

## Autocorrelação espacial em população natural de *Terminalia argentea* Mart et Succ. no cerrado de Selvíria, MS

### Spatial autocorrelation in natural population of *Terminalia argentea* Mart et Succ. in cerrado of Selvíria, MS

Janete Motta da Silva  
Mario Luiz Teixeira de Moraes  
Alexandre Magno Sebbenn

---

**RESUMO:** O objetivo deste estudo foi determinar a distribuição espacial de genótipos de *Terminalia argentea* Mart et Succ. (capitão-do-campo) em uma população natural, visando delinear estratégias para sua conservação genética "in situ" e "ex situ". A população estudada situa-se em uma área de cerrado na Fazenda de Ensino e Pesquisa da FEIS / UNESP, no município de Selvíria, MS. Foram amostradas sementes em 30 árvores, para determinação de características bioquímicas e tecnológicas. As coordenadas geográficas das árvores matrizes foram locadas via GPS, com a finalidade da análise de estruturação espacial dos genótipos. A análise da distribuição espacial dos genótipos, a partir do índice I de Moran, indicou a tendência de maior estruturação genética espacial em árvores espacialmente próximas. Por outro lado, árvores espacialmente distantes mostraram menor similaridade. A autocorrelação espacial foi mais evidente num raio de aproximadamente 353 m.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Terminalia argentea*, Espécies arbóreas tropicais, Autocorrelação espacial, Índice de Moran, Estrutura genética, Capitão-do-campo

**ABSTRACT:** The objective of this study was determine the spatial distribution of genotypes of *Terminalia argentea* Mart et Succ. (Capitão-do-campo) in a natural population, aiming to outline strategy to genetic conservation *in situ* and *ex situ*. The population (*Terminalia argentea*) is located in an area of cerrado on the Teaching and Research Farm of FEIS / UNESP. It was sampled seeds in 30 trees to determine the biochemistry and technological traits. The trees were also located per GPS apparatus, with objective of obtaining geographic coordinate and to analysis the genotype spatial structure from I Moran Index. The analysis of spatial autocorrelations, from I Moran index, indicated the tendency of a larger structure among trees near spatially. In another hand, trees distant spatially showed smaller similarity. The spatial structure was more visible in a ray of 353m.

**KEYWORDS:** *Terminalia argentea*, Tropical tree species, Spatial autocorrelation, I Moran index, Genetic structure

---

## INTRODUÇÃO

*Terminalia argentea* Mart et Succ. (Combretaceae) ou capitão-do-campo é uma espécie arbórea que se distribui abundantemente no cerrado e nas bordas de cordilheiras, principalmente em solos arenosos e matas semidecíduas, nos Estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Paraná, Maranhão e na Bolívia. Do ponto de vista ecológico é classificada como planta decídua, heliófita, seletiva xerófila, característica do cerrado e de sua transição para a floresta semidecídua (cerradão). Apresenta dispersão descontínua, ocorrendo, geralmente, em agrupamentos mais ou

menos densos em determinados pontos e, faltando completamente em outros. Ocorre preferencialmente em topos de morros e alto de encostas onde o solo é bem drenado, tanto na mata primária como em formações secundárias. Produz anualmente grande quantidade de sementes viáveis. A planta é pioneira, adaptada a terrenos secos e pobres, ótima para plantios mistos em áreas degradadas de preservação permanente (Lorenzi, 1992). O capitão-do-campo é empregado para uso apícola, e a madeira é utilizada na construção civil. Sua cinza é útil para preparar couros e soda para sabão. A planta apresenta características ornamentais que

a recomendam para arborização de ruas e jardins. A casca e a resina são utilizadas medicinalmente (Pott e Pott, 1994).

A análise de sementes florestais, em especial de espécies nativas, passa a ser de suma importância, pelo fato de fornecer dados que expressem a qualidade física e fisiológica de um lote de sementes com finalidades imediatas de semeadura e armazenamento (Figliolia et al., 1993). Do ponto de vista genético, características tecnológicas de sementes vêm apresentando valores altos de herdabilidade e variação genética (Fonseca et al., 1997).

