



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

Laboratório 4 – Análise Multicritério e LEGAL

Disciplina

Introdução ao Geoprocessamento – SER 300

Prof. Antonio Miguel Vieira Monteiro

Aluno: Matheus Caetano Rocha de Andrade

INPE, São José dos Campos.

Maio, 2013.

Introdução

Este relatório foi realizado de acordo com as proposições estabelecidas pelo Laboratório 4 da disciplina de Introdução ao Geoprocessamento.

O objetivo central do “Laboratório 4” foi selecionar áreas potenciais a prospecção de Cromo, a partir das técnicas AHP (Processo Analítico Hierárquico) e Fuzzy Logic. Os dados foram obtidos através de campanhas de campo realizadas na região de Pinheiros Altos, município de Piranga, Minas Gerais. Além deste, será realizada também uma análise em scripts da linguagem LEGAL em um case do Projeto Ripasa Indústria de Celulose e Papel.

Para tal, serão utilizados dados geológicos e geoquímicos do projeto Piranga. Os dados geológicos referem-se a o mapa geológico e para os dados geoquímicos foram considerados os teores de cromo e cobalto. Já para a análise do LEGAL, os dados usados referem-se aos do projeto Ripasa, indústria de Celulose e Papel.

Os resultados deste Laboratório foram evidenciados ao longo dos tópicos a seguir.

1. Prospecção mineral de Cromo usando técnicas de sensoriamento remoto

Foram utilizadas as seguintes categorias com as características para geração dos resultados do exercício:

Nome da Categoria	Modelo
Amostras	MNT
Cromo_Fuzzy	MNT
Cobalto_Fuzzy	MNT
Gama_Fuzzy	MNT
Cromo_AHP	MNT
Geologia_Ponderada	MNT

Nome da Categoria	Modelo	Classes Temáticas
Drenagem	Temático	drenagens
Recorte	Temático	cl_recorte
Fatiamento	Temático	Alto Potencial
		Medio Potencial
		Baixo Potencial
		Background
Geologia	Temático	Asap – Sto Antonio Pirapetinga
		Arvs – Unidade Superior
		Granito - Granodiorito
		Arvm – Unidade Media
		mv1 – Sto Antonio Pirapetinga
		MB – Sto Antonio Pirapetinga

Inicialmente foi gerada uma grade regular (retangular) com resolução de 30m por 30m para as amostras de cromo na Região de Piranga (MG). O interpolador utilizado foi o da média ponderada. O resultado da interpolação é apresentado na Figura 1.

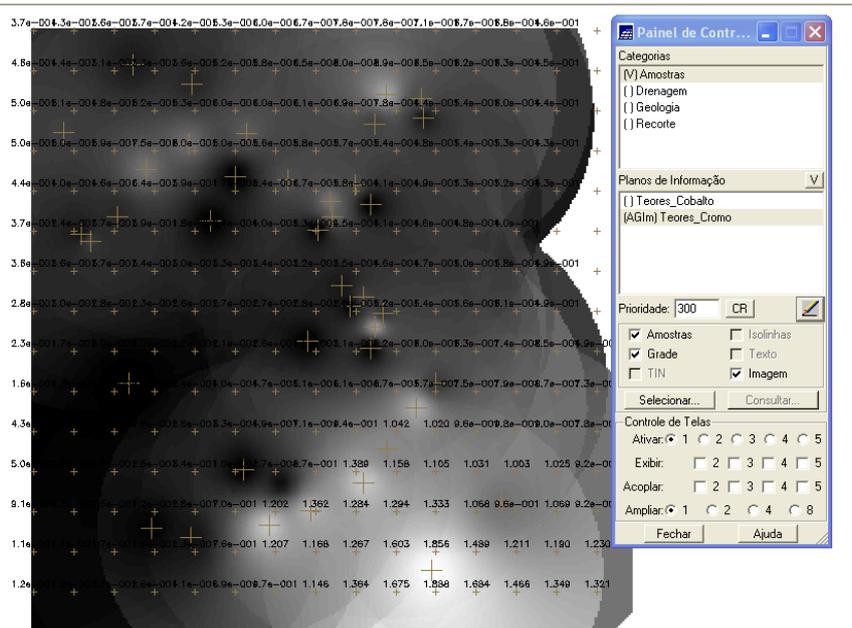


Figura 1. Grande regular e interpolação por média ponderada do teor de cromo na Região de Piranga (MG).

