

## FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA DO RIO PEQUENO EM SÃO JOSÉ DOS PINHAIS (PR)

### ENVIRONMENTAL FRAGILITY OF THE PEQUENO RIVER WATERSHED IN THE CITY OF SÃO JOSÉ DOS PINHAIS, PARANÁ STATE, BRAZIL

#### Marcia Regina Gomes de Jesus Soares

Geógrafa. Mestre em Ciência do Solo (UFPR). Professora Adjunto da Universidade Tuiuti do Paraná.

#### Jorge Luiz Moretti de Souza

Engenheiro Agrícola. Doutor em Irrigação e Drenagem (USP). Professor Associado do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

#### Daniela Jerszurki

Engenheira Agrônoma. Mestranda em Ciência do Solo (UFPR). Professora no Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

**RESUMO:** O presente trabalho teve o objetivo de identificar e avaliar a fragilidade ambiental da bacia do rio Pequeno, situada no município de São José dos Pinhais (PR). A fragilidade ambiental foi determinada baseando-se em dados de solo e declividade. O mapa de fragilidade potencial foi gerado pelo cruzamento do mapa de declividade com o de solos, e o mapa de fragilidade emergente foi gerado com o cruzamento do mapa da fragilidade potencial com o de uso atual do solo. As classes de fragilidade “muito alta” e “alta” somaram 78% quando “potencial”, aumentando para 87% quando “emergente”. A área é muito frágil pela predominância de solos pouco desenvolvidos e mal drenados, pela redução da cobertura vegetal, aumento da urbanização e áreas agrícolas, o que contribui para o aumento da fragilidade.

**Palavras-chave:** Hidrografia; solos; declividade; planejamento ambiental.

**ABSTRACT:** *This study aimed to identify and assess the environmental fragility of Pequeno watershed, located in the municipality of São Jose dos Pinhais, Paraná State (Brazil). The environmental fragility was determined with base on data from soil and slope. The map of potential weakness was generated by crossing the map of slope on the map of land and the map of emerging weakness was generated by crossing the map of potential weakness with the map of current usage of soil. The classes of weakness – “very high” and “high” – totaled 78% when “potential” increase to 87% when “emerging”. The area is very fragile by the predominance of land developed and poorly drained low, by reduction of vegetation cover, increased urbanization and agricultural areas - contributes to the weakness in the environment increases.*

**Keywords:** *Hydrography; soil; slope; environmental planning.*

## INTRODUÇÃO

O processo de urbanização e o crescimento populacional, associados às atividades econômicas, quando não ocorrem de forma planejada, alcançam rapidamente os limites de suporte físico das áreas ocupadas, resultando na degradação dos recursos naturais e seu esgotamento (JESUS, 2004). Conforme Paraná (2000), tal fato tem sido observado na Região Metropolitana de Curitiba (RMC), em que o adensamento populacional vem ocorrendo sobre locais que representam graus diferenciados de fragilidade ambiental, ocasionando ocupações desordenadas e quebra do equilíbrio natural, principalmente em algumas bacias da RMC, como a bacia hidrográfica do rio Pequeno (BRISKI *et al.*, 2004). A

bacia do rio Pequeno está totalmente inserida na RMC, sendo o rio Pequeno afluente da margem esquerda de um dos maiores complexos hidrográficos do Estado do Paraná – a bacia do Altíssimo Iguaçu – responsável por grande parte do abastecimento público de água tratada de Curitiba e Região Metropolitana (ANDREOLI *et al.*, 2000).

Ross (1994) afirma que as diversas formas de intervenção humana no meio natural, como a instalação de indústrias e a agricultura, devem ser precedidas de diagnósticos que possibilitem o conhecimento prévio das características naturais do local, já que interferem significativamente no meio natural. Assim, a formulação de conhecimentos aprofundados da inter-relação entre sociedade e meio ambiente, visando o fornecimento de subsídios técnico-científicos auxiliares nas questões de planejamento territorial, principalmente aqueles voltados ao uso do solo para o estabelecimento de relações mais equilibradas, tornou-se atualmente o foco de estudos de inúmeros pesquisadores (REIS NAKASHIMA, 2001; ALVARENGA & PAULA, 2000; RAMALHO FILHO & BEEK, 1994; ROSS, 1994). Assim, as avaliações do potencial de uso da terra e da fragilidade ambiental são importantes ferramentas no planejamento territorial baseado em estratégias de desenvolvimento econômico sustentado (ASSAD, 1995; PINHEIRO *et al.*, 2000). Para estudar a relação entre o espaço geográfico em conjunto com a análise espacial, Ross (1994) propôs uma metodologia para a análise empírica da fragilidade ambiental, tanto em ambientes naturais, quanto sob ação antrópica, considerando a integração das características de solo, relevo, rochas, clima, flora e fauna.

