

PROPOSTA METODOLÓGICA PARA IDENTIFICAÇÃO DO CONFLITO DE USO A PARTIR DO POTENCIAL DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL

RESEARCH PLAN THE METHODOLOGY PROPOSAL FOR IDENTIFICATION OF THE USE CONFLIT BASED ON SURFACE DISCHARGE POTENTIAL

Mendonça, Misael de, *Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, Brasil,*
misael@pocosdecaldas.mg.gov.br

Lorandi, Reinaldo, *Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, Brasil,*
lorandi@power.ufscar.br

RESUMO

O conflito de uso pode ser identificado quando as atividades desenvolvidas em uma região ofereçam riscos ou resultem em uma degradação da qualidade ambiental e que, direta ou indiretamente prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população.

A carta do potencial de escoamento superficial apresentada por uma graduação das áreas com maior ou menor potencial ao escoamento superficial, obtida a partir da análise de atributos do meio físico, espacializados por procedimentos geoestatísticos, quando confrontada com cartas de uso e ocupação, através de álgebra de mapas, permitem uma avaliação do nível de conflito ocorrido quando da ocupação. A área objeto do estudo compreende todo o território do Município de Poços de Caldas - Brasil, região de origem vulcânica, com intrusão de rochas alcalinas, apresentando uma expressiva variação nos atributos do meio físico.

ABSTRACT

The use conflict can be identified when the activities developed in a region offer risks or result in a degradation of the environmental quality and jeopardize the health, the safety and the welfare of the population.

The surface discharge potential chart introduced by a graduation of the areas with larger or smaller surface discharge potential, obtained from the attributes analysis of the physical environment, distributed in a spatial region for geostatistical procedures, when confronted with use and occupation charts, using maps algebra, allows an evaluation of the conflict level when it occurs occupation. The study area comprehends the whole territory of the Municipal district of Poços de Caldas - Brazil, region of volcanic origin, with intrusion of alkaline rocks, introducing an expressive variation in the environmental attributes.

1. INTRODUÇÃO

A gestão territorial de forma correta, buscando sempre o desenvolvimento sustentável, deve invariavelmente considerar que o solo é um dos principais elementos naturais para o desenvolvimento da vida. Faz-se assim imprescindível sua caracterização, mapeamento e identificação de suas potencialidades e limitações.

Propõe-se aqui um roteiro metodológico de uma carta geotécnica que permita a fácil interpretação e efetiva utilização dos dados por profissionais de distintas formações, a partir de uma aplicação no Município de Poços de Caldas (MG).

Diversos fatores são aqui considerados. Para a definição de alguns destes fatores, amostragens de subsuperfície com equipamentos e procedimentos simples, de material indeformado, foram efetuadas em diversos pontos, distribuídos de forma a abranger toda a extensão da área de estudo. Procedeu-se ensaios de granulometria conjunta e posterior espacialização dos atributos utilizando-se técnicas de geoestatística.

A integração dos diversos atributos espacializados foi obtida por operações envolvendo álgebra de mapas. Com base neste estudo de caso, do Município de Poços de Caldas, obteve-se a definição de um fluxo metodológico de aquisição e tratamento de dados, montagem de mapas e cartas associadas a banco de dados, que podem ser constantemente alimentados por novos dados.

2. O CONFLITO DE USO

Em linhas gerais, pode-se identificar o conflito de uso quando as atividades desenvolvidas em uma dada região do espaço ofereçam risco ou resultem em uma degradação da qualidade ambiental e que, direta ou indiretamente: prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; afetem desfavoravelmente a biota; afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

