

## ANÁLISE DO RELEVO DA BACIA DO CORREGO CASTELO (BAURU – SP): A INFLUÊNCIA DA URBANIZAÇÃO NOS PROCESSOS EROSIVOS

**Leonardo Thomazini**  
UNESP/ Rio Claro  
[leothomazini@yahoo.com.br](mailto:leothomazini@yahoo.com.br)

**Cenira Maria Lupinacci da Cunha**  
UNESP/ Rio Claro  
[cenira@rc.unesp.br](mailto:cenira@rc.unesp.br)

### RESUMO

A expansão urbana na maioria das cidades brasileiras, muitas vezes se dá de forma desordenada e em lugares impróprios, proporcionando consequências desastrosas como enchentes, assoreamento das drenagens e deslizamentos, conferindo riscos à população ali instalada e prejuízos aos cofres públicos. Assim, o presente trabalho tem por objetivo principal analisar a influência da expansão urbana no surgimento dos processos erosivos lineares, por meio dos estudos do relevo, na Bacia Hidrográfica do Córrego do Castelo, localizada na cidade de Bauru/SP. Para isto, utilizou-se o arcabouço teórico-metodológico da teoria Geral dos Sistemas, através da qual a Bacia Hidrográfica é compreendida como um sistema aberto, composto por conjuntos sendo estes, formados por elementos que se inter-relacionam. Deste modo, foram confeccionadas cartas morfométricas, usando as técnicas da cartografia digital semiautomática e associando os dados por estes obtidos, foi possível a construção da Carta de Energia do Relevo. Esta, juntamente com as Cartas Geomorfológicas, de Uso e Ocupação da Terra e os trabalhos de campo permitiram uma análise satisfatória, identificando a influência da ocupação urbana nos processos morfogênicos, onde a impermeabilização do solo nas vertentes, a canalização do escoamento superficial e a ocupação de fundo de vale exercem ações significativas sobre o relevo.

**Palavras-Chave:** Geomorfologia, Urbanização, Bacia Hidrográfica

### ANALYSIS OF “CASTELO” STREAM (BAURU – SP) BASIN RELIEF: THE URBANIZATION INFLUENCE IN EROSION PROCESSES

### ABSTRACT

Urban sprawl in most Brazilian cities, it often occurs in a disorderly manner and inappropriate places, providing disastrous consequences such as floods, drains silting and landslides, conferring risks to the installed population and damage to public coffers. Thus, this paper aims at analyzing the influence of urban expansion in the onset of linear erosion, through relief studies on “Castelo” stream watershed, located in Bauru city/ SP. For this, we used the theoretical and methodological framework of general systems theory, by which the basin is understood as an open system, composed of sets formed by elements that are interrelated. Thus, morphometric letters were made, using the semi-automatic digital mapping techniques and linking the obtained data by them, the construction of the Energy Letter Relief was possible. This, together with the Occupation and Use of the Earth geomorphological Letters and the field work, a satisfactory analysis was allowed, identifying the influence of urban occupation in morphogenic processes, where the strands soilon sealing, the superficial runoff channeling and occupation of valley bottom exert significant actions on the relief.

**Keywords:** Geomorphology, Urbanization, Watershed

---

Recebido em 16/02/12

Aprovado para publicação em 31/05/12

## INTRODUÇÃO

As consequências da ação antrópica sobre o meio natural são notórias, principalmente quando se tratam da exploração e extração os recursos naturais. Também, quando há ocupação de uma determinada área verifica-se que pode ocorrer alteração nos sistemas naturais.

No entanto, quando o homem desmata, planta, constrói, transforma o ambiente, esses processos ditos naturais, tendem a ocorrer com intensidade muito mais violenta e nesse caso, as consequências (SIC) para a sociedade são quase sempre desastrosas. (GUERRA E CUNHA, 1996, p.344).

Com o avanço do crescimento urbano, as cidades foram destinadas à produção do capital, provocando uma acelerada ocupação do território em extensas áreas desconexas e problemáticas. Sem que houvesse qualquer preocupação quanto ao planejamento, o espaço natural foi sendo ocupado e degradado, surgindo assim, áreas impróprias ao assentamento urbano. Entretanto, “os problemas ambientais (ecológicos e sociais) não atingem igualmente todo o espaço urbano. Atingem muito mais os espaços físicos de ocupação das classes sociais menos favorecidas do que os das classes mais elevadas.” (COELHO, 2004, p. 27)

Não havendo preocupação com relação à gestão ambiental urbana, muitas cidades presenciaram um crescimento periférico e, conseqüentemente, uma ocupação e uso irregular do solo em áreas impróprias para o assentamento urbano, tornando-as suscetíveis à erosão e descumprindo o Estatuto da Cidade que determina a “garantia do direito a cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras instalações” (Art. 2º). (BRAGA, 2003, p.119). Ocorrendo assim, efeitos negativos como degradação dos solos pelas erosões e poluição dos mananciais através de resíduos sólidos e líquidos oriundos dos assentamentos urbanos.

Em muitos casos, devido a falta de planejamento e a ocupação irregular do espaço, as erosões que se iniciam na forma de sulcos, atingem proporções gigantescas tornando-se grandes voçorocas. Estas voçorocas dificultam o manejo do solo fazendo com que a gestão pública despenda grande quantidade de recurso financeiro a fim de remediar os problemas tornando-se, em muitos casos, ações paliativas. Este motivo faz muitas prefeituras, não tendo tais recursos, negligenciar os problemas erosivos em seus municípios, agravando cada vez mais os impactos ambientais. Contudo, para Guerra e Cunha (1996, p. 367): “Através da mensuração das diversas formas de degradação ambiental, é possível contribuir na realização de um diagnóstico do problema”.

O estudo dos impactos ambientais, especificamente nas bacias hidrográficas, numa área urbana, auxilia para que o planejamento urbano seja feito; levando em conta não apenas o aspecto territorial, mas sim a qualidade de vida da população bem como o aproveitamento adequado do território, através do uso e ocupação da terra. Assim, são importantes os estudos das formas de relevo que constituem a paisagem a ser ocupada, pois:

A esculturação das formas da paisagem é dinamicamente efetuada através da atuação de inúmeros mecanismos ou processos geomórficos, os quais são iniciados e desenvolvidos pela ação de determinados agentes esculptores; dentre esses se destaca a água, considerada o mais importante modelador da paisagem, o agente universal. (CARVALHO et. al. 2001, p. 61).

Para tais entendimentos, a utilização da geomorfologia é imprescindível, pois, esta irá trazer como nas palavras de Carvalho et. al. (2001, p.59), “diagnósticos de situações bem como subsídios para o planejamento territorial em suas diversas escalas”, além de integrar os fatores naturais com os antrópicos, relacionando-os com o crescimento urbano, tendo como finalidade o planejamento.

É por tais fatos que se tomou como objeto de estudo a Bacia Hidrográfica do Córrego do Castelo. Localizada na cidade de Bauru (SP), em área de expansão urbana, apresenta o desenvolvimento de diversos processos erosivos lineares, os quais podem originar diversos danos à sociedade como avarias no sistema de água e esgoto, nas ruas, perdas de solos, entre outros, comprometendo a qualidade de vida dos moradores e, conseqüentemente, trazendo prejuízos aos cofres públicos.

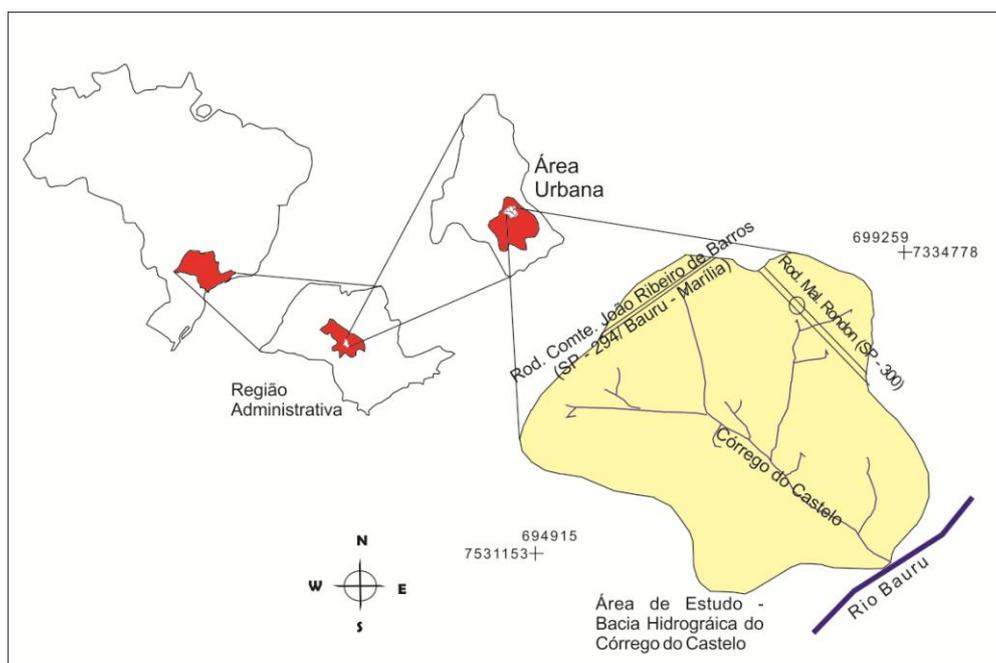
Sendo assim, este trabalho teve como objetivo analisar o relevo da bacia do Córrego do Castelo (Bauru-SP), buscando identificar a influência da urbanização na dinâmica geomorfológica e no surgimento de processos erosivos lineares.

