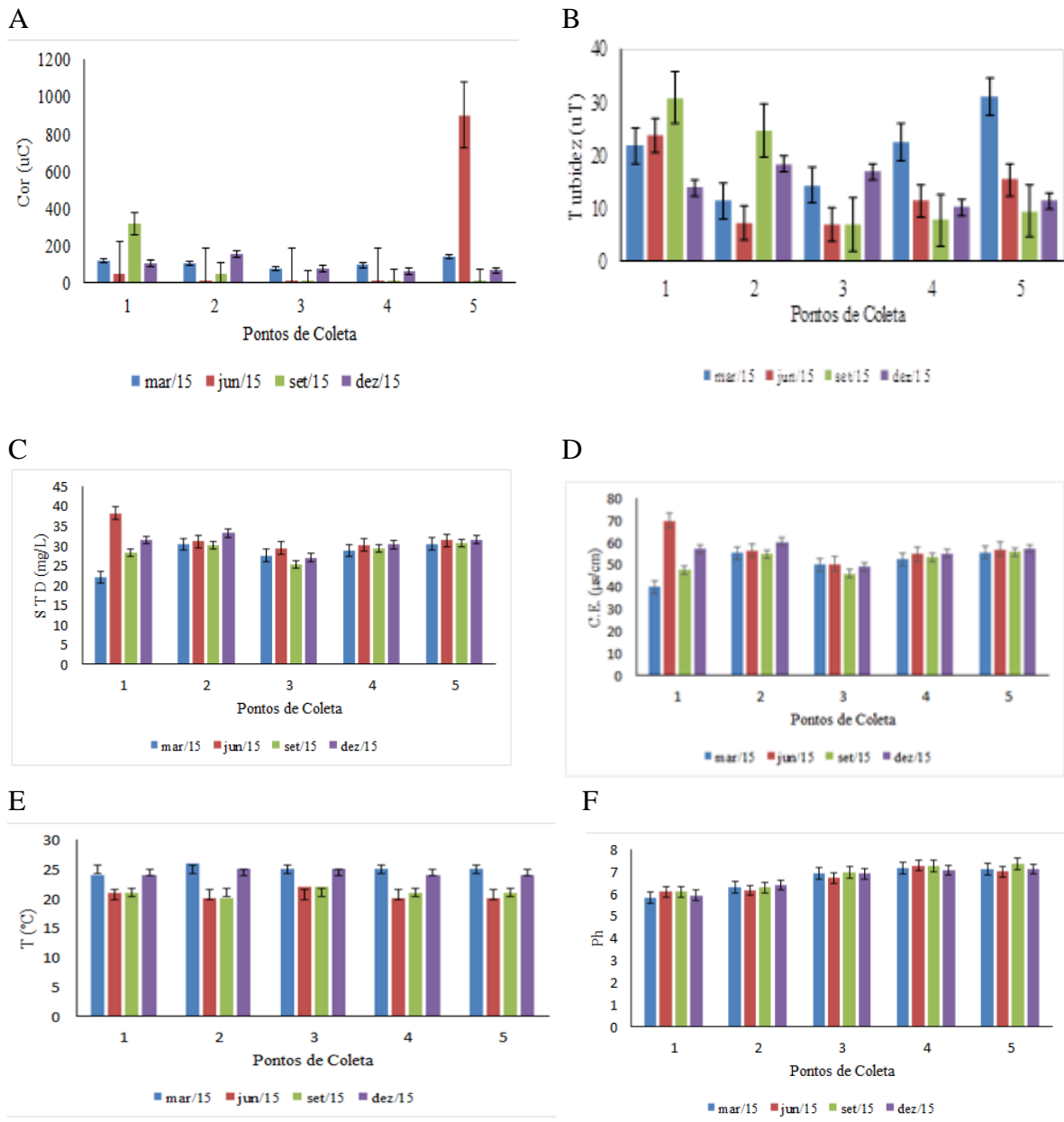
3.1 Análise ambiental dos parâmetros de qualidade da água

Para o parâmetro Cor aparente, pode-se observar que na Figura 2 (A), houve um aumento significativo no segundo trimestre de 2015, no ponto de coleta 5, porém, nota-se que o índice de coloração da água registrou níveis mais elevados com relação à média anual, nos

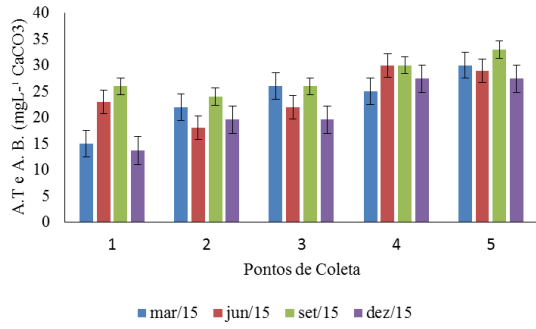
períodos de maiores vazões do córrego da Formiga.

O valor máximo permitido pelo Conama nº357/2005 para Cor é de 75 uC, portanto, houve resultados que apontaram para índices mais elevados do que o permitido, indicando excesso de matéria orgânica na água com reduzido fator de diluição. (AMORIN *et al*, 2010).

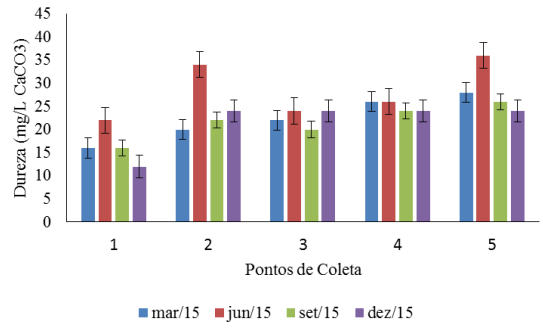
Figura 2 – Média e desvio padrão cor aparente (uC) (A), turbidez (uT) (B), Sólidos Totais Dissolvidos (mg L^{-1}) (C), Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$) (D), Temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$) (E), pH (F), Alcalinidade total ($\text{mg L}^{-1} \text{CaCO}_3$) (G), Dureza ($\text{mg L}^{-1} \text{CaCO}_3$) (H), Cloro (mg L^{-1}) (I), Nitrito ($\text{mg L}^{-1} \text{NO}_2$) (K), Oxigênio dissolvido ($\text{mg L}^{-1} \text{O}_2$) (L), DBO ($\text{mg L}^{-1} \text{O}_2$) (M), Ferro total (N), Manganês (O), Coliforme totais (NMP 100ml^{-1}) (P) e *Escherichia coli* (NMP 100ml^{-1}) (Q), em cinco pontos amostrados (trimestral, 2015) na microbacia do Córrego da Formiga, Quirinópolis, GO.