3. CARTA DE POTENCIAL DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Os aspectos relativos às condições de escoamento superficial e de infiltração normalmente não são estudados, tornando-se difícil a avaliação das modificações que podem ocorrer quando da ocupação. Mesmo nos trabalhos de mapeamento geotécnico, onde são estudados vários aspectos do meio físico que estão relacionados ao fenômeno de escoamento superficial e infiltração, os dados obtidos não são analisados de maneira a se obter uma carta de potencial ao escoamento superficial e infiltração. As informações sobre o escoamento superficial são importantes para a implantação de vários tipos de obra de engenharia, como estradas, pequenas barragens e áreas urbanas, pois permitem a obtenção de coeficientes de deflúvio mais realistas e não somente baseados em tabelas como normalmente são obtidos. A carta do potencial de escoamento superficial apresenta uma graduação das áreas com maior ou menor potencial ao escoamento superficial e também as regiões onde predomina a infiltração. Estas informações são importantes na definição de áreas que devem ser protegidas para evitar a contaminação de aquíferos e para a disposição de rejeitos sépticos (PEJON, 1992).

Neste trabalho, a elaboração da carta do potencial de escoamento superficial é desenvolvida a partir da atribuição de pesos aos atributos do meio físico. Os pesos conferidos aos atributos considerados são tanto maiores quanto maior for sua influência no processo de escoamento superficial.

3.1 Obtenção dos atributos

Inicialmente foram levantados dados de amostragens pré-existentes, oriundos de estudos acadêmicos contendo dados de sondagens efetuadas em algumas regiões do município objeto de estudo.

Para as novas amostragens, adotou-se o procedimento apresentado por ZUQUETTE (1987), que consiste em cravar no solo um cilindro de 100 mm de diâmetro e 50 mm de altura. A amostra assim retirada permite a determinação da massa específica seca de campo. O mesmo material foi utilizado para o ensaio de granulometria conjunta e determinação da massa específica dos sólidos (ρ_s). A partir da curva da distribuição granulométrica foi identificado o diâmetro equivalente D_{50} , que posteriormente foi empregado no cálculo para a estimativa do índice de permeabilidade.

3.2 Declividade

Consiste no atributo mais importante a se ponderar no processo de escoamento superficial. A partir das classes definidas e identificadas na Carta de Declividades foram atribuídos pesos considerando que a medida em que ocorre o aumento da declividade, aumenta também sua importância no processo de escoamento.

Para a menor classe de declividade atribuiu-se um número de pontos equivalente a duas vezes o mínimo de pontos do atributo permeabilidade. Da mesma forma, para a maior classe atribuiu-se um valor maior que o máximo de pontos dos demais atributos considerados no escoamento superficial. As classes intermediárias receberam pontuações distribuídas em proporção aproximadamente linear, conforme mostra o Quadro 1.

Quadro 1 - Sistema de pontuação para classes de declividade

Classe de declividade	Número de pontos
0,00 a 5,00 %	10
5,01 a 10,00 %	25
10,01 a 20,00 %	50
20,01 a 30,00 %	80
30,01 a 45,00 %	125
> 45,00 %	150

3.3 Permeabilidade

O coeficiente de permeabilidade pode ser obtido como uma propriedade estimada através da correlação proposta por Honorato & Mackenna, citado por MENDES (2001):

$$k = 14,266 \cdot (D_{50}^{2,19735}) / \rho_d^{8,50784} \quad (1)$$

A permeabilidade do solo é uma variável regionalizada permitindo assim o uso de técnicas de geoestatística para analisar e inferir os valores distribuídos no espaço de estudo.

Utilizou-se a ferramenta de geoestatística disponível no *software* SPRING do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) para a geração de um modelo numérico, representado por uma grade de krigeagem.

Sobre o modelo numérico gerado, foi efetuado o fatiamento em 6 classes distintas, indicadas no Quadro 2, com posterior obtenção de categoria temática relativa à distribuição das classes no espaço de estudo.

Áreas com valores baixos de permeabilidade proporcionam maiores condições de escoamento, portanto contribuem para o aumento do potencial de escoamento superficial. Já os materiais

com valores altos de permeabilidade proporcionam menores condições de escoamento, portanto, contribuem para a diminuição do potencial de escoamento superficial.