O estudo e a análise das principais características geomorfológicas da área de estudo, através de procedimentos da cartografia geomorfológica, para avaliar dedutivamente a atuação dos processos morfogenéticos, com ênfase aqueles vinculados à erosão peri-urbana, associados as condições morfométricas da bacia, a fim de conhecer quais setores são potencialmente mais suscetíveis a atuação dos processos morfogenéticos, juntamente com uso da terra da área, correlacionando as informações obtidas, foram fundamentais ao cumprimento do objetivo proposto.

## CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica do Córrego do Castelo (Figura 1) possui uma área de aproximadamente 10,93 km<sup>2</sup> (quilômetros quadrados), situada na cidade de Bauru, estado de São Paulo, limitada pelas coordenadas geográficas 22° 17'S e 22° 18'S e 49° 3'W e 49° 6'W, sobre formações geológicas pertencentes ao Grupo Bauru, localizado no compartimento geomorfológico do Planalto Ocidental, o qual se insere na Bacia Sedimentar do Paraná, no estado de São Paulo.

Figura 1: Localização da área de estudo em destaque modificada da base cartográfica vetorizada; Destaques em vermelho do Estado de São Paulo – Região Administrativa de Bauru (SP) – Área Urbana.



A maior parte do território do estado de São Paulo se encontra na unidade geológica da Bacia Sedimentar do Paraná. Esta, segundo IPT (1981b), constitui uma unidade geotectônica estabelecida sobre a Plataforma Sul-Americana, a partir do Devoniano, ou até mesmo do Siluriano.

Para Almeida Filho (2000), na bacia do Rio Bauru, onde se insere a Bacia do Córrego do Castelo, são encontradas as formações Adamantina e Marília em proporções semelhantes. Esta última se encontra nas regiões mais altas, recobrando a Formação Adamantina, que por sua vez, aparece nas “porções mais rebaixadas dos vales dos principais rios, onde já foi removida pela erosão” (IPT, 1981a, p. 73)

Já a Formação Marília, “depositou-se em um embaciamento localizado ao término da deposição Bauru, em situação parcialmente marginal, repousando geralmente sobre a Formação Adamantina”, localizando-se “entre os médios vales dos rios Tietê e Paranapanema.” (IPT, 1981a, p. 77); (FERNANDES E COIMBRA, 1996).

Estas condições geológicas refletem-se tanto nas características do relevo como nos tipos de solos da área estudada. Desta forma, de acordo com o Mapa Geomorfológico do Estado São Paulo (ROSS e MOROZ, 1997), a cidade de Bauru, apresenta solos do tipo Latossolo Vermelho – Amarelo, que ocorre de forma generalizada e Argissolo Vermelho – Amarelo, comumente localizado nas vertentes mais inclinadas, ambos possuindo textura média à arenosa.

Diante das condições litológicas, verifica-se o predomínio no município de Bauru de solos muito desenvolvidos com alteração pronunciada dos minerais primários, característicos de clima quente e úmido. Assim, Almeida Filho (2000) descreve o solo bauruense como constituído predominantemente por Latossolos Vermelho Escuro, textura média e Argissolos Vermelho, textura arenosa-média.

Segundo Cavaguti (1993, citado por ALMEIDA FILHO, 2000, p.72) “constatou-se maior tendência à erosão linear em solos Argissolos [sic] que em Latossolos, embora as boçorocas de maior dimensão tenham se desenvolvido em latossolos”. Isso porque os Latossolos são bem desenvolvidos, estáveis e bem drenados, mas quando sofrem atividades excessivas de ocupação irregular, perdem seus microagregados causando maiores desgastes, surgindo assim às voçorocas.

A Bacia do Córrego do Castelo no período chuvoso recebe grande quantidade de água pluvial, que, ao atingir as áreas de várzea, ocasiona enchentes, destruindo obras públicas como ruas, pontes e até mesmo algumas casas dos moradores que se assentaram em áreas impróprias a ocupação urbana. Além do aumento do escoamento superficial, estas condições pluviométricas influenciam diretamente na formação dos processos erosivos lineares da região.

## MÉTODO E TÉCNICAS

Com o intuito de atingir satisfatoriamente o objetivo proposto, a orientação metodológica utilizada neste trabalho tem como base a Teoria Geral dos Sistemas. Esta abordagem sistêmica, relacionada aos estudos geomorfológicos por Chorley (1962, citado por Christofolletti, 1979), compreende os objetos de estudo como um conjunto de elementos que se relacionam entre si. Cada elemento pode ser estudado individualmente e cada conjunto pode ser considerado um sistema e estudado como tal.

Assim, “Um Sistema é um conjunto de unidades com relações entre si. A palavra ‘conjunto’ implica que as unidades possuem propriedades comuns. O estado de cada unidade é controlado, condicionada ou dependente do estado das outras unidades”. (MILLER 1965, citado por CHRISTOFOLETTI, 1979, p.1),

A análise sistêmica, juntamente com as técnicas cartográficas utilizadas, possibilitou a análise e compreensão da distribuição espacial dos setores potencialmente suscetíveis aos processos morfogenéticos na bacia hidrográfica do Córrego do Castelo, pois, permitiu a integração dos resultados, quantitativos e qualitativos, obtidos pelos materiais cartográficos.

Assim, as técnicas utilizadas no presente trabalho, a fim de alcançar o objetivo proposto, constituíram-se na confecção da carta de Declividade ou Clinográfica, de Dissecção Horizontal e Vertical, Geomorfológica, da Energia do relevo e de Uso e Ocupação da terra, descritas a seguir.

## MATERIAIS CARTOGRÁFICOS

A construção das cartas seguiu uma sequência cronológica e metodológica, enumeradas e descritas abaixo nas etapas 1, 2 (2a e 2b), 3, a e 5.

- Etapa 1:

Vetorização da base cartográfica fornecida pela Prefeitura Municipal de Bauru, na escala de 1:10.000, na plataforma CAD com o programa *AutoCad*. Cabe ressaltar que a base cartográfica apresenta as curvas de nível com as deformações do relevo causadas pela ação antrópica como os aterros e cortes, contribuindo para uma análise morfométrica mais detalhada e fidedigna à realidade.

- Etapa 2:

Em sequência, iniciou-se a construção das cartas morfométricas, segundo as orientações de Zacharias (2001) a qual apresenta as técnicas semiautomáticas da cartografia digital apresentadas por Thomazini e Cunha (2009)

**2.a:** A carta Clinográfica foi confeccionada segundo as propostas de De Biase (1992), o qual orienta identificar a equidistância das curvas de nível e o espaçamento entre as curvas por meio da fórmula:

$$D = \frac{n \times 100}{E}$$

Onde:

D = Declividade, em porcentagem

n = Equidistância das curvas de nível (desnível altimétrico);

E = Espaçamento entre as curvas de nível (distância Horizontal).

Com isso, mediu-se a maior distância entre as curvas de nível para obter a classe de menor declividade e a menor distância para obter a de maior declividade, salientando assim, a relação inversamente proporcional da distância entre as curvas de nível com a declividade da vertente.

Na quantificação do espaçamento entre as curvas de nível foram encontradas medidas superiores a 1 cm na carta topográfica utilizada, que representam distâncias maiores que 100m no terreno para as menores declividades e 1,1mm, representando 11m, para as maiores declividades.

Após a definição das classes de declividade de acordo com as orientações do autor e as características da área, criou-se um ábaco digital seguindo as orientações de Simon e Cunha (2009), o qual permitiu maior agilidade no processo de criação da carta.

**2.b:** As cartas de Dissecação Horizontal e Vertical foram confeccionadas mediante a proposta de Spiridonov (1981), assim como a técnica semi-automática da cartografia digital apresentada por Zacharias (2001), considerando as características morfoesculturais e morfoestruturais da área descritas por Thomazini e Cunha (2009a).

- Etapa 3:

Com os dados obtidos de tais cartas descritas a cima, segundo a proposta de Mendes (1993), evidenciando que cada classe será estabelecida segundo o conjunto de combinações de declividade, dissecação horizontal e vertical, em termos qualitativos que variam de Muito Forte a Muito Fraca, foi possível confeccionar a carta de Energia do Relevo, a qual foi de suma importância para a análise das características morfométricas da Bacia.

- Etapa 4:

Na confecção da carta Geomorfológica seguiram-se as orientações de Tricart (1965), o qual enfatiza a representação, nas cartas geomorfológicas, dos dados referentes ao lineamento estrutural, sendo este mapeado em dois níveis: feições estruturais e dados litológicos. Com o intuito de abarcar tais características, utilizou-se a base cartográfica a fim de obter os dados morfométricos e fotografias aéreas, datadas de 1996 em escala de 1:10.000, que por meio dos pares estereoscópicos forneceram os dados morfográficos, de acordo com as técnicas descritas por Thomazini e Cunha (2010b). Em relação aos dados geológicos, estes foram obtidos por meio do levantamento bibliográfico, isto devido à falta de materiais com informações geológicas e pedológicas da área em escala de detalhe.