A motivação para a realização deste trabalho baseou-se na forma como a bacia do Rio Pequeno vem sendo ocupada, na qual se verifica contraposição do uso do solo às características naturais da região. O presente trabalho teve como objetivo, identificar e avaliar a fragilidade ambiental das terras na bacia do rio Pequeno, no município de São José dos Pinhais (PR), além de determinar suas probabilidades de uso e ocupação do solo, a fim de planejar um uso menos impactante.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo do presente trabalho compreende a bacia do rio Pequeno, localizada no município de São José dos Pinhais (PR) e integrante da Região Metropolitana de Curitiba, com área aproximada de 128 km<sup>2</sup>, correspondendo a 14% da área total do município, conforme **figura 1**. A bacia hidrográfica do Rio Pequeno pertence à bacia hidrográfica do Altíssimo Iguaçu, sendo que suas nascentes atravessam o norte do município de São José dos Pinhais. A orientação principal da drenagem ocorre no sentido

leste - oeste. Em sua porção sudoeste, próxima à sede do município de São José dos Pinhais, está uma das principais áreas de expansão urbana da RMC (BRISKI *et al.*, 2004).



**Figura 1** - Mapa do município de São José dos Pinhais (PR), contendo a localização da bacia hidrográfica do rio Pequeno.

De acordo com a classificação da Embrapa (1984), as classes e proporções dos solos encontrados na bacia do rio Pequeno são: (a) C – Cambissolo (17%); (b) LVA – Latossolo Vermelho-amarelo (23%); (c) PVA – Argissolo Vermelho-amarelo (27%); (d) O – Organossolo (32%); (e) L – Neossolo Litólico (1%). A vegetação da região é caracterizada por Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista e Campo (IBGE, 1992). Segundo a classificação de Köppen, o clima de São José dos Pinhais é do tipo Cfb (AGM, 2001).

A base de dados cartográficos foi constituída a partir de mapas digitais do levantamento planialtimétrico elaborados pela Coordenadoria da Região Metropolitana de Curitiba (COMEC), e georreferenciados com GPS. Os mapas de solos, declividade, fragilidade potencial e fragilidade emergente, foram gerados em formato digital, utilizando-se softwares de Sistemas de Informação Geográficas (SIG's), denominado *SPRING*.

Para caracterizar a fragilidade ambiental da bacia do rio Pequeno, utilizou-se a metodologia de Ross (1994), considerando dados de declividade, solo e vegetação atual. O cruzamento do mapa de declividade com o de solos gerou o mapa de fragilidade potencial, e o cruzamento do mapa da fragilidade potencial com o da vegetação atual, gerou o mapa de fragilidade emergente. Inicialmente foi elaborado o mapa planialtimétrico da área de estudo, a partir dos dados digitais da Comec (1976), na escala 1:10.000, e de observações do relevo em campo. Os arquivos foram georreferenciados no programa *SPRING 4.2*, sendo realizada a digitalização das curvas de nível e drenagem. Posteriormente, foi gerado o mapa planialtimétrico da área e, a partir deste, o mapa da declividade (d) dividido nas seguintes classes:  $0 \leq d \leq 6\%$ ,  $6\% < d \leq 12\%$ ,  $12\% < d \leq 20\%$ ,  $20\% < d \leq 30\%$  e  $d > 30\%$ , de acordo com Ross (1994).

Os solos foram classificados de acordo com Embrapa (1999) a partir de levantamento de campo. A Carta de Solos foi digitalizada utilizando o *software AutoCad 2002*, versão 15.3, e mesa digitalizadora, adaptado à escala 1:50.000. Maiores detalhes sobre a classificação do solo podem ser encontrados em Chueh (2004).

Para a elaboração da carta de uso e cobertura do solo foi realizada a classificação supervisionada, ferramenta do *software SPRING*, realizada sobre as imagens de satélite dos anos de 2000 e 2006. Os temas obtidos nas cartas de uso e cobertura do solo foram: agricultura, área urbana, água ou banhado (várzea), florestas ou áreas semi-naturais, silvicultura, campo ou pastagem e solo exposto.

Para a análise da fragilidade potencial, foi gerada uma tabela matriz bidimensional, utilizando a operação lógica booleana *A and B*, indicando qual o grau de estabilidade ou instabilidade pode apresentar o relevo, conforme o **quadro 1**. As informações de solo e declividade foram utilizadas nas determinações, em que prevaleceram as classes de fragilidade de maior limitação. Por não haver diferenças geológicas e climáticas na área, esses fatores não foram considerados na análise da fragilidade. Adaptado da metodologia de Ross (1994), os solos foram classificados considerando-se a sua fragilidade ou suscetibilidade à erosão (**quadro 1**). Assim, o Cambissolo e Argissolo foram enquadrados na classe de fragilidade alta (4), devido à maior suscetibilidade à erosão quando comparado com solos de outros grupos considerados mais

desenvolvidos. Estes solos são menos suscetíveis à erosão apenas em relação ao grupo dos Neossolos e Organossolos. O Neossolo Litólico e Organossolo foram enquadrados na classe muito alta (5), por serem os solos menos desenvolvidos e mais suscetíveis à erosão. O Latossolo, por ser um solo bem estruturado, com estágio avançado de intemperização, muito evoluído, profundo e de boa drenagem, apresenta grau de fragilidade muito baixa (1). De acordo com a metodologia de Ross (1994), baseado na intensidade dos processos erosivos e dos riscos de escorregamentos e deslizamentos, as declividades ( $d$ ) foram separadas em cinco categorias hierárquicas,  $0 \leq d \leq 6\%$ ,  $6 < d \leq 12\%$ ,  $12 < d \leq 20\%$ ,  $20 < d \leq 30\%$  e  $d > 30\%$ , classificadas como muito baixa (1), baixa (2), média (3), alta (4) e muito alta (5), respectivamente (**quadro 1**). Na elaboração do mapa de fragilidade potencial, utilizou-se a ferramenta LEGAL (Linguagem Espacial de Geoprocessamento Algébrico) do programa *SPRING* 4.2, com a qual foi realizado o cruzamento dos mapas de declividade e solos, considerando os valores do **quadro 1**.