Segundo Batista (1981), tanto as características físicas como os componentes químicos de grãos como soja e milho, são influenciados por fatores inerentes à própria constituição genético-fisiológica da planta, tais como: efeito fisiológico maternal; contribuição citoplasmática pela fonte maternal; efeito da fonte polinizadora; efeito da dosagem gênica, associada com o endosperma.

Estes fatores, na maioria dos estudos, são agrupados em: efeito maternal, o qual envolve as contribuições fisiológicas e citoplasmáticas relativas à planta-mãe; e efeito da fonte polinizadora, que abrange além deste, o efeito da dosagem gênica.

Para o caso específico do teor de óleo, Miller e Brimhall (1951), Curtis et al. (1956) e Garwood et al. (1970) determinaram efeitos maternais sobre o conteúdo de óleo em quase todas as comparações realizadas nos grãos de milho.

A variabilidade genética de uma espécie estrutura-se no espaço e no tempo, podendo ser observada em populações geograficamente distintas. A distribuição espacial dos genótipos em populações é parte integrante dos processos genéticos populacionais (Epperson e Allard, 1989).

Considerando a hipótese de que similaridade de condições ecológicas como clima, solo e altitude, sugerem similaridade genética entre indivíduos (Graudal et al., 1997), e que as características de dispersão de pólen e sementes dentro de populações de espécies arbóreas, muitas vezes são limitadas às vizinhanças da matriz, pode-se supor que árvores próximas apresentam maior similaridade genética do que árvores distantes. Esta hipótese é baseada na pressuposição que a seleção natural é o principal fator atuando na determinação da estrutura genética espacial das populações (Graudal et al., 1997).

A distribuição espacial de genótipos pode ser quantificada, utilizando a análise de autocorrelação

espacial. A autocorrelação espacial, segundo Legendre (1993), pode ser definida como a propriedade de variáveis assumirem valores, em pares de localidades separadas por uma certa distância, mais similares (correlação positiva) ou menos similares (correlação negativa) do que seria esperado pela associação aleatória dos pares observados.

O objetivo deste estudo foi determinar a distribuição espacial de genótipos de *Terminalia argentea* em uma população natural, visando delinear estratégias para sua conservação genética *in situ* e *ex situ*.

## MATERIAL E MÉTODOS

A análise de autocorrelação espacial foi realizada a partir da associação entre características bioquímicas e tecnológicas determinadas em sementes de *T. argentea* com a distribuição espacial das árvores matrizes que produziram essas sementes.

Foram coletados frutos de *T. argentea* em julho de 2001, em 30 árvores de polinização livre localizadas em uma área de cerrado na Fazenda de Ensino e Pesquisa da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, no município de Selvíria, MS. Os frutos foram colhidos diretamente, antes da dispersão natural, e acondicionados em sacos de papel, sendo depois armazenados em câmara seca nas condições de umidade e temperatura UR 40% e T 20°C, respectivamente. Foi necessário retirar as sementes do interior dos frutos para serem realizadas as determinações bioquímicas e tecnológicas, através de métodos mecânicos – alicate e martelo.

As características bioquímicas de sementes determinadas foram: proteínas (albuminas, globulinas, prolaminas e glutelinas), carboidratos, lipídios e amido; as características tecnológicas foram: porcentagem de germinação e condutividade elétrica. Proteínas de reserva, tais como albuminas, globulinas, prolaminas e glutelinas foram extraídas de acordo com a sua solubilidade pelo método descrito por Sturgis et al. (1952), modificado de acordo com o trabalho de Garcia-Agustin e Primo-Millo (1989). A determinação do conteúdo de carboidratos foi realizada pelo método do fenolsulfúrico, segundo o método de Dubois et al. (1956). A extração de lipídios foi realizada conforme metodologia descrita por Radin (1969) modificada por Becker et al. (1978). As características tecnológicas de sementes foram determinadas conforme Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992). Para análise de amido três amostras de sementes de 0,5 g cada, foram

extraídas com 10 ml de etanol 80% (v/v) em um homogeneizador Superohm (tipo Polytron) gerado na máxima velocidade por 15 segundos. A seguir, o homogeneizado foi mantido a 80°C–90°C por aproximadamente 10 minutos e resfriado à temperatura ambiente. O homogenato foi centrifugado por 10 minutos a 2.000xg.