- Etapa 5:

A carta de Uso e Ocupação da Terra foi confeccionada mediante a interpretação dos pares estereoscópicos das fotografias aéreas, seguindo os princípios apresentados por Ceron e Diniz (1966). Após a identificação das formas de utilização da terra foi criado uma nomenclatura baseada no Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2006), bem como sua identificação pelo

sistema de cores RGB (Red-Green-Blue), assim como apresentados por Thomazini e Cunha (2010a)

É importante salientar que trabalhos de campo foram fundamentais para a reambulação de todos os materiais cartográficos, visto a necessidade de adequação e atualização da base cartográfica em relação às condições atuais da área de estudo.

## **ANÁLISE DOS RESULTADOS**

### **A MORFOMETRIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO CASTELO**

As menores declividades apresentadas na Bacia encontram-se principalmente próximas a linha de cumeada, nos topos dos interflúvios e na margem esquerda do Córrego do Palmital (afluente do Córrego do Castelo) onde se observa grande concentração urbana e nos fundos de vale, caracterizando a planície de inundação. Baixas declividades podem ser observadas nos setores esparsos devido aos aterros e cortes topográficos destinados aos assentamentos urbanos.

A segunda classe, correspondente ao valor de 5 a 12% de declividade, é a de maior expressão areal, concentrando-se no alto curso do Córrego do Castelo, onde não há loteamentos residenciais e assim as vertentes possuem características próximas ao natural. De forma geral, as declividades de 5 a 12% dominam a média vertente dos interflúvios, podendo se estender até baixa vertente, chegando a limitar o fundo de vale com a vertente, como ocorre ao norte da Vila Seabra na margem direita do Córrego do Castelo.

Deste modo, a Bacia do Córrego do Castelo apresenta características semelhantes às apresentadas por Ross e Moroz (1997) e pelo IPT (1981 b) para as áreas indivisas do Planalto Centro Ocidental, com predomínio de topos planos e declividades inferiores a 5%.

Devido às alterações topográficas oriundas da ocupação urbana, ocorrem algumas anomalias, como, por exemplo, áreas dominadas por classes de menor declive, rodeadas por parcelas muito pequenas de classes de maior declive. Situações como essa, podem ser observadas em toda a Bacia do Córrego Castelo (Figura 2) com maior intensidade nas regiões densamente urbanizadas, caracterizando a influência que tal ação antrópica exerce sobre o relevo, criando feições bastante distintas do que se espera em um cenário sedimentar, quente e úmido, interferindo na dinâmica do escoamento superficial e na infiltração das águas pluviais, aumentando o fluxo das drenagens e o surgimento dos processos erosivos lineares.

Segundo a carta de Dissecação Horizontal (Figura 3), a bacia é dominada pelas menores classes, com exceção da região central onde ocorre a maior quantidade de confluências das drenagens. Com isso, ocorrem as menores distâncias dos canais fluviais com a linha de cumeada, proporcionando dissecações mais intensas, ou seja, onde a ação fluvial sobre o relevo é mais atuante, podendo ser potencialmente mais susceptível ao desenvolvimento de processos morfogenéticos.

A carta de Dissecação Vertical (Figura 4) permite reconhecer os setores das vertentes mais distantes altimetricamente do curso d'água e assim, quantificar quais sofrem maior influência gravitacional. Essa variável influencia diretamente o escoamento superficial da água já que quanto maior o desnível relativo da vertente, maior será a força de gravidade que age sobre esta.

Assim, nota-se, de forma geral, que os setores de maior dissecação vertical encontram-se nos topos, podendo se estender até a média vertente (Figura 4). Constata-se também, semelhante ao que foi destacado em relação a dissecação horizontal (Figura 3), na região da Vila Camargo até o Parque Roosevelt, onde se registram valores igual ou superior à 640m de dissecação horizontal, que este setor apresenta altos valores de dissecação vertical, registrando-se altitudes relativas maior que 35 m. Ou seja, ao mesmo tempo que este setor está distante das drenagens, sofrendo pouca influência das mesmas, encontra-se em uma altitude relativa grande, o que pode ocasionar forte atuação das forças gravitacionais. Dessa forma, pode sofrer os mesmos processos morfogenéticos de áreas mais conturbadas, como na parte central da bacia.

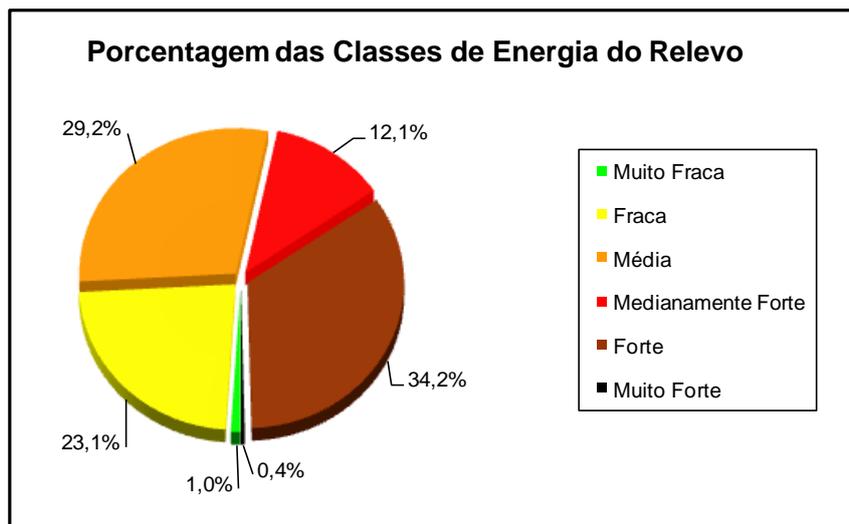
Um importante fator observado é que nas regiões onde aparecem as classes de 20 – 25 m, 30 – 35 m e  $\geq 35$  m, de maior dissecação vertical, há uma concentrada ocupação urbana e, conseqüentemente, uma impermeabilização do solo (Figura 4). Com isso, grande parte das águas pluviais é impedida de infiltrar-se no solo, aumentando a energia do escoamento

superficial o que ocasiona o aumento da suscetibilidade erosiva periurbana, refletindo também, nos setores de menor dissecação vertical, onde a ação gravitacional é menor. Assim, mesmo possuindo baixas declividades, nos setores de alta vertente, as altas dissecações associadas a impermeabilização do solo, devido a urbanização, proporcionam um escoamento pluvial superficial com forte energia erosiva, que irá atuar na região de baixa vertente, de menor energia abrasiva das águas pluviais e nos setores onde os arruamentos ainda não foram impermeabilizados, originando os sulcos erosivos, evoluindo para as ravinas, as quais trazem grande prejuízo aos cofres públicos, pois, trata-se de uma área urbana.

Contudo as vertentes localizadas nas regiões densamente urbanizadas, devido a pavimentação, apresentam maior energia de escoamento das águas pluviais, pois, impedem que estas infiltrem no solo. Assim, há pouca influencia no desenvolvimento de processos erosivos nas vertentes, contudo, como as águas atingem as drenagens em maior quantidade e velocidade, há uma dinamização do escoamento nestas e conseqüentemente na atividade erosiva do rio.

Tais características irão refletir na Energia do Relevo, apresentando nítido predomínio das classes *forte* e *média*, seguidas pelas *fraca* e *medianamente forte*, tendo as classes *muito fraca* e *forte* pouca representatividade (Gráfico 1).

Gráfico 1: Porcentagem de presença das classes de Energia do Relevo na Bacia Hidrográfica do Córrego do Castelo.



Elaboração: Thomazini, L.; Orientação: Cunha, C. M. L.

É importante destacar que, mesmo com o predomínio de média energia (Figura 5), na região do Córrego do Palmital (setor Norte da Bacia) possui energia *Forte* e *Medianamente Forte*, caracterizando-a como uma das áreas de maior potencial erosivo. Assim, as classes mais altas de energia do relevo se encontram nas vertentes de maior dissecação vertical, principalmente quando associadas às médias declividades (12 – 20%).

A classe de energia *Fraca* predomina nas áreas de nascente e no baixo curso do Córrego do Castelo, onde ocorre também baixa dissecação vertical e pequenos declives, assim como a maior dinâmica está presente na parte central.

Portanto, segundo a análise das cartas morfométricas, pode-se inferir que a Bacia do Córrego do Castelo, mesmo possuindo topos aplainados com baixa declividade, apresenta consideráveis dissecações horizontais e verticais no setor central e, localizadamente, nas vertentes que drenam para o alto e baixo curso do Córrego do Castelo. Assim, tais setores constituem-se em terrenos com considerável potencial erosivo, principalmente nas áreas peri-urbanas, nas quais as discontinuidades de cobertura tradicionalmente significam alto potencial para o desenvolvimento dos processos pluvio-erosivos.

Figura 2: Carta de Declividade da Bacia Hidrográfica do Córrego do Castelo (Bauru – SP).

