

## Mapeamento da fragilidade ambiental em áreas de plantios florestais

Lorena Stolle<sup>1</sup>  
Christel Lingnau<sup>1</sup>  
Julio Eduardo Arce<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Paraná – UFPR  
Rua Prof. Lothario Meissner, 3.400, 80210-170, Curitiba – PR  
lorenastolle@yahoo.com.br; lingnau@ufpr.br; jarce@ufpr.br

**Abstract.** The impacts caused by the forest activities to the environment can be classified and evaluated on the basis of diffuse logic and dependence networks also visualized with aid of platform GIS (Geographic Information System). The set of these information assists in the determination of the areas that, for its ambient fragility, present risks of degradation in function of inherent practices to the commercial plantation of forests. The objective of this research was the mapping of fragility in a forest property, in way to provide information that allow better management of the natural resources in function of the local economic activities.

**Palavras-Chave:** fuzzy logic, dependence network, decision support, silviculture, lógica nebulosa, redes de dependência, suporte a decisão, silvicultura.

### 1. Introdução

Muitas propriedades florestais desenvolvem suas atividades em terrenos nem sempre compatíveis com a aptidão dos solos. As técnicas de manejo, as práticas de colheita, o transporte e a própria espécie cultivada podem não ser a mais apropriada para um determinado local. Os reflexos destas atividades recaem diretamente sobre o ambiente em questão, onde um dos principais efeitos observados é a degradação dos solos.

A fragilidade potencial de uma área pode ser definida como a vulnerabilidade natural que um ambiente apresenta em função de suas características físicas como a declividade e o tipo de solo, já a fragilidade ambiental considera, além das características físicas, os graus de proteção que os diferentes tipos de uso e cobertura vegetal exercem sobre o ambiente (Kawakubo, 2005).

As intervenções humanas que podem alterar o meio ambiente nem sempre são sinônimos de degradação, desde que a tecnologia empregada seja adequada ao potencial ecossistêmico existente. Desta forma, novas metodologias para mapeamento da fragilidade ambiental devem ser analisadas a fim de alcançar um diagnóstico por meio de critérios e indicadores condizentes com os geossistemas locais (Floriani, 2003).

A preocupação com a degradação ambiental devido às pressões das atividades antrópicas propiciaram o surgimento de inúmeros estudos e metodologias em avaliações ambientais. Um dos desafios encontrados neste tipo de trabalho refere-se ao modo como as características do ambiente são expressas, pois devido às técnicas operacionais computadorizadas muitas delas necessitam ser representadas numericamente. Spörl (2001) ao comparar três modelos metodológicos aplicados aos estudos da fragilidade ambiental, verificou que o principal problema está relacionado à atribuição de “pesos” das variáveis (geomorfológicas, pedológicas e de uso do solo), sendo que esta avaliação é geralmente arbitrária e subjetiva, pois é complicado avaliar o quanto cada uma destas variáveis contribui para se estabelecer o grau de fragilidade.

Deste modo, Falcão *et al.* (2006) relata que os impactos do manejo sobre a paisagem são difíceis de serem previstos, no entanto ferramentas de suporte à decisão e técnicas de visualização computacionais recentes podem ser uma opção de trabalho. Segundo Alho *et al.* (1997) estes programas podem ser facilmente encontrados e são de grande utilidade para o

“decisor” no meio florestal, sobretudo para auxiliar no planejamento dos tratamentos silviculturais em suas áreas.

Outra ferramenta que está sendo difundida no campo florestal é a aplicação da teoria da lógica nebulosa em programas de suporte à decisão ou de programação linear, onde as informações geradas são mais consistentes para o processo político de decisão no planejamento do uso do solo (Ells *et al.*, 1997).

## 2. Objetivo

Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho consiste em determinar e mapear a fragilidade ambiental de uma área de exploração florestal, onde será analisada a utilização de técnicas de suporte à decisão, lógica nebulosa, e sistemas de informações geográficas como ferramentas para classificação quanto ao grau de fragilidade apresentado pelo terreno e a influência das atividades florestais.