Solos	Declividade				
	$0 \leq d \leq 6\%$ (1)	$6 < d \leq 12\%$ (2)	$12 < d \leq 20\%$ (3)	$20 < d \leq 30\%$ (4)	$d > 30\%$ (5)
Cambissolo (4)	4 (Alta)	4 (Alta)	4 (Alta)	4 (Alta)	5 (Muito Alta)
Latossolo (1)	1 (Muito Baixa)	2 (Baixa)	3 (Média)	4 (Alta)	5 (Muito Alta)
Organossolo (5)	5 (Muito Alta)	5 (Muito Alta)	5 (Muito Alta)	5 (Muito Alta)	5 (Muito Alta)
Neossolo Litólico (5)	5 (Muito Alta)	5 (Muito Alta)	5 (Muito Alta)	5 (Muito Alta)	5 (Muito Alta)
Argissolo (4)	4 (Alta)	4 (Alta)	4 (Alta)	4 (Alta)	5 (Muito Alta)

**Quadro 1** - Matriz para a determinação da fragilidade potencial da bacia do rio Pequeno, adaptada da metodologia de Ross (1994).

Para a análise da fragilidade emergente, foi gerada uma matriz bidimensional (**quadro 2**) a partir das classes da fragilidade potencial e do uso atual. Foi utilizada a maior limitação da fragilidade potencial e da cobertura vegetal, com peso equivalente, para representar a fragilidade emergente. Baseado em perda de solo por tipo de cultivo, Ross (1994) estabeleceu o grau de proteção aos solos pela cobertura vegetal e definiu classes de fragilidade ou graus de proteção de acordo com o tipo de cobertura. Seguindo a classificação de Ross (1994), no **quadro 2**, atribuiu-se: para as florestas ou áreas seminaturais, grau de proteção alto (2); para o reflorestamento, grau de proteção médio (3); para ocupação urbana e solo exposto, grau de proteção muito baixo (5); e, para as áreas de água e banhado (várzea), grau de proteção muito alto (1). Na elaboração do mapa da fragilidade emergente, utilizou-se a ferramenta LEGAL do programa *SPRING* 4.2, com a qual foi

realizado o cruzamento dos mapas da fragilidade potencial e uso atual, considerando-se os valores do **quadro 2**.

Para auxiliar na interpretação dos resultados, análises empregando árvores de probabilidade (natureza e interessado) foram realizadas fazendo a associação entre as classes de declividade, classes de solo e uso e ocupação do solo.

Usos (Graus de Proteção)	Fragilidade Potencial				
	Muito Baixa (1)	Baixa (2)	Média (3)	Alta (4)	Muito Alta (5)
Agricultura (4 – Baixo)	4 (Alta)	4 (Alta)	4 (Alta)	4 (Alta)	5 (Muito Alta)
Campo/Pastagem (3 – Médio)	3 (Média)	3 (Média)	3 (Média)	4 (Alta)	5 (Muito Alta)
Água/banhado (1 – M. Alto)	1 (Muito Baixa)	2 (Baixa)	3 (Média)	4 (Alta)	5 (Muito Alta)
Área Urbana (5 – M. Baixo)	5 (Muito Alta)	5 (Muito Alta)	5 (Muito Alta)	5 (Muito Alta)	5 (Muito Alta)
Floresta natural (2 – Alta)	2 (Baixa)	2 (Baixa)	3 (Média)	4 (Alta)	5 (Muito Alta)
Silvicultura (3 – Médio)	3 (Média)	3 (Média)	3 (Média)	4 (Alta)	5 (Muito Alta)
Solo Exposto (5 – M. Baixo)	5 (Muito Alta)	5 (Muito Alta)	5 (Muito Alta)	5 (Muito Alta)	5 (Muito Alta)

**Quadro 2** - Matriz para a determinação da fragilidade emergente da bacia do rio Pequeno, seguindo a classificação de Ross (1994).

O levantamento dos percentuais de ocorrência de cada associação foi realizado fazendo-se o cruzamento dos planos de informação, utilizando-se o *software SPRING* – ferramenta LEGAL. A estrutura e os cálculos das árvores de probabilidade foram realizados com o auxílio de uma planilha eletrônica, seguindo as recomendações de Caixeta-Filho (2001).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

