



**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
SENSORIAMENTO REMOTO**



RICARDO DAL'AGNOL DA SILVA

**LABORATÓRIO 04
GEOPROCESSAMENTO SER-300**

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS – SP

2012

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	3
2. DESENVOLVIMENTO DOS EXERCÍCIOS	4
2.1. POTENCIALIDADE DE DETECÇÃO DE CROMO	4
2.1.1. Contextualização.....	4
2.1.2. Processamentos	4
2.2. APLICAÇÃO NO SETOR FLORESTAL	9
2.2.1. Contextualização.....	9
2.2.2. Processamentos	10
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	15

1. INTRODUÇÃO

A álgebra de mapas é um processo muito comum no geoprocessamento. O cruzamento de planos de informação (PI) através de técnicas como Fuzzy Logic e Análise Hierárquica (AHP) podem ser realizados pela linguagem LEGAL presente no software de geoprocessamento Spring e podem ser formas de realizar inferência sobre fenômenos naturais. Além disso, os processos de espacialização de dados e atualização de banco de dados são processos muito úteis e frequentemente utilizados por qualquer usuário de geoprocessamento para visualização dos dados, gravar os dados num BD, etc.

O objetivo deste laboratório foi basicamente de treinar a utilização da linguagem LEGAL em duas aplicações: a primeira utilizando álgebra de mapas com métodos de inferência Fuzzy e AHP para detectar o potencial de detecção de cromo, a segunda é uma aplicação no setor florestal onde pretende-se testar a hipótese de que o ND de uma imagem foto-aérea pode ser correlacionado com a variável volume de talhões florestais.

2. DESENVOLVIMENTO DOS EXERCÍCIOS

2.1. POTENCIALIDADE DE DETECÇÃO DE CROMO

2.1.1. Contextualização

Os dados analisados nesse laboratório eram provenientes de um levantamento de campo na região de Pinheiros Altos, município de Piranga, Minas Gerais. Região esta que está inserida no contexto geológico do Quadrilátero Ferrífero, região historicamente de grande importância mineira, caracterizada por um ambiente geológico favorável ao desenvolvimento de mineralizações auríferas e de outros metais, como cromo, cobre e zinco. Propôs-se o estudo do potencial de detecção de cromo, gerando um mapa que direcione a procura por novas jazidas.

Portanto, analisou-se dados geológicos (formações geológicas) e geoquímicos (teores de cobalto e cromo). Os dados geoquímicos foram obtidos a partir da coleta de 42 amostras dentro dos córregos e rios com o auxílio de bateia, sendo estas posteriormente analisadas quimicamente pelo método de absorção atômica. Na análise do Mapa Geológico (composto de várias unidades caracterizadas por diversos tipos de rochas), foi dada maior importância às áreas com ocorrência de rochas ultramáficas, pois nestas rochas se localizam as principais jazidas de cromo no mundo.

2.1.2. Processamentos

Os dados geológicos foram submetidos a uma transformação partindo do mapa temático já existente, contendo as formações geológicas da área de estudo, para uma imagem de valores 0 a 1. Essa transformação foi realizada a partir de uma média ponderada seguindo os seguintes critérios expostos na Tabela 1:

Tabela 1 – Critérios para ponderação do mapa geológico

Formação geológica	Valor
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

A partir dessa ponderação foi realizada a geração de um mapa ponderado de 0 a 1 utilizando programação em LEGAL. O mapa temático e o mapa ponderado podem ser observados na Figura 1:

