



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

# USO DE OPERADOR *Fuzzy* PARA CRIAÇÃO DE CENÁRIOS DE DEGRADAÇÃO FLORESTAL EM MATO GROSSO

Vinicius do Prado Capenama<sup>1</sup>

[vinicius.capanema@inpe.br](mailto:vinicius.capanema@inpe.br)

Junho de 2015

# INTRODUÇÃO

- Processo de ocupação da Amazônia:
  - Degradação por exploração seletiva;
  - Desmatamento (pecuária e agricultura)
  - Etapas:..

# PROCESSO DE OCUPAÇÃO DA AMAZÔNIA EM MT:

Exploração seletiva predatória



# PROCESSO DE OCUPAÇÃO DA AMAZÔNIA EM MT:

Degradação por fogo



# PROCESSO DE OCUPAÇÃO DA AMAZÔNIA EM MT:

## Pecuária



# PROCESSO DE OCUPAÇÃO DA AMAZÔNIA EM MT:

## Agricultura



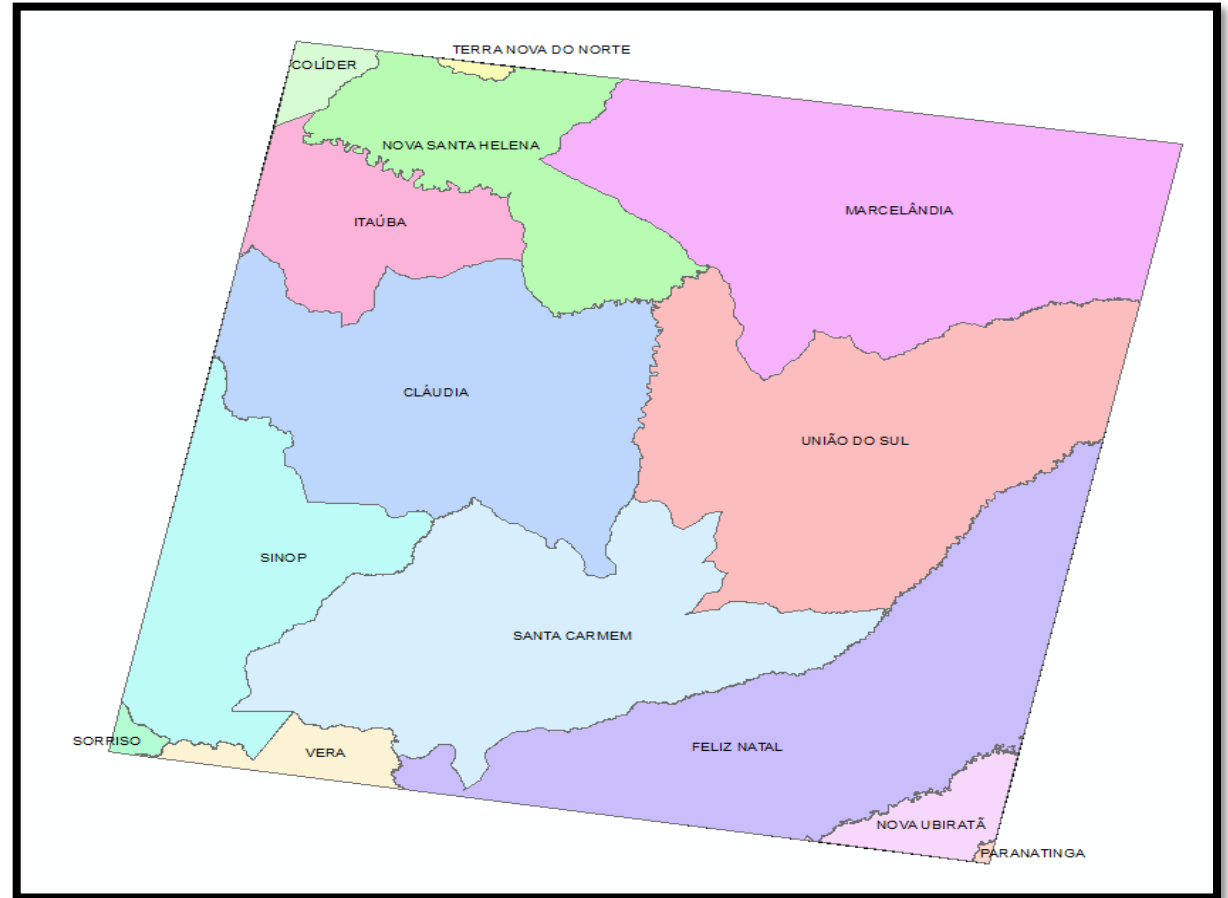
# OBJETIVO/MOTIVAÇÃO

- Inferir sobre suscetibilidade a degradação florestal utilizando operador Fuzzy Gamma para o ano 2000;
- Gerar diferentes cenários com diferentes valores de gamma;
- Comparar os cenários gerados.

# METODOLOGIA

Área de Estudo:

- Órbita/ponto 226/068 do sensor TM do Landsat;
- Localiza-se no estado de Mato Grosso;
- Principal município: Sinop;
- Histórico de ocupação: Surgimento da BR 163.