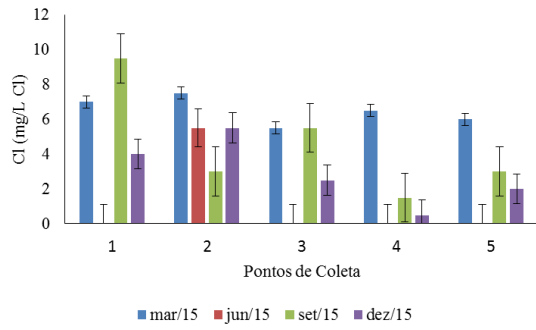
G



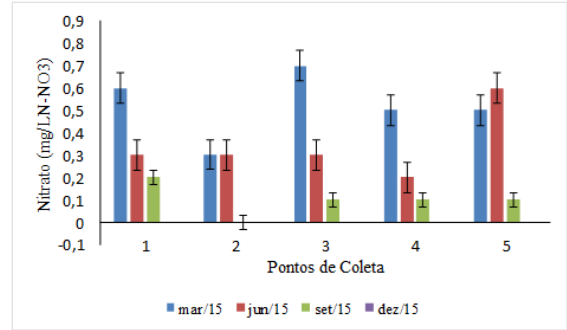
H



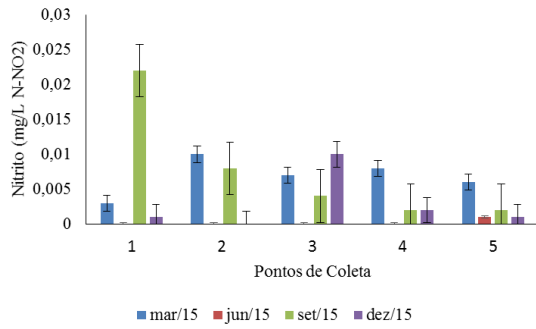
I



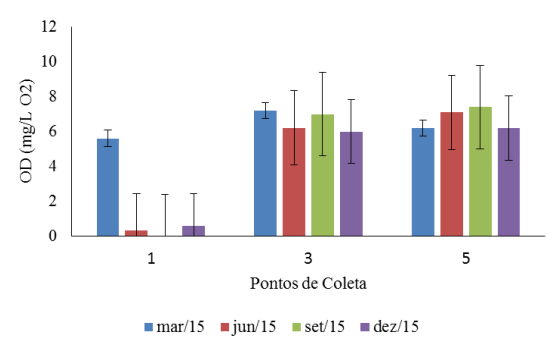
J



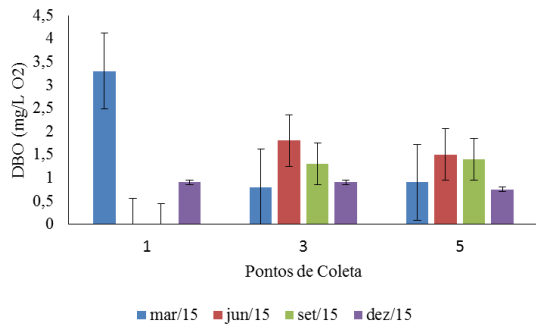
K



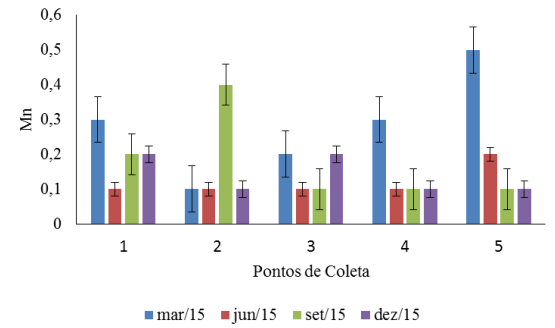
L

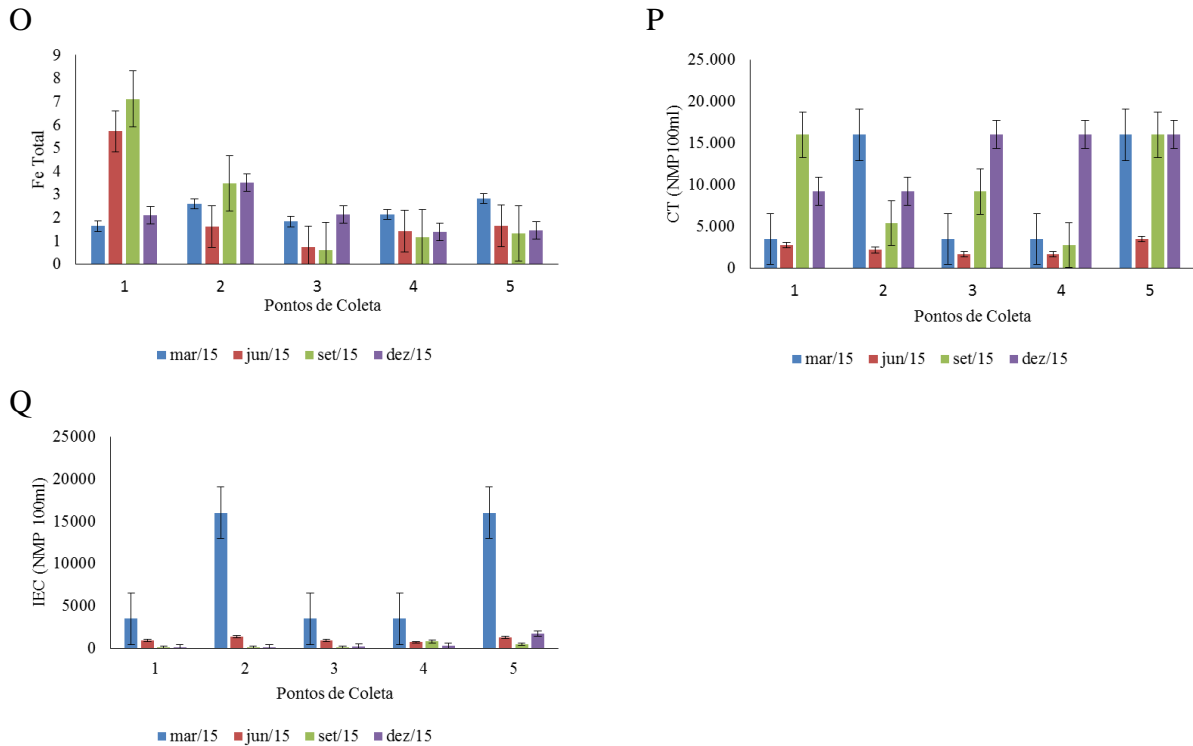


M



N





Fonte: Org.: ASSIS, A.P. A. O (2016)

O índice de turbidez permitido conforme CONAMA n°357 (2005) é de 100 uT, portanto, todos os resultados apontaram para a normalidade, pois os pontos analisados estão dentro dos valores de referência permitidos (Fig. 2 - B).

Com relação aos sólidos totais dissolvidos (STD), nos resultados todas as concentrações obtidas estão abaixo do valor máximo permitido (VMP) pelo CONAMA, de 500 mg L⁻¹. As concentrações variaram entre 21,94 a 33,22 mg L⁻¹, o que representam baixa quantidade de STD presente no córrego da Formiga (Fig. 2 - C).

Os valores de condutividade elétrica (CE) variaram entre os períodos de maior (1° e 4° trimestre/2015) e de menor vazão hídrica (2° e 4° trimestre/2015), conforme figura 2 - D. Os valores registrados no período de vazões mais significativas foi de 60,4 μS cm⁻¹ (Ponto 2 em dez/2015) e no período de estiagem resultou em 46 μS cm⁻¹ (ponto 3, set/2015), ou seja, a concentração de íons dissolvidos no córrego da Formiga, conforme Amorim *et al* (2010), pode evidenciar intemperismo de rochas. Para Von Sperling (2005), quanto mais elevada a CE, maior a presença de STD, em ambientes impactados.

Para o parâmetro temperatura, não houve variações significativas nos valores compreendidos entre os períodos sazonais (Fig. 2 - E). A mínima registrada foi de 20°C no período de estiagem, compreendidos entre os meses de junho a setembro/2015 e a máxima de

26°C no período de maior precipitação, em março e dezembro de 2015. Dessa forma não há demanda por oxigênio.

O valor do pH para corpos hídricos, segundo Brasil (2005) obtidos variam entre a Classe II e Classe III, sendo permitido os valores de pH entre 6 a 9. Todos os resultados atenderam a Resolução, variando em torno de 5,84 a 7,28 (Fig. 2 – F).

A alcalinidade foi analisada em alcalinidade total, alcalinidade de carbonatos (CO_3) e de bicarbonatos (HCO_3). Sendo a alcalinidade de bicarbonato respectivamente a mesma em todos os pontos amostrados, representando a alcalinidade total, com pH entre 6 a 7. O CONAMA não faz referência a este parâmetro (Fig. 2 – G).

Com relação a dureza total, houve variações entre os pontos de coleta, sendo o primeiro representado pela nascente do córrego da Formiga, o menor índice de dureza, com valor médio de $16,5 \text{ mg L}^{-1}$ de CaCO_3 , é maior no quinto ponto amostrado, com $28,5 \text{ mg L}^{-1}$ de CaCO_3 (Fig. 15). Em termos ambientais, o CONAMA na Resolução nº357/2005, não faz referência quanto a dureza para classificação de corpos hídricos brasileiros (Fig. 2 – H).

Para os cloretos, segundo critério de classificação dos corpos hídricos, para Classe 3, são aceitos VMP de $250 \text{ (mg L}^{-1} \text{ Cl)}$, nos resultados obtidos, as maiores concentrações foram nos pontos amostrais 1 e 2 com os respectivos valores $9,7 \text{ (mg L}^{-1} \text{ Cl)}$ no terceiro trimestre e ponto 2 de $7,5 \text{ (mg L}^{-1} \text{ Cl)}$ no primeiro trimestre (Fig. 2 - I). Em períodos de estiagem houve redução de cloretos presentes na água do Córrego da Formiga.

Para as concentrações de nitrato, o CONAMA Resolução nº357/2005, permite até $10 \text{ mg L}^{-1} \text{ N-NO}_3$. Os resultados obtidos apresentaram baixa presença de nitrato na água do córrego da Formiga, cujo maior valor foi de $0,7 \text{ mg L}^{-1} \text{ N-NO}_3$ encontrado no terceiro ponto amostral, enquanto que em período seco como o terceiro trimestre, o ponto de coleta 2 e no quarto trimestre todos os pontos de amostragem não mostraram a presença de nitrato na água (Fig. 2 - J), ou seja, baixa quantidade evidencia que águas do córrego da Formiga não há indícios de agentes contaminantes (AMORIM *et al.*, 2010).

Os valores de nitrito, todos apresentaram concentração abaixo do limite estabelecido pelo CONAMA, Resolução nº357/2005 (Fig.2 - K), que determina para corpos hídricos de classe III, o valor de $1 \text{ mg L}^{-1} \text{ N-NO}_2$. Já a Figura 2 - L apresenta a variação das concentrações de oxigênio dissolvido (OD) na água do córrego da Formiga. Os resultados obtidos apresentaram pequena quantidade de OD na nascente, os demais pontos apresentam OD acima do índice estabelecido pelo CONAMA nº357/2005, cujo valor mínimo de referência é de $4 \text{ mg L}^{-1} \text{ O}_2$. Na média anual, o nível de OD ficou abaixo do limite estabelecido, no valor de $2,99 \text{ mg L}^{-1} \text{ O}_2$, sendo um fator de alerta, principalmente no ponto 1,

o que indica excesso de matéria orgânica, que pode afetar a vida aquática e comprometer a qualidade da água (Von Sperling, 2005).

Para análise da DBO, adotou-se 3 pontos de coleta, sendo o primeiro na nascente, o segundo intermediário e terceiro na foz do córrego da Formiga. Em termos de Resolução, o CONAMA estabelece para corpos hídricos de classe III, o VMP de $10 \text{ mg L}^{-1} \text{ O}_2$. Para todos os pontos de amostragem, nenhum resultado ficou acima deste valor, variando em torno da mínima de $0,75 \text{ mg.L}^{-1} \text{ O}_2$, no quarto trimestre no ponto de coleta 5 e a máxima de $3,3 \text{ mg L}^{-1} \text{ O}_2$ de DBO no primeiro trimestre no ponto de coleta 1 (Fig. 2 - M).

Os valores de Ferro total (Fe^3) encontrados foram mais significativos no primeiro ponto de coleta, nos períodos de estiagem. Os demais pontos amostrais apresentaram variações de Fe^3 total entre 0,59 (ponto de coleta 3) a 7,12 (ponto de coleta 1), ambos no terceiro trimestre/2015 (Fig. 2 - N).

Os resultados do manganês (Mn) mg L^{-1} , apresentaram maior concentração no primeiro trimestre/2015, nos pontos amostrados 1, 3, 4 e 5, com valor máximo de $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ (ponto 1) e mínima de $0,1 \text{ mg L}^{-1}$, coincidindo com as variações sazonais durante o ano de 2015 (Fig.2 - O).

Em termos de análise biológica da água do córrego da Formiga, na avaliação da quantidade de coliformes totais presentes nos pontos amostrados, apresentaram maior valor no quarto trimestre, com resultados variando entre 9.200 (Pontos 1 e 2) a 16.000 NMP 100ml^{-1} (pontos 3, 4 e 5), correspondente ao período de precipitações. Índices elevados de coliformes totais foram registrados no período de estiagem. As menores concentrações foram registradas do segundo trimestre de 2015, variando entre os valores de 1700 (pontos 3 e 4) a 3500 NMP 100ml^{-1} (ponto 5), conforme apresentado na Figura 2 - P.

Para coleções hídricas de classe III, o CONAMA n°357/2005 estabelece VMP para coliformes totais de até 20.000 NMP 100ml^{-1} , todos os pontos de amostragem obtiveram valores dentro dos níveis aceitos pela resolução (Fig. 2 - P).

Com relação *Escherichia coli*, os valores apresentaram índices acima do permitido pelo CONAMA Resolução n°357/2005, nos pontos amostrados 2 e 5 no primeiro trimestre/2015, atingindo valores de 16.000 NMP 100ml^{-1} , considerado muito acima do padrão estabelecido pela resolução de 4.000 NMP 100ml^{-1} . Os demais pontos de amostragem permaneceram dentro do limite permitido (Fig. 2 - Q). A existência de coliformes totais e *E. coli*, pode provocar doenças, quando a água for utilizada sem o devido tratamento.

Portanto, em se tratando de consumo humano, a água do córrego da Formiga necessita de tratamento prévio, assim como não é indicado para irrigação de alimentos que são consumidos crus e para atividade de aquicultura.