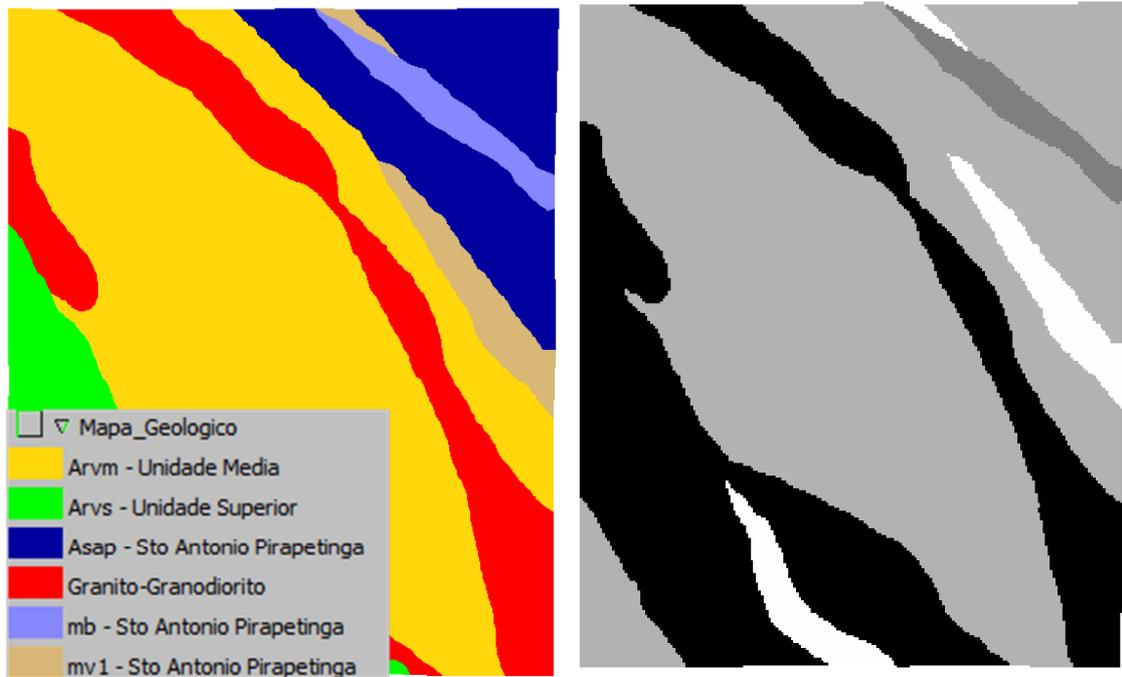


Figura 1 – Mapa temático e mapa ponderado

Para os dados de cromo e cobalto, a partir da amostragem pontual, foram gerados MNT's a partir da interpolação por média ponderada, gerando as Figuras 2 e 3.

