

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Escola de Engenharia de São Carlos

Sâmia Moreira Jacob

**Análise do uso e ocupação das APPs da bacia do córrego do
Mineirinho e propostas para recuperação das suas
nascentes**

São Carlos

2010

Sâmia M. Jacob

Análise do uso e ocupação das
APPs da bacia do Córrego...

TCC
EESC-USP
2010

Sâmia Moreira Jacob

Análise do uso e ocupação das APPs da bacia do córrego do
Mineirinho e propostas para recuperação das suas nascentes

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à

Escola de Engenharia de São Carlos
da Universidade de São Paulo

Orientador: João Luiz Boccia Brandão

São Carlos

2010

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTA
TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO,
PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca - EESC/USP

J151a Jacob, Sônia Moreira
Análise do uso e ocupação das APPs da bacia do córrego
do Miriminho e propostas para recuperação das suas
nascentes / Sônia Moreira Jacob ; orientador João Luiz
Bocchia Brandão. -- São Carlos, 2010.

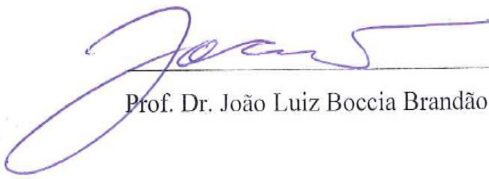
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em
Engenharia Ambiental) -- Escola de Engenharia de São
Carlos da Universidade de São Paulo, 2010.

1. APP. 2. Matas ciliares. 3. Bacia hidrográfica.
4. Recuperação de áreas degradadas. I. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidato: Sâmia Moreira Jacob

Monografia defendida e aprovada em: 25/10/2010 pela Comissão Julgadora:



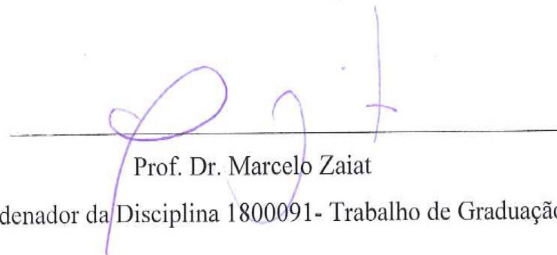
Prof. Dr. João Luiz Boccia Brandão



Prof. Dr. Victor Eduardo Lima Ranieri



Profa. Dra. Luisa Fernanda Ribeiro Reis



Prof. Dr. Marcelo Zaiat

Coordenador da Disciplina 1800091- Trabalho de Graduação

Dedico esse trabalho ao meu pai, Isaac Salomão Jacob, à minha mãe, Neide Ana Alves Moreira Jacob e à minha irmã, Natália Moreira Jacob, pelo incentivo e amor dado durante toda essa trajetória até a conclusão deste trabalho e, finalmente, do meu curso de graduação.

Agradecimentos

Aos meus pais pelo apoio e carinho dados mesmo de longe que me ajudaram na conclusão do trabalho.

Ao Prof. Dr. João Luiz Boccia Brandão pelo apoio e atenção durante a orientação do trabalho.

Ao CAASO, centro acadêmico da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, por sempre acatar e representar os universitários.

À Deus por permitir concluir meu trabalho e meu curso neste lugar tão acolhedor.

“O que deve ser feito é aquilo que pode ser feito.”

Coronel Júlio de Amo - Projeto Rondon 2010

Resumo

Jacob, S. M. **Análise do uso e ocupação das APPs da bacia do córrego do Mineirinho e proposta para recuperação das suas nascentes.** 2010. Trabalho de Conclusão de Curso - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

A urbanização acelerada e sem planejamento prévio levou ao processo de degradação ambiental das bacias hidrográficas devido ao uso e ocupação de importantes áreas naturais. As matas ciliares, que mantêm a estabilidade natural da bacia, foram, em grande parte, devastadas nesse processo acelerado de urbanização que pode acarretar danos à fauna, à flora e à condição hidrológica de bacias. Este trabalho tem o intuito de estudar a ocupação da bacia do córrego do Mineirinho, localizado no município de São Carlos, que apresenta essas características de degradação. O objetivo final é a elaboração de propostas para a recuperação das nascentes do córrego. Para isso, uma análise sobre as características do córrego foi feita, incluindo suas nascentes e suas matas ciliares que deveriam ser preservadas por lei, e também sobre o uso e ocupação da bacia, indicando suas irregularidades e possíveis danos devido à degradação.

Palavras chave: APP, mata ciliar, bacia hidrográfica, recuperação de áreas degradadas.

Abstract

Jacob, S. M. **Analysis of use and land cover of preservation areas of Mineirinho stream watershed and recovery to its headwaters.** 2010. Final Essay - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

Rapid urbanization, without previous planning, led to environmental degradation due an incorrect use and land cover of important natural areas. In this process, the riparian forest of Mineirinho stream, which support the natural stability of its watershed, were devastated and it caused damage to the flora, fauna and to the hydrological system of watersheds. This present project intends to study these characteristics of Mineirinho watershed, located in São Carlos. The purpose is make suggestions to improve the stream headwaters situation. For this, an analysis of the stream characteristics was made, including its headwaters and its riparian forests that should be preserved by law, and also of the use and land cover, indicating its irregularities and possible damages due the degradation.

Keywords: preservation of natural areas, riparian forests, watershed, degraded areas.

Lista de Figuras

Figura 1. As zonas 1, 2 e 4 na área da bacia do Córrego do Mineirinho.....	30
Figura 2. A Macrozona Urbana, a zona 4 e a zona 7 na área da bacia do Córrego do Mineirinho	30
Figura 3. As Áreas Especiais de Interesse Ambiental e Social na área da bacia do Córrego do Mineirinho	31
Figura 4. Bacia do córrego do Mineirinho e suas nascentes.	36
Figura 5. Mapa do uso e ocupação predominante na área da bacia do córrego do Mineirinho. ..	37
Figura 6. Mapa de Uso e Ocupação da bacia do córrego do Mineirinho.	37
Figura 7. APPs da bacia do córrego do Mineirinho.	39
Figura 8. APPs da região da nascente principal do córrego do Mineirinho.	39
Figura 9. APPs da nascente da região do córrego Santa Fé.	40
Figura 10. APPs da região da nascente secundária dentro do Campus da USP.	41
Figura 11. Nascente principal do córrego do Mineirinho (detalhe para o solo exposto, as árvores novas plantadas e a praça ao fundo).	42
Figura 12. Plantação dentro da APP da nascente principal do córrego.	43
Figura 13. Voçoroca presente bem no ponto de brotamento da nascente principal com presença de resíduos, como entulhos e móveis inutilizados.	44
Figura 14. Localização da voçoroca presente na nascente principal perto da rua e também das residências pondo em risco as pessoas que vivem por essa área.	44
Figura 15. Segundo ponto de brotamento da nascente principal (detalhe para o solo totalmente exposto).	45
Figura 16. Água do córrego do Mineirinho no início do seu trajeto com poluição.	45
Figura 17. Região da nascente localizada no Campus Universitário da USP de São Carlos (Área 2).	46
Figura 18. Vegetação da APP do Campus 2 da USP de São Carlos com predominância de gramíneas.	47
Figura 19. Interrupção da vegetação da APP dentro do Campus 2 da USP de São Carlos devido a presença de ponte.	47

Figura 20. Habitação irregular dentro da APP na nascente secundária do Córrego do Mineirinho.	48
Figura 21. Presença de solo exposto na APP do córrego do Mineirinho próximo a nascente secundária com presença de entulhos.	49
Figura 22. Início do trajeto do córrego Santa Fé com depósito de resíduos.	49
Figura 23. Sistema de drenagem pluvial rompido na APP da nascente do córrego Santa Fé.	50
Figura 24. Voçoroca presente na APP da nascente do córrego Santa Fé.	50
Figura 25. Mapa de declividade da bacia do Córrego do Mineirinho.	52
Figura 26. Obras irregulares dentro da APP da nascente principal.	54
Figura 27. Obras irregulares dentro da APP da nascente do córrego Santa Fé.	55
Figura 28. Localização das ilhas de revegetação nas APPs do córrego do Mineirinho.	59
Figura 29. Construção de trança viva à margem de rio.	61
Figura 30. Margem de rio com presença de trança viva logo após a aplicação.	61
Figura 31. Margem do rio com presença da trança viva 1 mês após a aplicação.	62
Figura 32. Esteira viva aplicada em beira de rio.	62
Figura 33. Esteira viva aplicada após alguns meses em beira de rio.	63
Figura 34. Demonstração de aplicação de geogrelha.	64
Figura 35. Estrutura que segura a chegada das águas da drenagem rompida na região da nascente do Córrego Santa Fé.	65
Figura 36. Nascente principal do córrego do Mineirinho com as tubulações de drenagem rompidas.	65
Figura 37. Local proposto para recepcionar as drenagens pluviais e substituir as drenagens que chegam na nascente do córrego Santa Fé.	66
Figura 38. Locais propostos para recepcionar as drenagens pluviais e substituir as drenagens que chegam à nascente principal do córrego do Mineirinho.	66
Figura 39. Esquema de bacia de dissipação por ressalto. Vista 3D, olanta e perfil.	67
Figura 40. Depósito de material de construção dentro da APP.	68
Figura 41. Resíduos sólidos espalhados pelas ruas.	69

Sumário

1. Introdução	15
2. Objetivos	17
3. Metodologia	18
4. O Sistema Bacia Hidrográfica	20
4.1. Bacias Hidrográficas	20
4.2. Matas Ciliares	21
4.3. Uso e Ocupação do Solo nas Bacias e a Destruição das Matas Ciliares.....	22
5. Legislação Referente às Áreas de Preservação Permanente	24
6. Processos Erosivos.....	25
7. A Bacia do Córrego do Mineirinho	27
7.1. O Campus Universitário da USP na Área da Bacia.....	28
8. O Plano Diretor da cidade de São Carlos.....	28
8.1. A Macrozona Urbana e Rural do município de São Carlos.....	29
8.1.1. A Zona de Ocupação Induzida	31
8.1.2. A Zona de Ocupação Condicionada	32
8.1.3. A Zonas de Regulação e Ocupação Controlada	32
8.1.4. A Zona de Uso Predominantemente Agrícola.....	33
8.2. Áreas Especiais de Interesse	34
8.2.1. Áreas Especiais de Interesse Ambiental.....	34
8.2.2. Áreas Especiais de Interesse Social.....	34
9. A Bacia do Córrego do Mineirinho	34
9.1. Visitas e análises	34
9.2. Nascente Principal do córrego do Mineirinho	42
9.3. Nascente secundária localizada dentro do Campus II da USP de São Carlos	46
9.4. Nascente do Córrego Santa Fé, afluente do córrego do Mineirinho.....	48
9.5. Problemas gerais da Bacia do Córrego do Mineirinho	51

10.Propostas para recuperação do córrego com foco nas nascentes.....	52
10.1. Regulação das habitações e usos ilegais dentro das APPs.....	53
10.2. Recuperação das matas ciliares	56
10.2.1. Escolha das espécies para a recuperação da mata ciliar	56
10.2.2. Local do foco da recuperação e restauração	58
10.3. Recuperação das erosões encontradas nas nascentes	59
10.3.1. Recuperação com bioengenharia	60
10.3.2. Geossintéticos	63
10.3.3. Erosão pela energia das águas	64
10.4. Resíduos sólidos.....	68
10.5. Educação ambiental.....	70
11.Conclusão	72
12.Referências Bibliográficas.....	73

1. Introdução

A crescente expansão das áreas agrícolas rumo às florestas, a retirada de madeira e de outros produtos naturais e a urbanização rápida representam ações antrópicas que buscam no atual contexto o “desenvolvimento para uma melhor condição de vida”. Essas ações, entretanto, não podem ter um melhor futuro como objetivo, se considerarmos que elas próprias são uma ameaça ao futuro dos recursos dados pela natureza se feitas de modo inconsciente, como a maioria o é.

O processo de eliminação das florestas resultou num conjunto de problemas ambientais. As áreas devastadas provocaram um desequilíbrio do ambiente natural, como mudanças climáticas locais, erosão dos solos, o assoreamento dos cursos d'água, desgaste dos nutrientes do solo deixando-o improdutivo, vertendo para a ameaça ou até extinção de várias espécies da fauna e da flora e para a minimização da qualidade de vida.

Considerando a ocupação sem planejamento, vários problemas e desequilíbrios foram causados no ambiente. Muitas cidades foram formadas às margens de rios em busca de fontes de água e, durante a urbanização, os cursos d'água também foram aproveitados como rota das vias marginais destruindo toda a vegetação às suas margens. Assim, os rios e até as nascentes ficaram desprovidos da proteção dessa vegetação ciliar.

As matas ciliares mantêm a quantidade e a qualidade da água e, conseqüentemente, colaboram com a preservação da fauna e flora; evitam os processos erosivos e retêm defensivos agrícolas, poluentes e sedimentos que seriam transportados para os cursos d'água afetando diretamente a rede hidrográfica.

O estabelecimento de leis foi crucial para impedir uma maior degradação dessas áreas de grande importância natural. A legislação definiu áreas de conservação e preservação do meio ambiente em que a ação antrópica não pode interferir efetivamente no desenvolvimento natural, como as Áreas de Preservação Permanente (APPs), por exemplo.

Porém, apesar da criação das leis em defesa do meio ambiente, com a urbanização acelerada e sem planejamento prévio de uso e ocupação do solo incluindo uma gestão das áreas naturais, muitas dessas APPs não são respeitadas, sendo utilizadas e ocupadas de maneira imprópria.

Em São Carlos ocorreu e vem ocorrendo esse tipo de urbanização mal planejada. A bacia hidrográfica do córrego do Mineirinho, localizada no município, está no vetor de crescimento da

cidade e engloba desde áreas carentes até condomínios fechados de alto padrão, além da universidade (USP São Carlos – Campus 2). Em todo o curso do córrego pela cidade nota-se a degradação das matas ciliares do rio e o desprezo pelas leis que protegem estas.

Neste trabalho será estudada a situação da bacia do córrego do Mineirinho com foco no seu percurso pela cidade desde as nascentes. A bacia contempla uma área de aproximadamente 5,85 km², com a presença de três nascentes e apresenta aproximadamente 45% da sua área urbanizada.

Sua urbanização começou entre as décadas de 50 e 70 de maneira lenta, porém, essa se acelerou de forma incontrolada fazendo com que as áreas mais próximas do córrego fossem também urbanizadas a partir da década de 90.

As nascentes do córrego do Mineirinho estão com problemas ambientais devido ao desmatamento e ao uso e ocupação das suas APPs. Observa-se que há bastantes dejetos jogados e já podem ser notados processos erosivos em certos pontos da bacia.

Esse descuido acaba por acarretar em problemas que não são observados facilmente, como a perda do equilíbrio natural da fauna e da flora, o assoreamento lento dos rios, a perda em quantidade e qualidade da água, as enchentes, os rios poluídos, entre outros.

2. Objetivos

O presente trabalho tem como objetivos caracterizar e analisar a situação da bacia do córrego do Mineirinho, englobando informações sobre o seu meio físico, o respeito às suas APPs e o tipo de uso e ocupação do solo. Será discorrido, também, sobre os problemas que a degradação do córrego provocou ou poderá provocar no contexto urbano, bem como propor intervenções mitigadoras dos impactos negativos na bacia, devido às ações antrópicas, através da formulação de propostas para recuperação das suas nascentes.

3. Metodologia

Este trabalho realizado ao longo de um ano seguiu algumas etapas para a sua organização, primeiramente a revisão bibliográfica, depois as visitas a campo para posteriormente a produção de resultados e das propostas.

A revisão bibliográfica consistiu na pesquisa de trabalhos escritos e digitalizados que abordam os assuntos do trabalho, em função de conceituar alguns itens importantes e também de coletar dados interessantes sobre a bacia do Córrego do Mineirinho. As pesquisas também foram necessárias para as propostas finais de recuperação das áreas degradadas.

A revisão consistiu também na busca pelo mapa da bacia, o qual foi encontrado e disponibilizado pelo CDCC (Centro de Divulgação Científica e Cultural) da USP de São Carlos. As informações do mapa são do ano de 2002.

As visitas a campo foram realizadas em duas etapas. Uma primeira para reconhecimento geral da bacia, dos usos e ocupações predominantes na área, e do córrego, do seu curso e suas nascentes, com a ajuda do mapa disponibilizado. Essa primeira etapa auxiliou mesmo para identificar alguns pontos discutidos em trabalhos sobre a bacia.

A segunda etapa já está incluída na produção de resultados. Nesta etapa foi feito o reconhecimento das situações das APPs, principalmente das nascentes. Foi possível identificar os problemas visíveis presentes no córrego, os quais foram registrados através de fotografias, e também auxiliou para verificar que o mapa cedido pelo CDCC e também a imagem de satélite do Google que foi utilizada para a elaboração dos mapas possuem dados que não correspondem, em lugares, com a realidade atual.

Como produção de resultados, além das fotografias, foram feitos mapas com a utilização das ferramentas de SIG (Sistema de Informação Geográfica). Uma imagem de satélite da região do Google Maps, foi georreferenciada através de coordenadas UTM no datum Córrego Alegre, zona 23S, e, como sobreposição a essa imagem, o mapa cedido pelo Centro de Divulgação Científica e Cultural da USP de São Carlos contendo informações sobre a bacia (drenagens, curvas de nível, delimitação da bacia e quadras) foi digitalizado.

Através dessas informações primárias postadas em um mapa com a utilização do programa ArcView 3.2, um software de SIG, foi possível construir os mapas de caracterização da região da bacia hidrográfica do Córrego do Mineirinho.

Para a elaboração do mapa de uso e ocupação, além das informações contidas no mapa cedido, foram necessárias análises da imagem de satélite e do que foi verificado em campo, além da verificação de dados obtidos em trabalhos realizados sobre a bacia.

Os outros mapas gerados, o de declividade e as delimitações das APPs foram feitos pelas ferramentas do ArcView.

Finalmente, para a elaboração das propostas, os problemas identificados foram analisados e com o auxílio da revisão de trabalhos e projetos realizados foram escolhidas as melhores alternativas para a recuperação da bacia.