3.2 Análises estatísticas dos parâmetros de qualidade de água

- Análise de Variância - ANOVA

A análise de variância – ANOVA demonstrou que para os parâmetros coliformes totais, *Eschechiria Coli*, cloreto, nitrato, magnésio e flúor houve diferença ($p < 0,05$), enquanto que os demais parâmetros se mantiveram iguais com relação aos períodos que foram realizados as coletas. A Tabela 4 apresenta os resultados da análise de variância para os parâmetros de qualidade da água com relação ao período que foram realizadas as amostras, relacionado com as diferenças entre o P1 ao P5.

Tabela 4 – Resumo da análise de Variância (QM quadrados médios) das análises de água com parâmetros físicos, químicos e biológicos para verificar a qualidade da água do Córrego da Formiga em Quirinópolis-GO, (2015).

FV	TEMPO	RESÍDUO	CV (%)
COLIFORMES TOTAIS	103678000,000*	24434000,000	58,09
ESCHERICHIA COLI	78121488,266*	11881513,900000	133,10
ALCALINIDADE	33,789087ns	26,113220	21,00
FLÚOR	0,010620*	0,000015	15,49
ALCAL_HCO	57,342420ns	23,758220	20,45
ALUMÍNIO	0,000784ns	0,000374	97,85
DUREZA	54,066667ns	26,300000	21,82
CLORETO	26,450000*	5,056250	59,96
NITRATO	0,276000*	0,012500	46,58
NITRITO	0,000060ns	0,000024	111,68
CÁLCIO	8,940195ns	4,501357	22,53
MAGNÉSIO	6,714072*	1,207553	51,39
OD	1,543333ns	12,856750	119,92
DBO	0,252125ns	0,857875	136,71
FERRO	0,384538ns	3,033698	74,99
MANGANÊS	0,025333ns	0,011000	58,27
MO	15,301833ns	3,140000	116,96
TURBIDEZ	3,040ns	60,244825	49,04
COR	13852,657833ns	44523,170750	181,72
pH	193,220ns	0,300552	8,18
STD	18,047618ns	8,772277	9,94
CONDUTIVIDADE	57,673833ns	32,851500	10,64

Fonte: Org.: ASSIS, A.P. A. O (2016)

* representam significância a 0,05 de probabilidade pelo teste F; ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

Tabela 5 – Valores médios dos parâmetros indicativos de qualidade da água monitorados em função dos períodos de amostragem das análises de água no Córrego da Formiga em Quirinópolis-GO (2015), adotando os parâmetros físicos, químicos e biológicos.

TEMPO	1	2	3	4
COLIFORMES.TOTAIS	8500,00 AB	2380,00 A	9880,00 AB	13280,00 B
ESCHERICHIA COLI	8500,00 B	1056,00 A	319,60 A	483,60 A
ALCALINIDADE	23,600 A	24,400 A	27,800 A	21,556 A
FLÚOR	0,000 A	0,006 A	0,000 A	0,094 B
ALCAL_HCO	23,600 A	24,400 A	27,800 A	19,556 A
ALUMÍNIO	0,0312 A	0,0264 A	0,0188 A	0,0026 A
DUREZA	22,400 A	28,400 A	21,600 A	21,600 A
CLORETO	6,500 B	1,100 A	4,500 AB	2,900 AB
NITRATO	0,520 B	0,340 B	0,100 A	0,000 A
NITRITO	0,0068 A	0,0002 A	0,0076 A	0,0028 A
CÁLCIO	9,138 A	11,382 A	8,495 A	8,658 A
MAGNÉSIO	2,238 AB	3,596 B	0,776 A	1,944 AB
OD	3,800 A	2,720 A	2,880 A	2,560 A
DBO	1,000 A	0,660 A	0,540 A	0,510 A
FERRO	2,210 A	2,230 A	2,732 A	2,118 A
MANGANÊS	0,280 A	0,120 A	0,180 A	0,140 A
MO	0,000 A	0,000 A	3,020 A	3,040 A
TURBIDEZ	20,220 A	12,956 A	15,968 A	14,160 A
COR	104,680 A	193,220 A	76,980 A	89,580 A
pH	6,672 A	6,652 A	6,790 A	6,692 A
STD	27,794 A	32,008 A	28,714 A	30,666 A
C.E.	50,560 A	57,660 A	51,480 A	55,760 A

Fonte: Org.: ASSIS, A.P. A. O (2016)

Nota: Letras diferentes na linha indicam diferenças a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey.

A análise de variância (ANOVA) apresentou seis dos parâmetros de qualidade da água monitorados, com diferenças de médias entre os períodos avaliados. Estes resultados apontam para um perfil ambiental do curso d'água em estudo, caso não haja transformações na paisagem, ou seja, se mantenham os usos e ocupações da microbacia do córrego da Formiga (ANDRIETTI *et al.*, 2016).

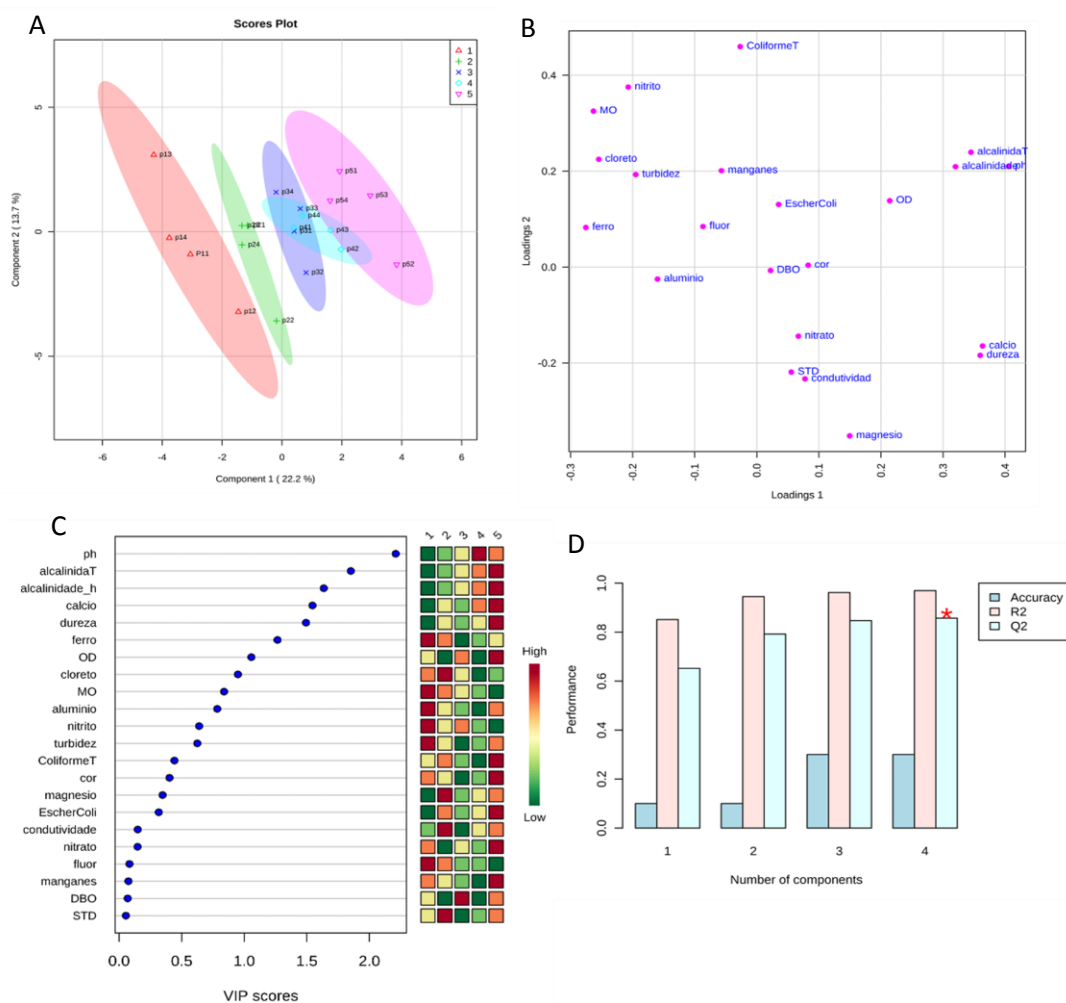
Com o teste de médias, os parâmetros mais significativos, ou seja, houve alterações nos valores foram coliformes fecais, nos quatro períodos analisados, assim como o cloreto e o magnésio. O flúor, nitrato e *Escherichia coli* também tiveram variações, porém, apenas na última coleta, ou seja, as alterações foram mais acentuadas com relação a época em que foi realizada a primeira e a última amostragem, podendo ser influenciada pelo aumento do volume de água nesses períodos, cujas concentrações de materiais carregados para o manancial tendem a aumentar significativamente.

Os dados obtidos pelo método de análise discriminatória dos mínimos quadrados parciais — PLS-DA, os resultados apontaram para uma tendência para valores positivos, cujos períodos analisados podem interferir nos parâmetros avaliados, sendo todos diferentes,

conforme os pontos de coleta, com exceção do ponto 4, que não apresentou diferença com o ponto 3 e 5.

A Figura 3 apresenta os seguintes dados: (A) PLS-DA da componente 1 (22,2% da variância total) e componente 2 (13,7% da variância total) do perfil que diferencia os pontos de coleta de água dos períodos realizados a mesma, sendo 5 pontos amostrais, cujas coletas aconteceram trimestralmente durante um ano. (B) Os *loadings* das componentes 1 e 2 apresentaram os atributos mais importantes, responsáveis pelas diferenças entre os pontos amostrais (P1, P2, P3, P4 e P5) e os parâmetros avaliados. (C) Os parâmetros de análises de água amostrados a partir da pontuação e peso para a qualidade da água, para diferenciar em separação das regiões apresentadas na Figura (A). (D) Acurácia constando os cinco pontos de coleta de água. Modelo apresentado para demonstração do desempenho dos componentes PLS-DA construído para originar diferenciação.

Figura 3 - Componentes avaliados com relação aos pontos de coleta de água de 2015, a partir do método PLS-DA, aplicado no córrego da Formiga. (A) PLS-DA das componentes 1 e 2, (B) Os *loadings* das componentes 1 e 2, (C) VIP Scores e (D) Acurácia.



Fonte: Org.: ASSIS, A.P. A. O (2016)

Nas Figuras 3A e 3B resultam em uma diferença entre os pontos de amostragem analisados, visto que os pontos 1, 2, 3 e 5 são diferentes e o ponto 4 é igual aos pontos 3 e 5, pois o mesmo apresenta uma sobreposição. Isto significa que a qualidade da água é diferente em cada ponto amostral. A Figura 3C explica a separação das amostras, cujos elementos dispostos na vertical e os pesos (scores) em ordem decrescente, observa-se que, alguns parâmetros aumentaram significativamente nos últimos pontos e vice-versa.