Em seguida, foi realizado o mesmo processo para os teores de cobalto (Figura 2).

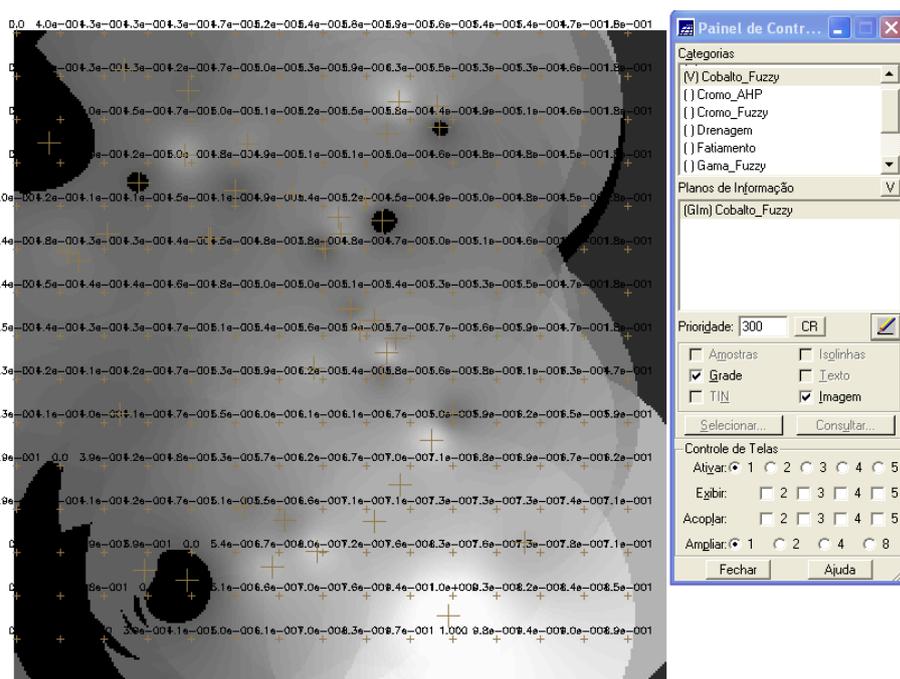


Figura 2. Grande regular e interpolação por média ponderada do teor de cobalto na Região de Piranga (MG).

Em seguida, gerou-se um mapa ponderado para as categorias do mapa de geologia, onde foram atribuídos valores de 0 a 1 às classes geológicas, descritos a seguir:

Classe	Valor (Ponderação)
Asap – Sto Antonio Pirapetinga	0.7
Arvs – Unidade Superior	0
Granito - Granodiorito	0
Arvm – Unidade Media	0.7
mv1 – Sto Antonio Pirapetinga	1
mb – Sto Antonio Pirapetinga	0.5

Para as grades interpoladas de Cromo e Cobalto foram feitas operações Fuzzy, gerando-se três novos PIs (Plano de Informação), descritos a seguir.

Plano de Informação (PI)

Geologia_ponderada

Cromo_Fuzzy

Cobalto_Fuzzy

Os PIs gerados foram realizados pela linguagem algébrica do SPRING (LEGAL). O valor 1 corresponde em cada PI a maior potencial de ocorrerem minerais de cromo.

Dessa forma, foi gerado um mapa tipo Numérico do PI Cromo_Fuzzy utilizando uma operação fuzzy aplicada sobre o mapa tipo Numérico do PI Teores_Cromo. Na operação fuzzy cada pixel da imagem recebe o valor:

$$\text{cromofuzzy} = \begin{cases} 0, & \text{cromo} < 0,2 \\ \frac{1}{1 + 0,24(\text{cromo} - 1,855)^2}, & 0,2 < \text{cromo} < 1,855 \\ 1, & \text{cromo} > 1,855 \end{cases}$$