4. O Sistema Bacia Hidrográfica

4.1. Bacias Hidrográficas

A necessidade de preservação e manejo da água como um recurso natural distribuído de forma desigual sobre o planeta e que tem sofrido constante deterioração e desperdícios onde esta existe ainda em abundância, impôs a necessidade de se difundir o conceito de bacia hidrográfica no mundo a partir da década de setenta.

Várias definições foram incorporadas nessa área de estudo, todas se assemelhando na conclusão de que a bacia hidrográfica é uma área delimitada topograficamente por um divisor de águas e que concentra o sistema de drenagem dessa área. Segundo Barrela (2001), a bacia hidrográfica é um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, limitado nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas ou escoam superficialmente formando drenagens ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático. As águas superficiais escoam para as partes mais baixas do terreno, formando riachos e rios, sendo que as cabeceiras são formadas por fios d'água que brotam em terrenos íngremes das serras e montanhas e, à medida que a drenagem principal escoar pela bacia, junta-se a seus afluentes, aumentando o volume e formando os primeiros rios. Esses pequenos rios continuam seus trajetos recebendo água de outros tributários, formando rios maiores até desembocarem no oceano.

Em relação às micro e sub-bacias, há também algumas adversidades sobre seu conceito. Para Faustino (1996, apud TEODORO et al., 2007) a sub-bacia é toda área com drenagem direta ao curso principal da bacia, possuem áreas maiores que 100 Km² e menores que 700 Km², sendo que o conjunto de sub-bacias forma uma bacia. Em relação às microbacias, de forma semelhante, o autor define como toda área com drenagem direta ao curso principal de uma sub-bacia, que possuem áreas menores que 100 Km², e, estas, formam uma sub-bacia.

Do ponto de vista da hidrologia, a classificação de bacias hidrográficas em grandes e pequenas não é vista somente na sua superfície total, mas considerando os efeitos de certos fatores dominantes na geração do deflúvio, tendo as microbacias como características distintas uma grande sensibilidade tanto às chuvas de alta intensidade (curta duração), como também ao fator uso do solo (cobertura vegetal), sendo assim, as alterações na quantidade e qualidade da água do deflúvio, em função de chuvas intensas e ou em função de mudanças no solo, são detectadas com mais sensibilidade nas microbacias do que nas grandes bacias. Portanto, essa explicação contribui na distinção, definição e delimitação espacial de microbacias e bacias hidrográficas, sendo sua compreensão, crucial para a estruturação de programas de monitoramento ambiental, por meio de medições de variáveis hidrológicas e limnológicas, da topografia e cartografia e com o auxílio de sistemas de informações geográficas. Dessa forma, pode-se chegar a uma adequação espacial de microbacias e bacias hidrográficas (LIMA; ZAKIA, 2000).

Para Rodrigues (2004) a bacia hidrográfica é um sistema geomorfológico aberto, que recebe matéria orgânica e energia através de agentes climáticos e perde através do refluxo. A bacia sofre toda e qualquer degradação ocorrida em qualquer extensão de sua área. Todos os seus componentes são afetados pelas alterações ocorridas na bacia, seja de origem antrópica ou natural, e se adaptam, de forma a equilibrar o fluxo de matéria e energia, a essa nova estrutura.

Por isso, para enfrentar problemas como poluição, escassez e conflitos pelo uso da água, foi preciso reconhecer a bacia hidrográfica como um sistema ecológico em equilíbrio dinâmico que abrange uma organização de recursos e atividades interligadas e interdependentes, e admitir, logicamente, a idéia do uso da bacia hidrográfica como unidade de planejamento territorial e gerenciamento ambiental, conforme estabelecido na Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei Federal 9433 de 1997).

4.2. Matas Ciliares

As matas ciliares são formações florestais às margens de ambientes aquáticos. Constituem ambientes complexos com condições mesoclimáticas distintas, atribuídas às suas temperaturas mais amenas e de maior umidade atmosférica local. As relações desempenhadas entre o ambiente aquático e o vegetal terrestre que margeia os cursos de água fazem com que diversos autores considerem inúmeras denominações, caracterizações e funções para esta vegetação (CARVALHO, 1996).

De acordo com Martins (2001) e Rodrigues (2000) as formações florestais localizadas ao longo dos rios e no entorno de nascentes, lagos e reservatórios são denominadas na literatura floresta ou mata ciliar, mata de galeria, floresta beiradeira, floresta ripária, floresta ribeirinha e floresta paludosa, mas para efeitos de recuperação e legislação, o termo mata ciliar tem sido empregado para defini-la de forma genérica.

Segundo Borges (1995), as formações ciliares têm o papel de promover a estabilidade das comunidades florísticas e faunísticas em suas diferentes biotas e funcionam como filtro de escoamento superficial tanto pela densidade de sua copa, como pelo material da serrapilheira. Além disso, recuperam as nascentes garantindo água em qualidade e quantidade e melhora as condições hidrológicas do solo. Além de ter a função de conter os processos erosivos, garante também a existência da fauna ictiológica e possibilita a existência de uma maior biodiversidade.

Também, segundo Martins (2001), as matas ciliares têm papel importante contra processos erosivos, na retenção de defensivos agrícolas, poluentes e sedimentos que seriam

transportados para os cursos d'água, afetando diretamente a quantidade e a qualidade da água e conseqüentemente a fauna aquática e a população humana. São importantes também como corredores ecológicos, ligando fragmentos florestais e, portanto, facilitando o deslocamento da fauna e o fluxo gênico entre as populações de espécies animais e vegetais.

Do ponto de vista ecológico, segundo Rodrigues (2004), as matas ciliares têm sido consideradas corredores extremamente importantes para o movimento da fauna ao longo da paisagem, assim como para dispersão vegetal de sementes no processo de regeneração natural. Johnson (1999 apud Nilton et al., 2008) ressalta que é demonstrado que a comunidade de mamíferos não voadores das matas de galeria no cerrado é distinta das comunidades de mamíferos de qualquer outro tipo de fisionomia do cerrado.

As matas ciliares têm como função a proteção do sistema ecológico da bacia. Rodrigues (2004) define como um componente de extrema importância que deve estar presente para manter o equilíbrio das funções hidrológicas, ecológicas e limnológicas, além de manter a integridade biótica e abiótica desse conjunto, razão suficiente para justificar a necessidade de conservação dessas áreas.

“Porém, mesmo sendo reconhecida a importância dessa vegetação, as florestas ciliares continuam sendo eliminadas cedendo lugar para a especulação imobiliária, para a agricultura e pecuária e sendo devastadas também sem qualquer pretensão de se produzir na área” (MARTINS, 2001).

4.3. Uso e Ocupação do Solo nas Bacias e a Destruição das Matas Ciliares

O processo de ocupação das bacias se tornou um grande problema desde que a urbanização se tornou intensa. Desde os primórdios, as bacias são ocupadas para moradia, porém, com o adensamento das cidades, essa ocupação se intensificou de maneira prejudicial, comprometendo as funções físicas e biológicas dessas áreas. O percurso dos cursos d'água foi utilizado como rota de vias marginais em quase toda a extensão da área urbana, destruindo toda a vegetação situada nas suas margens. Assim, os rios e até as nascentes ficaram desprovidos da proteção da mata ciliar. O resultado é que essa ocupação sem planejamento trouxe vários problemas e desequilíbrios no ambiente das bacias urbanas ou em processo de urbanização.

Os problemas decorrentes da ocupação indiscriminada das áreas ciliares nas cidades, e também na área rural por pastagens e agricultura, resultam em inúmeras conseqüências ambientais, tais como: aceleração do processo de erosão das margens dos rios e assoreamento

dos mesmos alterando a qualidade da água, trazendo conseqüências que, se não sanadas a tempo, podem se tornar irreversíveis.

Esse processo vem ocorrendo devido à falta de planejamento e fiscalização dos órgãos públicos, ou mesmo da falta de conscientização das comunidades e dos agricultores além de muitos outros fatores complexos, que impedem a população de reconhecer os benefícios da preservação das matas ciliares, bem como de obedecer os instrumentos legais que existem para a preservação e manutenção destes ambientes naturais. Segundo Rodrigues (2004), para a discussão da degradação das formações ciliares deve-se considerar a sua inserção no contexto do uso e ocupação do solo brasileiro, onde esta degradação sempre foi e continua sendo fruto da expansão desordenada das fronteiras agrícolas.

Steiner (1970, apud Franciane) relata que as primeiras classificações de uso e ocupação da terra, surgiram a partir da década de 50, onde grandes números de trabalhos foram realizados através do uso de fotografias aéreas, as quais se tornaram instrumentos de fundamental importância para a compreensão e identificação da organização do espaço rural, bastante alterado frente ao desenvolvimento tecnológico agrícola. E hoje, as fotografias áreas ainda constituem um instrumento extremamente importante que, juntamente com atuais tecnologias de análise dessas, permitem a elaboração de trabalhos bastante específicos de levantamentos de solos e vegetação e de mapeamentos das áreas verdes e malhas urbanas. Esse conjunto de tecnologias é fundamental para a realização de um planejamento do uso e ocupação do solo numa unidade geográfica. Por outro lado, toda essa tecnologia não impediu que as matas ciliares fossem devastadas trazendo conseqüências ao equilíbrio das bacias.

Segundo Barros (2003) quando o processo de ocupação do solo através da urbanização a montante de uma bacia hidrográfica encontra-se bastante desenvolvido, ocorre aumento do escoamento superficial e redução no tempo de concentração da bacia, potencializando os efeitos da enchente a jusante. Ohnuma (2005) explica que as águas da chuva que antes eram infiltradas e percoladas pelo solo, agora são escoadas por pavimentos impermeáveis e canais de concreto. Esse caminho, percorrido pelas águas, tende a gerar uma série de problemas ambientais, pois o incremento dessas áreas impermeáveis facilita o aumento da velocidade do escoamento superficial ao longo dos canais, agrava os problemas de capacidade e de ordem estrutural do sistema de drenagem e intensifica o potencial para a ocorrência das inundações. Além desses problemas, a ocupação desordenada das bacias hidrográficas leva à poluição de rios, córregos e ribeirões, que, via de regra, traz graves problemas de saúde pública.

É nítida a vantagem que a preservação da mata ciliar traz à economia agrícola e aos aglomerados urbanos, uma vez que as propriedades rurais e os mananciais são protegidos de problemas irreversíveis de lixiviação das camadas superficiais do solo e do assoreamento dos leitos dos córregos, rios e reservatórios, além de evitar a perda de solo fértil causada por enchentes e a evaporação excessiva de água acumulada (BARBOSA, 1989).

5. Legislação Referente às Áreas de Preservação Permanente

O estabelecimento de leis foi crucial para impedir uma maior degradação de áreas de grande importância natural. Foram definidas áreas de conservação e preservação do meio ambiente, em que a ação antrópica não pode interferir efetivamente no desenvolvimento natural. As Áreas de Preservação Permanente (APPs) são um exemplo dessas áreas: são espaços territoriais especialmente protegidos, instrumentos de relevante interesse ambiental e integram o desenvolvimento sustentável, objetivo das presentes e futuras gerações. Estão presentes nas áreas urbanas, mas dificilmente são respeitadas.

O Código Florestal, Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, alterada pela Lei 7.803, de 15 de julho e 1989, em seu Artigo 2º “estabelece que as áreas de preservação permanente são “pelo só efeito dessa lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas: (a) ao longo dos rios ou de qualquer outro curso d’água, em faixa marginal cuja largura mínima será de 30 metros para os rios com até 10 metros de largura (...) e (b) nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados 'olhos d’água’, qualquer que seja a sua situação topográfica num raio de 50 metros de largura”.

Em relação à RESOLUÇÃO CONAMA Nº303, de 20 de março de 2002, não só a vegetação em torno das drenagens, mas APP é toda a área “em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com a largura mínima de:

a) Trinta metros, para o curso d’água com largura máxima de dez metros;

(...)

II – ao redor de nascente ou olho d’água, ainda que intermitente, com raio mínimo de cinquenta metros de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia hidrográfica contribuinte;”

Devido ao assunto do trabalho, o foco do estudo são as APPs referentes à proteção da mata ciliar, que tem a função de proteção das margens dos cursos d’água, e, como o córrego em estudo é de pequena dimensão, apenas a definição para os cursos d’água com largura menor que dez metros foi relatada.

Segundo Wammes (et al. 2007) as APPs são alternativas para mitigação dos impactos da ação antrópica, funcionando como reguladores do fluxo de água, sedimentos e nutrientes, formando ecossistemas estabilizados junto às margens dos rios, lagos e nascentes, atuando na diminuição e filtragem do escoamento superficial e do carregamento de sedimentos para o sistema aquático.

6. Processos Erosivos

Erosão é o processo de “desagregação e remoção de partículas do solo ou de fragmentos e partículas de rochas, pela ação combinada da gravidade com a água, vento, gelo e/ou organismos (plantas e animais)” (IPT 1989).

A erosão pode ser “natural” ou “geológica”, que se desenvolve em condições de equilíbrio com a formação do solo; ou, “acelerada” ou “antrópica”, cuja intensidade é superior à da formação do solo, não permitindo a sua recuperação natural.

A erosão acelerada pode ser de dois tipos: *erosão laminar*, ou em lençol, “quando causada por escoamento difuso das águas das chuvas, resultando na remoção progressiva dos horizontes superficiais do solo”; e *erosão linear*, “quando causada por concentração das linhas de fluxo das águas de escoamento superficial, resultando em incisões na superfície do terreno” na forma de sulcos, ravinas e boçorocas e solapamento de margens de canal (IPT 2000).

O assoreamento é formado pelo material proveniente das erosões. A quantidade de material pode ser tão significativa que chega a constituir extensos bancos de areia (depósitos) ao longo dos cursos d’água. Segundo o IPT (1997c), o assoreamento resulta nos seguintes impactos mais relevantes:

- a) diminuição do armazenamento de água nos reservatórios;
- b) colmatação total de pequenos lagos e açudes;
- c) obstrução de canais de cursos d’água;
- d) destruição dos *habitats* aquáticos;
- e) indução de turbidez, prejudicando o aproveitamento da água e reduzindo as atividades de fotossíntese;
- f) degradação da água para o consumo;
- g) prejuízo dos sistemas de distribuição de água;
- h) veiculação de poluentes como pesticidas, fertilizantes, herbicidas, etc;
- i) veiculação de bactérias e vírus;
- j) abrasão nas tubulações e nas partes internas das turbinas e bombas.

As cabeceiras de drenagens constituem as principais áreas fontes de sedimentos, pois a maioria das erosões está a elas associadas. Segundo o Relatório nº40670 do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, IPT (2000), as boçorocas têm dimensões superiores às ravinas e no seu mecanismo de desenvolvimento atuam tanto a ação da água de escoamento superficial quanto os fluxos d'água sub-superficiais, por meio do fenômeno de *piping* (erosão interna que provoca o carreamento de partículas do interior do solo, causando colapsos, escorregamentos laterais do terreno e alargando a boçoroca). Ocorrem principalmente em cabeceiras de drenagens, onde há uma convergência e concentração natural dos fluxos d'água superficiais e subterrâneos de água, favorecendo o desenvolvimento de processos que caracterizam as boçorocas.

Segundo, ainda, o Relatório nº40670 do IPT (2000) as ravinas e boçorocas podem ser classificadas como urbanas ou rurais. As ravinas e boçorocas urbanas estão associadas principalmente ao processo desorganizado de urbanização. Dependendo das características do terreno e das condições de infra-estrutura local, o escoamento superficial tem capacidade para provocar sérios prejuízos ao ambiente urbano. Com a evolução da erosão e o aprofundamento do talude, dá-se o afloramento da água subterrânea no fundo e nas paredes da boçoroca; assim, o processo erosivo torna-se ainda mais complexo e acelerado, caracterizando abatimentos bruscos do terreno em áreas descalçadas por erosão interna (*piping*).

Quando as águas são conduzidas por sistemas de captação apropriados, normalmente o problema tem origem no ponto de lançamento das águas, sendo comum o mau dimensionamento e falta de conservação das obras terminais de dissipação.

O problema agrava-se em função da necessidade de sistemas de drenagem para o lançamento das águas pluviais e servidas nos cursos d'água próximos às zonas urbanas, que não comportam um grande incremento de vazão, sofrendo rápido entalhamento e alargamento do leito. Os incrementos brutais das vazões, por ocasião das chuvas, aliando-se às variações do nível freático, conferem ao processo erosivo remontante uma dinâmica acelerada. Tais fenômenos, que se desenvolvem em área urbanizada, colocam em risco a segurança e os recursos econômicos da população local (IPT 2000).

As ravinas e boçorocas rurais (desenvolvidas nas áreas agrícolas, campos abandonados, pastagens e associadas às redes viárias) são causadas pelo desmatamento e manejo inadequado do solo. Desenvolvem-se em decorrência de intervenções antrópicas inadequadas e por reativação das cabeceiras de drenagem.

A ausência de bueiros e dissipadores nas porções terminais do sistema de drenagem, que nem sempre comportam o incremento da vazão imposta pelas obras civis (principalmente rodovias e ferrovias), faz com que ao receber um grande volume do escoamento superficial, sejam colocados em risco determinados trechos do sistema viário. Muitas vezes as vias tiveram seu traçado modificado em função de tais erosões.

7. A Bacia do Córrego do Mineirinho

A bacia do córrego do Mineirinho é uma microbacia localizada numa região de recente urbanização do município de São Carlos, mais precisamente nos bairros residenciais Santa Angelina, Santa Felícia e suas imediações. Possui uma área aproximada de 5,85 Km² e está inserida na bacia do Rio Monjolinho.

O córrego possui quatro nascentes localizadas no bairro Santa Angelina, sendo que duas dessas nascentes, uma secundária e uma intermitente, estão presentes dentro do Campus II da USP. O tipo de solo predominante é o Latossolo Vermelho Amarelo, sendo já observado na região dois processos erosivos (voçorocas), junto as nascentes externas ao Campus, no loteamento Santa Angelina, atingindo uma área de aproximadamente 0,10 ha (COMDEMA – Prefeitura Municipal de São Carlos).

