

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
–JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
CAMPUS EXPERIMENTAL DE OURINHOS

GEORGE ANTONIO JANGARELLI

**GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ANÁLISE DAS MUDANÇAS DE USOS DA  
TERRA NA MICROBACIA DO CÓRREGO MONJOLINHO.**

OURINHOS-SÃO PAULO

2017

GEORGE ANTONIO JANGARELLI

**GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ANÁLISE DAS MUDANÇAS DE USOS DA  
TERRA NA MICROBACIA DO CÓRREGO MONJOLINHO.**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à banca examinadora para  
obtenção do título de Bacharel em Geografia  
pela Unesp – Campus Experimental de  
Ourinhos.

Orientador: Prof. Dr. Edson Luís Piroli

Ourinhos – SP

2017

**Banca examinadora**

---

Edson Luís Piroli

---

Julio César Demarchi

---

Daniela Fernanda da Silva Fuzzo

Ourinhos, 8 de Novembro de 2017

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao professor Edson Luís Piroli, pessoa de grande conhecimento e sensibilidade com os problemas ambientais, pelo conhecimento transmitido como orientador e também nas disciplinas que envolvem as Geotecnologias; ao parceiro Júlio Cesar Demarchi, que também contribuiu com seus conhecimentos em trabalhos elaborados para congressos envolvendo Geoprocessamento; aos professores orientadores dos projetos que participei ao longo do curso, responsáveis por terem me motivado a pesquisar e a estar atento aos problemas de ordem ambiental: professora Maria Cristina Perusi e o projeto COLÓIDE, professora Luciene Cristina Risso e ao projeto CENPEA; a todos os envolvidos ontem e hoje no cursinho CACUO e a toda equipe de professores e funcionários da Unesp Ourinhos.

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais, Maria Ines de Lima Jangarelli e José Pascoal Jangarelli, avós Emilia Menocci e Antonio Jangarelli, irmãos Geancarlo José Jangarelli e Marcio José Jangarelli, e todos os amigos que me apoiaram ao longo destes últimos anos.

## Sumário

|  |    |
|--|----|
| <b>Introdução</b> .....                            | 1  |
| <b>Objetivos</b> .....                             | 3  |
| 2.1.Objetivos Gerais.....                          | 3  |
| 2.2.Objetivos Específicos.....                     | 3  |
| <b>Fundamentação teórica</b> .....                 | 4  |
| 3.1.Sensoriamento remoto.....                      | 4  |
| 3.2.Geoprocessamento.....                          | 5  |
| 3.3.SIGs.....                                      | 5  |
| 3.4.Bacias hidrográficas.....                      | 7  |
| 3.5.Crescimento urbano e problemas ambientais..... | 8  |
| <b>4. Materiais e métodos</b> .....                | 10 |
| 4.1.Caracterização da área de estudo.....          | 10 |
| 4.2.Breve histórico de ocupação.....               | 12 |
| 4.3.Materiais utilizados.....                      | 16 |
| 4.4.Prodimentos Metodológicos.....                 | 16 |
| <b>5. Resultados e discussão</b> .....             | 18 |
| 5.1.Outras mudanças.....                           | 23 |
| 5.1.1. Cultura temporária.....                     | 23 |
| 5.1.2.Campestre.....                               | 24 |
| 5.1.3.Área florestal.....                          | 27 |
| 5.1.4.Canalização do córrego monjolinho.....       | 32 |
| 5.1.5.Medidas possíveis.....                       | 37 |
| <b>6.Considerações finais</b> .....                | 42 |
| <b>7.Referências</b> .....                         | 44 |

## Lista de figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1: Mapa de localização da microbacia.....  | 10 |
| Figura 2: Cultura de café e a estrada de ferro no Vale do Paranapanema em1910 .....           | 13 |
| Figura 3: Microbacia do Córrego Monjolinho – usos da terra no ano de 1972 .....               | 17 |
| Figura 4: Microbacia do Córrego Monjolinho – usos da terra no ano de 2014 .....               | 18 |
| Figura 5: Mudanças no uso da terra (ha) entre os anos 1972 e 2014.....                        | 18 |
| Figura 6: Microbacia do Córrego Monjolinho – Expansão Urbana de 1972 à 2014 .....             | 20 |
| Figura 7: Microbacia do Córrego Monjolinho – Usos de 1972 sobrepostos pela expansão urbana..  | 21 |
| Figura 8: Microbacia do Córrego Monjolinho – Ganhos e Perdas - Cultura temporária.....        | 23 |
| Figura 9: Microbacia do Córrego Monjolinho – Usos que sobrepueram a Cultura Temporária .....  | 24 |
| Figura 10: Microbacia do Córrego Monjolinho – Ganhos e Perdas para o Uso Campestre.....       | 25 |
| Figura 11: Microbacia do Córrego Monjolinho – Ganhos e Perdas do uso florestal – 1972 a 2014. | 26 |
| Figura 12: APP de margem de rios, ribeirões e riachos.....                                    | 27 |
| Figura 13: APP no entorno de nascentes e olhos d’água perenes.....                            | 26 |
| Figura 14: Microbacia do Córrego Monjolinho – limites da APP.....                             | 28 |
| Figura 15: Microbacia do Córrego Monjolinho – área total/ocupada da APP.....                  | 30 |
| Figura 16: Foto do Córrego Monjolinho após sua canalização .....                              | 32 |
| Figura 17: Porção Nordeste da cidade com muito alta vulnerabilidade à inundação .....         | 33 |
| Figura 18: Registros da Defesa Civil na Área Urbana de Ourinhos/SP.....                       | 34 |
| Figura 19: Solo preparado, carregado pela água.....   | 35 |
| Figura 20: Foto da residencia destruida pela enchurrada em Ourinhos no ano de 2014 .....      | 36 |
| Figura 21: Trincheira de infiltração .....  | 39 |
| Figura 22: Vala de infiltração .....  | 40 |
| Figura 23: Poço de infiltração .....  | 40 |

## Lista de Tabelas

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 - Crescimento populacional e urbano de Ourinhos..... | 14 |
| Tabela 2 - Lista das Medidas de Controle básicas.....         | 38 |

## **RESUMO**

Ao longo das últimas décadas, vem ocorrendo uma ampliação dos impactos ambientais negativos causados pela forma agressiva com a qual o ser humano se apropria da natureza. Acredita-se que a origem de muitos destes problemas está na má utilização do solo pelas atividades antrópicas. Neste caso, abordar a dinâmica de uso da terra em microbacias é coerente e oferece um caminho adequado para a compreensão de muitos problemas ambientais que possam surgir. Pensando estas questões, este trabalho teve como objetivo analisar as mudanças ocorridas no uso da terra da microbacia do Córrego Monjolinho, localizada na cidade de Ourinhos - SP, entre os anos de 1972 e 2014, por meio de técnicas de Geoprocessamento em ambiente SIG. Os resultados mostraram que a microbacia do córrego Monjolinho possui uma área total de 370,5 hectares (ha), e passou por importantes mudanças nos usos da terra, principalmente na área urbana, que ocupava 22,5 % em 1972 e passou para 66,4 % em 2014. Por outro lado, os usos importantes para a infiltração na microbacia perderam parte de sua área, como a pastagem, que representava 16,5 % e em 1972 e passou para 10,7 % em 2014 e as lavouras temporárias, que passaram de 24 %, para 0,8 %. Com isso constatou-se uma considerável diminuição das áreas verdes e permeáveis, paralelamente ao aumento da área urbanizada. Estas mudanças são problemáticas quando não planejadas, pois trazem como consequência uma série de problemas relacionados principalmente a alterações no ciclo hidrológico local, aumentando as taxas de escoamento superficial e reduzindo a infiltração das águas pluviais, o que gera diversos problemas de drenagem urbana, erosão do solo, assoreamento dos córregos, entre outros, que atingem muitas vezes a população e seu patrimônio.

**Palavras Chave:** módulo LCM, expansão urbana, ciclo hidrológico.

## ABSTRACT

Over the last decades, has been occurred an enlargement of the negative environmental impacts caused by the aggressive form by which human beings appropriate nature. It is believed that the origin of this and some other problems is the misuse of the land by human activities. In this case, the APProach of land use dynamic in microbasins is coherent and provides a suitable method to understand the several environmental problems that may occur. From these issues, this paper aimed to analyze the land use changes in the microbasin of Monjolinho stream, located in the city of Ourinhos, SP, in the years 1972 and 2014, by means of Geoprocessing techniques in a Geographical Information System (GIS) environment. The results showed that the microbasin of Monjolinho stream, whose total area is 370,5 hectares, has undergone important changes in land use, mainly in its urban area, which occupied 22,5 % in 1972 and went to 66,4 % ha in 2014. On the other hand, important land uses for water infiltration in the microbasin lost part of their area, such as pasture, which represented 16,5 % in 1972 and decreased to 10,7 % in 2014 and the temporary crops, which decreased from 24 % to 0,8 %. Thereby, a considerable decrease in green and permeable areas was found, concurrently with an increase in the urban area, changes that are problematic when unplanned, as they bring as a consequence a number of problems mainly related to changes in the local hydrological cycle, increasing the overland flow rates and reducing the infiltration of rainwater, which causes several problems in urban drainage, soil erosion, silting of streams, among others, reaching the population and its heritage.

Keywords: land change modeler, urban expansion, hydrological cycle.

## 1. INTRODUÇÃO.

Nas últimas décadas, muitas cidades brasileiras tem passado por um constante ciclo de crescimento urbano, que tem apresentado repercussões negativas para a conservação ambiental, e conseqüentemente para a população. De acordo com Tucci (2005, p. 9) –“o crescimento urbano nos países em desenvolvimento tem sido realizado de forma insustentável, com deterioração da qualidade de vida e do meio ambiente”. Neste contexto, os gestores urbanos se veem diante de questões que necessitam de respostas amparadas em métodos seguros, que demonstrem as principais características do problema enfrentado. Destacam-se nesta questão os levantamentos do uso da terra, que permitem conhecer as características ambientais em uma determinada área, revelando os conflitos que ocorrem ou poderão ocorrer com a implantação de determinadas atividades em locais não apropriados. Conforme FAO/IIASA (1993) o uso da terra pode ser entendido como as –“atividades humanas que estão diretamente relacionadas à terra, fazendo uso de seus recursos ou tendo impacto sobre eles”, De acordo com o manual técnico de uso da terra do IBGE (2013, p. 17) –“o conhecimento sobre o uso da terra ganha relevo pela necessidade de garantir sua sustentabilidade diante das questões ambientais, sociais e econômicas a ele relacionadas e trazidas à tona no debate sobre o desenvolvimento sustentável”.

Estes levantamentos são realizados de forma eficiente por meio do Sensoriamento remoto, aliado as aplicações de Geoprocessamento e a utilização de SIG (Sistemas de Informação Geográfica). Este conjunto de conhecimentos e ferramentas (técnicas) permite analisar detalhadamente a distribuição do uso da terra em um determinado local. Além disso, é possível realizar modelagens que demonstram a forma como o uso da terra se modifica com o tempo.

No Brasil, o IBGE tem dado grande atenção para as questões que envolvem o uso da terra com a realização de importantes levantamentos do território nacional. Recentemente o instituto apresentou os resultados do projeto “Mudanças na Cobertura e Uso da Terra no Brasil” que está em andamento desde 2015 e que analisou as mudanças ocorridas nos períodos de 2000 a 2010 e de 2010 a 2012. Segundo o IBGE (2016) este levantamento teve como objetivo –“subsidiar avaliações e fornecer suporte técnico às políticas públicas, além de servir como insumo a estudos ambientais, observando-se, nesses casos, os limites impostos pela escala de referência do presente trabalho”.

Observa-se que apesar de sua importância, estes levantamentos são muito abrangentes e não dão conta de mostrar as características da ocupação em grandes escalas, ou seja, as alterações que ocorrem na escala de um bairro, de uma cidade, de uma microbacia hidrográfica e de outras áreas equivalentes a estas. Desta forma existe a necessidade de levantamentos que se orientem nesta base

e que contemplem as mudanças que ocorrem em escalas mais próximas da realidade da população e dos impactos negativos que esta enfrenta.

Considerando se essa necessidade, neste trabalho de conclusão de curso foi abordado um caso específico referente à microbacia do Córrego Monjolinho, localizada no município de Ourinhos, onde atualmente ocorrem graves problemas relacionados à drenagem das águas pluviais na área urbana. De acordo com Ielo (2015, p. 72) –das ocorrências registradas pela Defesa Civil municipal de Ourinhos desde a sua implantação no ano de 2011 até 2014 foram 1034 atendimentos. Dentre eles, 167 casos de alagamentos, enxurradas e inundações”. Muitas destas ocorrências foram registradas nos bairros Jardim Ouro Verde, Jardim Bandeirantes e Jardim Paulista, todos estes localizados próximos ao Córrego Monjolinho, onde a população local vem acumulando prejuízos materiais e até mesmo correndo sérios riscos de vida.

Dessa forma, foi necessário avaliar como as mudanças no uso da terra ocorreram em toda a área desta microbacia. Tal proposta foi realizada com o apoio de métodos e técnicas de Sensoriamento Remoto, aplicações de Geoprocessamento e a utilização de SIG. Este conjunto conduziu a resultados que demonstraram os impactos ambientais negativos que ocorrem em decorrência das mudanças. Além disso, os dados e mapas produzidos neste trabalho poderão ser úteis para a gestão desta microbacia.

## **2. OBJETIVOS.**

### **2.1. Objetivos gerais:**

Este trabalho busca analisar as mudanças que vem ocorrendo no uso da terra entre os anos 1972 e 2014 na microbacia do Córrego Monjolinho, localizado na cidade de Ourinhos-SP. Esta proposta de estudo se da diante do quadro de pressão ambiental gerado pelo desenvolvimento desta cidade.

### **2.2. Objetivos específicos:**

- Analisar a distribuição espacial dos usos mais importantes, apontando os problemas da ocupação de determinadas regiões da microbacia.
- Analisar a expansão do uso urbano sobre usos que promoviam boas taxas de infiltração
- Analisar os ganhos e as perdas de área para os usos cultura temporária, campestre e florestal.
- Medir a área de APP ocupada por mata ciliar
- Apresentar as possíveis soluções para os problemas encontrados

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.

Atualmente, as pesquisas realizadas com o intuito de analisar o uso da terra têm a sua disposição muitas possibilidades de abordagem a partir do Sensoriamento remoto, do Geoprocessamento e dos SIGs. Cabe apresentar uma breve revisão bibliográfica sobre os principais conceitos e propostas de pesquisadores da área, que trazem grandes contribuições para a realização deste trabalho.

#### 3.1. Sensoriamento remoto.

Segundo Santos (2008, p. 129) –pode-se dizer que o mundo teve dois grandes momentos, do ponto de vista de seu conhecimento geográfico. O primeiro foi dado com as grandes navegações e o outro se dá recentemente com os satélites, habitados ou não”. Essa observação de Milton Santos mostra que historicamente a capacidade humana de conhecer o planeta que habita se ampliou intensamente, culminando recentemente nas amplas possibilidades oferecidas por meio do Sensoriamento Remoto.

Para Jensen (2009, p. 13), o sensoriamento remoto é –a arte e a ciência de obter informações sobre um objeto sem estar em contato físico direto com o mesmo. Pode ser usado para medir e monitorar importantes características biofísicas e atividades humanas na Terra”. Florenzano (2007, p. 11) vai de encontro a ideia de Jensen afirmando que –o termo sensoriamento refere-se à obtenção dos dados, e remoto, Significa distante, é utilizado porque a obtenção é feita à distância, ou seja, sem o contato físico entre o sensor e a superfície terrestre”.

A base científica do sensoriamento remoto pode ser entendida conforme Santos (2008, p. 129) –Esse conhecimento das galáxias e do próprio planeta em que vivemos está intimamente relacionado ao domínio do espectro eletromagnético, um dos grandes feitos da era contemporânea”.

De acordo com Piroli (2010), o Sensoriamento remoto pode ser dividido em Orbital, que utiliza sensores localizados em órbitas ao redor do planeta, que coletam informações da superfície a determinados intervalos de tempo e de espaço (satélites); ou sub-orbital, realizado por sensores transportados em aviões, balões, ou veículos aéreos não tripulados (principalmente aeromodelos), que tem como produto final as fotografias aéreas e outros dados de sensores.

Dessa forma, o sensoriamento remoto possibilita a obtenção de dados visuais ou em outros formatos, que permitem a caracterização e acompanhamento preciso de diversos fenômenos que ocorrem na superfície do planeta. De acordo com Santos (2008, p. 133) –Como as fotografias se sucedem em intervalos regulares, obtemos, assim, um retrato da própria evolução do processo de ocupação da crosta terrestre”.

### 3.2. Geoprocessamento .

O Geoprocessamento pode ser entendido conforme Piroli (2010, p. 5), ~~um~~ "um ramo da ciência que estuda o processamento de informações georreferenciadas utilizando aplicativos (normalmente SIGs), equipamentos (computadores e periféricos), dados de diversas fontes e profissionais especializados".

Câmara *et al.* (2001), destaca a interdisciplinaridade do geoprocessamento, que não se restringe a uma única ciência, pois pode ser utilizado por diferentes ciências que abordam de forma particular os problemas ambientais. Segundo Moreira (2001), a Cartografia, a Geografia, a Agricultura e Floresta, Geologia, são algumas das ciências que podem utilizar o Geoprocessamento como apoio a estudos de planejamento urbano e rural, meios de transportes, entre outros.