Também foi gerado um mapa tipo Numérico do PI Cobalto_Fuzzy utilizando uma operação fuzzy aplicada sobre o mapa tipo Numérico do PI Teores_Cobalto. Na operação fuzzy cada pixel da imagem recebe o valor:

$$\text{cobalfuzzy} = \begin{cases} 0, & \text{cobal} < 60 \\ \frac{1}{1 + 1,98e - 4 \cdot (\text{cobal} - 150,92)^2}, & 60 < \text{cobal} < 150,92 \\ 1, & \text{cobal} > 180,92 \end{cases}$$

O passo seguinte foi executar um programa que aplica o operador Fuzzy Gama sobre os PIs Cromo_Fuzzy e Cobalto_Fuzzy, gerados anteriormente. Este operador é definido por dois termos, um produto algébrico Fuzzy e uma soma algébrica Fuzzy, como segue:

$$\mu = (\text{soma algébrica Fuzzy})^\gamma \times (\text{produto algébrico Fuzzy})^{1-\gamma}$$

No produto, o operador faz a multiplicação dos membros dos diferentes planos de informação (Geo-Campos [0,1]), onde o valor de saída de um dado ponto é sempre menor ou igual ao valor do membro Fuzzy. Isso ocorre devido à multiplicação de valores iguais ou menores que 1. Já na soma algébrica o resultado é sempre maior ou igual ao valor de entrada do maior membro Fuzzy. A importância maior ou menor do operador em cada termo (soma e produto) vai depender do valor atribuído para o expoente γ . Assim quando $\gamma = 0$, o resultado dependerá apenas do termo produto algébrico Fuzzy, e quando $\gamma = 1$, o resultado dependerá apenas do termo soma algébrica Fuzzy.

O resultado obtido foi o PI Gamma_Fuzzy. No caso desse estudo foi utilizado um gama igual a 0,7.

Depois de usar o método Fuzzy, foi criado o PI Cromo_AHP utilizando-se a técnica de decisão à suporte AHP (Processo Analítico Hierárquico). A AHP é uma teoria matemática que permite organizar e avaliar a importância relativa entre critérios e medir a consistência dos julgamentos. Ela pondera todos os critérios através de uma comparação e calcula um valor de razão de consistência entre 0 e 1, sendo o 0 a completa consistência do processo de julgamento.

Para este caso, foram escolhidas três categorias numéricas: Cromo_Fuzzy, Cobalto_Fuzzy e Gama_Fuzzy. Para cada uma foi escolhido um peso aleatoriamente, até obter razão de consistência inferior a 1, que no caso foi de 0,033 e calculou-se o peso de cada variável.

Ao fim do processo, no LEGAL, realizou-se o fatiamento da grade numérica dos PIs Gama Fuzzy (Figura 3) e Cromo_AHP (Figura 4) para possibilitar a comparação entre os resultados das duas técnicas. O fatiamento foi realizado de acordo com os seguintes intervalos:

Classe	Intervalo
Background	0.0, 0.2
Baixo Potencial	0.2, 0.5
Medio Potencial	0.5, 0.7
Alto Potencial	0.7, 1.0

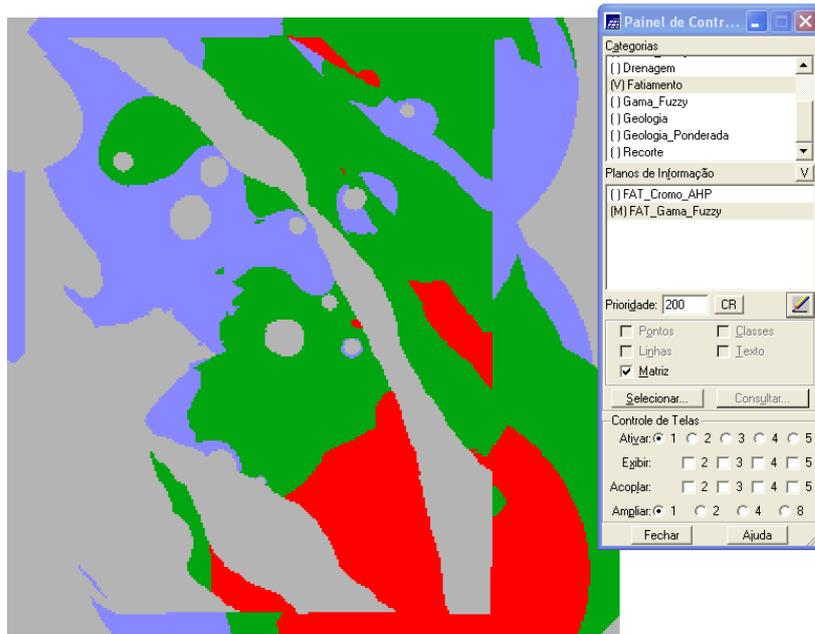


Figura 3. Fatiamento Gama_Fuzzy.