A região da bacia pertence à Formação da Serra Geral, segundo o relatório do VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, o que confere aos terrenos uma boa capacidade de suporte quanto aos usos e ocupações urbanas apesar de apresentar apenas alguns pontos que encontram às beiras do curso principal do córrego com acentuada declividade (maiores que 20%) que são mais propensos para ocorrer movimentos de massa como a erosão, por exemplo.

Seus dois afluentes de cabeceira (nascentes), drenam as suas águas de encontro ao afluente que nasce no Campus II da USP. No entorno do campus, encontram-se pastagens, monocultura de cana-de-açúcar, regiões sem cobertura vegetal, áreas urbanizadas e uma ferrovia circundando seu divisor de águas. Acompanhando os cursos do córrego, considerando que o principal possui uma extensão de 4Km, encontram-se ainda regiões que possuem mata ciliar, trechos com floresta paludosa e áreas alagadas com vegetação de pequeno porte (gramíneas).

A área começou a ser habitada de maneira lenta devido à saturação do antigo setor de crescimento da cidade, mas, há poucos anos, essa urbanização se acelerou devido à instalação de campi universitários que levou à ocupação desordenada da área acarretando em várias irregularidades quanto à preservação do ambiente natural incluindo as APPs que fazem parte da bacia hidrográfica do córrego do Mineirinho.

Benini (2005), relata que, no ano de 2000, 18,6% da área total da bacia era ocupada por residências e que, com as obras de implantação e instalação do Campus II da USP de São Carlos, são crescentes os passivos ambientais em toda extensão da bacia, tanto por desmatamento, quanto por impermeabilização do solo devido à urbanização do local. Ambas as atividades

desenvolvidas promovem significativo aumento no escoamento superficial das águas precipitadas e conseqüentemente maior aporte de sedimentos aos canais de drenagem. Isso significa avançadas frentes de erosão nos corpos hídricos e aceleração do assoreamento, potencializando as inundações.

7.1. O Campus Universitário da USP na Área da Bacia

Em relação ao Campus II da USP, segundo dados do COMDEMA, com uma área de aproximadamente 91,15 ha, a porcentagem de solo impermeabilizado é de 18,4%, chegando a uma área de 16,8 ha. O COMDEMA analisa também que, devido a importância do projeto do campus universitário, o ideal é que esse fosse objeto de um EIA (Estudo de Impacto Ambiental), o qual não foi realizado.

Porém, um Relatório Ambiental foi apresentado pela USP como instrumento apenas para o Licenciamento Prévio. O relatório tem como destaque a caracterização da flora e o projeto de restauração florestal com espécies nativas. Segundo este, o local apresenta sinais de intensa atividade antrópica e, além de vegetação exótica, representada por pinus, capim braquiária e remanescentes de plantações de cana de açúcar, existem remanescentes de vegetação nativa com certo grau de degradação, compostos por florestas ribeirinhas ou de galeria, campos úmidos, matas de brejo e cerrado.

O projeto é criticado, no entanto, pela construção de duas pontes que, devido aos aterros, ocupam uma área significativa de APP e sobre falta de informação, tanto sobre as medidas previstas para o controle de duas erosões existentes próximas a área, quanto sobre os efeitos na sócio-economia da cidade e região.

8. O Plano Diretor da cidade de São Carlos

O Plano Diretor da Cidade de São Carlos instituído pela Lei Nº 13.691 de 25 de novembro de 2005, define a região da bacia do córrego do Mineirinho como vetor de crescimento da cidade e, através do zoneamento, definiu as bases desse crescimento.

As normas de zoneamento, como estratégia da política urbana, consistem no estabelecimento de zonas com características semelhantes com o propósito de favorecer a

implementação tanto dos instrumentos de ordenamento e controle urbano, quanto de Áreas de Especial Interesse (Art. 18 do Capítulo II - Do Macrozoneamento e do Zoneamento - Plano Diretor da Cidade de São Carlos).

8.1. A Macrozona Urbana e Rural do município de São Carlos

As Macrozonas Urbana e Rural do município de São Carlos são subdivididas em sete zonas, sendo três dessas pertencentes à Macrozona Urbana e as outras quatro à Macrozona Rural.

Segundo o art. 22 do Plano Diretor:

A Macrozona Urbana é composta por áreas dotadas de infra-estruturas, serviços e equipamentos públicos e comunitários, apresentando maior densidade construtiva e populacional que requerem uma qualificação urbanística e em condições de atrair investimentos imobiliários privados. A Macrozona Urbana engloba três das sete zonas, são elas:

- I** - Zona de Ocupação Induzida – Zona 1;
 - II** - Zona de Ocupação Condicionada - Zona 2;
 - III** - Zona de Recuperação e Ocupação Controlada - Zona 3 (3A e 3B).
- (...).

O artigo 23 relata que:

A Macrozona de Uso Multifuncional Rural é composta por áreas de uso agrícola, extrativista ou pecuário, com áreas significativas de vegetação natural, condições de permeabilidade próximas aos índices naturais, por áreas de preservação ambiental formadas por reservas florestais, parques e reservas biológicas, bem como por áreas de usos não agrícolas, como chácaras de recreio, lazer, turismo, fazendas históricas, indústrias e sedes de distritos. A Macrozona de Uso Multifuncional Rural subdivide-se em:

- I** - Zona de Regulação e Ocupação Controlada - Zona 4 (4A e 4B);
 - II** - Zona de Proteção e Ocupação Restrita - Zona 5 (5A e 5B);
 - III** - Zona de Produção Agrícola Familiar - Zona 6;
 - IV** - Zona de Uso Predominantemente Agrícola - Zona 7.
- (...).

É notado, a partir das Figuras 1, 2 e 3 a seguir, que a bacia do Córrego do Mineirinho engloba as zonas 1, 2, 4 e 7, além de possuir Áreas de Especial Interesse Ambiental e Social (1, 2 e 3):

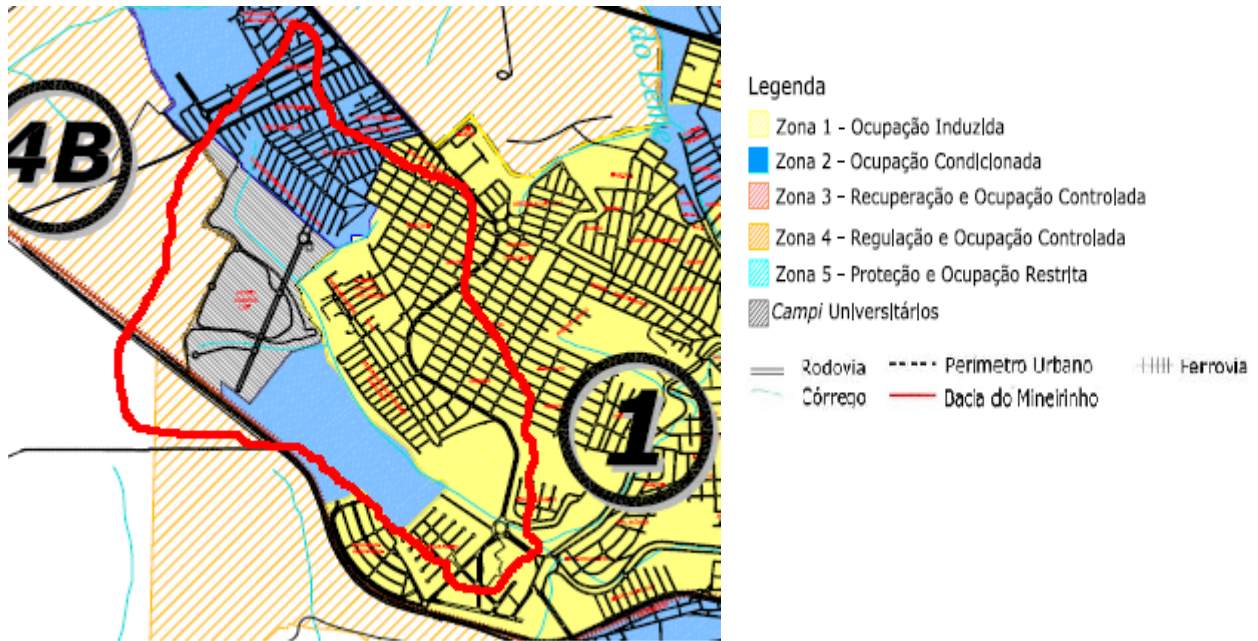


Figura 1. As zonas 1, 2 e 4 na área da bacia do Córrego do Mineirinho (fonte: Zoneamento da Macrozona Urbana e as Zonas 4 e 5. ANEXO 03 - MAPA 03 do Plano Diretor Municipal de São Carlos).

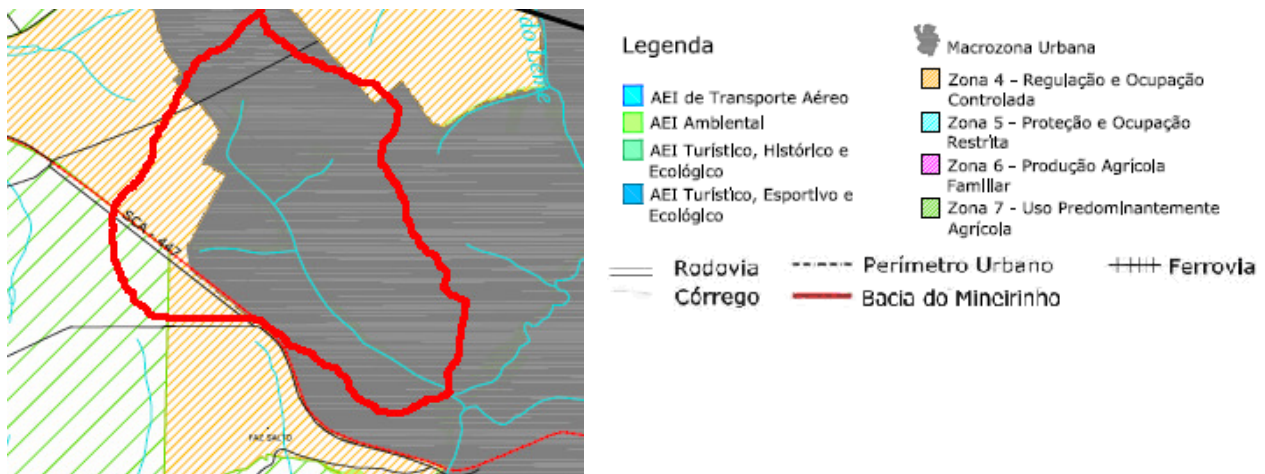


Figura 2. A Macrozona Urbana, a zona 4 e a zona 7 na área da bacia do Córrego do Mineirinho (fonte: Áreas Especiais de Interesses na Macrozona de Uso Multifuncional Rural. ANEXO 07 – MAPA 07 do Plano Diretor Municipal de São Carlos).

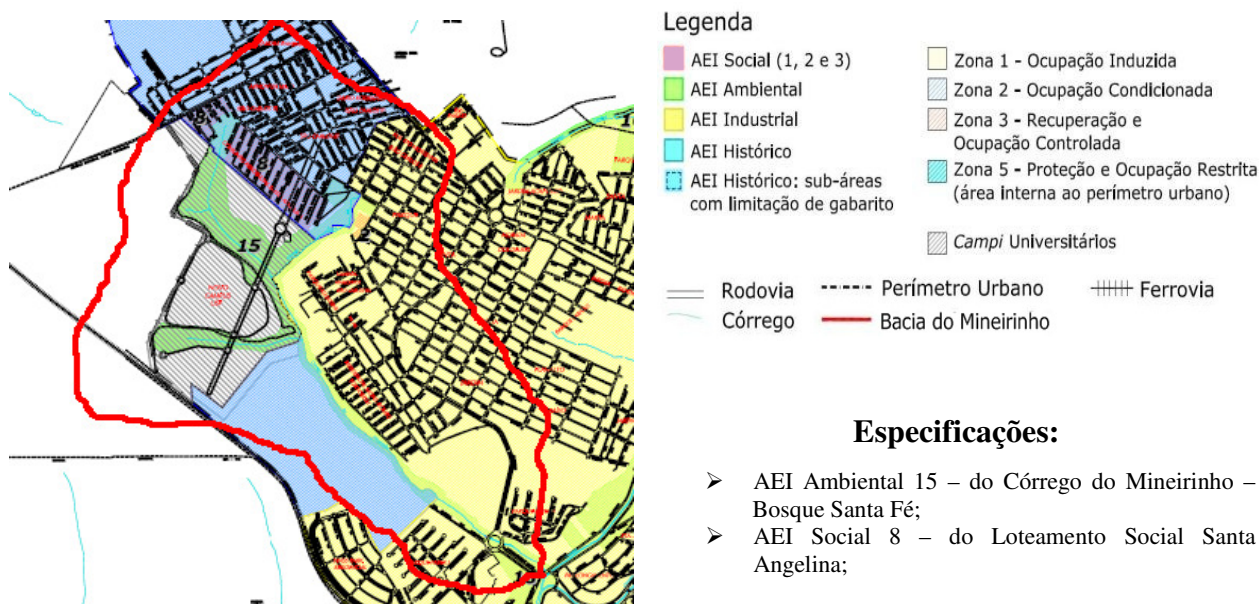


Figura 3. As Áreas Especiais de Interesse Ambiental e Social na área da bacia do Córrego do Mineirinho (fonte: Áreas Especiais de Interesse na Macrozona Urbana. ANEXO 06 – MAPA 06 do Plano Diretor Municipal de São Carlos).

8.1.1. A Zona de Ocupação Induzida

Segundo o Plano Diretor de São Carlos, a zona 1 (Ocupação Induzida) é composta por áreas do território que requerem uma qualificação urbanística e que têm as melhores condições de infra-estrutura da cidade. Área com concentração da população de alta renda, de uso misto com predominância de comércio e serviços e de concentração de imóveis de interesse cultural e histórico e não edificadas.

As diretrizes para essa Zona segundo o art. 26 do Plano Diretor são:

- I** - garantir a diversidade de usos, em especial o habitacional, restringindo os conflitos de vizinhança;
- II** - equacionar os conflitos de uso;
- III** - preservar a diversidade social;
- IV** - destinar áreas infra-estruturadas para uso de habitação popular;
- V** - incrementar o adensamento;
- VI** - promover a ocupação de glebas e lotes vazios e de imóveis vagos e subutilizados;
- VII** - promover a preservação do patrimônio histórico e arquitetônico urbano;
- VIII** - respeitar os usos consolidados;
- IX** - promover o controle da permeabilidade do solo;
- X** - estabelecer que os novos parcelamentos garantam o provimento da infra-estrutura de acordo com o impacto que sua implantação acarrete nas imediações, além das exigências previstas na legislação que trata do parcelamento do solo.

8.1.2. A Zona de Ocupação Condicionada

Segundo o Plano Diretor do Município de São Carlos a zona 2 (Ocupação Condicionada) é composta por áreas com predominância de uso misto do território com grande diversidade de padrão ocupacional. Possui como principais características a fragmentação e descontinuidade do sistema viário, presença de áreas com carência de infra-estrutura de drenagem, ocorrência de bairros que exigem a transposição das barreiras da mobilidade urbana em razão da ferrovia da Rede Ferroviária Federal e da Rodovia Washington Luiz – SP 310, além da ocorrência de loteamentos com uso misto consolidado ferindo o disposto nos contratos de loteamentos a serem regularizados por meio de outorga onerosa de alteração de uso do solo.

O art. 29 do Plano Diretor discorre sobre as diretrizes dessa zona:

- I** - prover áreas infra-estruturadas para uso de habitação popular;
- II** - garantir a diversidade de uso e de padrão social;
- III** - equacionar conflitos de uso e ocupação do solo;
- IV** - adequar às transposições da ferrovia da Rede Ferroviária Federal e da Rodovia Washington Luiz - SP 310;
- V** - adequar o sistema viário urbano nas regiões de morfologia fragmentada;
- VI** - adequar o sistema de drenagem;
- VII** - respeitar os usos consolidados;
- VIII** - promover as medidas necessárias para assegurar as condições urbanísticas e ambientais adequadas visando consolidar o “Distrito Industrial Miguel Abdelnur”, classificando-o de acordo com a Lei Estadual nº 5.597, de 06 de fevereiro de 1987, que estabelece normas e diretrizes para o zoneamento industrial no Estado de São Paulo e dá outras providências;
- IX** - estabelecer que os novos parcelamentos, garantam o provimento da infra-estrutura de acordo com o impacto que sua implantação acarrete nas imediações, além das exigências previstas na legislação que trata do parcelamento do solo;
- X** - promover o adensamento nos eixos mais bem infra-estruturados desta Zona 2, configurados nas Avenidas Henrique Gregori, Grécia e Theodureto de Camargo.

8.1.3. A Zonas de Regulação e Ocupação Controlada

A zona 4 (Regulação e Ocupação Controlada) é composta pelas Zonas 4A e 4B que apresentam como característica em comum, segundo o Plano Diretor, o fato de estarem localizadas em áreas com fortes tendências para a expansão urbana, apresentando usos diversificados que se configuram como transição entre o meio rural e o meio urbano. A Zona 4B, além do uso rural, contém as seguintes características: áreas contíguas ou circundadas por setores já urbanizados, definidos nesta Lei, como limite do perímetro urbano; presença de nascentes do Córrego do Santa Maria do Leme e proximidade dos Córregos do Monjolino, do Água Quente e do Água Fria; zona com potencial de expansão urbana em função da proximidade

do Campus II da USP e da infra-estrutura urbana já instalada na Macrozona Urbana contígua, zona seccionada pela Rodovia Washington Luiz – SP 310.

Para essa zona devem ser observadas as seguintes diretrizes segundo o art. 39:

- I** - regulamentar e disciplinar novos empreendimentos que impliquem na alteração de uso do solo rural, estabelecendo critérios e contrapartida por meio da Outorga Onerosa de Alteração de Uso do Solo;
- II** - promover o crescimento ordenado e integrado à malha urbana já existente, mediante solicitação de parcelamentos para fins urbanos;
- III** - compatibilizar o sistema viário com a malha existente e com as diretrizes viárias estabelecidas nesta Lei;
- IV** - adequar o sistema viário, em especial o uso da Rodovia Washington Luiz – SP 310;
- V** - impedir a ocorrência de parcelamentos clandestinos ou irregulares;
- VI** - garantir o provimento de infraestrutura adequada e de equipamentos públicos compatíveis aos parcelamentos para fins urbanos a serem empreendidos.