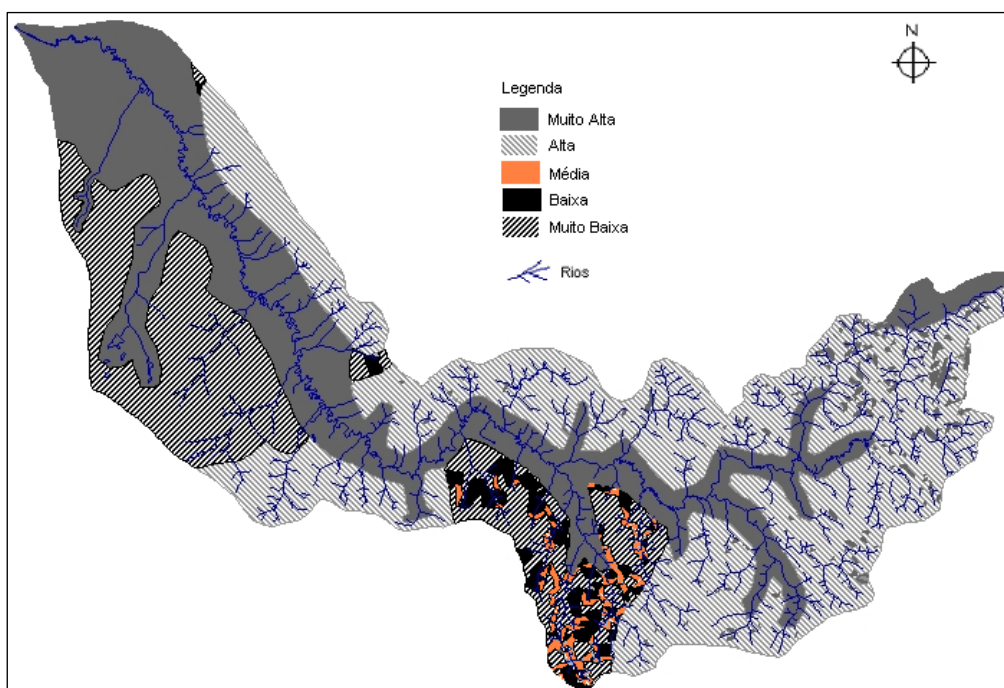
Os solos denominados Argissolo, Latossolo e Organossolo da bacia do rio Pequeno predominam na declividade entre  $0 < d \leq 6\%$ , em mais de 50% de suas classes. Das cinco classes de solos analisadas, o Cambissolo e o Neossolo foram os únicos que apresentaram maior distribuição de área entre as classes de declividade. Porém, o Cambissolo prevaleceu em declividade até 6% e o Neossolo nas declividades entre  $12\% < d \leq 30\%$ . A declividade entre  $0 < d \leq 6\%$  correspondeu a 72% da área total da bacia, sendo que o Organossolo apresentou a maior porção desta declividade (28,87%), seguido do Latossolo (18,62%). Com exceção da classe de solo Latossolo, associado à declividade até

6%, a classe Floresta ou Áreas semi-naturais predominou em todas as classes de solo e declividades da bacia.

De acordo com os resultados, devido o Organossolo ser proveniente de áreas ribeirinhas, os dados obtidos para uso e ocupação permitiram observar que a sua preservação deveria ocorrer de forma primordial, sendo necessário evitar sua exploração. Nas áreas ocupadas pelo Argissolo, satisfatoriamente, verificou-se que as Florestas e Áreas semi-naturais estão sendo preservadas em mais de 70,93% das áreas nas declividades acima de 12%.

Devido ao percentual de Latossolo ocupado com Solo Exposto, na condição de declividade entre  $0 \leq d \leq 6\%$  e  $6\% < d \leq 12\%$ , sendo 5,79% e 6,17%, respectivamente, acredita-se que parte da área poderia estar sendo preparada para o cultivo agrícola. Do ponto de vista da manutenção do equilíbrio natural da bacia, verificou-se que tanto o Neossolo Litólico quanto o Cambissolo apresentaram Florestas ou Áreas semi-naturais ocupando grande parte de suas áreas, sendo encontrado este tipo de formação em mais de 95,56% das áreas com Neossolo Litólico e mais de 63,11% das áreas com Cambissolo.

Como pode ser verificado na **figura 2**, as classes de fragilidade potencial, definidas para a área de estudo, foram: muito baixa (19%), baixa (2%), média (1%), alta (42%) e muito alta (36%), sendo que 78% da área foram classificadas com fragilidade alta e muito alta, o que equivale a uma área de 100 km<sup>2</sup>.



