



## Zoneamento geoambiental da microbacia hidrográfica do córrego do Monjolinho, São Carlos - São Paulo

### Geoenvironmental zoning of the microbasin of the Monjolinho stream, São Carlos - São Paulo

de Lima, Fernanda Imada<sup>1</sup>✉ - Ferreira, Marcilene Dantas<sup>2</sup> - Failache, Moisés Furtado<sup>3</sup>

Recibido: 09 de Agosto de 2012 • Aceptado: 13 de Julio de 2013

#### Resumo

*A microbacia hidrográfica do Córrego do Monjolinho (MHCM) faz parte das áreas de proteção e recuperação de mananciais de São Carlos e está inserida na área de expansão urbana do município. É uma região estratégica para preservação visto que o intenso uso e ocupação do solo vêm degradando seus recursos naturais.*

*Uma ferramenta que auxilia no manejo de mananciais é o zoneamento geoambiental, por meio do qual é feita a compartimentação de uma área em porções territoriais, obtidas pela avaliação dos atributos mais relevantes e de suas dinâmicas.*

*A metodologia aplicada neste estudo utilizou os seguintes atributos: geologia, materiais inconsolidados, relevo, escoamento superficial e uso e ocupação do solo. A metodologia foi dividida em etapas. Na etapa 1 foi realizado o levantamento de dados, na etapa 2 foram feitos os trabalhos de campo, na etapa 3 analisou-se os dados coletados e na etapa 4 foi elaborado o zoneamento. Para a elaboração dos mapas e análise dos dados foi utilizado o Sistema de Informação Geográfica (SIG) ArcGIS, Environmental Systems Research Institute (ESRI, 2012).*

*O Zoneamento Geoambiental da MHCM revelou a necessidade de planejar as atividades na área, respeitando a legislação ambiental vigente, para proteger seus recursos naturais e evitar a necessidade de adoção de medidas corretivas.*

**Palavras-chave:** *Zoneamento Geoambiental; microbacia hidrográfica do Córrego do Monjolinho; Planejamento Ambiental.*

#### Abstract

*The microbasin of the Monjolinho stream is part of São Carlos' areas of watershed protection and restoration and is inserted into the urban expansion area of the municipality. It is a strategic region for preservation, as the intense use and occupation are degrading the natural resources along the basin.*

1. Universidade Federal de São Carlos.

✉ fer.imada@gmail.com

2. Universidade Federal de São Carlos.

3. Universidade Federal de São Carlos.

*A tool that assists in the management of watersheds is the geoenvironmental zoning, through which an area is divided into territorial portions obtained by evaluating its most relevant attributes and interactions.*

*The geoenvironmental zoning methodology applied in this project has used the following attributes: geology, unconsolidated materials, landforms, runoff and soil's use and occupation. The methodology was divided into stages. In stage 1 was carried out data collection, in stage 2 the field work took place, in stage 3 the data collected was analyzed and in stage 4 the geoenvironmental zoning was elaborated. The maps was generated and data analyzed by using Geographic Information System (GIS) ArcGIS (ESRI, 2012).*

*Through the Geoenvironmental Zoning of the microbasin of the Monjolinho stream were found that it is necessary to plan human activities in the area, complying with current environmental legislation, to protect its resources and avoid the need for corrective actions.*

**Keywords: Geoenvironmental Zoning; Microbasin of the Monjolinho Stream; Environmental Planning.**

## INTRODUÇÃO

O acelerado processo de urbanização no Brasil traz como consequência graves problemas ambientais que afetam tanto as esferas sociais quanto econômicas. Estes problemas muitas vezes, são resultantes do desconhecimento e/ou da desconsideração dos elementos do meio físico e dos fatores que regulam a sua dinâmica. Devido à falta de planejamento ambiental e urbano, as populações convivem com escorregamentos de encostas, erosões, inundações, subsidências de solos, e outros fenômenos que lhes causam grandes transtornos (Tominga et al., 2004).

O verdadeiro problema não está no crescimento das metrópoles, na escala e velocidade desses processos, mas sim na forma como eles ocorreram. Toda expansão urbana gera questões que devem ser analisadas: a forma de ocupar o território; a disponibilidade de insumos para seu funcionamento (disponibilidade de água); a descarga de resíduos (destino e tratamento de esgoto e lixo); o grau de mobilidade da população no espaço urbano (qualidade do transporte público de massa); a oferta e o atendimento às necessidades da população por moradia, equipamentos sociais e serviços e a qualidade dos espaços públicos (Grostein, 2001).

A organização do espaço sempre foi uma premissa para grupos de pessoas que se propõem a viver em comunidade, sob objetivos e normas comuns. A compartimentação de uma região em porções territoriais é conhecida como zoneamento e constitui-se em uma importante ferramenta para o planejamento ambiental e urbano, pois, auxilia a tomada de decisão dos profissionais que lidam com a paisagem e os fatores que a influenciam (Santos, 2004).

Existem vários tipos de zoneamento, porém, o foco desse artigo será o zoneamento geoambiental que integra o quadro natural e antrópico, ou seja, os aspectos referentes às características do meio físico. São individualizadas áreas homogêneas, que associadas às análises relativas à apropriação do espaço pela sociedade e as relações que se estabelecem a partir do uso e ocupação, dão origem a unidades de paisagem heterogêneas com potencialidades, fragilidades e problemas ambientais característicos. Essa forma de avaliar a paisagem contribui para subsidiar os órgãos gestores municipais, na tomada de decisão e na priorização de iniciativas para tentar conciliar o desenvolvimento equilibrado do espaço, a apropriação do ambiente pelo homem e a conservação dos recursos naturais (Dal'asta, 2009).

As bacias hidrográficas atualmente têm sido usadas como uma das principais unidades de planejamento e gestão integrada. Isto se dá em virtude desta permitir a visualização da

dinâmica dos vários elementos do meio físico de forma integrada. Além disso, as bacias hidrográficas constituem-se em importantes áreas a serem protegidas devido ao grau elevado dos riscos e ameaças a que estes sistemas estão submetidos e à crescente demanda da utilização dos recursos hídricos e da paisagem, como base para várias atividades humanas.

Dessa forma, o zoneamento geoambiental se torna importante para auxiliar os municípios a gerenciarem a preservação, disponibilidade e qualidade da água de seus mananciais. No caso da cidade de São Carlos - São Paulo, o Ribeirão Feijão é uma de suas principais fontes de abastecimento de água. Está inserido na Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Feijão, tendo como bacia a microbacia hidrográfica do Córrego do Monjolinho.

Assim, o presente artigo tem como objetivo realizar o zoneamento geoambiental da microbacia do Córrego do Monjolinho por esta ser parte das áreas de proteção e recuperação de mananciais de São Carlos - São Paulo e por ser uma das áreas de expansão urbana do município.

## ÁREA DE ESTUDO

A Microbacia Hidrográfica do Córrego do Monjolinho (MHCM) pertence à Bacia do Ribeirão Feijão e está localizada a sudeste do município de São Carlos no estado de São Paulo, conforme mostra a Figura 1. "Possui 6,8 km de comprimento, área de 30 km<sup>2</sup> (2.900 ha) e coordenada central 47° 48' 20" W 22° 7' 1" S.

