



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

## **LABORATÓRIO 4 – ÁLGEBRA DE MAPAS**

**PIRANGA/MG**

Allan Yu Iwama de Mello

INPE  
São José dos Campos  
2007

# Laboratório 4 – Álgebra de Mapas – Dados Piranga

## SER 300 – Introdução ao Geoprocessamento

---

### Notas do laboratório – Allan Yu Iwama de Mello

#### Resumo

O objetivo deste laboratório foi utilizar técnicas de geoprocessamento (AHP – Processo Analítico Hierárquico e técnica Fuzzy) com dados obtidos de um levantamento de campo na região de Pinheiros Altos, município de Piranga/MG.

No trabalho feito no município de Piranga/MG, o objetivo foi analisar a ocorrência de teor de cromo (e seu indicativo indireto, teor de cobalto) para determinar áreas favoráveis à mineralização destes elementos geoquímicos. Esses dados foram analisados de duas maneiras:

- (a) No mapa geológico, com ênfase no estudo de rochas ultramáficas (rochas com alta concentração de minerais ricos em ferro e magnésio), que são rochas onde se localizam as principais jazidas de cromo do mundo;
- (b) Em dados geoquímicos, onde foram considerados importantes os teores de cromo (Cr) e de cobalto (Co) por representarem indicativos de ocorrências de depósitos. A associação do Cr e do Co foi um fator fundamental para a seleção de área mais/menos favoráveis para a mineralização.

Para trabalhar utilizando estas técnicas de geoprocessamento, foi necessário:

- (1) Ativar o banco de dados “Piranga” e o projeto “Cromo”, com sistema de projeção UTM/Hayford/Córrego Alegre e retângulo envolvente definido no roteiro deste laboratório;
- (2) Gerar um mapa ponderado da geologia usando ferramenta LEGAL;
- (3) Mapear a grade retangular de teor de cromo usando a técnica Fuzzy;
- (4) Utilizar técnica de suporte à decisão AHP para o mapa ponderado da geologia;

A seguir são detalhados alguns itens realizados no laboratório de álgebras de mapas – dados Piranga.

#### **2. Geração do mapa ponderado de geologia usando ferramenta LEGAL**

Foram geradas as grades retangulares de amostras de cromo e do cobalto a partir do PI “Amostra” existente no banco de dados Piranga e, utilizando a ferramenta LEGAL do Spring, foi gerado o mapa ponderado da geologia.

Observação: os procedimentos executados no LEGAL foram:

- (i) Declaração das variáveis: temático, numérico e tabela;
-

## Laboratório 4 – Álgebra de Mapas – Dados Piranga

### SER 300 – Introdução ao Geoprocessamento

---

- (ii) Recuperar o mapa geológico, ou seja, trazer as grades retangulares de cromo e cobalto geradas anteriormente;
- (iii) Foi feita a ponderação dos pontos amostrados de cromo e cobalto, cujos valores ponderados estão ente 0 e 1. Segue abaixo os valores determinados:

Classes geológicas	Ponderação (pesos)
"Granito Granodiorito"	0
"Arvs Unidade Superior"	0
"Arvm Unidade Media"	0.7
"mv1 Sto Antonio Pirapetinga"	1
"mb Sto Antonio Pirapetinga"	0.5
"Asap Sto Antonio Pirapetinga"	0.7

Onde as áreas de favoráveis para a mineralização de cromo devem ser aquelas que apresentam ponderação próximas de 1.

- (iv) Feita a ponderação, foi criado o mapa geológico temático com as ponderações apresentadas no item (iii).

### 3. Mapeamento da grade retangular de teor de cromo usando a técnica Fuzzy

A partir das grades retangulares de amostras de teor de cromo e de teor de cobalto do PI “Amostras”, foram gerados PI’s de cromo e de cobalto pela técnica Fuzzy. Após este procedimento, foi feito o cruzamento desses PI’s para ponderar os valores de cromo e cobalto e gerar o mapa temático de geologia.