**Figura 2** - Mapa de fragilidade potencial da bacia do rio Pequeno.

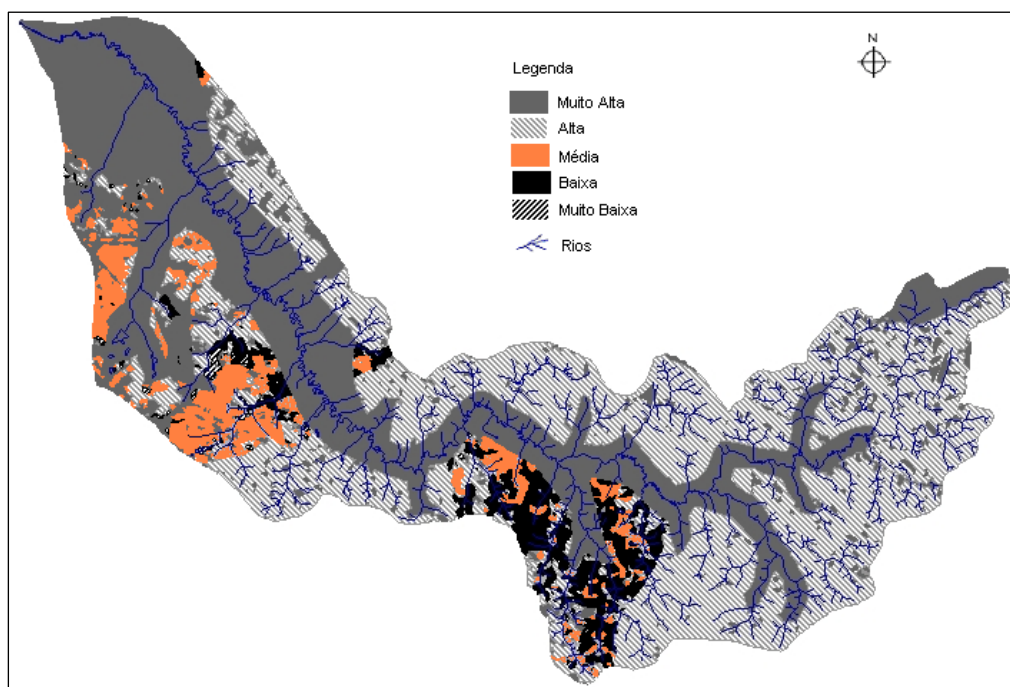
A elevada fragilidade potencial deveu-se principalmente à presença de solos altamente suscetíveis ao processo erosivo. Mesmo nas áreas com menor declividade, os solos foram determinantes para a classificação de fragilidade potencial elevada na bacia. Segundo Ross (1994), os Cambissolos possuem grau de fragilidade alto (4), enquanto que os Neossolos e Organossolos possuem grau de fragilidade muito alto (5). Portanto, mesmo em declividades entre  $0 < d \leq 6\%$  (classe 1 – fragilidade muito baixa) a fragilidade potencial foi alta e muito alta pelo prevaecimento do fator de maior limitação (**quadro 1**). Em relação à declividade, predominaram, em 72% da área, declividades entre  $0 < d \leq 6\%$  (classe 1 – fragilidade muito baixa). Considerando a mesma metodologia, ou seja, analisando os fatores solo e declividade, na avaliação da fragilidade de acordo com Ross (1994), outros autores observaram resultados semelhantes aos aqui apresentados.

Ghezzi (2003), ao avaliar a fragilidade ambiental da bacia do rio Xaxim, em Morretes (PR), e Vashchenko *et al.* (2007), ao analisarem a fragilidade ambiental nos picos Camacuã e Tucum no município de Campina Grande do Sul (PR), também classificaram como muito alta (5) a fragilidade potencial nos locais de maior declividade, acima de 30%, com presença de Cambissolos ou Neossolos. Por outro lado, aplicando a mesma metodologia desenvolvida por Ross (1994), Souza *et al.* (2005) observaram que 53% da área da bacia do rio Iraí se encontram com fragilidade potencial baixa (1) a muito baixa (2), sendo que aproximadamente 92% da área apresentou declividade inferior a 20%. Da mesma forma, Donha *et al.* (2006) verificaram que 81% da área do Centro de Estações Experimentais do Canguiri, em Pinhais (PR), apresentam fragilidade potencial baixa (1) a muito baixa (2), havendo predomínio de declividades inferiores a 20% e presença de Latossolos.

Com relação à fragilidade emergente, conforme a **figura 3**, as classes encontradas na área de estudo foram: muito alta (43%), alta (44%), média (7%), baixa (5%) e muito baixa (1%), as quais foram produtos da fragilidade potencial e do grau de proteção dado ao solo pelo uso e ocupação atual, sendo que cada tipo de uso protege de maneira diferente o solo. Quando a cobertura do solo se faz por vegetação, a proteção do solo melhora.

Assim, as florestas ou áreas semi-naturais apresentaram grau de proteção 2 (alta), enquanto o solo exposto e áreas urbanas apresentaram grau de proteção 1 (muito baixo). Embora a bacia possua considerável presença de vegetação (43%) com boa distribuição, principalmente em áreas com maior declividade, sua presença não diminui nem aumenta a fragilidade da área, mas protege o solo contra os processos de degradação natural.





**Figura 3** - Mapa de fragilidade emergente da bacia do rio Pequeno.

Ao comparar a fragilidade potencial com a fragilidade, conforme o **quadro 3**, observou-se que a classe muito alta (5) da fragilidade “potencial”, que ocupava 36% da área, subiu para 43% na fragilidade “emergente”. O mesmo ocorre com a classe alta (4), que apresentou 42% quando potencial e subiu para 44% quando emergente. A retirada da cobertura vegetal que vem ocorrendo com o passar do tempo, além do aumento das áreas agrícolas, solo exposto e urbanização são os principais motivos que contribuíram para o aumento da fragilidade.