8.1.4. A Zona de Uso Predominantemente Agrícola

A zona 7 (Uso Predominantemente Agrícola) é composta por áreas que apresentam as seguintes características segundo o Plano Diretor: grande diversidade de produção agrícola e de agroecossistemas; abundância de recursos hídricos; diversidade de solos e de estrutura fundiária; predomínio das redes agroindustriais: sucroalcooleira, citrícola, láctea, de carne bovina e de avicultura de corte; áreas de grande potencial de lazer e turismo com chácaras de recreio, cachoeiras, propriedades históricas e o Vale do Quilombo e ocorrência de parcelamentos clandestinos ou irregulares.

Essa Zona possui as seguintes diretrizes segundo o art. 54 do Plano Diretor:

- I** - promover a gestão integrada das fronteiras municipais;
- II** - impedir a implantação de usos urbanos que impliquem em adensamento populacional e construtivo, promovendo, preferencialmente, os usos agrícolas;
- III** - promover o potencial econômico e paisagístico a partir dos atributos da região;
- IV** - compatibilizar o uso turístico, a preservação ambiental e o uso agrícola;
- V** - implementar técnicas conservacionistas com manejos sustentáveis;
- VI** - adequar a rede de mobilidade ao deslocamento seguro e orientado aos atrativos turísticos;
- VII** - implementar políticas integradas na gestão sustentável dos recursos hídricos, promovendo a preservação das bacias hidrográficas;
- VIII** - promover programas de geração de trabalho e renda e o acesso da população a estas oportunidades, por meio do estímulo às atividades compatíveis com as características e potencialidades da região;

IX - atribuir aos responsáveis pelos parcelamentos a regularização física e fundiária dos loteamentos clandestinos e irregulares, já consolidados, listados no Anexo nº 05, por meio de Urbanização Específica.

8.2. Áreas Especiais de Interesse

8.2.1. Áreas Especiais de Interesse Ambiental

No tocante das Áreas Especiais de Interesse o Plano Diretor de São Carlos define que as Áreas Especiais de Interesse Ambiental são porções do território destinadas a proteger e recuperar os mananciais, nascentes e corpos d'água; a preservação de áreas com vegetação significativa e paisagens naturais notáveis; áreas de reflorestamento e de conservação de parques e fundos de vale.

8.2.2. Áreas Especiais de Interesse Social

Já as Áreas Especiais de Interesse Social são porções do território destinadas a proporcionar condições de moradia à população de baixa renda, classificadas em AEIS 1, AEIS 2 e AEIS 3. No caso do loteamento Santa Angelina é uma AEIS 2, as áreas definidas como AEIS 2 são compostas por empreendimentos de iniciativa pública ou órgão institucional, já constituídos ou em implantação, destinados às habitações de interesse social, dotados de infraestrutura e de serviços urbanos ou que estejam recebendo investimentos dessa natureza.

Pode-se notar certo conflito de interesses nessa bacia, englobando desde áreas que estão indicadas para uma urbanização intensa e de interesse social habitacional até áreas de uso predominante agrícola e de interesse ambiental. Não que estes diferentes usos do solo não possam estar em uma mesma bacia, mas por causa dessa variedade é importante que haja um maior controle para que as áreas se respeitem e não prejudiquem umas as outras.

9. A Bacia do Córrego do Mineirinho

9.1. Visitas e análises

Foram realizadas visitas de reconhecimento onde puderam ser observadas de forma geral as características da bacia. Esse reconhecimento foi de extrema importância para a constituição dos mapas teóricos com fatores reais de campo, utilizados na identificação do uso e ocupação do solo e do grau de avanço dos problemas presentes na bacia. Alguns fatores que puderam ser identificados apenas durante as visitas por ser de difícil análise através da imagem foram identificados: loteamentos de alto e baixo padrão de renda, remanescentes de mata ciliar, remanescentes de floresta secundária, áreas com solo exposto, áreas utilizadas como depósitos de entulhos e lixo em geral e processos erosivos.

Com a utilização do programa ArcView 3.2, um software de SIG (Sistema de Informação Geográfica), foi possível construir os mapas de caracterização da região da bacia hidrográfica do Córrego do Mineirinho. Uma imagem de satélite da região do Google Maps, foi georreferenciada através de coordenadas UTM no datum Córrego Alegre, zona 23S, e, como sobreposição a essa imagem, um mapa cedido pelo Centro de Divulgação Científica e Cultural da USP de São Carlos contendo informações sobre a bacia, como drenagens, curvas de nível, delimitação da bacia e quadras, foi georreferenciado e digitalizado. Assim, através dos dados obtidos, foi possível gerar outras informações importantes através da ferramenta de SIG.

Como a imagem capturada pelo Google não é uma foto atual, situação observada principalmente através da análise da obra de construção do Campus II da USP, que hoje já abriga os departamentos de Engenharia Aeronáutica, Ambiental e da Computação além novos blocos sendo construídos, e também do desenvolvimento dos loteamentos, pode-se concluir que a imagem é datada dentre 2003 e 2004. Ou seja, muito já se desenvolveu na região que está no vetor de crescimento da cidade. Muitas habitações foram construídas, o comércio foi para região, assim como a ocupação ilegal das APPs também aumentou.

A Figura 4 mostra as informações do mapa da bacia do Mineirinho cedido pelo Centro de Divulgação Científica e Cultura da USP (CDCC) sobrepondo suas informações sobre a imagem de satélite:

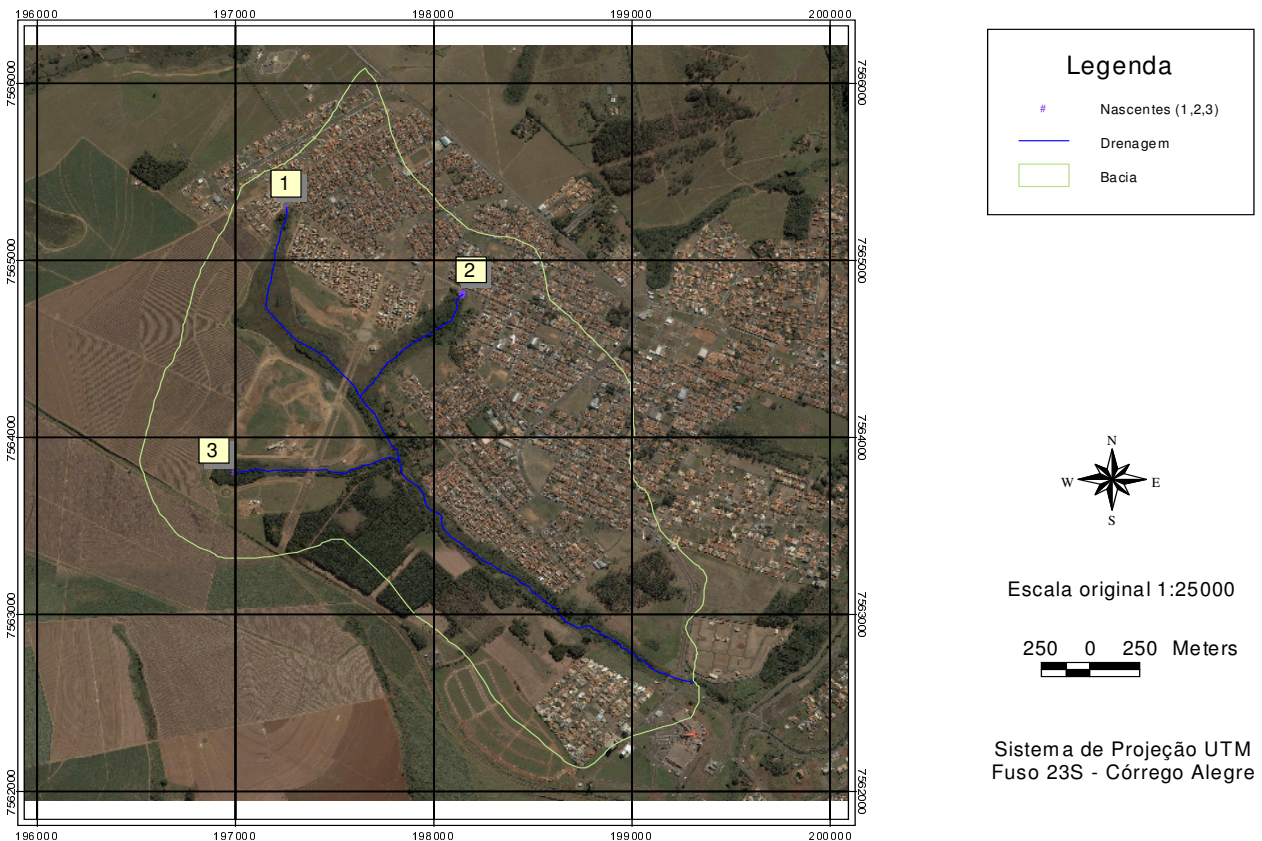


Figura 4. Bacia do córrego do Mineirinho e suas nascentes.

A figura apresenta também numerações com a intenção de identificar e localizar as três nascentes do córrego. A nascente representada pelo número 1 é a nascente principal do córrego, a qual possui dois pontos de brotamento e se encontra perto do loteamento Santa Angelina. A nascente 2, secundária, é também conhecida como nascente do córrego Santa Fé que está inserido na microbacia do Mineirinho como seu afluente e se encontra praticamente ao lado da Rua Francisco Possa. Finalmente, a nascente 3 é uma nascente difusa localizada dentro do campus universitário da USP.

Querendo ter uma visão geral do que ocorre e onde se localizam os diferentes componentes da bacia, foi feito então um mapa definindo usos e ocupações entre: mata ciliar existente, agricultura (cana), floresta de pinus, gramíneas, a área da USP e áreas urbanizadas e os contrastes também em relação ao padrão e as atividades das áreas urbanizadas. Estas últimas classificadas por áreas predominantemente residenciais, predominantemente comerciais, mistas (residenciais e comerciais) e industriais. As figuras 5 e 6 mostram os diferentes usos e ocupações:

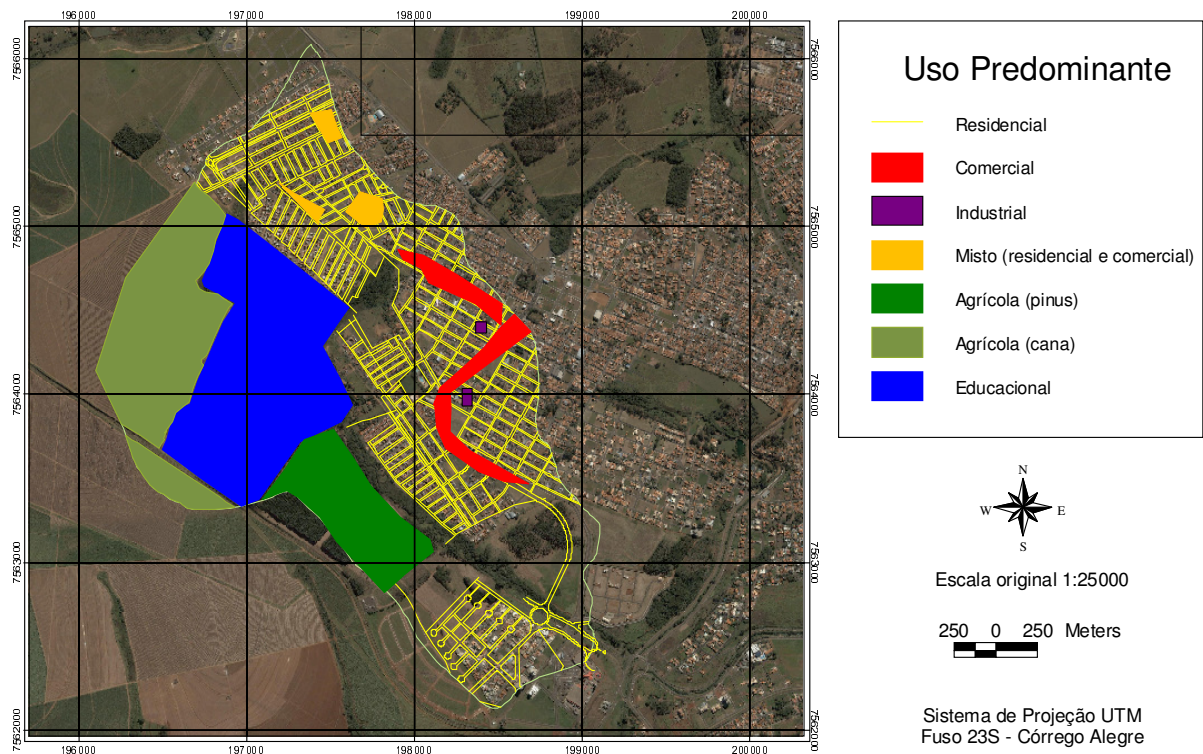


Figura 5. Mapa do uso e ocupação predominante na área da bacia do córrego do Mineirinho.

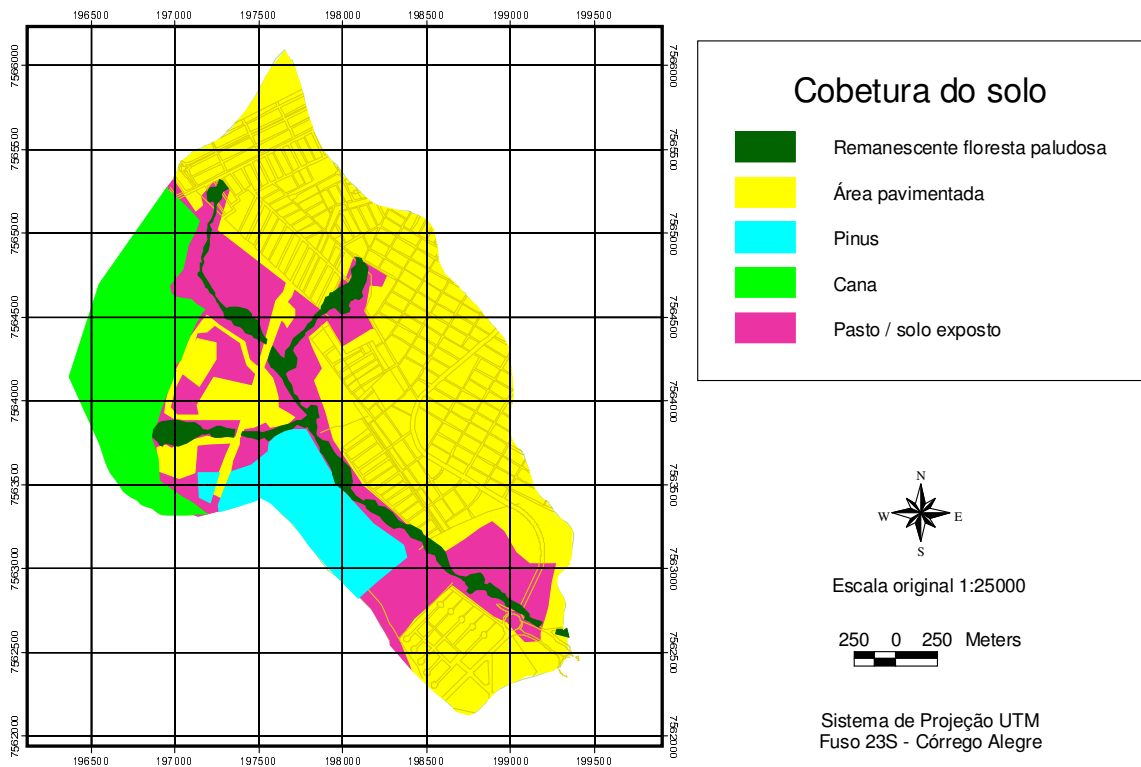


Figura 6. Mapa de Uso e Ocupação da bacia do córrego do Mineirinho.

A bacia possui uma área aproximada de 5,85 Km² estimada através do ArcView 3.2 e o seu uso e ocupação do solo em são assim divididos: 45% de área urbanizada (80% dessa urbanização ocorrem na margem esquerda); 17% da área são cobertas pela cultura de cana-de-açúcar e pinus 13% da área da bacia é coberta por pinus; 20% da cobertura da bacia é composta por campos e/ou pastagens e por solo exposto (basicamente terrenos baldios, praças mal-consolidadas e despejos clandestinos); 5% da área são matas ciliares que se encontram beirando os córregos e nascentes (vegetação paludosa).

É nítida a grande disparidade das atividades presentes da bacia se for observado o uso e ocupação do solo interligado com o Plano Diretor. A bacia continua em processo de urbanização intensa e o plano diretor do município de São Carlos prevê no seu zoneamento que a bacia conta, além das suas áreas principais de ocupação induzida e de ocupação condicionada, zonas de urbanização específica como Áreas de Especial Interesse Ambiental e Áreas de Especial Interesse Social, e também prevê a manutenção de uma pequena área rural, prevista como Área Predominantemente Agrícola.

Devido a esse conflito de interesses, as áreas devem ser bem definidas e fazer com que sejam respeitados seus limites e atividades pertinentes para que não haja prejuízo para nenhum setor.

