



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

AVALIAÇÃO DE PROBLEMAS GEOTÉCNICOS E AMBIENTAIS CAUSADOS PELA OCUPAÇÃO URBANA NA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO BANDEIRANTES EM RIO CLARO (SP)

Danilo Leme Souza¹; Érico Rodelli Mantovani¹; Guilherme Assunção Faria¹;
Lucas Belleti Cruz¹; Sertório Nogueira Canedo¹; Thiago Carlos Xavier¹;
Fabio Augusto Gomes Vieira Reis²; Lucilia do Carmo Giordano³;

RESUMO

O estudo teve como objetivo realizar diagnóstico ambiental na microbacia do Córrego Bandeirantes, no município de Rio Claro (SP), verificando os problemas ocasionados pela ocupação urbana. Os dados foram levantados por observações em campo, estudo hidrológico da microbacia e análises de carta geotécnica, permitindo avaliar as condições atuais da área. A partir dos resultados obtidos pode-se elaborar uma listagem de impactos ambientais causados pela urbanização desordenada. O estudo hidrológico confirmou a alteração da infiltração do solo pela ocupação, causando uma série de processos erosivos, formando inclusive uma boçoroca de grandes dimensões. Nesse sentido, o diagnóstico identificou os principais problemas da área, propondo medidas para mitigar e controlar os impactos existentes e potenciais.

Palavras-chave: recursos hídricos, lixo, poluição do solo e água.

ASSESSMENT OF GEOTECHNICAL AND ENVIRONMENTAL PROBLEMS CAUSED BY URBAN SPREAD IN WATERSHED OF THE BANDEIRANTES STREAM IN RIO CLARO (SP)

ABSTRACT

The study aimed to develop environmental assessment in the watershed of the Bandeirantes stream, at the county of Rio Claro, in the state of São Paulo, Brazil, noting the problems caused by urban occupation. The data were collected by field observations, study of the watershed hydrological and geotechnical map analysis, allowing assess current conditions of the area. From the results we can draw up a list of environmental impacts caused by chaotic urbanization. The study confirmed the change of water infiltrating the ground for the occupation, causing a series of erosion processes, including forming a large erosion (boçoroca). Accordingly, the diagnosis identified the main problems of the area and propose measures to mitigate and control existing and potential impacts.

Keywords: water resources, waste, soil and water pollution.

Trabalho recebido em 30/04/2009 e aceito para publicação em 20/07/2009.

¹ Discentes dos Cursos de Engenharia Ambiental e Geologia da Unesp/Rio Claro;

² Doutor, Prof. Unesp/Rio Claro, Ecogeologia Consultoria Ambiental, Rua 8-B, n. 842, Vila Indaiá, Rio Claro – SP, CEP 13506-743. e-mail: fabio@ecogeologia.com.br;

³ Doutora, Profa. da Faculdade Municipal Professor Franco Montoro, Ecogeologia Consultoria Ambiental, Rua 8-B, n. 842, Vila Indaiá, Rio Claro – SP, CEP 13506-743. e-mail: lcg@ecogeologia.com.br

1. INTRODUÇÃO

Os municípios brasileiros, nas últimas décadas, experimentaram expansão urbana desorganizada. Vários fatores contribuíram, sendo um deles a mecanização da lavoura, que fez com que a população rural se dirigisse aos centros urbanos, alojando-se principalmente nas periferias das cidades.

Na cidade de Rio Claro - SP, a expansão urbana atinge a região do Córrego dos Bairros Bandeirantes e São Miguel, que está inserido na província geomorfológica Depressão Periférica Paulista, na zona do Médio Tietê, parte média da Microbacia Hidrográfica do Rio Corumbataí. Esta é uma área altamente antropizada pela expansão urbana do município, com bairros de alta densidade de ocupação, nas proximidades com o limite da Florestal Estadual do Horto Navarro de Andrade.

As APPs são protegidas pela Lei do Código Florestal nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 (BRASIL, 1965). No entanto, na região da microbacia do Córrego Bandeirantes existem diversos problemas relacionados ao meio ambiente, ao uso do solo e a processos geológicos, provocados pela ocupação de várias APP, sejam elas nascentes ou faixa ao longo das drenagens naturais. A mata ciliar resume-

se a uma faixa irregular, estreita e ambientalmente degradada.

Sabe-se que, em geral, nas matas ciliares do Brasil próximas a centros urbanos, há uma intensa perturbação causada pelo mal planejado da ocupação, que ocasiona diversos impactos, como o desmatamento, ocupações irregulares nas áreas protegidas e de riscos geológicos, despejo de esgoto, erosão causada pela alta taxa de escoamento, canalizações e desvios. Assim, faz-se necessário diagnosticar as condições geológico-geotécnicas e ambientais de áreas como a desse córrego, o qual Zaine (2000) considerou bastante preocupante devido a uma diversidade de ocorrência de processos erosivos.

Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo realizar diagnóstico dos problemas geotécnicos e ambientais, caracterizando seus processos geradores, na Microbacia Hidrográfica do Córrego Bandeirantes, município de Rio Claro, para propor medidas mitigadoras e de controle ambiental.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Santos (1994) propôs uma seqüência de etapas para os estudos geológico-geotécnicos, cujo início conta com as etapas de entendimento e solução, que coincidem com os objetivos de

instrumentos de planejamento como as cartas e mapas geológico-geotécnicos, seguidas por etapas complementares que são as de acompanhamento e monitoramento.