A geologia da área é composta pela Formação Botucatu, Formação Serra Geral, e a Formação Itaqueri. Os materiais inconsolidados presentes são os aluvionares, arenoso I, II e III, Residual do Bauru, Residual dos Magmatitos Básicos e Residual do Botucatu (Aguar, 1989).

Em grande parte, o relevo da microbacia do Córrego do Monjolinho é aplainado e está sobre areias quartzosas profundas da franja da Formação Botucatu sendo, por isso, parte da área de recarga direta do Aquífero Guarani (Nishiyama, 1991; Zuquette, 1981).

Com relação à vegetação da área da microbacia, é constituída predominantemente de Florestas Semidecídua e Ripariana, Cerradão e Cerrado (Soares et al., 2003 apud Martins, 2004; Oliveira, 1996). Quanto ao uso do solo, as atividades predominantes, observadas nas visitas de campo realizadas durante este estudo, são a mineração, o reflorestamento e o agronegócio em que se destacam principalmente o cultivo de laranja, cana-de-açúcar e solo exposto preparado para cultivo.

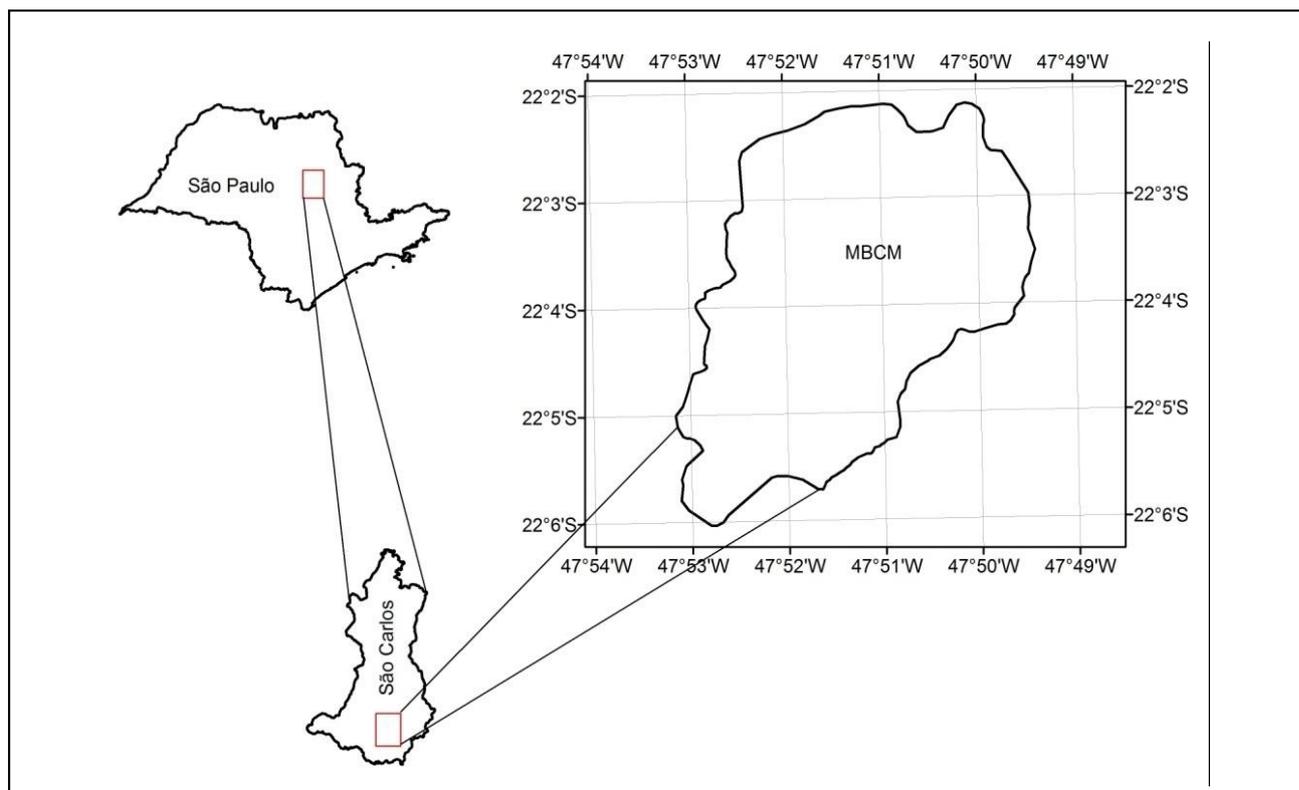


Figura 1. Localização da Microbacia Hidrográfica do Córrego do Monjolinho (MBCM). Fonte: (Dias; Failache; Ferreira, 2011).

O clima na área da microbacia hidrográfica do Córrego do Monjolinho segundo a classificação de Köppen é do tipo Cwa (clima subtropical de inverno seco), caracterizando-se por ser um clima tropical de altitude com chuvas no verão e seca no inverno. De acordo com dados do ano de 2011 do Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (CEPAGRI) a temperatura média anual no local da microbacia é de 21.2°C, sendo a máxima média mensal aproximadamente 23°C e registrada nos meses de janeiro e fevereiro e a mínima média mensal no mês de julho com 18°C. O valor médio de precipitação é de 1422.8 mm e a umidade relativa é 66%. Os ventos predominantes são de nordeste, seguidos por ventos de sudeste.

#### MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada neste estudo seguiu as seguintes etapas conforme ilustra a Figura 2.

O processo de elaboração do zoneamento geoambiental da microbacia hidrográfica do córrego do Monjolinho ocorreu ao longo de quatro etapas que geraram resultados importantes para a obtenção das unidades com usos, potencialidades e restrições distintos, conforme será discutido a seguir.

#### Levantamento de dados

Na primeira etapa foi realizado o estudo das características naturais e antrópicas da área de interesse para definir unidades que representem um determinado comportamento.

Foram analisados mapas, fotografias aéreas e imagens de satélite. Posteriormente, realizou-se a interpretação do uso e ocupação do solo e a análise preliminar da área com relação as

suas características gerais (geologia, geomorfologia e vegetação). Por fim, foi elaborado o mapa base e definido os diversos atributos para o zoneamento.

Na Tabela 1 estão contidos os atributos utilizados para a elaboração do zoneamento geoambiental. Os atributos foram propostos por (Zuquette, 1993) e modificados em virtude da quantidade de informações disponíveis na área de estudo.

Os materiais levantados nessa etapa foram: banco de dados digital geológico geotécnico elaborados por (Pons, 2006) e (Muro, 2000), cartas topográficas do Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC) na escala 1:10.000 (SF-23-Y-A-I-1-NE-C, SF-23-Y-A-I-1-NO-D, SF-23-Y-A-I-1-NO-E, SF-23-Y-A-I-1-NE-E e SF-23-Y-A-I-1-NE-A) e imagem de satélite do GOOGLE referente ao ano de 2011.

#### Trabalho de campo

Na etapa de campo foram avaliadas as características geomorfológicas da área de estudo e coletadas as informações necessárias para o mapeamento geotécnico do local, que não foram fornecidas pelo levantamento de dados na etapa 1 (Figura 3).

