



# AValiação DO MODELO DE JANZEN - CONNELL EM ÁREAS DEGRADADAS: UM ESTUDO DE CASO COM AROEIRA - VERDADEIRA *MYRACRODUON URUNDEUVA* M. ALLEMÃO (ANACARDIACEAE)

S.R.Pereira(1)

A.L.T.Souza(2)

1. Programa de Pós - Graduação em Ecologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de São Carlos silvirahe@gmail.com
2. Departamento de Hibrobiologia, CCBS, Universidade Federal de São Carlos

## INTRODUÇÃO

Janzen (1970) e Connell (1971) propuseram um modelo teórico no qual a maior parte das sementes produzidas por uma planta seria depositada debaixo da copa ou a curtas distâncias da sua base e as taxas de sobrevivência da prole aumentaria no sentido inverso, numa relação positiva com a distância da planta - mãe. Esta hipótese baseou - se nos processos densidade - dependente ocorrendo próximos à planta - mãe. Assim, o pico de recrutamento da prole ocorreria a uma distância intermediária entre a origem e o limite da área de alcance dos propágulos, seguindo um balanço entre a disponibilidade destes propágulos e suas chances de sobrevivência. Os estudos registrados na literatura que testam o modelo de Janzen - Connell normalmente confundem o efeito da densidade de sementes e o efeito da distância da planta - mãe e Nathan & Muller - Landau (2000) enfatizaram a importância da realização de experimentos que envolvam simulações em que cada fator seja analisado separadamente.

Bustamante & Simonetti (2000) apresentaram um modelo explorando o efeito da distância da planta - mãe na predação de sementes e recrutamento de plântulas para árvores agregadas e isoladas de *Cryptocarya alba* (Lauraceae), no Chile Central. Em seus experimentos foram dispostas sementes, em densidade máxima e uniforme, em caixas plásticas localizadas a diferentes distâncias da planta - mãe contendo solo e serrapilheira coletados na base da planta - mãe excluindo o efeito da competição com gramíneas e o efeito da diferença nas características do solo à medida que aumenta a distância da planta mãe. Seus resultados mostraram que para árvores isoladas, a sobrevivência de plântulas seria maior nos sítios próximos a planta - mãe em relação às áreas fora da copa apenas na ausência de predadores, indicando um forte efeito de condições abióticas como estresse de temperatura e luminosidade na distribuição de plântulas sob condições de densidade constante. No entanto, os efeitos de níveis de nutrientes de solos combinados às condições abióticas desfavoráveis como as que ocorrem em áreas de pastagem de-

vem limitar ainda mais a área de distribuição de plantas em torno da planta - mãe.

As condições de estresse que afetam tanto as sementes como as plântulas em áreas de pastos podem ser amenizadas por espécies vegetais denominadas plantas berçário. A facilitação promovida por estas plantas pode ser devido a diversos mecanismos. Por exemplo, a sombra destas plantas pode diminuir a radiação e amenizar temperaturas estressantes para as plântulas que emergem abaixo de suas copas, a umidade do solo embaixo das plantas berçário é maior e a evapotranspiração menor, o que leva à diminuição do estresse hídrico. Além disto, é provável que o solo abaixo destas plantas tenha uma maior disponibilidade de nutrientes devido ao acúmulo de serrapilheira e à umidade mais elevada (Castro *et al.*, 002, Drezner & Garrity 2003).

Vários estudos testaram experimentalmente a hipótese de Janzen e Connell com plantas localizadas no centro ou borda de florestas (Clark & Clark 1984, Schupp 1992, Oliveira - Filho *et al.*, 1996, Bustamante & Simonetti 2000), no entanto as informações oriundas de árvores isoladas em áreas degradadas como os pastos são bastante escassas. Em áreas de pastagem, as condições de solo e a presença de gramíneas podem variar muito entre sítios próximos e distantes das árvores, o que poderia influenciar fortemente a distribuição espacial de plântulas. Assim, é plausível supor que a relação entre as taxas de sobrevivência e a distância da planta - mãe, como proposto no modelo de Janzen - Connell, varie com o ambiente, especialmente em áreas degradadas.