O método aplicado no presente trabalho baseia-se nas duas primeiras etapas propostas por Santos (1994), acrescidas da interação entre a ação antrópica e a dinâmica dos processos atuantes, que são o enfoque principal do estudo.

A primeira etapa compreendeu a investigação geológico-geotécnica na escala 1:10.000, buscando a caracterização do meio físico como subsídio ao entendimento da dinâmica presente na área de estudo, além da identificação dos eventuais problemas de natureza geológico-geotécnica e ambiental instalados. A segunda etapa consistiu na formulação de soluções adequadas para os problemas instalados ou potenciais, zelando, especialmente, pela compatibilidade fenômeno/solução.

Nesse sentido, foram definidas para o desenvolvimento do trabalho seis atividades principais, que são:

2.1) Pesquisa bibliográfica: Consistiu na compilação de dados e informações relativas à área de estudo, grande parte disponível na biblioteca do Instituto de

Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista - Unesp - Campus de Rio Claro.

2.2) Análise de material cartográfico: Folha topográfica na escala 1:10.000 do Instituto Geográfico e Cartográfico - IGC: (64/91) - Rio Claro II - SF-23-Y-A-I-4-SE-B e Mapa Geológico-Geotécnico de Rio Claro (Zaine, 2000).

2.3) Elaboração de material cartográfico: A base cartográfica foi digitalizada na escala 1:10.000, a partir do material já existente, complementado e atualizado por informações obtidas pelas imagens de satélite do Google Earth e por trabalho de campo.

Os produtos cartográficos e legendas apresentados foram digitalizados com o auxílio dos programas ArcGIS 9.3, AutoCAD 2009 e CorelDRAW X4.

2.4) Levantamento de campo: Realizado conforme o método descrito anteriormente, contou com a coleta de dados feita pela observação de pontos distribuídos ao longo do Córrego Bandeirantes.

O desenvolvimento do trabalho teve informações ordenadas segundo uma ficha de campo padronizada elaborada com base em fichas utilizadas em trabalhos de mapeamento geológico-geotécnico em

geral. A ficha contemplou a descrição dos seguintes aspectos: tipo de rocha e de solo, feições de relevo, tipo de drenagem, profundidade estimada do N.A., intervenções antrópicas e problemas geotécnicos instalados.

Para registro ilustrativo dos pontos visitados foram tiradas fotografias das exposições observadas.

2.5) Estudo hidrológico: O estudo hidrológico buscou mostrar, através da quantificação, a contribuição antrópica para a ação erosiva das águas superficiais na área de estudo. Para tal estudo foi preciso delimitar a microbacia do Córrego Bandeirantes, utilizando mapas de altimetria da área. A área foi analisada por meio de imagens de satélite, fotos aéreas e trabalho de campo, verificando-se ausência ou presença de impermeabilização, sendo calculada posteriormente a capacidade de vazão de cheias (final de projeto). Comparando a vazão final de projeto com a área desprovida de ocupação urbana e a situação atual.

2.6) Análise integrada dos resultados: representa a equiparação dos dados extraídos da bibliografia com aqueles obtidos no trabalho de campo.

A integração das informações foi executada por meio da discussão dos

resultados obtidos, destacando os valores do estudo hidrológico e seu significado, quanto à ação antrópica causada pelo crescimento urbano, e problemas geológico-geotécnicos e ambientais implantados e potenciais. Estabelecida a relação fenômeno/causa na dinâmica da área, buscou-se definir possíveis soluções para os problemas, os quais envolvem tanto aspectos técnicos, quanto a conscientização popular e medidas tomadas pelo Estado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A área de estudo corresponde à microbacia hidrográfica do Córrego Bandeirantes em Rio Claro-SP (Figura 1), caracterizada por ocorrência de formações geológicas Rio Claro e Corumbataí, além de diabásios que formam solos tipo terra roxa e latossolo roxo, e depósitos quaternários com solos hidromórficos e orgânicos. A maior parte da área é coberta por ocupação urbana. Algumas partes são cobertas por vegetações baixas, compreendidas pelo terreno do campus da Universidade Estadual Paulista (Unesp/Rio Claro) e seus arredores. Há ainda, vegetação de grande porte nas áreas de proteção ambiental e plantio de eucaliptos, que fazem parte da área especial do Horto Florestal Navarro de Andrade.