O parâmetro pH, expressivamente foi o que mais pesou para separação de amostras nos pontos analisado, seguido pela alcalinidade, cálcio, dureza, ferro e OD. O pH aumentou em ordem crescente, sendo menor no ponto 1 (nascente) e maior no ponto 5, assim como a alcalinidade, o cálcio e a dureza, parâmetros que relacionam entre si de forma significativa.

Os parâmetros como ferro, cloreto, MO, alumínio, nitrito, turbidez e flúor foram mais representativos nos pontos 1 e 2. O ponto 1 encontra-se mais próximo ao perímetro urbano e o 2 está entre o urbano e a zona rural. Além da urbanização adjacente a esses pontos, há a presença da piscicultura e pastagem.

O magnésio, a condutividade elétrica (CE) e os sólidos totais dissolvidos (STD) foram mais expressivos no ponto 2. E a DBO nos pontos 3, 5 e nascente, sucessivamente. Sendo um indicativo de excesso de matéria orgânica nestes locais.

Na avaliação estatística dos parâmetros de qualidade da água, a Figura 6 apresenta a correlação entre os padrões dos resultados de análises de água que demonstra uma forte correlação, sendo alumínio com nitrato, ferro e turbidez, dureza com cálcio e magnésio, cloretos com nitrato, nitrito com ferro, matéria orgânica e turbidez, cálcio com magnésio e pH, Oxigênio Dissolvido com DBO, ferro com matéria orgânica e turbidez, manganês com turbidez e sólidos totais dissolvidos com condutibilidade elétrica. E uma correlação negativa nos seguintes parâmetros ferro com pH, DBO com sólidos totais dissolvidos e condutibilidade elétrica, magnésio e matéria orgânica, nitrato com matéria orgânica e flúor com nitrato. Os demais parâmetros apresentaram uma baixa correlação.

Figura 4 – Análise de correlação dos parâmetros de qualidade da água do Córrego da Formiga para o ano de 2015

	ColifT	EscherColi	fluor	alcalinida	alcal_hCO	alumin	durez	cloret	nitrato	nitrito	calcio	magne	OD	DBO	ferro	manganes	MO	turbidez	cor	ph	STD	condut	vazão
ColifT	1																						
EscherColi	0,3138	1																					
fluor	0,4144	-0,284	1																				
alcalinida	0,181	0,0829	-0,34	1																			
alcal_hCO	0,0552	0,1271	-0,484	0,9118	1																		
alumin	-0,108	0,1935	-0,487	-0,038	0,0556	1																	
durez	-0,211	0,0502	-0,22	0,4308	0,4089	-0,034	1																
cloret	0,2825	0,4041	-0,209	-0,294	-0,176	0,4763	-0,371	1															
nitrato	-0,421	0,4179	-0,617	0,0378	0,1374	0,5404	0,2533	0,2415	1														
nitrito	0,4295	0,2154	-0,214	0,0455	0,0865	0,4195	-0,348	0,6426	0,0676	1													
calcio	-0,173	0,1111	-0,214	0,4405	0,4185	-8E-04	0,9937	-0,342	0,2863	-0,346	1												
magne	-0,281	0,1224	-0,082	-0,086	-0,103	0,1735	0,7693	-0,256	0,3577	-0,326	0,7613	1											
OD	0,1427	0,0691	-0,105	0,2211	0,3022	-0,048	0,1705	-0,097	0,3263	-0,114	0,2007	-0,006	1										
DBO	-0,091	-0,004	-0,121	-0,217	-0,135	0,0108	-0,14	0,0163	0,3753	-0,199	-0,117	-0,08	0,7459	1									
ferro	0,1827	0,0287	-0,058	-0,096	-0,038	0,5916	-0,293	0,3398	-0,026	0,5824	-0,293	-0,021	-0,429	-0,399	1								
manganes	0,0469	0,4069	-0,233	-0,027	0,0413	0,3034	-0,033	0,3383	0,3654	0,349	-0,017	0,0712	0,1244	0,1811	0,1981	1							
MO	0,4843	-0,346	0,3908	-0,132	-0,153	0,1227	-0,496	0,3305	-0,507	0,6011	-0,499	-0,514	-0,252	-0,226	0,5623	-0,033	1						
turbidez	0,1556	0,2575	-0,133	-0,053	0,0201	0,5845	-0,199	0,4152	0,2623	0,5566	-0,179	0,0566	-0,141	-0,068	0,7591	0,7454	0,318	1					
cor	-0,027	0,0152	-0,094	0,1337	0,1575	0,0931	0,3536	-0,041	0,3815	0,1297	0,3528	0,333	0,2025	0,1767	0,1741	0,1676	0,1078	0,2546	1				
ph	0,1328	0,014	-0,038	0,8039	0,7065	-0,371	0,4971	-0,399	-0,023	-0,179	0,5157	-0,02	0,3641	-0,084	-0,518	-0,083	-0,291	-0,321	-0,021	1			
STD	-0,016	-0,02	0,2101	0,1374	0,1194	-0,041	0,2759	-0,426	-0,236	-0,339	0,2704	0,3586	-0,378	-0,569	0,3755	-0,256	-0,052	0,0519	0,0685	-0,044	1		
condut	-0,029	0,0063	0,2288	0,1329	0,1106	-0,1	0,3047	-0,44	-0,226	-0,409	0,2983	0,398	-0,363	-0,557	0,2972	-0,234	-0,142	0,0211	0,0471	-0,007	0,9857	1	
vazão	0,4037	0,3627	0,2986	0,4883	0,3609	-0,198	0,4848	-0,2	0,0013	-0,143	0,5237	0,2846	0,1829	-0,154	-0,262	0,1448	-0,209	0,0156	0,1642	0,6543	0,1635	0,2066	1

Legenda: ● positiva/alta >0,5; ● baixa: - 0,5 a 0,5; ● negativa/alta < - 0,5.

Fonte.: Org.: ASSIS, A.P. A. O (2016)

O córrego da Formiga possui a qualidade da água em classe III, ou seja, torna-se restrito a algumas formas de uso, como por exemplo, a irrigação de alimentos que são consumidos diretamente, sem cozimento, aquicultura e atividade de pesca, a recreação a partir de contato direto e consumo humano, apenas com tratamento convencional ou avançado.

Os resultados das análises de água apontaram para um perfil de estabilidade com relação aos parâmetros ambientais para níveis de qualidade da água. Dentre as variáveis analisadas, apresentaram normalidade, conforme a classificação do manancial Formiga, os sólidos totais dissolvidos, a condutividade elétrica e a temperatura.

Mas, para a turbidez, em períodos de precipitações constantes, apresentou índices variados. Nestes períodos, devido o escoamento superficial e a processos erosivos, há o carreamento de solo para o manancial, tornando as águas turvas, o que compromete a vida aquática devido à ausência ou reduzida passagem de luz necessária ao processo de fotossíntese. Outro fator relevante à qualidade hídrica e ambiental do córrego da Formiga, associado à turbidez, são os processos erosivos que estão provocando assoreamento no manancial. Este fenômeno também foi verificado durante os monitoramentos realizados nesta microbacia, nas medições de vazão e coletas de água.

Os parâmetros como cor, nitrato (NO_3), nitrito (NO_2), oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), ferro total (Fe), manganês (Mn), e coliformes totais (*Escherichia coli*), apresentaram valores acima do estabelecido pela classificação do manancial (classe III), analisando estes fatores, existe relação entre os parâmetros cor, Fe e Mn, pois os resultados apontaram para um aumento na concentração de Fe e Mn na água, que são responsáveis pelo acentuado valor da cor. Pode representar dissolução de rochas e minerais na água ou a presença de efluentes domésticos, industriais ou agrícolas. Visto que estes resultados referem-se a períodos de estiagem, cujo fator de diluição (autodepuração) da água reduz em vazões menores.

Com relação às variáveis OD e DBO, os dados foram divergentes no primeiro ponto de coleta, pois com relação ao primeiro parâmetro, os resultados correspondem a valores abaixo no mínimo estabelecido pela Resolução Conama nº357/2005, ou seja, há a presença de matéria orgânica em excesso, podendo comprometer a vida aquática deste local. Para a DBO, todos os pontos amostrados estiveram dentro dos padrões estabelecidos pela resolução e os resultados indicaram a ausência de contaminação.

Para os parâmetros biológicos, os valores dos coliformes totais para todos os pontos amostrados atenderam a Resolução, não havendo contaminação acima dos padrões estabelecidos para corpos hídricos de classe III. Todavia, para as concentrações de

Escherichia coli, as análises apresentaram índices acima dos permitidos, representando um fator de contaminação por microrganismos patogênicos (contaminação fecal). Portanto, para o consumo humano e abastecimento doméstico, é necessário o tratamento convencional anterior ao uso.

Os demais aspectos não estão relacionados à avaliação ambiental do córrego da Formiga, porém representam fatores de interferência que devem ser analisados quando se tratar de padrões de potabilidade e sistemas de tratamento para consumo humano ou irrigação, sendo estes, alcalinidade, dureza e cloretos.

As medidas de vazão apresentaram variação dos valores em cada ponto aferido, isto ocorre nos mananciais devido à influência de índice pluviométrico, pelas ações antrópicas, pelas condições naturais e localização. Ao relacionar a vazão com os parâmetros de qualidade da água, verificou-se que a variação sazonal define o regime hídrico do manancial, chegando a vazões mais críticas nos períodos secos e mais altas nos de chuvas.

Estágios de alta e baixa vazão refletem na qualidade hídrica através de parâmetros físico-químicos como temperatura, turbidez, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, pH, sólidos totais dissolvidos, pois estão diretamente relacionados ao fator de diluição da água, de forma positiva ou negativa, além de desencadear outros problemas ambientais, como contaminação por carreamento de materiais e assoreamento, relacionados a outros parâmetros como DBO, ferro e manganês, coliformes totais e *Escherichia Coli*.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As regiões que apresentaram melhores condições de qualidade da água foram os pontos 2 e 5. No ponto 2, a região possui pastagens no entorno do manancial, com APP preservada e isolada, não há acesso de animais bovinos no curso d'água e no ponto 5, representada em áreas adjacentes com lavoura de cana-de-açúcar, nesta área, o volume de água aumenta significativamente em relação aos pontos anteriores, pois se encontra na Foz, desaguando no Rio Preto.

Quanto à qualidade da água, verificou-se que no período de maior estiagem (seca), apresentaram os melhores resultados de qualidade. Portanto, entende-se que no período chuvoso, há um carreamento de sedimentos e substâncias para o manancial, capazes de alterar a qualidade da água, demonstrados nos resultados das análises, cujos valores mais expressivos foram nos períodos de março e setembro, que termina e inicia o ciclo chuvoso na região.