Para Piroli (2010, p. 33) são consideradas operações em geoprocessamento: Georreferenciamento de imagens, classificação de imagens de Sensoriamento Remoto (supervisionada, não supervisionada, por interpretação visual), MDE (modelo digital de elevação), Operações aritméticas com mapas, Fusão de imagens multiespectrais e pancromáticas".

Para Tucci (1997, p. 55) ~~o~~ "o uso do geoprocessamento possibilita a manipulação de dados espaciais de maneira rápida e eficiente, aumentando a eficácia na análise dos problemas e na tomada de decisões. É um instrumento importante no planejamento das ações na área ambiental, seja no meio rural ou urbano".

### 3.3. SIG.

Piroli (2010) discute alguns momentos importantes da história do SIG. De acordo com este autor, a origem dos SIG está ligada ao surgimento do primeiro computador, o ENIAC (Eletronic Numerical Integrator and Computer) desenvolvido na Universidade da Pensilvânia, nos Estados Unidos na década de 1940. Em 1964 foi desenvolvido o primeiro SIG para o inventário das terras do Canadá, o Canadian GIS. No ano de 1967 o censo dos EUA foi efetuado com apoio do GBF/DIME (Geographic Base File/Dual Independent Map Encoding). A partir de 1970, houve grande avanço no desenvolvimento de hardware (processadores e equipamentos). Na década de 1980 houve importantes avanços na microinformática. Em 1982 foi Lançado o Arc/Info pela ESRI (Enviromental Systems Research Institute), software até hoje muito difundido ao redor do mundo. Em 1987 a universidade de Clark, no estado do Massachusetts lançou o Idrisi. Nesta mesma década começam a ser desenvolvidos SIGs no Brasil, como o Saga (Sistema de Análise Geo-Ambiental), desenvolvido na UFRJ. Também o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) se envolveu

no desenvolvimento de SIGs, lançando primeiramente o Sitim (1984-1990), e em seguida, o Spring, que ainda hoje é amplamente utilizado.

De acordo com Matias (2001), a partir da década de 1990 o desenvolvimento de SIGs entra em uma nova fase, amparada nas possibilidades geradas pelos avanços tecnológicos que ocorreram neste período. Algumas das características dessa fase apontadas por este autor são: adoção de sistemas abertos (hardware e software), adoção de padrões comerciais de sistemas de gerenciamento de dados, programação orientada a objetos aprimorando as estruturas de dados especializados, análise e modelagem de dados georreferenciados se tornam sinônimos de SIG. Este autor ainda observa ter ocorrido uma ampliação do número de usuários, maior quantidade de profissionais especializados com perfil de tomadores de decisão e não simplesmente técnico.

De uma forma geral, o SIG pode ser entendido como “um sistema constituído por um conjunto de programas computacionais, o qual integra dados, equipamentos e pessoas com o objetivo de coletar, armazenar, recuperar, manipular, visualizar e analisar dados espacialmente referenciados a um sistema de coordenadas conhecido” (Fitz 2008, p. 23).

Piroli (2010) esclarece que normalmente um SIG permite três funções básicas: produção de mapas, suporte para análise e banco de dados geográficos, com funções de armazenamento, recuperação e gerenciamento de informação espacial.

Dois SIGs foram utilizados neste trabalho: O ArcGIS, que segundo Piroli (2010, p. 17) “É um software desenvolvido pela ESRI (Environmental Systems Researchs Institute) que permite amplas opções no desenvolvimento de atividades espaciais, tanto utilizando arquivos raster como vetores. Apresenta ótima performance no trabalho com arquivos vetoriais. Trabalha com banco de dados relacional”. O outro SIG utilizado foi o Idrisi Taiga, “Software desenvolvido pela Clark University, que possui amplas aplicações em geoprocessamento, com ótima performance no tratamento de informações raster” (Piroli 2010, p. 17). O LCM é um módulo do SIG Idrisi Taiga, que permite “quantificar as mudanças ocorridas em uma determinada área sob várias perspectivas – analisar as mudanças no uso da terra entre duas datas, avaliar as perdas, ganhos e persistência, as contribuições de cada tipo de uso para conversão em outra classe, além de prever e modelar as variáveis relativas às transições do ambiente e habitat” (Eastman, 1998).

Estes SIGs permitiram delimitar com precisão a área de cada uso encontrado nos anos 1972 e 2014 na microbacia do Córrego Monjolinho. Foi possível conhecer as medidas de área de cada uso e também realizar uma análise espacial da distribuição de cada uso dentro da área da bacia. Além disso, importantes características do córrego puderam ser descritas e analisadas, como o comprimento total, o comprimento canalizado, a APP e sua porção devidamente ocupada conforme

o código florestal. Com o módulo LCM foi possível analisar mais detalhadamente as perdas e ganhos de área para os usos que tiveram mudanças mais relevantes em sua área.

### **3.4. Bacias hidrográficas.**

Apesar de os estudos em bacias hidrográficas terem sido legalmente instituídos no Brasil a partir da lei das águas de 1997, seu uso como unidade de análise ambiental remete a experiências mais antigas, como em 1976, quando o governo do Estado de São Paulo fez um acordo com o Ministério das Minas e Energia visando melhorias nas condições sanitárias das bacias do Alto Tietê e Cubatão, fato que se desdobrou na criação em 1978 do Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas (CEEIBH), e logo após a criação de comitês executivos em diversas bacias hidrográficas, como no rio Paraíba do Sul, no São Francisco e no Ribeira de Iguape.

De qualquer forma, foi em 1997 que a bacia hidrográfica foi reconhecida como unidade territorial adequada para implementar o plano nacional de recursos hídricos, estando assim de acordo com a lei federal nº 9.433 conhecida como a “Lei das águas”. Desde então seu uso como unidade de análise tem se difundido entre pesquisadores de várias áreas devido a sua aplicabilidade a uma série de questões ambientais.

Alguns autores produziram conceitos que dão conta de explicar as principais características deste espaço natural.

Para Christofolleti (1980) a bacia hidrográfica é um corpo natural dotado de importantes funções ambientais em múltiplas escalas. De uma forma geral é uma “área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial, funcionando como um sistema aberto”.

Para Tucci (1997) uma área de captação natural da água de precipitação que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída. Compõe-se de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu exutório.

Em função de suas características naturais, a bacia hidrográfica tem se tornado importante unidade espacial utilizada para gerenciar atividades de uso e de conservação dos recursos naturais, principalmente nas situações atuais de grande pressão sobre o ambiente em função do crescimento populacional e do desenvolvimento urbano (Silva et al., 2003).

De acordo com Santana (2003), a bacia hidrográfica é uma unidade geográfica natural e seus limites foram estabelecidos pelo escoamento das águas sobre a superfície, ao longo do tempo. É, portanto, o resultado da interação da água com outros recursos naturais.

A bacia hidrográfica é encontrada na natureza em diferentes ordens de tamanho ou escalas, que aí incluem as sub-bacias e as microbacias.

As sub-bacias são áreas de drenagem dos tributários do curso d'água principal. Possuem áreas maiores que 100 km<sup>2</sup> e menores que 700 km<sup>2</sup> (FAUSTINO, 1996).

A microbacia possui toda sua área com drenagem direta ao curso principal de uma sub-bacia e várias microbacias formam uma sub-bacia. Possuem a área inferior a 100 km<sup>2</sup> (FAUSTINO, 1996).

A microbacia pode ser entendida como uma "unidade espacial mínima", definida a partir da classificação de uma bacia de drenagem em seus diferentes níveis hierárquicos, subdividindo-a até a menor porção possível (Bertoni; Lombardi Neto, 1993).

Conforme já foi mencionado anteriormente, este trabalho teve como objeto de análise a microbacia do Córrego Monjolinho, localizada no município de Ourinhos SP. Acredita-se que este seja o recorte ambiental que melhor caracteriza os problemas de drenagem das águas urbanas nos bairros próximos ao córrego. Já na década de 1970, essa microbacia enfrentava pressões de diferentes atividades antrópicas que já ocupavam toda a área em questão, porém as atividades instaladas neste primeiro momento não promoviam impactos em um grau que oferecesse risco à população local. O crescimento da área urbanizada neste espaço gerou impactos consideráveis que serão analisados nos resultados. A análise das mudanças no uso da terra neste ambiente é de grande importância para os gestores responsáveis pelas intervenções que buscam diminuir os impactos atuais, especialmente aqueles ligados à instalação de obras que promovem impermeabilização do solo e o aumento do escoamento superficial das águas pluviais.

### **3.5. Crescimento urbano e problemas ambientais.**

De acordo com Tucci (2005), ao longo da segunda metade do século vinte o desenvolvimento urbano acelerou-se, impactando os ecossistemas terrestre e aquático e conseqüentemente a própria população, que ao longo deste processo foi se concentrando nas áreas urbanas, onde convive atualmente com problemas como inundações, doenças e perda de qualidade de vida. Este processo ocorreu em muitas cidades brasileiras.

Até a década de 1960, o Brasil era considerado um país agrícola, devido ao fato de que aproximadamente 44,7% da população residia em áreas urbanas. Em 1980, subiu para 67,6% o total da população que vivia em cidades. Atualmente, a vida em cidades é uma realidade para mais de 84% da população (IBGE 2010).

Esse fato é preocupante considerando que o crescimento urbano no Brasil e em outros países em desenvolvimento ocorre acompanhado de uma série de negligências e impactos ambientais

negativos conforme é apontado por (Botelho, 2011) –O crescimento das cidades, associado a demandas agrícolas e energéticas, nas últimas décadas tem sido responsável pelo aumento da pressão das atividades antrópicas sobre os recursos naturais”.

É importante destacar que a falta de planejamento adequado pelos gestores esta entre as principais causas dos problemas urbanos no Brasil. Para Tucci (2005, p. 15), –uma parcela importante dos engenheiros que atuam no meio urbano está desatualizada quanto à visão ambiental e geralmente busca soluções estruturais, que alteram o ambiente, criando um excesso de áreas impermeáveis e, conseqüentemente, elevação de temperatura, inundações, poluição, entre outros”. Sobre a falta de planejamento, Tucci (2005) ainda afirma que a jurisdição municipal determina a gestão das águas pluviais dentro do espaço urbano, mas tal fato esbarra na falta de capacidade técnica para abordar e resolver esse tipo de problema, o que leva a transferência dos impactos para jusante dentro da bacia hidrográfica.

O desenvolvimento urbano sem o devido planejamento traz uma serie de perturbações aos ciclos naturais, principalmente ao ciclo hidrológico que tem suas funções alteradas. Para Tucci (2005, p. 17) –o ciclo hidrológico natural é constituído por diferentes processos físicos, químicos e biológicos. Quando o homem atua sobre esse sistema e concentra-se no espaço, produz grandes alterações, que mudam dramaticamente esse ciclo, trazendo consigo impactos Significativos (muitas vezes de forma irreversível) para o próprio homem e a natureza”. A impermeabilização de grandes áreas leva a súbita redução da taxa de infiltração de água no solo e ao conseqüente aumento do escoamento superficial da agua pluvial. Conforme aponta Botelho (2011) –nas zonas urbanizadas, novos elementos são adicionados pelo homem, como edificações, pavimentação, canalização e retificação de rios, entre outros, que acabam por reduzir drasticamente a infiltração e favorecem o escoamento das águas, que atingem seu exutório mais rapidamente e de forma mais concentrada, gerando o aumento da magnitude e da frequência das enchentes nessas áreas”.

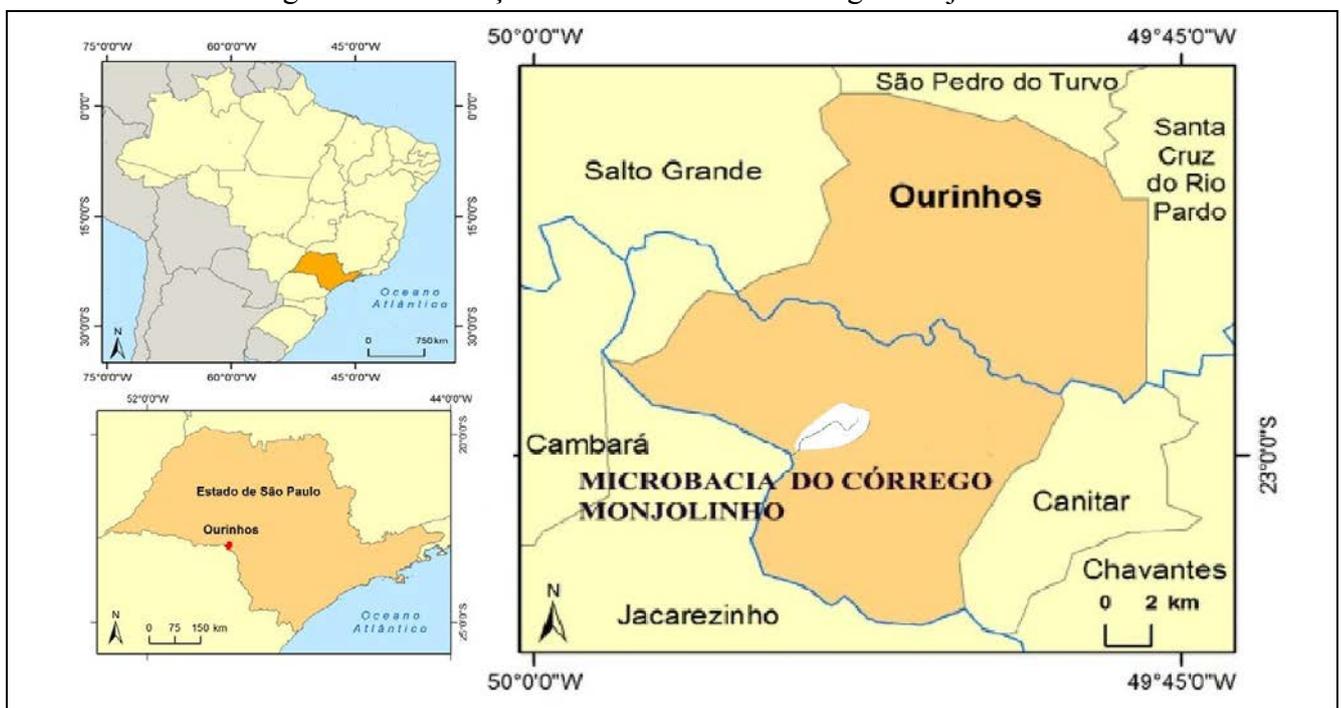
Essas considerações demonstram uma parte fundamental dos problemas urbanos, que é a falta de planejamento adequado por parte dos responsáveis pelas políticas públicas de intervenção no ambiente. Sobre este fato, cabem as considerações feitas por Ross (1991) ao explicar que nos ambientes naturais ou mesmo os modificados, toda ação humana interfere e causa algum grau de impacto, desencadeando diversos graus de agressão, levando às vezes as condições ambientais a processos até mesmo irreversíveis. Deve se, portanto investir em praticas de prevenção e não de correção. Esta seria a visão correta para lidar com as intervenções impactantes ao meio, pois certamente são maiores os custos de recuperação do que os custos de prevenção destes problemas.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS.

### 4.1. Caracterização da área de estudo.

A microbacia do Córrego Monjolinho está localizada no município de Ourinhos-SP, ocupando uma área de 370.5 hectares, que estão distribuídos entre a zona rural e a zona urbana, sendo afluente da margem direita do Rio Paranapanema. Na figura 1 observa-se a localização desta microbacia dentro dos limites municipais de Ourinhos.

Figura 1: Localização da microbacia do Córrego Monjolinho.



Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

O município de Ourinhos está localizado na porção Centro-Oeste do estado de São Paulo, com sua sede nas coordenadas centrais: Latitude: 22° 34' e Longitude: 49° 31' a uma Altitude de 492 metros acima do nível do mar segundo o mareógrafo de Imbituba – SC. De acordo com o último censo do IBGE (2010) o município contava com 103.035 habitantes e uma densidade demográfica de 347,78 hab/km<sup>2</sup>.

A rede de drenagem está inserida inteiramente na bacia do Médio Paranapanema, sendo assim gerenciada pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema (CBH-MP), órgão que avalia esta bacia como possuidora de grande disponibilidade de água superficial e subterrânea, mas já enfrenta conflitos de disponibilidade em função do aumento do consumo hídrico para a agroindústria e para a irrigação.

Segundo a classificação climática de Koeppen Geiger, o clima local está inserido dentro da zona representada pela Sigla Am, que se caracteriza por um clima tropical chuvoso com índice pluviométrico médio anual de 1.356,8 mm, dos quais aproximadamente 70% se concentram no período entre outubro e março (Miranda et al., 2005). Durante o inverno, o mês menos chuvoso (agosto) apresenta média inferior a 60 mm. A temperatura média do ar apresenta máximas de 30,8° C no mês de fevereiro e mínimas de 11,1° C no mês de julho.

Com relação ao relevo, o município encontra-se inserido no Planalto Ocidental Paulista, caracterizado pelo terreno levemente ondulado com predomínio de colinas amplas e baixas com topos aplanados, altimetrias entre 400 e 700 m e declividades médias predominantes das vertentes entre 2 e 10% (Ross; Moroz, 1997).