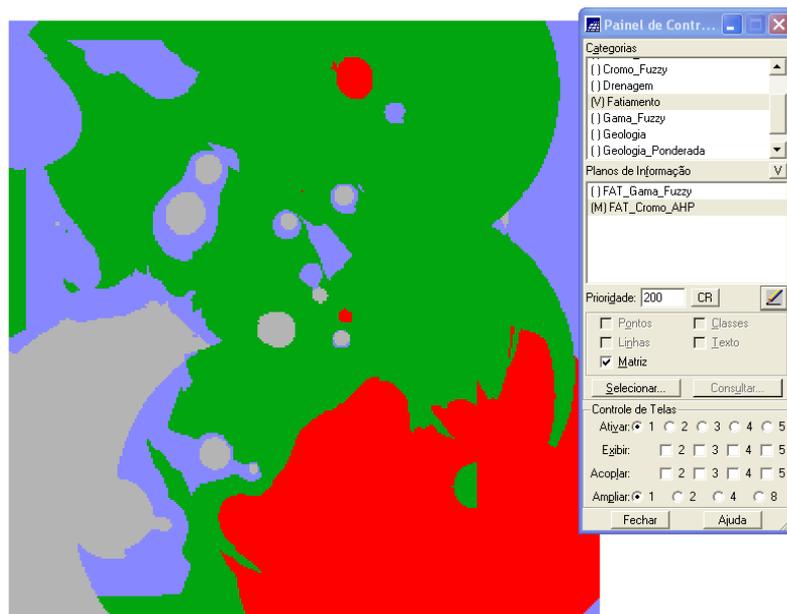


Figura 4. Fatiamento Cromo_AHP.

Na Figura 5 estão apresentados os resultados do fatiamento da técnica AHP e da técnica Gama Fuzzy para seleção de regiões com maior potencial à mineração de cromo.

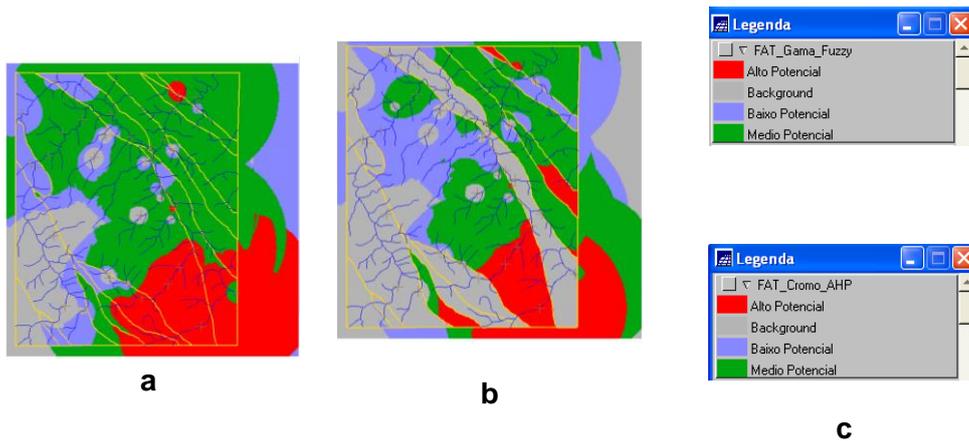


Figura 5. Resultados do fatiamento da técnica AHP (a) e da técnica Gama Fuzzy (b) para seleção de regiões com maior potencial à mineração de Cromo, com suas respectivas legendas (c).

