



VARIAÇÕES FENOTÍPICAS EM *CARYOCAR BRASILIENSE* CAMBESS. 1828 (CARYOCARACEAE) EM ÁREA DE CERRADÃO E CERRADO SENSU STRICTO NO PARQUE ESTADUAL SERRA DE CALDAS NOVAS, GO

Liliane Martins de Oliveira^{1,2}

Carlos Henrique Nunes^{1,2}; Renata Leal Marques^{1,3}

¹ Mestrandos do Programa de Pós - graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais, UFU, ²Bolsista Fapemig, ³Bolsista Capes, E - mail: lilianebioufu@yahoo.com.br.

INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado é um complexo vegetacional que engloba diversas fitofisionomias com formações de florestas, savanas e campos. Possui grande variação edáfica tanto em textura, como em composição e fertilidade do solo, que exercem forte influência no aspecto geral da vegetação (Goodland e Pollard, 1973; Lopes e Cox, 1977; Furley e Ratter, 1988). Por apresentar ambientes heterogêneos e de transição, o bioma Cerrado favorece a manifestação de plasticidade fenotípica e até mesmo a formação de ecótipos (Fuzeto e Lomônaco, 2000).

Estudos evidenciaram, tanto para animais quanto para plantas, que o desenvolvimento de mudanças em características funcionais estão ligadas a fatores ambientais a que estes são expostos (Grime e Mackey, 2002). Diante da heterogeneidade do Cerrado, pode ocorrer de os organismos desenvolverem uma especialização local expressando caracteres com baixa herdabilidade, de acordo com as demandas ambientais (Scheiner e Callahan, 1999). Essa capacidade de o genótipo de um organismo expressar diferentes fenótipos em resposta a distintos ambientes é denominada plasticidade fenotípica (Schlichting, 1986; Scheiner, 1993). Espécies com grande potencial para plasticidade apresentam vantagens adaptativas em ambientes instáveis, heterogêneos ou de transição, uma vez que as mudanças podem favorecer a utilização de novos nichos, aumentando a tolerância dos organismos a diferenças ambientais (Via, 1993; Via *et al.*, 1995).

A plasticidade fenotípica pode ser considerada um mecanismo gerador de variabilidade genética, já que a seleção natural age sobre os fenótipos. Além disso, se as mudanças fenotípicas persistirem e forem mantidas por seleção disruptiva, poderá favorecer o surgimento de subespécies, raças ou ecótipos (Via e Lande, 1985; Thompson, 1991).

A plasticidade fenotípica é considerada um mecanismo adaptativo muito importante para as plantas em resposta a alterações de curto prazo no seu ambiente (Larcher, 2000) e

à competição por recursos existentes no meio. Isso porque, as plantas são destituídas de mecanismos de movimentação complexos como os animais, estando sujeitas às condições de inúmeros estresses que podem limitar seu desenvolvimento e sucesso reprodutivo na área que estejam estabelecidas. Segundo Grime e Mackey (2002) a plasticidade é expressa continuamente em todas as plantas na utilização de recursos, impedindo a herbivoria ou o efeito de patógenos, aumentando ou mantendo o fitness do organismo. Deste modo, estudos sobre plasticidade fenotípica fazem - se necessários para a compreensão dos mecanismos de evolução dos organismos, bem como para elaboração de modelos de distribuição e abundância das espécies.

A espécie *Caryocar brasiliense* Cambess. 1828 (Caryocaraceae) possui ampla distribuição no Cerrado brasileiro (Ratter *et al.*, 1997). É uma planta semidecídua, heliófita e seletiva xerófila (Lorenzi, 2002), cresce, geralmente, como uma árvore, esgalhada e de altura variável, podendo atingir 15m. O tronco é tortuoso, a casca é espessa, com fendas de cor escura, amarela ou pardo - amarela (Ferreira, 1980; Rizzini, 1971). Os ramos são grossos, as folhas são trifolioladas e opostas, com folíolos de margem crenada, rugosos e aveludados. (Gomes; Amâncio, 1995 apud Fernandes, 2008). O pequiizeiro renova a folhagem e floresce no final da estação seca, entre agosto e novembro (Gribel, 1986 apud Fernandes, 2008). A deciduidade foliar representa adaptação contra a perda de água por um período desfavorável, havendo translocação de nutrientes das folhas (Rizzini, 1971).