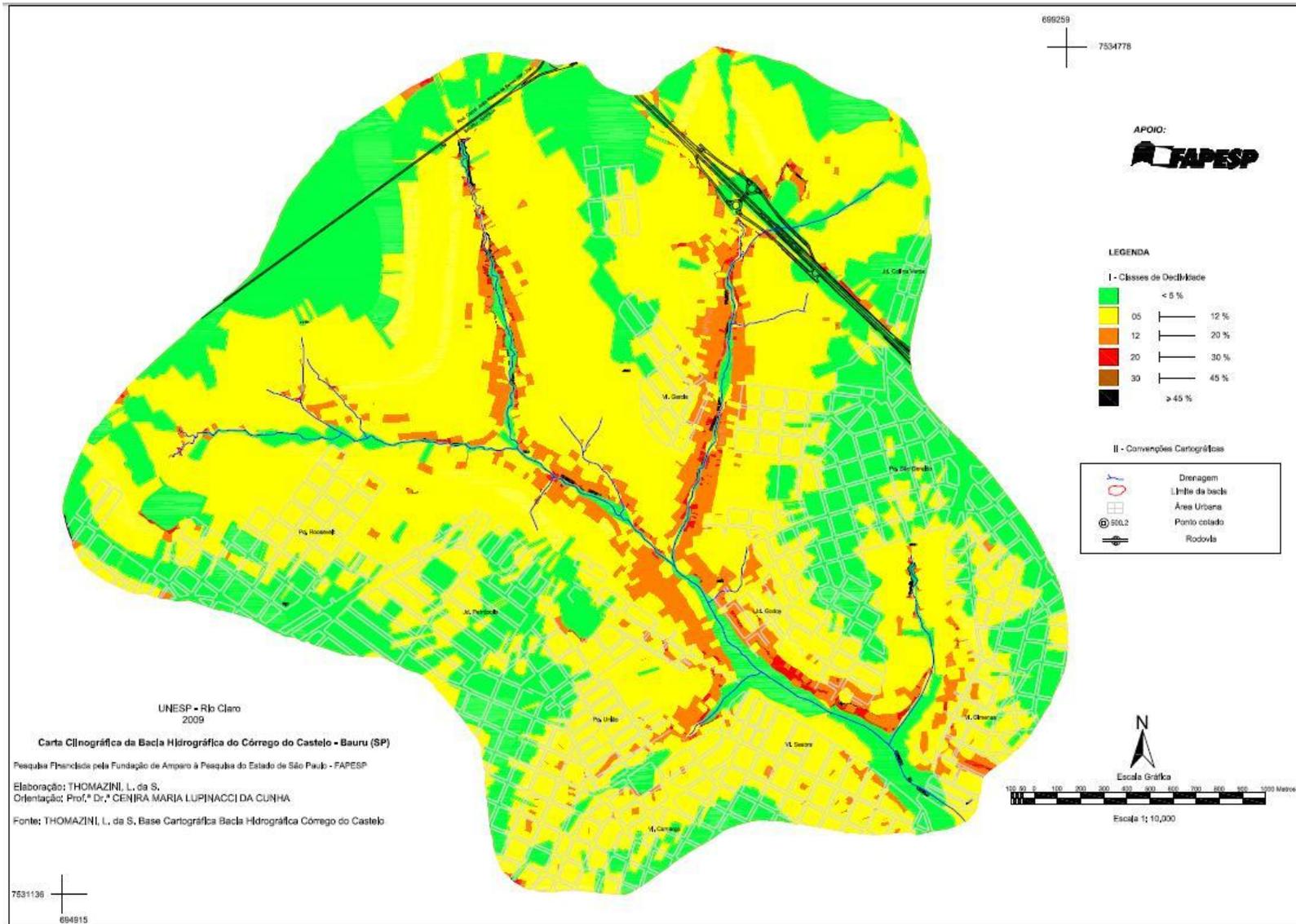


Figura 3: Carta de Dissecação Horizontal da Bacia Hidrográfica do Córrego do Castelo (Bauru – SP).

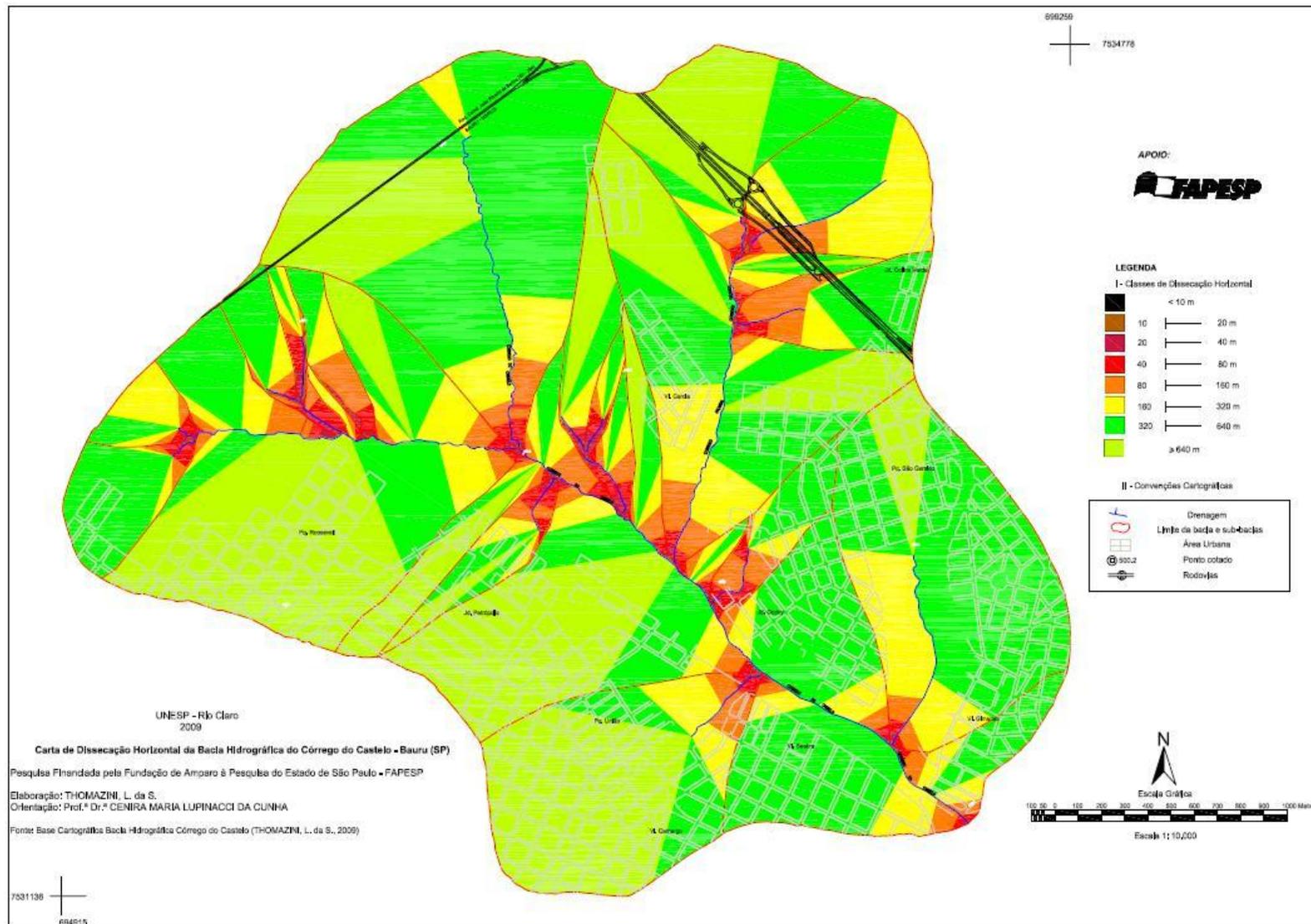


Figura 4: Carta de Dissecação Vertical da Bacia Hidrográfica do Córrego do Castelo (Bauru – SP).