Conclusão

Ao comparar os dois fatiamentos, nota-se que a área classificada como Background (em cinza) apresenta maior representação para mapeamento pela lógica Fuzzy_Gama do que pela técnica de suporte AHP. No entanto, a área de Médio Potencial (verde) tem uma maior representação pela técnica AHP devido ao maior peso atribuído ao ponderar as categorias. Assim, não há como inferir qual método é mais apropriado para a prospecção mineral de Cromo na Região de Piranga (MG). Entretanto, é possível analisar que ambos os métodos indicam áreas semelhantes com alto potencial a prospecção de Cromo.

2. Análise Espacial de Dados Geográficos

A segunda etapa do relatório está associada ao projeto RIPASA e o objetivo foi investigar a relação entre a quantidade de madeira presente em talhões de eucaliptos e a resposta espectral dos talhões obtida de uma foto aérea, segue praticamente a mesma metodologia utilizada no primeiro relatório (Projeto Piranga).

A investigação partiu da hipótese de que existe uma correlação entre os valores de níveis digitais médios e o volume de madeira nos talhões de Eucalypto (Eucalyptus).

A Figura 6 apresenta a foto aérea da área de estudo com a demarcação dos talhões.



Figura 6. Demarcação dos talhões sobre a foto aérea.

Para avaliação da correlação entre os valores de níveis digitais médios e o volume de madeira nos talhões de Eucalipto foram necessárias etapas, apresentadas abaixo:

- Espacialização dos Atributos Área Basal (AREA_BAS) e Altura (H_m)
- Gerar plano de informação do Volume
- Atualizar os atributos ND e o volume utilizando operador “média zonal” para verificar correlação

2.1. Espacialização dos Atributos Área Basal e Altura.

A partir do LEGAL (Linguagem Algébrica do SPRING) foram gerados um PI (Plano de Informação) numérico para cada atributo (Área Basal e Altura), de forma a recuperar e espacializar os dados de área basal e a altura. A Figura 7 e a Figura 8 estão apresentadas as espacializações do PI numérico da Área Basal e da Altura, respectivamente.

Os comandos utilizados foram:

```
// ESPACIALIZAÇÃO DOS ATRIBUTOS AREA_BAS E H_M
{

//DECLARAÇÕES
Cadastral cadT ("Mapa_Talhoes");
Objeto objT ("Talhoes");
Numerico aba ("Numerico");
Numerico alt ("Numerico");

// INSTANCIACÕES
// Recupera o PI Cadastral a ser utilizado
```

```
cadT = Recuperar (Nome = "talhoes");
```

```
// Cria os Pls Numericos de saída
```

```
aba = Novo (Nome = "Area_Basal", ResX=10, ResY=10, Escala = 10000, Min= 0.0,  
Max= 100.0);
```

```
alt = Novo (Nome = "Altura", ResX=10, ResY=10, Escala = 10000, Min= 0.0, Max=  
100.0);
```

```
//OPERAÇÕES
```

```
aba = Espacialize ( objT."AREA_BAS" OnMap cadT);
```

```
alt = Espacialize ( objT."H_m" OnMap cadT);
```

```
}
```

Os resultados são apresentados nas figuras a seguir:



Figura 7. Plano de Informação numérico da Área Basal.