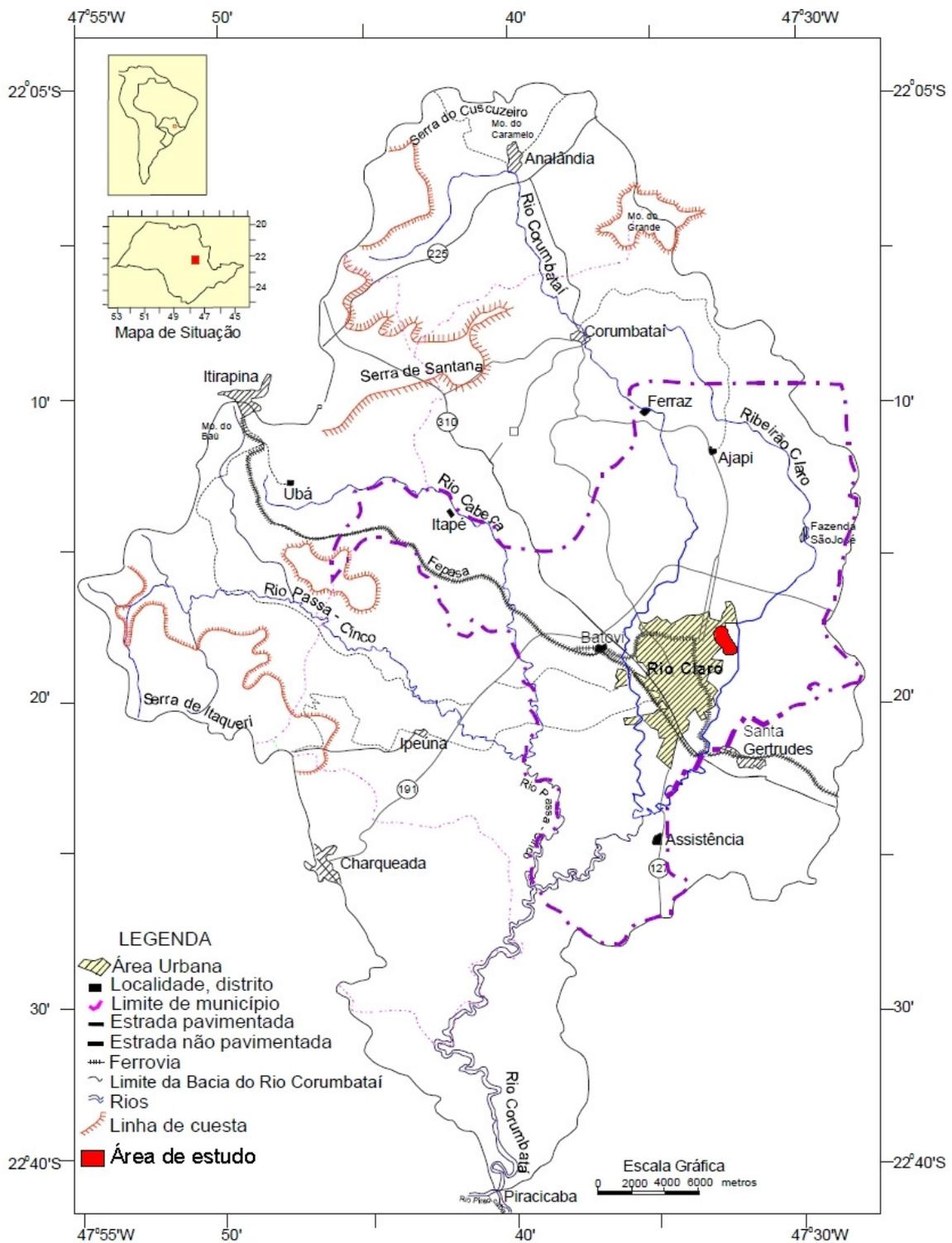


Figura 1. Localização da área de estudo no município de Rio Claro (Retirado e adaptado de Zaine, 2000).

O clima da região de Rio Claro enquadra-se na categoria Tropical (Cwa na classificação de Köppen), com verão chuvoso (outubro-março) e inverno seco (abril-setembro). A precipitação média anual é de 1.482 mm e a média de temperatura anual é de 20° C, conforme dados da estação meteorológica do Centro de Análise e Planejamento Ambiental da UNESP de Rio Claro (PRATA et al, 2007).

A maioria da área urbana encontra-se sobre solo residual amarelo-avermelhado arenoso e laterítico, com baixa declividade. A nascente do Córrego Bandeirantes apresenta solo coluvionar arenoso avermelhado laterítico, associado às vertentes de meia encosta, com marcante suscetibilidade à erosão linear.

Ao longo do curso do córrego são encontrados mais três tipos de solos: argiloso marrom arroxeadado associado ao anfiteatro da nascente, material cujo comportamento plástico é pouco adequado para aterros; residual coluvionar argiloso marrom, com blocos de diabásio, pouco suscetível à erosão e baixa escavabilidade; e coluvionar hidromórfico, com alternância de argilas e areias, associado à planície de inundação da confluência entre o Córrego Bandeirantes e do Ribeirão Claro.

Em quase toda a extensão do Córrego Bandeirantes e em trechos do Ribeirão Claro, ocorre um solo arenoso, constituído de depósitos de assoreamento,

contendo fragmentos de materiais provindos da área urbana, como concreto, tijolos, telhas, azulejos, entre outros. Tais materiais evidenciam processos erosivos e mudança de energia de transporte dos cursos d'água e enxurradas, alterando a dinâmica fluvial e seu ecossistema, que podem comprometer a captação de água para abastecimento na questão de quantidade e qualidade (ZAINE, 2000). A Figura 2 ilustra mapa de cobertura de material inconsolidado elaborado por Zaine (2000), incluindo a área de estudo. Nessa tabela são descritas as principais características desses materiais.

Já a microbacia do Córrego Bandeirantes está delimitada na Figura 3, onde se pode observar o divisor de água e altimetria da área. Também apresenta os locais analisados durante o desenvolvimento do estudo, que foram nomeados como pontos 1, 2, 3 e 4, os quais apresentaram os impactos mais significativos em termos de problemas ambientais e geológico-geotécnicos.

Esse mapa também foi utilizado para elaborar o estudo hidrológico dessa microbacia, para verificar a situação em relação ao escoamento superficial, que é uma das causas para incidência dos problemas erosivos identificados na área, com formação de boçorocamento.