Essa fase foi importante para averiguar os usos e ocupação da bacia de forma mais segura e concreta e, também, adequar os mapas base obtidos no levantamento de dados à situação atual da bacia.

#### Análise dos dados

Através do SIG (Sistema de Informações Geográficas) ArcGIS realizou-se a análise integrada das características geológico-geotécnicas das unidades ambientais identificadas durante as etapas anteriores.

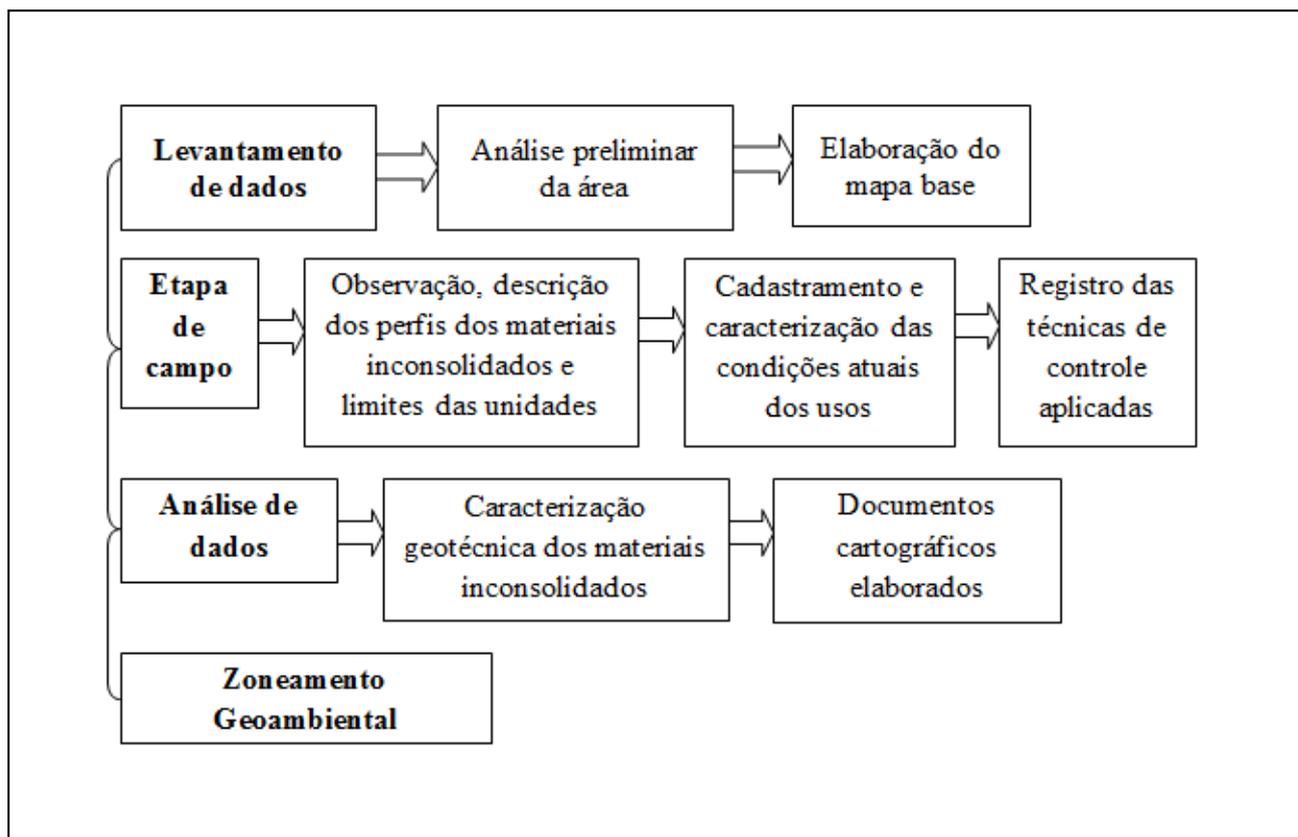


Figura 2. Etapas de obtenção do Zonamento Geoambiental da microbacia do Córrego do Monjolinho. Fonte: (Autores, 2012).

Tabela 1. Componentes x atributos fundamentais para o Zonamento Geoambiental. Fonte: (Zuquette, 1993) (modificado).

Componente do meio físico	Tipo	Atributo
Águas	Superficiais	Escoamento superficial Áreas de acúmulo de águas (temporário e permanente)
	Subterrâneas	Áreas de recarga Fontes Naturais
Geomorfologia	Morfometria	Declividade
	Morfologia	Relevo
Geologia	Substrato rochoso	Litologia
		Distribuição
	Evidência de processos	Erosivos (concentrados/laminares)
	Materiais Inconsolidados (gerais)	Origem (residual/trabalho)
Textura		
Variação em profundidade (perfis de interação)		
Feições do tecnógeno		Distribuição (em área) Explorações minerais
Biológico	Vegetação	Antrópica
		Tipos/Ciclos
Processos recentes (antrópicos)		Obras que interferem no fluxo das águas superficiais



Figura 3. Áreas de Preservação Permanente (APPs) degradadas da microbacia hidrográfica do Córrego do Monjolinho (MHCM). Fotos: (DIAS et al., 2011).

### Zoneamento geoambiental

A etapa final constituiu-se da elaboração do zoneamento geoambiental da microbacia do córrego do Monjolinho para identificar os potenciais de uso e as fragilidades da área e auxiliar, dessa maneira, na proposição de medidas de manejo que tornem possível a conciliação entre as atividades antrópicas e a proteção das características naturais do local.

Também nesta etapa os diversos atributos do meio físico foram cruzados de forma pareada com as formas de relevo da área de interesse e analisados de forma qualitativa. A escala adotada para este artigo foi 1:50000. Os documentos cartográficos cruzados foram: Substrato Rochoso, Materiais Inconsolidados, Escoamento Superficial e Uso e Ocupação do solo.

### RESULTADOS

Diferentes mapas foram elaborados para realizar o zoneamento da microbacia do córrego do Monjolinho, entre eles o Mapa de Substrato Rochoso, Mapa de Materiais Inconsolidado, Carta de Relevô, Carta de Escoamento Superficial e Mapa de Uso e Ocupação do Solo. Todos os mapas e cartas citados anteriormente foram gerados por meio do Sistema de Informação Geográfica (SIG) ArcGIS (Esri, 2012) e com o uso e auxílio do banco de dados digital geológico geotécnico elaborado por (Pons, 2006) e (Muro, 2000), cartas topográficas do Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC) e imagens de satélite do GOOGLE.

Além dos mapas elaborados, os dados climáticos da área onde está localizada a microbacia hidrográfica do córrego do Monjolinho foram utilizados para averiguar se a incidência de chuvas somada às características físicas do local poderia contribuir para a ocorrência de deslizamentos de terra, alagamentos, instabilidades do terreno, erosão e outras situações que colocariam em risco a população residente no entorno da microbacia e, conseqüentemente, comprometeriam as atividades na área, restringindo o uso e ocupação do solo. Dessa forma, os dados pluviométricos analisados influenciaram no zoneamento geoambiental da microbacia do córrego do Monjolinho auxiliando na definição dos usos e restrições das unidades obtidas.

