

APLICAÇÃO DA TEORIA DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E ANÁLISE DE TENDÊNCIA NA LOCALIZAÇÃO DE TEMAS NO TEMPO E NO ESPAÇO

Luiz Carlos Timoteo Araruna
DSER/CCA/UFPB - 58.397 - AREIA-PB

José Sales Maria da Rocha
Enio Giotto
DER/CCR/UFSM - 97.100 - Santa Maria-RS

RESUMO

O objetivo da pesquisa foi aplicar a teoria da distribuição espacial e a técnica de análise de superfície de tendência para localizar as áreas de maior concentração e dispersão dos reflorestamentos de "Acácia negra", Eucalyptus spp e Pinus spp, comparando com o processo convencional de mapeamento de uma região próxima a Porto Alegre-RS. A metodologia baseou-se em dados tridimensionais, sendo dois referentes a localidade dos pontos e um terceiro representando a intensidade do tema. Os dois métodos permitiram localizar as áreas de maior concentração e dispersão do tema considerado.

ABSTRACT

The purpose of the research was to apply the spacial distribution theory and the trend surface analysis of technique to localize the areas of larger concentration and dispersion of "Acacia negra", Eucalyptus spp and Pinus spp reforestments, in comparison with the mapping of conventional process, of a region close the Porto Alegre-RS. The methodology was based on tridimensional data, in that two of them referings the locality of the points and the third one represents the theme intensity. The two methods permitted to localize the areas of larger concentration and dispersion of the theme considered.

1. INTRODUÇÃO

Geralmente, os levantamentos de uso da terra, limitam-se ao mapeamento e quantificação dos diversos temas de ocupação da superfície terrestre, ignorando a localização, concentração e dispersão no tempo e no espaço. Devido as alterações apresentadas pela paisagem florestal no Estado do Rio Grande do Sul, causadas principalmente pela expansão agrícola, serrarias e fábricas de celulose, houve interesse de empresa e técnicos em conhecer o potencial florestal da região, para se planejar a exploração de forma racional e, com a expectativa de no futuro a matéria prima não se torne escassa. Como a localização e concentração são fatores importantes, aplicou-se a teoria da distribuição espacial e a técnica de

análise de superfície de tendência em comparação ao processo convencional de mapeamento.

2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

A região em estudo apresenta uma área de 10.000 Km², situando-se entre as coordenadas geográficas de 30°00'00" e 30°54'33" de latitude sul e entre 51°24'51" e 52°27'01" de longitude oeste do meridiano de Greenwich.

3. MATERIAL

Estereoscópio, mesa de luz, Aero-Sketchmaster, microcomputador, carta to

pográfica, aerofotogramas na escala de 1:100.000 de 1975 e imagem TM, banda 3, na escala de 1:250.000 de 1984.

4. MÉTODO

4.1. Fotointerpretação e mapeamento

Elaborou-se a chave de classificação e a interpretação nos aerofotogramas, realizou-se usando estereoscópio de bolso e, na imagem TM sobre mesa de luz, delimitando-se no poliéster às áreas correspondentes aos temas considerados. Após a reambulação, elaborou-se os mapas finais, que ocorreu com a transferência dos temas das imagens para o mapa base. Quantificou-se às áreas por amostragem sistemática, conforme ALMEIDA (1984).

4.2. Teoria da distribuição espacial

Desenvolveu-se um programa em basic, considerando 100 elementos de superfície, representados na carta por quadriculas de 4cm x 4 cm e localizadas pelas coordenadas centrais, considerando os fatores ponderados e não ponderados.

4.2.1. Centro médio não ponderado

Segundo GERARDI & SILVA (1981), o centro médio é semelhante a média univariada, representado por:

$$X_o = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (1)$$

$$Y_o = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n} \quad (2)$$

Onde: X_o e Y_o = coordenadas planimétricas do centro médio não ponderado (cm);

X_i e Y_i = coordenadas planimétricas centrais do elemento de superfície (cm);

n = número de elementos de superfície onde ocorreu a presença do tema.