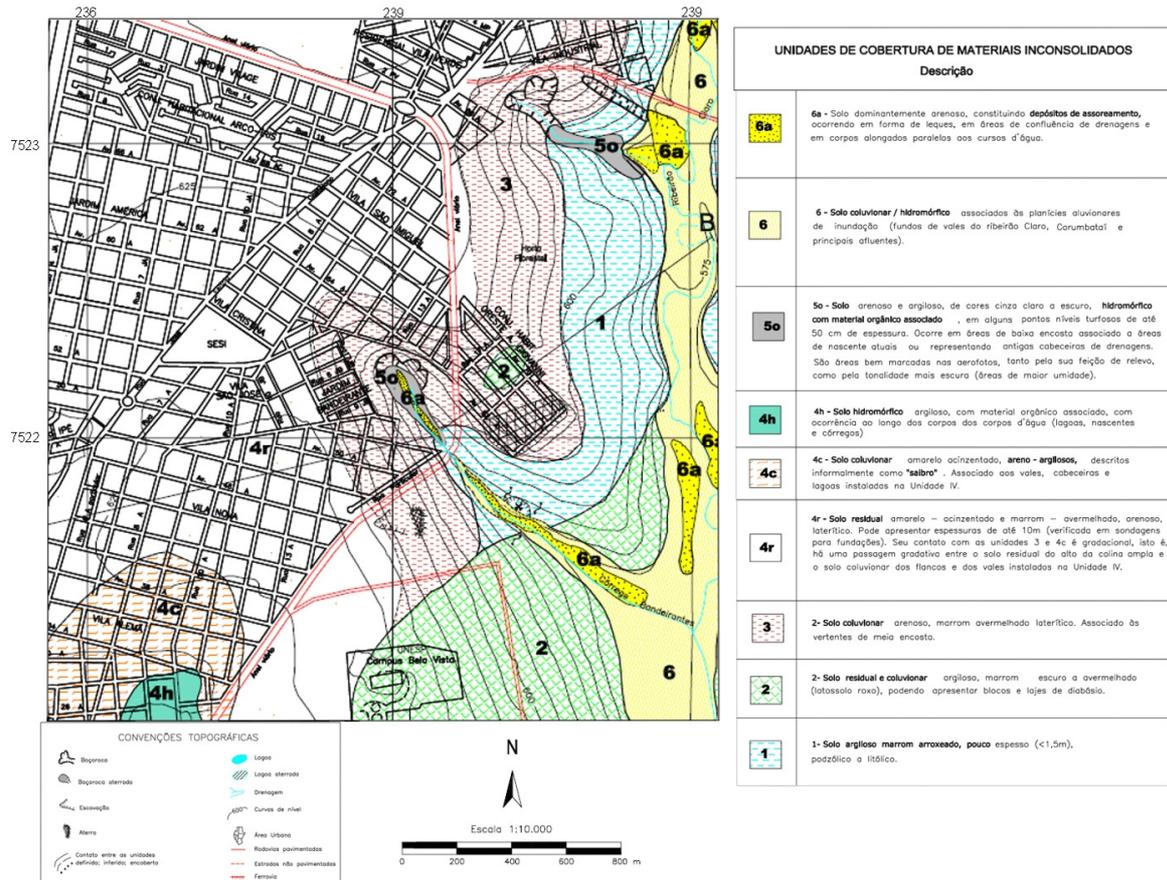


Figura 2. Unidades de cobertura de material inconsolidado do Córrego Bandeirantes (Retirado e adaptado de Zaine, 2000).