As observações feitas na etapa de campo também contribuíram para a obtenção do zoneamento da microbacia forne-

cendo o diagnóstico preciso dos usos e ocupação atual da área e avaliando os impactos ambientais já existentes no local.

### Mapa de substrato rochoso

As formações geológicas (Figura 4) presentes na área compreenderam três formações: Formação Botucatu, Formação Itaqueri e Magmatitos Básicos. A distribuição dessas formações na MHCM é representada na Figura 5.

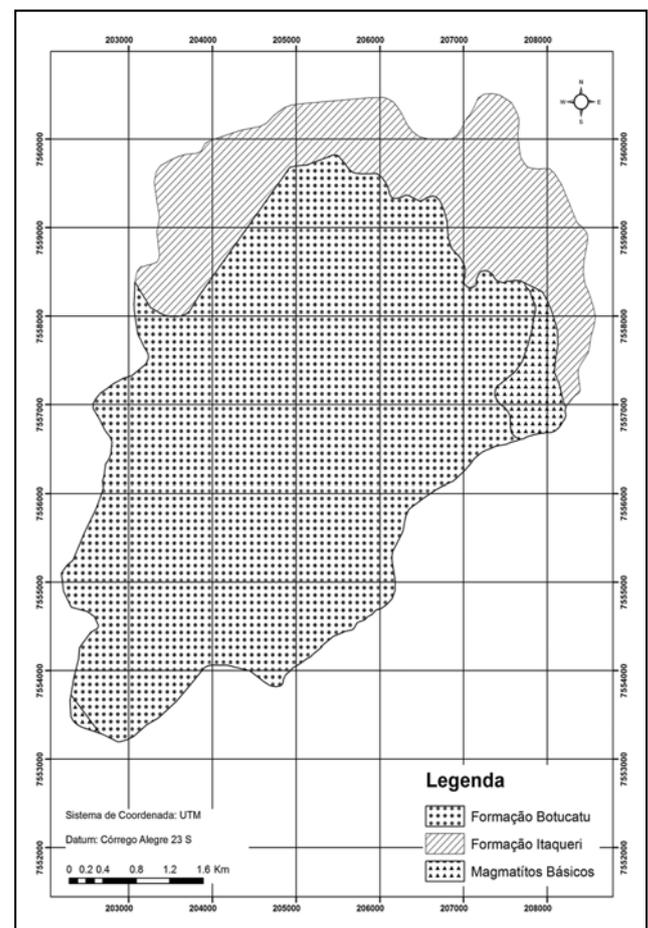


Figura 4. Mapa de Substrato Rochoso. Fonte: (Autores, 2012).

Observou-se a predominância da Formação Botucatu que ocupou aproximadamente 74% da bacia e representa uma região de grande importância por constituir área de recarga do Aquífero Guarani. Já a Formação Itaqueri ocorreu em menor proporção totalizando 23% da área, enquanto que os Magmatitos Básicos apenas representaram aproximadamente 3%.

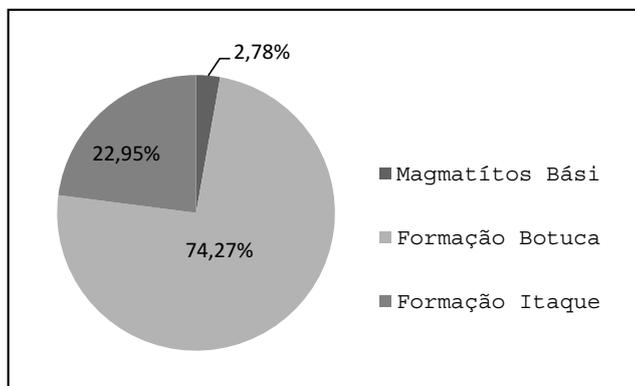


Figura 5. Gráfico da distribuição das formações geológicas na MHCM. Fonte: (Autores, 2012).

### Mapa de materiais inconsolidados

Os materiais inconsolidados na microbacia do Córrego do Monjolinho são predominantemente de textura arenosa. Os materiais residuais do Botucatu e os retrabalhados Arenosos I representaram 42,90% e 33,86% dos materiais inconsolidados da área, respectivamente.

O restante dos materiais estudados variou de textura arenosa mais grossa a textura argilosa. A Figura 6 representa o mapa de materiais inconsolidados da MHCM e a Figura 7 demonstra sua distribuição.

### Carta de relevo

Foram identificadas 6 unidades de relevo na MHCM, definidas a partir da declividade e curvas de nível da área, conforme mostra a Figura 8.

As classes de declividade utilizadas para elaborar a carta de relevo foram: classe 1 (0-5%); classe 2 (5-10%); classe 3 (10-15%); classe 4 (15-20%); e classe 5 (>20%). Notou-se que a bacia apresenta a predominância de dois intervalos de declividade. O primeiro de 0 a 10%, ocorrendo principalmente a oeste da bacia que apresenta uma densidade menor de drenagem e menores altitudes. O segundo intervalo é o >15%, que ocorreu principalmente na região a norte e nordeste, próxima das cabeceiras da bacia, a qual apresenta uma densidade de drenagem maior e vales mais entalhados.

Quanto às seis unidades de relevo identificadas na área da microbacia hidrográfica do córrego do Monjolinho foram: colinas aplainadas, colinas suaves aplainadas, colinas onduladas, colinas suaves onduladas, escarpas e vales pequenos e fechados.

Verificou-se que a área de estudo apresenta um relevo predominantemente aplainado principalmente na região central e sudoeste da bacia totalizando aproximadamente 48% da área. Entretanto na região norte está localizado um relevo mais ondulado que representa 35% da microbacia. Além disso, a MHCM

apresenta uma área de escarpas (15% da área total) bem definidas a nordeste, denominada de Cuestas. Os vales pequenos fechados ocorrem de maneira pontual apenas a leste, totalizando apenas 2% da microbacia. Na Figura 9 observa-se a distribuição das unidades de relevo na MHCM.

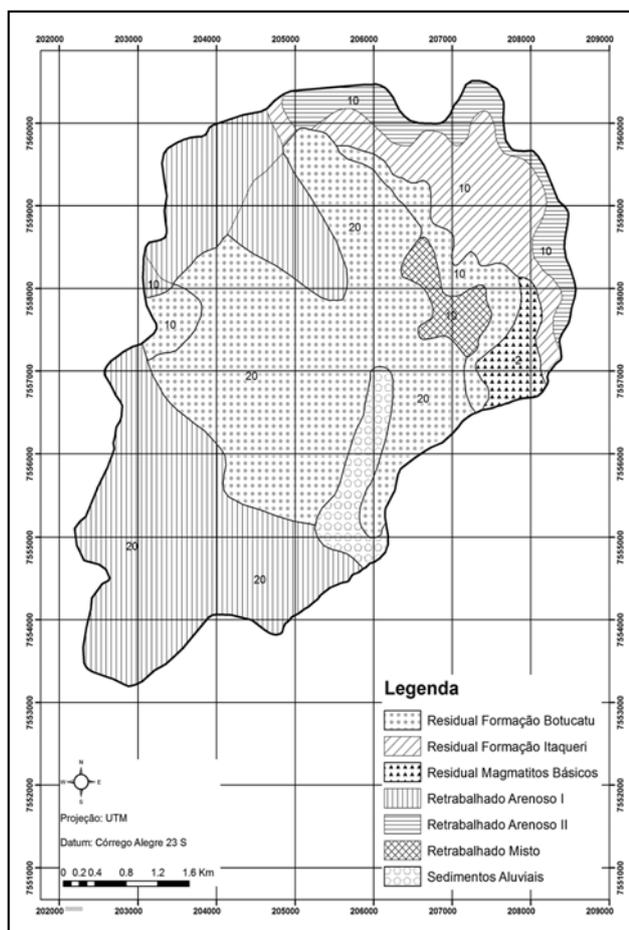


Figura 6. Mapa de Materiais Inconsolidados da MHCM. Fonte: (Autores, 2012).