As figuras, a seguir, feitas através do ArcView 3.2, sobrepõem a delimitação das APPs definida por lei sobre imagem de satélite. Porém, para facilitar a visão geral, desconsiderou-se a drenagem e as curvas de níveis georreferenciadas, e uma nova imagem da drenagem foi digitalizada coincidindo com a imagem de satélite do Google. Pode-se analisar o estado das APPs que margeiam o córrego e nascentes na Figura 7, e as Figuras 8, 9 e 10 mostram um zoom das regiões das nascentes com mais detalhes:

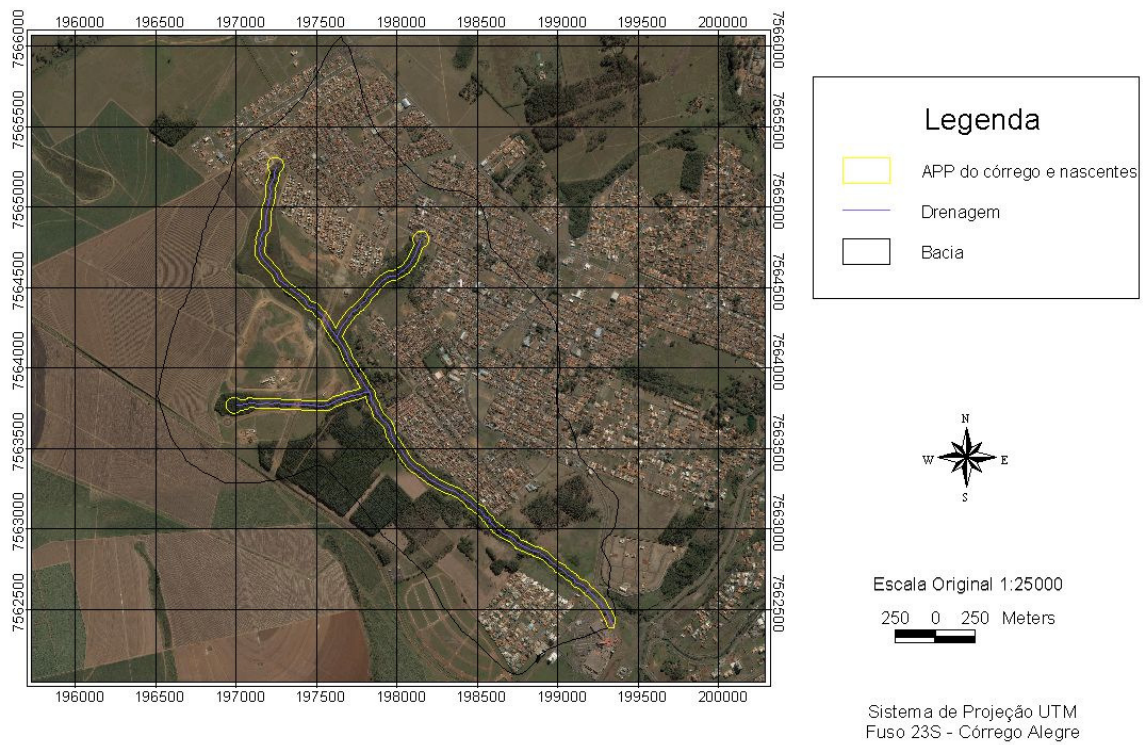


Figura 7. APPs da bacia do córrego do Mineirinho.

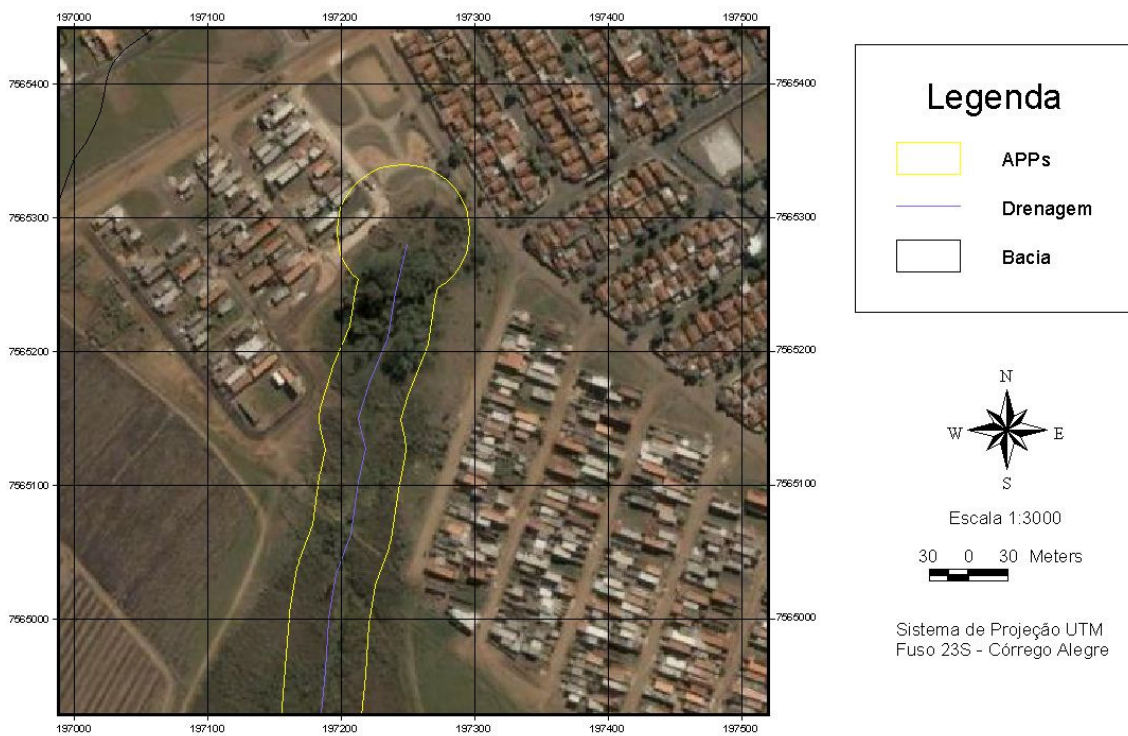


Figura 8. APPs da região da nascente principal do córrego do Mineirinho.

Analisando a Figura 8 é possível notar que há uma rua bem perto da nascente e algumas habitações que seriam ilegais por estarem dentro da APP. Nota-se também a devastação das matas ciliares, sendo que hoje em dia se apresenta ainda pior, além da presença de uma voçoroca que ainda não estava formada na data desta imagem. Esses pontos serão detalhados posteriormente.

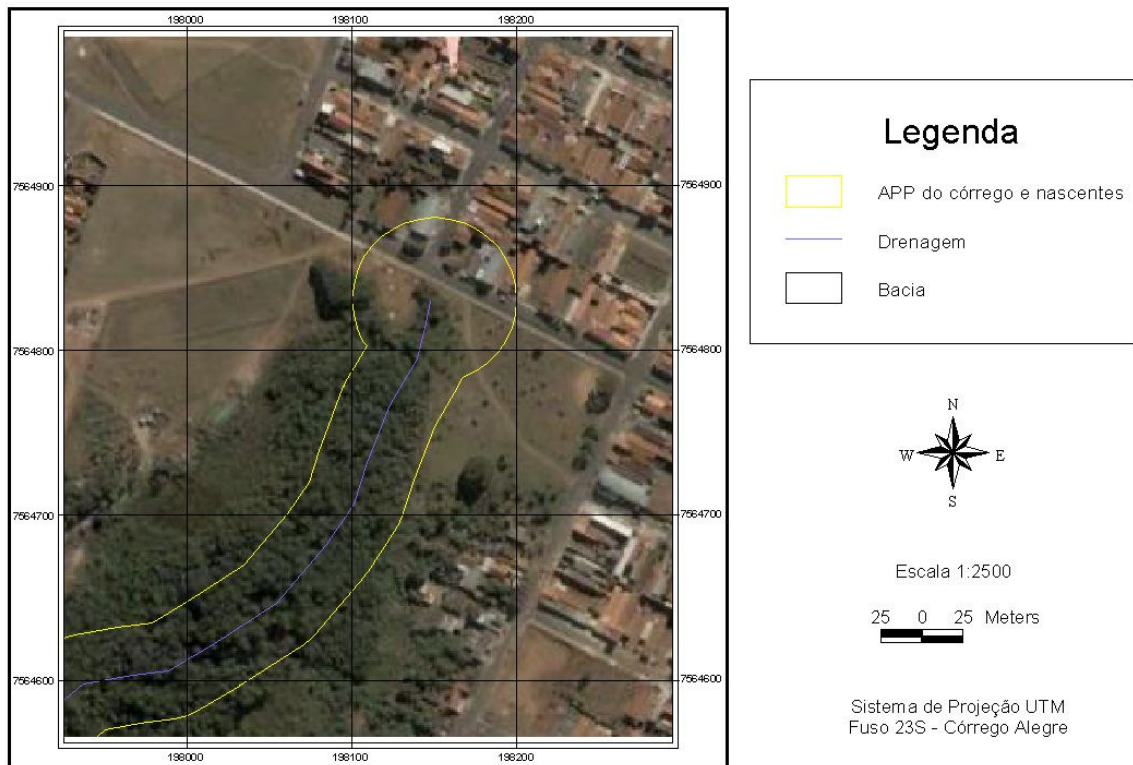


Figura 9. APPs da nascente da região do córrego Santa Fé.

Da mesma forma, observando a imagem da nascente do córrego Santa Fé, pode-se notar que a rua Francisco Possa passa praticamente do lado da nascente além haver muitas casas dentro da APP. Não é possível ver, também nesta nascente, a voçoroca que se formou ao longo do trecho inicial do córrego, a qual será citada posteriormente.

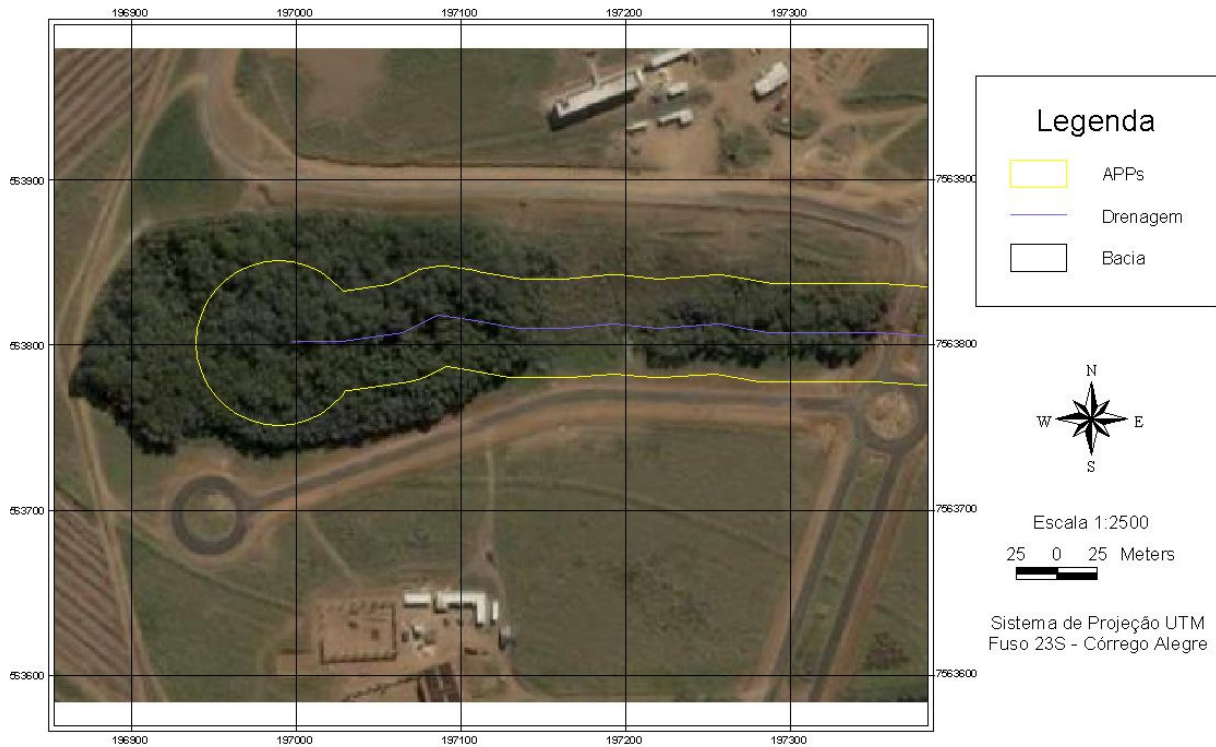


Figura 10. APPs da região da nascente secundária dentro do Campus da USP.

Apenas em relação à nascente dentro do Campus 2 foi possível notar uma melhora na situação das APPs. Houve um programa de reflorestamento nessas áreas e, hoje, a mata ciliar cresceu e chega praticamente já beira a via asphaltada, a não ser nas áreas onde se localizam as pontes onde a vegetação é interrompida e também algumas áreas significativas onde há a predominância de gramíneas.

Retornando às duas nascentes localizadas fora do Campus 2 que estão em pior estado de preservação, em geral, pode-se notar que apenas em poucos pontos dentro da área que coincidiria com a APP, delimitada em amarelo nas Figura 8 e 9, há realmente a quantidade necessária de vegetação nativa nos arredores do córrego, além de que a sua maioria é gramínea. Há presença de poucos pontos com árvores e arbustos e mais raros são ainda os pontos onde a vegetação ciliar é a original.

Vê-se também a presença de obras públicas dentro das APPs como ruas e praças, além das moradias construídas ilegalmente, demonstrando a indiferença dos órgãos públicos para tal situação.

Em favor da atual caracterização das APPs, durante as visitas a campo, feitas entre o 2º semestre de 2009 e o 1º semestre de 2010, foram tiradas algumas fotografias das regiões das nascentes. Essas fotografias ajudam a diferenciar do que é mostrado pela imagem de satélite antiga que foi georreferenciada e, portanto, a demonstrar a atual situação da bacia.

Pode-se constatar através das fotografias que a situação está bem pior atualmente do que mostra na imagem, confirmando a não execução da lei que protege as nascentes e o corpo do córrego através das APPs, além de outros problemas graves como erosões e poluição.

9.2. Nascente Principal do córrego do Mineirinho

A nascente principal está em uma situação alarmante. As Figuras 11 e 12 mostram a APP da nascente principal que está sendo invadida pela praça a menos de cinquenta metros de distância da nascente, e a ocupação ilegal bem perto da área, a apenas uns 15 metros do olho d'água.



Figura 11. Nascente principal do córrego do Mineirinho (detalhe para o solo exposto, as árvores novas plantadas e a praça ao fundo).



Figura 12. Plantação dentro da APP da nascente principal do córrego.

Nota-se também que nesse local os moradores de baixa renda causam grandes danos à estrutura da bacia. A vegetação ciliar foi desmatada deixando o solo exposto e propenso à erosão, o que acarretou na voçoroca bem ao pé da nascente. Muita poluição também é gerada com a deposição de resíduos sólidos e entulhos ao solo e no curso d'água. As Figuras 13 e 14 demonstram esses fatos:



Figura 13. Voçoroca presente bem no ponto de brotamento da nascente principal com presença de resíduos, como entulhos e móveis inutilizados.



Figura 14. Localização da voçoroca presente na nascente principal perto da rua e também das residências pondo em risco as pessoas que vivem por essa área.

Devido ao problema da ocupação ilegal ocorrem algumas irregularidades como consequência, como o desmatamento das áreas e o lançamento de esgoto na nascente principal do córrego. A seguir, as figuras 15 e 16 mostram essa imagem:



Figura 15. Segundo ponto de brotamento da nascente principal (detalhe para o solo totalmente exposto).



Figura 16. Água do córrego do Mineirinho no início do seu trajeto com poluição.

9.3. Nascente secundária localizada dentro do Campus II da USP de São Carlos

A nascente secundária localizada dentro do Campus II da USP apresenta melhor situação, sem poluição e sem ocupação ilegal, porém não apresenta a vegetação ciliar em toda a área estabelecida pela lei. A vegetação da sua APP está sendo recuperada através do reflorestamento e se encontra melhor do que foi mostrado na imagem de satélite, pois sua vegetação expandiu para quase o limite da estrada como mostra a Figura 17. Porém, como a nascente é difusa, não se pode afirmar se estão sendo respeitados os 50 metros de circunferência em torno desta, além de ainda haver algumas áreas onde a vegetação não se restabeleceu, permanecendo a presença apenas de gramíneas conforme indicações da Figura 18.



Figura 17. Região da nascente localizada no Campus Universitário da USP de São Carlos (Área 2).



Figura 18. Vegetação da APP do Campus 2 da USP de São Carlos com predominância de gramíneas.

Alguns pontos do corpo d'água também não se mostram preservados dentro dos trinta metros ao redor, por interrupções da vegetação por pontes, por exemplo, como demonstra a Figura 19 a seguir:

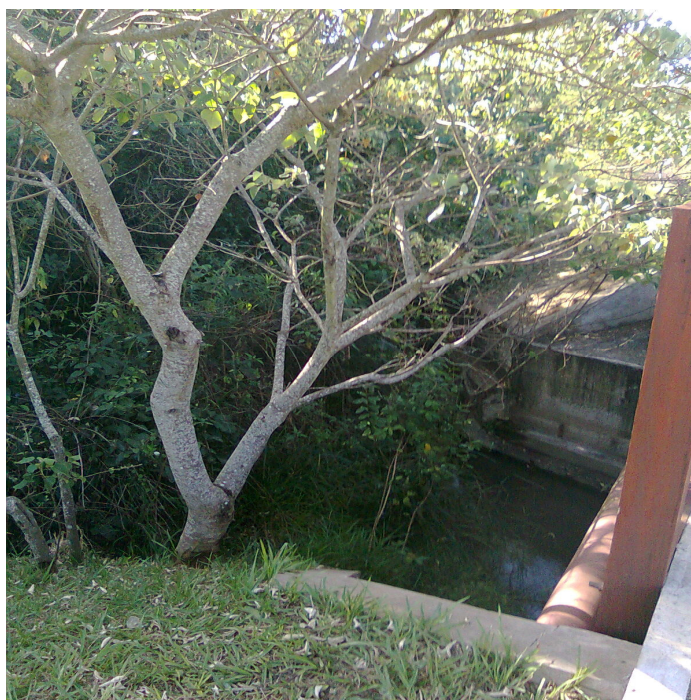


Figura 19. Interrupção da vegetação da APP dentro do Campus 2 da USP de São Carlos devido a presença de ponte.