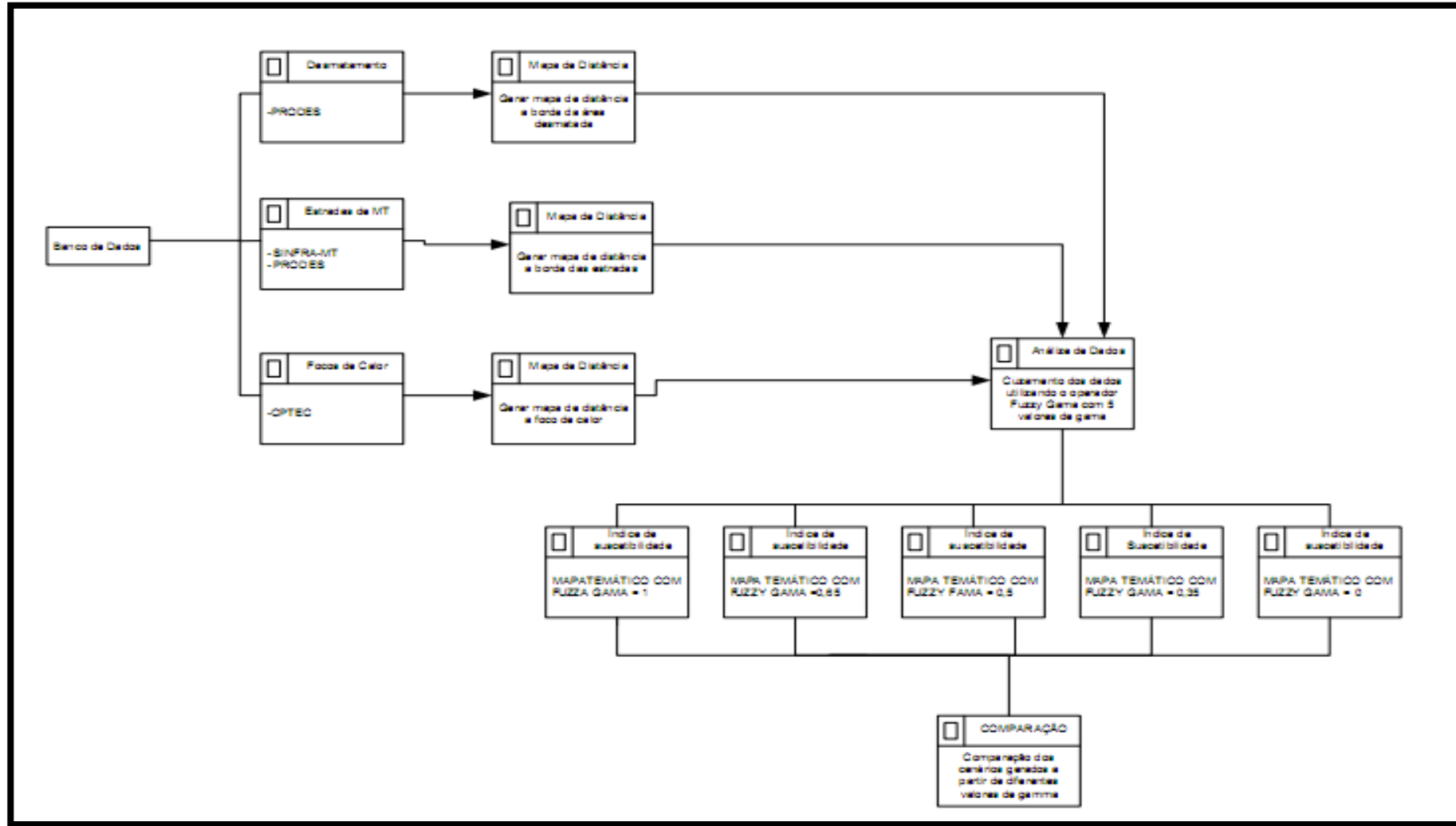
# METODOLOGIA

Seleção, modelagem e preparação dos dados:

Seleção:

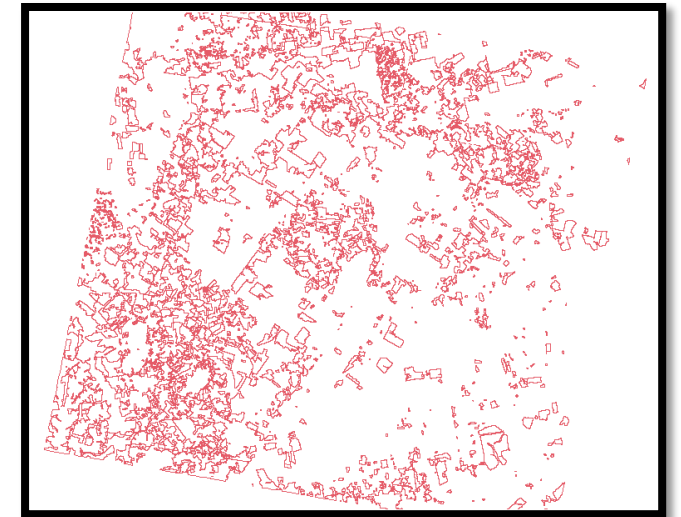
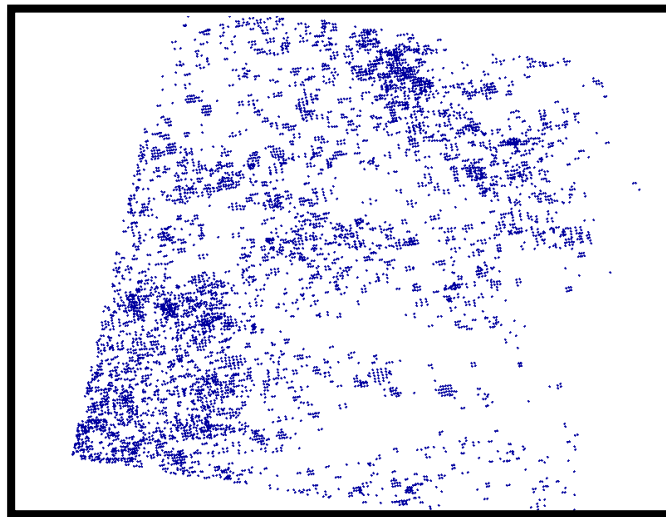
- Malha viária do Estado;
- Dados de foco de calor de 1997 a 2000 (NOAA-15, sensor AVHRR);
- Dados de desmatamento do ano 2000 – PRODES.

# METODOLOGIA – Modelagem (OMT-G)



# METODOLOGIA – preparação dos dados

- Verificação de datum, projeção e unidade;



# METODOLOGIA – gerando mapas de distância foco de calor

The screenshot displays the SPRING-5.2.7 GIS application window. The title bar reads 'SPRING-5.2.7[geo][mono]'. The menu bar includes: Arquivo, Editar, Exibir, Imagem, Temático, MNT, Cadastral, Rede, Análise, SCarta, Executar, Ferramentas, TerraLib, Plugins, Ajuda. The toolbar contains various icons for file operations, navigation, and analysis. The main window is titled 'Painel de Controle' and shows a tree view on the left under 'Tela Ativa: Principal'. The tree view lists several layers, including 'FOCOS\_120X120'. The main display area shows a grid of numerical data for the 'FOCOS\_120X120' layer. The data is organized into 10 rows and 10 columns. The status bar at the bottom indicates 'PI: FOCOS\_120X120'.

53982	36222	20814	14783	17139	20489	22498	25738	28024	31581	36411	36848	40304	49475	59578
51461	33701	18941	2844.2	1576.7	3261.6	4856.7	8086.7	10384	15188	18271	18208	24480	34568	47431
48521	30781	18782	2336.7	1376.7	434.0	1966.3	1215.5	1073.3	2838.3	1433.3	1922.9	9980	10088	39449
42019	34408	9663.3	2367.4	4250.0	2336.7	2332.3	841.0	268.3	2135.1	3353.3	777.4	2805.0	18119	36474
38309	30949	2873.3	842.0	682.0	674.8	384.3	3181.6	608.1	2871.7	1320.0	2923.3	2725.0	14180	15729
34107	18433	687.7	434.0	2866.8	636.7	686.7	748.3	2273.3	708.4	1118.9	1853.6	8245.0	8412.3	25108
30679	12216	332.4	777.4	3575.4	1183.3	1136.7	1073.3	658.7	2040.0	3621.6	1228.3	8113.3	18728	28497
26388	9286.8	1016.7	869.0	262.3	3501.6	1348.3	1888.3	748.3	1970.0	3251.9	2924.1	7603.3	18088	36048
22344	4463.3	268.3	434.0	568.3	1866.8	4100.5	6579.9	6432.8	3890.0	1866.8	14213	12388	20223	42991
18348	777.4	656.7	1314.1	242.0	1073.3	3802.9	1045.0	2855.0	3799.1	8128.9	480.0	17088	34430	50928
14413	282.3	1016.7	682.0	974.7	947.2	1765.0	8889.8	8000.0	1845.0	4073.3	3448.2	11241	28004	48764
16482	8246.8	5725.0	3015.0	1045.0	2080.0	2600.7	438.0	1018.7	3188.3	1823.2	488.0	13181	28941	48701
30681	28848	23284	20258	17754	14638	11984	10238	8859.3	6487.9	2800.7	7845.0	14280	31763	48523

# METODOLOGIA – gerando mapas de distância Estradas

The screenshot displays the SPRING-5.2.7[geo][mono] software interface. The main window shows a data table with 16 columns and 16 rows of numerical values. The control panel on the left is titled 'Tela Ativa : Principal' and lists various data layers under 'Categoria / Plano de Informação'. The 'Estradas' layer is selected, and the 'Imagem' checkbox is checked in the bottom left. The status bar at the bottom right indicates 'PI: N\_PAV'.