## 3. Material e Métodos

Este estudo será implementado em uma propriedade florestal onde são realizadas atividades relacionadas à silvicultura e manejo florestal.

A metodologia a ser utilizada é baseada nos trabalhos de Reynolds (2000 e 2001) e Bueno (2003) onde é utilizado o *EMDS (Ecosystem Management Decision Support)* um sistema de suporte à decisão desenvolvido pelo Serviço Florestal dos Estados Unidos (USDA) que integra a lógica nebulosa e redes de dependência do *software NetWeaver (Rules of Thumb)* em ambiente *ArcGis*, possibilitando análises ambientais e paisagísticas.

O primeiro passo do trabalho consiste em selecionar os mapas temáticos que farão parte do estudo e que auxiliam na compreensão e na análise das alterações no ambiente em geral. Neste caso, serão utilizadas variáveis relacionadas ao estado do ambiente, ou seja, aqueles que o caracterizam fisicamente, como: declividade do terreno, tipo de solo e uso atual do solo, e uma variável relacionada ao tema pressão, que se refere às atividades florestais (preparo do terreno, plantio e colheita) realizadas neste ambiente.

Os atributos correspondentes a cada mapa serão classificados com valores que variam de 1 a 4 (declividade), de 1 a 10 (classes de solo) e de 1 a 10 (uso do solo) conforme o grau de fragilidade que apresentarem, sendo que o valor mais alto corresponderá a uma classe mais frágil. As atividades florestais também serão classificadas em valores (1 a 3) conforme o impacto que podem proporcionar a um determinado ambiente.

O passo seguinte consiste em criar as redes de dependência no programa *NetWeaver* onde são atribuídos os valores das funções de pertinência *fuzzy* para cada variável, e também definir como elas estão relacionadas na rede através dos operadores lógicos. Neste caso será utilizado o nó AND, que utiliza o conceito da lógica nebulosa avaliando o grau de verdade de uma proposição conforme a estrutura montada na rede (**Figura 1**). Se todas as informações antecedentes a uma proposição confirmam o valor verdade, então seu valor é +1, caso contrário é -1, sendo que o resultado válido é dado pelo “mínimo grau de verdade” ( $AND_{(t)}$ ) (Equação 1) de uma proposição em relação aos seus antecedentes.

$$AND_{(t)} = \min_{(t)} + [\text{average}_{(t)} - \min_{(t)}] * [\min_{(t)} + 1] / 2 \quad (\text{Equação 1})$$

Sendo que  $AND_{(t)}$  é o valor verdadeiro do nó AND,  $\min_{(t)}$  é o valor verdadeiro mínimo dos nós antecedentes e  $\text{average}_{(t)}$  é a média ponderada dos valores verdadeiros dos antecedentes.

Todas estas informações são armazenadas em ambiente SIG no *software ArcGis*, onde os dados de entradas são executados e processados de acordo com a estrutura da rede de dependência, obtendo-se assim o resultado final da avaliação, ou seja, um mapa de fragilidade ambiental de acordo com o impacto gerado pelas atividades florestais (**Figura 1**).