OBJETIVOS

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi verificar a ocorrência de plasticidade fenotípica em indivíduos de *Caryocar brasiliense* que ocorrem em duas fitofisionomias distintas de Cerrado, cerradão e cerrado *sensu stricto* (s.s.), no Parque Estadual Serra de Caldas Novas, GO.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

O estudo foi realizado no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas (PESCAN) localizado entre os municípios de Caldas Novas e Rio Quente, no sudeste do Estado de Goiás. Possui uma área de 123 km², onde podem ser observadas diferentes fisionomias do Cerrado. O trabalho foi realizado em duas áreas com fitofisionomias distintas, cerrado e cerrado *sensu stricto*, distantes cerca de 500 metros uma da outra. O cerrado localiza-se na base do parque entre os pontos 17°46'160"S 48°39'540"O e 17°46'247"S 48°39'466"O, e apresenta altitude de cerca de 750m. O cerrado s.s. localiza-se no platô entre os pontos 17°47'525"S 48°40'372"O e 17°47'968"S 48°40'106"O, e tem altitude de cerca de 950m.

Procedimentos

Foram amostrados aleatoriamente 15 indivíduos de *Caryocar brasiliense* por fitofisionomia. Foram coletadas 10 folhas de cada indivíduo, portanto, 150 folhas em cada fisionomia e um total de 300 folhas. Os ramos foram coletados ao redor da base da copa em pontos diferentes utilizando um podão de 5 metros. Foram coletadas folhas completamente estendidas e que não apresentassem sinais de alteração em suas dimensões devido à herbivoria ou patógenos. Durante as coletas os indivíduos tiveram suas alturas estimadas com auxílio de vara graduada. Todas as medições das folhas foram feitas com régua de 30 cm, tomadas na superfície adaxial. Apenas a contagem de nervuras nos lados direito e esquerdo do limbo foliar foi realizada na superfície abaxial. Para cada um dos folíolos da folha de pequi obtiveram-se as variáveis: comprimento, largura (tomada na metade do comprimento do limbo), número de nervuras principais do lado direito e esquerdo do limbo foliar. Também foi medido o comprimento do pecíolo da folha. A área foliar foi estimada pelo método de grades, utilizando uma transparência com grades de 1cm², contando os pontos preenchidos pelo limbo foliar. O valor obtido na contagem de pontos foi multiplicado pela área de um gride, obtendo-se a área foliar (Faleiro, 2006).

Análise dos Dados

Foi realizada uma Análise de Componentes Principais (ACP) com seis variáveis morfométricas (comprimento e largura dos folíolos apical, direito e esquerdo). Essa análise simplifica os dados originais, caso estejam correlacionados entre si, deles extraindo índices multivariados de tamanho. Os índices de tamanho correspondem aos coeficientes ("scores") do primeiro componente principal e os demais componentes principais denotam distorções na forma dos organismos analisados (Manly, 1994). Uma segunda Análise de Componentes Principais foi realizada com nove variáveis morfológicas (número de nervuras: lado direito e esquerdo do limbo dos folíolos apical, direito e esquerdo, área foliar dos folíolos apical, direito e esquerdo). Esse passo foi realizado apenas para simplificar os dados originais, quantificados por contagens, em índices multivariados chamados aqui de "ecológicos". Esses índices ecológicos também correspondem aos coeficientes ("scores") do primeiro componente principal, estão relacionados à morfologia foliar, mas não são referentes à tamanho. Foi utilizado o teste Lilliefors - Kolmogorov Smirnov para testar

a normalidade dos dados. Para verificar se havia diferenças na altura, no comprimento do pecíolo, índices de tamanho e índices ecológicos dos pequizeiros entre as duas fitofisionomias (cerradão e cerrado s.s.) foi utilizado Teste t. As correlações fenotípicas entre as variáveis altura, comprimento do pecíolo, índices de tamanho e ecológico foram verificadas por meio de testes de Correlação Linear de Pearson (Zar, 1999). Todas as análises dos dados foram realizadas com o software Systat® 10.2 (Systat, 2002).

RESULTADOS

Os primeiros componentes principais da matriz de correlação entre medidas das folhas de *Caryocar brasiliense*, que ocorrem em ambientes diferentes, mostram que cerca de 83% das variações podem ser explicadas pelo tamanho, e que os remanescentes 17% podem ser explicados por variações na forma dos indivíduos. Uma vez que, a maior parte das variações encontradas deveu-se a diferenças de tamanho entre os indivíduos, os coeficientes do primeiro componente principal foram considerados bons estimadores de um índice multivariado de tamanho. Os sinais dos coeficientes do primeiro componente principal foram todos positivos. As larguras dos folíolos obtiveram sinal negativo no segundo componente principal, o que demonstra a ocorrência de distorção na forma, de modo que, um aumento no comprimento dos folíolos não é linearmente acompanhado por um aumento na largura dos folíolos, gerando distorções na forma da folha.

Como as variáveis não-métricas, estavam significativamente correlacionadas, a ACP foi considerada adequada para a obtenção do índice multivariado ecológico. Cerca de 51,6% da porcentagem total de variância foi explicada pelo primeiro componente principal e cerca de 49,4% do total de variância explicada foram explicadas pelo segundo componente. Os sinais dos coeficientes do primeiro componente principal foram todos positivos. Mas áreas foliares dos folíolos obtiveram sinal negativo no segundo componente principal, o que demonstra que modificações na área foliar não são acompanhadas linearmente por modificações no número de nervuras.