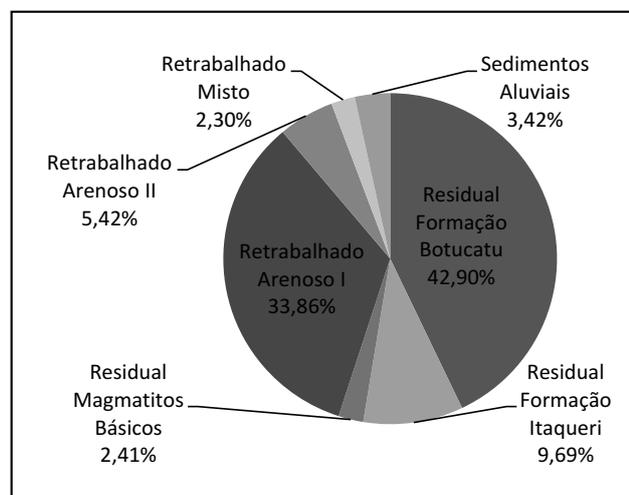


Figura 7. Gráfico da distribuição dos Materiais Inconsolidados da MHCM. Fonte: (Autores, 2012).

## Carta de escoamento superficial

A área de estudo possui seis classes de escoamento superficial, apresentadas na Figura 10, identificadas a partir do tipo de solo, relevo e declividade do terreno da região. Observou-se que o potencial de escoamento superficial é predominantemente baixo na MHCM, pelo fato da área apresentar principalmente declividades baixas e materiais bastante permeáveis. As classes

com baixo potencial de escoamento (Classe de 1 a 3) corresponderam cerca de 80% da área, enquanto as classes com potencial mediano ocorreram principalmente na classe 4 (cerca de 16%). As áreas que apresentaram classes mais elevadas de potencial de escoamento ocorreram de forma pontual nas escarpas. Na Figura 11 pode ser observada a distribuição das classes de potencial de escoamento superficial da MHCM.

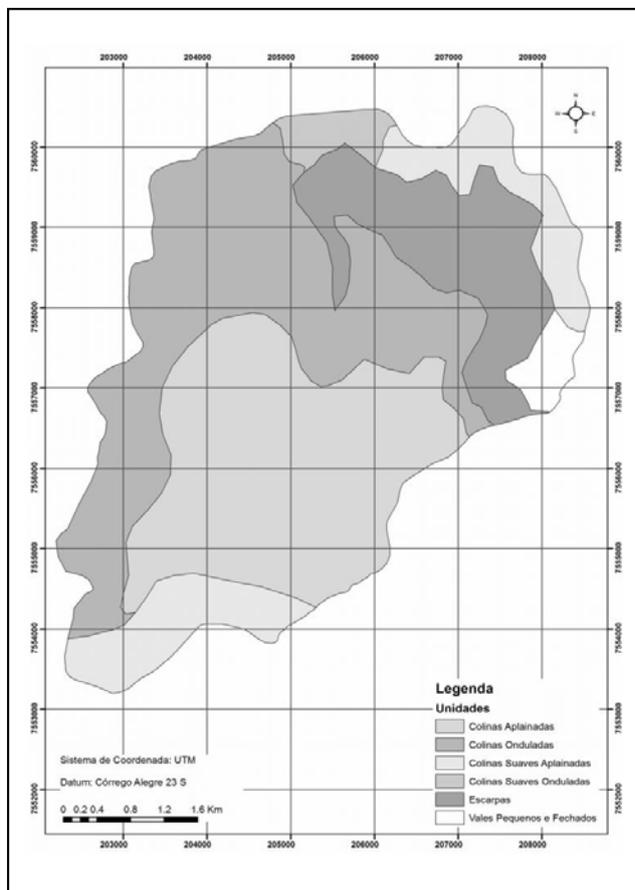


Figura 8.: Carta de Relevo da MHCM. Fonte: (Autores, 2012).

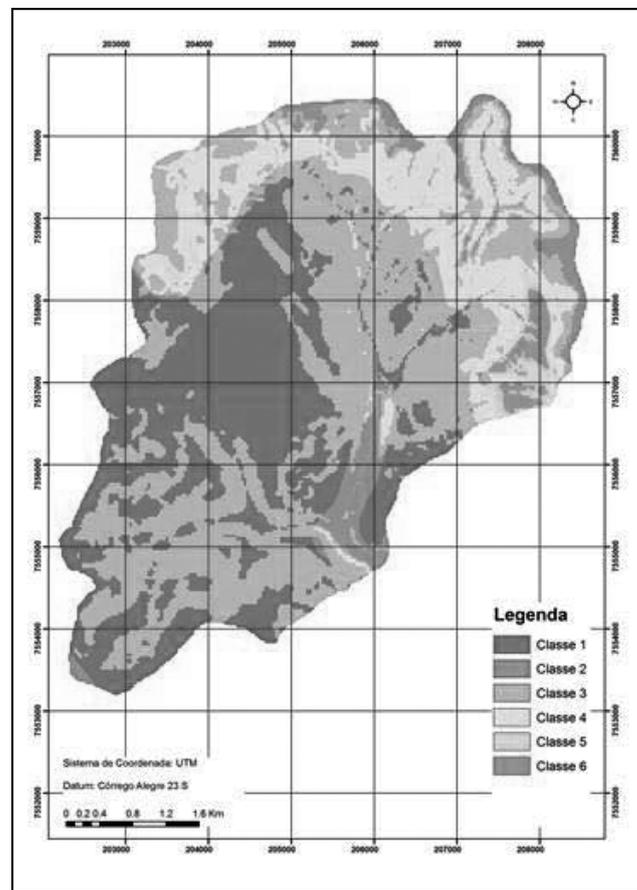


Figura 10. Carta de Escoamento Superficial da MHCM. Fonte: (Autores, 2012).