## OBJETIVOS

Este estudo teve por objetivo investigar a relação entre a distribuição espacial de plântulas e o padrão dispersão de sementes, avaliando o modelo de Janzen - Connell em áreas de pastagem, além de quantificar o efeito da densidade e de condições abióticas de solo na distribuição espacial de plantas jovens.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Espécie estudada

*Myracrodruon urundeuva* M. Allemão (Anacardiaceae) é uma espécie arbórea, anemocórica e caducifólia. Floresce durante os meses de junho a julho, e a maturação dos frutos ocorre entre setembro e outubro. É uma espécie ameaçada de extinção, na classe vulnerável devido a sua elevada exploração para o extrativismo e uso medicinal. É recomendada para recuperação de áreas degradadas por ser uma espécie clímax exigente de luz e se desenvolver bem tanto em solos compactados e com gramíneas quanto em matas ciliares.

### Área de estudo

Esse estudo foi conduzido nos campos pecuários da Fazenda Jatobá, localizada no município de Jardim, Mato Grosso do Sul. Os solos predominantes na área de estudo são podzólico vermelho - escuro e vermelho - amarelo. O clima é do tipo Tropical subquente e úmido, com um a dois meses de seca. A precipitação média anual para a região varia entre 1.400 a 1.600 mm. A temperatura média anual varia entre 22°C e 25°C.

### Chuva de sementes e sobrevivência de plantas jovens em relação à distância da planta - mãe

Quatro indivíduos foram sorteados para a condução de uma amostragem descritiva. Em cada uma das árvores foram marcadas parcelas quadradas (0,5 x 0,5m) em três transectos lineares, iniciando na base do tronco das plantas em direção ao exterior, distribuídos homogêneaemente na circunferência da copa. As parcelas foram amostradas ao longo destes transectos até a distância em que o número de sementes no seu interior fosse inferior a 10% da parcela com maior abundância de sementes. A distância entre as parcelas foi baseada no tamanho da copa, de maneira que cada árvore tivesse uma parcela localizada no interior da área de projeção da copa, uma localizada de maneira em que o limite da projeção da copa fique em seu interior, e as demais em intervalos de distâncias similares (a 0,5m) em direção à área aberta. Em cada parcela todas as sementes foram contadas, através de procura visual na superfície do solo.

Para avaliar apenas efeito da distância da planta mãe na emergência e de plântulas de *M. urundeuva* foram marcadas sete árvores. Em cada uma, quatro parcelas foram marcadas ao longo de um transecto em diferentes distâncias da planta - mãe. A primeira parcela foi posicionada no local mais próximo ao tronco (Copa) abaixo da área de projeção da copa, a segunda na interface da copa e a área aberta (Borda), a quarta a aproximadamente 10 metros do tronco da árvore (Dist II) e a terceira foi marcada numa posição equidistante entre as parcelas dois e quatro (Dist I). Em cada parcela foram colocadas 185, 96, 54 e 26 sementes respectivamente (simulação da densidade real, obtida a partir da amostra de chuva de sementes). Assim, quatro coortes de 1.295, 672, 378 e de 182 indivíduos (cada um representando um nível de tratamento) foram acompanhados.

### Efeito da densidade e distância da planta - mãe nas taxas de germinação e sobrevivência de plantas

Sete árvores foram sorteadas para a condução do experimento. Em cada árvore foram marcados dois transectos,

um ao lado do outro, e cada um recebeu um nível de densidade (alta e baixa, sorteadas em cada árvore). Foram marcadas, em cada um dos transectos, quatro parcelas de 0,5 x 0,5m (Copa, Borda, Dist I e Dist II) localizadas em diferentes distâncias da planta - mãe, conforme descrito anteriormente. No tratamento "densidade alta" foram usadas 200 sementes e no tratamento "densidade baixa" 20 sementes. Os oito coortes, sendo quatro com 1.400 e os restantes com 140 indivíduos foram monitorados.

Os experimentos foram acompanhados durante um ano, sendo o monitoramento feito quinzenalmente durante o primeiro mês, mensalmente até que a germinação de sementes cessasse e bimestralmente até o final do período de estudo. Em cada censo foram registrados o número de plantas germinadas e a sobrevivência das mesmas.