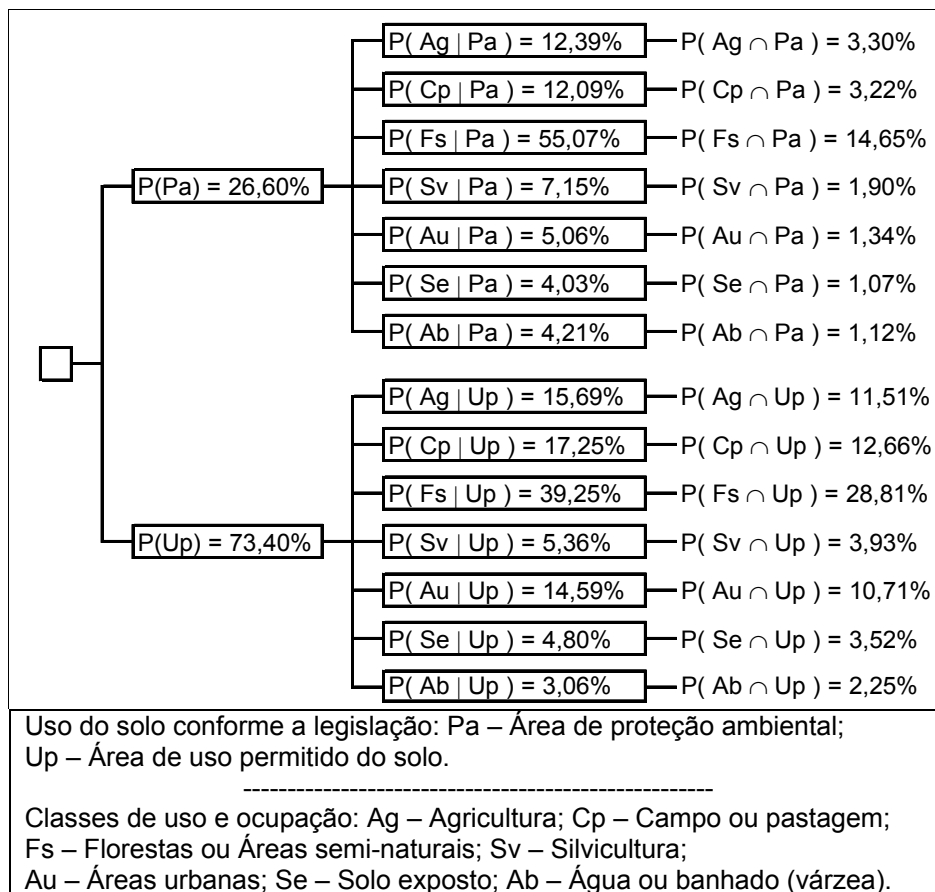
Especificação	Fragilidade Potencial (%)	Fragilidade Emergente (%)
Muito alta	36	43
Alta	42	44
Média	1	7
Baixa	2	5
Muito baixa	19	1
Total	100	100

**Quadro 3** - Fragilidade ambiental (potencial e emergente) da bacia do rio Pequeno.

A classe de fragilidade muito baixa (1) apresentou 19% quando potencial e foi reduzida para 1% quando emergente. Este fato se deve à baixa fragilidade natural que a

área possui, na ocorrência de baixa declividade do terreno quando associado ao Latossolo, solo com alto grau de desenvolvimento e bem estruturado. Tais resultados mostram a importância de ser implantado na área um plano de uso e ocupação sustentável, procurando evitar o uso inadequado dos recursos, levando em consideração as potencialidades e fragilidades da área.

É essencial evitar o desmatamento, pois a cobertura vegetal possui grande importância na conservação e proteção do solo contra os fatores erosivos. De acordo com o **quadro 3**, com exceção da classe muito baixa, verificou-se que todas as demais classes de fragilidade potencial foram reduzidas, em maior ou menor grau. Foram geradas classes de fragilidade emergente de maior intensidade devido à ocupação inadequada das áreas ribeirinhas, desmatamento, existência considerável de área de solo exposto, fatores que vêm evoluindo com o passar do tempo.



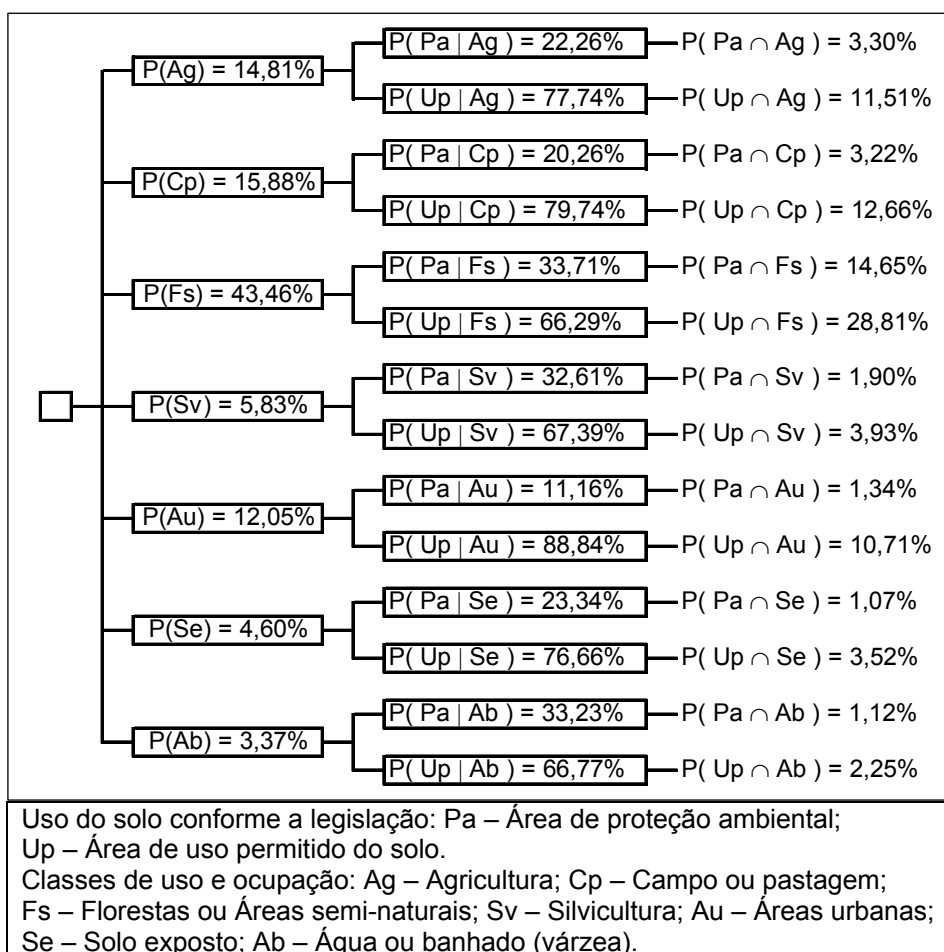
**Figura 4** - Árvore de probabilidade da natureza, estruturada a partir dos dados obtidos com a carta e proposição de legislação ambiental do rio pequeno e mapa de uso e cobertura do solo.