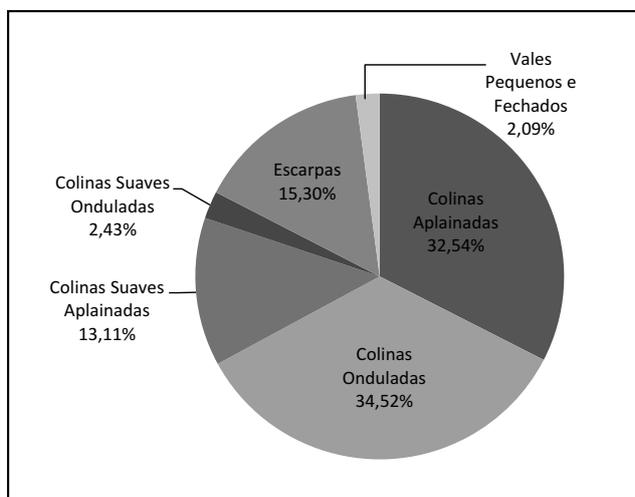


Figura 9. Gráfico da distribuição das unidades de relevo na MHCM. Fonte: (Autores, 2012).

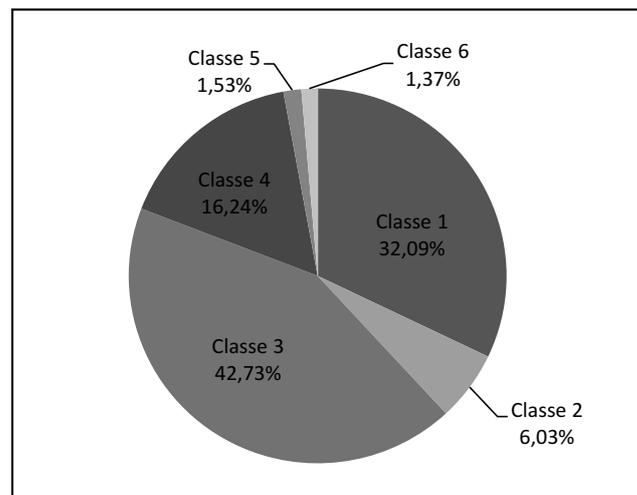


Figura 11. Gráfico da distribuição das classes de potencial de escoamento superficial da MHCM. Fonte: (Autores, 2012).

## Mapa de uso e ocupação do solo

Na Figura 12 pode ser observado o mapa de uso e ocupação do solo da microbacia hidrográfica do Córrego do Monjolinho. Observou-se que os principais usos da MHCM são predominantemente as matas, ocupando aproximadamente 31% da área, e a pastagem abrangendo 19% do território da bacia. Outros usos como agricultura e solo exposto apresentam proporções semelhantes (13% aproximadamente), assim como área construída e reflorestamento que ocupam, cada uma, aproximadamente 9% do território da bacia. Enquanto áreas de mineração e cerrado ocorrem de forma pontual.

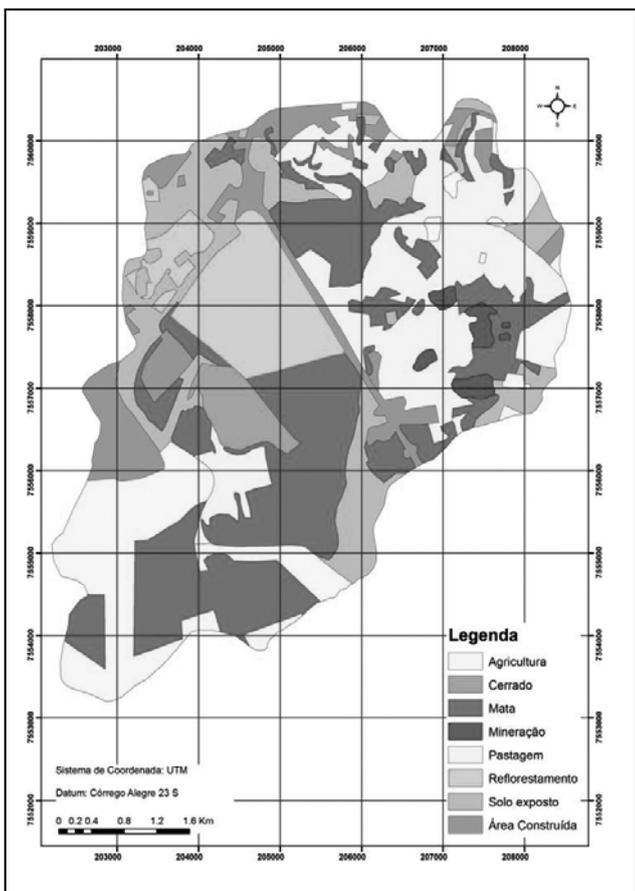


Figura 12. Mapa de Uso e Ocupação da MHCM. Fonte: (Autores, 2012).

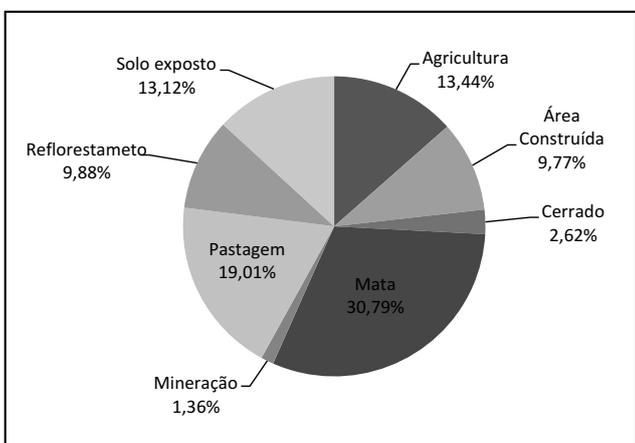


Figura 13. Gráfico da distribuição dos diversos usos do solo da MHCM. Fonte: (Autores, 2012).

A Figura 13 apresenta o gráfico com as distribuições dos usos e ocupação pelo território da microbacia hidrográfica do córrego do Monjolinho. No gráfico é possível analisar a porcentagem da área da microbacia ocupada por cada atividade verificada no local.

## Zoneamento geoambiental

A partir da combinação dos documentos cartográficos anteriores, elaborou-se o zoneamento geoambiental da MHCM, apresentado na Figura 14.

Por meio do zoneamento geoambiental da microbacia hidrográfica do Córrego do Monjolinho, obteve-se seis unidades da paisagem com características, potencialidades e restrições distintas. As potencialidades e restrições de uso de todas as seis unidades podem ser consultadas na Tabela 2.

Na Figura 15 pode-se observar qual proporção da área da microbacia hidrográfica do córrego do Monjolinho é ocupada por cada unidade geoambiental obtida.

A lei consultada para deliberar sobre os potenciais de uso e restrições das unidades geoambientais obtidas com o zoneamento da MHCM foi a Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002 que dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Por meio desta lei, e também da análise das características físicas da área, foram definidos os potenciais e restrições de uso na microbacia hidrográfica do córrego do Monjolinho, visando manter a qualidade ambiental e, também, aproveitar da melhor maneira possível os recursos naturais disponíveis na região.