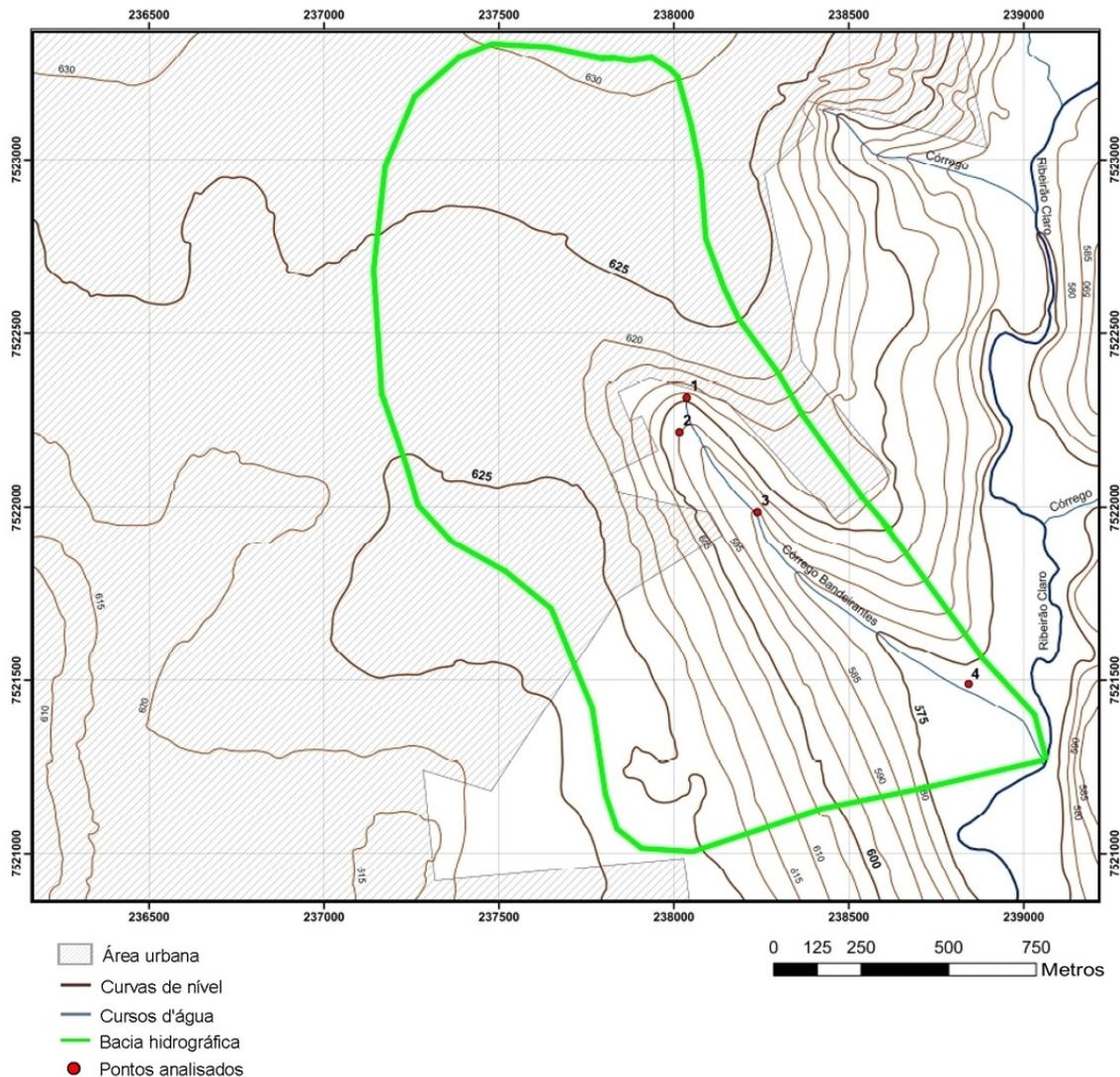


Figura 3. Localização dos pontos analisados na microbacia hidrográfica do Córrego Bandeirantes, com delimitação de seu divisor de água.

Caracterização dos Pontos Analisados:

Ponto 1:

O ponto 1 localiza-se na nascente do córrego, com as coordenadas $47^{\circ}32'41''S$ e $22^{\circ}23'7''W$ (Datum usado no levantamento foi o SAD 69). O local apresenta uma cobertura vegetal degradada, com muita vegetação rasteira e indivíduos arbóreos, existindo um acesso, na forma de uma trilha criada pela

população local, pela vegetação até a nascente. As habitações estão muito próximas e há equínos que vagam livremente por toda Área de Preservação Permanente (APP). Não há cercas de proteção, placas ou outro tipo de informação que identifique a área como sendo de proteção ambiental. Algumas partes de tubulações de concreto, que compunham um antigo sistema de

drenagem, estão espalhadas no entorno da nascente. Existe uma pequena quantidade de resíduos domésticos espalhados pela área, provindos da área urbana e das residências próximas, que são carregados pela chuva. Há ocorrência de alguns sulcos erosivos em porções anteriores à nascente, indicando a incidência de erosão e assoreamento incipientes. A população local frequenta a área; as trilhas são bem definidas e a nascente possui um cano de PVC para facilitar a coleta da água.

Ponto 2:

O ponto 2 está localizado a aproximadamente 120m da nascente, com as coordenadas 47°32'42"S e 22°23'11"W. No local há um aterro feito de solo misturado com alguns resíduos, em parte domésticos e, principalmente, de construção civil. No limite do aterro com a Estrada da Bomba há um perfil de solo aberto, com fortes sinais de erosão e início de ravinas na via não pavimentada. A tubulação de drenagem, abaixo da via, está assoreada, com depósito de material até a metade de seu diâmetro de um metro. Sobre a via e o córrego, há grande quantidade de resíduos domésticos e de construção civil. A encosta está povoada de vegetação exótica (*Leucaena sp*). Não há sistema de drenagem urbana na Estrada da Bomba. Após a tubulação de drenagem do córrego, abaixo da via, começa o

despejo de esgoto feito por habitações irregulares, onde é possível observar depósitos de assoreamento e água turva.

Ponto 3:

O ponto 3 localiza-se a 400 metros da nascente, nas as coordenadas 47°32'34"S e 22°23'18"W, na junção do córrego com o Anel Viário, próximo ao campus da UNESP. Construções irregulares ficam muito próximas ao córrego, intensificando o despejo de esgoto. A via não possui pavimentação e o solo é carregado pelas chuvas, agravando o assoreamento. Há resíduos de diferentes tipos no leito do curso de água e ao longo da via, principalmente, aqueles provindos da construção civil.

Há evidências de afundamento do terreno, sendo um local potencial para ocorrência de processo de inundação, devido a tubulação sobre a via estar com sua vazão comprometida pela alta presença de materiais assoreando-o.