53848	38209	21311	14061	20020	19703	22348	25344	28128	31635	36309	38914	39568	48073	50010
49869	32228	15145	2908.3	10800	2812.5	4708.3	8186.5	10546	17991	18809	18374	22017	28433	33439
46881	28348	11615	1045.0	2005.0	678.8	1525.0	5686.7	4511.6	7388.3	6286.2	925.0	9133.2	10793	20439
41924	34033	7390.0	7210.3	2768.3	4068.0	868.3	4577.6	876.1	1673.3	2775.0	189.7	4413.2	2084.0	11858
37888	30348	3378.1	840.0	6882.5	2375.8	6829.8	4731.3	7901.5	2715.3	974.7	1200.0	2118.3	7244.9	22153
33821	18281	120.0	1456.3	338.4	508.1	600.0	5840.0	1850.8	6386.6	1795.7	1243.0	10440	22380	33131
32107	14834	858.7	5819.2	4435.4	508.1	706.4	120.0	1228.3	1115.8	2332.3	3338.8	1080.0	14880	32806
26481	8421.6	925.0	2951.6	508.1	0.0	1653.5	8846.6	0.0	2866.6	4901.0	3334.6	19638	20808	37647
22104	4616.7	1645.0	2965.0	858.7	1045.8	9093.0	3630.4	5684.4	2803.3	7348.3	3960.0	18773	24724	48905
23786	11198	600.0	360.0	1826.0	4068.3	3334.8	1045.8	3960.0	3431.6	0.0	8070.3	20808	38272	54173
14348	5834.0	1228.3	120.0	2474.8	3291.0	3293.3	3805.0	4013.4	2640.0	2924.1	3840.0	14720	33179	49819
16887	9061.0	6341.3	3604.3	1080.0	1827.4	1821.8	1680.0	360.0	3418.7	438.0	4072.9	16458	20889	50489
33780	38331	33887	30238	18720	14854	11760	10161	12074	3826.8	2217.7	2760.0	20400	38040	55680
48505	43571	41368	37879	38380	32384	24480	27088	27101	21488	18546	16481	28188	41779	59419

# METODOLOGIA – gerando mapas de distância polígono de desmatamento

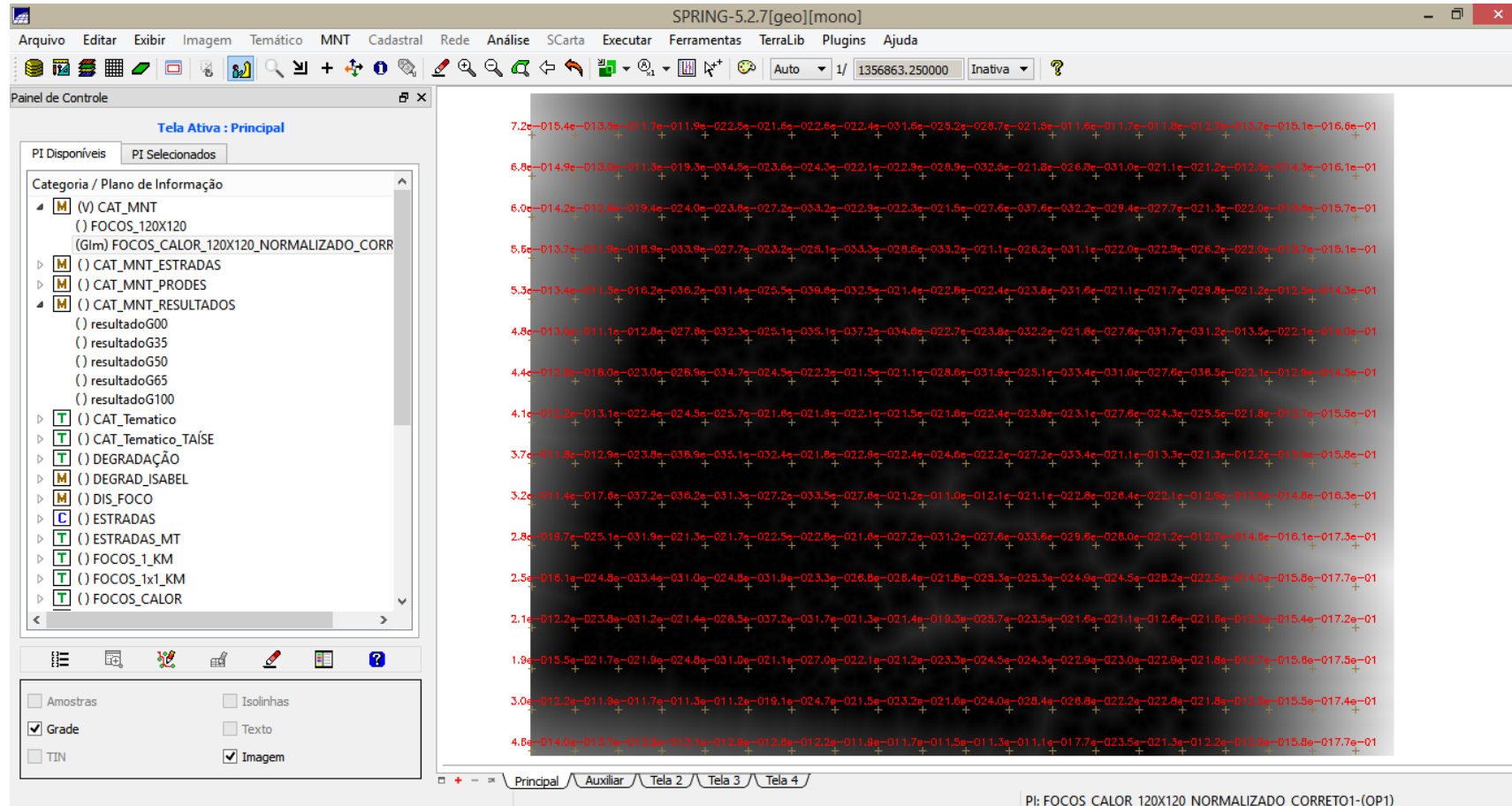
The screenshot displays the SPRING-5.2.7[geo][mono] software interface. The main window shows a data table with 14 columns and 14 rows of numerical values. The control panel on the left is titled 'Tela Ativa : Principal' and contains a tree view of 'PI Disponíveis' and 'PI Selecionados'. The 'PI Selecionados' list includes categories like 'MNT', 'ESTRADAS', 'PRODES', 'DEGRADAÇÃO', 'DIS\_FOCO', and 'FOCOS'. The status bar at the bottom indicates 'PI: PRODS'.