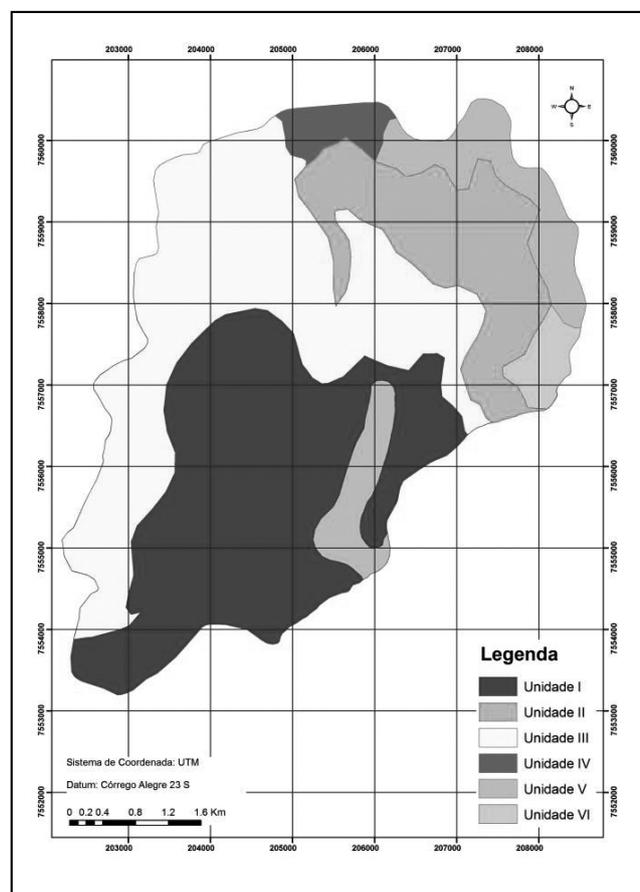


Figura 14. Zoneamento Geoambiental da MHCM. Fonte: (Autores, 2012).

A realização do zoneamento da MHCM também buscou ressaltar a utilidade do zoneamento na gestão dos recursos hídricos e no cumprimento das diretrizes dispostas na Política Nacional dos Recursos Hídricos (lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997) que tem como objetivos assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; a utilização racional e integrada dos recursos hídricos com vistas ao desenvolvimento sustentável e a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

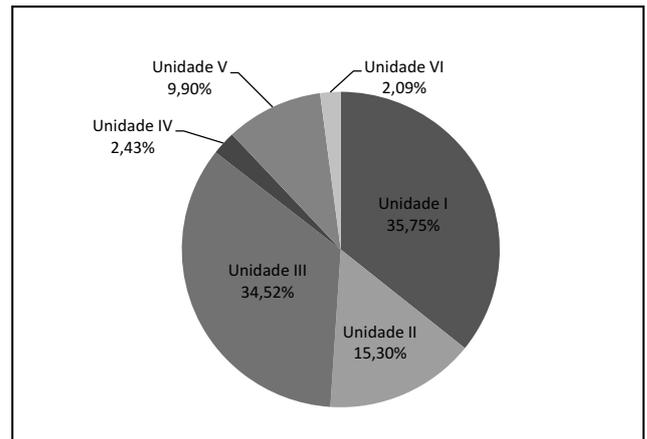


Figura 15. Gráfico representando a distribuição das unidades Geoambientais MHCM. Fonte: (Autores, 2012).

Tabela 2. Unidades Geoambientais da microbacia Hidrográfica do Córrego do Monjolinho. Fonte: (Autores, 2012).

Unidade	Característica	Restrição	Potencialidade
U1	Colinas aplainadas e colinas suaves aplainadas com classes de escoamento superficial 1 a 3. Os principais usos do solo são mata e cerrado. O substrato rochoso é composto pela Formação Botucatu. Os materiais inconsolidados presentes são o Residual da Formação Botucatu e o Retrabalhado Arenoso I.	Não é permitido nem um tipo de uso em virtude de ser uma área potencial de recarga do Aquífero Guarani.	Preservação total.
U2	Escarpas, apresenta classes de escoamento superficial predominantemente de 4 a 6. Tem como principais usos do solo: mata e pastagem, além disso, ocorrem em menor proporção agricultura, solo exposto e, de forma isolada, área construída. O substrato rochoso é composto pelas Formações Serra Geral, Botucatu (afloramentos com potencial de exploração mineral) e Itaqueri. Os principais materiais inconsolidados são Retrabalhado Arenoso I, Residual dos Magmatitos Básicos, Retrabalhado Misto, Residual do Itaqueri e Residual do Botucatu.	A construção civil e atividades agrícolas extensivas em virtude da declividade e alto escoamento superficial.	Preservação da vegetação e mineração de arenitos.
U3	Colinas onduladas com classes de escoamento superficial de 1 e 4. O principal uso do solo é o reflorestamento, ocorrendo todos os outros usos com proporção semelhante, exceto o cerrado. O substrato rochoso é composto pela formação Botucatu e Bauru. Os principais materiais inconsolidados são Retrabalhado Arenoso I e II, Retrabalhado Misto, Residual Formação Itaqueri e Residual do Botucatu.	As áreas próximas a Rodovia Washington Luiz, que corta a bacia, apresentam potencial de recarga do Aquífero Guarani, entretanto por já apresentar construções consolidadas, deve ser mantido o estado atual de uso.	Apresenta diversos potenciais dentre os quais: silvicultural, agrícola, industrial e expansão urbana.
U4	Colinas suavemente onduladas com classes de escoamento de 2 a 4, principais usos a pastagem e área construída. Está sobre, principalmente, a formação Itaqueri. Os principais materiais inconsolidados são o retrabalhado Arenoso II e Residual do Botucatu.	Esta unidade contém algumas nascentes do Córrego do Monjolinho, deste modo a urbanização deve ser planejada respeitando a legislação vigente, tendo em vista que a área já se apresenta degradada.	Esta unidade apresenta a maior aptidão para a expansão urbana em função de já apresentar fragmentos urbanos consolidados.
U5	Colinas aplainadas e colinas suaves aplainadas com escoamento de classes 1 a 4, ocorrendo os diversos tipos de uso, predominando as áreas com mata. Está sobre as formações Itaqueri e Serra Geral. Os materiais inconsolidados predominantes nesta unidade são Residual Formação Itaqueri, Retrabalhado arenoso II e Sedimentos aluviais.	Apresenta poucas restrições, exceto para a construção civil nas áreas onde ocorrem os sedimentos aluviais.	Esta unidade tem como principal potencialidade o uso agrícola.
U6	Vales pequenos em V com classes de escoamento 2 a 5. O principal uso é solo exposto, ocorrendo em menor proporção agricultura e mata. Está sobre as formações Serra Geral e Formação Itaqueri. Os materiais inconsolidados predominantes são os residuais dos Magmatitos Básicos e da Formação Itaqueri, ocorrendo também Retrabalhado Arenoso II.	Esta unidade apresenta 3 áreas de nascente que devem ser preservadas.	Manter os usos atuais, podendo recuperar as áreas de solo exposto ou utilizar para agricultura, respeitando os limites estabelecidos por lei.

## CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Por meio do Zoneamento Geoambiental da microbacia hidrográfica do Córrego do Monjolinho verificou-se que é necessário planejar as atividades antrópicas na área para proteger seus recursos. É recomendável dispensar atenção especial para a proteção das áreas de nascente e recarga do aquífero guarani devido à importância que representam para a manutenção da disponibilidade e qualidade da água da bacia e dos depósitos de água subterrânea, respectivamente.