Com relação às estruturas geológicas, o município está inserido sobre a base geológica da Bacia sedimentar do Paraná, dentro dos limites do Grupo São Bento, na formação Serra Geral. Por este motivo predominam na região o “basalto, preto a cinza escuro, fino a afanítico, maciço e com raras amígdalas (geralmente preenchidas por argilo-minerais, quartzo ou calcita)” (IPT,1981). Acima desta base geológica ocorre a formação de dois tipos de solos, que são os Latossolos e os Nitossolos. Os Latossolos caracterizam-se por serem espessos, ricos em ferro e argilominerais, com excepcional porosidade total, drenagem interna, permeabilidade e friabilidade, além de baixa erodibilidade quando situados em relevos pouco declivosos. Já os Nitossolos são argilosos, com estrutura que favorece a retenção de água, mas que mantêm boa drenagem; possuem moderada a elevada fertilidade (variável com seu material de origem), pequena ou nenhuma diferenciação de cor com a profundidade, propriedades físicas extremamente desejáveis em condições de sazonalidade climática e estação seca prolongada (Oliveira et al. 1999).

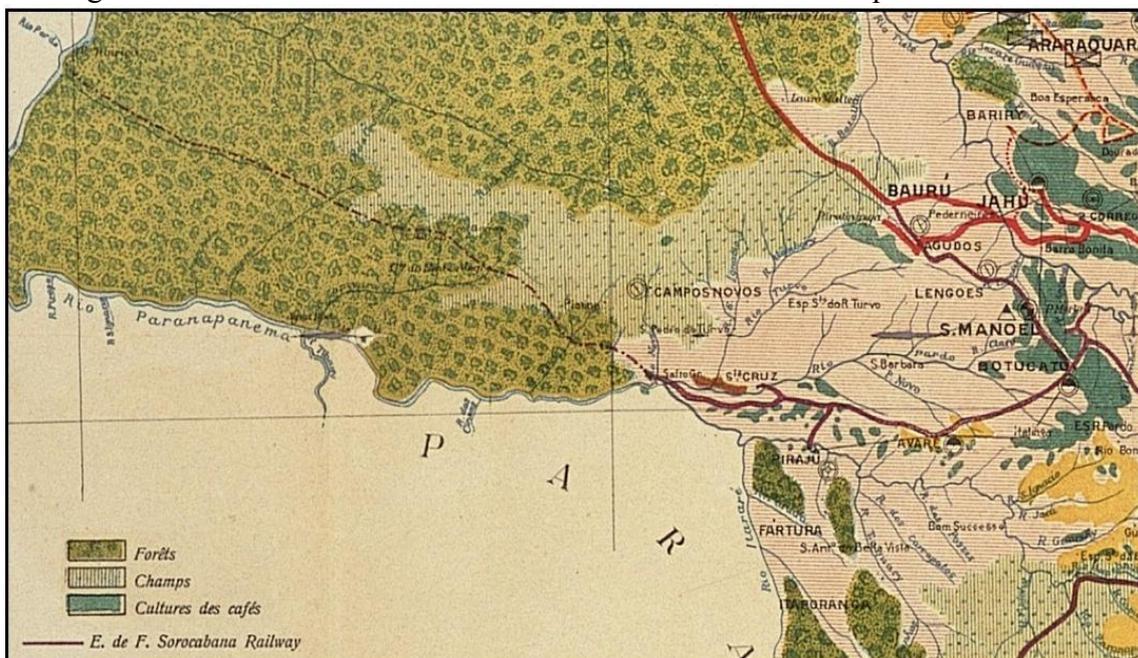
A cobertura vegetal predominante, de acordo com o IBGE (2004), é a Floresta Estacional Semidecidual (Floresta Tropical Subcaducifólia), subtipo “Vegetação Secundária e Atividades Agrárias”. A vegetação nativa quase inexistente nos dias atuais compreende o predomínio de mata atlântica com manchas de cerrado.

#### **4.2. Breve histórico de ocupação**

O município de Ourinhos está inserido na porção Centro-oeste do estado de São Paulo em uma região conhecida popularmente por vale do Paranapanema. A ocupação dessa área começou por volta da segunda metade do século XIX, conforme relata Bray (1987, p16) “a exploração da posse da terra” no Médio-Paranapanema, deu-se a partir de 1850 com a penetração dos mineiros na área”. Nesta época, a região do médio Paranapanema era uma das poucas áreas do estado que permanecia com a vegetação nativa preservada. Por outro lado, era uma área estratégica para a

expansão da produção do café, que era o carro chefe da economia brasileira naquele período. Os interesses econômicos nesta área foram atendidos com a expansão da ferrovia Sorocabana no início do século XX, que serviu ao escoamento da produção para o porto de Santos, mas que também foi responsável por grandes mudanças na paisagem local. De acordo com Araújo (2011, p55), “a chegada da ferrovia propiciou uma série de mudanças consideráveis no espaço, a começar pela remoção da vegetação original que deu lugar aos trilhos e as extensas plantações de café que se expandiam em ritmo acelerado na região, posteriormente, ao redor dos trilhos” surgiram dinâmicas que seriam responsáveis pelo surgimento do município”. Ourinhos surge neste contexto de expansão da ferrovia Sorocabana e avanço da produção de café para o vale do rio Paranapanema. O avanço da Estrada de Ferro Sorocabana também contribuiu para a formação de outros municípios na região, tais como: Salto Grande (1911), Ipaussu(1915), Platina(1915), Assis (1917), Palmital (1919), Chavantes (1922), Bernardino de Campos (1923), Cândido Mota (1923), Maracaí (1924), Paraguaçu Paulista (1924) e Quatá(1925), (Araújo 2011, p55). A figura 2 mostra que no ano 1910 a cultura do café já migrava em pequenas manchas acompanhando a expansão da ferrovia em direção as terras onde alguns anos mais tarde seriam fundadas grandes propriedades cafeicultoras.

Figura 2: Cultura de café e a estrada de ferro no vale do Paranapanema em 1910



Fonte: National Diet Library (2017).

Este quadro marcado pela produção de café permaneceu estável por muitas décadas. A partir da década de 1940 outros fatores passaram a influenciar na dinâmica do uso da terra local. De acordo com Bray (1987, p23) “desenvolveu-se no vale do Paranapanema uma outra cultura, a cana

de açúcar que passou a ampliar cada vez mais na área, através das agroindústrias e propriedades fornecedoras que se instalaram paulatinamente, estabelecendo uma nova organização agrária em sua área de domínio”. Nesta mesma época, Ourinhos, recebeu a instalação de algumas indústrias, como a Indústria e Comércio Marvi (1953), Caninha Oncinha (1958), Colchões Castor (1962) e Café Jaguarí (1962) que impulsionaram o crescimento e o desenvolvimento urbano.

Para Silveira (2011), o desenvolvimento do município de Ourinhos pode ser dividido em duas grandes fases. A primeira fase vai da fundação do núcleo urbano entre o final do século XIX e início do século XX até a década de 1940 e pode ser caracterizada “pela expansão do transporte ferroviário e da economia cafeeira em direção ao oeste paulista, pela imigração e pelo coronelismo” (2005 p. 44). A segunda fase de desenvolvimento começa em meados da década de 1950, quando a cidade passa por uma série de transformações importantes com o “aumento da urbanização, o êxodo rural, o desenvolvimento econômico, a expansão urbana e o desenvolvimento de equipamentos e de serviços coletivos” (Silveira 2005, p. 48). Por conta deste novo contexto, o município entrou em um ritmo de crescimento mais acentuado, fato que teve amplas repercussões no ambiente local com a expansão da malha urbana conforme aponta Silveira (2011 p. 51) “a partir da década de 1950, a cidade de Ourinhos sofre um aumento no ritmo de expansão de sua mancha urbana, prolongando-se em sentido norte-sul, para áreas cada vez mais distantes do centro”. Com esta expansão, surgem muitos bairros, que aumentaram a porção de área urbanizada nas microbacias próximas à cidade.

Estudos realizados em algumas microbacias de Ourinhos apontam o aumento da área urbanizada nestes ambientes. Piroli (2011) utilizando técnicas de Geoprocessamento e SIG realizou um levantamento das mudanças no uso da terra na microbacia do Córrego Furnas, no qual observou que a área urbanizada passou de 7,56% da área total em 1972 para 29,86% em 2007. Em outro trabalho este autor analisou as mudanças ocorridas na microbacia do Córrego da Veada, onde foi observado que a área urbanizada passou de 3,9 % da área em 1972 para 35,4% em 2006. Também foram analisadas as mudanças ocorridas no uso da terra na microbacia do Córrego Christoni, onde foi observado que a área urbanizada passou de 56,7 % em 1972 para 77,0% em 2014.

No que se refere à microbacia do Córrego Monjolinho, observa-se em Silveira (2011, p. 51), que sua área passou a ser urbanizada a partir do ano 1964 com a instalação dos bairros Jardim Ouro Verde e Jardim Paulista. Entre 1974 e 1983 surge o bairro Jardim Bandeirantes e mais recentemente entre 1994 e 2005 surgem os bairros Jardim Santa Felicidade e Jardim Quebec.

Por fim, dados obtidos no IBGE permitem inferir que a população local continuará crescendo concentrada na área urbana, fato que continuará a impulsionar a construção de bairros residenciais nas microbacias que já se encontram amplamente urbanizadas.

Tabela 1 - Crescimento populacional e urbano de Ourinhos

| Ano         | Pop. Urbana (hab) | Pop. Rural (hab) | Grau de urbanização (%) |
|-------------|-------------------|------------------|-------------------------|
| <b>1918</b> | 1.000             | 3.000            | 25                      |
| <b>1940</b> | 6.666             | 6.457            | 50,7                    |
| <b>1950</b> | 13.457            | 7.628            | 62,2                    |
| <b>1960</b> | 25.762            | 8.940            | 74,8                    |
| <b>1970</b> | 41.059            | 8.134            | 83,4                    |
| <b>1980</b> | 52.698            | 7.060            | 88,21                   |
| <b>1991</b> | 70.399            | 6.235            | 91,86                   |
| <b>2000</b> | 90.696            | 3.172            | 94,58                   |
| <b>2010</b> | 100.374           | 2.661            | 97,42                   |

Fonte: IBGE (2010).

A tabela 1 mostra que a população ourinhense passou de 21.000 habitantes em 1950 para 103.035 em 2010, o que Significou um acréscimo de 82.035 habitantes neste período, demonstrando que nas ultimas décadas a população local teve um crescimento constante. Neste mesmo período, o grau de urbanização passou de 62,02 para 97,42. Essa porcentagem é elevadíssima e está muito acima da taxa nacional que é de 84,35% segundo o IBGE (2010).

### 4.3. Materiais utilizados.

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram utilizados os seguintes materiais:

- Sistemas de Informações Geográficas ArcGIS 10.3 (esri,2016) e Idrisi Taiga (Eastman, 2009);
- Cartas topográficas obtidas no site do IBGE, folhas Ourinhos - SF-22-Z-A-VI-3 (IBGE, 1973) e Jacarezinho (PR) - SF-22-W-I-1 (IBGE, 1970), em escala 1:50.000;
- Manual técnico de uso da terra do IBGE (2013).
- GPS de navegação Garmim para a coleta de pontos de controle e orientação no campo;
- Fotografia aérea da área urbana de Ourinhos, proveniente do levantamento aerofotográfico conduzido pelo IBC-GERCA no ano 1972. Foi utilizada a foto de faixa (SP-23), fotografia nº 33802, tomada em 01/07/1972 na escala 1:25.000;
- Mosaico de imagens do satélite Quickbird, composição colorida das bandas do visível - azul (0,45 – 0,52  $\mu\text{m}$ ), verde (0,52 – 0,60  $\mu\text{m}$ ) e vermelha (0,63 – 0,69  $\mu\text{m}$ ), de resolução espacial 2,8 metros, resolução radiométrica de 11 bits e resolução temporal variável de 1,9 a 10 dias, tomadas em 05/04/2014 e extraídas do Google EarthPro;

- Manual técnico de uso da terra do IBGE (2006).

#### **4.4 .Procedimentos metodológicos.**

Das cartas topográficas foram obtidas as Coordenadas UTM para o georreferenciamento de todas as imagens e também para a vetorização das curvas de nível, que foram utilizadas para a delimitação da microbacia. A partir do aerofotograma e das imagens de satélite foram elaborados os mapas de uso da terra correspondentes ao ano de 1972 e 2014. Para a elaboração do mapa de 1972 primeiramente foi feita a digitalização do aerofotograma em alta resolução. Logo após, a imagem foi importada para o SIG ArcGIS 10.3.1, no qual foi georreferenciada com apoio de coordenadas obtidas da carta topográfica. Em seguida, delimitou-se o limite da microbacia sobre a carta topográfica (folha Ourinhos) a partir das curvas de nível de equidistância 20 metros, dos pontos cotados de altitude e dos demais elementos da carta. Logo após, utilizando-se o módulo clip, recortou-se a área da microbacia, extraíndo-a do restante da imagem. A partir da imagem georreferenciada e com os limites da microbacia traçados, foi realizada a classificação do uso da terra por fotointerpretação.

Para elaboração do mapa de 2014, foram obtidas a partir do Google Earth Pro algumas imagens do satélite Quickbird, referentes ao ano em questão. Estas imagens foram exportadas para o ArcGIS 10.3.1, no qual foram georreferenciadas e ordenadas em um mosaico controlado, utilizando-se como apoio a fotografia aérea georreferenciada anteriormente e as cartas topográficas. Com a imagem recortada de acordo com os limites da microbacia foi feita a classificação dos usos da terra referente ao ano de 2014 utilizando-se análise visual com confirmações de campo. As formas de uso da terra identificadas nas duas épocas foram classificadas de acordo com o Manual técnico de uso da terra do IBGE (2013). Assim, foram geradas as seguintes classes: área urbana, florestal, campestre, lavoura temporária, mineração e pastagem. Além destas, foi necessário gerar as categorias –sede rural” e –expansão urbana”, que não são apontadas no manual, mas que foram adaptadas ao prescrito naquele documento. A classe sede rural diz respeito a pequenas casas e instalações de caráter agrícola, que podem ser encontradas dentro e fora da área urbana. A classe expansão urbana diz respeito a uma área em estagio inicial de instalação de infraestruturas urbanas, com ruas sem pavimentação e uma grande quantidade de lotes vazios, cobertos por rastros de uma vegetação arbustiva em alguns trechos e solo exposto em outros. Os mapas de uso da terra serviram para analisar a espacialização de cada uso na microbacia. Estes mapas também foram utilizados no módulo LCM do Idrisi Taiga, que permitiu quantificar as mudanças ocorridas para cada uso e a elaboração de mapas de perdas ganhos e persistência dos usos cultura temporária, campestre e área

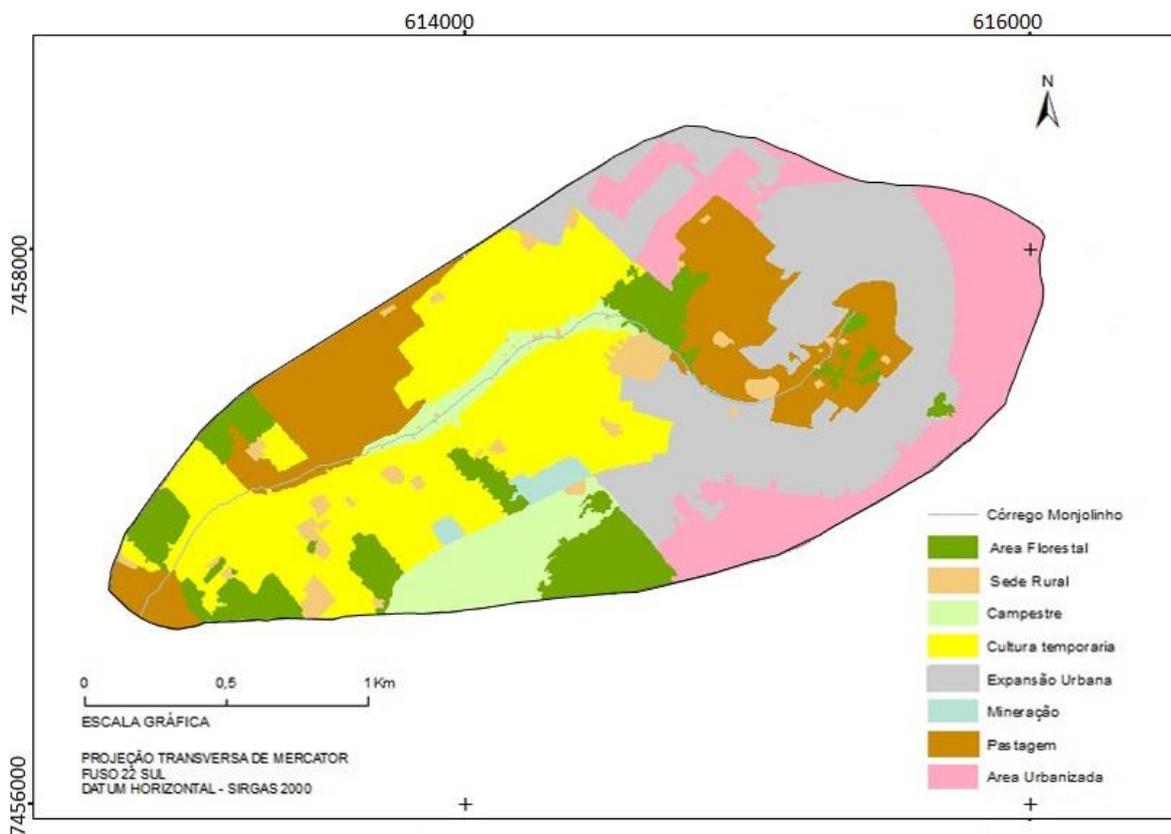
florestal. Para o uso florestal ainda foi gerado um mapa com buffer de 30 metros no entorno do córrego Monjolinho para avaliar as condições da APP. A partir destes dados foi elaborado um mapa para quantificar a porção exata de mata ciliar na APP do córrego.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.