9.4. Nascente do Córrego Santa Fé, afluente do córrego do Mineirinho

A nascente secundária que dá origem ao Córrego Santa Fé também se encontra em situação crítica, com problemas semelhantes ao da nascente principal. É uma área bastante urbanizada ocupada por moradores de baixa renda e, assim como da outra nascente, há habitações ilegais nas APPs e conseqüente poluição da área por depósito de resíduos sólidos nas pastagens que substituem a vegetação ciliar, nos solos que se apresentam expostos e também no curso d'água. As Figuras 20, 21 e 22 mostram imagens desse trecho:



Figura 20. Habitação irregular dentro da APP na nascente secundária do Córrego do Mineirinho.



Figura 21. Presença de solo exposto na APP do córrego do Mineirinho próximo a nascente secundária com presença de entulhos.



Figura 22. Início do trajeto do córrego Santa Fé com depósito de resíduos.

Outro problema grave é a presença de voçoroca no local de sua nascente e o rompimento das estruturas de drenagens pluvial, como é observado nas Figuras 23 e 24:



Figura 23. Sistema de drenagem pluvial rompido na APP da nascente do córrego Santa Fé.



Figura 24. Voçoroca presente na APP da nascente do córrego Santa Fé.

9.5. Problemas gerais da Bacia do Córrego do Mineirinho

Todo esse processo de deterioração apresenta conseqüências à qualidade e quantidade de água do córrego. “Das análises hidrológicas foi possível constatar que a bacia, com apenas 18,6 % de urbanização no ano de 2000, apresentava qualidade hídrica inferior à recomendada para os corpos d’água classe 2 (CONAMA 357/05)” (BENINI, 2005).

Os dejetos jogados às margens do córrego são carregados para seu curso pelas águas das chuvas, juntamente com o solo exposto, assoreando a rede e poluindo suas águas e as bacias a jusante. A falta da vegetação ciliar permite o carregamento do lixo jogado, já que não está presente como obstáculo físico, e não protege o solo, que fica exposto e mais solto, ficando fácil ser carregado por qualquer chuva.

Esse prejuízo ao recurso água, disponível no córrego, não se estende só a fauna aquática, que vive no ambiente assoreado e poluído, mas também à população, que perde essa água que poderia ser aproveitada de diferentes formas. Além disso propaga o perigo das enchentes devido ao acúmulo de massa na várzea da bacia e o risco sanitário devido à presença de esgoto na água.

Benini (2005) fez análises com simulações hidrológicas para observar o comportamento da bacia no ano de 2000, e num perfil futuro para o ano de 2025, com e sem o Plano Diretor da cidade. Pôde-se observar que no cenário 2025 SPD (Sem Plano Diretor) a vazão máxima cresceu 388,0 % quando comparada ao cenário 1972 e 319,4 % quando comparada ao cenário 2000. Entre os cenários 2025 CPD (Com Plano Diretor) e 2025 SPD há diferença de 22,3 % na vazão máxima e o aumento no tempo de pico é de 50 minutos. Porém, os riscos de enchente, analisados pelo método de curvas de permanência, mostraram que, mesmo com aplicação de diretrizes do PD (Plano Diretor), os riscos de inundações continuam altos, o que indica a necessidade de integrar medidas estruturais e medidas não-estruturais para amenizar os efeitos de enchentes à jusante.

Através das curvas de nível disponibilizadas pelo mapa (CDCC), um novo mapa foi gerado, utilizando as ferramentas de SIG, contendo os valores de declividade dentro da bacia para estudo das áreas de risco de erosão e inundação. Vide figura 25:

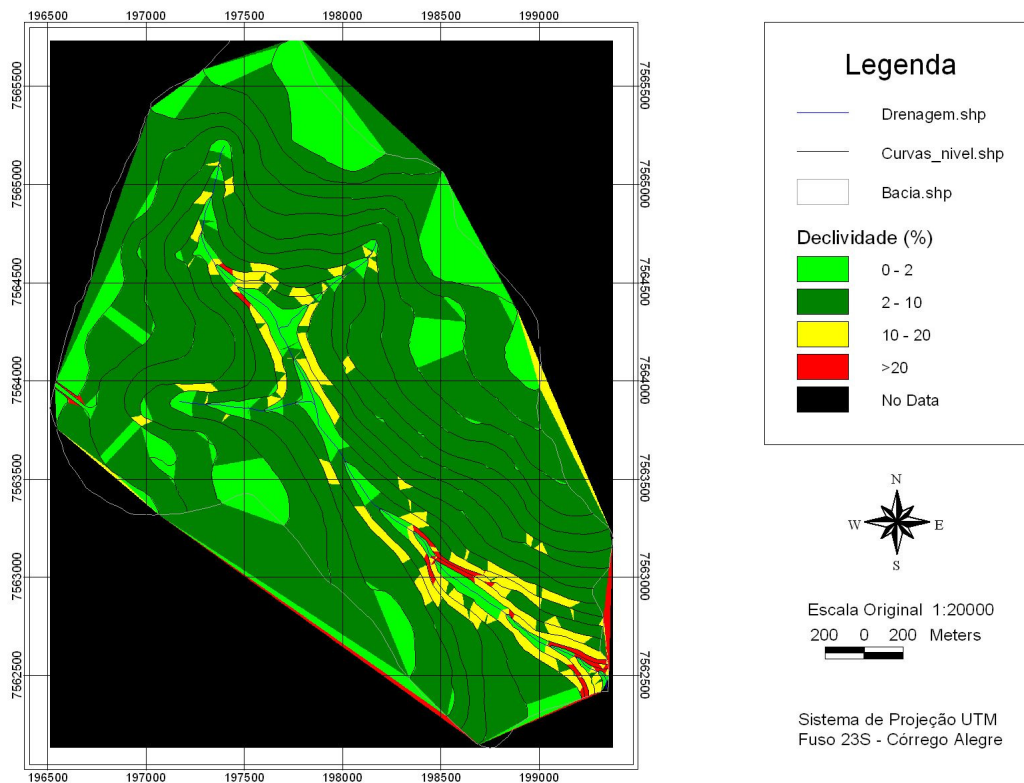


Figura 25. Mapa de declividade da bacia do Córrego do Mineirinho.

As declividades maiores que 20%, mais acidentadas, são mais propensas a ocorrência de movimentos de massa como escorregamentos e desmoronamentos, e as regiões com declividades mais baixas, menor que 2%, são as planícies de inundações que estão sujeitas a enchentes, inundações e assoreamento segundo Liporaci et al. (2002).

Nota-se que na bacia são poucas as regiões com risco de desmoronamentos devido às altas declividades, já que a significativa causa da erosão na bacia é o solo exposto ou com pouca vegetação presentes nas APPs e ao longo do córrego.

Já em relação às declividades baixas, deve-se sim levar em consideração e focar as atenções nos pontos de planícies de inundação que estão cada vez mais assoreadas pelo carreamento do solo exposto e do lixo jogado a montante na bacia, levando em risco a população presente nas regiões à jusante.

10. Propostas para recuperação do córrego com foco nas nascentes

A recuperação de áreas degradadas visa à recomposição da vegetação, do solo e de suas propriedades, tais como a capacidade produtiva de seus recursos naturais, de forma a se aproximar ao máximo às condições ambientais anteriores à intervenção antrópica.

É de suma importância para o meio ambiente e para a cidade de São Carlos que seja recuperada a bacia do córrego do Mineirinho. A existência de risco de vida para os moradores da bacia, tanto devido às erosões quanto às enchentes, e, conseqüente risco financeiro devido aos mesmos fatores, pode trazer grandes prejuízos à cidade. Quanto antes houver alguma intervenção em favor da bacia, menor serão os problemas futuros para a cidade, pois a erosão é um processo gradativo e por isso esse risco aumenta em relação ao tempo em que não é tomada nenhuma medida de mitigação do processo de degradação da bacia do córrego.

Outro importante fator para a recuperação da bacia é a retomada das funções ecológicas do córrego e sua mata ciliar. O córrego que hoje possui uma água com qualidade baixa, pode voltar a ter sua água límpida, sem poluição e sem assoreamento, permitindo melhores condições para a vida aquática e podendo ser até uma futura fonte para abastecimento humano na região. Com a recuperação do solo e de suas matas ciliares haverá também uma melhora nas condições para a vida animal, se tornando abrigo para muitas espécies, tendo função de corredor ecológico e propiciando a diversidade biológica.

Rodrigues e Leitão Filho (2000) relatam que o Código Florestal (Lei n. 4.771, de 15 de setembro de 1965) reconhece a mata ciliar como área de preservação permanente, não passível de qualquer alteração, porém, mais recentemente, a Lei de Política Agrícola (n. 8.171, de 17 de janeiro de 1991) incentiva a recuperação gradual das áreas de preservação permanentes, o que implica, obviamente, em intervenção humana. Nesse sentido, a revegetação das margens de cursos de água, bem como algumas obras de bioengenharia, de caráter experimental, já foram realizadas nas áreas de preservação com sucesso no Brasil.

10.1. Regulação das habitações e usos ilegais dentro das APPs

O maior problema encontrado para a recuperação da bacia do córrego do Mineirinho são as habitações e diferentes usos do solo que se encontram ilegalmente dentro das APPs que protegem o córrego.

Em relação às habitações seria necessário que a população que mora irregularmente fosse realocada, até porque há riscos de vida devido às grandes erosões presentes nas APPs. Essa realocação seria de preferência para as proximidades de onde já vivem para que não haja

mudanças drásticas no modo de vida dessas pessoas, além de ser necessário que a prefeitura subsidie a população em relação às novas moradias regulares. Porém, foge do escopo do presente trabalho fazer um planejamento de realocação da população que mora dentro das APPs.

Esse fator é o primeiro que deve ser totalmente resolvido para que haja uma efetiva recuperação do córrego e das APPs, pois, se não houver uma realocação das pessoas que moram ilegalmente, a degradação através da poluição do local e destruição da vegetação ciliar se prosseguirá intensamente.

Do mesmo modo, é necessário que sejam eliminados outros tipos de usos do solo, como as plantações e também o uso urbano na nascente principal como a presença de ruas, residências e até mesmo da praça pública, desconsiderando esta como uma área verde pública em área urbana permitida pela RESOLUÇÃO CONAMA 396 de 28 de março de 2006 de estar presente dentro de APP, pois o solo da área da praça ou está exposto, sem cobertura vegetal, ou está impermeabilizado pela pavimentação.

Os usos indevidos do solo acabam por destruir a vegetação original das APPs e, além de tudo, deixam as áreas mais susceptíveis à erosão e mais expostas para que haja contaminação devido à poluição. Na Figura 26, a seguir, estão destacados os usos irregulares dentro da nascente principal do córrego do Mineirinho.



Figura 26. Obras irregulares dentro da APP da nascente principal.

Neste caso é viável a desapropriação das habitações dentro da nascente, que são em número de três atualmente, e realocação dessas famílias, principalmente pelo risco que estão correndo com a presença da voçoroca a poucos metros de suas casas. As partes das duas ruas que se encontram também dentro da APP são de baixíssimo movimento, portanto serão de fácil remoção para implantação da recuperação da nascente, assim como a pracinha dentro da APP que apresenta grande área de solo exposto também deveria ser removida, pois só assim o local seria recuperado por completo. Essa recuperação de toda a APP, com revegetação de todas áreas de solo exposto garantirá um terreno estabilizado e menos propenso à erosão e, portanto, colaborará para a contenção da evolução da voçoroca.

Em relação à nascente do córrego Santa Fé, fica mais difícil fazer a desapropriação das casas presentes dentro da APP, que se apresentam em grande número, e, além de tudo, há a rua Francisco Possa, de grande importância para o bairro localizada antes das casas e pode prejudicar bastante o trânsito local se for retirada. Contudo, se a prefeitura tiver capacidade de realocar essas famílias, um desvio da avenida para que esta se distancie da nascente seria de grande ajuda para o reequilíbrio dessa região do córrego que também se encontra bem degradada. A diferença, é que nessa nascente a voçoroca está crescendo rumo ao curso d'água e, portanto, se distancia mais da rua e das casas, diminuindo os riscos a esses moradores. A imagem a seguir mostra as construções irregulares dentro da APP dessa nascente:

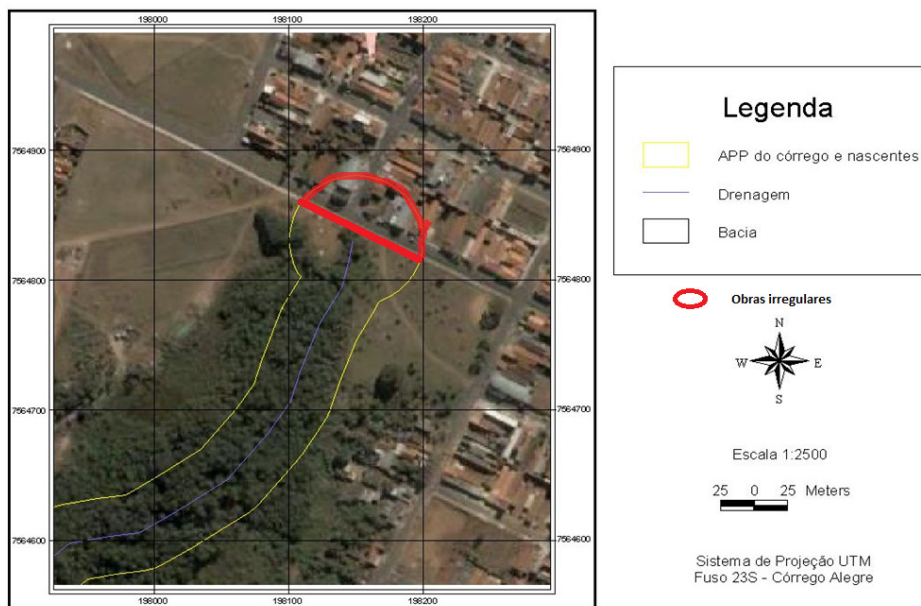


Figura 27. Obras irregulares dentro da APP da nascente do córrego Santa Fé.

Eliminados os usos irregulares dentro das APPs, seria necessário que fosse construída alguma barreira para impedir que as pessoas ocupem o local novamente e perturbem a recuperação da vegetação ciliar. A construção de uma cerca viva pode ser uma boa opção para proteger a APP em recuperação, pois evitaria a entrada de pessoas no local sem restringi-la de forma austera. Esse procedimento também acaba por preservar a área em processo de reflorestamento, favorecendo o crescimento das mudas sem danos físicos por pisoteamento, fazendo com que o investimento não seja perdido.

10.2. Recuperação das matas ciliares

As APPs com a vegetação mais degradada são as regiões próximas das nascentes onde há urbanização mais intensa. Essa vegetação faz grande diferença no equilíbrio da bacia e é perfeitamente possível ver essa importância através dos desastres ocorridos nos locais onde ela foi removida e o solo deixado em exposição, como a presença de voçorocas nas duas nascentes que se encontram em estado avançado de degradação. Por isso, os focos de recuperação das matas ciliares são nas APPs das nascentes da bacia do córrego do Mineirinho.

Segundo Nunes 2007, as nascentes devem realmente apresentar prioridade nos projetos de revegetação das formações ciliares, já que são bastante susceptíveis a processos erosivos.

Para recuperação de um ecossistema florestal ciliar com abordagem científica, devem se conhecer vários fenômenos próprios deste ecossistema, compreendendo os processos que levam a sua estruturação e manutenção, utilizando destas informações para elaborar, implantar e conduzir projetos de restauração da vegetação ripária. A restauração de formações ciliares tem possibilidades ampliadas, quando inseridas no contexto de bacia hidrográfica, ressaltando a questão hídrica, o uso adequado dos solos agrícolas do entorno e da própria área a ser recuperada, a preservação da interligação de remanescentes naturais, a proteção de nascentes e olhos d'água (RODRIGUES & GANDOLFI, 1996 apud NUNES, 2007).

Nunes (2007) relata ainda que as áreas do entorno de nascentes apresentam alto grau de especificidades quanto às espécies a serem utilizadas no reflorestamento devido ao gradiente de umidade do solo.

10.2.1. Escolha das espécies para a recuperação da mata ciliar

A restauração tenta formar o sistema existente no local antes de ser degradado. Como as nascentes são as áreas mais degradadas e mais necessitadas de recuperação, é proposto a restauração das matas ciliares. Ou seja, tentar restabelecer o equilíbrio com as espécies antes presentes.

Assim, a restauração na recuperação da vegetação se define como o plantio misto com o máximo de diversidade de espécies nativas possível, recuperando tanto a estrutura como a dinâmica da floresta. Recomenda-se o uso de espécies nativas em APPs porque as espécies que evoluíram naquele local têm mais probabilidade de ter seus polinizadores e dispersores de sementes e predadores naturais. Dessa forma as espécies nativas a serem utilizadas no local depende de um estudo florístico criterioso (BORGES, et al, 2000).

Segundo o COMDEMA 001/03, na bacia do córrego do Mineirinho, além da presença de vegetação exótica, representada por pinus, capim braquiária e remanescentes de plantações de cana de açúcar, existem remanescentes de vegetação nativa com certo grau de degradação, compostos por florestas ribeirinhas ou de galeria, campos úmidos, matas de brejo e cerrado.

Em relação à recuperação da vegetação nas APPs, outras alternativas podem ser adotadas:

Para as formações ciliares, as atividades relacionadas com a vegetação empregada na tentativa de restauração dos processos ecológicos pode ser o simples isolamento, evitando a continuidade do processo de degradação, preservando os processos naturais da comunidade como regeneração de espécies e as interações bióticas. Isso ocorre onde a resiliência da área foi mantida. A correta identificação e a retirada de fatores que causam a degradação de uma área ciliar são aspectos básicos que devem ser resolvidos antes da implantação de qualquer manejo da área. Também a eliminação seletiva ou desbaste de espécies competidoras como gramíneas, trepadeiras e bambus, a transferência ou transplantes de propágulos alóctones, o adensamento, o enriquecimento e a implantação de consórcio de espécies, ambos com uso de mudas ou sementes são indicados. (RODRIGUES & GANDOLFI, 1996).