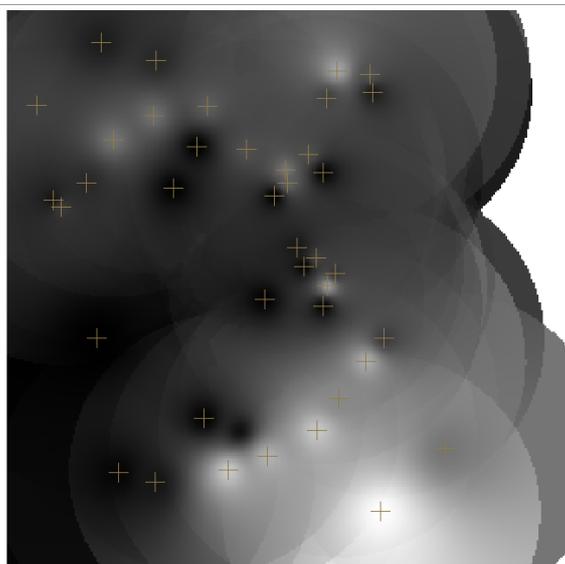


Figura 2 – MNT de Teor de Cromo

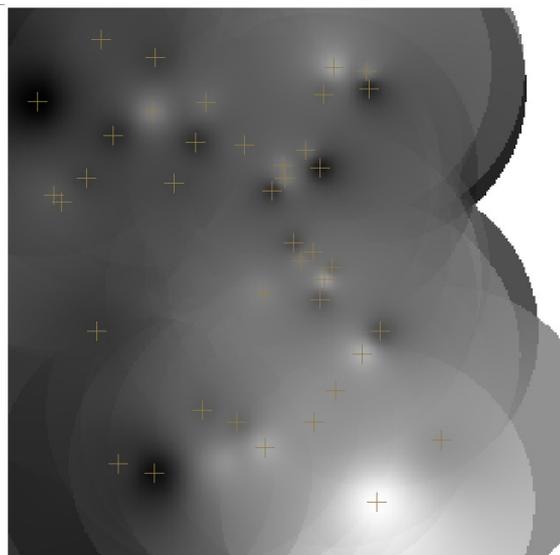


Figura 3 – MNT de Teor de Cobalto

A partir desses MNT's foram gerados mapas com valores de 0 a 1 utilizando lógica fuzzy. Para o mapa Fuzzy_Cromo, foi observado um ponto ideal de 1,855% de teor, com cruzamento em 0,32. Portanto, a equação utilizada foi a seguinte: $cromofuzzy = (cromo < 0.20) ? 0 : (cromo > 1.855) ? 1 : 1 / (1 + (0.424 * ((cromo - 1.855)^2)))$. Para o teor de cobalto, o ponto ideal possuía um teor de 150.92 ppm e o ponto de cruzamento era em 80ppm, portanto a equação utilizada foi a seguinte: $cobalfuzzy = (cobal < 60) ? 0 : (cobal > 150.92) ? 1 : 1 / (1 + (0.000198 * ((cobal - 150.92)^2)))$. Os mapas gerados foram expostos nas Figuras 4 e 5.

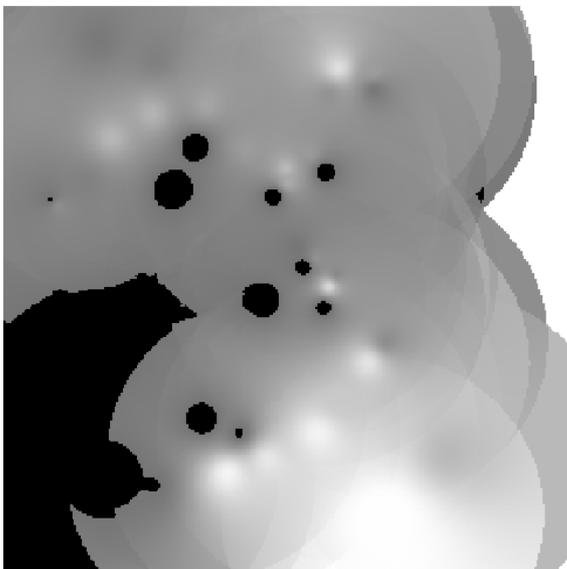


Figura 4 – Fuzzy_Cromo

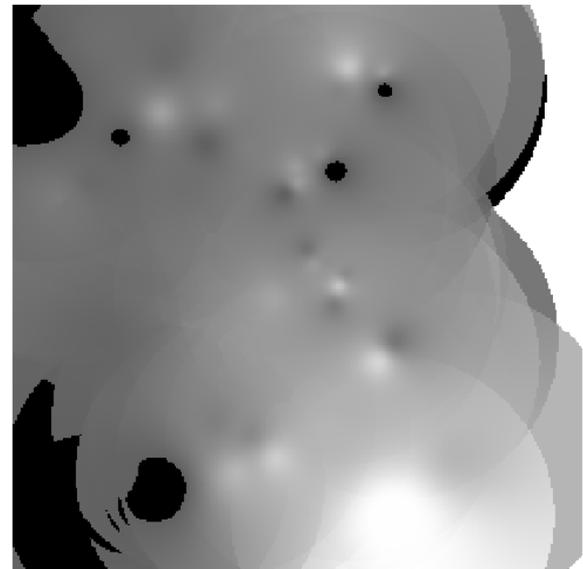


Figura 5 – Fuzzy Cobalto

Tendo em mãos os dados de entrada, foi possível a inferência por dois métodos: AHP e Gama Fuzzy. O aplicação do método Gama Fuzzy consistiu no cruzamento entre a geologia ponderada, o cromo e o cobalto fuzzy a partir da equação utilizando $g = 0,70$: $gama = (cobal * cromo * geol)^{(1 - g)} * (1 - ((1 - cobal) * (1 - cromo) * (1 - geol))^g)$. O produto dessa inferência encontra-se na Figura 7.

A aplicação do método AHP necessitou da ponderação das variáveis duas a duas quanto ao critério de importância daquela variável. Os pesos definidos por variável foram expostos na Figura 6.