Os resultados da análise das mudanças na microbacia do Córrego Monjolinho e seus respectivos impactos ambientais negativos por meio dos mapas e tabelas elaborados nos SIGs ArcGIS e Idrisi Taiga serão apresentados ao longo deste capítulo.

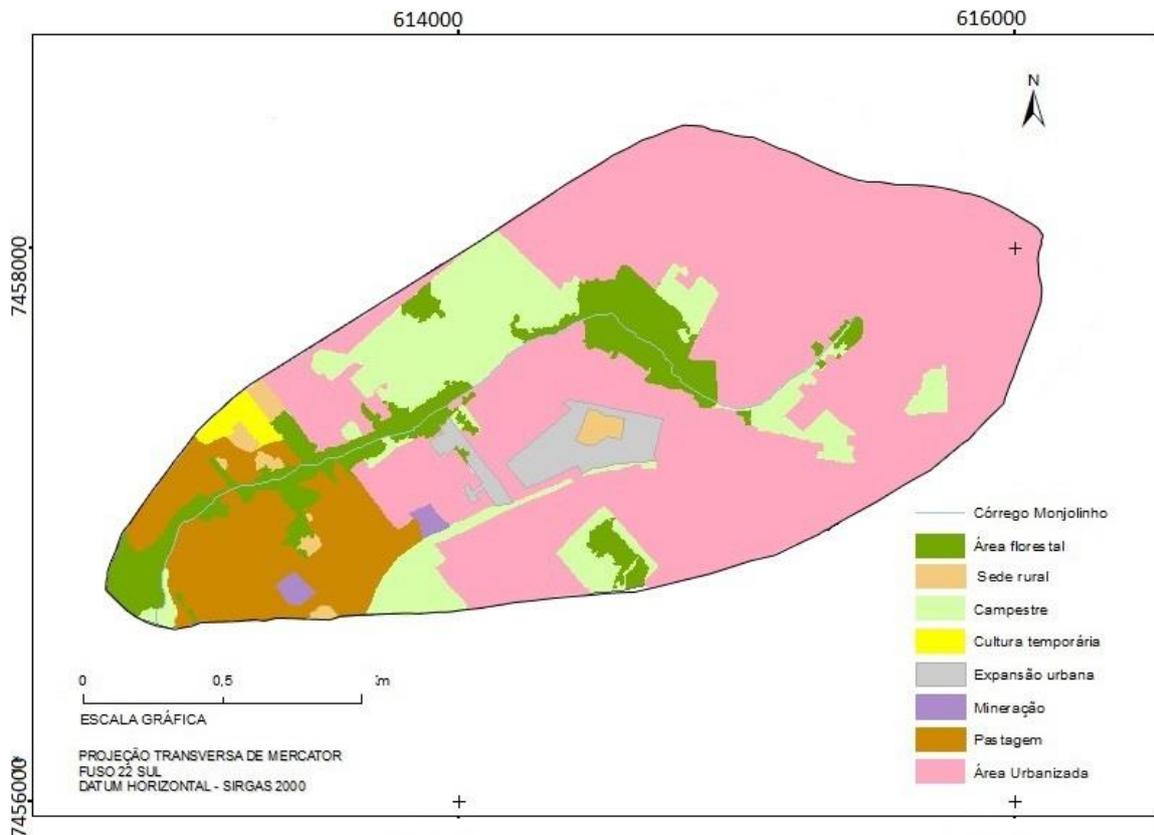
A seguir, as figuras 3 e 4 mostram a espacialização dos usos da terra nos anos 1972 e 2014. Na sequência, a figura 5 mostra as mudanças ocorridas para cada categoria de uso entre os dois períodos que serão analisados:

Figura 3: Microbacia do Córrego monjolinho – usos da terra no ano de 1972.



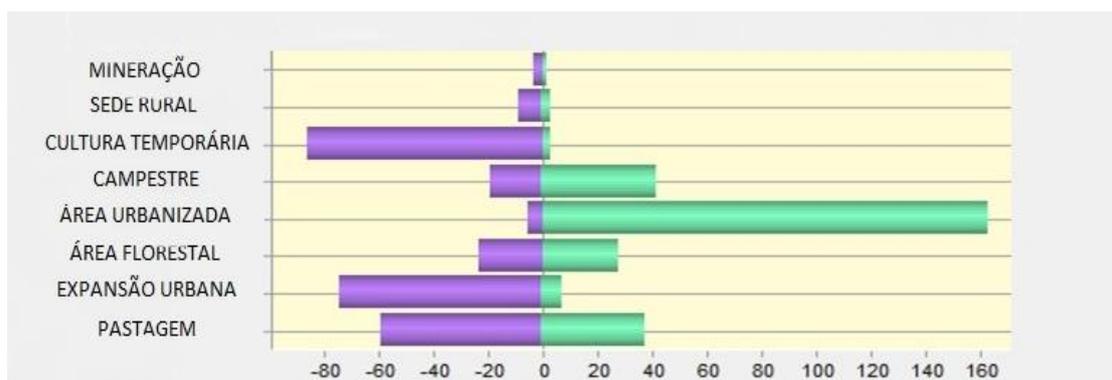
Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

Figura 4: Microbacia do Córrego monjolinho – usos da terra no ano de 2014.



Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

Figura 5: Mudanças no Uso da Terra na Microbacia do Córrego Monjolinho (ha) entre os anos 1972 e 2014:



Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

As figuras 4, 5 e 6 permitem observar que a microbacia do Córrego Monjolinho passou por grandes mudanças no uso da terra nas últimas décadas. Alguns usos perderam uma porção considerável da área que ocupavam. As áreas de pastagem e cultura temporária, que em 1972 ocupavam respectivamente 16,5 % e 24 % passaram a ocupar 10,7 % e 0,8 % em 2014. A cultura

temporária perdeu praticamente toda sua área, enquanto as pastagens tiveram sua distribuição alterada de forma Significativa migrando para novas áreas no baixo curso do Córrego Monjolinho.

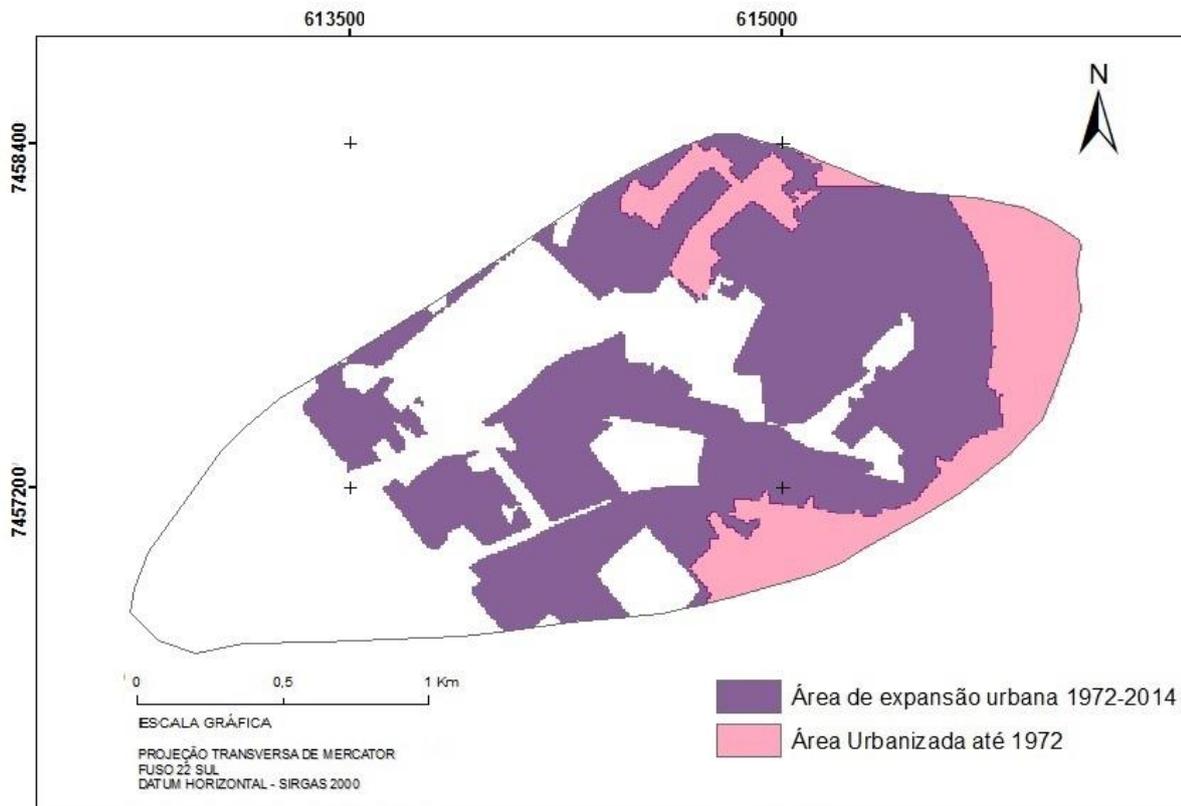
As habitações caracterizadas como sedes rurais, que se encontravam distribuídas de forma dispersa em áreas relacionadas aos usos cultura temporária e pastagem, ocupavam um total de 9,0 ha no ano de 1972. Em 2014 este tipo de uso praticamente desapareceu, passando a ocupar 3,0 ha da área total.

O uso expansão urbana ocupava 22,7 % da área total em 1972, apresentando um ambiente em estagio inicial de instalação de infraestruturas urbanas, com ruas sem pavimentação e uma grande quantidade de lotes vazios, cobertos por rastros de uma vegetação arbustiva em alguns trechos e solo exposto em outros. Em 2014 a porção ocupada por este uso caiu para 2,9%, fato que está ligado a consolidação do uso urbano nesta área, com o surgimento dos bairros Jardim Paulista e Jardim Ouro Verde.

Os usos florestal e campestre perderam grande parte das áreas que ocupavam em 1972, no entanto, em 2014 ganharam mais áreas do que haviam perdido no período anterior. Em 1972 o uso florestal correspondia a 9,8 % da área, enquanto o campestre 6,7 %. Em 2014 estes passaram a ocupar respectivamente 10 % e 13 % do total.

Por fim, a área urbanizada foi o único uso que não perdeu praticamente nada da porção ocupada em 1972. Este uso passou de 22,5 % em 1972 para 66,4% em 2014. As repercussões desta mudança puderam ser avaliadas em maiores detalhes a partir de dois mapas específicos: A figura 6, representando o local para onde se expandiu a área urbanizada e a figura 8 representando as áreas sobrepostas por este uso.

Figura 6: Microbacia do Córrego Monjolinho – Expansão Urbana; de 1972 à 2014.



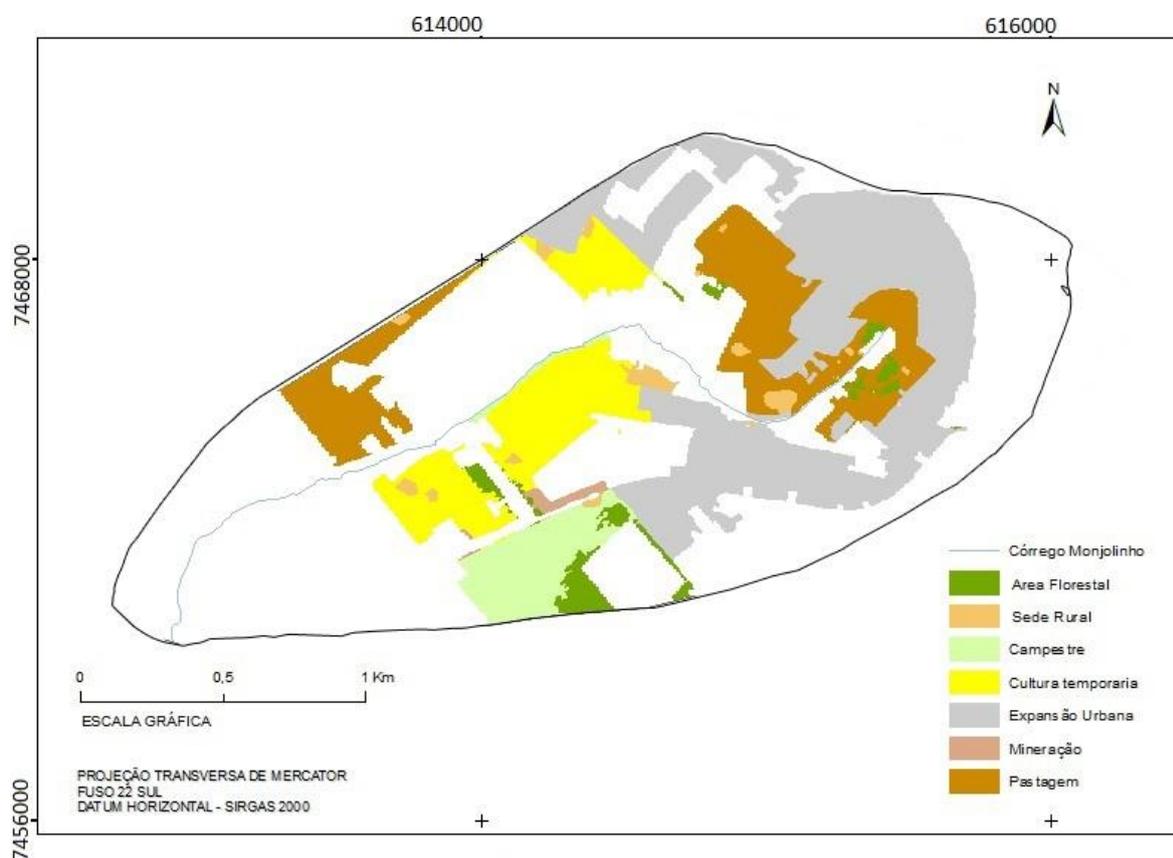
Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

A figura 7 demonstra que até 1972, este uso abrangia uma estreita faixa correspondente à 22,5 % (83.7 ha) da área total, que se concentravam na cabeceira de drenagem da microbacia, cobrindo boa parte dos divisores de água localizados em trechos no alto e no médio curso do Córrego Monjolinho. A partir deste fato, pode se inferir que nesta época a área urbanizada já causava certo grau de impacto negativo, considerando que este uso ocupava densamente a cabeceira de drenagem, que é uma área considerada importante para o equilíbrio dos fluxos naturais na microbacia, pois de acordo com Piroli (2015) –“é nestes locais que a água precipitada com as chuvas tem que infiltrar para recarregar o aquífero livre e ser armazenada no solo para os períodos de estiagem e para servir de abastecedor das nascentes e consequentemente dos córregos e rios”.

Observa se que em 2014 esse uso expandiu se para parte da porção central e para alguns trechos ao norte, leste e sudeste, sobrepondo uma área de 167,6 ha. Dessa forma, a impermeabilização que já ocorria na cabeceira avançou sobre as vertentes no médio curso da bacia. Conforme pôde ser constatado nos trabalhos de campo realizados, essa nova área urbanizada é constituída pelos bairros residenciais Jardim Paulista, Jardim Ouro Verde, Jardim Bandeirantes, Vila Soares, Jardim Quebec e Jardim Santa Felicidade.

Para caracterizar mais detalhadamente os impactos ocorridos nessa área, foi necessário analisar quais usos foram sobrepostos pela área urbanizada. Para isso foi elaborado um mapa representando estas informações (figura 7):

Figura 8: Microbacia do Córrego Monjolinho – Usos de 1972 sobrepostos pela Expansão Urbana.



Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

A figura 7 demonstra que ocorreu a consolidação da área de expansão urbana, que ocupava 84,3 ha (22,7 %). Ocorreu também a sobreposição de uma área de 34,4 ha (9,2 %) de pastagem, que se localizava em dois pontos da microbacia; uma mancha a noroeste e outra mancha próxima a área central, nas proximidades do córrego e da nascente. Também houve a sobreposição de uma área de 31 ha (8,3 %) de cultura temporária, localizada em sua maior parte nas vertentes da margem esquerda, nas proximidades do córrego. A área campestre perdeu 14 ha (3,7 %) localizados na margem esquerda próxima do divisor de águas. Por fim, foram sobrepostos 6,2 ha (1,6 %) de área florestal, localizada em pequenas manchas espalhadas pela área da microbacia.