Quadro 2 - Sistema de pontuação para classes de permeabilidade

Classe de permeabilidade (ordem de grandeza) m/s	Número de pontos
$<10^{-5}$	30
10^{-5} a 10^{-4}	25
10^{-4} a 10^{-3}	20
10^{-3} a 10^{-2}	15
10^{-2} a 10^{-1}	10
$> 10^{-1}$	5

3.4 Textura

Os materiais inconsolidados foram submetidos a uma classificação textural de acordo com os teores de argila, silte e areia, obtidos na análise granulométrica conjunta das amostras, fazendo-se uso do diagrama triangular de Feret, obtendo-se então texturas distintas para cada ponto de amostragem. A espacialização da classificação textural foi efetuada utilizando-se técnicas de geoestatística.

De acordo com PEJON (1992), a textura fina proporciona maiores condições de escoamento, em se tratando de solos pouco evoluídos. Sendo assim, os materiais com predomínio de silte na fração fina recebem maior pontuação (Quadro 3). Os materiais argilosos, em geral espessos, apresentam-se bastante evoluídos e com alta porosidade, tendo boas condições de infiltração da água e são menos favoráveis ao escoamento que os anteriores. Já os materiais arenosos, com quantidades pequenas de finos contribuem para um potencial de escoamento superficial menor ainda.

Quadro 3 - Sistema de pontuação para textura

Classe textural	Número de pontos
areia siltosa	10
areia argilosa	25
argila arenosa	40
argila	55
argila siltosa	70

3.5 Densidade de drenagem

FONTES (2004), citando HORTON, apresenta o conceito de densidade de drenagem como sendo a relação entre a soma do comprimento total dos canais de drenagem e a área da bacia. A densidade de drenagem também está relacionada com o escoamento superficial. Densidade de drenagem elevada indica um baixo índice de infiltração, resultando em uma rápida concentração do escoamento superficial e um alto potencial de fluxo, ao passo que áreas de baixa densidade de drenagem apresentam alto índice de infiltração e escoamento superficial laminar generalizado (FONTES, 2004).

Considerando a menor densidade encontrada, 1,94 km/km², a maior densidade, 3,82 km/km², a proporção que guardam entre si e as relações entre ponderações dos diferentes atributos adotadas em estudos anteriores, neste trabalho, a ponderação foi aplicada variando de 50 a 100 pontos, distribuídos linearmente em 6 classes, representando um peso inferior à declividade e superior à textura e à permeabilidade.

3.6 Feições de Armazenamento

Para a pontuação pela quantidade de feições favoráveis de armazenamento superficial, mostradas no Quadro 4, estabeleceu-se uma relação entre a quantidade de lagoas ou pequenas barragens e a área da sub-bacia, atribuindo-se pontos para os diferentes intervalos. Estes intervalos foram definidos com base na observação da variação dos valores encontrados, de forma a se obter quantidades de sub-bacia parecidas para cada feição. Desta forma, ainda que a área da feição de armazenamento se apresente bastante variável, a quantidade destas feições por unidade de área é analisada por um critério objetivo, eliminando-se maiores imprecisões de uma análise visual.

Quadro 4 - Sistema de pontuação pela quantidade de feições de armazenamento

feições favoráveis ao armazenamento superficial	quantidade lagoas / 10 Km ²	Número de pontos
pequena quantidade ou nenhuma lagoa ou barragem pequena	até 7	40
média quantidade de lagoas ou barragens pequenas	de 8 a 11	30
grande quantidade de lagoas ou barragens pequenas	acima de 11	20
barragem de médio porte	-	10

3.7 Morfologia e solo

Estudos efetuados por FERNANDES et al. (2003), conduziram à obtenção de uma carta de caracterização de ecossistemas do Município de Poços de Caldas. Este material apresenta, para cada um dos ecossistemas, a classificação da morfologia e características gerais do solo, além de outras informações (Quadro 5).

Quadro 5 - Pontuação pela morfologia e solo

Classe	Morfologia	Características gerais	Número de pontos
1	Cristas / escarpas rochosas	Relevo escarpado, solos rasos e instáveis, associados a afloramentos rochosos	50
2	Vertentes ravinadas	Vertentes íngremes, ocorrência de solos rasos e pedregosos	40
3	Colinas de topo aplainado	Forma convexa, solos profundos e bem drenados	30
4	Rampas de colúvio	Constituídas por material coluvionar formado a partir dos topos e vertentes, correspondendo ao Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico	20
5	Terraços e planícies fluviais	Relevo plano, constituído por solo aluvial (Neossolo Flúvico)	10

3.8 Carta de potencial de escoamento superficial

De forma resumida, a pontuação dos atributos do meio físico utilizados na elaboração da carta do potencial de escoamento superficial é apresentada Quadro 6.