No caso do curso de água do córrego é proposto como medidas de recuperação o isolamento da área para permitir a regeneração da vegetação, como foi citado acima, e também a eliminação das gramíneas que podem prover algum modo de competição e prejudicar o desenvolvimento das espécies arbustivas. Porém, apenas essas medidas podem não ser eficientes, já que o desmatamento ocorre há um certo tempo e por isso o banco de sementes das áreas devastadas podem não ser suficientes para a regeneração da vegetação nativa. Propõe-se então, em conjunto, o plantio de algumas espécies nativas que podem ser pioneiras no processo de regeneração da mata ciliar.

10.2.2. Local do foco da recuperação e restauração

Para recuperação de mata ciliar, podem ser adotados os seguintes modelos: plantio ao acaso, modelo sucessional, plantio através de sementes, regeneração natural, modelo com espécies raras e comuns e restauração em ilhas.

Segundo Kolb (1993) e Guevara (1997) apud Silva (2003), pequenos fragmentos florestais ou até mesmo árvores isoladas podem exercer papel fundamental na atração da fauna dispersora para acelerar a sucessão ao seu redor. A fauna exerce função essencial na dispersão de sementes de remanescentes próximos, contribuindo para a regeneração florestal em áreas degradadas (PARROTA et al., 1997; WUNDERLE Jr., 1997; MEDELLÍN e GAONA, 1999) apud Araújo (2005).

Levando em consideração essas observações, propõe-se a adoção de uma medida de recuperação chamada restauração em ilhas. A restauração em ilhas é feita com a recuperação da mata em pequenos focos com espécies pioneiras nativas e prevê o crescimento de novas árvores ao redor desses focos. Em nosso trabalho esses focos foram escolhidos nos pontos onde a vegetação é rasteira com pouca presença de arbustos maiores, onde há áreas de solo exposto e, principalmente, há esses solos propensos à erosão, para que haja uma recuperação mais rápida da área e não se permita a evolução do quadro de erosão.

Os pontos com maior carência de vegetação ciliar foram localizados, assim como os pontos com presença de erosão, e estes foram escolhidos como pioneiros para o repovoamento da vegetação ciliar. Vide figura 28:

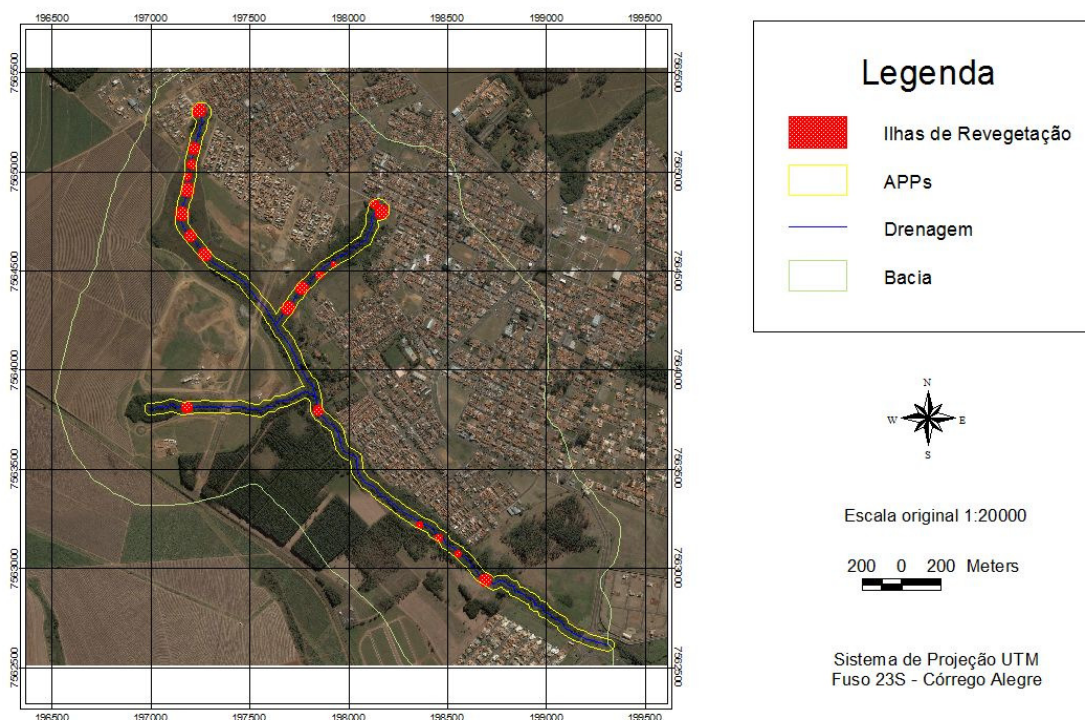


Figura 28. Localização das ilhas de revegetação nas APPs do córrego do Mineirinho.

10.3. Recuperação das erosões encontradas nas nascentes

Erosão é o processo de “desagregação e remoção de partículas do solo ou de fragmentos e partículas de rochas, pela ação combinada da gravidade com a água, vento, gelo e/ou organismos (plantas e animais)” (IPT 1989). A erosão pode ser “natural” ou “geológica”, que se desenvolve em condições de equilíbrio com a formação do solo; ou, “acelerada” ou “antrópica”, cuja intensidade é superior à da formação do solo, não permitindo a sua recuperação natural.

A erosão acelerada pode ser de dois tipos: *erosão laminar*, ou em lençol, “quando causada por escoamento difuso das águas das chuvas, resultando na remoção progressiva dos horizontes superficiais do solo”; e *erosão linear*, “quando causada por concentração das linhas de fluxo das águas de escoamento superficial, resultando em incisões na superfície do terreno” na forma de sulcos, ravinas e boçorocas e solapamento de margens de canal (IPT 2000).

Quando esses problemas se tornam de grande porte e, portanto, um risco à população, é necessário que se faça a recomposição das áreas atingidas, com vistas a minimizar a degradação ambiental. Para tanto, podemos lançar mão de técnicas e ferramentas como a bioengenharia e o uso de geossintéticos.

10.3.1. Recuperação com bioengenharia

A bioengenharia engloba um conjunto de técnicas construtivas e serve-se de conhecimentos biológicos para a estabilização de encostas de montanhas, taludes de estradas e margens de cursos de água (Durlós e SUtili, 2005 apud Denard, 2007).

Uma das características destas técnicas é o uso de plantas, ou partes destas, como material vivo em construção. Sozinhas ou em combinação com material inerte (madeira, pedra, alvenaria, restos culturais, etc), as plantas devem proporcionar estabilidade às áreas em tratamento, ao longo de sua vida (Schiechtl e Stern, 1994 apud Denard 2007).

Segundo a posição que ocupam em relação ao eixo de um curso de água, as obras de Bioengenharia dividem-se em transversais e longitudinais.

As obras transversais visam a reduzir a velocidade da água através do desenvolvimento de um perfil de compensação, que modifica a inclinação original do leito do rio e, conseqüentemente, força o depósito de sedimentos, consolida o leito e estabiliza as margens. Produzidas normalmente com materiais inertes por vezes complementadas por medidas vegetativas.

As obras longitudinais não alteram a declividade do leito e objetivam, principalmente, reconstruir e estabilizar e/ou proteger os taludes, o que pode ser conseguido com o revestimento vegetal ou físico dos taludes. Os revestimentos, que podem ir de um simples enrocamento com pedras, passando pelo uso de cilindros inertes e gabiões, até a construção de paredes de madeira roliça, ferro ou concreto, combinados com modelos especiais de revegetação, proporcionam maior resistência à força das águas. São exemplos de revestimento a parede Krainer, a esteira viva e a trança viva, entre outros.

A bioengenharia também apresenta vantagens ecológicas, econômicas e estéticas se comparadas a construções tradicionais. Utilizam-se de materiais naturais mais baratos e complacentes com o ambiente.

Uma técnica passível de ser utilizada nas duas nascentes com presença de erosão no início do seu curso seria a construção de uma trança viva mais ao pé da nascente, onde a situação se encontra em pior estado. Como será proposto o retaludamento dessas cabeceiras, a trança viva colaborará na estabilização das margens além de ser uma técnica que consegue acompanhar as curvas das margens do córrego.

A trança viva funciona como suporte dos resíduos erodidos fazendo com que este se estabilize e seja possível a revegetação com espécies pioneiras. As Figuras 29, 30 e 31 a seguir mostram a aplicação de uma trança viva na margem de um rio em Vale Vêneto - RS:



Figura 29. Construção de trança viva à margem de rio.



Figura 30. Margem de rio com presença de trança viva logo após a aplicação.



Figura 31. Margem do rio com presença da trança viva 1 mês após a aplicação.

Como continuação ao curso do córrego, é proposto a construção de uma esteira viva. A esteira viva favorece a revegetação da margem do rio e constitui na fixação de ramos que conseguem se desenvolver nas margens. Essa técnica seria aplicada onde as margens já não se apresentam tão desestabilizadas, mas ainda suscetíveis à erosão por apresentarem seu solo exposto, sem vegetação ciliar. As Figuras 32 e 33 demonstram a aplicação da esteira também em um rio em Vale Vêneto - RS:



Figura 32. Esteira viva aplicada em beira de rio.



Figura 33. Esteira viva aplicada após alguns meses em beira de rio.

10.3.2. Geossintéticos

Geossintético é a denominação genérica de um produto polimérico (sintético ou natural), industrializado, cujas propriedades contribuem para melhoria de obras geotécnicas, desempenhando uma ou mais das seguintes funções: reforço, filtração, drenagem, proteção, separação, impermeabilização e controle de erosão superficial (NBR 12553 - Geossintéticos: Terminologia - projeto de revisão em Consulta Pública apud Associação Brasileira de Geossintéticos).

No presente caso, a função principal da utilização de geossintéticos seria o controle das erosões e proteção, limitando ou prevenindo danos a elementos de obras geotécnicas como é o caso do retaludamento das margens erodidas.

A geogrelha é um tipo de geossintético com a função de reforço e proteção, consiste de grelhas de plástico com grandes aberturas de diferentes formatos. Estes vazios nas mesmas permitem o imbricamento entre os materiais granulares, aumentando assim a eficiência do reforço. Podem ser pré-tensionadas ou não, mobilizando assim a resistência do reforço para grandes ou pequenas deformações. Possui a função principal de reforço de solo, sendo muito

usadas também em muros de solo reforçado, encontros de viadutos, reforço de pavimentos, reforço de fundações e aumento da estabilidade de taludes.

Essa ferramenta deve ser utilizada nas cabeceiras das nascentes onde a voçoroca encontra-se em mais alto grau de evolução e também porque nesse local foi proposto o retaludamento das margens. A geogrelha, escolhida para aplicação nas nascentes, protegeria e permitiria o crescimento da vegetação nesse novo talude. A imagem da geogrelha é mostrada na figura 34 a seguir:

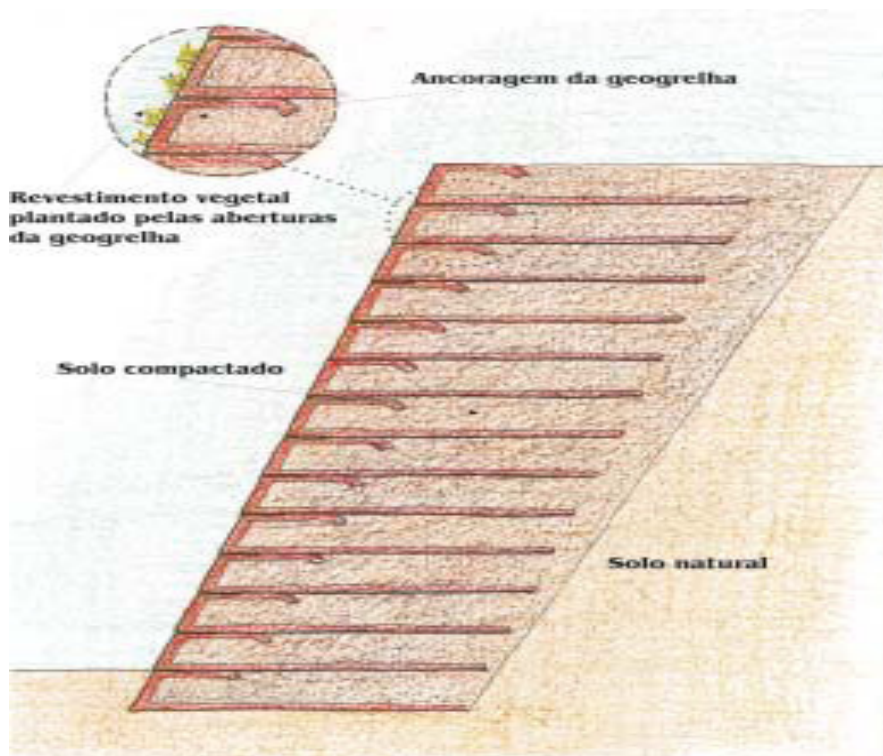


Figura 34. Demonstração de aplicação de geogrelha.

10.3.3. Erosão pela energia das águas

O início dos cursos dos afluentes do córrego, tanto no afluente principal como o afluente do Córrego Santa Fé, recebem drenagens pluviais. Essas drenagens chegam de praticamente toda a sua área a montante e constituem outro problema para as nascentes, porque estas, com uma vazão muito pequena, não conseguem absorver o volume e a energia da drenagem pluvial. É possível saber que as drenagens chegam com bastante velocidade, pois as obras de drenagens feitas com concreto estão todas rompidas. As Figuras a seguir mostram as drenagens e as estruturas dos extravasores de cimento rompidas:



Figura 35. Estrutura que segura a chegada das águas da drenagem rompida na região da nascente do Córrego Santa Fé.



Figura 36. Nascente principal do córrego do Mineirinho com as tubulações de drenagem rompidas.

Essas drenagens colaboram para a erosão nas nascentes com a força da correnteza. É necessário que sejam mudados os pontos de despejo das drenagens para outras regiões do

córrego, onde o solo esteja mais estabilizado, com vegetação ciliar, e que a vazão da drenagem pluvial seja distribuída em vários pontos ao longo do curso do córrego para que esse volume não altere bruscamente o seu fluxo.

Os pontos propostos para receber essas drenagens pluviais estão apresentados a seguir:

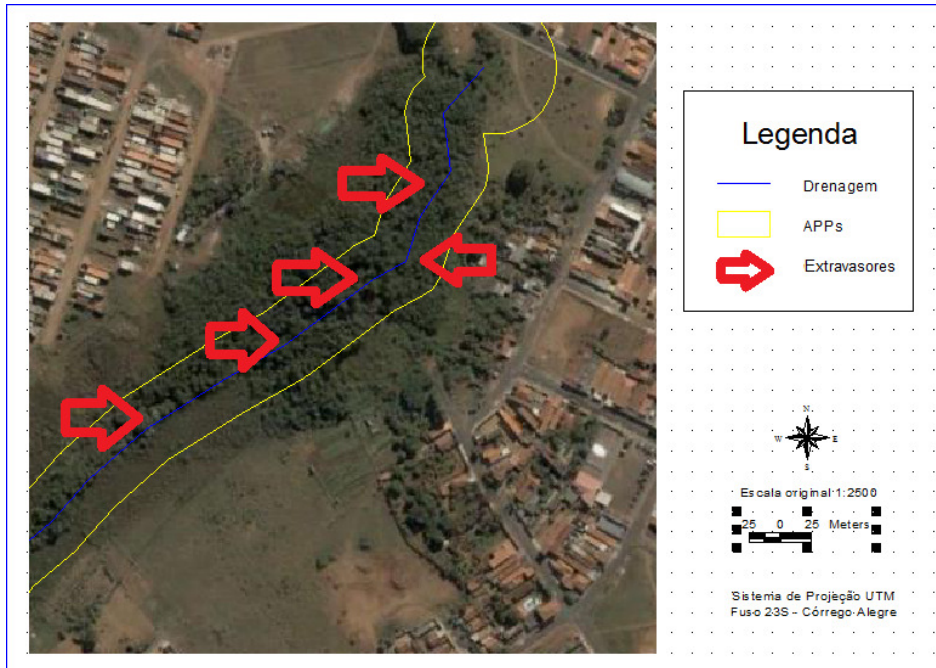


Figura 37. Local proposto para receber as drenagens pluviais e substituir as drenagens que chegam na nascente do córrego Santa Fé.

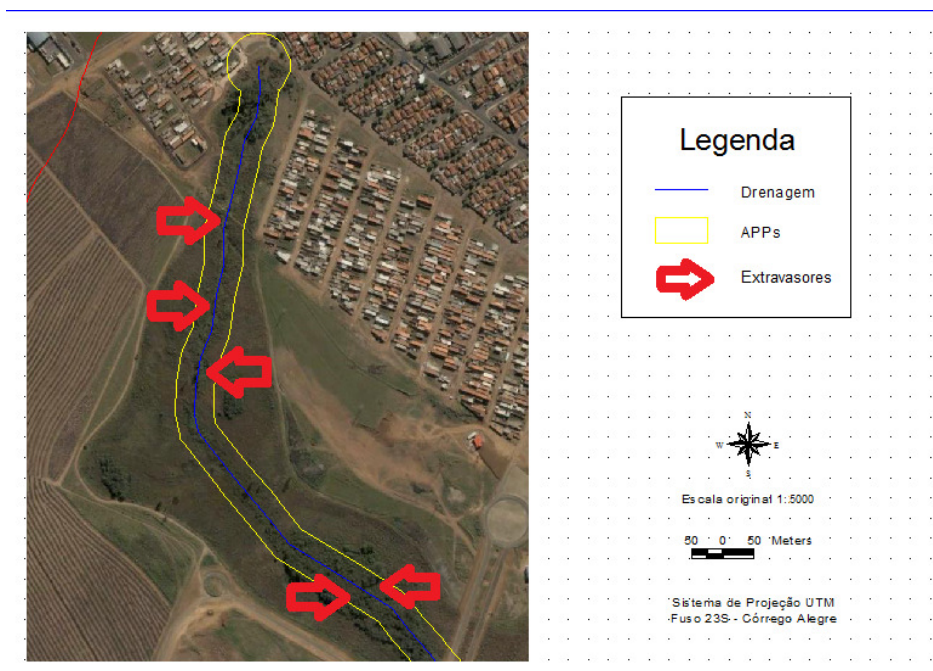


Figura 38. Locais propostos para receber as drenagens pluviais e substituir as drenagens que chegam à nascente principal do córrego do Mineirinho.