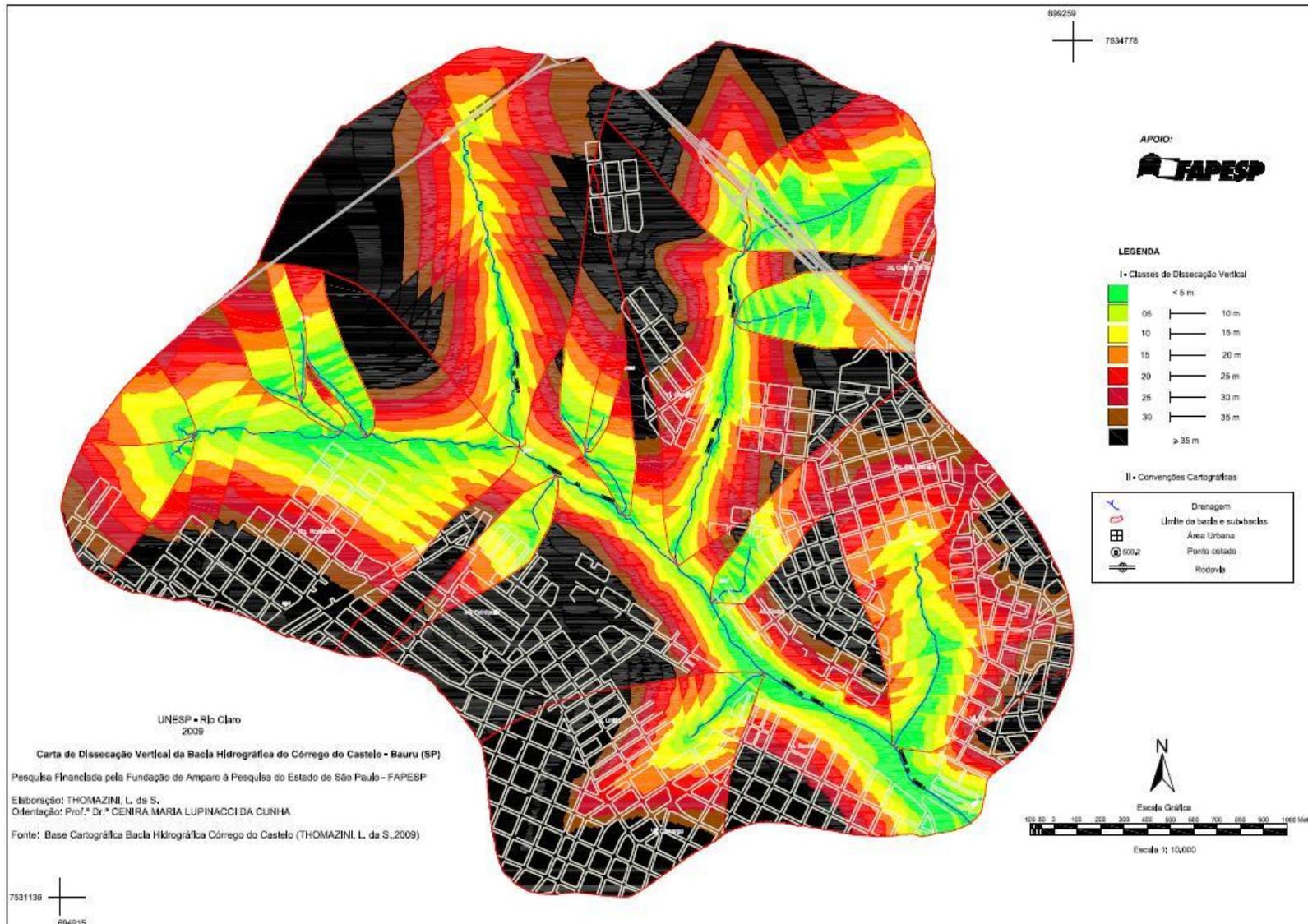
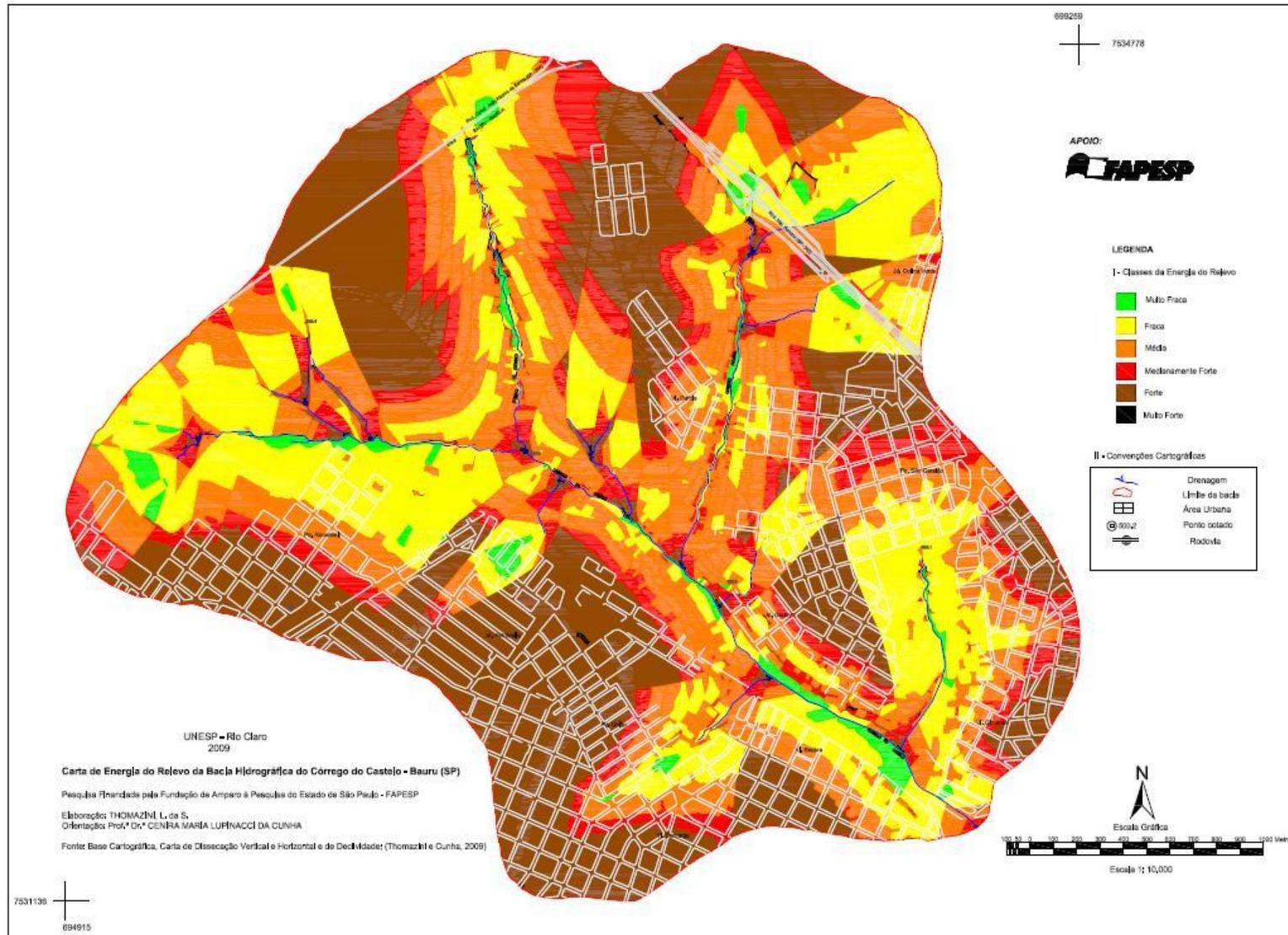


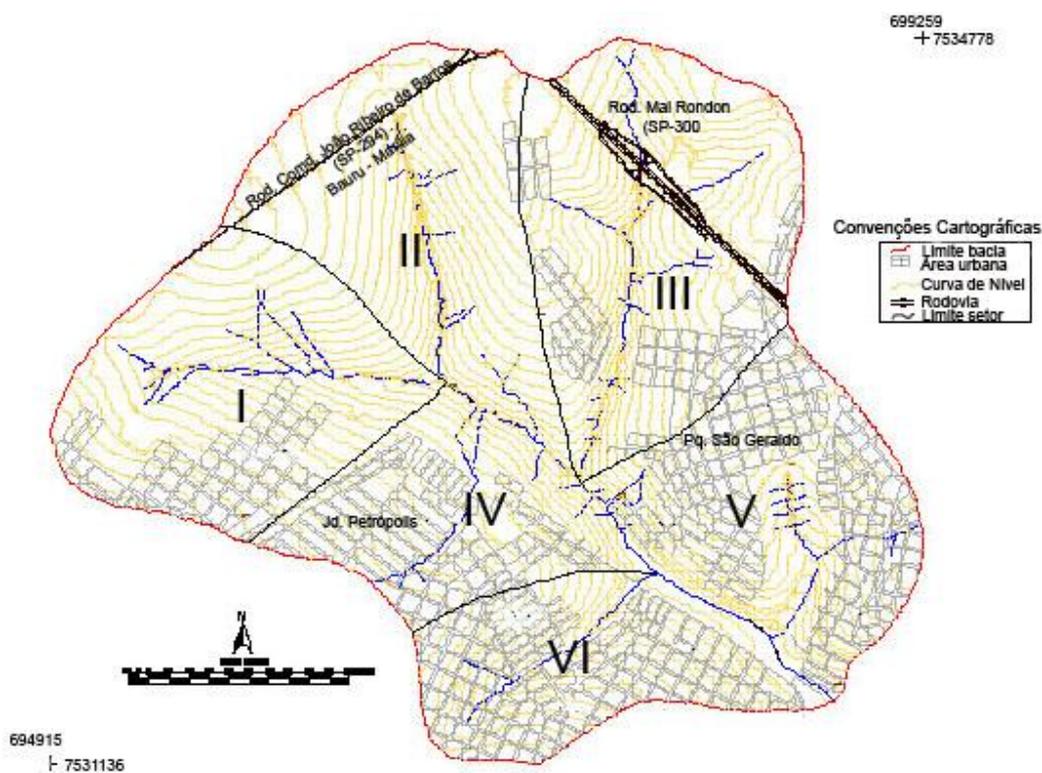
Figura 5: Carta de Energia do Relevo da Bacia Hidrográfica do Córrego do Castelo (Bauru – SP).



## INTERFERÊNCIA DO USO DA TERRA SOBRE A MORFOLOGIA DO RELEVO

Com o intuito de alcançar melhores resultados na análise dos dados, foi proposta uma divisão da bacia hidrográfica em estudo (Figura 6) baseada nas cartas de Energia do Relevo, Geomorfológica e de Uso e Ocupação da Terra. Esta divisão objetiva facilitar a localização dos fatos abaixo apresentados referentes às alterações geomorfológicas provocadas pelo uso da terra.

Figura 6: Divisão da área de estudo em setores para análise



I-Setor Nascente Oeste; II-Setor Nascente Norte; III-Setor Córrego Palmital; IV-Setor Urbano margem direita; V-Setor Urbano margem esquerda; VI-Setor Urbano Sul.  
Elaboração: Thomazini, L.; Orientação: Cunha, C. M. L.