Quadro 6 - Pontuação dos atributos do meio físico utilizados na elaboração da Carta do Potencial de Escoamento Superficial

ATRIBUTO	altíssimo 371 a 440	muito alto 305 a 370	alto 280 a 304	médio 200 a 279	baixo 140 a 199	muito baixo 95 a 139
Permeabilidade	$<10^{-5}$ (30)	10^{-5} a 10^{-4} (25)	10^{-4} a 10^{-3} (20)	10^{-3} a 10^{-2} (15)	10^{-2} a 10^{-1} (10)	$>10^{-1}$ (5)
Declividade	>45 (150)	30 a 45 (125)	20 a 30 (80)	10 a 20 (50)	5 a 10 (25)	<5 (10)
Densidade de drenagem	$>3,70$ (100)	3,30 a 3,70 (90)	2,90 a 3,30 (80)	2,50 a 2,90 (70)	2,10 a 2,50 (60)	$<2,10$ (50)
Textura	argila siltosa (70)	argila (55)	argila arenosa (40)	areia argilosa (25)	areia siltosa (10)	
Feições de armazenamento	pequena quantidade (40)		média quantidade (30)	grande quantidade (20)		barragem porte médio (10)
Morfologia e solo	escarpas rochosas, solos rasos, afloramentos rochosos (50)	vertentes ravinadas, solos rasos e pedregosos (40)	colinas de topo aplainado, solos profundos e bem drenados (30)		rampas de colúvio, material coluvionar (20)	terraços e planícies fluviais, solo aluvial (10)

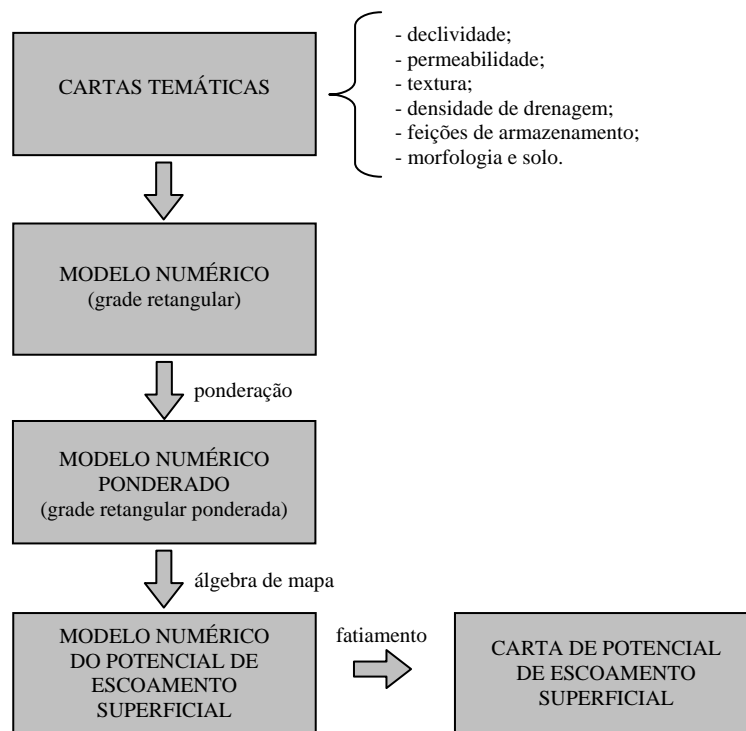


Figura 1 - Fluxo de operações para a obtenção da Carta de Potencial de Escoamento Superficial.