Esta análise reforça a consideração de que a maior parte dos problemas de drenagem que ocorrem nesta microbacia tem relação direta com a expansão da área urbanizada. O aumento na taxa de impermeabilização das áreas anteriormente ocupadas por coberturas naturais e outros usos pouco intensivos do solo afeta diretamente o ciclo hidrológico. De acordo com Botelho (2011), nas áreas

urbanas, o ciclo hidrológico natural (precipitação, interceptação, evapotranspiração, infiltração e escoamento basal e superficial), é afetado intensamente e se reduz ao binômio escoamento (predominante) e baixas taxas de infiltração. Isso tem impactos diretos em uma bacia urbanizada que em comparação a seu estágio anterior a urbanização (predomínio de coberturas vegetais naturais) sofre uma redução do tempo de concentração de suas águas e um aumento do pico das cheias.

No quadro referente a 1972, os usos pastagem, cultura temporária e expansão urbana ainda faziam um uso pouco intensivo do solo, o que permitia uma taxa razoável de infiltração na bacia. Os usos campestre e florestal, apesar de ocuparem uma pequena área, também contribuíam para a infiltração nos solos. Assim, neste primeiro período, excluído a área que já se encontrava impermeabilizada pela área urbanizada, todo o restante da bacia contribuía de alguma forma para a infiltração nos solos. Em 2014, a sobreposição destes usos pela malha urbana provocou a impermeabilização destas áreas, o que por outro lado significou a redução das taxas de infiltração em toda a microbacia. Isso também significa que houve um proporcional incremento nas taxas de escoamento superficial nestes locais, fato que se liga diretamente aos problemas ambientais que vem ocorrendo nos bairros locais. Toda a água da chuva que anteriormente infiltrava lentamente nos solos passou a se concentrar sob os condutos e instalações impermeáveis da malha urbana. De acordo com Tucci (2005) –Com o desenvolvimento urbano, ocorre a impermeabilização do solo através de telhados, ruas calçadas e pátios, entre outros. Dessa forma, a parcela da água que infiltrava passa a escoar pelos condutos, aumentando o escoamento superficial”.

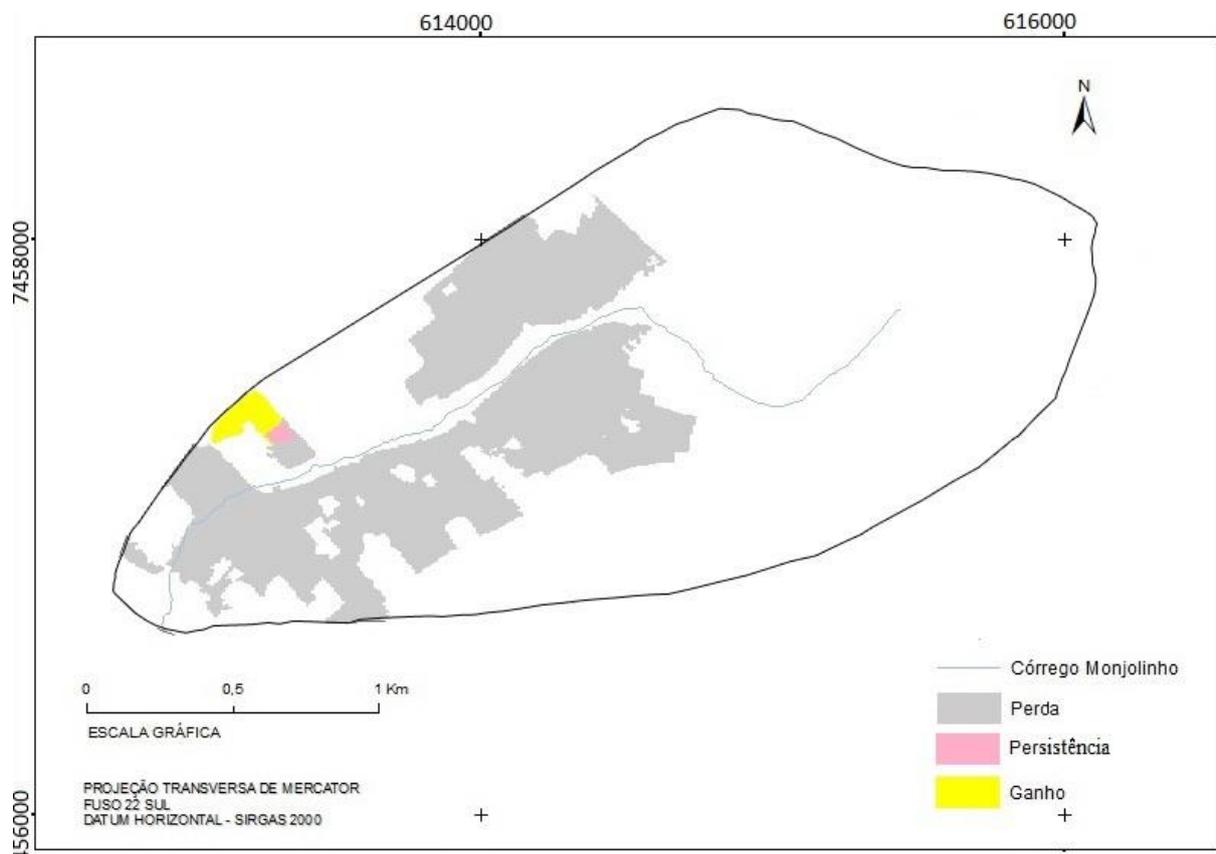
## **5.1. Outras mudanças.**

As mudanças que ocorreram nos usos cultura temporária, campestre e área florestal também foram significativas e mereceram ser analisadas com mais detalhes para a compreensão das atuais condições ambientais em que se encontra a microbacia do Córrego Monjolinho. No próximo item são apresentados os mapas e as análises sobre estes casos.

### **5.1.1. Cultura temporária.**

Em 1972, a cultura temporária era o uso que ocupava a maior área na microbacia, com aproximadamente 89,0 ha (24 %), distribuídos ao longo das vertentes no médio e baixo curso do córrego. Em 2014 este tipo de uso praticamente desapareceu, restando apenas uma pequena área de 3,0 ha (0,8 %) dos quais 0,3 ha são de persistência e 2,7 ha de áreas novas. A figura 8 permite visualizar os ganhos, perdas e persistência de área para o uso cultura temporária.

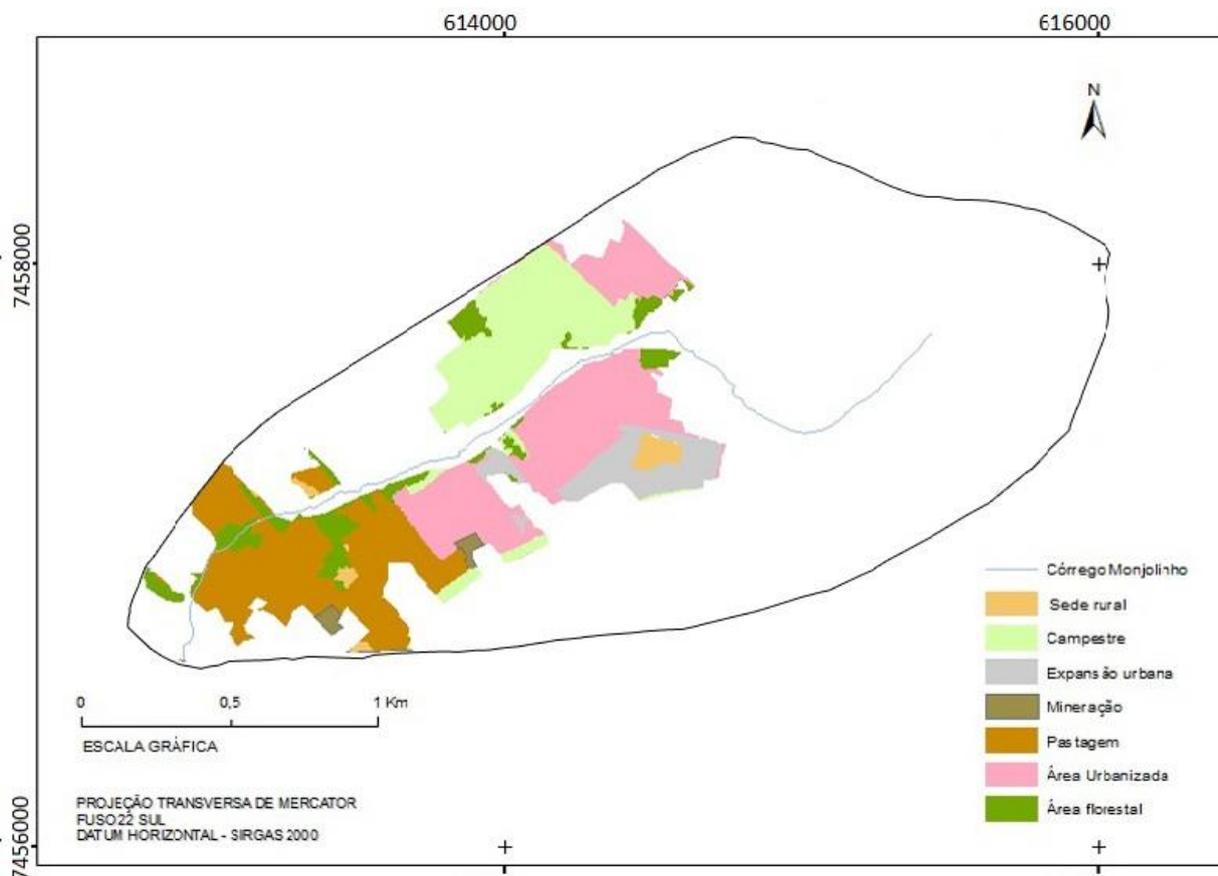
Figura 8: Culturas Temporárias da Microbacia do Córrego Monjolinho – Ganhos e Perdas entre 1972 e 2014.



Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

Esta mudança alterou uma área extensa, que já sofria certo grau de pressão em função do cultivo temporário. Para melhor dimensionar os impactos desta mudança, cabe averiguar quais usos ocupam atualmente essa área. Sendo assim foi elaborado um mapa contendo a distribuição destes novos usos, que pode ser observado na figura 9:

Figura 9: Microbacia do Córrego Monjolinho – Usos que sobrepueram a Cultura Temporária:



Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

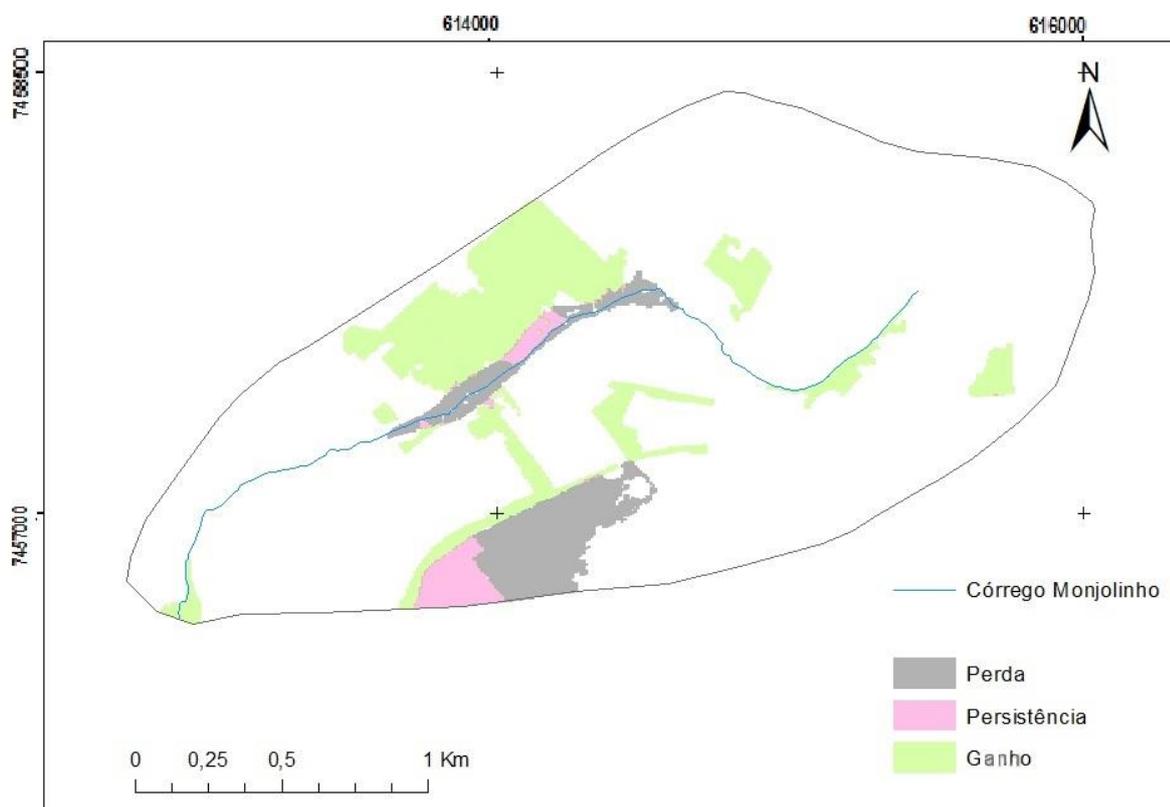
A figura 9 mostra que existem trechos na margem esquerda e direita do médio curso da bacia em que a área urbanizada substituiu um total de 31 ha de cultura temporária. Ainda no médio curso ocorreu a substituição de 7,0 ha pelo uso expansão urbana. Na margem direita do córrego, o cultivo perdeu uma área de 23 ha para o uso campestre. No baixo curso da bacia, as áreas de cultivo foram substituídas por um total de 21 ha de pastagem e alguns fragmentos de área florestal que somam um total de 2,5 ha.

De uma forma geral, os impactos dessas mudanças foram negativos, porque a área urbanizada se aproximou do córrego, impermeabilizando parte considerável das vertentes neste ponto da bacia, aumentando o escoamento superficial nestes trechos que são constituídos exclusivamente por bairros residenciais, o que expõe seus moradores aos possíveis impactos desta mudança. Além disso, deve-se considerar que nestas áreas as culturas desenvolvidas eram de espécies utilizadas na alimentação tanto para subsistência quanto para comercialização com os moradores das áreas urbanas. Ao se modificar este uso, reduz-se a oferta de produtos locais para alimentação da população, ampliando a necessidade de trazer estes de longe aumentando os custos.

### 5.1.2. Campestre

A cobertura campestre também apresentou mudanças importantes entre os períodos analisados que podem ser observadas na Figura 10:

Figura 10: Microbacia do Córrego Monjolinho – Ganhos e perdas para o uso campestre:



Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

Em 1972 este uso ocupava 24.9 ha localizados em sua maior parte próximo ao divisor de águas no médio curso, porção sul da bacia. Também observa se que existia uma pequena porção campestre que acompanhava parte do médio curso do córrego dentro da APP. Em 2014, 18.8 ha de cobertura campestre presente nestes locais foram sobrepostos por outros usos, persistindo apenas 6.1 ha. Por outro lado, essa cobertura passou a ocupar 42.3 ha em novos locais da microbacia. Observa se que este uso migrou para varias pontos da bacia. Uma grande mancha de área campestre pode ser observada nas vertentes da margem direita do córrego, na porção noroeste da microbacia.

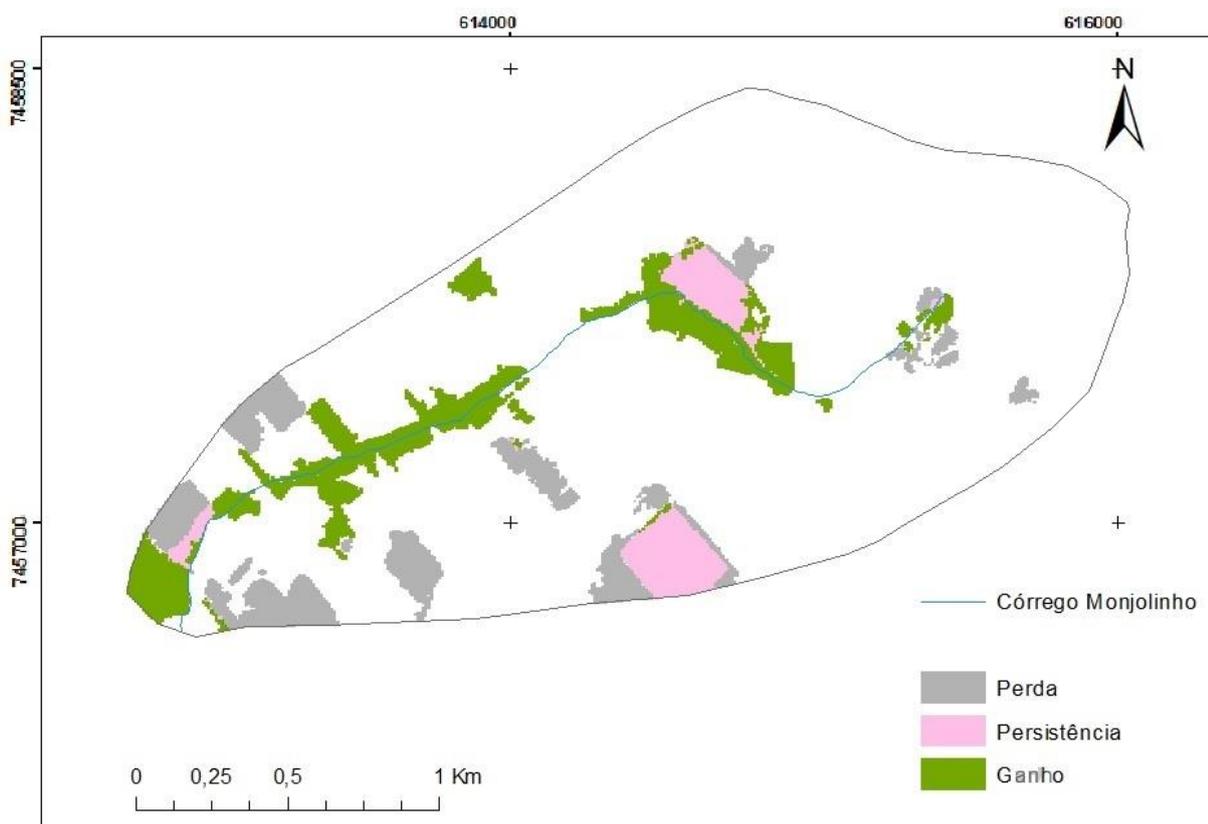
Importante considerar que do ponto de vista dos problemas de drenagem que ocorrem atualmente nesta microbacia, as áreas ocupadas por vegetação campestre são extremamente importantes, pois, contribuem em média com uma taxa de infiltração de aproximadamente 70% segundo Piroli (2015). Entretanto, sua existência nesta área não demonstra estar ligada a qualquer

plano de preservação ou recuperação das funções ambientais impactadas. Sua existência aparenta estar relacionada ao crescimento natural de uma vegetação arbustiva em áreas que permanecem abandonadas dentro da área urbanizada, fato que pôde ser observado em um trabalho de campo, que evidenciou a ausência de qualquer tipo de atividades no local. Possivelmente, estas áreas serão incorporadas pelas atividades urbanas, dado a sua localização cercada pela área urbanizada.