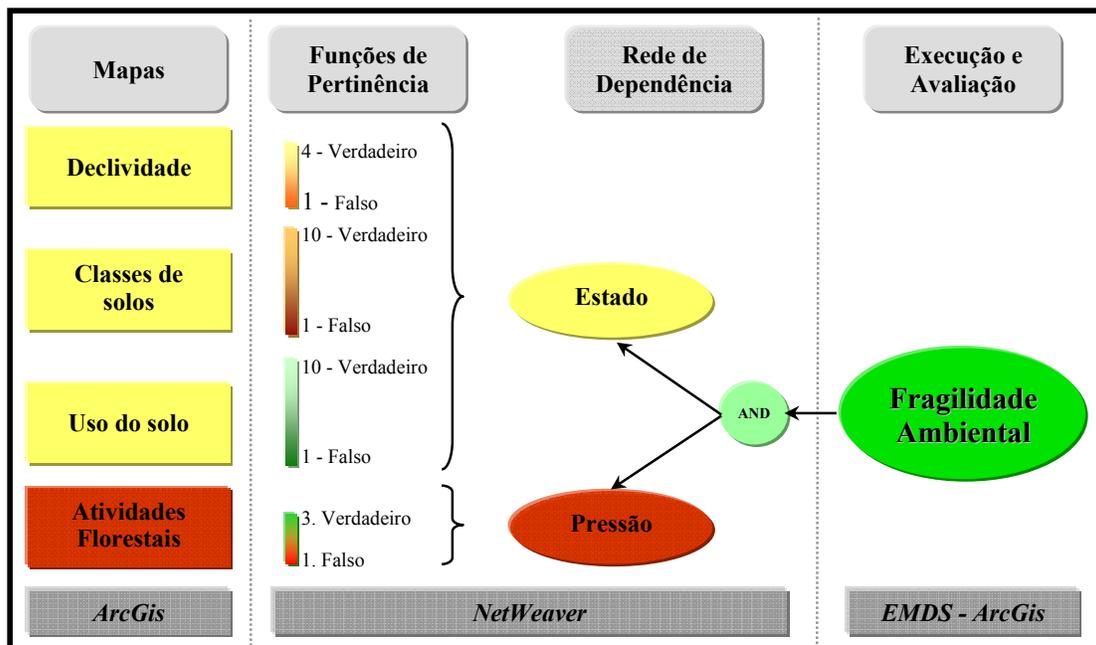


Figura 1: Esquema do trabalho realizado para avaliar a fragilidade ambiental em áreas de plantios florestais.

## 5. Referências Bibliográficas

- Alho, J.M.; Kangas, J. Analyzing uncertainties in experts' opinions of forest plan performance. *Forest Science*, v. 43, n. 4, p. 521-528, 1997.
- Bueno, M.C.D. **Utilização de redes de dependência e lógica nebulosa em estudos de avaliação ambiental**. 2003. 121p. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Computação – Geomática), Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2003.
- Ells, A.; Bulte, E.; Van Kooten, C. Uncertainty and forest land use allocation in British Columbia: Vague Priorities and Imprecise Coefficients. *Forest Science*, v. 43, n. 4, p. 509-520, 1997.
- Falcão, A. O.; Próspero, M. S.; Borges, J. G. A real-time visualization tool for forest ecosystem management decision support. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 53, p. 3–12, 2006.
- Floriani, N. **Avaliação da fragilidade geossistêmica de uma microbacia sobre geologia cárstica: potencial e limitações**. 2003. 147 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciências do Solo), Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2003.
- Kawakubo, F. S.; Morato, R. G.; Campos, K. C.; Luchiari, A.; Ross, J. L. S. Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., 2005, Goiânia. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 2203-2210. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: <<http://mar.te.dpi.inpe.br/rep-/ltd.inpe.br/sbsr/2004/11.19.19.44>>. Acesso em: 06 maio 2006.
- Reynolds, K., Jensen, M., Andreasen, J., Goodman, I. Knowledge-based assessment of watershed condition. *Computers and Electronics in Agriculture*, v.27, p. 315–333, 2000.
- Reynolds, K.M. Using a logic framework to assess Forest ecosystem sustainability. *Journal of Forestry*, v. 99, p. 26–30, 2001.
- Spörl, C. **Análise da Fragilidade Ambiental Relevância-Solo com Aplicação de Três Modelos Alternativos nas Altas Bacias do Rio Jaguari-Mirim, Ribeirão do Quartel e Ribeirão da Prata**. 2001. 159 p. Dissertação (Mestrado em Geografia Física). Universidade de São Paulo, São Paulo. 2001.