#### 3.1. Mapeamento de grades retangulares dos PI’s cromo e cobalto

A lógica utilizada na função Fuzzy para gerar o PI cromo e o PI cobalto foi:

- (i) Declarar os valores ideais de cada parâmetro (teor ideal de cromo  $\beta = 1.855$  % e ponto de cruzamento  $z_{0.5} = 0.32$ ; teor ideal de cobalto  $\beta = 150.92$  ppm e ponto de cruzamento  $z_{0.5} = 80$  ppm) – (ver figura 1);
- (ii) Declarar as variáveis: numéricas em ambos os casos;
- (iii) Recuperar a grade retangular de cada PI e realizar a operação.

Observação: A operação foi determinar regiões que se aproximam dos valores ideais, onde o ponto de cruzamento são os limites estabelecidos para diferenciar o que é ideal ou não ideal como áreas favoráveis de mineralização.

---

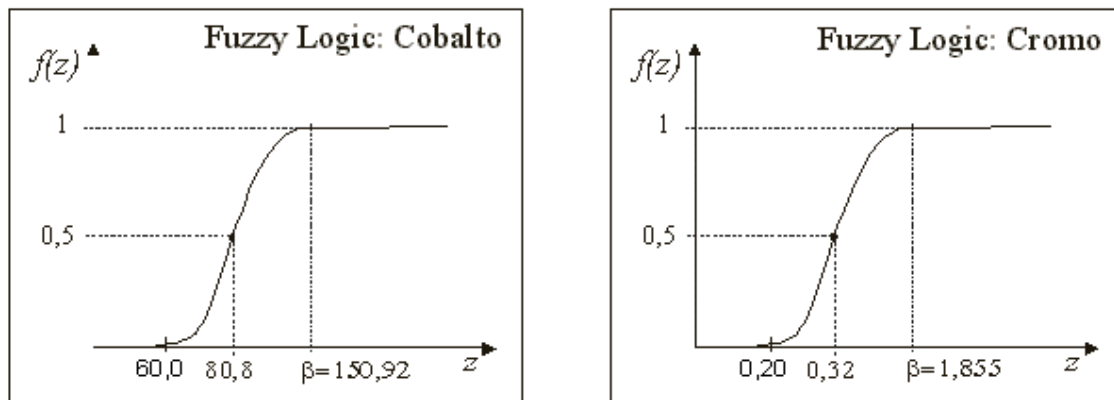


Figura 1 – Função Fuzzy para teores de cobalto e cromo

Onde o valor mínimo é representado por:

$$\alpha = 1/(z_{0,5} - \beta)^2$$

Ou seja,  $\alpha_{\text{cobalto}} \sim 0,000198$  e  $\alpha_{\text{cromo}} \sim 0424$ . A função Fuzzy é:

$$f(z) = 1/[1 + \alpha(z - \beta)^2]$$

### 3.2. Cruzamento de grades retangulares dos PI's cromo e cobalto

Foi feito o cruzamento dos PI's utilizando a função Fuzzy. A lógica envolvida foi:

- (i) Declarar variáveis: numéricas;
- (ii) Recuperar os PI's cromo , cobalto e de geologia;
- (iii) Realizar a operação gama.

Observação: A operação gama é definida pelo produto algébrico Fuzzy e a soma algébrica Fuzzy, para ponderar os valores de cromo e cobalto. Neste exercício foi declarado um parâmetro  $g = 0.7$  para realizar a operação gama.

$$\text{Gama} = \boxed{(1 - ((1 - \text{cobal}) * (1 - \text{cromo}))^g)} \times \boxed{(\text{cobal} * \text{cromo})^{(1 - g)}}$$

Soma algébrica

Produto algébrico

### 4. Técnica de suporte à decisão AHP (Processo Analítico Hierárquico)

A AHP é uma teoria com base matemática que permite organizar e avaliar a importância relativa entre critérios e medir a consistência dos julgamentos.

Requer a estruturação de um modelo hierárquico e um processo de comparação pareada, por importância relativa, preferências ou probabilidade, entre dois critérios, com relação ao critério no nível superior. Com base na comparação, a AHP pondera todos os sub-

## Laboratório 4 – Álgebra de Mapas – Dados Piranga

### SER 300 – Introdução ao Geoprocessamento

---

critérios e critérios e calcula um valor de razão de consistência entre  $[0, 1]$ , com 0 indicando a completa consistência do processo de julgamento.

Na função análise espacial do Spring, em suporte à decisão (AHP), foram escolhidas três categorias numéricas: Cobalto\_Fuzzy, Cromo\_Fuzzy e Geologia\_Ponderada.