4.2.2. Centro médio ponderado

Segundo PEREIRA (1986), o centro médio ponderado é análogo a média ponderada, representado por:

$$X_p = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i \cdot S_i)}{\sum_{i=1}^n S_i}; \quad (3)$$

$$Y_p = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i \cdot S_i)}{\sum_{i=1}^n S_i}; \quad (4)$$

onde: X_p e Y_p = coordenadas planimétricas do centro médio ponderado (cm);

S_i = intensidade dos temas nos elementos de superfície (ha).

4.2.3. Raio de dispersão não ponderado

Segundo TAYLOR (1977), o raio de dispersão é uma medida de variabilidade semelhante ao desvio padrão.

$$RD = \sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - X_o)^2 + \sum_{i=1}^n (Y_i - Y_o)^2} \quad (5)$$

4.2.4. Raio de dispersão ponderado

Representa a variabilidade de um conjunto de pontos em torno de um valor médio central.

$$RDP = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X_p)^2 \cdot S_i + \sum_{i=1}^n (Y_i - Y_p)^2 \cdot S_i}{\sum_{i=1}^n S_i}} \quad (6)$$

4.2.5. Índice de dispersão relativa.

Permite comparar duas ou mais distribuições espaciais. Seu valor varia de 0 (zero) indicando máxima concentração a 1 (um) máxima dispersão.

$$IDR = \frac{RDP}{\sqrt{St/\bar{n}}} \quad (7)$$

onde: St = área da região em estudo.

4.3. Análise de superfície de tendência.

Segundo SPIEGEL (1977), uma equa —

ção de regressão pode ser utilizada para avaliar uma variável dependente em função de duas independentes e representada por:

$$Z_i = b_0 + b_1 X_i + b_2 Y_i \quad (8)$$

onde: Z_i = intensidade do tema, eixo "Z";
 b_0 = interpretação no eixo "Z";
 b_1 e b_2 = coeficientes;
 X_i = posição de um lugar na direção leste-oeste; eixo "X", em cm;
 Y_i = posição do mesmo lugar na direção norte-sul, eixo "Y", em cm;

Realizou-se um sorteio por amostragem aleatória independente sem reposição de 40 elementos de superfície dos 100 dimensionados na região.

Com os valores de "X", "Y" e "Z", obteve-se os valores dos coeficientes das equações polinomiais do 1º ao 6º grau.

Conforme McCullach (1973), as equações polinomiais podem ser representadas por:

$$Z_1 = b_0 + b_1 X_i + b_2 Y_i; \quad (9)$$

$$Z_2 = Z_1 + b_3 X^2 + b_4 XY + b_5 Y^2; \quad (10)$$

$$\vdots$$

$$Z_6 = Z_5 + b_{21} X^6 + b_{22} X^5 Y + b_{23} X^4 Y^2 + b_{24} X^3 Y^3 + b_{25} X^2 Y^4 + b_{26} XY^5 + b_{27} Y^6; \quad (11)$$

4.3.1. Ajustamento da superfície aos dados

Os critérios utilizados na escolha da superfície melhor ajustada foram: menor erro padrão da estimativa; coeficiente de correlação, representando o ajustamento da superfície ao espaço; maior coeficiente de determinação, representando o ajustamento da superfície aos dados; menor soma dos resíduos ao quadrado, representando menor proporção da variação não explicada e maior valor de "F".

Erro padrão da estimativa

$$S_{z_1xy} = \sqrt{\frac{(Z - Z_{est})^2}{N - K}} \quad (12)$$

onde: S_{z_1xy} = erro padrão da estimativa, em ha;

Z_{est} = valor estimado calculado da intensidade do tema, em ha;

N = número de parcelas amostrais;

K = número de coeficientes.

Coeficiente de correlação múltipla

$$r_{z_1xy} = \sqrt{\frac{1 - S_{z_1xy}^2}{S_Z^2}} = \frac{S.Q.Reg.}{S.Q.total} \quad (13)$$

onde:

$S_{z_1xy}^2$ = quadrado do erro padrão da estimativa;
 S_Z^2 = desvio padrão da intensidade do tema ao quadrado.