As coordenadas geográficas das árvores que deram origem às sementes foram obtidas com aparelho GPS (*Global Position System*). A análise da distribuição espacial dos genótipos foi realizada a partir da estimativa do índice I de Moran, com base em Sokal e Oden (1978a e 1978b). Foi utilizado o programa computacional AUTOCAD para a realização do mapeamento dentro de um mesmo sistema de projeção, e o programa computacional SAAP para as análises da distribuição espacial dos genótipos. A autocorrelação foi determinada através dos dados obtidos das análises das características bioquímicas e tecnológicas das sementes. A análise de autocorrelação considerou cada característica ( $p_j$ ) como uma variável. Assim, pares de indivíduos amostrados classificaram-se de acordo com a distância Euclidiana  $d_{ij}$ , sendo que a classe  $k$  inclui  $d_{ij}$ , satisfazendo  $k-1 < d_{ij} < k$ , em que  $k$  vai de 1 a 4. O índice I de Moran para classe  $k$  foi calculado pela expressão:

$$\hat{I} = n \sum_i \sum_j w_{ij} Z_i Z_j / w \sum_i Z_i^2$$

em que:  $z_i = \hat{p}_i - \hat{p}$ , sendo  $\hat{p}$  a média de  $\hat{p}_i$ ;  $w_{ij} = 1$  se a distância entre a  $i$ -ésima e a  $j$ -ésima planta for classificada dentro da classe  $k$ ; do contrário,  $w_{ij}$  é zero e  $n$  é o número total de amostras. Sobre hipótese de aleatoriedade,  $I(k)$  tem o valor esperado de  $\mu_1 = -1/(n-1)$  para todo  $k$ . Se uma característica é distribuída aleatoriamente para a classe  $k$ , a normalidade  $I(k)$  para o genótipo da planta  $SNDg(k) = [I(k) - \mu_1] / \mu_2^{1/2}$  é assintoticamente gaussiano, com um valor esperado próximo a zero [ $\mu = -1/(n-1)$ ]. Sendo assim, quando  $SNDg(k)$  (desvio padrão) exceder 1,96 e 2,58,  $I$  será significativa em nível de 95 e 99% de probabilidade, respectivamente. O índice I de Moran pode assumir valores entre  $-1$  e  $+1$ , em que  $-1$  significa que os indivíduos pareados mais distantes são semelhantes (autocorrelação negativa) e  $+1$  significa que os indivíduos mais próximos são idênticos (autocorrelação positiva) (Sokal e Oden, 1978a e 1978b). Valor zero significa ausência de autocorrelação, isto é, os indivíduos estão aleatoriamente distribuídos no espaço.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da distribuição espacial dos genótipos, a partir do índice I de Moran, permitiu conhecer a autocorrelação dentro de cada classe de distância, isto é, a extensão em que a autocorrelação é significativa com a avaliação de várias classes.

A Tabela 1 apresenta os valores de I de Moran para 4 classes de distância, assim como I médio. De acordo com os resultados, os pares de comparação formados em distâncias menores (classe de distância 1,0 – 353m) conferiram valores de I positivos e significativos, como é o caso das características bioquímicas de sementes: proteínas albumina (0,14), prolamina (0,16) e glutelina (0,13), e dos lipídios (0,20). Ou seja, os indivíduos pareados mais próximos apresentaram similaridade. Na medida em que os indivíduos pareados estão em maior distância entre genótipos, como a classe de distância 2, os valores de I passam a diminuir, como valores próximos de zero (Pgl e Palb = 0,07), a valores negativos e significativos (Lip –0,26). Este comportamento acentuou-se na classe de distância 3, onde os valores de I foram 89% negativos e 44% deles significativos (Lip, Palb, Ppro e Pglu). O aumento da distância espacial entre genótipos conferiu valores de I negativos mas não significativos na classe de distância 4 (I médio de –0,04). Contudo, há maior correlação para as características estudadas no raio de 353 m (classe de distância 1).

Avaliando a porcentagem de positivos (+) nas classes, observa-se que há uma tendência de redução no número de valores positivos, com o aumento da distância espacial entre genótipos, enquanto que os valores negativos apresentaram comportamento contrário, ou seja, reduzem o número de valores negativos com a diminuição da distância espacial entre genótipos. Isso reforça a idéia de que árvores espacialmente próximas podem apresentar maior correlação para as características estudadas.