### 5.1.3. Área florestal -

Por fim, foram analisadas as mudanças na distribuição da área florestal, que mereceram destaque devido à intensa migração que este uso sofreu, deixando de se localizar em manchas dispersas para se concentrar em locais mais próximos do córrego. A seguir, a figura 11 permite observar esta mudança:

Figura 11: Microbacia do Córrego Monjolinho – Ganhos e Perdas do Uso Florestal



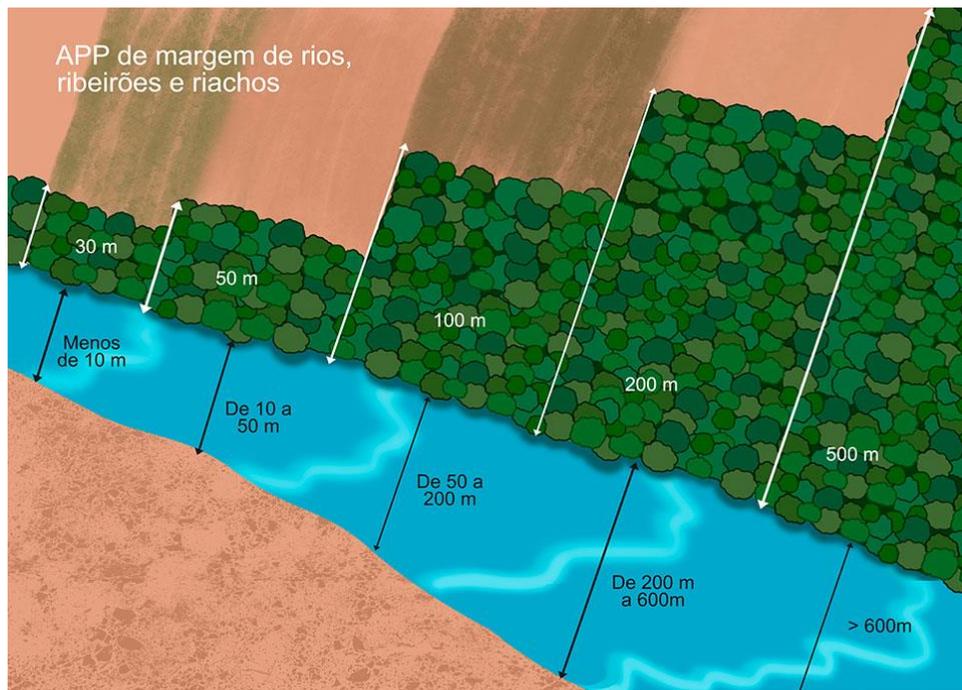
Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

Observa-se que em 1972, a área florestal distribuía-se de forma fragmentada em pequenas manchas de vegetação, correspondentes a um total de 36.4 ha (9,8 %). Em 2014, apesar de a porcentagem ocupada por este uso ter sido pouco alterada, passando a ocupar 40.6 ha (11 %), observa-se que sua distribuição na área da bacia mudou intensamente, passando a ocupar uma estreita faixa nas

margens do córrego. Houve também a persistência de uma área de 12.9 ha, dividida em 3 pontos da bacia, conforme pode ser observado na figura...

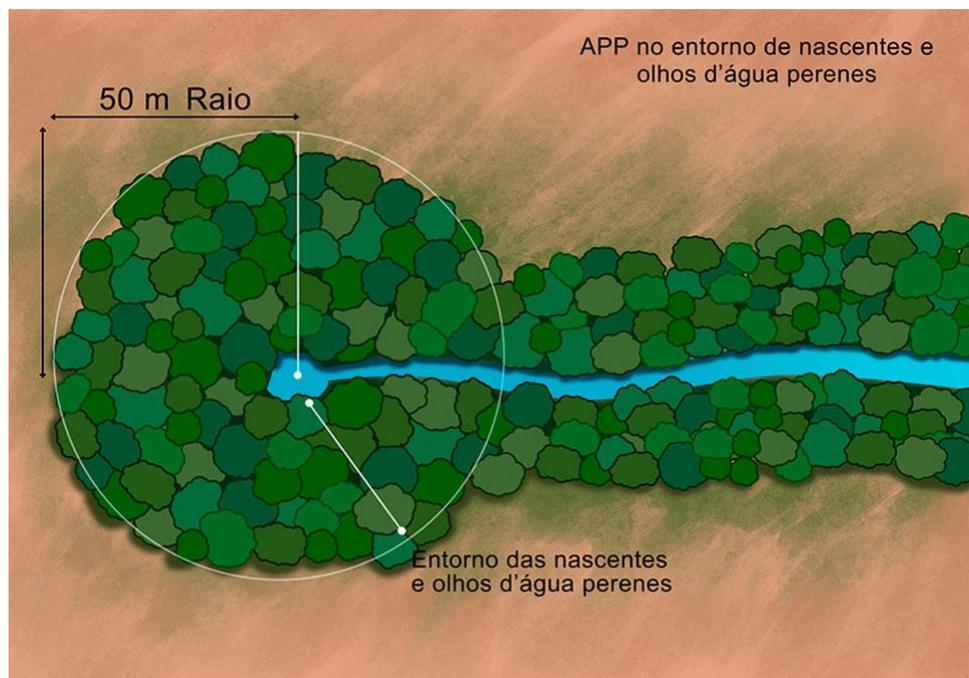
No geral, as mudanças ocorridas indicam que a migração para as proximidades do córrego está relacionada às recentes alterações do código florestal brasileiro lei Federal nº 12.651/2012 (Brasil, 2012), que determina que para córregos como o Monjolinho, com largura de até 10 metros, a largura mínima das matas ciliares deve ser de 30 metros, partindo da borda da calha do leito regular. Vale lembrar que esta lei é uma revisão da lei original de 1965, que instituiu as Áreas de Preservação Permanente (APPs), visando proteger os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico da fauna e flora, a fertilidade do solo e assegurar o bem-estar das populações humanas” lei federal nº 4.771/65 (Brasil, 1965). As figuras 12 e 13 ilustram como as APPs devem ser ocupadas, de acordo com a largura do rio ou córrego:

Figura 12: APP de margem de rios, ribeirões e riachos



Fonte: ciflorestas.com.br (2017)

Figura 13: APP no entorno de nascentes e olhos d'água perenes

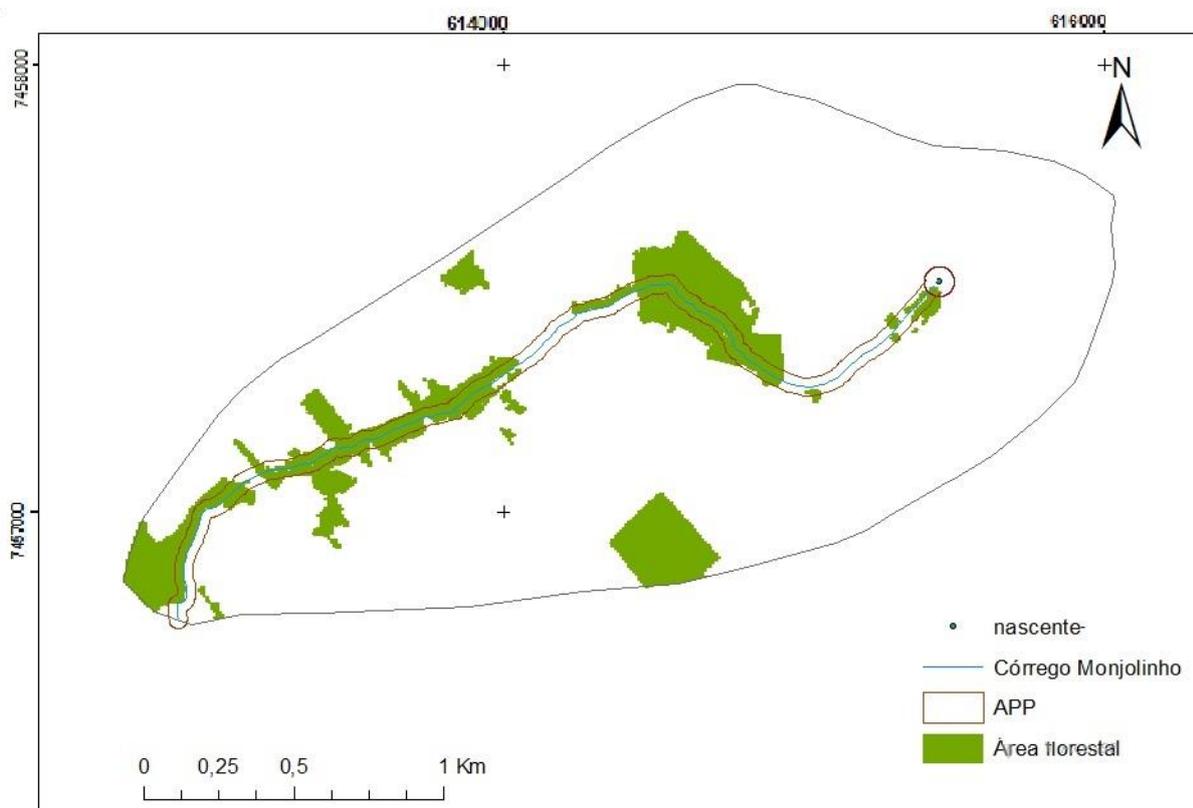


Fonte: ciflorestas.com.br (2017)

A mata ciliar em APPs é essencial para o manejo adequado dos corpos hídricos. Segundo Oliveira Filho (1994), “as matas ciliares são formações vegetais do tipo florestal que se encontram associados aos corpos d’águas, ao longo dos quais podem estender-se por dezenas de metros a partir das margens e apresentar marcantes variações na composição florística, dependendo das interações que se estabelecem entre o ecossistema aquático e seu entorno”.

Diante da importância destas áreas, considerou-se conveniente avaliar as condições atuais da APP do Córrego Monjolinho. Para isso foi elaborado um mapa com Buffer de 30 metros no entorno do leito e 50 metros no entorno da nascente. O mapa pode ser observado na figura 14:

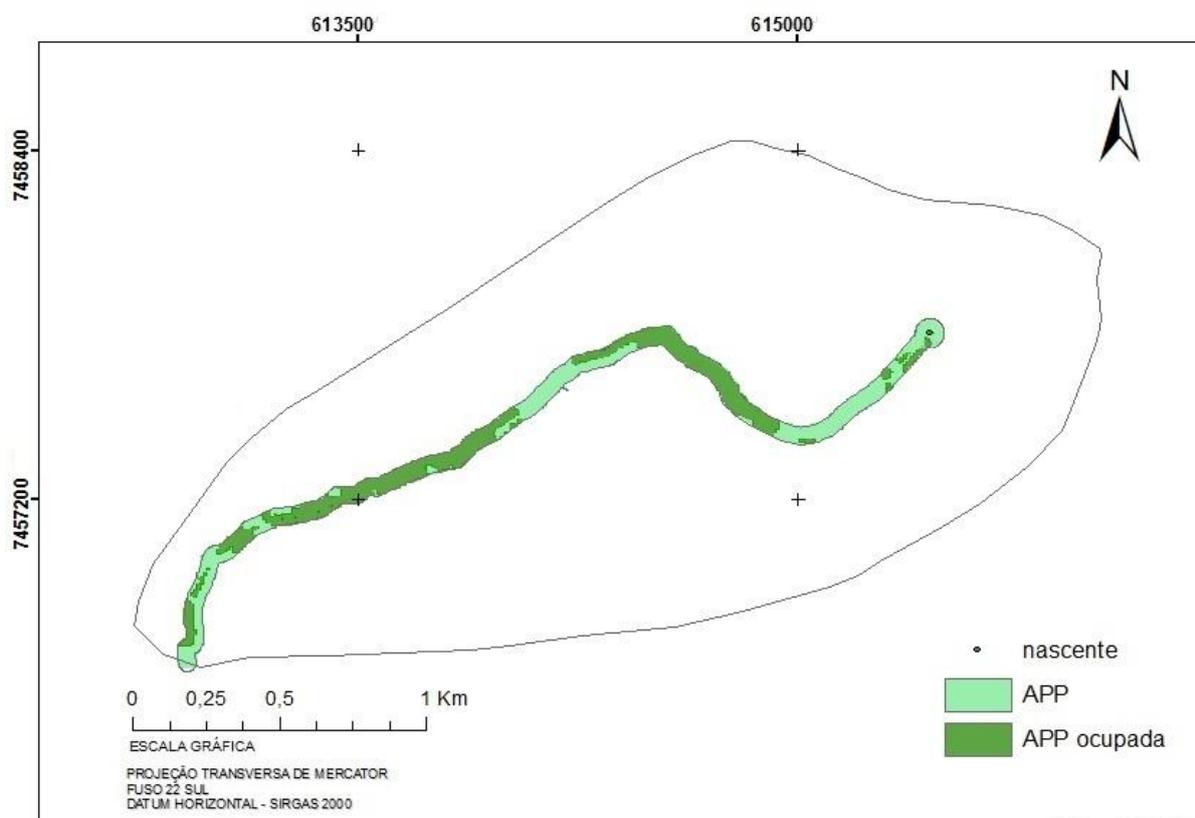
Figura 14: Microbacia do Córrego Monjolinho – Limites da APP



Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

A figura 14 permite observar que existe uma grande irregularidade na distribuição da área florestal em relação à APP. Dessa forma, para avaliar mais detalhadamente esta condição observada, foi necessário medir a área total de APP do córrego, tal como a área devidamente ocupada por mata ciliar neste espaço. O resultado deste procedimento pode ser observado na figura 15, que exhibe a relação entre área total de APP e a área ocupada:

Figura15: Microbacia do Córrego Monjolinho – Área total/ocupada por mata nativa da APP.



Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

Esta análise mostra que da área total de APP correspondente a 20 ha, apenas 11 ha estavam devidamente ocupados com mata ciliar, ou seja, quase metade da APP deste córrego estava em situação irregular no ano de 2014. Mais problemática ainda é a situação da nascente do córrego, que como pode ser observado na figura, encontra-se praticamente sem nenhuma cobertura florestal. Apesar de a lei que regula essas áreas atualmente ser bem clara, observa-se seu descumprimento por parte da gestão do município e dos proprietários de imóveis localizados na área de APP. A manutenção correta das matas ciliares é fundamental para a preservação deste córrego enquanto recurso hídrico. Também é importante lembrar que o Plano Diretor do município de Ourinhos (Prefeitura municipal de Ourinhos, 2006) estabelece que devam ser implantados parques lineares às margens dos córregos urbanos como parte do Sistema Municipal de Áreas Verdes, o que, no entanto não ocorreu até o presente momento.

#### 5.1.4. A canalização do Córrego Monjolinho.

Entre os anos de 2009 e 2011 a gestão municipal de Ourinhos promoveu obras de canalização de alguns córregos dentro do perímetro urbano, com o objetivo reverter o quadro de degradação presente nestes locais. Entre os principais motivos que levaram a realização destas obras destacavam-se o assoreamento, o descarte de lixo e esgoto nas proximidades e em suas margens, a poluição por resíduos, a disseminação de doenças à população, entre outros. Apesar do discurso de recuperação ambiental que existiu em torno da implantação destas obras, uma série de impactos ambientais negativos pode estar ocorrendo em resposta. Para Botelho (2011), ao alterar o percurso original do rio, reorientando sua corrente, eliminando suas curvas (meandros) e tornando seu traçado retilíneo, ocorre a diminuição do atrito das águas com o fundo e as laterais, fazendo com que o tempo de que a água dispunha para percorrer cada curva também diminua.