39501	21741	9684.9	12058	15120	18120	21240	24949	27688	31809	34024	38738	41918	48238	50430
35649	10780	120.0	0.0	974.7	480.0	3600.0	7208.3	10426	15124	17624	18988	24807	28388	35505
32681	14301	240.0	0.0	0.0	0.0	748.3	240.0	508.3	1610.0	3871.2	3591.4	12378	10968	13808
28580	10900	480.0	3805.0	2233.7	0.0	828.3	1948.4	0.0	720.0	5816.7	5146.8	10581	6038.3	23071
26109	9111.6	0.0	0.0	708.4	120.0	2486.0	0.0	4440.0	0.0	0.0	1681.1	3662.4	13371	31083
21381	3772.6	3508.3	0.0	0.0	0.0	2883.3	3182.4	3346.6	1970.0	1286.6	1376.7	13906	25188	37134
17133	980.0	0.0	0.0	339.4	1045.8	0.0	120.0	0.0	480.0	0.0	0.0	168.7	17753	38513
14831	925.0	360.0	1412.7	1045.0	1970.0	240.0	1193.3	600.0	2458.6	3675.4	268.3	15846	28178	38783
10874	0.0	0.0	120.0	600.0	120.0	5336.7	1628.0	6213.2	6471.9	9214.8	5059.2	18281	38011	50223
6888.3	480.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4188.6	3878.6	1673.3	1286.6	706.4	6410.0	20390	35006	53566
3717.8	120.0	0.0	508.3	1116.8	2332.3	7223.2	6683.3	1080.0	2478.3	3022.7	2280.0	15800	33180	51129
10883	7800.0	5118.3	1820.0	438.0	600.0	2629.6	120.0	628.3	2673.1	5339.0	2081.6	16884	34744	52504
28333	89440	22758	19481	16889	13228	10080	7315.9	4569.0	960.0	1823.2	4538.5	21044	37844	55804

# METODOLOGIA – normalização dos valores

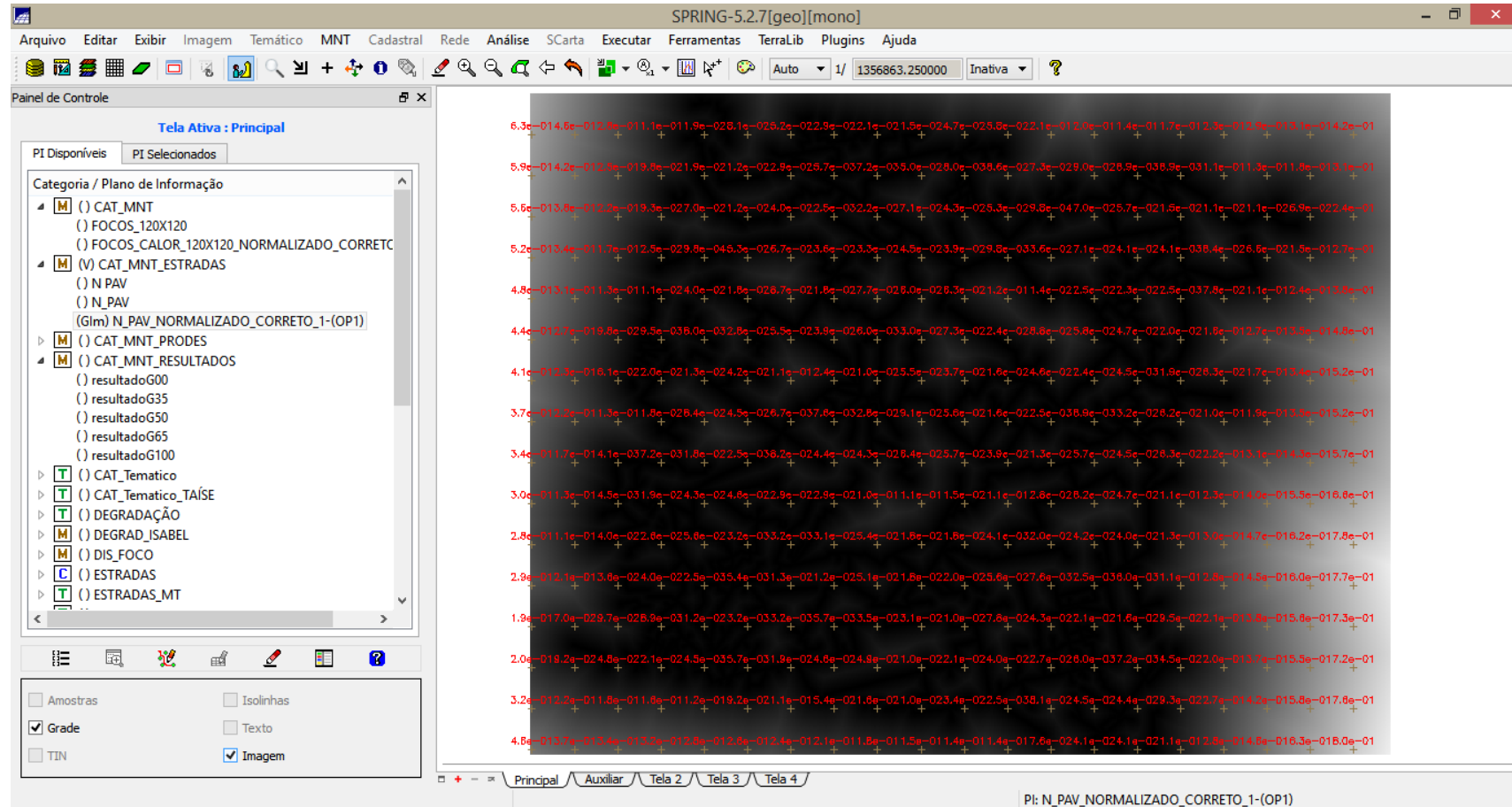
- Transformação linear dos valores da grade para valores entre zero e um.
- Achar equação da reta.
- Aplicar o ganho e o offset