Através de rotina desenvolvida no software SPRING 4.1, em Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico – LEGAL, conforme fluxo de operações apresentado na figura 1, as seis cartas temáticas em formato matricial assim obtidas, foram convertidas em modelos numéricos no formato de grade retangular e submetidas a um processamento algébrico, resultando assim em uma grade retangular representando a pontuação final. A mesma rotina divide a grade numérica final em faixas, ou classes, e retorna uma carta temática no formato matricial, a Carta de Potencial de Escoamento Superficial.

Analisando o Quadro 7, verifica-se que a área objeto de estudo apresenta potencial de escoamento superficial predominante baixo e médio. A maior ocorrência destas classes de potencial de escoamento superficial é identificada na região oeste do município.

Quadro 7 - Classes de potencial de escoamento superficial e percentual de área ocupada

Classe de potencial de escoamento superficial	Total de área ocupada (%)
muito baixo	11,74
baixo	36,88
médio	28,58
alto	19,61
muito alto	3,19

4. MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Para este estudo foram utilizadas imagens do sensor ETM+ do satélite Landsat 7 de 25/05/03, com resolução espacial de 30 metros. Face aos tipos de uso que se objetivava identificar, as bandas escolhidas foram: 3, 4 e 5.

O registro das imagens, processamento, classificação e o mapeamento para classes temáticas, explicitadas no quadro 8, foi efetuado utilizando as ferramentas do software SPRING 4.1. O tema assim obtido foi submetido a ajustes e correções através de edição matricial, tendo como base ortofotocartas coloridas, escala 1:2.000, e observações de campo com auxílio de GPS.

Quadro 8 - Classes de uso e percentual de área ocupada

Classe de uso	Total de área ocupada (%)
campo cerrado/pastagens	50,74
mata	16,03
culturas diversas	9,30
café	8,77
eucalipto	5,90
urbano	5,74
corpos d'água	2,89
indústria	0,47
mineração	0,14
aterro sanitário	0,01

5. CARTA DE CONFLITO DE USO

O fator potencial de escoamento superficial foi ponderado de forma diretamente proporcional (quadro 9), ou seja, aumento do valor ponderado para conflito de uso de acordo com o aumento do potencial de escoamento superficial, para os usos: mineração e culturas, incluindo café e

eucalipto. Para os usos urbano, indústria e aterro sanitário, as classes que representam um maior potencial de escoamento superficial receberam maior valor, assim como as de baixo potencial de escoamento superficial, considerando sua propensão à inundação. As classes intermediárias receberam os menores valores.

Quadro 9 - Ponderação das classes de potencial de escoamento superficial em função do uso

classes	usos				
	urbano	café, eucalipto, culturas diversas	indústria	mineração	aterro sanitário
muito alto	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00
alto	0,60	0,80	0,70	0,80	0,80
médio	0,20	0,60	0,20	0,60	0,60
baixo	0,80	0,40	0,70	0,40	0,70
muito baixo	1,00	0,20	1,00	0,20	1,00

Na Carta de Conflito de Uso obtida, apresentada na figura 3, não são identificados conflitos onde ocorrem matas ou campo cerrado / pastagens. Na metodologia aplicada, figura 2, considera-se que estes usos encontram-se preservados em sua condição natural. No caso dos corpos d'água, também não foi considerado o conflito que eventualmente pode ocorrer com a implantação de barragens e alagamento de áreas (quadro 10).

Quadro 10 - Classes de conflito de uso e percentual de área ocupada

Classe de conflito de uso	Percentual de área ocupada
nenhum conflito	70,03
muito baixo	3,34
baixo	9,20
médio	8,43
alto	7,79
muito alto	1,20