Categories

- Gama_Fuzzy
- Gama_Fuzzy_Litologia
- Geologia
- Geologia_Ponderada
- Recorte

Critério	Peso	Critério
Cromo_Fuzzy	5	Melhor
Cobalto_Fuzzy	4	Moderadamente Melhor
Cromo_Fuzzy	8	Criticamente Melhor
		Igual

Razão de Consistência 0.081

Buttons: Calcular Peso, Fechar, Ajuda

Figura 6 – Pesos utilizados para a AHP

Nota-se que a Razão de Consistência calculada pelo algoritmo do AHP obtida foi de 0,081, que, sendo inferior a 0,1 pode ser considerada boa. Dessa forma, os pesos foram salvos e o algoritmo gerou um programa em LEGAL para realização da inferência. Os pesos gerados pela AHP foram de: “0.733*CROMO + 0.199*COBALTO+ 0.068*GEOLOGIA”. O produto dessa inferência pode ser observado na Figura 7.

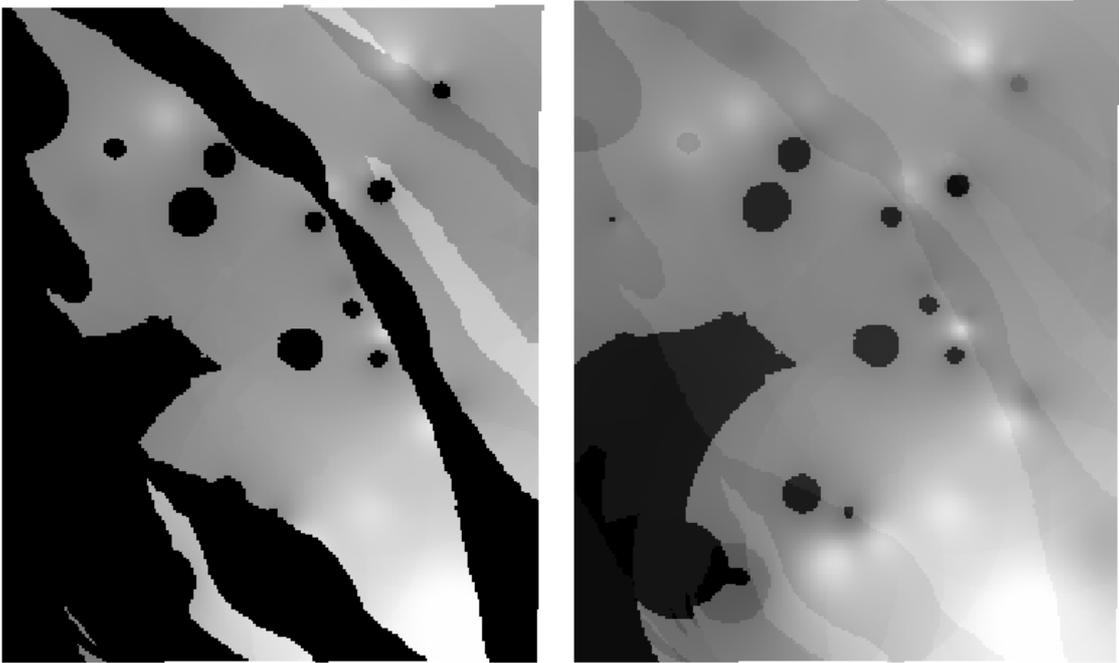


Figura 7 – Mapas gerados pelas técnicas Gama Fuzzy e AHP, respectivamente

Para melhor percepção da potencialidade de detecção de cromo, os mapas foram submetidos a um fatiamento, com base no critério: 0 a 0,2 = "Background", 0,2 a 0,5 = "Baixo Potencial", 0,5 a 0,7 = "Médio Potencial" e 0,7 a 1,0 = "Alto Potencial". Os resultados foram expostos na Figura 8.