4.4. DISCUSSÕES E RESULTADOS

4.4.1. Quantificação das áreas

A Tabela 1, mostra as áreas reflorestadas nos dois períodos, onde se percebe, que houve um aumento em relação ao que existia em 1975. Sendo o Eucalyptus spp a espécie com maior área cultivada.

Tabela 1. Quantificação das áreas temáticas por amostragem sistemática em 1975 e 1984.

Cobertura	1975		1984	
	Área (ha)	Erro relativo	Área (ha)	Erro relativo
florestal				
Acácia negra	2.304,6975	25,51	13.142,6996	10,67
Eucalyptus spp	23.828,125	7,84	36.590,9420	6,31
Pinus spp	664,0625	46,28	2.363,4098	24,08
Total	26.796,8750	7,38	52.374,0514	5,24

Na Tabela 1, verificou-se que o erro relativo em 1975 para acácia negra e pinus spp, apresentaram-se superiores ao pré-estabelecido de 10%. Isso aconteceu, devido ao dimensionamento da grade de pontos ter sido feito em relação a proporção de cobertura florestal natural do Rio Grande do Sul, e não, em relação a proporção do tema de menor intensidade de cobertura.

Em 1975 e 1984, os erros relativos para Eucalyptus e para o total de áreas reflorestadas, apresentaram-se inferiores ao pré-estabelecido. Em 1984, devido ao aumento das áreas reflorestadas, os erros relativos diminuíram consideravelmente.

4.4.2. Teoria da distribuição espacial de temas no tempo e no espaço.

De acordo com as Tabelas 2 e 3, e o anexo I, os reflorestamentos apresentaram-se com todos os pontos de equilíbrio localizados no quadrante nordeste da região. Acredita-se, que a implantação dos reflorestamentos nessa direção ocorreu, devido a localização próxima ao grande centro urbano, facilitando a comercialização. Analisando os parâmetros de dispersões ponderados e não ponderados, observou-se, que em 1984 apresentaram-se, com menores valores, demonstrando maior concentração.

Tabela 2. Parâmetros da distribuição espaço-temporal não ponderada dos reflorestamentos em 1975 e 1984.

Parâmetros	Reflorestamentos 1975	Reflorestamentos 1984
Centro Médio- X_o^* (Km)	418,4375	416,2120
Y_o^*	6.632,8125	6.641,0625
Dispersão-X (Km)	28,9515	28,7367
Y	31,0980	26,6217
Raio de dispersão (RD) (Km)	42,4885	39,1730
Índice de dispersão relativa (IDR)	0,3012	0,2777

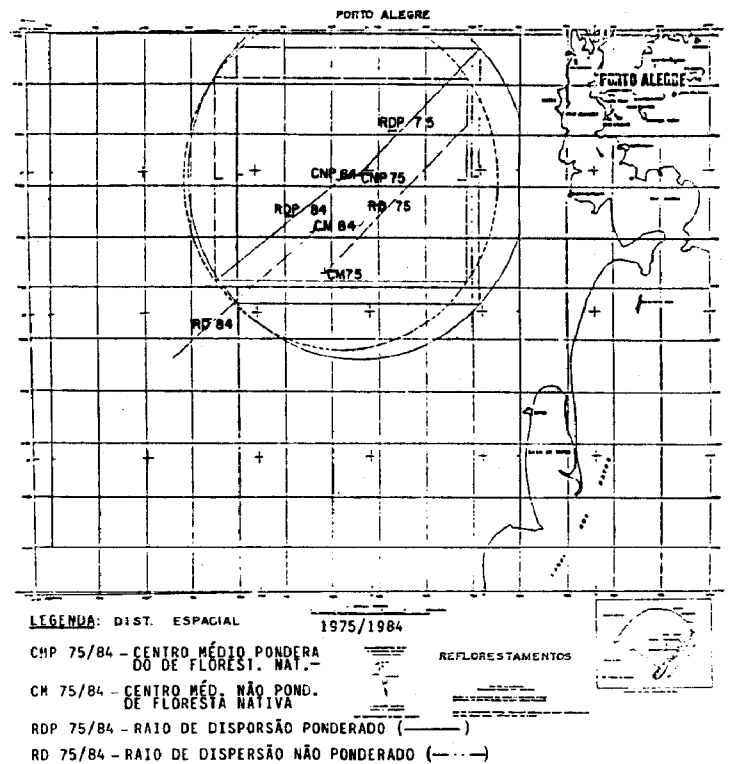
*Coordenada UTM de centro medio não ponderado.