A obra realizada no Córrego Monjolinho abrangeu um trecho que vai desde sua nascente até seu médio curso, incluindo sua intersecção com o Parque Ecológico de Ourinhos. Seu curso principal possui aproximadamente 3.320 metros de comprimento, dos quais aproximadamente 1.800 metros foram canalizados. A figura 16 mostra o Córrego Monjolinho poucos meses após sua canalização.

Figura 16: Foto do Córrego Monjolinho após sua canalização.

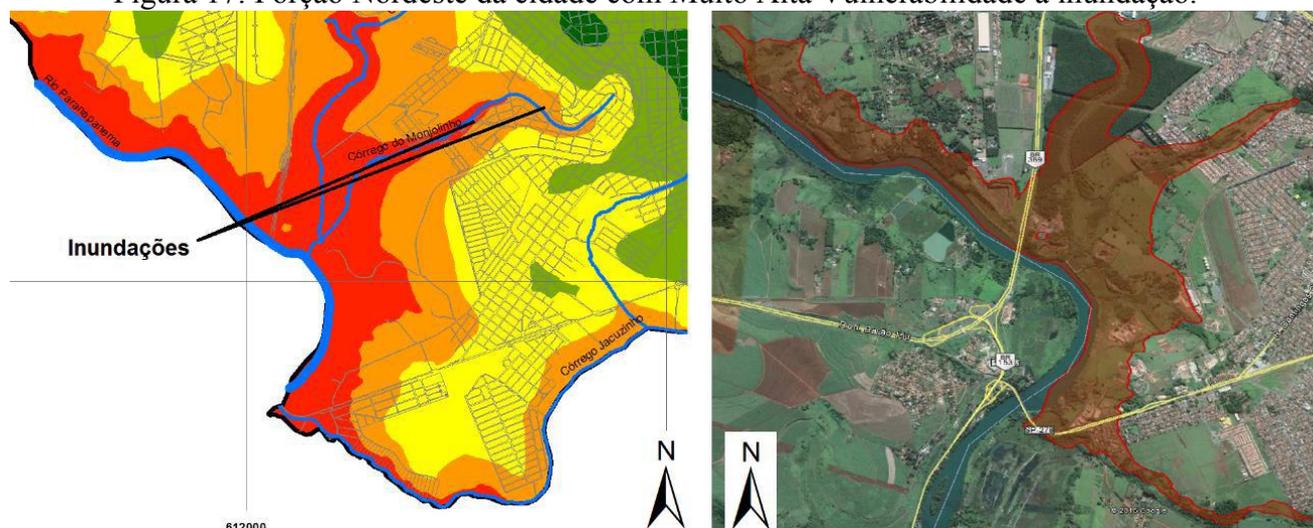


Fonte: Diário de Ourinhos (2010).

Já foi mostrado anteriormente que apesar de ter ocorrido um considerável incremento de matas ciliares na APP do córrego, cerca de metade dessa área ainda permanecia irregular até o ano de 2014. Também foi observado que a expansão da área urbana impermeabilizou densamente a área correspondente a cabeceira de drenagem e também grande parte das vertentes da microbacia, apresentando muitos trechos em que a área urbanizada se aproxima do curso principal, invadindo a área de APP em locais onde foi observada a inexistência de mata ciliar. No geral, estas modificações podem produzir um efeito combinado, pois o forte grau de impermeabilização das áreas adjacentes promove o rápido aumento do nível de água do córrego durante os episódios de chuva, transferindo a concentração do volume de água pluvial para a jusante e aumentando a vazão de pico e o tempo de pico de escoamento. O resultado deste processo é sentido pela população que reside nos bairros próximos ao monjolinho, onde frequentemente ocorrem episódios de inundações, fortes enxurradas e alagamentos.

Em um estudo sobre a vulnerabilidade à Inundação no Município de Ourinhos, Ielo (2015) produziu mapas que mostram os locais de maior risco de incidência destes eventos em toda a cidade. A partir deste trabalho foi possível observar que muitos trechos do Córrego Monjolinho estão incluídos nas áreas de vulnerabilidade muito alta, fato que pode ser observado na figura 17 produzida por este autor:

Figura 17: Porção Nordeste da cidade com Muito Alta Vulnerabilidade à inundação.

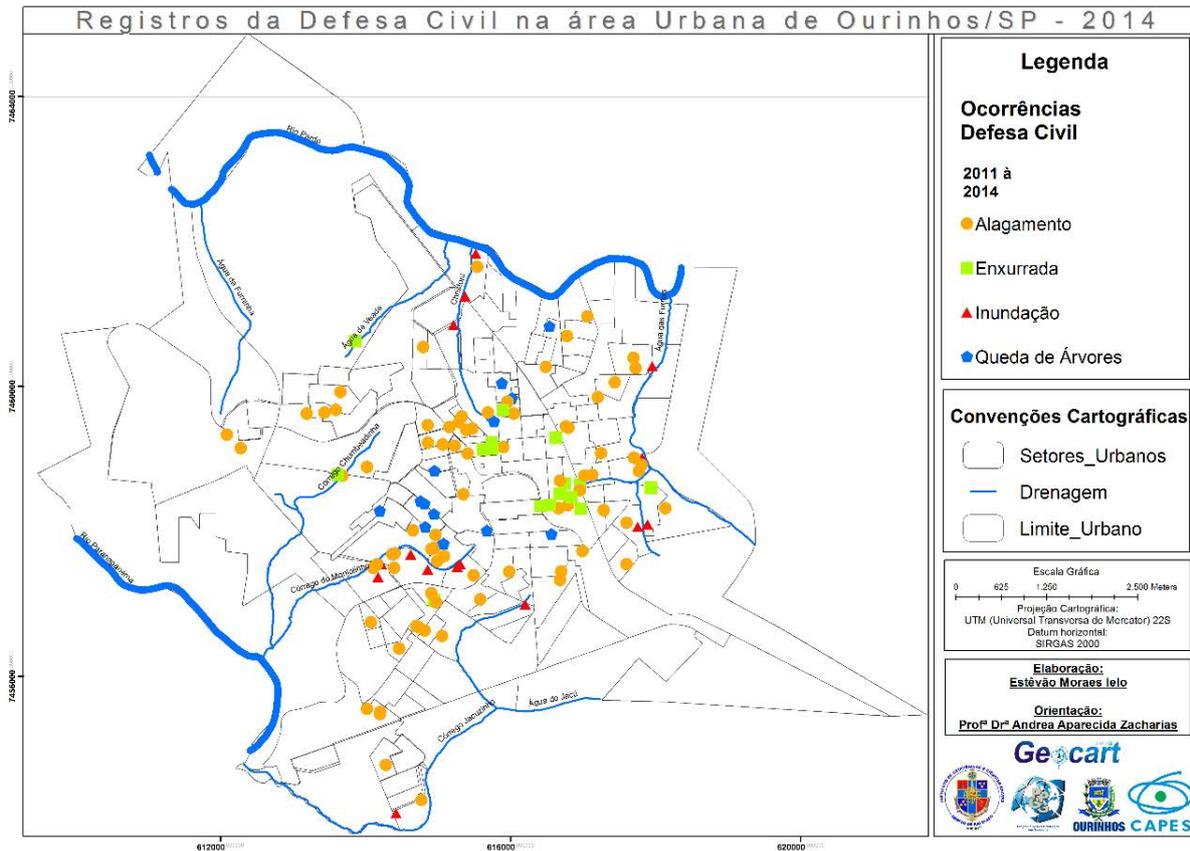


Fonte: Ielo, (2015).

Neste mesmo trabalho, o autor georreferenciou dados da defesa civil de Ourinhos sobre as ocorrências de alagamentos, enxurradas, inundações e quedas de árvore entre os anos 2011 e 2014, produzindo um mapa de grande utilidade para abordar os problemas em todas as bacias urbanizadas

de Ourinhos. Pode se observar claramente na figura 18 que uma das áreas mais afetadas por estes eventos localiza se nas proximidades do córrego monjolinho.

Figura 18: Registros da Defesa Civil na Área Urbana de Ourinhos/SP.



Fonte: Ielo (2015).

Entre os episódios registrados próximos ao córrego monjolinho, o mais grave ocorreu no dia 25 de setembro de 2014, quando uma chuva de aproximadamente 100 milímetros produziu uma intensa enxurrada que destruiu uma residência localizada dentro da APP do córrego e arrastou uma senhora que foi encontrada sem vida alguns dias depois da tragédia. Piroli (2016) realizou um estudo no local, analisando por meio de Geoprocessamento e SIG as mudanças no uso da terra entre 1972 e 2014 em uma área de 32,7 hectares. As técnicas empregadas permitiram constatar que ocorreu uma grande impermeabilização dos solos por construções e ruas pavimentadas, que passaram de 3,61 hectares em 1972 para 24,43 em 2014. Tal mudança revela que a medida que ruas foram sendo asfaltadas e casas foram substituindo os espaços cobertos pela vegetação de gramíneas e arbustiva ocorrentes na época, a textura da superfície foi se tornando mais lisa, permitindo o escoamento mais rápido da água, fazendo com que a mesma se concentrasse em determinados pontos em velocidade maior do que aquela alcançada nas décadas anteriores” (Piroli,

2016). A Figura 19 mostra o resultado da concentração da água na superfície da microbacia, no seu baixo curso. Logo a seguir, a figura 20 mostra a casa que foi destruída pela enxurrada em 2014.

Figura 19 – Solo preparado, carregado pela água.



Fonte: Piroli (2016)

Figura 20: Foto da residencia destruida pela enchurrada em Ourinhos no ano de 2014.



Fonte: Tv Tem (2014).

#### 5.1.5. Medidas possíveis.

Reverter este quadro de problemas é uma tarefa um tanto complexa, uma vez que algumas funções ambientais importantes do ciclo hidrológico sofreram um impacto negativo significativo nesta microbacia. Além disso, os eventos catastróficos que vem ocorrendo (como a chuva de 100 mm em 2014) demonstram que a gestão pública de Ourinhos tem optado por soluções que se resumem a obras de drenagem paliativas, que ao invés de diminuir a gravidade dos impactos podem estar intensificando ou mesmo transferindo o problema para outros locais. Dessa forma, é necessário refletir se sobre as medidas que vem sendo tomadas, considerando a possibilidade de abandonar aquelas que não fazem mais sentido em virtude de novos meios de se enfrentar estes problemas.

Tucci (2005) descreve dois tipos de medidas que visam o controle de inundações: as medidas estruturais, que buscam conter, reter ou melhorar os escoamentos por meio da implantação de obras como barragens, diques, canalizações, reflorestamento, entre outros; e as medidas não estruturais, que consideram a possibilidade de convivência com as enchentes, com ações que buscam minimizar os problemas sem transferi-los à jusante, envolvendo o zoneamento de áreas de inundações

associado ao Plano Diretor Urbano, previsão de cheia, seguro de inundação, legislações diversas, entre outros. Silveira (2002) afirma que as medidas estruturais são as medidas mais utilizadas pelos gestores e isso se deve a vários motivos, sobretudo ao seu desconhecimento de outras formas não estruturais, que exigem uma abordagem mais ampla, que envolva elementos que visam restaurar as funções ambientais impactadas. Em Ourinhos, alguns meses após a forte chuva que causou diversos estragos em 2014, a gestão municipal decidiu realizar algumas obras, que se limitaram a desobstrução de bocas de lobo e restauração de galerias pluviais. Essas medidas parecem não ter sido suficientes, já que as chuvas fortes continuam causando os mesmos efeitos conforme constam os registros realizados após todo temporal que atinge a cidade.

Silveira (2002) considera que existem duas formas de se abordar a drenagem urbana, que são a tradicional e a ambientalista. A tradicional é uma visão mais antiga, que remonta a meados do século XIX e tem como princípios básicos a abordagem “sanitário-higienista”, que parte do princípio de que “toda água circulante deve ir rapidamente para o esgoto, evitando insalubridades e desconfortos, nas casas e nas ruas” (Silveira 2002, p. 28). Este autor ainda aponta alguns tipos de obras que fazem parte deste tipo de abordagem, que são a retificação e ampliação das seções de canais naturais, a construção de canais artificiais, construção de grandes galerias, bocas-de-lobo, estruturas auxiliares para controle, dissipação de energia, amortecimento de picos, proteção contra erosões e assoreamento, travessias, estações de bombeamento entre outras. Já a abordagem ambientalista parte de princípios que remontam a sua origem na década de 1960, quando os conflitos ambientais entre as cidades e o ciclo hidrológico chegaram a um nível de exposição muito grande, o que acabou por despertar uma consciência ecológica que trouxe uma visão crítica sobre os antigos paradigmas. “Havia necessidade de reflexões mais profundas sobre as ações antrópicas densas (urbanização) sobre o meio-ambiente, particularmente sobre a quantidade e a qualidade dos recursos hídricos” (Silveira 2002, p. 8).

As obras deste tipo de abordagem são conhecidas como “dispositivos de controle na fonte” que de uma forma geral “visa promover a redução e a retenção do escoamento pluvial de forma a desonerar os sistemas tradicionais de esgotamento pluvial ou mesmo evitar ampliações destes sistemas, ampliações estas que são, muitas vezes, inviáveis e de vida útil curta face ao desenvolvimento urbano” (Silveira 2002, p. 28).

As medidas que vem sendo tomadas pelos gestores responsáveis em Ourinhos podem ser enquadradas como tradicionais, dada à forma de se abordar os problemas por meio de obras que tentam aliviar a força da chuva de forma paliativa, sem, contudo encarar a raiz do problema, que está no impacto nas funções ambientais do ciclo hidrológico.

A figura 22 exibe uma tabela extraída de Silveira (2002), apresenta as obras e estruturas básicas referentes à abordagem ambientalista:

Tabela 2 - Lista das Medidas de Controle básicas.

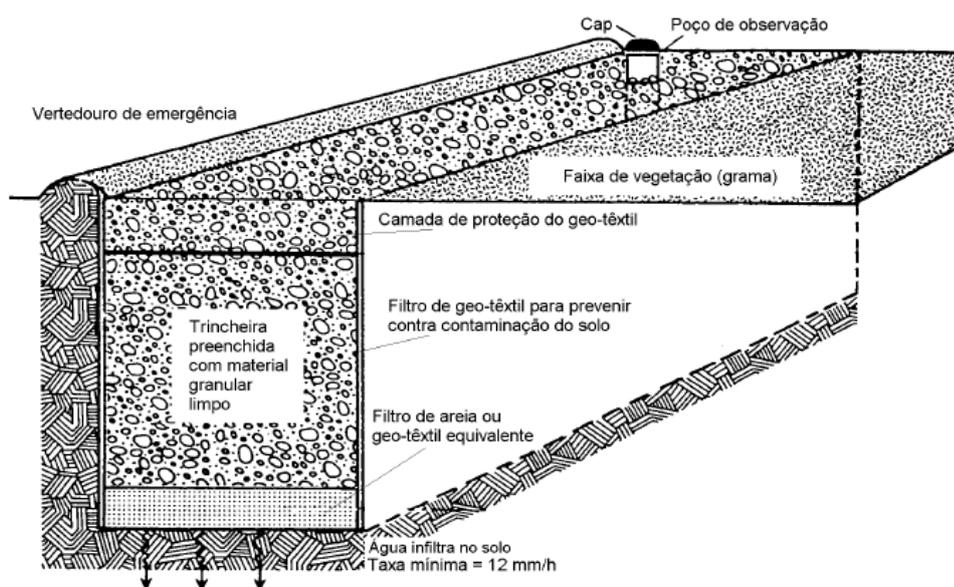
| Obra                       | Característica Principal  | Função  | Efeito  |
|----------------------------|---|---|---|
| Pavimento Poroso           | Pavimento com camada de base porosa como reservatório               | Armazenamento temporário da chuva no local do próprio pavimento. Áreas externas ao pavimento podem também contribuir. | Retardo e/ou redução do escoamento pluvial gerado pelo pavimento e por eventuais áreas externas |
| Trincheira de infiltração  | Reservatório linear escavado no solo preenchido com material poroso | Infiltração no solo ou retenção, de forma concentrada e linear, da água da chuva caída em superfície limítrofe        | Retardo e/ou redução do escoamento pluvial gerado em área adjacente                             |
| Vala de infiltração        | Depressões lineares em terreno permeável                            | Infiltração no solo, ou retenção, no leito da vala, da chuva caída em áreas marginais                                 | Retardo e/ou redução do escoamento pluvial gerado em área vizinha                               |
| Poço de Infiltração        | Reservatório vertical e pontual escavado no solo                    | Infiltração pontual, na camada não saturada e/ou saturada do solo, da chuva caída em área limítrofe                   | Retardo e/ou redução do escoamento pluvial gerado na área contribuinte ao poço                  |
| Microrreservatório         | Reservatório de pequenas dimensões tipo ‘caixa d’água’ residencial  | Armazenamento temporário do esgotamento pluvial de áreas impermeabilizadas próximas                                   | Retardo e/ou redução do escoamento pluvial de áreas impermeabilizadas                           |
| Telhado reservatório       | Telhado com função reservatório                                     | Armazenamento temporário da chuva no telhado da edificação  | Retardo do escoamento pluvial da própria edificação   |
| Bacia de detenção          | Reservatório vazio (seco)   | Armazenamento temporário e/ou infiltração no solo do escoamento superficial da área contribuinte                      | Retardo e/ou redução do escoamento da área contribuinte   |
| Bacia de retenção          | Reservatório com água permanente                                    | Armazenamento temporário e/ou infiltração no solo do escoamento superficial da área contribuinte                      | Retardo e/ou redução do escoamento da área contribuinte   |
| Bacia subterrânea          | Reservatório coberto, abaixo do nível do solo                       | Armazenamento temporário do escoamento superficial da área contribuinte   | Retardo e/ou redução do escoamento da área contribuinte   |
| Conduitos de armazenamento | Conduitos e dispositivos com função de armazenamento                | Armazenamento temporário do escoamento no próprio sistema pluvial   | Amortecimento do escoamento afluente à macrodrenagem  |
| Faixas gramadas            | Faixas de terreno marginais a corpos d’água                         | Áreas de escape para enchentes  | Amortecimento de cheias e infiltração de contribuições laterais                                 |

Fonte: Silveira (2002).