A microbacia hidrográfica do Córrego do Monjolinho na época da realização deste estudo não apresentou grau elevado de vulnerabilidade ambiental, mesmo assim, é importante que antes de intervir na área seja feito um estudo e planejamento para adequar o uso e ocupação do território com suas características físicas. Além disso, qualquer tipo de interferência deve respeitar a legislação ambiental vigente para evitar a necessidade de adoção de medidas corretivas, a instalação de usos impactantes e preservar seus recursos naturais.

Destaca-se que a Unidade I possui grande importância ambiental por ser área de recarga de aquífero, por isso, é importante que ela seja inteiramente preservada para não comprometer e contaminar os depósitos de água subterrânea. Já as características físicas da Unidade III a torna propícia para atividades humanas diversas que, instaladas adequadamente, não causaram impactos negativos ao meio natural e geram benefícios econômicos para a região.

Os resultados deste zoneamento visam auxiliar no planejamento urbano da área e proporcionar aos moradores da região qualidade ambiental e boas condições de vida, tais como acesso a equipamentos públicos, infraestrutura e proteção contra riscos como instabilidades de terras e contaminação da água para consumo.

A Lei nº 9.605 de 13 de fevereiro de 1998, conhecida como Lei de Crimes Ambientais ou Lei da Natureza, em sua seção III e art.60 que discorre sobre a poluição e outros crimes ambientais, prevê pena de detenção, de um a seis meses, ou multa, ou ambas as penas cumulativamente para indivíduos que construir, reformar, ampliar, instalar ou fazer funcionar, em qualquer parte do território nacional, estabelecimentos, obras ou serviços potencialmente poluidores, sem licença ou autorização dos órgãos ambientais competentes, ou contrariando as normas legais e regulamentares pertinentes (BRASIL, 1998).

Portanto, desrespeitar as leis ambientais estabelecidas pelos órgãos ambientais competentes, não só degrada os recursos naturais como também constitui crime sujeito a pena para o indivíduo causador de prejuízos à qualidade do meio ambiente. Por esses motivos é importante conhecer a legislação ambiental aplicável à área antes de modificá-la.

Com o zoneamento geoambiental da MHCM espera-se fornecer aos gestores municipais de São Carlos, órgãos municipais e demais partes interessadas, informações que contribuam para a elaboração de ações e planos de desenvolvimento urbano que conduzam o município à sustentabilidade e confirmem qualidade de vida para seus moradores.

Outro impacto esperado deste estudo é atrair a atenção da população para a importância da microbacia hidrográfica do Córrego do Monjolinho, essencial para o abastecimento hídrico do município de São Carlos. Também é esperado com este estudo difundir e dar visibilidade para a importância do zoneamento para o planejamento e elaboração de políticas urbanas, pois, mesmo sendo um instrumento de Gestão Ambiental e estar inserido na Política Nacional de Meio Ambiente (Artigo 9º., inciso II da Lei 6.938/81), alguns municípios não possuem zoneamento, dificultando a preservação ambiental e o planejamento urbano.

## TRABALHOS CITADOS NO TEXTO

AGUIAR, R. L.

Mapeamento geotécnico da área de expansão urbana de São Carlos, SP. 1989. 127 f.

*Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1989.*

BRASIL.

Lei nº 6.938 de – Política Nacional de Meio Ambiente.

*Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm)> Acesso em: Jul. 2013.*

BRASIL.

Lei n. 9.433 de 08 de janeiro de 1997.

*Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.*

BRASIL.

Lei nº 9.605 de 13 de fevereiro de 1998 – Lei de Crimes Ambientais.

*Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conamallegiabre.cfm?codlegi=320>> Acesso em: jul. 2013.*

CEPAGRI, CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS À AGRICULTURA.

Clima dos municípios paulistas.

*Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br/loutras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>>.*

*Acesso em: 16 jul. 2010.*

CONAMA, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE.

Resolução nº 303, de 20 de março de 2002.

*Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente.*

DAL'ASTA, A. P.

Elaboração de zoneamento geoambiental para o perímetro urbano de Santa Maria, RS. 2009.

*176 f. Tese (mestrado em Geografia) – Centro de Ciências Naturas e Exatas, Universidade federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.*

- DIAS, R. M.; FAILACHE, M. F.; FERREIRA, M. D.  
Estudo preliminar para a implantação de projeto de sequestro de carbono a partir da recuperação de áreas de preservação permanente de cursos d'água degradados – Microbacia do Córrego do Monjolinho, SP.  
*In: SINRAD, Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas, 9, 2012, Rio de Janeiro. Anais...Rio de Janeiro: SINRAD, 2012.*
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE, INC. (ESRI).  
ArcGIS.  
*Professional GIS for the desktop, versão 9.3.1CA. 2011.*
- GOOGLE.  
Imagens de satélite do Google Earth. 2011.
- GROSTEIN, M. D.  
Metrópole e Expansão Urbana: A Persistência de Processos “Insustentáveis”.  
*São Paulo Perspec., São Paulo, 2001, vol.15, n.1, pp. 13-19. ISSN 0102-8839.*  
*Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-88392001000100003](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-88392001000100003)>*  
*Acesso em: 12 Abri. 2011.*
- INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO (IGC). 1980.  
Folhas SF-23-Y-A-I-1-NE-C, SF-23-Y-A-I-1-NO-D, SF-23-Y-A-I-1-NO-F, SF-23-Y-A-I-1-NE-E e SF-23-Y-A-I-1-NE-A. Na escala 1:10.000
- MARTINS, O. S.  
Determinação do potencial de sequestro de carbono na recuperação de matas ciliares na região de São Carlos – SP. 2004.  
*136f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.*
- MURO, M.D.  
Carta de zoneamento para seleção de áreas frente à instalação de aterros sanitários no município de São Carlos - SP  
Escala 1:50.000. 2000.  
*172f. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.*
- NISHIYAMA, L.  
Mapeamento geotécnico preliminar da quadrícula de São Carlos – SP. 1991.  
*228 f. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos (USP), São Carlos, 1991.*
- OLIVEIRA, C. H.  
Planejamento ambiental na cidade de São Carlos (SP) com ênfase nas áreas públicas e áreas verdes: diagnóstico e propostas. 1996.  
*Dissertação (Mestrado) – Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.*
- PONS, N. A. D.  
Levantamento e diagnóstico geológico geotécnico de áreas degradadas na cidade de São Carlos-SP, com auxílio de geoprocessamento. 2006.  
*210f. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.*
- SANTOS, R. F.  
Planejamento Ambiental: teoria e prática.  
*1ª ed. São Paulo: Oficina dos Textos, 2004. 184 p.*
- TOMINGA, L. K.  
Diagnóstico Preliminar da Cartografia Geotécnica e Geoambiental no Brasil.  
*In: Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, 5., 2004, São Carlos. Anais... São Carlos: SBCGG, 2004. 20p. Disponível em: <<http://www.redetec.org.br/publicuel/media/DiagnosticoCartografiaGeotecnica.pdf>>*  
*Acesso em: 10 Abri. 2011.*
- ZUQUETTE, L. V.  
Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico: fundamentos e guia para elaboração. 1993. 369 f.  
*Tese de livre docência – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos, 1993.*