Esta divisão setorial da bacia hidrográfica, primeiramente, buscou separar a parte densamente urbanizada dos outros tipos de uso da Terra.

O setor I foi denominado de Nascente Oeste por apresentar vários rios de primeira ordem e por englobar as principais nascentes do Córrego do Castelo. Apresenta uma energia do relevo diversificada com predomínio da classe *Fraca*. Nas regiões de nascentes, predominam as energias pertencem às classes *Média* e *Medianamente Forte*, diferente do que ocorre nas médias vertentes que possuem classe *Fraca*.

Ao se distanciar do fundo de vale em direção a linha de cumeada, a energia vai aumentando chegando a *Forte*. Há também pequenas parcelas de energia *Muito Fraca* junto à drenagem. Estas parcelas estão associadas aos depósitos de sedimentos aluviais como apresentado pela carta Geomorfológica (Figura 7). Segundo este material cartográfico, o Córrego do Castelo apresenta fundo de vale plano o que denuncia o depósito de sedimentos.

Além disso, segundo a carta de Uso e Ocupação da Terra (Figura 8) a margem direita da drenagem é destinada à expansão urbana, possuindo assim, arruamento não pavimentado. Diferente dos arruamentos pavimentados que impedem a infiltração das águas pluviais fazendo com que estas ganhem energia e cheguem ao rio em grande quantidade e velocidade, os não pavimentados permitem que as águas penetrem, mas muito pouco, pois são aterrados e batidos criando no solo uma camada que dificulta a infiltração das águas. Assim, estes também

colaboram com a concentração das águas pluviais o que muitas vezes provoca o desenvolvimento de processos erosivos lineares, como os sulcos.

É comum observar ruas não pavimentadas destruídas após uma chuva forte ou um período de chuvas, principalmente em regiões com verão chuvoso como que é o caso da área de estudo. Este sedimento, retirado das ruas, é carreado às drenagens e assim, originam-se os bancos de areais e até mesmo o assoreamento dos rios.

É ainda, nesta área de expansão urbana com ruas não pavimentadas, que este setor I apresenta as maiores classes de energia do relevo, ou seja, onde as águas pluviais adquirem maior energia, destruindo ruas e sarjetas, desenvolvendo sulcos erosivos, danificando e deixando expostas tubulações e carregando grande quantidade de sedimentos à drenagem.

Além dos impactos ambientais ocorridos, há também os gastos públicos que terão de ser destinados à recuperação da infraestrutura urbana e a retirada dos sedimentos depositados no fundo de vale, acarretando em grandes prejuízos à administração municipal.

Pode-se observar também a presença de terraços agrícolas próximos ao córrego, denotando a presença antrópica influenciando no modelado do relevo. Além disso, registrou-se a presença de vários sulcos erosivos, também oriundos do caráter côncavo da vertente, juntamente com o desnível provocado pela ruptura topográfica (Figura 7) e intensificado pela expansão urbana ao entorno.

Na margem esquerda do Córrego nota-se a presença de dois afluentes e em um destes um voçorocamento, registrado tanto pela base cartográfica cedida pela Prefeitura Municipal, como pelas fotografias aéreas de 1996. No entanto, no período que os trabalhos de campo foram realizados as drenagens da voçoroca e de sua margem esquerda se mostraram sem água (Foto 1), caracterizando-as como canais intermitentes, ou pluviais, mas com uma mata de galeria como apresentada pela carta de Uso e Ocupação da Terra (Figura 8).

Por ser uma área de pasto sujo sem grandes coberturas arbóreas e uma energia do relevo considerável, há vários terraços agrícolas antigos com o objetivo de conter o desenvolvimento de processos erosivos.

Foto 1: Ao fundo em destaque as drenagens que na base cartográfica eram fluviais, mas em trabalho de campo caracterizavam pluviais.



Fonte: Arquivo pessoal

Por ser uma área de pasto sujo sem grandes coberturas arbóreas e uma energia do relevo considerável, há vários terraços agrícolas antigos com o objetivo de conter o desenvolvimento de processos erosivos.

O setor II (Figura 6) denominado Nascente Norte, é drenado pelo alto curso principal do Córrego do Castelo, que conseqüentemente possui a principal nascente. Porém, em toda sua extensão há um processo de voçorocamento ativo. Tal processo erosivo se intensificou com o

aumento da carga d'água oriunda do escoamento da rodovia Comd. João Ribeiro de Barros (SP-294), mais conhecida como Bauru – Marília. Hoje a parte da rodovia que drena as águas pluviais e as despejam na cabeceira do córrego do Castelo é duplicada, aumentando ainda mais a quantidade de água despejada no córrego.

Mesmo estando numa área de pasto sujo, com terraços agrícolas que objetivam amenizar o escoamento da água, constata-se que estes não são suficientes para impedir que os processos erosivos lineares se desenvolvam, os quais são registrados nos três estágios de desenvolvimento: sulcos, ravinas e voçorocas (Figura 7). Ambas vertentes possuem diversos sulcos erosivos e rupturas topográficas que identificam a dinâmica do modelado das vertentes.

Assim, este setor, mesmo não estando numa área diretamente urbanizada, sofre com as ocupações de entorno que, somadas a forte energia do relevo, dinamizam os processos erosivos. É importante salientar a influência da rodovia sobre o relevo, que não somente neste caso, mas em diversos outros contribuem para o desenvolvimento dos processos erosivos, chegando a ser uma forma de ocupação antrópica de grande impacto ambiental.

O setor III (Figura 6) refere-se à área de drenagem do Córrego Palmital, um afluente do Córrego do Castelo. Possui uma ocupação bastante diversificada com pastos sujos, áreas de expansão e ocupação urbana, atividade comercial, entre outras. Uma energia do relevo bastante diversificada também, mas com o predomínio da classe *Média*.

De acordo com a análise da carta Geomorfológica (Figura 7), este setor III, assim com o II, apresenta diversos processos erosivos atuantes sobre o relevo os quais são intensificados pelas atividades antrópicas. Vários aterros e cortes topográficos feitos na construção da rodovia Mal. Rondon (SP – 300) e também, uma voçoroca na parte de despejo das águas pluviais escoadas pela rodovia, permitem inferir que a ocupação urbana exerce forte influência no desenvolvimento de tais processos erosivos.

Foi possível identificar também, por meio da carta Geomorfológica (Figura 7), a presença de depósitos de sedimentos aluviais no baixo curso do Córrego Palmital. Por este percorrer área de expansão e ocupação urbana, recebe grande quantidade de águas pluviais juntamente com sedimentos carregados pelas enxurradas aumentando assim, os sedimentos transportados pelo rio (Foto 2).

Foto 2: No canto superior direito, sulcos erosivos nas ruas não pavimentadas provocados pelas enxurradas das águas pluviais



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 7: Carta Geomorfológica da Bacia Hidrográfica do Córrego do Castelo (Bauru – SP).