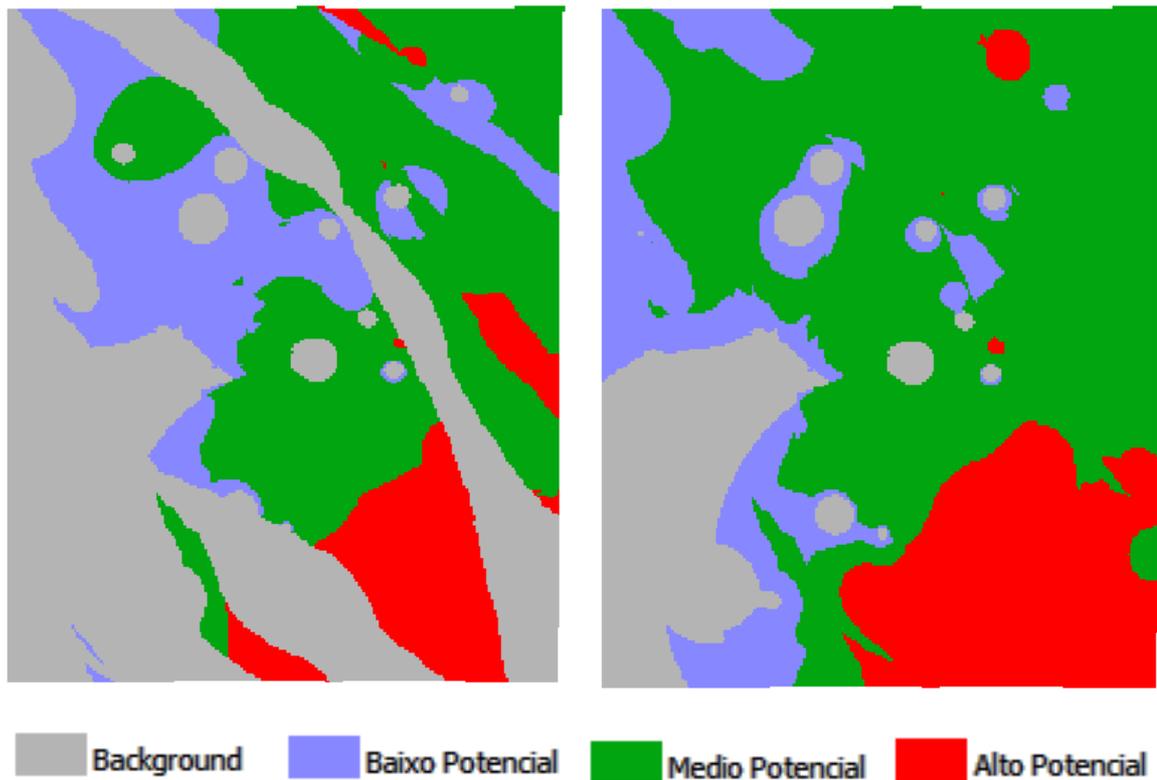


Figura 8 – Mapas de potencial de detecção de Cromo pelos métodos Gama Fuzzy e AHP

Observa-se que há um alto potencial de detecção nas áreas da região inferior direita de ambos os mapas e médio potencial para quase toda a parte direita dos mapas, indicando as melhores localidades para se realizar análises mais minuciosas.

Há de se considerar que o mapa gerado pelo Gama Fuzzy sofreu grande influência da formação geológica. Nesse ponto, deve-se analisar se a formação geológica influencia tanto o fenômeno da detecção de cromo ou essa influência está sendo negativa para a detecção (está possuindo peso muito grande), pois na AHP fora atribuído um peso pequeno, e as feições geológicas não ficaram evidentes no mapa final.

2.2. APLICAÇÃO NO SETOR FLORESTAL

2.2.1. Contextualização

Numa empresa do setor florestal é normal se ter dados de área basal, altura média e volume produzido por talhão, valores que são obtidos via inventários florestais com

amostragens nos plantios e cálculos estatísticos. No entanto, há ainda a possibilidade de se estimar a produção com base em dados de sensoriamento remoto como imagens orbitais.

Para o desenvolvimento do exercício fora utilizado uma imagem foto-aérea partindo da hipótese de que os valores ND (números digitais) da imagem representassem os objetos imageados. Assim, dados de área basal e altura média por talhão foram cruzados para geração de um dado de volume, propiciando o cálculo da correlação dessas duas variáveis.

2.2.2. Processamentos

Inicialmente os valores dos atributos área basal e altura média foram espacializados, utilizando a linguagem LEGAL, para PI's numéricos baseando-se nos polígonos dos talhões já existentes.