Para cada categoria foi estabelecido um peso de maneira que a **razão de consistência** não ultrapassasse **0,1**, recomendado por especialistas em AHP. A seguir são descritos alguns passos para ponderar os valores dos teores de cromo e cobalto, utilizando a técnica AHP. Posteriormente, foram gerados os mapas de potencialidade de cromo utilizando as técnicas Fuzzy e AHP, com suas respectivas análises.

#### 4.1. Criar o PI “Cromo\_AHP” utilizando a técnica AHP

A lógica utilizada na técnica de suporte à decisão foi:

- (i) Estabelecer os pesos de cada categoria e determinar a razão de consistência (conforme o roteiro do laboratório 4). *A razão de consistência deve ser  $< 0.1$ , no intuito de manter a confiabilidade da definição dos pesos de cada classe;*
- (ii) Foram declarados 3 dados de entrada (Cobalto\_Fuzzy, Cromo\_Fuzzy e Geologia\_Ponderada) afim de obter o dado de saída (Cromo\_AHP);
- (iii) Foram **recuperadas** as categorias de entradas para **criar** o teor de cromo utilizando o método AHP;
- (iv) A operação foi executada com os pesos definidos (média ponderada), criando o PI Cromo\_AHP.

#### 4.2. Fatiamento nos geo-campos Gama\_Fuzzy e Cromo\_AHP

O fatiamento realizado nestes dois PI's resultou em mapas temáticos, no qual as classes temáticas estão associadas aos pesos declarados.

O fatiamento realizado é descrito sucintamente abaixo:

- (i) Declaração das variáveis: temático, numérico e tabela (fatiamento);
  - (ii) Recuperação dos PI's Gama\_Fuzzy e Cromo\_AHP, criados anteriormente;
  - (iii) Foi feita a ponderação dos pontos amostrados de cromo e cobalto, cujos valores ponderados estão ente 0 e 1. Abaixo estão as classes temáticas associadas a suas respectivas ponderações:
-

## Laboratório 4 – Álgebra de Mapas – Dados Piranga

### SER 300 – Introdução ao Geoprocessamento

---

Ponderação (pesos)	Classes temáticas
[0.0,0.2]	"Background"
[0.2,0.5]	"Baixo Potencial"
[0.5,0.7]	"Médio Potencial"
[0.7,1.0]	"Alto Potencial"

- (iv) Feita a ponderação, foi criado o mapa geológico temático, utilizando o método Fuzzy e AHP.

Os mapas de potencialidade de cromo são apresentados a seguir, utilizando a técnica Gama Fuzzy (figura 2 ) e AHP (figura 3).