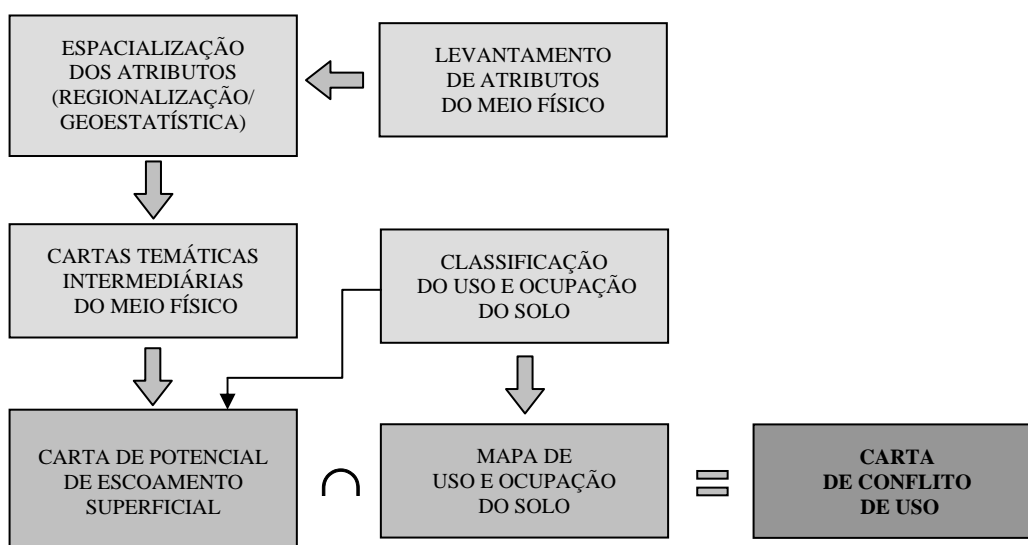


Figura 2 – Roteiro metodológico para elaboração da Carta de Conflito de Uso baseada no potencial de escoamento superficial