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

```
{
```

```
//DECLARAÇÕES
```

```
Cadastral cadT ("Mapa_Talhoes");
```

```
Objeto objT ("Talhoes");
```

```
Numerico aba ("Numerico");
```

```
Numerico alt ("Numerico");
```

```
// INSTANCIAMENTOS
```

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

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

```
// Cria os PIs 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 desses processamentos estão representados na Figura 9 e 10, onde área mais clara representam maiores valores das variáveis e áreas mais escuras apresentam menores valores:

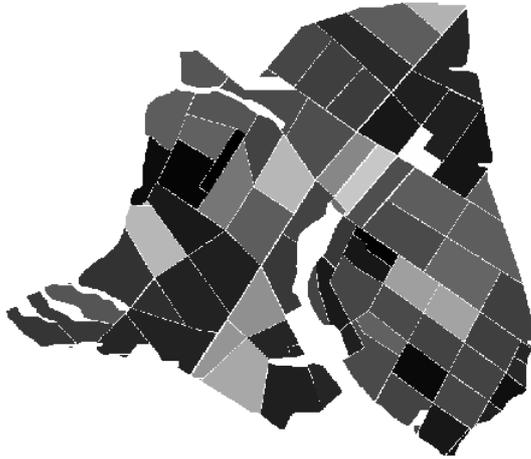


Figura 9 – PI numérico de Área basal



Figura 10 - PI numérico de Altura

Em sequência, foi realizado o cálculo de volume de madeira para cada talhão através da equação $VOLUME = \text{ÁREA BASAL} \times \text{ALTURA}$, implementada através de linguagem LEGAL:

```
// 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;
}
```

O resultado desse processamento está representado na Figura 11:

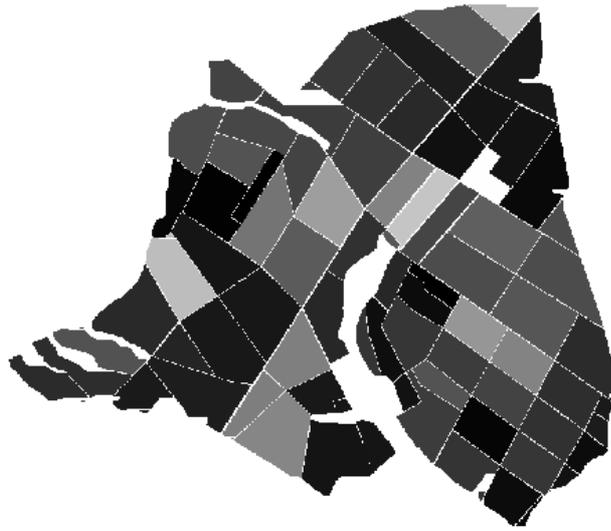


Figura 11 – PI numérico de Volume

Na sequência os volumes calculados foram atualizados no banco de dados pelo programa em LEGAL:

```
//ATUALIZAÇÃO DOS ATRIBUTOS VOLUME E ND NO BANCO DE DADOS
//COM A UTILIZAÇÃO DO OPERADOR DE MÉDIA ZONAL
{
//DECLARAÇÕES
Numerico vol ("Numerico");
Imagem ima ("Foto_Aerea");
Cadastral cadT ("Mapa_Talhoes");
Objeto objT ("Talhoes");

//INSTANCIACIONES
// Recupera os Pis a serem utilizados
```

```

vol = Recuperar (Nome = "Volume");
ima = Recuperar (Nome = "foto_aerea");
cadT = Recuperar (Nome = "talhoes");

```