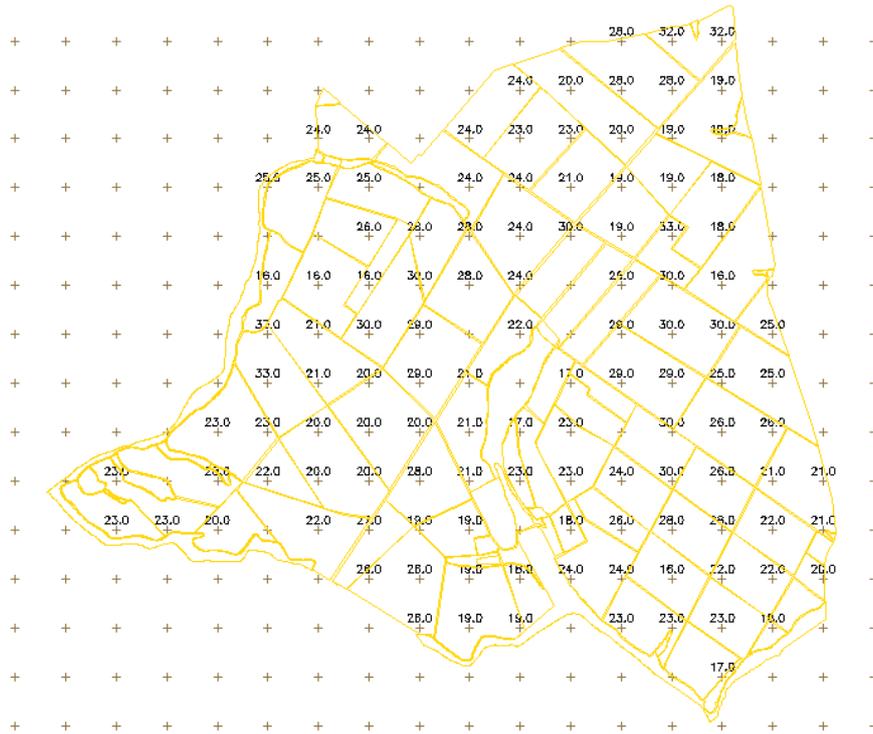


Figura 8. Plano de Informação numérico da Altura.

2.2. Geração do plano de informação do Volume.

A partir do LEGAL foi gerado um PI (Plano de Informação) para o Volume. A intersecção da Área Basal com a Altura gera PI do Volume dos talhões, como segue:

$$\text{Volume} = \text{Área Basal} * \text{Altura}$$

Os comandos estão listados a seguir:

```
// GERAÇÃO DO PLANO DE INFORMAÇÃO VOLUME
{
//DECLARAÇÕES
Numerico aba ("Numerico");
Numerico alt ("Numerico");
Numerico vol ("Numerico");

// INSTANCIACÕES
// Recupera os Pis a serem utilizados
aba = Recupere (Nome = "Area_Basal");
alt = Recupere (Nome = "Altura");

// Cria o PI Numérico de saída, com nome Volume
vol = Novo (Nome = "Volume", ResX=10, ResY=10, Escala = 10000, Min= 0.0, Max=
3000.0);

// OPERAÇÕES
```

```
vol = aba * alt;  
}
```

Em seguida, o novo atributo (Volume) é atualizado na tabela de atributos dos talhões utilizando o operador de média zonal (Figura 9).

```
//ATUALIZAÇÃO DO ATRIBUTO VOLUME NO BANCO DE DADOS  
//COM A UTILIZAÇÃO DO OPERADOR DE MÉDIA ZONAL  
{  
  
//DECLARAÇÕES  
Numerico vol ("Numerico");  
Cadastral cadT ("Mapa_Talhoes");  
Objeto objT ("Talhoes");  
  
//INSTANCIAMENTOS  
// Recupera os Pis a serem utilizados  
vol = Recupere (Nome = "Volume");  
cadT = Recupere (Nome = "talhoes");  
  
//OPERAÇÕES  
objT."VOLUME" = Atualize (vol, objT OnMap cadT, MedZ) ;  
  
}
```

AREA	PERIMETRO	AREA_BAS	H_M	VOLUME
1 99980.640625	1640.463623	0.132030	15.000000	1.980448
2 258878.171875	2087.608887	0.567450	30.000000	17.023500
3 166919.453125	1839.979248	0.188570	17.000000	3.205688
4 305097.750000	2251.301025	0.321700	23.000000	7.399099
5 251226.093750	2069.339355	0.331830	24.000000	7.963919
6 155830.140625	1767.469360	0.395920	26.000000	10.293919
7 323924.031250	2863.955322	0.331830	24.000000	7.963919
8 270396.437500	2734.875244	0.311720	23.000000	7.169559
9 228804.343750	1929.256592	0.188570	17.000000	3.205688
10 260080.031250	2069.055176	0.321700	23.000000	7.399099
11 280042.625000	2175.160889	0.152050	16.000000	2.432798
12 38996.718750	952.035034	0.212370	18.000000	3.822659
13 103310.125000	1386.368286	0.166190	19.000000	3.157608
14 266214.375000	2119.075684	0.311720	22.000000	6.857840
15 266070.000000	2123.419434	0.311720	28.000000	8.728151
16 265875.656250	2111.380615	0.580880	26.000000	15.102879
17 278735.187500	2166.285889	0.301910	22.000000	6.642019
18 61340.000000	1054.044434	0.237580	20.000000	4.751600
19 35786.656250	789.997192	0.229020	20.000000	4.580399
20 362370.250000	2739.487549	0.301910	21.000000	6.340109
21 467314.750000	2799.349854	0.407150	26.000000	10.585899
22 462304.031250	2852.794189	0.331830	29.000000	9.623068
23 459868.562500	2786.686768	0.384850	30.000000	11.545498
24 440972.375000	3002.958252	0.384850	25.000000	9.621248
25 112706.921875	1722.781982	0.384850	25.000000	9.621248
26 431808.062500	3194.695801	0.180960	16.000000	2.895359
27 159755.750000	1916.177856	0.833230	33.000000	27.496590
28 249395.875000	2547.902588	0.342120	26.000000	8.895119
29 230689.140625	2465.548886	0.678990	22.000000	21.737390