# METODOLOGIA – Grades normalizadas

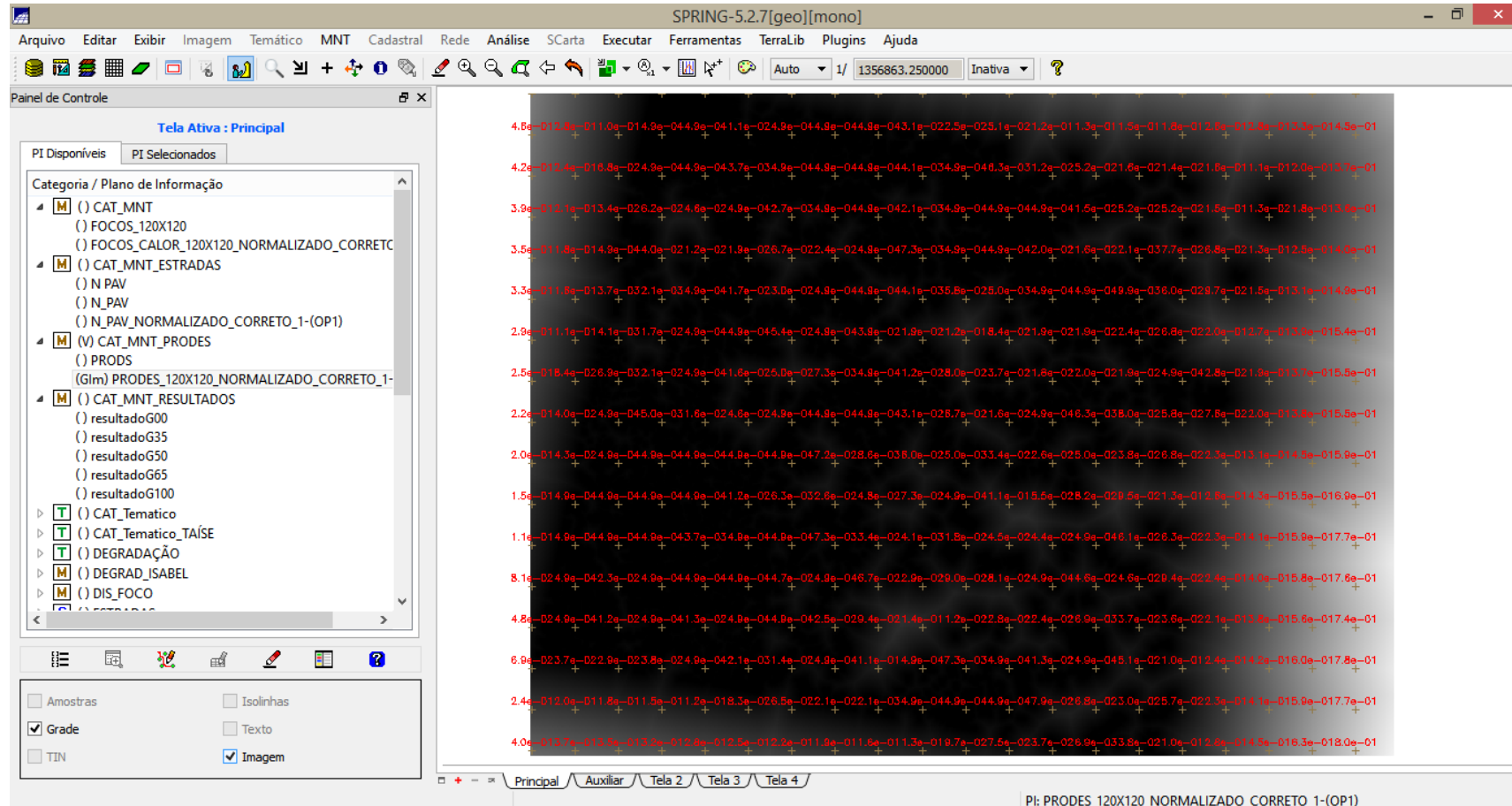




# METODOLOGIA – Grades normalizadas



# METODOLOGIA – Grades normalizadas



# METODOLOGIA – aplicando operador Fuzzy

## Gama

### Considerações:

- Na teoria dos conjuntos *Fuzzy*, a pertinência de um elemento a um conjunto *Fuzzy* é apresentada como uma questão de grau;
- As fronteiras entre as classes são desconhecidas;
- Define-se um operador *Fuzzy* como aquele que utiliza conjuntos *Fuzzy* ou lógica *Fuzzy* durante sua criação ou operação.

# METODOLOGIA – *operadores Fuzzy*

- Fuzzy AND (interseção) – saída é controlada pelo menor valor de pertinência Fuzzy;
- Fuzzy OR (união) - saída é controlada pelo maior valor de pertinência Fuzzy;
- Produto algébrico – a saída é sempre menor que a menor contribuição;
- Soma algébrica – a saída é sempre maior ou igual a maior contribuição do valor de pertinência Fuzzy;
- Fuzzy Gama – operação realizada entre o produto algébrico multiplicado pela soma algébrica elevado a um expoente gama (de 0 a 1).

# METODOLOGIA – aplicando *operador Fuzzy gamma*

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

Valores de gamma utilizados:

0

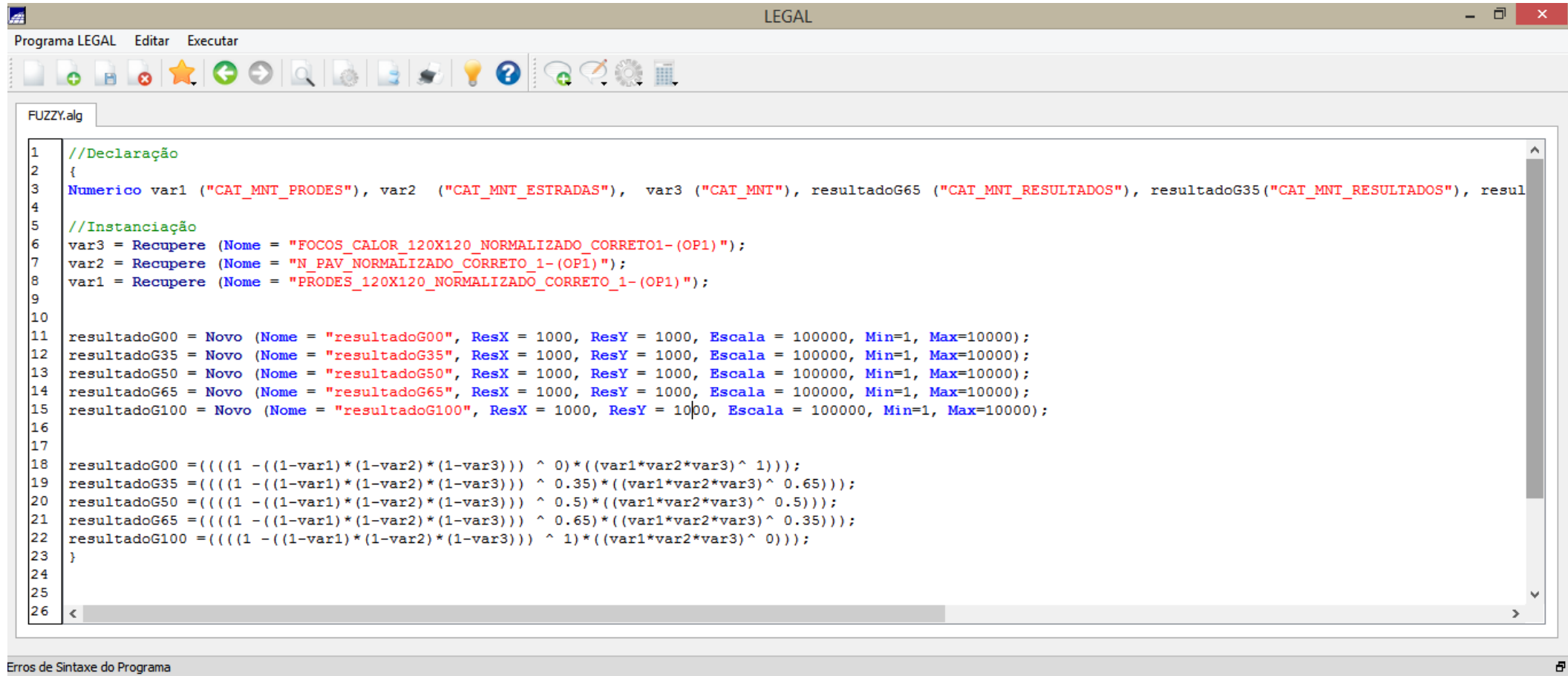
0,35

0,5

0,65

1

# METODOLOGIA – aplicando *operador Fuzzy gamma* em LEGAL - SPRING



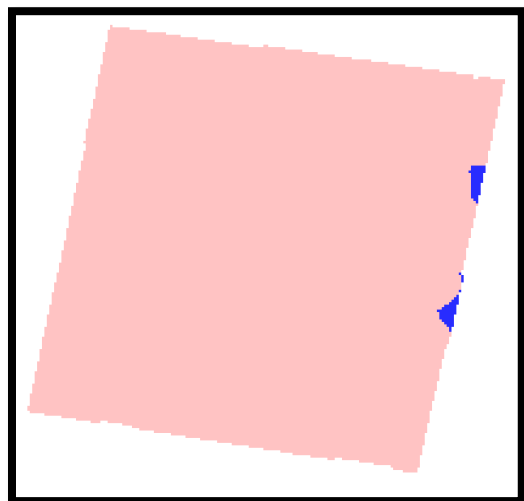
```
1 //Declaração
2 {
3   Numerico var1 ("CAT_MNT_PRODES"), var2 ("CAT_MNT_ESTRADAS"), var3 ("CAT_MNT"), resultadoG65 ("CAT_MNT_RESULTADOS"), resultadoG35("CAT_MNT_RESULTADOS"), resul
4
5 //Instanciação
6   var3 = Recupere (Nome = "FOCOS_CALOR_120X120_NORMALIZADO_CORRETO1-(OP1)");
7   var2 = Recupere (Nome = "N_PAV_NORMALIZADO_CORRETO_1-(OP1)");
8   var1 = Recupere (Nome = "PRODES_120X120_NORMALIZADO_CORRETO_1-(OP1)");
9
10
11 resultadoG00 = Novo (Nome = "resultadoG00", ResX = 1000, ResY = 1000, Escala = 100000, Min=1, Max=10000);
12 resultadoG35 = Novo (Nome = "resultadoG35", ResX = 1000, ResY = 1000, Escala = 100000, Min=1, Max=10000);
13 resultadoG50 = Novo (Nome = "resultadoG50", ResX = 1000, ResY = 1000, Escala = 100000, Min=1, Max=10000);
14 resultadoG65 = Novo (Nome = "resultadoG65", ResX = 1000, ResY = 1000, Escala = 100000, Min=1, Max=10000);
15 resultadoG100 = Novo (Nome = "resultadoG100", ResX = 1000, ResY = 1000, Escala = 100000, Min=1, Max=10000);
16
17
18 resultadoG00 = (((1 - ((1-var1)*(1-var2)*(1-var3))) ^ 0)*((var1*var2*var3)^ 1));
19 resultadoG35 = (((1 - ((1-var1)*(1-var2)*(1-var3))) ^ 0.35)*((var1*var2*var3)^ 0.65));
20 resultadoG50 = (((1 - ((1-var1)*(1-var2)*(1-var3))) ^ 0.5)*((var1*var2*var3)^ 0.5));
21 resultadoG65 = (((1 - ((1-var1)*(1-var2)*(1-var3))) ^ 0.65)*((var1*var2*var3)^ 0.35));
22 resultadoG100 = (((1 - ((1-var1)*(1-var2)*(1-var3))) ^ 1)*((var1*var2*var3)^ 0));
23 }
24
25
26 <
```

Erros de Sintaxe do Programa

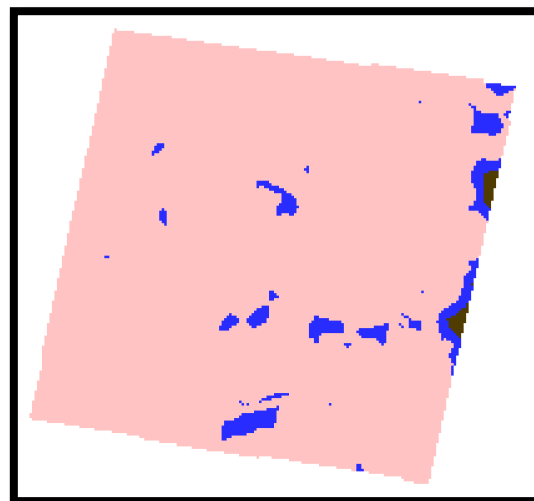
# METODOLOGIA – FATIAMENTO

- Fatiamento dos resultados em classes:
- 0,0 a 0,1 – extremamente suscetível;
- 0,1 a 0,2 – muito suscetível;
- 0,2 a 0,3 – muito/medianamente suscetível;
- 0,3 a 0,4 – medianamente suscetível;
- 0,4 a 0,5 – médio/moderadamente suscetível;
- 0,5 a 0,6 – moderado/ pouco suscetível;
- 0,6 a 0,7 – pouco suscetível;
- 0,7 a 0,8 – minimamente suscetível;
- 0,8 a 1,0- não suscetível.