```
//OPERAÇÕES
```

```

objT."VOLUME" = Atualizar (vol, objT OnMap cadT, MedZ) ;
objT."ND" = Atualizar (ima, objT OnMap cadT, MedZ) ;
}

```

Como resultado desses procedimentos, as colunas dos atributos Volume e ND foram preenchidas, como pode ser visto na Figura 12:

	ID	NOME	ROTULO	AREA	PERIMETRO	AREA_BAS	H_M	VOLUME	ND
1	24	00147	00147	99980....	1640.463623	0.132030	15.000000	1.980450	32.490457
2	22	00148	00148	25887...	2087.608887	0.567450	30.000000	17.023500	34.892042
3	25	00149	00149	16691...	1839.979248	0.188570	17.000000	3.205690	25.616663
4	21	00150	00150	30509...	2251.301025	0.321700	23.000000	7.399100	23.818225
5	20	00151	00151	25122...	2069.339355	0.331830	24.000000	7.963920	25.898868
6	19	00152	00152	15583...	1767.469360	0.395920	26.000000	10.293921	33.027502
7	18	00153	00153	32392...	2863.955322	0.331830	24.000000	7.963920	45.829906
8	11	00154	00154	27039...	2734.875244	0.311720	23.000000	7.169560	67.772170
9	2	00155	00155	22880...	1929.256592	0.188570	17.000000	3.205690	57.862264
10	10	00156	00156	26008...	2069.055176	0.321700	23.000000	7.399100	41.904900
11	12	00157	00157	28004...	2175.160889	0.152050	16.000000	2.432800	58.661139
12	3	00158	00158	38996....	952.035034	0.212370	18.000000	3.822660	42.072744
13	4	00159	00159	10331...	1386.368286	0.166190	19.000000	3.157610	37.540578
14	9	00160	00160	26621...	2119.075684	0.311720	22.000000	6.857841	35.508722
15	13	00161	00161	26607...	2123.419434	0.311720	28.000000	8.728161	34.437694
16	14	00162	00162	26587...	2111.380615	0.580880	26.000000	15.102880	32.849465
17	8	00163	00163	27073...	2155.205000	0.291000	22.000000	5.610000	35.407000

Figura 12 – Atualização dos atributos Volume e ND no banco de dados

A partir dos valores de Volume e ND, pode-se construir um gráfico Scatter Plot pela ferramenta Gráfico do SPRING, que fora representado na Figura 13:

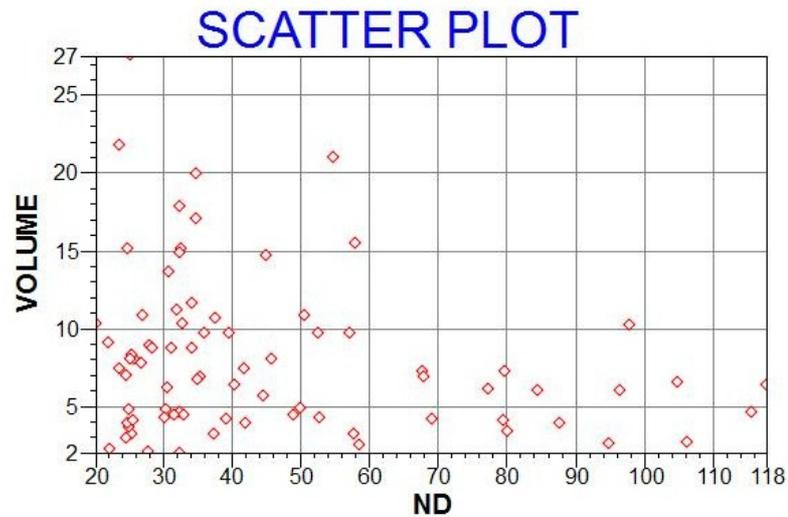


Figura 13 – Relação das variáveis Volume e ND

Como observado no gráfico da relação das variáveis Volume e ND, e pelo coeficiente de correlação de Pearson de $-0,230$, conclui-se que não há relação entre o volume calculado e o número digital. Esse resultado é explicado pelo fato da imagem utilizada ser uma fotografia aérea e não uma imagem com dados espectrais derivados de uma faixa eletromagnética que represente o parâmetro biofísico Volume.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir desse laboratório pode-se entender um pouco mais sobre os métodos Fuzzy, AHP, espacialização e atualização de banco de dados, e sua aplicação via linguagem LEGAL, bem como realizar um exemplo prático de cruzamento de PI's.

No caso do potencial de detecção de cromo observou-se que foi possível a inferência a partir de ambos os métodos e os resultados foram diferentes em alguns aspectos. O método fuzzy gama foi muito influenciado por um PI que na AHP fora atribuído um peso pequeno, podendo ser um fator negativo para seu produto final.

Para a aplicação florestal considera-se que a espacialização dos parâmetros biofísicos como volume, área basal, altura média dos talhões pode ser de interesse das empresas florestais para possíveis inferências em relação à sua produção. No entanto, a hipótese testada nesse laboratório foi rejeitada, ou seja, não há como relacionar os ND de uma imagem foto-aérea com a produção florestal.