Tabela 3. Parâmetros da distribuição espaço-temporal ponderada dos reflorestamentos em 1975 e 1984.

Parâmetros	Reflorestamentos 1975	Reflorestamentos 1984
Centro Médio- X_p^* (Km)	425,6267	420,2055
Y_p^*	6.651,9690	6.651,2735
Dispersão - X	25,7207	26,6182
Y	25,3745	20,1257
Raio de dispersão (RD) (Km)	36,1307	33,3792
Índice de dispersão relativa (IDR)	0,2562	0,2366

*Coordenadas UTM de centro medio ponderado.

ANEXO I.



4.4.3. Análise de superfície de tendência

Após o processamento dos dados, obteve-se as equações preliminares do 1º ao 6º grau. A escolha da equação foi de acordo com os critérios pré-estabelecidos. Os coeficientes das equações do 1º ao 6º grau, encontram-se na Tabela 4 e o coeficiente de determinação, erro padrão da estimativa, somatório dos quadrados dos resíduos e o valor de "F" calculados, estão disponíveis na Tabela 5.

As superfícies de tendência para os reflorestamentos, encontram-se graficamente representados nas figuras 1 e 2.

Analisando a superfície de tendência dos reflorestamentos em 1975, segundo a figura 1, verificou-se, que a intensidade das áreas reflorestadas variando até 554,688ha, apresentou-se alinhada com tendência no sentido sudeste-noroeste-nordeste e, os outros intervalos dispersos nos elementos de superfície da região.

Já em 1984, os reflorestamentos apresentados na Figura 2, apresentaram-se melhor distribuídos e agrupados com identificação das áreas de maior concentração e com tendência de cultivo, com maior frequência nos elementos de superfície do quadrante nordeste, principalmente, por reflorestamentos com áreas va-

quando entre 857,816 e 1.715,632 ha.

Tabela 4. Coeficientes das equações polinômiais do sexto grau do tema analisado.

Coeficientes	Reflorestamentos	
	1975	1984
b0	-7248,86	4336,07
b1	208843,74	-170594,25
b2	128956,24	-42909,20
b3	-3004754,21	2747000,60
b4	1057175,99	861397,07
b5	-4116572,54	-62053,07
b6	19423174,50	-23701895,50
b7	-6660060,98	-2056694,78
b8	-4322359,08	-5809104,83
b9	46233703,20	6136074,16
b10	-57644460,00	113228768,00
b11	1452064,04	-22759342,50
b12	46918987,90	13474435,10
b13	-20146559,40	35510797,60
b14	-227717001,00	-53610123,90
b15	66725180,30	-278496949,00
b16	79834109,30	159509197,00
b17	-168604427,00	-119399611,00
b18	26158250,30	83217737,80
b19	73078774,40	-156820499,00
b20	519765289,00	182606398,00
b21	-9705595,31	270886212,00
b22	-142920428,20	-247647149,00
b23	187798874,00	198602681,00
b24	1818051,30	-122352546,00
b25	-53465429,50	2823824,33
b26	-71734024,70	174596528,00
b27	-228917571,00	-211018959,30

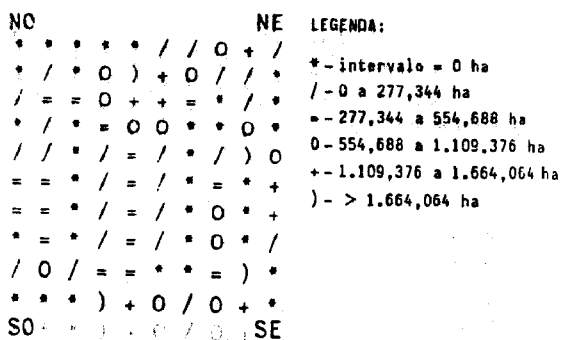


FIGURA 1. Representação gráfica da superfície de tendência dos reflorestamentos em 1975.