### Análise dos dados

A germinação de sementes a diferentes distâncias da planta - mãe foi avaliada através de análise de variância (ANOVA), com um fator fixo (distância da planta - mãe) e um fator aleatório (árvores). Os resultados oriundos do acompanhamento da sobrevivência de indivíduos dos coortes monitorados de *M. urundeuva* foram avaliados através de Análise de Variância (ANOVA) com réplicas temporais sendo que a distância da planta - mãe e a densidade inicial de sementes foram consideradas como fatores fixos.

## RESULTADOS

A análise descritiva do padrão de chuva de sementes de quatro árvores isoladas de aroeira em pasto mostrou que próximo ao tronco das árvores a disponibilidade de sementes é bastante elevada variando, em média, entre 174 e 360 sementes/0,25m<sup>2</sup>. O número de sementes dispersas decaiu rapidamente com o aumento da distância da planta - mãe se ajustando ao modelo de exponencial negativa de primeira ordem. A partir de 10 metros da planta - mãe a densidade média encontrada foi inferior a 50 sementes/0,25m<sup>2</sup>. O modelo explicou a maior parte da variação dos dados ficando entre 64 a 86% nas quatro árvores amostradas a maior parte da variação dos dados. No entanto, os parâmetros destas curvas variaram entre as quatro árvores.

Clark *et al.*, (2005) comparando os padrões de chuva de sementes de nove espécies de árvores em uma floresta tropical em Camarão, África, constatou que, independentemente do vetor de dispersão, a maioria das sementes caem diretamente embaixo da planta - mãe ou num raio de no máximo 60 metros a partir do tronco e que a dispersão de sementes a distâncias superiores podem ocorrer, mas em pequenas proporções. Embora diversos autores mostrem que a deposição de altas quantidades de sementes embaixo da planta - mãe resulte em altas taxas de mortalidade de plântulas (Janzen 1970, Augspurger 1983, Howe *et al.*, 1985), este quadro pode ser diferente quando analisado em áreas degradadas, onde as plantas - mãe podem prover locais de recrutamento embaixo de sua copa por amenizar as condições estressantes da matriz circundante (Wenny 2001, Holl *et al.*, 2000).

A germinação das sementes em densidade real não diferiu entre as distâncias da planta - mãe (F<sub>3,24</sub> = 0,269; p = 0,847). No experimento manipulando densidades altas e baixas de sementes, a germinação também não diferiu em

relação à distância da planta - mãe ( $F_{3,42} = 1,638$ ;  $p = 0,195$ ) e nem em relação à densidade inicial de sementes utilizadas ( $F_{1,42} = 2,705$ ;  $p = 0,108$ ). Em ambos os casos *M. urundeuva* apresentou uma porcentagem de germinação muito baixa, de 1,76% em média, sob condições naturais em pasto. A grande maioria das sementes germinou durante os 166 primeiros dias após o início do experimento.

Um dos principais fatores limitantes para a germinação de sementes em pasto é o estresse de temperatura (Nepstad *et al.*, 1996). A temperatura é um dos fatores que apresentam grande influência tanto na porcentagem de germinação quanto na determinação do vigor das plântulas, influenciando a absorção de água pela semente e as reações bioquímicas que regulam todo o processo metabólico durante as primeiras fases do desenvolvimento (Pacheco *et al.*, 2006). Resultados apresentados por Silva *et al.*, (2002) mostraram que a germinação de *M. urundeuva* ocorre a temperaturas que variam entre 15 a 35°C sendo, porém, mais bem sucedida entre 20 e 30°C. Durante este estudo, a temperatura do solo (100 milímetros superficiais) nos dois primeiros meses após a semeadura das sementes ultrapassou várias vezes os 35°C, tendo alcançado algumas vezes 40°C (CPTEC/INPE), temperatura na qual, segundo Silva *et al.*, (2002), a germinação é nula para a espécie. Portanto, as altas temperaturas as quais as sementes foram submetidas podem ter danificado o embrião, reduzindo assim a porcentagem de germinação das sementes.