Como a vazão da drenagem pluvial chega com grande volume no local de extravazamento em relação à vazão do córrego, é importante que, mesmo nesse novo local de recepção das águas da drenagem pluvial, haja uma proteção estrutural para que não prejudique novamente as encostas do córrego.

Para que essa nova vazão não prejudique o córrego é necessário que haja alguma estrutura que dissipe a energia com que a drenagem chega. Este tipo de obra possui a função de proteger o solo contra os possíveis efeitos erosivos do escoamento que poderiam comprometer a fundação e, conseqüentemente, a segurança. Nesse caso tem-se como proposta a construção de bacias de dissipação por ressalto hidráulico na chegada das drenagens como é mostrado na Figura 39 a seguir:

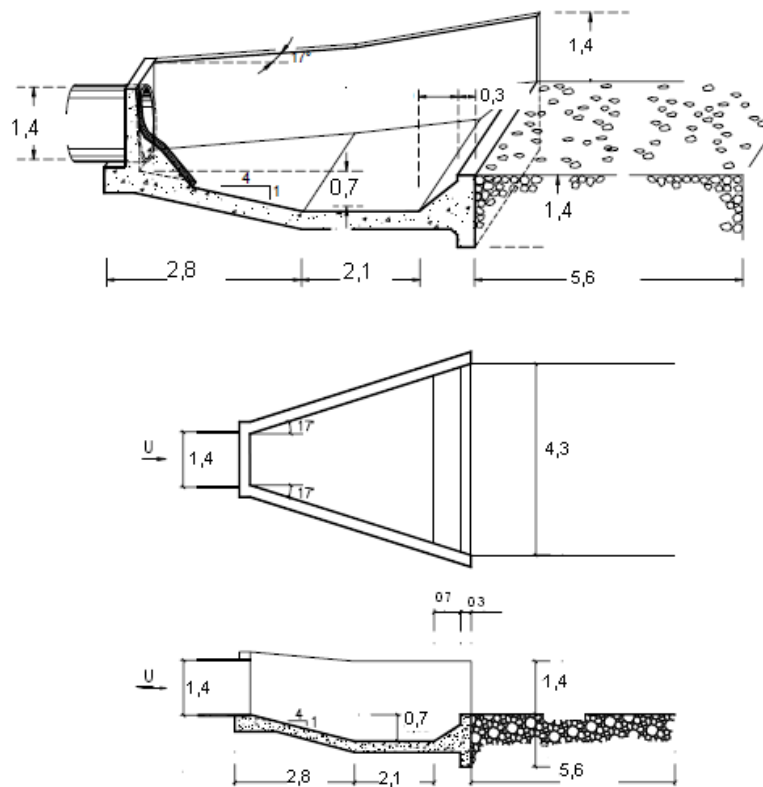


Figura 39. Esquema de bacia de dissipação por ressalto. Vista 3D, planta e perfil.

Uma bacia de dissipação por ressalto hidráulico é uma obra hidráulica que possui a finalidade de dissipar a energia cinética do escoamento vertido por uma estrutura de descarga (barragem, eclusa, bueiro, etc...) e restituí-lo ao curso natural do rio. Devido às grandes cargas hidráulicas, as bacias de dissipação, que estão sob ação de um escoamento altamente turbulento, poderão estar sujeitas a grandes variações instantâneas de pressão e velocidade, gerando

significativos esforços sobre tal estrutura. A ação do escoamento poderá ser tal que provoque esforços que irão promover o levantamento de uma laje da bacia de dissipação. Para evitar este problema, prover a estrutura de peso ou ancoragem suficiente condizente com a estas solicitações.

10.4. Resíduos sólidos

Resíduos sólidos são todo e qualquer material ou composto inutilizado, ou seja, que virou lixo, e que se encontra no estado sólido e por isso tem mais dificuldade de degradação. O destino inadequado desses resíduos sólidos nos solos sem pré-tratamento pode levar a alterações das suas características físico-químicas, representando uma séria ameaça a saúde pública e a natureza, tornando-se ambiente propício para o desenvolvimento de transmissores de doenças, além do visual degradante associado.

A deposição inadequada de lixo é um problema bem perceptível na bacia em questão. Pode-se observar vários pontos dentro da bacia onde são acumulados montes de resíduos sólidos, como por exemplo, em terrenos baldios, onde são depositados lixo orgânico doméstico, entulhos de construção e até móveis que não são mais utilizados. Inclusive há esses depósitos também dentro das APPs e até no curso d'água. As figuras a seguir demonstram esse problema presente na bacia:



Figura 40. Depósito de material de construção dentro da APP.



Figura 41. Resíduos sólidos espalhados pelas ruas.

Como processo inicial de recuperação da bacia é necessário que sejam removidos os resíduos sólidos presentes. A prefeitura deve garantir essa limpeza da bacia impedindo a contaminação da área pelos poluentes. Porém, para que surta efeito sobre a população, é necessário incluí-la nessa ação. Uma forma eficiente seria fazê-la em conjunto com a conscientização ambiental. A prefeitura deve então fornecer um programa de educação ambiental para a população e propor que um mutirão seja feito em conjunto com os habitantes da bacia para a retirada do lixo presente tanto no solo como na água. Esse ato de inclusão da população na recuperação da bacia ajuda na percepção da importância da preservação da bacia e surte efeito também com a percepção visual.

Nota-se também que na região da bacia é quase nula a presença de cestas de lixos comunitárias espalhadas nas ruas, não que essa falta seja motivo para a população jogar seus resíduos no solo e na água, mas com esse recurso a mais será possível um melhor controle da disposição de resíduos.

Em relação aos entulhos de construção, sabe-se que a prefeitura possui uma sessão que cuida desse problema e disponibiliza caçambas para o recolhimento desses. Porém há falta de informação sobre esse serviço e por isso a população deve ser alertada através de outdoors e avisos informativos na rádio da cidade, além de poder ser divulgado também através do programa de educação ambiental.

Houve reclamação da população também em relação à coleta do lixo nos bairros da bacia, dizendo ser insuficiente a frequência com que os caminhões de coleta passam na região. A prefeitura deve então disponibilizar à população transporte de coleta com frequência de apenas um dia de intervalo assim como ocorre nos bairros centrais da cidade.

10.5. Educação ambiental

A razão principal dos problemas presentes na bacia é a falta de educação ambiental da população. Sem conscientização sobre a importância de preservar a natureza em seu meio ambiente, a população desmatou as vegetações ciliares e também outras que protegiam o solo deixando-o exposto tanto nas margens do córrego como também em meio as áreas urbanas acelerando o processo da erosão, depositou lixo em lugares impróprios como no solo e no curso d'água.

É necessário, portanto, que seja implantado um programa de educação ambiental da população para que a recuperação seja efetiva. Essa educação impedirá a não conservação dos processos de recuperação assim como evitará a recorrência dos danos já presentes na bacia.

O programa de educação ambiental deve ser voltado para toda a população, incluindo todas as faixas etárias, com linguagem acessível e marcante.

É necessário demonstrar a população que o meio ambiente em que vivemos depende da preservação da natureza e que nós dependemos desse meio ambiente para sobrevivência. É importante também demonstrar os prejuízos sobre os atos danosos à natureza, não apenas divagar sobre o que pode e que não pode. Tem-se que incluir o porquê de não se realizar ou de realizar alguns atos em função do meio ambiente.

Deve-se demonstrar também como a degradação ambiental prejudica também a vida das pessoas, e usar como exemplo as atividades e o sistema em que a população está inserida, para que as informações sejam ainda mais acessíveis e entendidas de maneira a fazer a população pensar antes de danificar o meio ambiente.

O programa pode ser desenvolvido juntamente com a programação das escolas para as crianças e através de palestras, divulgação por panfletos e rádio e promoção de encontros com a comunidade adulta da bacia. Os assuntos principais de abordagem são os resíduos sólidos, incluindo a maneira certa de seu manejo e os prejuízos da disposição inadequada do lixo; a importância da vegetação ciliar pra o córrego e para os animais, assim como para a população e

também de se manter a vegetação sobre os solos, impedindo que estes fiquem expostos propensos às erosões.

11. Conclusão

Através desta pesquisa foi possível notar a falta de importância dada ao meio natural tanto pela população quanto pelos órgãos gestores. A população, sem possuir uma educação ambiental adequada, degrada o córrego, destrói suas matas ciliares, ocupa suas APPs e deixa o solo exposto, e o órgão gestor, por sua vez, não toma medidas em relação à esses problemas.

Os resultados mais alarmantes desse desinteresse são as voçorocas em duas das nascentes do córrego localizadas em bairros pobres, problema que, entre outros, pode trazer riscos para população a curto ou a longos prazos. Por isso, é necessário cobrar dos órgãos públicos maior atenção para esse tipo de degradação, para que sejam tomadas medidas mitigadoras e, até mesmo, preventivas afim de evitar males maiores.

A prefeitura deve tomar medidas como as propostas por este estudo, para que a população seja retirada da situação de risco e para que a recuperação do córrego perdure. Um dos possíveis empecilhos para a execução do projeto proposto por parte da prefeitura, poderia ser o custo financeiro, porém, com a utilização da bioengenharia, uma alternativa efetiva e de baixo custo para impedir o avanço das erosões e voçorocas, o custo total do empreendimento seria amenizado. Outro importante problema que poderia impedir o progresso da recuperação do córrego seria a resistência da população em mudar seus hábitos e, principalmente, seu local de moradia em prol da preservação do córrego. Por isso, é tão necessário que se aplique um programa de educação para a população local.

Podemos concluir que independente da implantação de um projeto de recuperação, é essencial que se eduque a população em relação ao meio ambiente, pois é visível a falta de conhecimento sobre o assunto e o desprezo pela preservação ecológica do córrego. Mesmo se não forem tomadas medidas mitigadoras em relação à degradação existente no córrego, é necessário que a população entenda os problemas e as consequências da degradação para que respeite e preserve o que ainda resta de mata ciliar natural nas APPs da bacia.

Podemos concluir também que esse tipo de problema acontece não só na bacia do córrego do Mineirinho como em outras bacias presentes em bairros pobres em São Carlos e em outras cidades do país. A população pobre, sem instrução, ocupa e utiliza as matas por terem acesso e nem saberem que estão dentro de uma área protegida por lei, e a prefeitura nem se dá conta disso em tempo hábil para poder evitar os danos ambientais.

O desinteresse e a desorganização dos órgãos públicos responsáveis aliados à ignorância da população sobre o assunto, resultam em grandes danos para o meio ambiente.

12. Referências Bibliográficas

ALVES, A. A. M. **Caracterização das solicitações hidrodinâmicas em bacias de dissipação por ressalto hidráulico com baixo número de Froude**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, 2008. Disponível em <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/14911/000672515.pdf?sequence=1>.

Acesso 08/06/2010.

ARAÚJO, F. S., MARTINS S. V., NETO J. A. M., LANI J. L., PIRES, I. E. **Florística da vegetação arbustivo - arbórea colonizadora de uma área degradada por mineração de caulim, em Brás Pires – MG**. Rev. Árvore vol.29 no.6 Viçosa Nov./Dec. 2005. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622005000600018. Acesso em 20/05/2010.

Associação Brasileira de Geossintéticos associada a IGS (International Geosynthetics Society). **Os geossintéticos e suas funções**. Disponível em <http://www.igsbrasil.org.br/geo.htm#topo>.

Acesso em 28/06/2010.

BARRELLA, W. et al. As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.

BARBOSA, L.M. Simpósio Sobre Mata Ciliar. Campinas, 1989. Fundação Cargill. Anais.

BENINI, R. de M. Cenários de ocupação urbana e seus impactos no ciclo hidrológico na bacia do córrego do Mineirinho, 2005.

BENINI, R. de M. et al. 2003. Uso de SIG Associado ao Método Racional para previsão de vazões na bacia do córrego do Mineirinho – São Carlos – SP.

BORGES, J. D.; MATEUCCI, M. B. A.; OLIVEIRA, J. P. J.; TIVERRON, D. F.; GUIMARÃES, N. N. F., **Recomposição da vegetação das matas ciliares do rio Meia Ponte e córrego Samambaia na área da várzea da escola de Agronomia da UFG, Goiânia, Goiás, 1995.**

BORGES, J.D.; SILVA , N.F.; XIMENES, P.A.; PINHEIRO, J.B.; CARNEIRO, M.F. SOUZA, E.R.B; SOARES , R.A.B. **Estabelecimento e desenvolvimento de espécies arbóreas em recomposição de matas ciliares. Pesquisa Agropecuária Tropical . Goiânia , v.30, n. 5, 2000.**

CARVALHO, A.R. **Avaliação de qualidade da água e da interação entre o ecossistema aquático e o ecossistema terrestre em dois afluentes do Rio Jacaré– Guaçu, na APA Corumbataí (Itirapina/SP).** 1996. 115p. Dissertação (mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Carlos – SP.

CATAPRETA, C. A. A. HELLER, L. **Associação entre coleta de resíduos sólidos domiciliares e saúde, Belo Horizonte (MG), Brasil. Revista Panamericana de Salud Publica/Pan American Journal of Public Health 5(2), 1999. Disponível em <http://www.scielosp.org/pdf/rpsp/v5n2/5n2a3.pdf>.**

Acesso em 20/06/2010.

Código Florestal, Lei nº 7.803, de 15 de julho e 1989, em seu Artigo 2º.

COMDEMA - Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente, Prefeitura Municipal de São Carlos. Parecer COMDEMA nº 001/03.

DENARDI, L. **Anatomia e flexibilidade do caule de quatro espécies lenhosas para o manejo biotécnico de cursos de água.** Tese de doutorado. Programa de pós-graduação em engenharia florestal pelo Centro de Ciências Rurais – Universidade Federal de Santa Maria, 2007.

FABRÍCIO J. S. **Engenharia Natural: o estado da arte na Europa e no sul do Brasil.** Artigo publicado no Jornal do CREA/SC em agosto de 2009.

JOHNSON, M. A.; SARAIVA, P. M. & COELHO, D. 1999. The role of gallery forests in the distribution of cerrado mammals. **Revista Brasileira de Biologia** 59:421-427.

IPT (Instituto de Pesquisa Tecnológica) Relatório nº 40.670. **Diagnóstico da situação atual dos Recursos Hídricos e estabelecimento de diretrizes técnicas para a elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo – Relatório Final.** 2000.

LIMA, W. P. A microbacia e o desenvolvimento sustentável. *Ação Ambiental*, ano 1, nº 3, 1999, p 20.

LIMA, W.P.; ZAKIA M.J.B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES; R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) **Matas ciliares: Conservação e Recuperação.** 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000. p.33-43.

LIPORACI, S. R. et al. **VI-045 - ESTUDOS DA EROSÃO/ASSOREAMENTO NO AMBIENTE URBANO, VISANDO PLANEJAMENTO, GESTÃO E CONTROLES AMBIENTAIS DOS USOS E OCUPAÇÕES DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MONJOLINHO EM SÃO CARLOS / SP.** VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2002.

Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/sibesa6/ccxlii.pdf>.

Acesso em: 09/03/2010.

MARTINS, S.V. **Recuperação de Matas Ciliares.** Viçosa-MG. Aprenda Fácil Editora. 2001.

MELLO, R. P.; SILVA, T. G. O.; BENINI, R. M.; MEDIONDO, E. M. **Monitoramento ambiental quali-quantitativo das águas na bacia do Córrego do Mineirinho, São Carlos, SP.** Artigo submetido ao XVI Simp. Vras. Rec. Hídricos, ABRH (2005).

NUNES, O. A.; **Matas Ciliares e Nascentes.** Artigo publicado em 19/10/2007. Disponível em <http://www.webartigos.com>. Acesso em: 25/05/2010.

Plano Diretor do Município de São Carlos. Lei 13.691/05. Disponível em:
http://www.saocarlos.sp.gov.br/images/stories/pdf/Lei_13691_05_Plano_Diretor.pdf

Acesso em 15/09/2009.

PORTO, R. L. (1995) Escoamento superficial direto. In: **Drenagem Urbana**. 1ª ed. Porto Alegre. Editora da Universidade. UFRGS, ABRH, 1995. Cap. 4, p.107-165.

OHNUMA JR., A. A. **Medidas de controle do escoamento urbano através de cenários de planejamento para a bacia do Alto Tijuco Preto, São Carlos- SP**. In: VI Encontro Nacional de Águas Urbanas. Belo Horizonte, 2005.

RESOLUÇÃO CONAMA N°303, de 20 de março de 2002.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. (2000) Conceitos, Tendências e Ações para a recuperação de Florestas Ciliares In: **Matas Ciliares Conservação e Recuperação** v.1, p.235-247, EDUSP.

RODRIGUES, R. R.; LEITÃO, H. F. **Matas Ciliares: Conservação e Recuperação**. 2ªEd. 2004. São Paulo.

SANTOS, M. F. **Principais tipos de geossintéticos**. Resumo de artigo publicado em Resumo de Principais tipos de geossintéticos/ engenharia/ ciência/ SHVOONG.COM, 2007. Disponível em <http://pt.shvoong.com/exact-sciences/engineering/1689331-principais-tipos-geossint%C3%A9ticos/>.

Acesso em 29/06/2010.

SILVA, R. T., VALCARCEL, R. **Reabilitação de voçorocas por medidas físicas: indicadores ecológicos e hidrológicos**. UFRRJ – Instituto de Florestas, 2003

STEINER, D. Time dimension for crop surveys from space. **Photogrammetric Engineering**. Falls Church, v.36, n.2, p.187-194. 1970.

WAMMES, Eduardo, V. S.; UHLEIN, Aline; CASTAGNARA, Deise, D.; FEIDEN, Armin; PERINI, Luiz, J.; STERN, Emerson; ZANELATO, Fernando, T.; VERONA, Darlan, A.; ULIANA, Marcos, R. B.; ZONIN, Wilson J.; SILVA, Nardel L. S. **Importância ambiental das áreas de preservação permanente e sua quantificação na microbacia hidrográfica da Sanga Mineira do município de Mercedes – PR - UNIOESTE - MCR – PR, 2003.**