Isto também pode ser observado no correlograma de classes de distâncias (Figura 1), onde se observa uma tendência à distribuição de indivíduos mais próximos com maior similaridade.

As populações de espécies arbóreas são muitas vezes estruturadas em famílias, formando subpopulações ou demes em forma de manchas, onde as freqüências alélicas tendem a ser homogêneas dentro das subdivisões. Esta similaridade nas freqüências alélicas pode levar à similaridade em características quantitativas. A causa da estruturação é a dispersão de sementes próximas à árvore ma-

**Tabela 1**

Índice I de Moran para 4 classes de distância em uma população natural de *T. argentea*.  
I Moran index for 4 distance classes in a natural population of *T. argentea*.

Características	Classes de distância			
	1	2	3	4
Ami	-0,02	-0,08	0,04	-0,11
Lip	0,20**	-0,26**	-0,06	0,15
Palb	0,14**	0,07*	-0,16*	-0,22
Pglo	-0,14	0,07*	-0,07	-0,03
Ppro	0,16**	0,04	-0,31**	-0,25
Pglu	0,13**	-0,10	-0,18*	0,05
Cho	-0,03	-0,06	-0,02	-0,01
Ger	0,01	-0,01	-0,13	-0,04
Cel	-0,03	0,01	-0,13	0,10
I médio	0,05	-0,05	-0,11	-0,04
Nº de pares	136	158	108	33
Dp (m)	0 – 353	353 – 706	706 - 1058	1058 - 1411

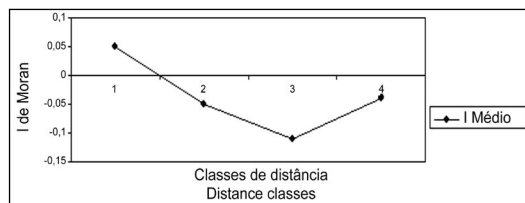
\* Pr<0,01; \*\* Pr<0,05; Ami= amido (starch); Lip= lipídios (lipids); Proteínas (Proteins); Palb= albumina (albumin); Pglo= globulina (globulin); Ppro= prolamina (prolamin); Pglu= glutelina (glutelin); Cho= carboidrato (carbohydrate); Ger= germinação (germination), Cel= condutividade elétrica (electric conductivity), IM= I médio (medium); Dp= distância entre pontos (distance among points).

triz, aumentando a probabilidade do estabelecimento de filhos próximos a esta. São muitos os estudos relatando populações estruturadas. Contudo, todos estes utilizaram dados de marcadores genéticos como isoenzimas. Na maioria destes, tem-se verificado que o raio da mancha não é superior a 100 m, em geral, encontra-se entre 20 a 50 m. Em *Quercus margaretta* (Berg e Hamrick, 1994), *Rhus trichocarpa* (Chung et al., 1999) e *Eurya japonica* (Chung e Epperson, 2000) o raio da mancha não excedeu a 30 m. Em *Anus glutinosa* (Gömöry e Paule, 2002), *Abies balsamae* (Shea e Furnies, 2002) e *Myrcodruon urundeuva* (Moraes et al., 2002) a distância da manchas foi um pouco maior, chegando a 100 m, no caso da primeira espécie.

A ausência de estruturação espacial significativa, como ocorreu com os valores de I médio das 4 classes de distância, não significa que não existam indivíduos aparentados próximos. Segundo Lacerda (1997), tal padrão não tem sido encontrado para algumas populações naturais de espécies arbóreas tropicais, tais como em *Cedrela fissilis* (Gandara, 1996), *Aspidosperma polyneuron* (Maltez, 1997), *Genipa americana* (Sebbenn, 1997) e *Chorisia speciosa* (Souza, 1997).

**CONCLUSÕES**

A população natural de capitão-do-campo (*Terminalia argentea*) apresenta indivíduos mais pró-



Classes de distância em metros (Distance classes in meters): I = 0 - 353; 2= 353 - 706; 3= 706 - 1058; 4= 1058 - 1411.