As vazões são bruscamente aumentadas, com o aumento das precipitações, provocando o revolvimento e a perda de sedimentos, contribuindo para o assoreamento.

É necessário que os governantes com o apoio de instituições públicas, ONG's e a sociedade civil criem planejamentos ambientais para o uso adequado das microbacias, com intuito de promover a preservação ambiental, sem impactar a economia da região. Realizando assim, ações como o reflorestamento de APP, isolamento das APP para evitar a entrada de animais no curso d'água, construção de barramentos para evitar captações diretas no córrego da Formiga, ações de prevenção na expansão urbana, com construção de redes de saneamento básico ou sistemas de tratamento para evitar o lançamento de esgoto doméstico para as pisciculturas, os sistemas de tratamento de efluentes, as práticas de manejo adequadas para o uso do solo agrícola, entre outras medidas que visem melhorar a qualidade da água do manancial.

O córrego Formiga é apenas um exemplo de que pode melhorar os seus níveis de qualidade das águas para atender uma maior demanda de usos, pois, nos padrões que se encontram a partir deste monitoramento, a necessidade de avaliar as condições de uso e ocupação do solo da microbacia do manancial.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, S. Q. et al. "Qualidade da água do manancial de abastecimento da cidade de Parauapebas-PA". *Revista Água Subterrânea*. Vol. 24 n°1, 2010. Suplemento: XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E XVII ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS. *Anais*. São Luiz-MA, Associação Brasileira de Aguas Subterrâneas, 2010.

ANDRIETTI, G., FREIRE, R., AMARAL, A. G., ALMEIDA, F. T., BONGIOVANI, M. C., SCHNEIDER, R. M. Índices de qualidade da água e de estado trófico do rio Caiabi, MT. *Rev. Ambiente e Água*. Taubaté, v. 11 n. 1, jan./mar. 2016.

ANTUNES, S. S.; SOARES, F. M. P.; REIS, J. S. Análise bacteriológica da água de reservatórios domiciliares do município de Coari – Amazonas. *SaBios: Rev. Saúde e Biologia*, v.10, n.3, p.9-14, set./dez., 2015.

APHA – AWWA- WPCF. *Standart methods for the examination of water and wastewater*. 19th edition. Wasghington D.C. American Public Health Association.1995. 953p.

ARAÚJO, L. M. N.; MORAIS, A.; BOAS, M. D. V.; PEREIRA, V. S. A.; SALES, A. N.; ARAÚJO, F. A. Estudo dos principais parâmetros indicadores da qualidade da água na bacia do rio Paraíba do Sul. In: XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, SÃO PAULO, 2007. *Anais*. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Disponível em: <<http://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=3&ID=19&PAG=4>>. Acesso em: 27 jan. 2016.

BONIFÁCIO, C. M.; FREIRE, R. “Comparação de três métodos para a medição da vazão e velocidade aplicados em dois cursos d’água da bacia do ribeirão Maringá”. *Periódico eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*. v. 9, n. 2, 2013, p. 406-415. Disponível em: http://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/viewFile/656/680>. Acesso em: 25 jan. 2016.

BORGES, V. M. S. *Formação de uma nova centralidade no setor sucroenergético no cerrado: o caso de Quirinópolis, Estado de Goiás*. Goiânia, 2011. Disponível em: <http://bdtd.ufg.br/tesesimplificado/tde_arquivos/46/TDE-2012-12-03T120050Z2225/Publico/Tese%20Vonedirce%202011.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2015.

BRAGA, B. et. al. *Introdução a Engenharia Ambiental*. São Paulo: Pretice Hall, 2005. 305 p.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA (2005). *Resolução nº 357 - 17 de março de 2005*. 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. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 02 fev. 2016.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. *Lei 12.651, de 25 de maio de 2012*. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>. Acesso em: 21 jul. 2015.

BRASIL. *Lei nº 9433, 08 de janeiro de 1997*. Instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de recursos Hídricos. Brasília, 1997.

BRASIL. *Portaria do Ministério da Saúde nº 2914. 12 de dezembro de 2011*. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

CARVALHO, T. M. Técnicas de medição de vazão por meios convencionais e não convencionais. *RBGF – Revista Brasileira de Geografia Física*, Recife-PE. v. 01 n. 01 mai/ago 2008, p. 73-85.

DONADIO, N. M. M.; GALBIATTI, J. A.; PAULA R. C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego Rico. *Revista Engenharia Agrícola*, Jaboticabal. v. 25 n. 1 jan./abr., p.115-125, 2005.

EPA. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Stream Flow. In: Office Of Water: Monitoring Water Quality. *Volunteer stream monitoring: a methods manual*. Washignton: EPA, Cap 5, p. 134-138. 1997.

FARIAS, M. S. S. *Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Cabelo*. Campina Grande, 2006, 152p. Tese de Doutorado. Centro de Tecnologia em Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba. 2006, 152p.

GONÇALVES, C. S., RHEINHEIMER, D. dos S., PELLEGRINI, J. B. R., KIST, S. L. Qualidade da água numa microbacia hidrográfica de cabeceira situada em região produtora de fumo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB. v.9, n.3, p.391-399, 2005.

GONÇALVES, E. M. *Avaliação da qualidade da água do rio Uberabinha – Uberlândia – MG*. Rio de Janeiro, 2009. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em < <http://tpqb.eq.ufrj.br/download/qualidade-da-agua-do-rio-uberabinha.pdf>>. Acesso em: 05 out. 2016.

LARSON, R.; FABER, B. *Estatística aplicada*. 4. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

LUCENA, T. V.; DUTRA, M. T. D. D.; PEREIRA, L. C.; BRAGA, R. A. P. *Comportamento da vazão de nascentes, em função do grau de conservação do seu entorno, no assentamento rural serra grande, em Vitória de Santo Antão-PE*. In: 65ª REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA. UFPE, Recife/PE, 2013. Disponível em: <<http://www.sbpcnet.org.br/livro/65ra/resumos/areas/listaE.3.4.htm>>. Acesso em: 25 jan. 2016.

MATOS, P. F. “Agronegócio no sudeste goiano e as disputas pelo uso do território”. *Acta Geográfica*, Boa Vista. Ed. esp. geografia agrária p.153-165, 2013.

METABOANALYST. *Statistical analysis*. Disponível em: <<http://www.metaboanalyst.ca>>. Acesso em: 07 set. 2016.

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”. *RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. v. 19 n.3, jul./set 2014, p.127-139.

PORTELA, J. F. *Avaliação da qualidade da água na área de influência direta da estação ecológica de águas emendadas*. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília, Brasília, 2013. Disponível em: <<http://repositorio.unb.br/handle/10482/15113>>. Acesso em: 04 out. 2016.

REPULA, C. M. M., QUINÁIA, S. P. Avaliação da qualidade das águas do córrego Viaduto utilizando análise de componentes principais. *Ambiência*. Guarapuava, PR v.5 n.3 p.433 - 442 set./dez. 2009.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. *Introdução a química ambiental*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

SIEG - SISTEMA ESTADUAL DE ESTATÍSTICA E INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS DE GOIÁS. *Arquivo Shapefile Bacia Hidrográfica*. Disponível em: <<http://www.simego.sectec.go.gov.br/>>. Acesso em: 26 ago. 2015.

SILVA, A. C. *Metodologias analíticas para a identificação de não conformidades em amostras de álcool combustível*. João Pessoa – PB, 2013. Dissertação de mestrado. Universidade Federal da Paraíba. Disponível em: <http://www.ppgq.quimica.ufpb.br/dissertacoes/Dissertacao_Adenilton_C_Silva.pdf>. Acesso em: 04 out. 2016.

SILVA, A. P. L.; FERREIRA NETO, J. V.; SILVA, J. H. S. “Estudo da vazão hídrica nas nascentes da serra da caiçara, município de Maravilha – Alagoas”. *Revista reflexões e práticas geográficas* (Online). Maceió/AL. v. 1, n. 1, p. 82-92, jul./dez. 2014.

SHIKLOMANOV, I. *World fresh water resources*. In: GLEICK, P. H. (Ed.). *Water in crisis: a guide to the world's fresh water resources*. Pacific Institute for studies in Development, Environment and Security, Stockholm Environmental Institute, 1993. 13-23p.

SPERLING, M. V. *Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos*. ed. 3, Belo Horizonte: UFMG. 2005, 452p.

TAVEIRA, J. H. da S., BORÉM, F. M., FIGUEIREDO, L. P., REIS, N. FRANCA, A. S., HARDING, S. A., TSAI, C. Potential markers of coffee genotypes grown in different Brazilian regions: A metabolomics approach. *Food Research International*. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/foodres>. Acesso em: 07 set. 2016.

TUNDISI, J. G., TUNDISI, T. M. *Recursos hídricos no século XXI*. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

TUNDISI, J. G. “Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções”. *Revista Estudos avançados*. São Paulo. v.22, n.63, 2008.

CAPÍTULO 3

SUSCEPTIBILIDADE EROSIVA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DA FORMIGA, QUIRINÓPOLIS/GO

RESUMO

O uso e ocupação do solo e as atividades econômicas representam grandes fatores de contaminação da qualidade da água dos cursos da água. Principalmente quando não há um planejamento ambiental para o uso sustentável das bacias hidrográficas. O presente estudo tem como objetivo correlacionar a qualidade da água com o uso e ocupação do solo da microbacia do córrego da Formiga, através da elaboração de um mapa de potencial de contaminação, por meio da obtenção de dados referentes à suscetibilidade erosiva da microbacia. Com a pesquisa objetivou-se elaborar mapa de suscetibilidade erosiva antrópica e natural, através de banco de dados espaciais, tratamento de bases existentes e confecção de mapas temáticos, trabalhadas a partir da metodologia de análise de multicritério, cruzando as informações referentes ao uso e cobertura do solo da microbacia. Os resultados permitiram analisar que a microbacia do córrego da Formiga, apesar de ter apresentado suscetibilidade natural alta na maior parte da área causada pelo tipo de solo, pela declividade, vegetação e pela suscetibilidade antrópica, também remete a fatores de degradação, porém com menor intensidade, provocada pela urbanização, pastagem, declividade e vegetação.

Palavras-chave: Erosão. Uso do solo. Análise multicritério. SIG.

1 INTRODUÇÃO

O uso e a ocupação do solo caracterizam-se conforme o crescimento das fronteiras agrícolas para a transformação do capital. Neste viés, o cenário rural reflete em problemas ambientais, principalmente relacionados à qualidade hídrica dos mananciais. As práticas de manejo do solo, o uso de insumos, o tráfego de máquinas e implementos, a irrigação, são todas atividades operacionais que sustentam a produção agrícola e que remetem a exploração do solo, da água e do clima.