Ghezzi (2003) também observou que o uso agrícola, devido ao menor grau de proteção, aumentou a fragilidade potencial, gerando classes de fragilidades emergentes mais restritivas. Da mesma forma, Donha *et al.* (2006) constataram que a fragilidade emergente alta ocorreu em áreas de edificações e circulação. Já a classe de fragilidade emergente média ocorreu predominantemente em áreas de agricultura convencional, ou seja, as atividades humanas aumentaram a fragilidade ambiental, devido à retirada ou diminuição da cobertura vegetal. Na contrapartida, Floriani (2003) ao avaliar as micro-bacias hidrográficas de Fervida e Rio das Onças, localizadas em Colombo (PR), verificou redução em locais com fragilidade potencial alta (4) e muito alta (5), cobertos por vegetação natural, resultando classes de fragilidade emergente de menor intensidade.

A árvore de probabilidade da natureza mostrada na **figura 4** permitiu verificar que a área de preservação ambiental, em função da legislação, correspondeu a 26,60% da área total da bacia hidrográfica do rio Pequeno. A interseção desta área com o uso e ocupação do solo evidenciou que 55,07% e 4,21%, da área total desta classe se encontra ocupada com Florestas ou Áreas semi-naturais (Fs) e Água ou banhado (Ab), respectivamente, o que corresponde ao uso adequado da área. Entretanto, os demais usos como Agricultura (12,39%), Campo ou Pastagem (12,09%), Silvicultura (7,15%), Área urbana (5,06%) e Solo exposto (4,03%), que juntos somam 40,73% estabelecidos na área de APP, representam os usos que estão em desacordo com a legislação ambiental; b) A área de uso permitido do solo ocupou 73,40% da área total da bacia, ficando a Agricultura (Ag), Campo ou Pastagem (Ap), Florestas ou Áreas semi-naturais (Fs), Silvicultura (Sv), Áreas urbanas (Au), Solo Exposto (Se) e Água ou banhado (Ab) ocupando 15,69%, 17,25%, 39,25%, 5,36%, 14,59%, 4,80% e 3,06% desta porção, respectivamente.

A árvore de probabilidade do interessado (**figura 5**) evidenciou que 33,71% da Área de Proteção Ambiental (Pa) está condicionada a presença de Vegetação natural (Fs). No entanto, é importante ressaltar também, que 22,26%, 20,26% e 23,34 de áreas que deveriam ser de Proteção Ambiental (Pa), estão condicionadas a presença de Agricultura (Ag), Campo ou Pastagem (Cp) e Solo exposto (Se), respectivamente.

A área de uso permitido condicionada a urbanização (Au) prevaleceu em 88,84% das áreas utilizadas para esta finalidade na bacia. No entanto, acredita-se que os 11,16% de área de urbanização existente sob a área de proteção tenderão a crescer, devido ao aumento incondicional da população na região nas próximas décadas, conforme relata Paraná (2000). Como a  $P(Pa|Fs)$  é de 14,65% em relação à área da bacia e os usos com Agricultura (Ag), Campo ou pastagem (Cp) e Solo Exposto (Se) vêm aumentando com o passar do tempo, a pressão social de uso das áreas com necessidade de preservação será inevitável e a solução tenderá a ser complexa.



**Figura 5** - Árvore de probabilidade do interessado, estruturada a partir dos dados obtidos com a carta e proposição de legislação ambiental do rio pequeno e mapa de uso e cobertura do solo.

## CONCLUSÕES

A área de estudo apresentou fragilidade ambiental bastante elevada, devido o predomínio de solos pouco desenvolvidos, em que as classes de fragilidade “Alta” e “Muito Alta” somaram 78% quando potencial, aumentando para 87% quando “emergente”.