Ponto 4:

O ponto 4 localiza-se 1200 metros da nascente, nas as coordenadas 47°32'14"S e 22°23'35"W, próximo à confluência do Córrego Bandeirantes com o Ribeirão Claro. Neste ponto, observa-se que a água sofre depuração ao longo do curso, pois há menos matéria orgânica, menor turbidez e ausência de mau cheiro, que eram notados

no ponto 2. Após a tubulação, existente no Anel Viário, a APP possui placas de identificação informativas e cercas de arame farpado, com partes destruídas. Foram encontradas grandes quantidades de fezes de ruminantes dentro da APP. Resíduos domésticos são carregados pela água ao longo do curso e poluem a vegetação. A mata ciliar está comprometida, mal preservada e cercada por plantações de eucalipto. A Figura 4 ilustra fotografia aérea na escala 1:5.000, do ano de 1995, onde pode-se observar o início da implantação do Conjunto Habitacional Oreste A. Giovanni ao lado do Córrego Bandeirantes e a ocupação urbana já existente no entorno do Córrego Bandeirantes, com pontos analisados no presente estudo.

A avaliação de campo possibilitou a identificação de uma série de irregularidades, que favoreceram os processos erosivos instalados, além de potencializarem novas ocorrências.

Próximo à cabeceira do Córrego Bandeirantes está presente uma boçoroca, cuja expansão se encontra estabilizada. Entretanto, há um aterramento da vertente da boçoroca, que deixa evidente um potencial de reativação do processo que deu origem a esta grande estrutura erosiva. A causa reside em uma expansão urbana que não considerou as questões ambientais.

O relevo de meia encosta, que favorece o escoamento superficial, atrelado a impermeabilização de grande parte do terreno, aliados a um solo essencialmente arenoso, configuram as condições propícias para o desenvolvimento de erosão linear, que com sua evolução, acarretou a boçoroca analisada. Como as condições citadas não sofreram grandes alterações, a reativação do processo erosivo é uma realidade a ser considerada.

O crescimento dos bairros em direção ao córrego causou o desmatamento parcial da mata ciliar, a impermeabilização do solo e carência de pontos de captação pluvial.

A mata composta inicialmente por Floresta Estacional Semidecidual, hoje conta com poucos exemplares da floresta original, evidenciado pela presença de espécies exóticas, além do plantio de eucaliptos e pastagens, que sofrem queimadas periódicas, e marcação de trilhas de acesso à nascente.

O reflorestamento do Córrego dos Bandeirantes foi feito em 2007 pela SEPLADEMA (Secretaria de Planejamento, Desenvolvimento e Meio Ambiente). Porém a cerca de proteção, comprometida em alguns pontos, permite que bovinos e equinos penetrem para alimentação, consumindo e danificando mudas de reflorestamento e espécies nativas em regeneração.

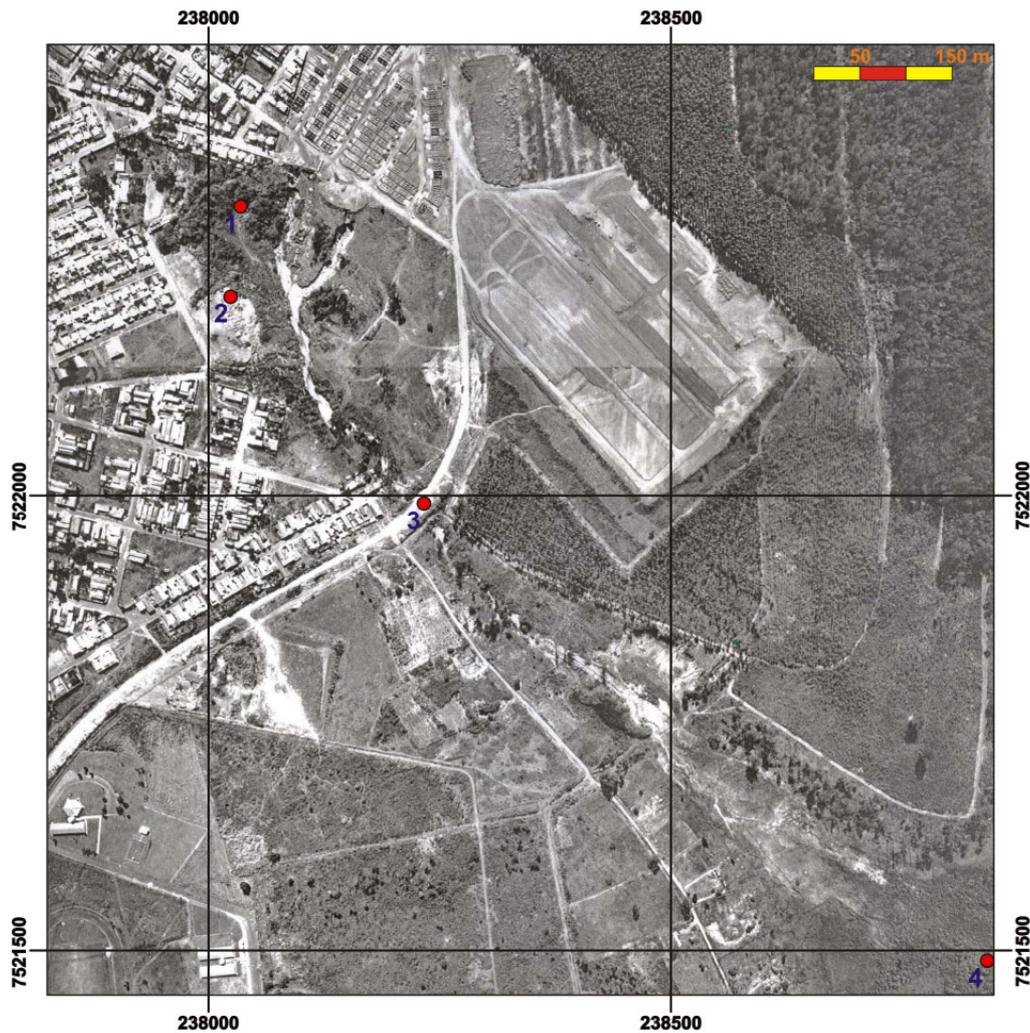


Figura 4. Começo do loteamento do Conjunto Habitacional Oreste A. Giovanni ao lado do Córrego Bandeirantes (BASE S.A. - 0-579 P.M. - Rio Claro 1:5000 - Junho 1995 - Faixa 11 nº30 e 31).