Figura 9. Tabela de atributos dos talhões

Posteriormente a atualização do atributo Volume foi atualizado o atributo ND, a partir do LEGAL, utilizando o operados de média zonal.

```
//ATUALIZAÇÃO DO ATRIBUTO ND NO BANCO DE
//DADOS UTILIZANDO O OPERADOR DE MÉDIA ZONAL
{

//DECLARAÇÕES
Imagem ima ("Foto_Aerea");
Cadastral cadT ("Mapa_Talhoes");
Objeto objT ("Talhoes");

//INSTANCIÇÕES
// Recupera os Pis a serem utilizados
ima = Recupere (Nome = "foto_aerea");
cadT = Recupere (Nome = "talhoes");

//OPERAÇÕES
objT."ND" = Atualize (ima, objT OnMap cadT, MedZ) ;

}
```

O operador de média zonal é definido sobre geocampos (MNT) ou de dados de sensores remotos (fotos aéreas, imagens de satélite).

Por fim, os atributos Volume e ND foram correlacionados e gerado um gráfico (Figura 10).

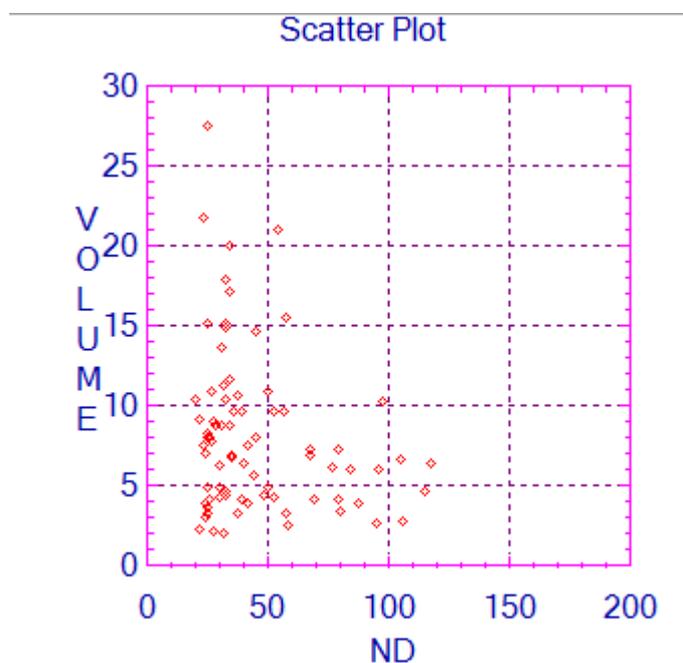


Figura 10. Gráfico da correlação entre os atributos Volume e ND.

Conclusão

Analisando o gráfico, verificou-se que não existe correlação entre os níveis digitais médios e o volume média de madeira em cada talhão. A inexistência de correlação está diretamente ligada à foto aérea que não corresponde a uma faixa definida e adequada do espectro eletromagnético. Sendo assim, para que a foto aérea pudesse obter níveis digitais que respondam adequadamente ao volume médio de madeira, seriam necessárias correções para este tipo de análise.

Considerações Finais

A realização dos exercícios propostos pelo Laboratório 4 permitiram que o usuário tome contato com as peculiaridades do ambiente e ferramentas do SPRING para análise multicritério de informações, bem como utilização da linguagem LEGAL para álgebra de mapas.