A taxa de sobrevivência dos indivíduos de *M. urundeuva*, tanto no experimento envolvendo a densidade real de sementes como no que manipulou densidades alta e baixa de sementes, se assemelhou à curva padronizada do Tipo III (Pearl 1928), indicando extensiva mortalidade inicialmente, mas uma taxa alta de sobrevivência subsequente. Nos quatro coortes que simularam a densidade real de sementes em diferentes distâncias a sobrevivência dos indivíduos diferiu em relação à distância da planta - mãe ( $F_{9,27} = 9,105$ ;  $p < 0,001$ ) e ao longo do tempo ( $F_{3,27} = 33,151$ ;  $p < 0,001$ ). Indivíduos encontrados na borda da copa tiveram uma sobrevivência significativamente maior do que os encontrados na Copa e na Dist II, que apresentou a menor taxa de sobrevivência. Indivíduos localizados na Dist I ocuparam uma posição intermediária, não diferindo significativamente nem da Borda nem da Copa. A sobrevivência decaiu ao longo do tempo independentemente da distância da planta - mãe.

Em parcelas com densidade baixa a sobrevivência média de indivíduos foi maior, aproximadamente três vezes em média, quando comparadas com as de densidade alta. O efeito da distância da planta - mãe nas taxas de sobrevivência de indivíduos diferiu com a densidade inicial de sementes utilizadas (significância da interação Distância da planta - mãe vs. Densidade). Para parcelas com baixas densidades iniciais de sementes, uma maior taxa de sobrevivência foi encontrada para indivíduos localizados na borda da copa da planta - mãe e a menor sobrevivência para indivíduos localizados sob a copa. Em parcelas localizadas a maiores distâncias do adulto co - específico a sobrevivência foi intermediária ( $F_{3,15} = 168,397$ ;  $p < 0,001$ ).

A curva de sobrevivência do Tipo III é uma característica de espécies que produzem muitos descendentes e cuja sobrevivência inicial é baixa, mas uma vez que os indivíduos

atingem um tamanho mínimo o risco de morte diminui e permanece baixo (Pearl 1928). *M. urundeuva* produz uma grande quantidade de pequenas sementes (55.500 sementes por kg). A hipótese do “efeito de reserva” prevê que plântulas provenientes de sementes pequenas podem ser mais susceptíveis às oscilações ambientais devido à baixa quantidade de reservas que poderiam ser disponibilizadas para o crescimento e sobrevivência em condições estressantes e de escassez de nutrientes (Kidson & Westoby 2000, Green & Juniper 2004). Plântulas oriundas de sementes pequenas não resistem a longos períodos de condições adversas, uma vez que seu sistema radicular é pouco desenvolvido e não são capazes de alcançar água em camadas mais profundas do solo. Camargo *et al.*, (2002) e Hooper *et al.*, (2002) encontraram que as espécies com sementes pequenas apresentaram uma menor taxa de sobrevivência em áreas de pasto quando comparadas às de sementes grandes.

A hipótese inicial deste estudo propôs uma relação inversa entre a sobrevivência de indivíduos e a distância da planta - mãe, sendo que plantas jovens teriam mais chances de sobreviver embaixo da planta - mãe. Nossos resultados corroboram parcialmente esta hipótese. Em todas as densidades utilizadas, indivíduos localizados na borda da copa das árvores apresentaram uma maior taxa de sobrevivência em relação às parcelas localizadas a maiores distâncias da planta - mãe, sugerindo que a planta - mãe pode estar atuando como um fator amenizador das condições estressantes no pasto. No entanto, indivíduos localizados próximos ao tronco tiveram uma taxa de sobrevivência inferior aos da borda da copa. Segundo Janzen (1970), predadores ou patógenos que respondem à densidade de suas presas como insetos, fungos, bactérias e vírus atuam fortemente em locais mais próximos à planta - mãe e não se distanciam das mesmas para forragear. Embora não tenha sido avaliado, este pode ser um fator importante na redução da sobrevivência de plantas jovens em sítios próximos ao tronco da planta - mãe. A região da borda da copa poderia, portanto, funcionar como um sítio favorável para o recrutamento de indivíduos de aroeira, uma vez que estariam mais afastados das regiões críticas embaixo da copa, mas sob a influência da planta - mãe que amenizaria as condições abióticas estressantes ou devido a maior quantidade de recursos de solo nestes locais, provenientes da retenção de poeira e da queda de flores e folhas oriundas da planta - mãe. Assim um balanço positivo entre os fatores de mortalidade dependentes e independentes de densidade poderia ocorrer.

## CONCLUSÃO

Este estudo mostrou que indivíduos adultos de *M. urundeuva* provêm um sítio mais favorável para a sobrevivência de co - específicos na borda de sua copa, independentemente da densidade inicial de sementes utilizadas.