Para completar o panorama, existem habitações irregulares, muitas em alvenaria, dentro da APP. A falta de educação ambiental pode ser observada no descaso da população local, que despeja entulhos e resíduos domésticos nas áreas da drenagem. Na Estrada da Bomba, que passa sobre a tubulação do córrego, vê-se à montante, um leito com água límpida, enquanto à jusante, a água é fétida e o leito contém lixo, composto desde sacolas

plásticas até móveis inteiros (sofás). A Prefeitura Municipal retira, periodicamente, os resíduos da via, que são novamente jogados pelos moradores.

Próximo ao córrego há um depósito de resíduos de construção civil que, em parte, são arrastados pelas chuvas, para a drenagem que desemboca no curso d'água, agravando ainda mais o assoreamento.

Estudo hidrológico:

O estudo hidrológico foi feito com intuito de se analisar as conseqüências que a área urbana causa sobre o escoamento superficial, na erosão e no aumento de quantidade de água, que após uma precipitação irá escoar diretamente para o córrego.

Foram calculadas duas vazões de cheia, para efeito de comparação, entre a situação original da área preservada e após a ocupação humana, com seus impactos.

No cálculo das vazões de cheia foi utilizado, primeiramente, o coeficiente de escoamento calculado para a paisagem atual. Posteriormente, o coeficiente de escoamento de vegetação alta, considerando a área em sua conformação original, coberta por Floresta Estacional Semidecidual.

Coefficiente de escoamento: foi calculado de acordo com a equação de Wilken (1878).

$$C = \frac{C_i \cdot A_i + C_p \cdot A_p}{A_t} \quad (1)$$

Em que C é o coeficiente de escoamento superficial, Ci o coeficiente de escoamento de áreas impermeabilizadas, Cp o coeficiente de áreas permeáveis, Ap a área permeável, Ai a área impermeável e At a área total da bacia.

Considerou-se como área permeável: vegetação rasteira, vegetação arbórea e solo exposto. Como área

impermeabilizada: Área urbana, Asfalto e Área de Concreto.

Nesse sentido, foram obtidos os resultados apresentados na Tabela 1 para situação atual da microbacia do Córrego Bandeirantes.

Tempo de concentração (tc): foi calculado de acordo com a recomendação do DAEE (2005) pela fórmula do “Califórnia Culverts Practice”.

$$t_c = 57 \cdot \left(\frac{L^3}{\Delta h} \right)^{0,385} \quad (2)$$

Em que tc é o tempo de concentração (min); L é o comprimento do talvegue do curso d'água (km); Δh o desnível do talvegue entre a seção e o ponto mais distante da bacia (m).

Pela análise feita, os valores são os seguintes:

$$L = 1,524 \text{ km}$$

$$\Delta h = 45 \text{ m}$$

$$t_c = 21,41 \text{ min adotado em } 22 \text{ min.}$$

Período de retorno: Foi adotado em T=50 anos, de acordo com norma do DER para canalização de córregos.

Intensidade de chuvas: Foi usada a equação de chuvas de Piracicaba para a região de Rio Claro retirado de “Equações de Chuvas Intensas do Estado de São Paulo”, (MARTINEZ JR, 1999).

Tabela 1. Relação das áreas para cada tipo de uso do solo na microbacia do Córrego Bandeirantes.

Área da bacia hidrográfica:	Total	Área urbana	Vegetação Rasteira	Vegetação Arbórea
ha	240,55	140,59	38,19	61,77
%	100	58,45	15,87	25,68
C	0,5136	0,8	0,08	0,13

Valores de C retirados de Tucci (2000).

Relação intensidade – duração – período de retorno para Piracicaba

Nome da estação: Piracicaba – D4-104R

Coordenadas geográficas: Lat. 22°43'S;

Long. 47°39'W

Altitude: 500 m

Período de dados utilizados: 1980-97 (18 anos)

Equação:

$$i_{t,T} = 47,8273 (t+30)^{-0,9110+19,2043 (t+30)^{-0,9256}[-0,4820-0,9273 \ln \ln(T/T-1)]} \quad (3)$$

para $10 \leq t \leq 1440$

Com: i: intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T, em mm/min;

t: duração da chuva em minutos;

T: período de retorno em anos.

Resultando em:

$$i_{t,T} = 2,7828 \text{ mm/min} = 166,968 \text{ mm/h}$$

Vazão de cheia: ou vazão final de projeto, foi calculada segunda a equação retirada de Tucci (2000).

$$Q = 0,278 * C * I * A \quad (4)$$

Em que Q é a vazão de cheia (m^3/s); C o coeficiente de escoamento (adimensional); I a intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T (mm/h); A a área em km^2

A vazão de cheia para a região, em sua conformação atual fica em:

$$Q = 0,278 * 0,5136 * 166,968 \text{ mm/h} * 2,4055 \text{ km}^2 = \mathbf{57,346 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Adota-se $C = 0,5136$, para a área em sua conformação atual, calculado pela equação de Wilken (1978).