Esta operacionalização do campo e da cidade infere nas condições de conservação do solo, ocasionando problemas de ordem ambiental. Esses problemas, além de afetarem a fauna e flora, contribuem para a descaracterização do solo, provocando impactos como processos erosivos de pequena, média e grande amplitude, e conseqüentemente interferem na qualidade hídrica do corpo d'água, contribuindo na alteração dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água.

Para Vanzela *et al.* (2010), o resultado de práticas sem planejamento e uso inadequado dos recursos naturais, têm consequências como escoamento superficial, que provoca o carreamento de sedimentos, particulados de solo em excesso, matéria orgânica e insumos, como agroquímicos para o leito dos mananciais, em especial nos períodos de maior precipitação, favorecendo o aumento da presença de sólidos e nutrientes nas águas. Elencado a estes problemas, estão a presença de coliformes totais e *E. coli*, oriundos desse processo transportado para os cursos d'água.

Dentre os problemas ambientais que afetam a qualidade da água, o desencadeamento do assoreamento, sendo uma das mais graves consequências oriundas dos processos de mecanização agrícolas, proporciona, além de todos os danos citados, a redução da vazão, comprometendo os múltiplos usos da água.

De acordo com Silva *et al.* (2005) e Costa *et al.* (2015), as causas de escoamento superficial e conseqüentemente, o aporte de materiais sólidos para os cursos d'água estão relacionadas com diversos fatores, como tipo de solo, clima, relevo e o principal entre eles, o uso e cobertura do solo, sendo provavelmente o grande responsável pela redução de solo e da água que influenciam na qualidade da água.

A qualidade das águas superficiais é um fator preocupante em todo o Brasil, isto se deve ao fato de que as transformações do uso e cobertura do solo influenciarem diretamente na condição destas águas e na vazão, tornando-as impróprias para o consumo e conseqüentemente comprometendo os usos múltiplos a que se destina (PINHEIRO *et al.*, 2014).

No Brasil, através do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, há a regulamentação da qualidade da água, a partir de parâmetros físicos, químicos e biológicos que condicionam o enquadramento dos corpos hídricos em classes (I, II, III e IV). De acordo com a classificação da qualidade hídrica do manancial, há a sua destinação para o uso (BRASIL, 2005).

Os padrões de classificação da água variam com relação às condições hídricas do curso d'água, influenciadas por aspectos naturais ou de origem antrópica. Este último representa maiores riscos, pois dependendo da forma de uso e cobertura do solo, os impactos podem ser maiores, dentre eles, desencadear processo de assoreamento e redução da vazão.

O estudo ambiental vem sendo amplamente explorado pelas geotecnologias, nas análises de bacia hidrográfica que podem ser realizadas a partir do uso de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica (SIG), na obtenção de dados para a elaboração de mapas temáticos (ALMEIDA *et al.*, 2010).

Os usos de geotecnologias são desenvolvidos na elaboração de mapa de suscetibilidade erosiva, através de acesso em banco de dados espaciais, tratamento de bases existentes e confecção de mapas temáticos, para associar estas informações, que serão trabalhadas a partir da metodologia de análise de multicritério, para produção de mapa de suscetibilidade erosiva, cruzando as informações referentes aos parâmetros de qualidade da água e uso e cobertura do solo da microbacia, de acordo com Benavides Silva e Machado (2014).

As análises de multicritério consistem em um procedimento metodológico de cruzamento de variáveis amplamente aceitas nas análises espaciais. Ela é também conhecida como Árvore de Decisões ou como Análise Hierárquica de Pesos. O procedimento baseia-se no mapeamento de variáveis por plano de informação e na definição do grau de pertinência de cada plano de informação e de cada um de seus componentes de legenda para a construção do resultado final. A matemática empregada é a simples Média Ponderada, mas há pesquisadores que já utilizam a lógica Fuzzy para atribuir os pesos e notas. (MOURA, 2007, p. 2901).

Em virtude da aptidão e uso agrícola da microbacia do córrego da Formiga, os parâmetros de qualidade da água, as medidas de vazão e análises de solo, são dados necessários para juntamente com o uso de tecnologias de SIG, relacionar os possíveis pontos que possam oferecer riscos de contaminação a microbacia, a fim de estabelecer medidas e ações necessárias para o planejamento das atividades econômicas da região.

Nesse contexto, o objetivo principal desta pesquisa é produzir o mapa de suscetibilidade erosiva natural e com usos antrópicos, a fim de verificar a influência do uso e cobertura do solo, aplicando ferramentas de SIG para mapear as áreas que representam maiores riscos a suscetibilidade erosiva e a qualidade hídrica do córrego da Formiga localizado no município de Quirinópolis/GO.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para relacionar a qualidade da água com o uso e ocupação de solo da microbacia do córrego da Formiga, as geotecnologias serviram de subsídio técnico a identificação e o mapeamento das áreas que oferecem riscos de contaminação as deste manancial.

A metodologia aplicada para o cruzamento entre os resultados das análises de água e a caracterização da microbacia do córrego Formiga, consiste na elaboração de mapas de suscetibilidade erosiva mediante o cruzamento de dados geográficos, conforme Benavides Silva e Machado (2014).

Para a análise multicritério foram utilizadas a base de dados, cartas topográficas escala 1:50.000 e classes do solo disponibilizadas pelo SIEG. Intensidade de chuvas, a partir dos dados anuais obtidos pela Estação Meteorológica localizada nas coordenadas geográficas (latitude 18°32'23,41''S, longitude 50°25'43,79''O), Quirinópolis, GO. Imagens de satélite Landsat-8, disponibilizadas pelo INPE (2015), para vetorização do uso e ocupação do solo. Os mapas foram elaborados através do software Spring - versão 5.2.6 e QGIS 2.14.

Para os procedimentos de mapeamento foram utilizados base de dados para: litologia em escala 1:50.000 (SIEG, 2015), para limite da bacia, classe de solo, redes de drenagem e rodovias de acesso, na escala 1:50.000 (SIEG, 2015), o mapa de intensidade de chuvas, foi gerado a partir do banco de dados disponibilizados pela estação meteorológica (Centro de Tecnologia Canavieira – CTC) e o mapa de proximidade de vias foi criado um buffer através dos dados de rodovias de acesso (SIEG). Imagem de satélite Landsat 8 (INPE); imagem Google Earth, referente ao ano de 2015, para vetorização do uso e ocupação do solo. Para os dados de altimetria do terreno adquiriram-se os dados do TOPODATA (INPE, 2016), disponíveis em cartas (4° x 6°, carta ao milionésimo), acessadas no site do INPE. Através dos dados de altimetria foram processadas as imagens para obtenção do mapa de declividade.

Para o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) foi utilizado a imagem do LANDSAT 8, realizado os cálculos por meio da diferença entre as reflectâncias das bandas 5 (infravermelho próximo) e 4 (visível – vermelho) dividido pela soma das reflectâncias dessas duas bandas. Obtendo como resultado entre -1 a 1, sendo maior índice de vegetação, valores próximos de 1 e a intensa presença de solos desnudos e rochas, os valores mais próximos de -1. Todos os mapas foram gerados na escala 1:50.000, compatíveis aos bancos de dados utilizados.

A metodologia de análise de multicritério, segundo Benavides Silva e Machado (2014), consiste na atribuição de pesos para as variáveis que representam riscos de contaminação a qualidade da água do córrego Formiga, através da relação entre as atividades de uso e ocupação do solo presentes na microbacia. A partir dos mapas gerados na caracterização fisiográfica da área de estudo, foi elaborado o mapa final através do método de álgebra dos mapas, ou seja, na aplicação de método de operações aritméticas, a fim de combinar os mapas de litologia, classes do solo, declividade, intensidade de chuva, índice de vegetação, proximidade de vias e uso do solo, ao qual, permita a análise da correlação entre as variáveis analisadas.

Para cada variável (mapa), são estabelecidos pesos de acordo com suscetibilidade erosiva por meio natural e outra antrópica, conforme Tabela 1:

Tabela 1 – Pesos e variáveis aplicados aos mapas temáticos para geração de áreas suscetíveis a erosão

Mapas	Suscetibilidade erosiva por meios naturais	Suscetibilidade erosiva por atividades antrópicas
	Peso (0 a 100)	Pesos (0 a 100)
Litologia (L)	10	6
Classes do solo (S)	25	13
Declividade (D)	25	13
Intensidade de chuva (C)	15	8
Índice de vegetação (V)	25	13
Proximidade de vias (PV)	-	12
Uso do solo (US)	-	35
Total	100	100

Fonte: Adaptado de Benavides Silva e Machado (2014)

De acordo com o método de Benavides Silva e Machado (2014), foram utilizadas fórmulas, a partir de variáveis organizadas num sistema matricial, foram atribuídos pesos as variáveis, obtendo as seguintes equações:

Mapa de suscetibilidade natural:

$$(L \times 10) + (S \times 25) + (D \times 25) + (C \times 15) + (V \times 25) \quad (\text{Equação 1})$$

Em que: L: Litologia, S: Classes do solo, D: Declividade, C: Intensidade de chuvas, V: Índice de vegetação.

Mapa de susceptibilidade natural com a influência antrópica:

$$(L \times 6) + (S \times 13) + (D \times 13) + (C \times 8) + (V \times 13) + (PV \times 12) + (US \times 35) \quad (\text{Equação 2})$$

Em que: L: Litologia, S: Classes do solo, D: Declividade, C: Intensidade de chuvas, V: Índice de vegetação, PV: Proximidades de vias e US: Uso do solo.

Para os componentes de cada mapa, foram atribuídas notas de 1 a 5, conforme características que tendem a favorecer a formação de processos erosivos, através do mapa de uso do solo da microbacia do córrego Formiga, identificaram 9 tipos de usos e para cada um destes elementos, atribui-se uma nota crescente, conforme fator de relação com as causas de degradação da água e solo, e assim sucessivamente.