**Figura 1**

Correlograma para o índice I de Moran por classes de distância na população natural de *T. argentea*, em Selvíria-MS. (Correlograma for the I Moran index for distance classes in the natural population of *T. argentea*, in Selvíria - MS)

ximos com maior similaridade para características bioquímicas de sementes, sendo esta estruturação mais evidente num raio de 353 m.

**AUTORES E AGRADECIMENTOS**

JANETE MOTTA DA SILVA é bolsista Fapesp; graduanda em Agronomia pela Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista (FEIS / UNESP) - Av. Brasil Centro, 56 - Ilha Solteira, SP - 15385-000. E-mail: janemotta@ligbr.com.br

MARIO LUIZ TEIXEIRA DE MORAES é Professor Adjunto do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Socioeconomia da Faculdade

de Engenharia da Universidade Estadual Paulista (FEIS / UNESP). Av. Brasil Centro, 56 - Ilha Solteira, SP - 15385-000 - E-mail: teixeira@agr.feis.unesp.br

ALEXANDRE MAGNO SEBBENN é Doutor em Genética e Pesquisador do Instituto Florestal de São Paulo – Caixa Postal 1322 – São Paulo, SP – 01059-970 – E-mail: amsebbenn@bol.com.br

Os autores agradecem à Fapesp pelo apoio financeiro, aos Profs. Drs. Marco Eustáquio de Sá e Maria de Lourdes Teixeira de Moraes Polizeli pelas importantes contribuições e esclarecimentos, às técnicas Selma Maria Bozzite de Moraes e Adelaide Aparecida Buzetti de Sá pela colaboração nas análises laboratoriais, aos funcionários da FEP/UNESP: Ailton dos Reis, José Cambuim, Manoel Fernandes Rocha Bonfim, Alonso Angelo da Silva, Alexandre Marques da Silva pelos trabalhos de coleta de sementes e aos relatores pela contribuição dada para a realização e conclusão do presente trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATISTA, L.A. **Uso de sementes autofecundadas e de polinização livre no melhoramento do conteúdo do óleo em duas subpopulações de milho (*Zea mays* L.)**. Piracicaba, 1981. 132p. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo.
- BECKER, W.M.; LEAVER, C.J.; WEIR, E.M.; RIEZMAN, H. Regulation of glyoxysomal enzymes during germination of cucumber: 1- developmental changes in cotyledonary protein, RNA and enzyme activities during germination. **Plant physiology**, v.62, p.542-549, 1978.
- BERG, E.E.; HAMRICK, J.L. Spatial and genetic structure of two sandhills oaks: *Quercus laevis* and *Quercus margaretta* (Fabaceae). **American journal of botany**, v.81, p.7-14, 1994.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA. SECRETARIA NACIONAL DE DEFESA AGROPECUÁRIA. DEPARTAMENTO NACIONAL DE DEFESA VEGETAL. COORDENAÇÃO DE LABORATÓRIO VEGETAL. **Regras para análises de sementes**. Brasília, 1992. 365p.
- CHUNG, M.G.; CHUNG, J.M.; EPPERSON, B.K. Spatial structure of allozyme polymorphisms within populations of *Rhus trichocarpa* (Anacardiaceae). **Silvae genetica**, n.48, v.5, p.223-227, 1999.
- CHUNG, M.G.; EPPERSON, B.K. Spatial genetic structure of allozyme polymorphisms in a population of *Eurya japonica* (Theaceae). **Silvae genetica**, v.49, p.1-4, 2000.
- CURTIS, J.J.; BURNSON, A.M.; HUBBARD, J.E.; EARLE, F.R. Effect of the pollen parent on oil content kernel. **Agronomy journal**, v.48, n.12, p.551-555, 1956.
- DUBOIS, M.; GILLES, K.H.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugar and related substances. **Analytical chemistry**, v.28, p.350-356, 1956.
- EPPERSON, B.K.; ALLARD, R.W. Spatial autocorrelation analysis of the distribution of genotypes within populations of *Lodgepole Pine*. **Genetics**, v.121, p.269-377, 1989.
- FIGLIOLIA, M.B.; OLIVEIRA, E.C.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. Análise de sementes. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. (Coord.) **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p.137-174
- FONSECA, M.M.; SOUZA, E.R.B.; CHAVES, L.J.; BORGES, J.D.; NAVES, R.V.; SOUZA, T.S.; SOUZA, L.T. Variabilidade genética entre progênies de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC) quanto à emergência de plântulas. **Revista brasileira de genética**, v.20, n.3, supl., p.157, 1997.
- GANDARA, F.B. **Diversidade genética, taxa de cruzamento e estrutura espacial dos genótipos em uma população de *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae)**. Campinas, 1996. 69p. Dissertação (Mestrado). Instituto de Biologia. Universidade Estadual de Campinas
- GARCIA-AGUSTIN, P.; PRIMO-MILLO, E. Ultrastructural and biochemical changes in cotyledon reserve tissues during germination of citrus seeds. **Journal of experimental botany**, v.40, n.212, p.383-390, 1989.
- GARWOOD, D.L.; WEBER, E.J.; LAMBERT, R.J.; ALEXANDER, D.E. Effect of different cytoplasm on oil fatty acids, plant height, and ear height in maize (*Zea mays* L.). **Crop science**, v.10, n.1, p.39-41, 1970.
- GÖMÖRY, D.; PAULE, L. Spatial and microgeographical genetic differentiation of black alder (*Alnus glutinosa* Gaertn.) populations. **Forest ecology and management**, v.160, p.4-9, 2002.
- GRAUDAL, L.; KJAER, E.; THOMSEN, A.; LARSEN, A.B. Planning national programmes for conservation of forest genetic resources. **Technical note Danida**, n.48, p.1-58, 1997.
- LACERDA, C.M.B. **Diversidade genética por isoenzimas em populações naturais de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Freire F. & M.F. Allemão) Anacardiaceae no semi-árido**. Piracicaba, 1997. 84p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo.
- LEGENDRE, P. Spatial autocorrelation: trouble or new paradigm? **Ecology**, v.74, n.6, p.1659-1673, 1993.

- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 3.ed. Nova Odessa: Plantarum, 1992. p.86
- MALTEZ, H.M. **Estrutura genética de *Aspidoperma polyneuron* Muell. Arg. – Apocynaceae (peroba rosa) em uma floresta estacional semidecídua no Estado de São Paulo**. Campinas, 1997. 132p. Dissertação (Mestrado). Instituto de Biologia. Universidade Estadual de Campinas
- MILLER, P.A.; BRIMHALL, B. Factors influencing the oil and protein content of corn grain. **Agronomy journal**, v.47, n.3, p.305-311, 1951.
- MORAES, M.L.T.; SEBBENN, A.M.; LACERDA, M.C.; KAGEYAMA, P.Y. Mating system and spatial genetic structure in natural populations of *Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. Allemão. **Silvae genética**. 23p. 2002. (submetido)
- POTT, A.; POTT, V.J. **Plantas do pantanal**. Corumbá: EMBRAPA/CPAP, 1994. p.84
- RADIN, N.S. Preparation of lipid extracts. In: LOWENSTEINS, J.M. (ed.) **Methods in enzymology**. New York: Academic Press, 1969. v.14, p.245-254
- SEBBENN, A.M. **Estrutura genética de subpopulações de *Genipa americana* L. (Rubiaceae) a partir de isoenzimas**. Piracicaba, 1997. 107p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo
- SHEA, K.; FURNIER, G.R. Genetic variation and population structure in central and isolated populations of Balsam Fir, *Abies balsamiae* (Pinaceae). **American journal of botany**, v.89, n.5, p.783-791, 2002.
- SOKAL, R.R.; ODEN, N.L. Spatial autocorrelation in biology: 1- methodology. **Biological journal of the Linnean Society of London**, v.10, p.199-228, 1978a.
- SOKAL, R.R.; ODEN, N.L. Spatial autocorrelation in biology: 2- some biological implications and four applications of evolutionary and ecological interest. **Biological journal of the Linnean Society of London**, v.10, p.229-249, 1978b.
- SOUZA, L.M.F.I. **Estrutura genética de populações naturais de *Chorisia speciosa* St. Hil. (Bombaceae) em fragmentos florestais na região de Bauru (SP) – Brasil**. Piracicaba, 1997. 76p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo
- STURGIS, F.E.; MIEARS, R.J.; WALKER, R.K. Protein in rice as influenced by variety and fertilizer levels. **Louisiana Experimental Station Technical bulletin**, p.1-466, 1952.