Agradecemos à Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT) pelo apoio financeiro e bolsa de pós - graduação concedida à primeira autora.

## REFERÊNCIAS

- Augspurger, C.K. Seed dispersal of the tropical tree, *Platypodium elegans*, and the escape of its seedlings from fungal pathogens. *Journal of Ecology* 72: 759 - 771, 1983.
- Bustamante, R.O., Simonetti, J.A. Seed predation and seedling recruitment in plants: the effect of distance between parents. *Plant Ecology* 147: 173 - 183, 2000.
- Camargo, J.L.C., Ferraz, I.D.K., Imakawa, A.M. Rehabilitation of degraded areas of Central Amazonia using direct sowing of forest tree seeds. *Restoration Ecology* 10: 636 - 644, 2002.
- Castro, J., Zamora, R., Hódar, J.A., Gómez J.M. Use shrubs as nurse plants: a new technique for reforestation in Mediterranean Mountains. *Restoration Ecology* 10: 297 - 305, 2002.
- Clark, D.A., Clark, D.B. 1984. Spacing of dynamics of a tropical rain forest tree: evaluation of the Janzen - Connell model. *The American Naturalist* 124: 769 - 788.
- Clark, C.J., Poulsen, J.R., Bolker, B.M., Connor, E.F., Parker, V.T. Comparative seed shadows of bird - , monkey - , and wind - dispersed trees. *Ecology* 86: 2684 - 2694, 2005.
- Connell, J.H. On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine and in rain forest trees. In: *Dynamics of populations* (Eds B.J. den Boer & G.R. Gradwell), Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, pp. 298 - 310. 1971.
- Drezner, T.D., Garrity, C.M. Saguaro Distribution under Nurse Plants in Arizona's Sonoran Desert: Directional and Microclimate Influences. *The Professional Geographer* 55: 505 - 512, 2003.
- Green, P.T., Juniper, P.A. Seed mass, seedling herbivory and the reserve effect in tropical rainforest seedlings. *Functional Ecology* 18: 539-547. 2004.
- Holl, K.D., Loik, M.E., Lin, E.H.V., Samuels, I.A. Tropical montane forest restoration in Costa Rica: overcoming barriers to dispersal and establishment. *Restoration Ecology* 8: 339 - 349, 2000.
- Howe, H.F., Schupp, E.W., Westley, L.C. Early consequences of seed dispersal for a Neotropical tree (*Virola surinamensis*). *Ecology* 66: 781-791, 1985.
- Janzen, D.H. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. *American Naturalist* 104: 501 - 508. 1970.
- Kidson, R., Westoby, M. 2000. Seed mass and seedling dimensions in relation to seedling establishment. *Oecologia* 125: 11 - 17.
- Nathan, R., Muller - Landau, H.C. Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment. *Trends in Ecology & Evolution* 15: 278 - 285, 2000.
- Nepstad, D.C., Uhl, C., Pereira, C.A., Cardoso da Silva, J.M. 1996. A comparative study of tree establishment in abandoned pasture and mature forest of eastern Amazonia. *Oikos* 76: 25 - 39.
- Oliveira - Filho, A.T., Camisão - Neto, A.A., Volpato, M.M.L. Structure and dispersion of four tree populations in an area of montane semideciduous forest in southeastern Brazil. *Biotropica* 28: 762 - 769, 1996.
- Pacheco, M.V., Matos, V.P., Ferreira, R.L.C., Feliciano, A.L.P., Pinto, K.M.S. Efeito de temperaturas e substratos na germinação de sementes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (Anacardiaceae). *Revista Árvore* 30: 359 - 367, 2006.
- Pearl, R. *The Rate of Living*. Knopf, New York. 1928.
- Schupp, E.W. The Janzen - Connell model for tropical tree diversity: population implications and the importance of spatial scale. *The American Naturalist* 140: 526 - 530, 1992.
- Silva, L.M.M., Rodrigues, T.J.D., Aguiar I.B. Efeito da luz e da temperatura na germinação de sementes de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão). *Revista Árvore* 26: 691 - 697. 2002.
- Wenny, D.G. Advantages of seed dispersal: a re - evaluation of directed dispersal. *Evolutionary Ecology Research* 3: 51 - 74. 2001.