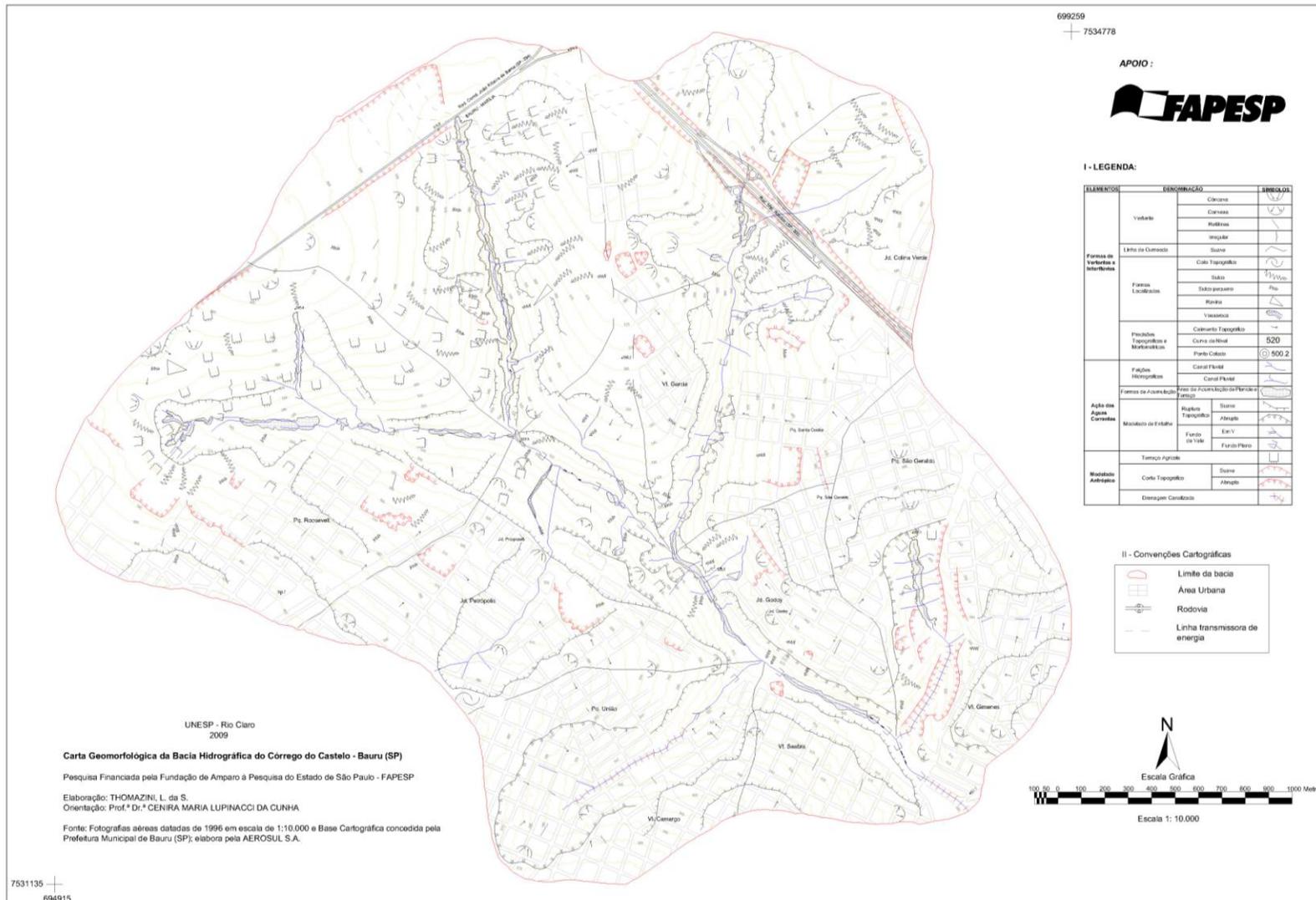
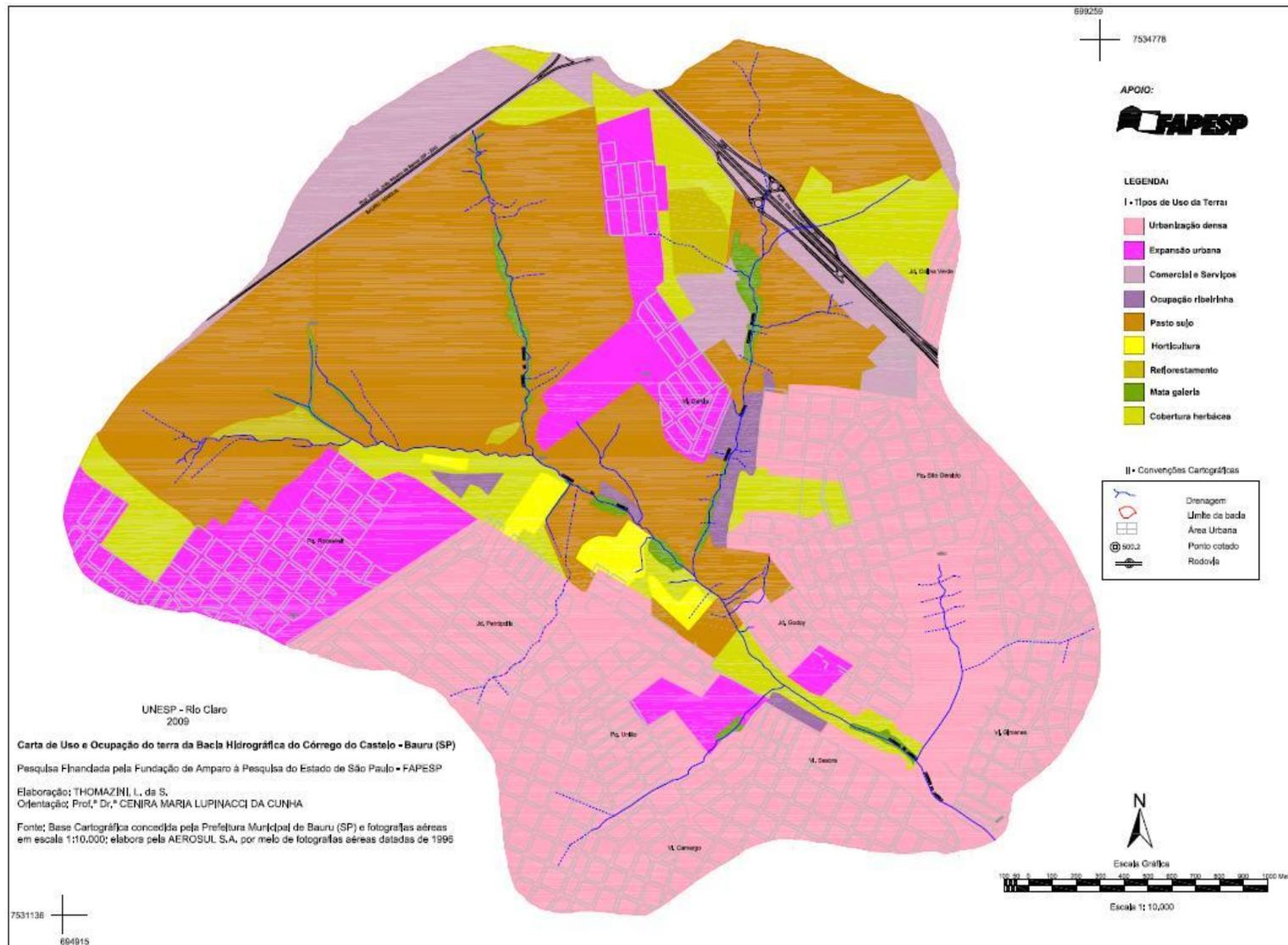


Figura 8: Carta de Uso e Ocupação da Terra da Bacia Hidrográfica do Córrego do Castelo (Bauru – SP).



Outro aspecto importante a ser destacado neste setor é a ocupação ribeirinha, caracterizada por moradias que indicam população de baixa renda. A área cercada que chega até o córrego tem a finalidade de alimentar algumas galinhas e gados (eqüinos e bovinos). As galinhas servem para o próprio alimento, já as cabeças de gado (de número bem pequeno) são utilizadas na condução da carroça (pelos cavalos) e na extração de leite de vaca. A importância em identificar tais ocupações e mapeá-las, se deve ao impacto que estas exercem ao meio ambiente, pois, além de estarem em áreas de preservação permanente (APP), os caminhos abertos pelo gado funcionam como calha para as águas pluviais, originando sulcos que podem dar origem a processos erosivos mais avançados. Além disso, os dejetos (tanto humanos como animais) contaminam as águas do córrego (Foto 4). O setor IV (Figura 6) possui desde a média vertente uma densa ocupação urbana, juntamente com uma energia do relevo *Forte*, constituindo a principal característica do setor.

Contudo, os sistemas de tubulação das águas pluviais diminuem a energia de escoamento destas e, conseqüentemente, seu poder abrasivo, amenizando o surgimento dos processos erosivos. Porém, tais águas chegarão ao fundo de vale com maior energia em relação a um ambiente natural, modificando toda a dinâmica do rio e segundo Penteadó (1974) a da vertente também. Assim, os processos erosivos irão se desenvolver onde o solo não está impermeabilizado, ou seja, da média para baixa vertente. Nesta parte há vários cultivos de hortaliças. Estas, por serem de pequeno porte e espaçadas, possuem uma cobertura que também propicia o desenvolvimento dos processos erosivos. Assim, na divisa entre o pasto sujo e o cultivo de hortaliças (Figura 8) há o desenvolvimento de uma voçoroca (Figura 7) apresentada na figura abaixo.

Foto 3: Vista do interior da voçoroca que divide os dois tipos de Uso da Terra



Fonte: Arquivo pessoal

Segundo a carta Geomorfológica (Figura 7) há uma ruptura topográfica suave na divisa da área urbanizada com os demais terrenos (pasto sujo, hortaliças, áreas verdes e mata galeria), provavelmente ocasionada pela modificação que o assentamento urbano provoca sobre o relevo, através da impermeabilização do solo, aterros e cortes da vertente, alterando a dinâmica desta e modificando, até mesmo, a energia do relevo (Figura 5).

No setor V (Figura 6), predomina o uso urbano e, nas maiores vertentes, a energia do relevo é *Forte*. Contudo, a área próxima ao principal afluente do Córrego do Castelo no setor possui uma energia do relevo *Fraca*.

A partir da análise da carta Geomorfológica (Figura 7) podem-se identificar ainda, feições erosivas localizadas que indicam a dinamização de processos erosivos. Mesmo estando em área urbanizada, o entorno do alto curso do afluente possui solo exposto, recebendo grande quantidade de águas pluviais. Estes fatos, aliados às características lito-pedológicas da área, propiciam o surgimento e desenvolvimento dos processos erosivos. Mais uma vez, nota-se a presença de

rupturas nos limites das áreas urbanas com as outras áreas, localizadas próximas ao córrego do Castelo.

No último setor, o VI (Figura 6), a predominância da energia do relevo *Forte*, presente nas áreas de média e alta vertente, pouco influencia no desenvolvimento de processos erosivos, pois, praticamente todo setor está urbanizado. Segundo a análise da carta Geomorfológica, a presença de tais processos não é observada na área urbana.

A diferença de ocupação ocorre no fundo de vale próximo ao Córrego, onde se observa, segunda a carta de Uso e Ocupação da Terra (Figura 8) uma ocupação ribeirinha, cobertura herbácea e uma pequena faixa de mata ciliar (Foto 4).