A bacia do rio Pequeno possui tendência de utilização inadequada pela ocupação com urbanização e atividades agrícolas predominantemente em Organossolos, solos de alta fragilidade ambiental e baixo potencial agrícola.

A análise da fragilidade representa um importante instrumento do planejamento ambiental, pois identifica pontos frágeis, fornecendo subsídios para a elaboração de planos de manejo em áreas naturais ou unidades de conservação.

## REFERÊNCIAS

- AGM. **Análise geopolítica municipal**. São José dos Pinhais: UTP, 2001, 127 p.
- ANDREOLI, C. V.; DALARMI, O.; LARA, A. I.; ANDREOLI, F. N. Mananciais de abastecimento do sistema integrado da Região Metropolitana de Curitiba – RMC. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 9, Porto Seguro, 2000. **Anais...** Porto Seguro: ABEAS, p. 196-205, 2000.
- ALVARENGA, M. I. N.; PAULA, M. B. Planejamento conservacionista em microbacia. **Informe Agropecuário**, v. 21, n. 207, p. 55-64, 2000.
- ASSAD, M. L. Uso de um sistema de informações geográficas na determinação da aptidão agrícola de terras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 19, n. 1, p. 133-139, 1995.
- BRISKI, S. J.; SALAMUNI, E.; SANTOS, L. J. C.; MANTOVANI, L. E. Geotecnologias aplicadas ao planejamento e gestão de bacias hidrográficas de mananciais. **Ciência e Natura**, v. 26, p. 429-444, 2004.
- CAIXETA-FILHO, J. V. **Pesquisa operacional: técnicas de otimização aplicadas a sistemas agroindustriais**. São Paulo: Atlas, 2001.
- CHUEH, A. M. **Análise do uso do solo e degradação ambiental na bacia hidrográfica do rio Pequeno – São José dos Pinhais/PR, por meio do diagnóstico físico-conservacionista – DFC**. 2004. 102 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - UFPR. Curitiba.
- COMEC – Coordenadoria da Região Metropolitana de Curitiba, Estado do Paraná. **Cartas planialtimétricas, 1:10.000**, 1976.
- DONHA, A. G.; SOUZA, L. C. P.; SUGAMOSTO, M. L. Determinação da fragilidade ambiental utilizando técnicas de suporte à decisão e SIG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 175-181, 2006.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço nacional de levantamento e conservação de solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2 v, 1984.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. (Rio de Janeiro-RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 1. ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999.
- FLORIANI, N. **Avaliação da fragilidade geossistêmica de uma microbacia sobre geologia cárstica: potencial e limitações**. 2003. 147 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - UFPR, Curitiba.
- GHEZZI, A. O. **Avaliação e mapeamento da fragilidade ambiental da bacia do rio Xaxim, baía de Antonina-PR, com o auxílio de geoprocessamento**. 2003. 49 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - UFPR, Curitiba, 2003.
- IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. IBGE: Rio de Janeiro, 1992.
- JESUS, M. R. G. **Análise ambiental da bacia hidrográfica do rio Cambuí no perímetro urbano de Campo Largo-PR**. 2004. 116 p. Monografia (Graduação em Geografia) - Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba.
- PARANÁ. **Projeções das populações municipais por sexo e idade: 2000-2010**, Curitiba: IPARDES/IBGE, 2000.
- PINHEIRO, L. B. A.; ANJOS, L. H. C. dos; PEREIRA, M. G.; DUARTE, S. T. Avaliação da aptidão agrícola para uso florestal. **Revista Floresta e Ambiente**, v. 7, n. 1, p. 54- 59, 2000.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1994.

REIS NAKASHIMA, M. S. Carta de fragilidade ambiental da bacia do rio Keller, Estado do Paraná: subsídio ao estudo dos processos erosivos. **Acta Scientiarum**, v. 23, n. 6, p. 1547-1560, 2001.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 8, p. 63-74, 1994.

SOUZA, L. C. P.; SIRTOLI, A. E.; LIMA, M. R.; DONHA, A. G. Estudos do meio físico na avaliação de bacias hidrográficas utilizadas como mananciais de abastecimento. In: ANDREOLI, C. V.; CARNEIRO, C. (Org.) **Gestão integrada de mananciais de abastecimento eutrofizados**. Curitiba: Capital Ltda., 2005. p. 121-156.

VASHCHENKO, Y.; FAVARETTO, N.; BIONDI, D. Fragilidade ambiental nos picos Camacã, Camapuã e Tucum, Campina Grande do Sul, PR. **Revista Floresta**, v. 37, n. 2, p. 201-215, 2007.

**COMO CITAR ESTE ARTIGO:**

SOARES, Marcia Regina Gomes de Jesus; SOUZA, Jorge Luiz Moretti de; JERSZURKI, Daniela. Fragilidade ambiental da bacia do rio Pequeno em São José dos Pinhais (PR). **Geografia (Londrina)**, Londrina, v. 20, n. 3, p. 057-070, set./dez. 2011.  
URL: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia>>

**EDITOR DE SEÇÃO:**

Rosely Sampaio Archela & Tânia Maria Fresca.

**TRAMITAÇÃO DO ARTIGO:**

✓ Recebido em 03/02/2011.

✓ Aceito para publicação em 16/02/2012.