Tabela 2 – Notas estabelecidas para os componentes de legenda

VARIÁVEL	COMPONENTE DE LEGENDA	NOTA (1 - 5)
Litologia	Canga, Concentrações de óxidos de ferro, Corpos de minério de hermatita, Diabásio, Formação ferrífera, Itabirito, Lentes de hematita, Quartzito, Quartzo	1
	Metabasalto, Sericita, Serpentinó	2
	Filito, Xisto, Cobertura detrito-laterítica	3
	Conglomerado polimítico, Talco	4
	Aluvião, Coluvião, Dolomito	5
Classe de solo	Latossolo	1
	Área sem classificação	2
	Exposição de Canga	3
	Cambissolo	4
	Neossolo / Área degradada	5
Declividade	0 - 2	1
	2 - 6	2
	6 - 20	3
	20 - 50	4
	>50	5
Intensidade das chuvas	Baixa	2
	Alta	4
Vigor de vegetação	Alto Vigor (0,490 – 1)	1
	Médio Vigor (0,341 - 0,490)	2
	Baixo Vigor (0,215 - 0,34)	3
	Baixíssimo Vigor/Ausência (0,066 - 0,215)	4
	Ausência Vegetação (-1 - 0,066)	5
Proximidade de vias	Buffer acima de 50 metros	1
	Buffer de 50 metros	2
	Buffer de 25 metros	3
	Buffer de 10 metros	4
	Buffer de 5 metros	5
Uso do solo	Mata/Natural	1
	Culturas	2
	Campo gramíneo (pastagem)	3
	Solo exposto	4
	Área urbanizada	5

Fonte: Adaptado de Benavides Silva e Machado (2014)

As notas das variáveis foram adotadas a partir da metodologia de Benavides Silva e Machado (2014). Foi necessário fazer adaptações na variável uso do solo para se adequar a área de estudo, com o componente culturas e retirar o componente mineração, pois não existe esta atividade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A qualidade da água, segundo Von Sperling (2005), é o resultado dos fenômenos da natureza e as ações antrópicas, ou seja, depende das condições naturais e do uso e ocupação

do solo em uma bacia hidrográfica. As condições naturais afetam a qualidade das águas superficiais através de processos de infiltração do solo, resultante da precipitação atmosférica e do escoamento superficial, que podem carregar partículas, substâncias e impurezas para o solo. E as ações antrópicas, como a geração de despejos domésticos e industriais, na agricultura, nos processos de irrigação e aplicação de defensivos agrícolas, nas atividades agropecuárias, enfim, em todas as atividades realizadas pelo homem, que possam causar interferência física, química ou biológica na água, afeta sua qualidade.

A partir do diagnóstico da área de estudo e considerando todas estas variáveis como forma de ocupação da microbacia do Córrego da Formiga foi possível relacionar os seguintes aspectos que darão condições para uma análise criteriosa.

Os problemas ocorrem a partir da forma em que a exploração da terra acontece na microbacia em estudo, como em Áreas de Preservação Permanente (APP), cuja existência e manutenção destas contribuem positivamente para a qualidade hídrica, como no aumento do volume de água, estabilidade geológica, proteger o solo, favorecer o fluxo gênico de animais e vegetais, conforme pontua a Lei nº 12.651/2012 Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012).

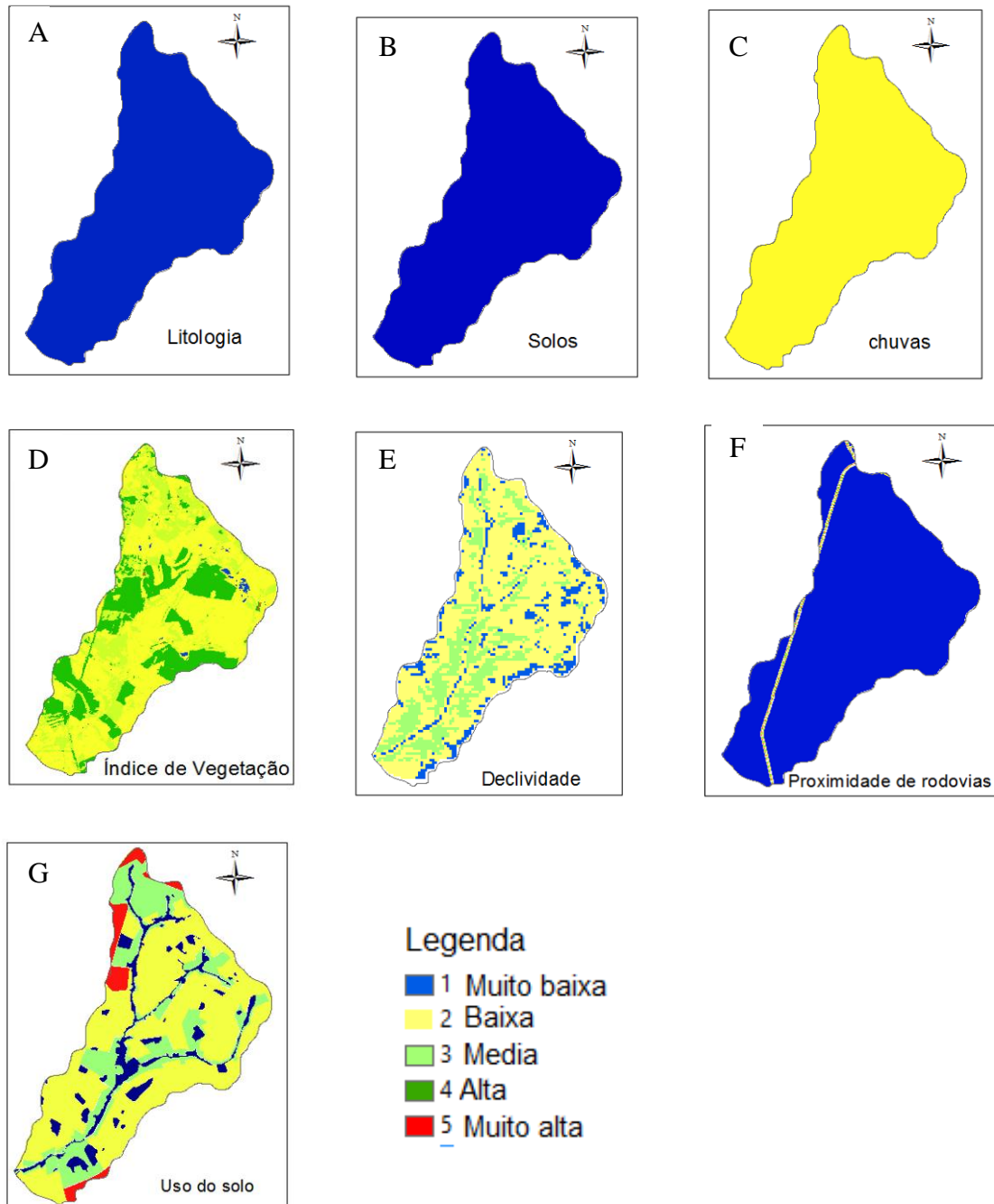
O solo quando não há manejo adequado, também representa riscos à qualidade das águas. Existem diversos fatores que afetam a paisagem natural, como os processos erosivos, cujo material erodido é carregado e depositado rapidamente pela ação antrópica, tem-se solo intemperizado, o que desencadeia processos de assoreamento nos mananciais (BOTELHO, 2005).

Santos (2004, p.74), relata que o conhecimento da geologia ajuda na compreensão dos tipos de terreno, como declividade e relevo, sugerindo práticas de uso sustentável, que atendam às necessidades humanas, como de empreendimentos na região da microbacia do córrego da Formiga, assim como minimizando impactos de ordem ambiental.

O mapeamento permitiu a caracterização da microbacia hidrográfica com relação a fatores geomorfológicos, que propiciaram o entendimento dos aspectos da região, como aptidão agrícola, áreas susceptíveis a processos erosivos, diferentes zoneamentos da área, formas de uso e cobertura do solo, enfim, conhecendo estes fatores, possibilita o planejamento das microbacias.

Para a elaboração dos mapas foi realizada a reclassificação das variáveis para a suscetibilidade, com a seguinte classificação dos valores Muito baixa, Baixa, Média, Alta e Muito alta (Figura 1).

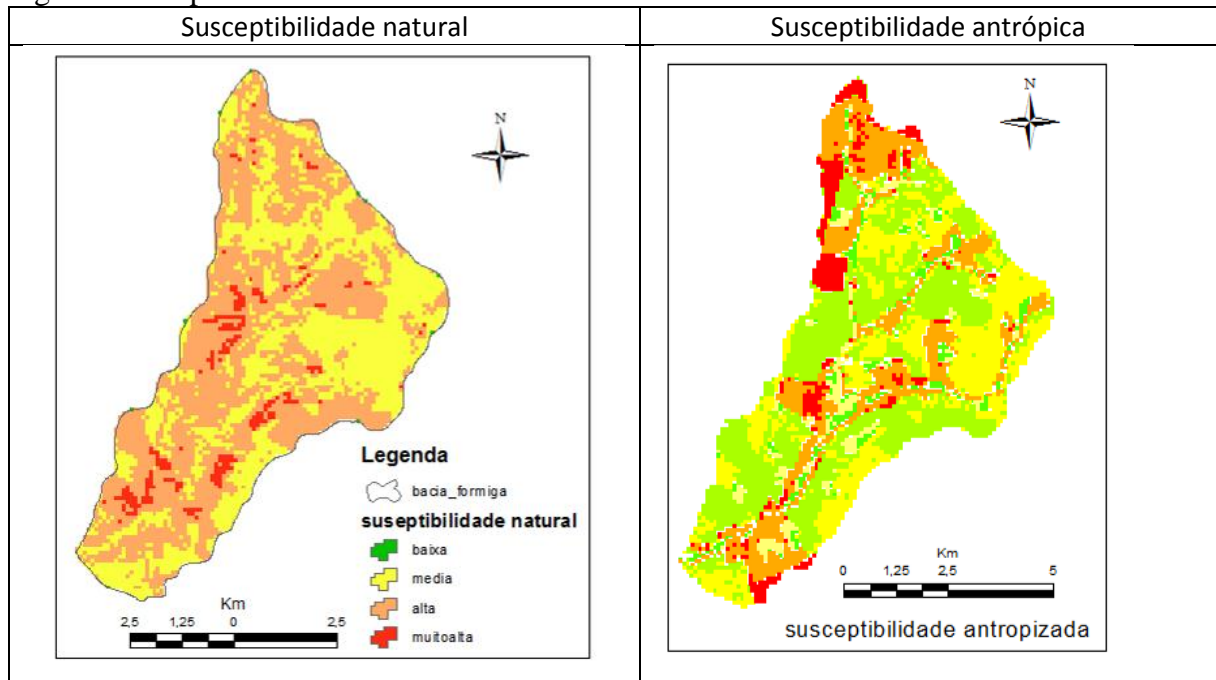
Figura 1 – Reclassificação das variáveis para a suscetibilidade para Litologia (A), Classe de solos (B), Declividade (C), Intensidade das chuvas (D), Vigor de vegetação (E), Proximidade de vias (F) e Uso do solo (G).



Fonte: Org.: GIONGO, P. R. (2016)

Os mapas naturais e antrópicos não apresentaram suscetibilidade muito baixa, dessa forma, analisaram-se as áreas com suscetibilidade baixa, média, alta e muito alta (Figura 2).