Não foram verificadas diferenças significativas nos índices de tamanho ($t = -0,876$; $gl = 28$; $p = 0,388$) e nos índices ecológicos ($t = -0,081$; $gl = 28$; $p = 0,936$) entre as fitofisionomias cerrado e cerrado sentido restrito. Deste modo, não ocorreram variações morfológicas nas folhas dos pequizeiros em função do ambiente em que os indivíduos ocorrem. É possível que a espécie *Caryocar brasiliense* seja tolerante a variações ambientais que poderiam ser encontradas nas áreas desse estudo, especialmente tolerante, por exemplo, à diferentes condições edáficas. Nesse sentido, a tolerância poderia ser sugerida pela ocorrência de *Caryocar brasiliense* em diferentes fitofisionomias do bioma Cerrado, mantendo conteúdo de nutrientes semelhante em suas folhas, como constatado por alguns autores. De acordo com Almeida *et al.*, (1998) e Naves (1999), o pequizeiro é nativo em cerrado distrófico e mesotrófico, cerrado denso, cerrado *sensu stricto* e cerrado ralo, e se adapta, com facilidade, aos diversos tipos de solos e de condições de crescimento ocorrentes na região de Cerrado. Ocorre tanto em formações

primárias, como secundárias e pioneiras (Lorenzi, 2002), em áreas de boa luminosidade (Silva, 1993) e ocupa ampla faixa de distribuição em termos de variação na qualidade do solo e disponibilidade de nutrientes para o indivíduo (Lorenzi, 2002). Ferreira e colaboradores (1987) relatam que, pelo fato de o pequi ser característico de solos com baixa fertilidade, é surpreendente os teores de minerais encontrados em suas folhas, conduzindo a hipótese de que ele seja uma planta bastante eficiente na extração de nutrientes do solo em quantidades semelhantes em diferentes tipos de solo.

Foi encontrada diferença significativa entre as duas fitofisionomias na altura dos indivíduos ($t = 5,180$; $gl = 28$; $p < 0,0001$), sendo que valores médios de altura foram maiores na fitofisionomia cerrado. Dados semelhantes de altura para essa espécie já foram observados por Siqueira (2006). Tendo em vista que o cerrado apresenta uma maior densidade de vegetação arbórea, e que este fato está associado a uma menor incidência de luminosidade é possível que a competição por luz seja aumentada nesse ambiente, favorecendo indivíduos mais altos (Siqueira, 2006).

No que se refere ao comprimento do pecíolo, este também diferiu entre cerrado e cerrado *sensu stricto* ($t = 2,196$; $gl = 28$; $p = 0,037$), sendo em média maior no cerrado. Os pecíolos de uma planta podem, adaptativamente, ter seu comprimento ajustado para aumentar a exposição do limbo à luz, evitando a superposição (King e Maindonald, 1999; Kimura e Simbolon, 2002) e deste modo otimizando o ganho de carbono, o que seria uma estratégia relevante quando a espécie ocorre em área florestal fechada, com menor incidência de luminosidade, como é o caso do cerrado. No cerrado s.s. onde a incidência de luz é maior, esse investimento não seria necessário para a planta, e outras estratégias poderiam ser utilizadas, como por exemplo, o padrão de ramificação e arquitetura apresentado por uma planta.

Foi verificada a correlação positiva entre comprimento do pecíolo e os índices de tamanho das folhas ($r = 0,456$; $p = 0,011$) e ecológicos ($r = 0,379$; $p = 0,039$), pode-se supor a existência de um mecanismo de regulação genética comum para esses caracteres, determinando o crescimento da folha como um todo de modo integrado (Schlichting, 1986; Scheiner; Callahan, 1999), não sendo, possivelmente, o comprimento do pecíolo definido apenas pela luminosidade do ambiente. Entretanto, Niklas (1999) e King (2001) advertem que, embora pouco se saiba sobre a estrutura mecânica e funções adaptativas do pecíolo descobertas nos campos da computação gráfica e arquitetura das plantas revelam padrões de regulação complexos envolvendo hormônios, influência de fatores ambientais, além de destacarem sua importância na estruturação arquitetônica da planta. Desse modo, a tendência para o alongamento do pecíolo na área mais sombreada pode não ter ocorrido apenas por influência direta de determinado fator ambiental.

Não foi encontrada correlação significativa entre a altura dos pequizeiros e as médias dos índices de tamanho e índices ecológicos ($r = -0,153$; $p = 0,420$ e $r = -0,036$; $p = 0,849$, respectivamente). Mas, foi verificada uma correlação positiva entre as médias dos índices de tamanho e índices ecológico ($r = 0,542$; $p = 0,002$).