Em relação à carta Geomorfológica (Figura 7), constata-se a presença de depósitos aluviais os quais podem estar ligados também à ocupação ribeirinha, visto que a presença de gado nas margens do Córrego propicia o surgimento de sulcos, seguidos de exposição do solo e consequentemente uma maior carga de sedimentos lançados na drenagem, que, associado com uma declividade de fundo inferior a 5%, contribui para tal deposição (Foto 5).

Foto 4: Leito do Córrego do Castelo, com destaque às áreas de deposição aluvial, pisadas de gado e cerca ao fundo para impedir que o gado passe para outra propriedade.



Fonte: Arquivo pessoal

Foto 5: Presença de gado nas margens do Córrego, pertencente às casas ribeirinhas. 1 – Cerca das ocupações ribeirinhas; 2 – Sulcos erosivos; 3- Córrego do Castelo; 4- Aterro para a construção da Avenida Nações Norte.



Fonte: Arquivo Pessoal

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante das características geológicas da Bacia Hidrográfica do Córrego do Castelo, bem como das análises realizadas através dos materiais cartográficos produzidos, pode-se concluir que a área de estudo é propícia ao surgimento de processos erosivos. Por estar sobre o domínio climático quente e úmido, com fortes chuvas no verão e sem a cobertura vegetal primitiva caracterizada como Cerradão, as forças erosivas são dinamizadas.

Os arenitos do Grupo Bauru, pertencentes às formações Adamantina e Marília presentes na Bacia, datadas do Cretáceo Superior dão origem a estrato pedológico pouco consolidado, o que contribui ainda mais para o desenvolvimento dos processos erosivos. Além disso, as águas pluviais, ao percolar pela formação Marília que aflora nas regiões mais altas, encontram, nas regiões mais baixas, a formação Adamantina, com granulometria mais fina. Esta discordância estrutural dificulta que as águas continuem infiltrando na mesma velocidade. Assim, como a infiltração na formação Marília será mais rápida que na Adamantina, ocorrerá uma saturação desta, acarretando na desagregação dos grãos e, conseqüentemente, no desenvolvimento dos processos erosivos.

Contudo, o que se observou na análise das cartas foi que na área de ocupação urbana densa (Figura 8) por estar o solo impermeabilizado, a presença de processos erosivos é praticamente nula. Estes irão se desenvolver nas áreas periféricas a tal ocupação como, por exemplo, nos setores de pasto sujo, expansão urbana, entre outras.

Assim, as regiões que mais apresentam desenvolvimento de processos erosivos, segundo a carta Geomorfológica (Figura 7), são os setores II e III (Figura 6), onde a principal ocupação é de pasto sujo, área de expansão urbana, de comércio e ocupação ribeirinha. Inclusive, é nestes setores que ocorrem as duas maiores voçorocas.

Mesmo tendo mais de 34% da classe de energia do relevo *Forte* (Gráfico 1), a Bacia Hidrográfica, em sua maioria, apresenta baixas declividades (Figura 2), propiciando os assentamentos urbanos. Contudo, a falta de planejamento e manejo das áreas destinadas à preservação, como as áreas de APP próximos ao Córrego, contribuem no desenvolvimento dos processos erosivos.

É importante ressaltar, que o prolongamento da Avenida Nações Unidas, denominada de Nações Norte e que irá se estender desde a foz do Córrego do Castelo, passando pelo fundo de vale, até a rodovia Comd. João Ribeiro de Barros (SP-294), cortando toda a Bacia Hidrográfica, está em pleno processo de construção (Foto 7).

Foto 6: Obras no fundo de vale da construção da Avenida Nações Norte.



Fonte: Arquivo

Tal processo de construção consiste em canalizar as drenagens, aterrar as áreas de várzea e retirar as matas galerias remanescentes. Considerando que a área apresenta elevada potencialidade para o desenvolvimento dos processos erosivos e já alguns sinais de

assoreamento dos rios, este processo poderá acarretar problemas urbanos comuns à maioria das grandes e médias cidades como enchentes em avenidas de fundo de vale, tubulações e ruas destruídas, etc.

Foto 7: Canalização do Córrego do Castelo.



Fonte: Arquivo pessoal

Assim, através desta pesquisa foi possível constatar que a área da Bacia do Córrego do Castelo apresenta características naturais que representam potencialidade para o desenvolvimento de processos erosivos. Estas características, quando submetidas ao uso urbano, têm levado ao desenvolvimento de processos erosivos lineares de grande porte nas áreas peri-urbanas devido à falta de planejamento do sistema de drenagem urbano. Somado a este cenário, a presença da avenida acima mencionada poderá mudar toda a dinâmica evolutiva da Bacia Hidrográfica, com resultados ainda desconhecidos. Contudo, acredita-se que o conhecimento geral da área, das características morfométricas e geomorfológicas aqui apresentadas, poderão contribuir no planejamento de um sistema de drenagem adequado a área e oferecer suporte as ações referentes à urbanização.

#### AGRADECIMENTOS

Ao departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento da UNESP, campus Rio Claro, em especial ao Laboratório de Geomorfologia;

A FAPESP (Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo) pelo apoio e financiamento da pesquisa, sob o Processo N° 08/57831-3

#### REFERÊNCIAS

ALMEIDA FILHO, G. S. **Diagnósticos de processos erosivos lineares associados a eventos pluviosos no município de Bauru – SP**. 2000. 221 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) - Faculdade de Engenharia Civil, Unicamp, Campinas, 2000

BRAGA, R. Planejamento Urbano e recursos hídricos. In: BRAGA, R.; CARVALHO P. F. (Org.). **Recursos hídricos e planejamento urbano e regional**. Rio Claro: Laboratório de Planejamento Municipal, Deplan, Unesp IGCE, 2003

CARVALHO, P. F.; MENDES, I. A.; ARRUDA, E.; SIQUEIRA, M. C. Contribuição da Análise Geomorfológica para o Planejamento Urbano. In: CARVALHO, P. F.; BRAGA, R. (Org.). **Perspectivas de Gestão Ambiental em Cidades Médias**, LPM, Deplan – IGCE – Unesp: Rio Claro, 2001. p. 55-65

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em Geografia**. São Paulo: Hucitec, 1979.

- COELHO, M. C. N. Impactos Ambientais em Áreas Urbanas – Teorias, Conceitos e Métodos de Pesquisa. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. (org.). **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**. Bertrand Brasil, 2004
- FERNANDES, L. A.; COIMBRA, A. M. A Bacia Bauru (Cretáceo Superior, Brasil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 68, n. 2, p. 195-205, 1996.
- GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**: Rio de Janeiro: Bertrand, 1996
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico de uso da Terra**, 2ª Ed. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em:<Ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursosnaturais/usodaterra/manualusodaterra.pdf>. Acesso em: 5 dez. 2009.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**: escala 1:500.000. São Paulo - SP: IPT, 1981a (caderno 6)
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**: escala 1: 1.000.000. São Paulo - SP: IPT, 1981b (caderno 5)
- MENDES, I. A. **A dinâmica erosiva do escoamento pluvial na bacia do Córrego Lafon Araçatuba / SP**. 1993. 171 f.: il. + mapas. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, USP, São Paulo, 1993
- ROSS, J. L. S. e MOROZ, I. C. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**: escala 1: 500.000. São Paulo – SP, 1997
- SIMON, A. L. H.; CUNHA, C. L. M. Elaboração do Ábaco Digital para a Identificação de Classes de Declividade: Aplicações na baixa bacia do Rio Piracicaba – SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13, 2009, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2009. s/p
- SPIRIDONOV, A.I. **Principios de la metodologia de las investigaciones de campo y el mapeo geomorfológico**. Havana: Universidad de la Havana, Facultad de Geografía, 1981. 3v.
- THOMAZINI, L da S.; CUNHA, C. M. L. Análise da Dissecção do Relevo em Áreas de Expansão Urbana: O Caso da Bacia do Córrego do Castelo (Bauru – SP). In: Congresso de Meio Ambiente da AUGM, 6ª, 2009, São Carlos (SP). **8ª Jornada Científica da UFSCAR**: Anais, 2009a. V.5
- THOMAZINI, L da S.; CUNHA, C. M. L. Análise Morfométrica do Relevo em Área de Expansão Urbana: O Caso da Bacia Hidrográfica do Córrego do Castelo – Bauru (SP). In: Congresso de Iniciação Científica da UNESP, 21º, 2009, São José do Rio Preto (SP). **XXI Congresso de Iniciação Científica da UNESP**: Anais, 2009b
- THOMAZINI, L da S.; CUNHA, C. M. L. Análise da Energia do Relevo e de Suas Implicações no Desenvolvimento de Processos Erosivos na Bacia do Córrego do Castelo, Bauru – SP. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, 8º, 2010, Recife. **VIII SINAGEO**: Anais, 2010a
- THOMAZINI, L da S.; CUNHA, C. M. L. Análise Geomorfológica em Área de Expansão Urbana: Um Exemplo do Sudeste Brasileiro. In: Seminário Latino-Americano de Geografia Física, 6º, 2010, Coimbra. **VI Seminário Latino – Americano de Geografia Física**: Anais, 2010b
- TRICART, J. **Principes et méthodes de la géomorphologie**. Paris: Masson, 1965.
- ZACHARIAS, A. A. **Metodologias convencionais e digitais para a elaboração de cartas morfométricas do relevo**. 2001. 166 f.: il. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 2001.