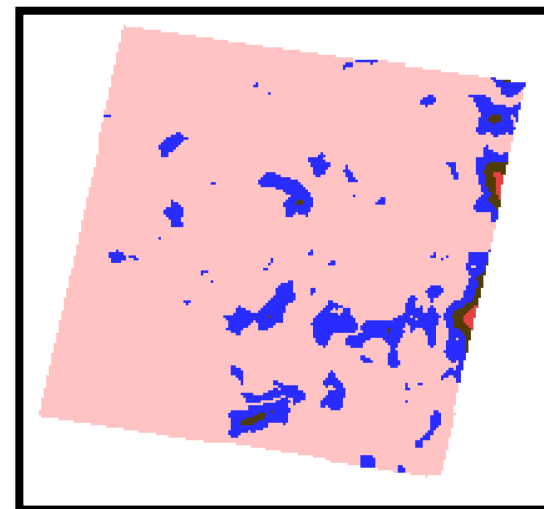
# RESULTADOS



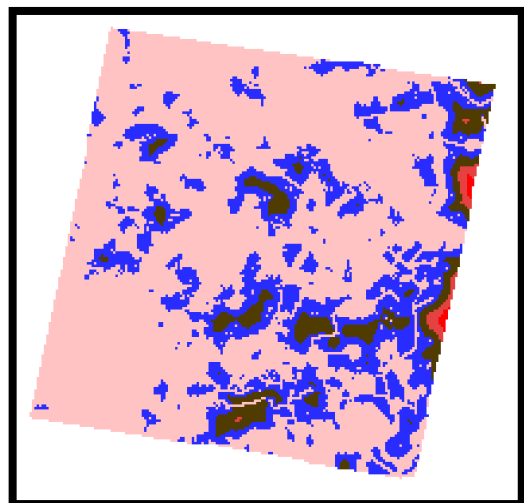
Gamma zero



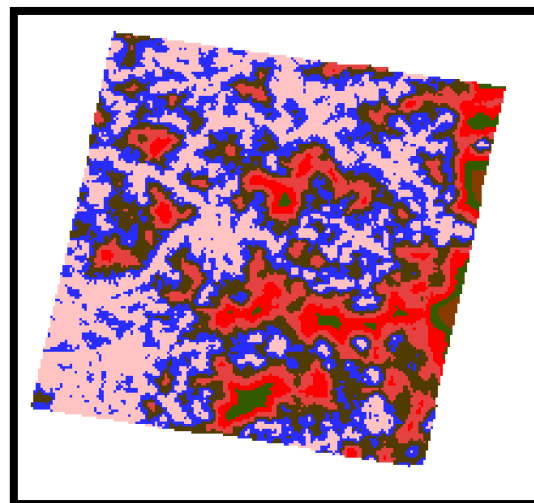
Gamma 0,35



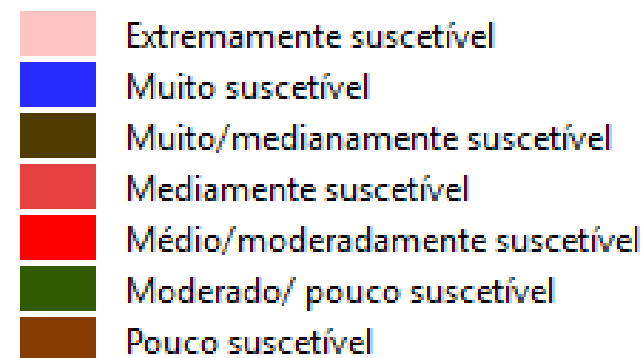
Gamma 0,50



Gamma 0,65



Gamma 1



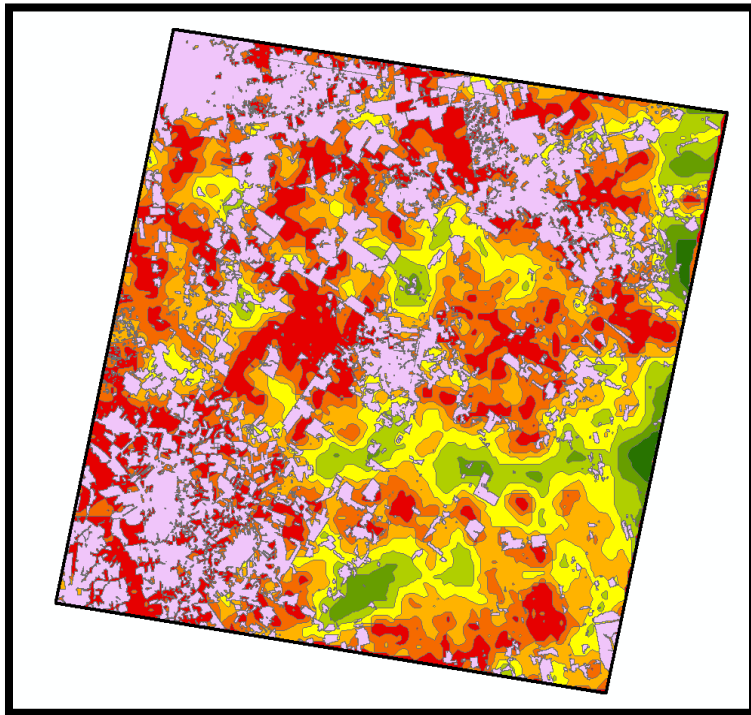


# RESULTADOS - % DE CLASSES/GAMMA

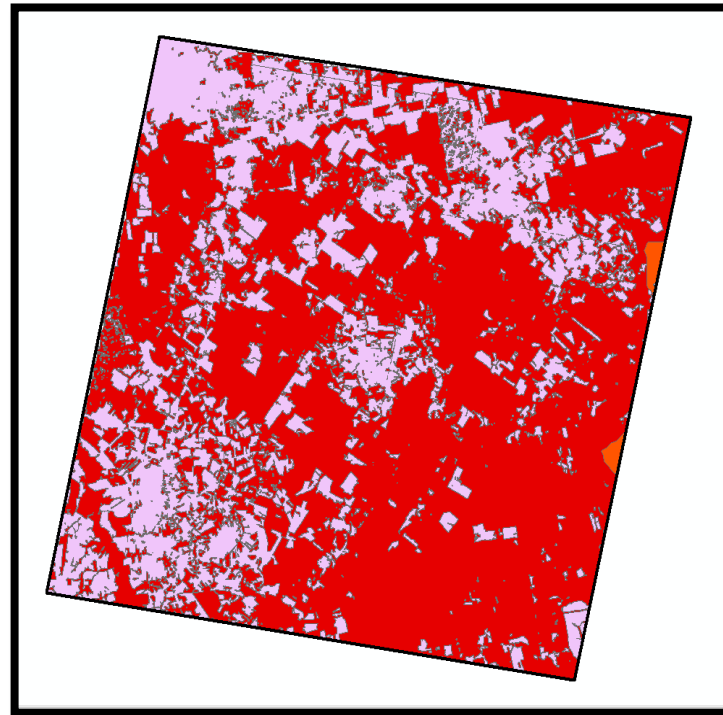
	GAMMA ZERO	GAMMA 0,35	GAMMA 0,5	GAMMA 0,65	GAMMA 1
Extremamente suscetível	99,51	95,62	89	70,72	29,19
Muito suscetível	0,49	3,93	9,84	22,95	26,84
Muito/medianamente suscetível		0,45	0,95	5,5	20,88
Mediamente suscetível			0,21	0,83	13,68
Médio/moderadamente suscetível					6,77
Moderado/ pouco suscetível					2,16
Pouco suscetível					0,48
Minimamente suscetível					
Não suscetível					

# RESULTADOS

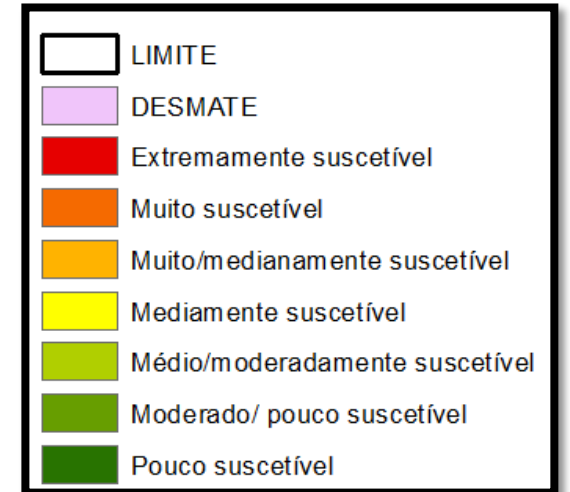
- COMPARAÇÃO DO GAMMA ZERO E GAMMA 1:



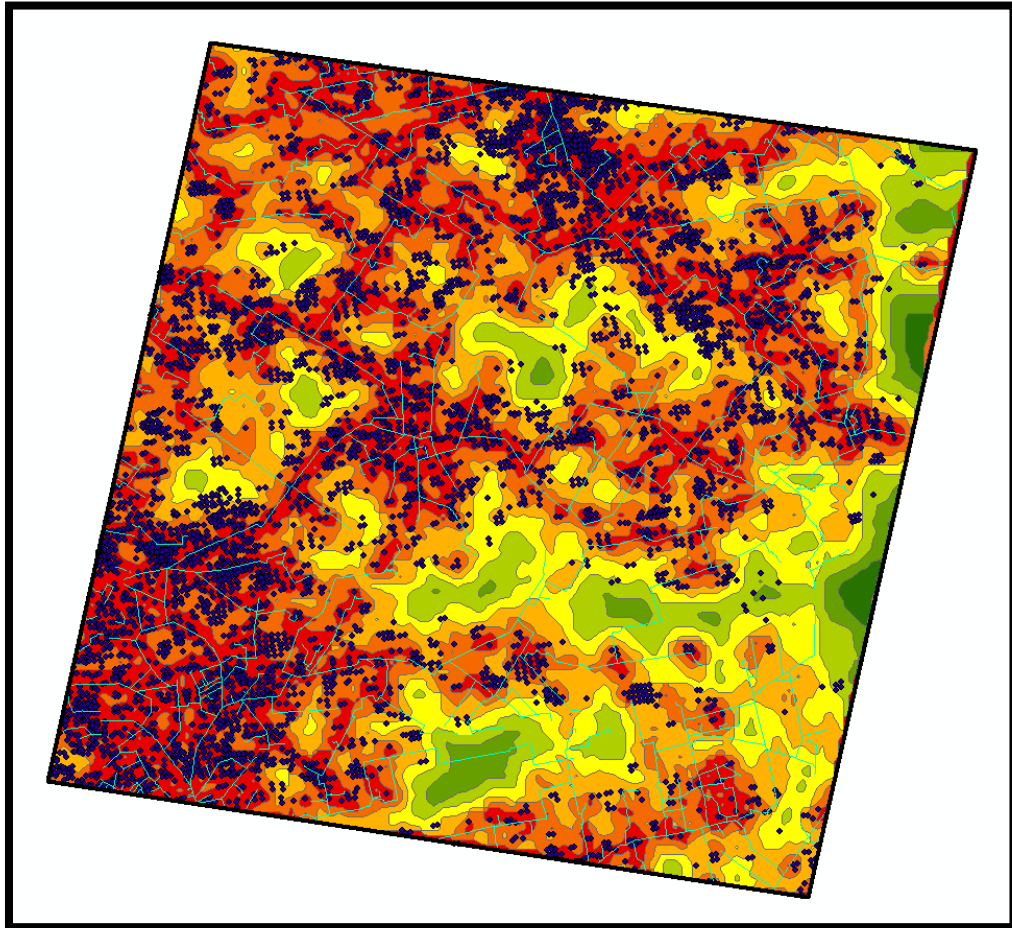
Gamma 1 = soma algébrica



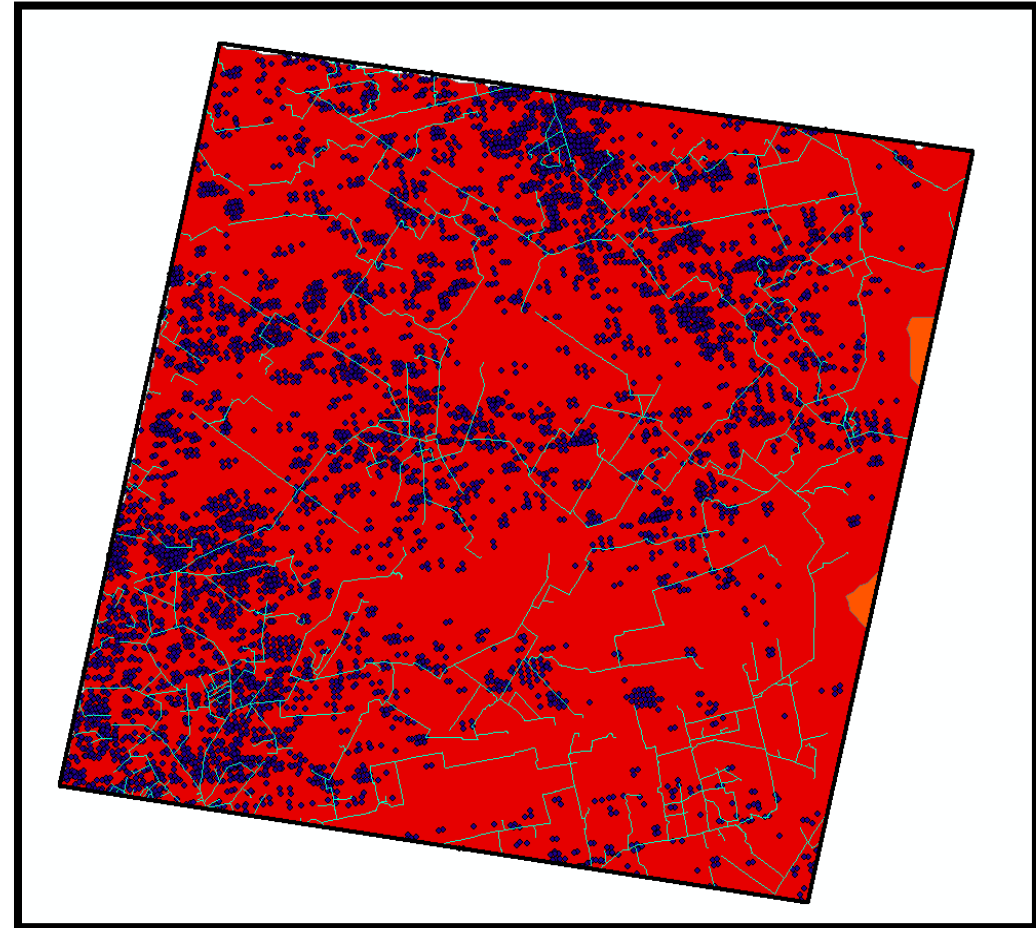
Gamma 0 = produto algébrico



# RESULTADOS- comparando variáveis envolvidas



Gamma 1



Gamma zero

# CONCLUSÃO

- Versatilidade (flexibilidade) do operador Fuzzy gamma;
- Fuzzy gamma = 0 (produto algébrico) – cenário mais suscetível a degradação florestal;
- Fuzzy gamma = 1 (soma algébrica) – cenário menos suscetível a degradação (maior número de classes);
- Fuzzy gamma = 1 – tendência de criação de áreas vulneráveis próximos aos focos de calor do que em estradas.
- Fuzzy gamma = 0 – tendência não obedeceu exclusivamente uma única variável envolvida.

# CONCLUSÃO

- Expoente gamma: atribui pertinência aos termos envolvidos da operação:

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

- Versatilidade do modelo auxilia na tomada de decisão:
  - Mais ou menos suscetível;
  - Gerenciamento e planejamento do uso e ocupação do espaço geográfico.

OBRIGADO