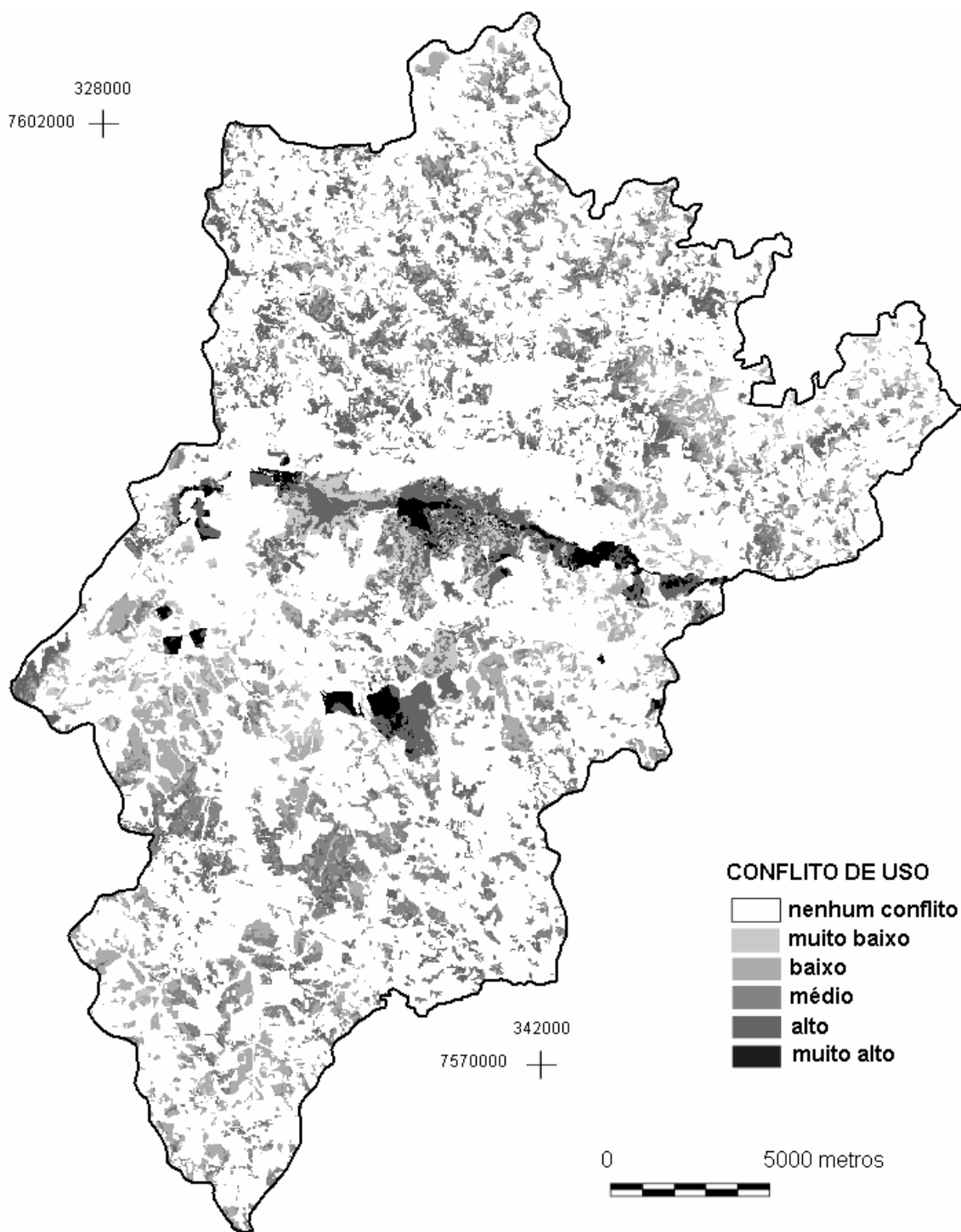


Figura 3 - Carta de Conflito de Uso baseada no potencial de escoamento superficial

7. CONCLUSÃO

Durante a elaboração das cartas intermediárias neste trabalho, bem como da carta final, foi possível depreender como os atributos da área externa ao perímetro urbano interferem na área urbanizada. Determinados tipos de uso, e a conseqüente alteração das características do meio físico de entorno à mancha urbana, podem comprometer seriamente a qualidade do ambiente urbano. Com isto, a probabilidade de ocorrerem perdas de ordem econômica para mitigação de efeitos, ou combate às causas de usos não planejados, será grande.

O produto final apresenta uma leitura fácil e rápida do tema representado, ou seja, do conflito de uso. Conjuntamente à utilização de um Sistema de Informações Geográficas, as informações gráficas podem ser sobrepostas rapidamente a outros temas ou informações, possibilitando uma infinidade de análises e conclusões. A maioria dos softwares utilizados em Sistema de Informações Geográficas dispõe de uma gama muito grande de ferramentas de pesquisas e geração de novas cartas temáticas a partir destas pesquisas, ampliando ainda mais a versatilidade do uso de banco de dados geográfico.

Numa primeira análise da Carta de Conflito de Uso, confrontada ao mapa de uso e ocupação, pode surgir a seguinte questão: “toda a área cuja situação não seja a natural, realmente implica em conflito de uso?” A carta de conflito de uso visa exatamente isto: indicar onde ocorre a atuação antrópica e qual o seu nível de conflito.

A carta de conflito de uso não visa somente indicar áreas com uma gradação de usos inadequados, mas também permitir identificar as regiões onde existe a necessidade de um planejamento mais minucioso para a ocupação de forma a preservar a sustentabilidade do meio, bem como para a programação de ações de fiscalização dos usos e mitigação dos efeitos.

8. REFERÊNCIAS

- FONTES, S. B. *Estudo geoambiental da bacia do Rio Pardo, a partir da compartimentação em Ottobacias – escala 1:100.000*. Tese (Doutorado) - EESC - USP. 2004.
- MENDES, R. M. *Mapeamento geotécnico da área central urbana de São José do Rio Preto (SP) Na escala 1:10.000 como subsídio ao planejamento urbano*. Dissertação (Mestrado) - UFSCar, 2v., 2001.
- PEJON, O. J. *Mapeamento geotécnico da Folha de Piracicaba-SP (Escala 1:100.000): estudo de aspectos metodológicos, de caracterização e de apresentação de atributos*. São Carlos, USP - São Carlos, 2v. 1992. (Tese).
- ZUQUETTE, L. V. *Análise crítica da cartografia geotécnica e proposta metodológica para as condições brasileiras*. 1987. Tese (Doutorado). EESC - USP.