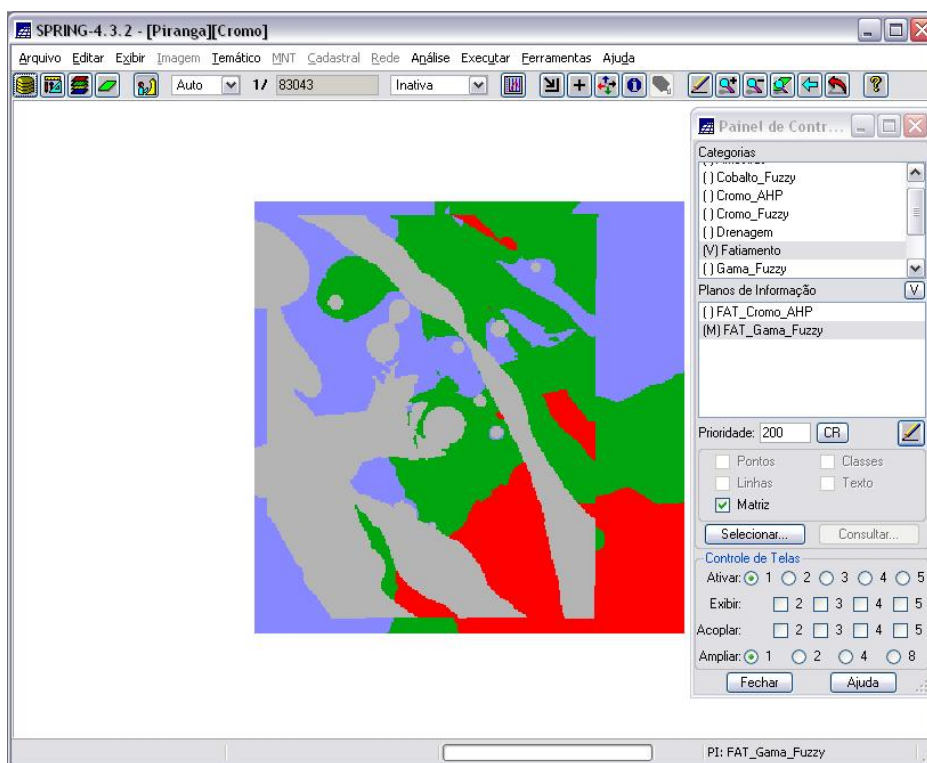


Figura 2 – Mapa de potencialidade de cromo: técnica Gama Fuzzy

---

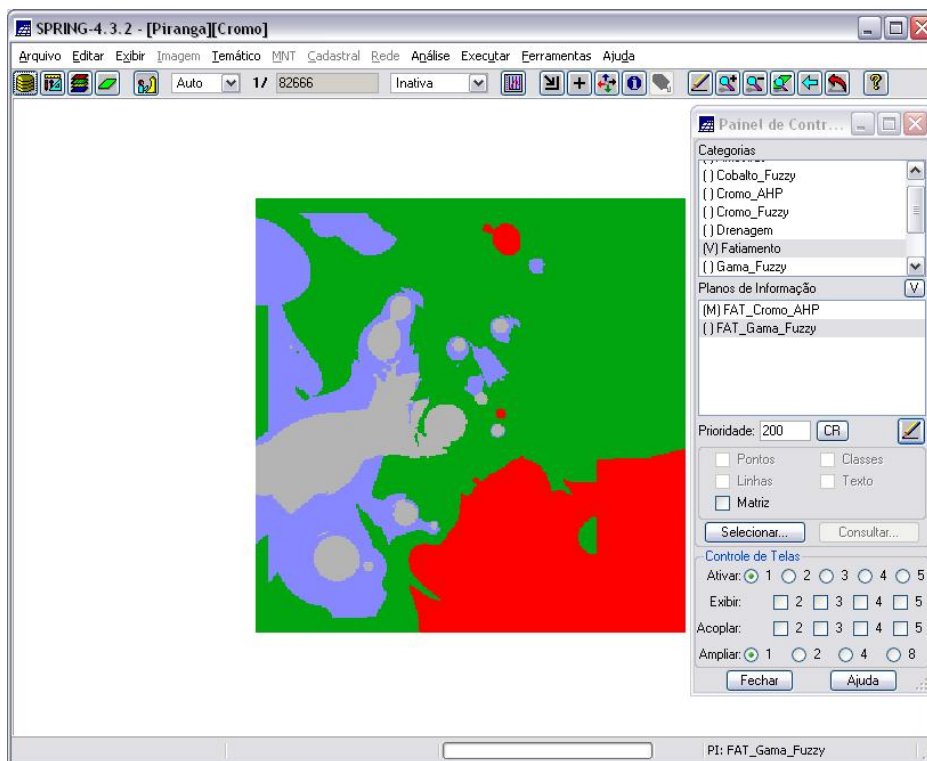


Figura 3 – Mapa de potencialidade de cromo: técnica AHP

Onde estão definidas as classes geológicas Background (cinza), Baixo Potencial (Lilás), Médio Potencial (Verde) e Alto Potencial (vermelho).

*Observação: a característica da lógica Fuzzy é manipular o conceito de “verdade parcial”. Por exemplo, os pesos distribuem-se entre 0 e 1, onde 0 representa regiões onde não existem teores de cromo representativos e 1 alta potencialidade de teor de cromo. Os valores intermediários representam o grau de teor de cromo em conformidade com a função estabelecida neste exercício.*

*A técnica de suporte à decisão (AHP) se baseia na definição de pesos estabelecida pelo usuário na função, tal como a média ponderada efetuada no LEGAL, para auxiliar na definição das classes de potencialidade de cromo.*

*Em ambos os casos (AHP ou Fuzzy), o usuário deve possuir um conhecimento prévio dos valores a serem utilizados nas funções de ponderação dos teores de cromo.*