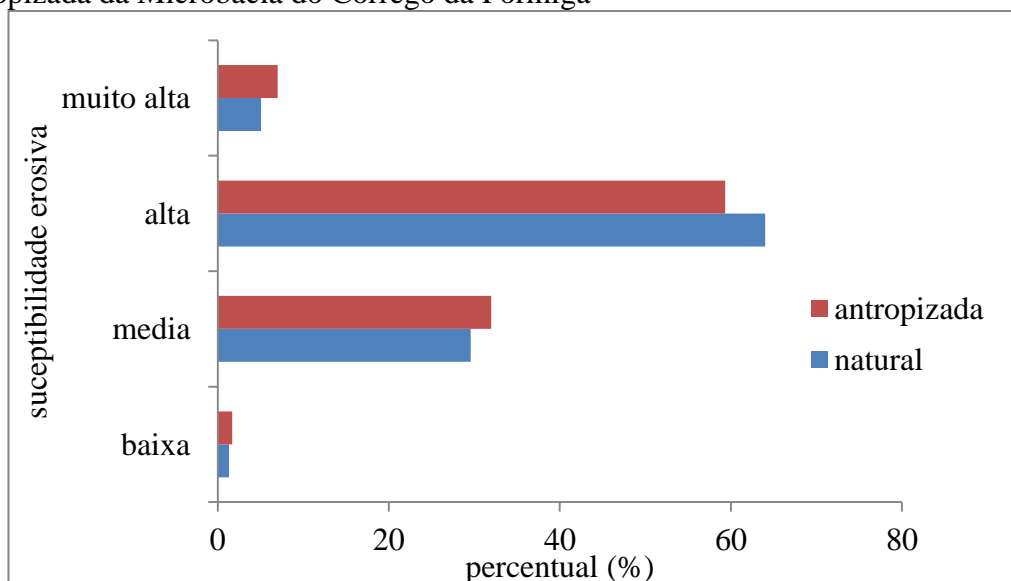
Figura 2 – Mapas de suscetibilidade erosiva



Fonte: Org.: GIONGO, P. R. (2016)

Na Figura 3, segue os percentuais das áreas das classes de suscetibilidade natural e antrópica. A grande maioria das áreas da microbacia do córrego da Formiga apresentou suscetibilidade alta, sendo de 64% alta (natural) e 59,32% (antrópica), em segundo ficou classificada como média, com 29,59% (natural) e 31,96% (antrópica), seguido por muito alta com 5,07% (natural) e 7,01% (antrópica) e baixa suscetibilidade em poucos locais, encontrados 1,34% (natural) e 1,70% (antrópica).

Figura 3 – Percentuais de áreas nas classes de Suscetibilidade Erosiva Natural e Antropizada da Microbacia do Córrego da Formiga



Fonte: Org.: GIONGO, P. R. (2016)

No mapa de suscetibilidade natural (Figura 2), apresenta pequenos trechos com suscetibilidade erosiva baixa na parte norte. Uma maior área com suscetibilidade erosiva de média a alta foi presente em quase toda a microbacia, que possui uma única classe de solo (Latossolo). Esse tipo de solo apresenta alta permeabilidade às águas da chuva e agregação entre as partículas, contribuindo para a resistência do arraste de particulados do solo, causados pela ação das águas (SALOMÃO, 2005).

A declividade da microbacia do córrego da Formiga é representada na maioria da área por muito baixa a média, existindo alguns trechos com declividade mais acentuada, acima de 20%. As características de solo associadas a declividade representam a incidência de processos erosivos, no entanto, como a área encontra-se com cobertura vegetal (Alto vigor) cerrado, campo gramíneo pode reduzir a intensidade dos processos de erosão.

Por se tratar de um solo tipo Latossolo, ele apresenta atributos que o torna menos suscetível a processos de erosão, principalmente em áreas de vegetação mais concentradas. Dessa forma, o que mais contribui para a suscetibilidade erosiva nesta área é o índice de vegetação e a declividade. Dessa forma, pode-se constatar que as variáveis que mais sugerem a suscetibilidade natural da microbacia do córrego da Formiga é o tipo de solo, a declividade e a vegetação.

No mapa de suscetibilidade antrópica, apresenta-se transformações na paisagem natural. A microbacia do córrego da Formiga é representada em sua maior parte por influência antrópica, por se tratar de área econômica para o município.

A Figura 3 apresenta um comparativo entre a suscetibilidade natural e antrópica, sendo a primeira mais propensa à suscetibilidade erosiva Alta, com 64% enquanto que a segunda com 59,32%. Nas demais classes, a suscetibilidade antrópica foi maior, por isso a variável uso do solo apresentou influência entre baixa e média. Porém, há áreas com influência alta a muito alta.

As áreas que resultaram em suscetibilidade antrópica entre alta a muito alta são representadas pela urbanização como parque industrial, aeroporto, loteamentos residenciais, Usina sucroalcooleira, entre outros. Essas áreas por serem urbanizadas, correspondem ao uso intensivo do solo, assim como pastagem degradadas, provocando a suscetibilidade a processos erosivos, principalmente pela retirada da cobertura vegetal e pela declividade mais acentuada nestes locais.

Aonde a suscetibilidade é entre baixa a média, estão presentes as lavouras de cana-de-açúcar que abrange a maior parte da microbacia do córrego da Formiga, cerca de 62,43%.

As práticas conservacionistas do solo contribuem para a preservação do solo e consequentemente, minimizam a suscetibilidade erosiva antrópica.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O diagnóstico ambiental é importante para o planejamento e gestão ambiental de microbacias hidrográficas, principalmente, visando o uso sustentável por meio de práticas agrícolas e agropecuárias adequadas, a fim de promover a preservação das microbacias hidrográficas. Neste contexto, é fundamental analisar a suscetibilidade de erosões, pois é considerada como base para a verificação ambiental, identificando informações relevantes para identificar vulnerabilidades e consequentemente promover a busca por formas de mitigação.

O uso da análise de multicritério foi de grande importância, pois, através destas ferramentas foi possível combinar diferentes variáveis e a partir de então, elaborar dois mapas síntese, o qual foi possível avaliar de forma qualitativa e quantitativa a suscetibilidade erosiva da área de estudo, possibilitando a identificação das variáveis que mais contribui para a suscetibilidade erosiva.

A aplicação das ferramentas de SIG colaborou para o apanhado de informações, capazes de demonstrar a vulnerabilidade de áreas suscetíveis a erosão, sendo primordial para a realização deste estudo.

Esta pesquisa demonstra que o fator antrópico tem um peso maior, uma vez que o processo de antropização é capaz de transformar o meio ambiente natural e consequentemente desencadear efeitos negativos para o ambiente e para o ser humano. Com relação à microbacia do córrego da Formiga, no mapa de suscetibilidade antrópica apresentou áreas mais suscetíveis a erosão quando se refere ao uso e ocupação do solo e a declividade, influenciando mais na vulnerabilidade da área, enquanto que, as variáveis declividade, classe de solo e índice de vegetação demonstraram maior influência na suscetibilidade natural.

Esses resultados permitem analisar que a microbacia do córrego da Formiga, apesar de ter apresentado suscetibilidade natural alta na maior parte da microbacia, a suscetibilidade antrópica também remete a fatores de degradação, porém, com menor intensidade. Esses fatores estão associados à formação de processos erosivos, que, com as chuvas, promovem o carreamento de particulados para a água, com maior intensidade nas áreas suscetíveis a erosão, principalmente àquelas demonstradas no mapa de uso e ocupação do solo, representadas pelas partes urbanizadas, em especial, e em seguida as áreas mais degradadas,

como pastagens. Em áreas de lavoura de cana-de-açúcar, mostrou-se em níveis menos acentuados, com suscetibilidade entre baixa a média, demonstrando conservação do solo e aspectos positivos às práticas de uso e ocupação do solo.

A identificação das áreas de maior suscetibilidade erosiva, seja tanto de ordem natural como antrópica, há possibilidade de propor um planejamento ambiental sustentável para o uso e preservação da microbacia do córrego da Formiga.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J. W. L.; SANTOS, I. S.; VELOSO G. A.; LEITE, M. E. Geotecnologias aplicadas ao uso do solo: estudo de caso bacia do Vieira no município de Montes Claros. In: XVI ENCONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS. CRISE, PRÁXIS: ESPAÇOS DE RESISTÊNCIA E DE ESPERANÇAS. ESPAÇO DE DIÁLOGOS E PRÁTICAS. *Anais...* Porto Alegre - RS, 2010. Disponível em: <<http://www.agb.org.br/xvieng/anais/edp.php>>. Acesso em: 02 fev. 2016.

BENAVIDES SILVA, V. C.; MACHADO, P. S. “SIG na análise ambiental: susceptibilidade erosiva da bacia hidrográfica do córrego Mutuca, Nova Lima – Minas Gerais”. *Revista de Geografia*. Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, v. 31, n. 2, mar. 2014.

BOTELHO, R. G. M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELLO, R. G. M. (Org.). *Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações*. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 340 p.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA (2005). *Resolução nº 357 - 17 de março de 2005*. 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. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 02 fev. 2016.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. *Lei 12651*, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em 21 jul. 2015.

COSTA, C. D. O., ALVES, M. C., SOUSA, A. P., SILVA, H. R., GONZÁLES, A. P., AVALOS, J. M. M., BESKOW, S., MARQUES, A. P. Estimativas das perdas de solo e deposição de sedimentos em uma sub-bacia hidrográfica sob processo de degradação ambiental. *Revista de Ciências Ambientais – RCA*, Canoas, v. 9, n. 1, fev. 2015.

SALOMÃO, F. X. T. *Controle e prevenção dos processos erosivos*. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELLO, R. G. M. (Org.). *Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações*. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 340 p.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. *Imagem de satélite LANDSAT 8 e SRTM*. Disponível em: <<http://www.inpe.br/>>. Acesso em: 18 ago. 2015.

MOURA, A. C. M. Reflexões Metodológicas como Subsídio para Estudos Ambientais Baseados em Análise de Multicritérios. Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil. Abril de 2007. p. 2899-2906.

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”. *RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. v. 19 n.3, Jul/Set 2014, p. 127-139.

SIEG - SISTEMA ESTADUAL DE ESTATÍSTICA E INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS DE GOIÁS. *Arquivo Shapefile Bacia Hidrográfica*. Disponível em: <<http://www.simego.sectec.go.gov.br/>>. Acesso em: 26 ago. 2015.

SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; AMORIM, R. S. S.; PAIVA, K. W. N. “Efeito da cobertura nas perdas de solo em um Argissolo Vermelho-Amarelo utilizando simulador de chuva”. *Engenharia Agrícola*. Jaboticabal, SP. v.25, n.2, 2005, p.409-419.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. “Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis”. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, PB. v.14, n.1, 2010. p.55–64.

SANTOS, R. F. *Planejamento Ambiental: Teoria e Prática*. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184p.

SPERLING, M. V. *Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos*. ed. 3, Belo Horizonte – MG, Editora UFMG. 2005, 452p.