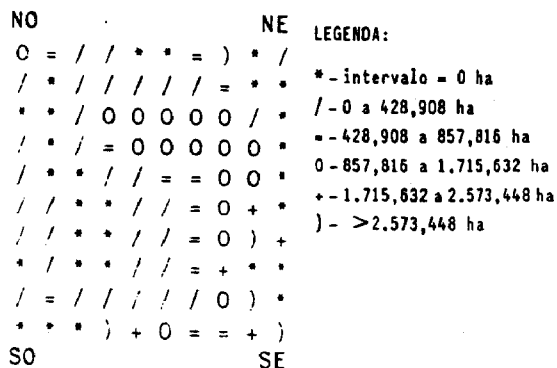


FIGURA 2. Representação gráfica da superfície de tendência dos reflorestamentos em 1984.

Tabela 5. Valores das variáveis consideradas para seleção da superfície melhor ajustada aos dados.

Tema analisado	Superfície	$r^2_{Z,XY}$	$S_{Z,XY}$	SR^2	F
Reflorestamentos em 1975	1ª	0,2100	572,7738	12128581,8254	0,0144
	2ª	0,2874	567,4939	10949675,4539	0,0593
	3ª	0,4634	524,2611	8245491,2590	0,2590
	4ª	0,5946	499,1893	6229748,0701	0,8212
	5ª	0,7504	499,2490	3834668,3559	3,1653
	6ª	0,9215	317,0880	1206537,4690	26,4044
Reflorestamentos em 1984	1ª	0,3341	824,4493	25149514,4544	0,0271
	2ª	0,4116	808,4175	22220320,8999	0,1029
	3ª	0,5093	785,9819	18533025,8259	0,3113
	4ª	0,5093	675,3081	11401026,6161	1,2949
	5ª	0,6981	606,1754	6980142,6951	4,6425
	6ª	0,8613	660,7063	5238393,7655	13,9711

5. CONCLUSÕES

- As áreas reflorestadas com Acácia Negra e Eucalyptus spp cultivadas em 1984, apresentaram-se com aproximadamente o dobro do que havia em 1975. Sendo o Eucalyptus spp a espécie vegetal mais cultivada na região;
- Os erros relativos para o reflorestamento total, apresentados pelo processo de amostragem sistemática, foram inferiores ao pré-estabelecido;
- Os parâmetros centro médios ponderados dos reflorestamentos nas duas épocas permitiram mostrar a tendência de ocupação na região;
- Os reflorestamentos em 1984, apresentaram-se melhor agrupados e concentrados no quadrante nordeste;
- A equação polinomial do sexto grau foi a que melhor ajustou a superfície aos dados;
- Os dois métodos permitiram analisar o comportamento dos reflorestamentos na região.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GERARDI, L.H.O. & SILVA, B.C.N. Quantificação em geografia. São Paulo, Ed. Dijel, 1981, 161 p.
- McCULLUCH, M.J. Computer applications . Trend surface analysis, University of Nottingham, England, 1973.
- PEREIRA, R.S. Quantificação e distribuição espacial do uso da terra com imagens TM do Landsat-5 no município de Guaíba-RS, em 1984. Santa Maria, UFSM, 1986. 167 p.
- SPIEGEL, N.R. Estatística - Coleção Schaum. São Paulo, Ed. McGraw-Hill do Brasil, 1977. 580p.
- TAYLOR, P.J. Quantitative methods in Geography. An Introduction to spatian analysis. s. l., Ed. Houghton Mifflin Co.. 1977. 386p.