Muitas destas medidas são adequadas ao caso do Córrego Monjolinho, considerando se não só o problema dos escoamentos superficiais e seus desdobramentos na forma de inundações, alagamentos e enxurradas, mas também a recuperação das funções impactadas do ciclo hidrológico como a infiltração e percolação das águas pluviais, que devem ser recuperadas para garantir se a

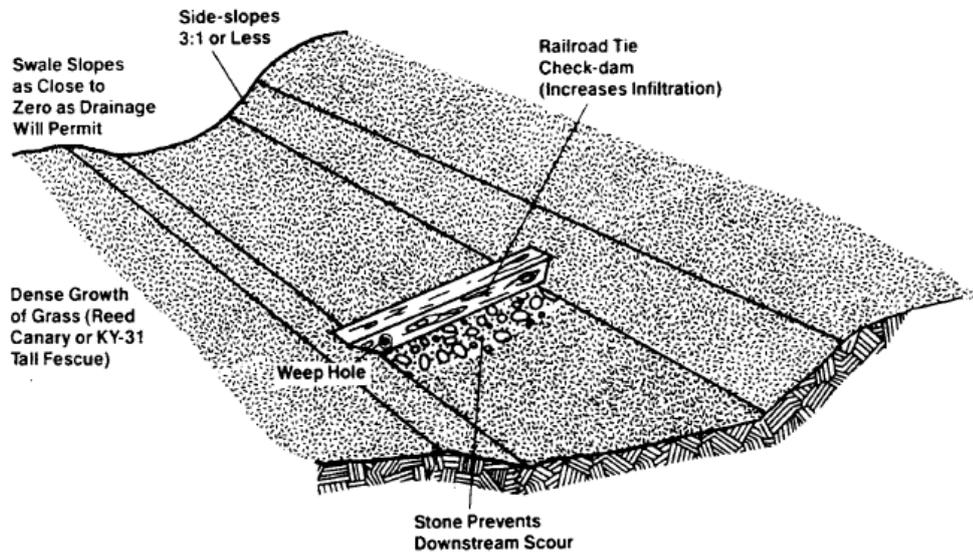
alimentação do aquífero e conseqüentemente do córrego nos períodos de estiagem. Dessa forma, as trincheiras de infiltração, as valas de infiltração e poços de infiltração são obras que parecem cumprir essa dupla função: por um lado promovem a contenção das enxurradas, tirando de circulação uma parcela considerável do escoamento pluvial; por outro lado ajudam na infiltração das águas pluviais em áreas onde a urbanização causou alto grau de impermeabilização da superfície. Outras medidas também podem ser eficientes como a construção de micro reservatórios e telhado reservatório que ajudam a diminuir a quantidade e também a velocidade do escoamento pluvial. As figuras a seguir ilustram as características da trincheira de infiltração (figura 21), da vala de infiltração (figura 22) e do poço de infiltração (figura 23).

Figura 21: trincheira de infiltração.



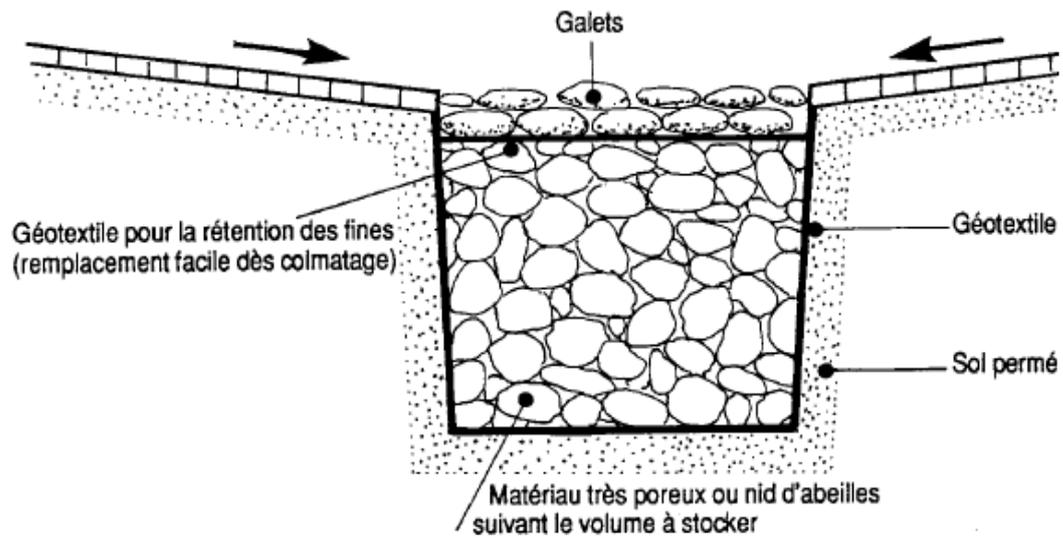
Fonte: Silveira (2002).

Figura 22: Vala de infiltração



Fonte: Silveira (2002).

Figura 23: Poço de infiltração. Fonte: Silveira (2002).



Fonte: Silveira (2002).

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS –

As técnicas e métodos de Geoprocessamento com apoio de SIGs se mostraram eficientes para analisar as mudanças ocorridas no uso da terra na microbacia do Córrego Monjolinho. Esse tipo de análise é fundamental para planejar adequadamente as interferências no meio físico, que dependendo da forma como ocorrem, podem gerar impactos ambientais negativos que degradam as funções ambientais e levam sérios riscos a população. De acordo com Ross (1991), toda ação humana interfere e causa algum grau de impacto no ambiente. A forma como as interferências ocorrem gera diversos graus de agressão ao meio, levando às vezes as condições ambientais a processos até mesmo irreversíveis. Isto deve ser levado em consideração diante da ocupação de qualquer área que seja. Conforme foi observado, nas últimas décadas a cidade de Ourinhos passou por um constante ciclo de desenvolvimento e crescimento urbano, que foi responsável por significativas mudanças no uso da terra. Por meio dos resultados obtidos com esta pesquisa, é possível afirmar que ao longo destas décadas ocorreu um considerável grau de interferência no funcionamento natural da microbacia do Córrego Monjolinho, em função das formas de ocupação de certas áreas importantes para o equilíbrio deste ambiente. As alterações mais significativas estão concentradas nas cabeceiras da microbacia e em função disso, grande parte da bacia é impactada negativamente, sobretudo quando analisada sob a ótica do manejo das águas superficiais. Neste contexto o uso do módulo LCM (*land Change modeler*) foi fundamental para analisar a relação existente entre as mudanças no uso da terra e os impactos ambientais na microbacia. Observou-se que o principal problema ocorrido foi a expansão da área urbanizada, que criou uma pressão ambiental negativa em vários pontos da microbacia. A superfície urbanizada cria uma camada impermeável que interrompe os caminhos que a água percorre em seu ciclo entre a superfície e a atmosfera. A infiltração da água nos solos é uma parte fundamental do ciclo hidrológico que deixa de funcionar adequadamente na área urbanizada. Sua diminuição favorece a parte do ciclo hidrológico correspondente ao escoamento superficial. Como consequência essa água deverá tomar outros caminhos, dessa vez, sobre a superfície de concreto, local onde a população e suas atividades estão densamente localizadas.

Além dos problemas já presentes, é importante considerar que este quadro tende a se alterar nos próximos anos e nada garante que as mudanças caminhem no sentido de uma melhora das condições ambientais. Ao contrário, a cidade continua a crescer e o planejamento exigido diante disso é fundamental para orientar as mudanças que ocorrem no uso da terra. Dessa forma, o conhecimento produzido acerca destas questões deve estar disponível e ser levado a sério pelos

gestores e planejadores urbanos responsáveis, que precisam estar sempre atentos para as mais diversas limitações que o meio natural oferece as suas interferências.

## 7. REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, D.F. L. A ocupação da terra na formação do município de Ourinhos-SP. **Geografia e pesquisa (UNESP. Ourinhos)**, v. 5, p. 39 - 58, 2011.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Editora Ícone, 355 p., 1993.
- BOTELHO, R. G. M. Bacias hidrográficas urbanas. In: GUERRA, A. J. T. (Org.). **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 71-115. (cap. 3).
- BRASIL. **Lei Federal 9.433** de 8 de janeiro de 1997. Da Política Nacional de Recursos Hídricos, 1997. Brasília: Presidência da República, 1998.
- BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal Brasileiro. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília: 1965.
- BRAY, S.C. Os primeiros povoadores e a posse da terra no Vale do Paranapanema. **Boletim de Geografia**, v. 5, n. 1, p. 5-24, 1987
- CÂMARA. G.; MONTEIRO, A. M. V. S.; MEDEIROS, J. S. Conceitos básicos em ciências da geoinformação. In: **Introdução à ciência da geoinformação**, (cap. 2), São José dos Campos, INPE, 2001.
- CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.
- EASTMAN, J. R. Idrisi for Windows - **Manual do usuário: introdução e exercícios tutoriais**. Editores da versão em português, Heinrich Hasenack e Eliseu Weber. Porto Alegre, UFRGS Centro de Recursos Idrisi, 1998.
- FAO/IIASA. **Agro-ecological assessments for national planning: the example of Kenya**. Rome: FAO, 1993 (FAO Soils Bul, n. 67).
- FAUSTINO, J. **Planificación y gestión de manejo de cuencas**. Turrialba: CATIE, 1996. 90p. Instituto de Pesquisas Tecnológicas (São Paulo). 1981. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT. Escala: 1:500.000.
- FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- Ielo, Estevão Moraes, **Estudo de Vulnerabilidade à Inundação no Município de Ourinhos (SP)**. 2015. 88 f. Dissertação de Mestrado em Geografia, Instituto de Geociências e Ciências Exatas – IGCE – Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Universidade Estadual Paulista (UNESP)).
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mudanças na cobertura e uso da terra do Brasil 2000 – 2010 – 2012 – 2014**, 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de uso da terra**, 3.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. (Manuais Técnicos em Geociências, 7).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Carta topográfica**: folha Jacarezinho – SF-22-W-I-1. Serviço Gráfico do IBGE, 1970. Escala 1:50.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Carta topográfica**: folha Ourinhos – SF-22-Z-A-VI-3. Serviço Gráfico do IBGE, 1973. Escala 1:50.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de vegetação do Brasil**. Rio de Janeiro, 2004. Escala: 1:500.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2010. **Sinopse do Censo Demográfico 2010**: São Paulo. 2.1 - População residente, total, urbana total e urbana na sede municipal, em números absolutos e relativos, com indicação da área total e densidade demográfica, segundo as Unidades da Federação e os municípios – 2010. IBGE. <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=21&uf=35>. Acesso em: 25 ago. 2017.

JENSEN, J.R. Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. Trad. José Carlos Epiphanyo (coordenador)... [et al.]. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009. 679 p.

Jornal Diário de Ourinhos, (Prefeitura realiza hoje o 1º plantio de árvores após Canalização do Córrego Monjolinho); Disponível em: [http://www.diariodeourinhos.com.br/painel/imagens/img\\_noticias/DSC09346.jpg](http://www.diariodeourinhos.com.br/painel/imagens/img_noticias/DSC09346.jpg), Acesso em: 02 set. 2017.

(**Localização e limites das APP's**); Disponível em: [Ciflorestas.com.br](http://Ciflorestas.com.br). Acesso em: 02 ago. 2017.

MIRANDA, M. J.; Pinto, H. S.; Zullo Jr., J.; Fagundes, R. M.; Fonseca, D. B.; Calve, L.; Pellegrino, G. Q. **Clima dos municípios paulistas: Ourinhos**. Campinas: CEPAGRI/UNICAMP. 2005. Disponível em: [http://www.cpa.unicamp.br/outrasinformacoes/clima\\_muni\\_393.html](http://www.cpa.unicamp.br/outrasinformacoes/clima_muni_393.html). Acesso em: 02 ago. 2017.

MATIAS, L. F. Sistema de Informações Geográficas (SIG): teoria e método para representação do espaço geográfico. 2001.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2001. 249 p.

**Mapa do estado de São Paulo (1910)**, NATIONAL DIET LIBRARY. Comissão Geográfica e Geológica de São Paulo. Disponível em: <http://www.ndl.go.jp/brasil/pt/data/L/010/010-0011.html> Acesso em: 18/09/2017.

OLIVEIRA FILHO, A. T. Estudos ecológicos da vegetação como subsídios para programas de revegetação com espécies nativas: uma proposta metodológica. **Cerne**, Lavras- MG, v.1, n.1, 1994. 64-72p.

OLIVEIRA, J. B. **Solos do Estado de São Paulo**: descrição das classes registradas no mapa pedológico. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1999. 112 p. (Boletim Científico, 45).

PIROLI, E. L. **Introdução ao geoprocessamento**. Ourinhos: Unesp/Campus Experimental de Ourinhos, 2010.

PIROLI, E. L.; ISHIKAWA, D. T. K.; DEMARCHI, J. C. Análise das mudanças no uso do solo da microbacia do córrego das Furnas, município de Ourinhos - SP, entre os anos de 1972 e 2007, e dos impactos sobre suas áreas de preservação permanente, apoiada em geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15. (SBSR)., 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 6333-6340. Disponível em: <<http://urlib.net/3ERPFQRTRW/3A6J57P>>. Acesso em: 04 ago. 2016.

PIROLI, EDSON LUÍS, LOURENÇO, GABRIELA, SANTOS, VANESSA RAMOS DOS. Geotecnologias aplicadas ao estudo de desastres naturais causados pela mudança no uso da terra em microbacia hidrográfica. In: **Anais...** CONFIBSIG – Universidad del Azuay, 2017, Cuenca.

PIROLI, E. L. Mudanças no uso da terra e impactos sobre a infiltração de água em microbacias hidrográficas avaliados com técnicas de geoprocessamento. In: **Anais...** XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2015, João Pessoa.

PIROLI, E. L.; PERUSI, M. C.; ZANATA, J. M. Mudança no Uso da Terra e Impacto sobre o Solo da Microbacia Hidrográfica do Córrego Água da Veada, Ourinhos/SP. **Revista Geonorte**, Edição Especial, v. 1, n. 4. p. 855-865, 2012.

PREFEITURA MUNICIPAL DE OURINHOS. Lei Complementar nº 499, de 28 de dezembro de 2006. **Dispõe sobre o Plano Diretor do Município de Ourinhos e dá outras providências**. Ourinhos, 2006. Disponível em: <<http://www.ourinhos.sp.gov.br/ourinhos/download/1/>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

ROSS, J.L. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 1991. 85p.

ROSS, J. L. S.; Moroz, I. C. 1997. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: FFLCH-USP. Escala: 1:500.000.

SANTANA, D. P. **Manejo integrado de bacias hidrográficas**. EMBRAPA/ Milho e Sorgo, Sete Lagoas, documento 30, p. 63, 2003.

SANTOS, Milton, **A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção / Milton Santos**. - 4. ed. 2. reimpr. - São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006. - (Coleção Milton Santos; 1).

SILVA, A. M. et al. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. São Carlos: RiMa, 2003. p. 140.

SILVEIRA, A. L. L. **Drenagem urbana: apostila para o Curso de Especialização para Gestores Regionais de Recursos Hídricos**. Porto Alegre/RS: IPH, 2002

SILVEIRA, M. R. ; et al. **Ourinhos/SP (Formação e Desenvolvimento de uma Economia Regional e Demais Estudos)**. 1. ed. Bauru: Joarte Gráfica e Editora, 2011. 292p

TV TEM, (Prejuízo com temporal em Ourinhos é estimado em R\$ 30 milhões); Disponível em: <http://g1.globo.com/sp/bauru-marilia/noticia/2014/09/prejuizo-com-temporal-em-ourinhos-e-estimado-em-r-30-milhoes.html>. Acesso em 27 ago 2017.

TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R.T. – **Impacto das Mudanças da Cobertura Vegetal no Escoamento** –. Revisão. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos, ABRH. ISSN 1414-381X Porto. Alegre: v. 2, n. 1, jan/jun, 1997. pp. 135-152.

TUCCI, Carlos E. M. **Gestão de águas pluviais urbanas**. Brasília: Grafica, 2005.

TURETTA, ANA PAULA DIAS. **Mudanças de uso da terra em bacias hidrográficas** / Ana Paula Dias Turetta. — Dados eletrônicos. — Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2011.