Para a bacia em seu estado original, sem intervenção antrópica teria a seguinte situação:

$$Q = 0,278 * 0,13 * 166,968 \text{ mm/h} * 2,4055 \text{ km}^2 = 14,515 \text{ m}^3/\text{s}$$

Adota-se $C = 0,13$, para vegetação arbórea, em razão de seu estado ainda preservado de vegetação.

O estudo hidrológico mostra que a vazão de cheia da área da bacia hidrográfica, ainda com a cobertura original, é quase quatro vezes menor que a vazão de cheia dos dias atuais, que conta com área urbana e diversas intervenções antrópicas no relevo e paisagem.

O solo no entorno da nascente do Córrego Bandeirantes é naturalmente suscetível à erosão linear. Com o aumento do escoamento superficial, sofre processos erosivos agressivos, que provavelmente contribuíram para o surgimento da boçoroca local.

Isto mostra a influência da área urbana sobre a erosão, que se relaciona diretamente com o aumento do escoamento superficial.

4. CONCLUSÃO

Uma das finalidades das Áreas de Preservação Permanente (APPs) é poupar as áreas próximas aos mananciais da ocupação humana, evitando impactos como desmatamento desenfreado, poluição e contaminação de água e solo, erosões e assoreamento nos corpos da água. A mata

ciliar tem um papel importante como APP, que é delimitar o leito de cheia do rio.

A invasão da APP pela urbanização está diretamente relacionada ao crescimento desordenado, sem planejamento de infra-estrutura e sem estudo dos impactos ambientais da ocupação de áreas próximas aos mananciais.

Na área observada na microbacia hidrográfica do Córrego Bandeirantes, as APPs não são respeitadas ao longo da drenagem. Em todos os pontos são observados impactos negativos decorrentes da urbanização e praticamente nenhum impacto positivo ou intervenção para mudança de degradação.

O esgoto, resíduos domésticos e entulhos de construção civil são despejados e descartados diretamente no córrego, poluindo e assoreando o curso d'água, possibilitando desta forma a ocorrência de processos de inundação.

Há risco direto à saúde dos moradores locais que utilizam a água do córrego para beber, sem conhecer sua qualidade.

A educação ambiental da população, com a conseqüente conscientização sobre os impactos causados pela ocupação urbana e necessidade de preservação das APPs, poderiam diminuir as conseqüências negativas observadas, principalmente aquelas que afetam diretamente o córrego.

O estudo hidrológico mostra que a impermeabilização da área urbana causa um grande impacto, aumentando a taxa de escoamento superficial. A quantidade de água que, após uma precipitação, representada pela vazão de cheias, irá escoar diretamente para o córrego, aumenta em quase 300% com a presença da área urbana atual, exercendo uma grande pressão nos ecossistemas e no solo, com conseqüente ativação de processos erosivos e de assoreamento do curso d'água, que sofrem, ainda, outros impactos antrópicos. Estes dados evidenciam que a ocupação urbana na microbacia hidrográfica do Córrego Bandeirantes influencia diretamente as reservas hidrográficas, pois é um afluente do Ribeirão Claro, o qual é responsável pelo fornecimento de 40% da água que abastece a Cidade de Rio Claro, comprometendo o abastecimento de água potável da região.

A captação da água pluvial de forma adequada feita pelo sistema de drenagem urbana, desaceleraria os processos erosivos, e diminuiria a quantidade de solo e material urbano depositado na área do manancial.

Para a preservação dos cursos d'água a área de proteção deve ser maior, incluindo não apenas as APPs que protegem apenas 30 m para cada lado das margens e um raio de 50 m no entorno da nascente, mas parte da microbacia, que

ficariam livres de impactos negativos diretos, causados pela ocupação urbana e pela alta taxa de escoamento superficial.

Assim, no planejamento de novos loteamentos nas cidades, deve ser feito o estudo geológico-geotécnico ambiental das áreas de bacias hidrográficas e mananciais, para se evitar os problemas apresentados no presente trabalho.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. **Código Florestal**. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965.
- DAEE (DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DE SÃO PAULO). **Guia Prático para Projetos de Pequenas Obras Hidráulicas**. São Paulo/SP: DAEE, 2005.
- DER - DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. DE 01/HID-001. **Estudos Hidrológicos**. São Paulo, 2001.
- MARTINEZ JR, F.; MAGNI, N. L. G. **Equações de Chuvas Intensas do Estado de São Paulo**. São Paulo/SP: 1999.
- PRATA E.M.B., ASSIS M.A., PINTO S.A.F., **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 984-986, jul. 2007.
- TUCCI, C. E. M., Coeficiente de Escoamento e Vazão Máxima de Bacias Urbanas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, RS, v. 5, n.1, Jan/Mar 2000.
- WILKEN, P. S., **Engenharia de Drenagem Superficial**. São Paulo: CETESB, 1978.

ZAINE J.E., Mapeamento geológico-geotécnico por meio do método do detalhamento progressivo: ensaio de aplicação na área urbana do município de Rio Claro (SP)
Tese (Doutorado em Geociências)
– Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Rio Claro/SP, 2000.