Deste modo, é possível inferir que quanto maior o tamanho

das folhas de pequi, maior será o número de nervuras e a área foliar, mais uma vez ressaltando a possível existência de uma regulação genética comum para as variáveis mensuradas nesse estudo, determinando o crescimento da folha como um todo de modo integrado como já proposto por Schlichting (1986), e Scheiner e Callahan (1999). Além disso, esse mecanismo de regulação genética do tamanho foliar parece não estar relacionado à determinação da altura dos indivíduos de *Caryocar brasiliense*.

CONCLUSÃO

Embora não tenha sido verificada plasticidade fenotípica nos caracteres mensurados de morfologia foliar, e tenha sido verificada plasticidade na altura dos indivíduos de *Caryocar brasiliense*, é possível que ocorra plasticidade em outros aspectos não avaliados nesse estudo, que também são importantes para determinação de plasticidade em plantas, como indicado por Sultan (1987) e Brandshaw (1965). Nesse sentido, é relevante lembrar que plasticidade fenotípica retrata a habilidade de um organismo alterar sua fisiologia e/ou morfologia em decorrência de sua interação com o ambiente, sem ocorrerem mudanças genéticas (Brandshaw, 1965). Em plantas essa plasticidade pode ser expressa no crescimento em altura, na anatomia e morfologia das estruturas vegetativas e reprodutivas, na alocação absoluta e relativa de biomassa, na taxa fotossintética e fenologia (Sultan, 1987).

Agradecimentos

À Profa. Dra. Cecília Lomónaco pelos ensinamentos de análise multivariada. Ao Prof. Dr. Paulo Eugênio Oliveira pela indicação da espécie vegetal. À Fapemig e à Capes pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- Almeida, S.P. de; Proença, C.E.B.; Sano, S.M.; Ribeiro, J.P. Cerrado: espécies vegetais úteis. Planaltina: EMBRAPA - CPAC, 1998. 464p.
- Bradshaw, A.D. Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. In: *Advances in Genetics* (E.M. Casparly & J.M. Thoday, eds.). Academic Press, New York. 1965. p.115 - 155.
- Faleiro, W. Morfologia Foliar em Plantas de Cinco Fitofisionomias de Cerrado do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas. UNIMONTES Científica, 2006.v. 8, p. 107 - 117.
- Fernandes, R.C. Diversidade e estrutura genética em populações naturais de pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb.) no Norte de Minas Gerais. Dissertação (Mestrado). Lavras: UFLA, 2008. 65p.
- Ferreira, F.R.; Bianco, S.; Durigan, J.F; Belingieri, P.A. Caracterização física e química de frutos maduros de pequi. p.643 - 646. In: *Anais do Congresso Brasileiro de Fruticultura*, 9. Campinas - SP. 1987.
- Ferreira, M.B. Frutos comestíveis nativos de cerrado em Minas Gerais. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 1980.v.6, n.61, p 9 - 18.

- Furley P.A.; Ratter, J.A.** Soil resource and plant communities of central Brazilian cerrado and their development. *Journal of Biogeography*, 1988. v. 15 p. 97 - 108.
- Fuzeto, A.P.; Lomônaco, C.** Potencial plástico de *Cabralea canjerana* subsp. *polytricha* (Adr. Juss.) Penn. (Meliaceae) e seu papel na formação de ecótipos em área de cerrado e vereda, Uberlândia, MG. *Revista Brasileira de Botânica* 2000. v. 23 p.169 - 176.
- Goodland, R. J.; Pollard, R.** The Brazilian cerrado vegetation: a fertility gradient. *Journal of Ecology*, 1973. v. 61 p. 219 - 224.
- Grime J.P.; Mackey, J.L.M.** The role of plasticity in resource capture by plants. *Evolutionary Ecology*, 2002. v. 16 p.299 - 307.
- Kimura, M.; Simbolon, H.** Allometry and life history of a forest understory palm *Pinanga coronata* (Arecaceae) on Mount Halimud, West Java, 2002.
- King, D. A; Maindonald, J. H.** Tree architecture in relation to leaf dimension and tree stature in temperate and tropical rain forest. *Journal of Ecology*, 1999. v. 87 n.6 p.1012 - 1024.
- King, D. A.** Stem orientation is related to growth rate, leaf dimensions and the deciduous habit in temperate forest samplings. *Canadian Journal of Botany*, 2001. v. 79 n. 11 p.1282 - 1291.
- Larcher, W.** *Ecofisiologia vegetal*. RiMA São Carlos, 2000. 531p.
- Lopes, A.S.; Cox, F.R. Cerrado vegetation in Brazil: an edaphic gradient. *Agronomy Journal*, 1977.v. 69 p. 828 - 831.
- Lorenzi, H.** *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil*. 4ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. v.1, 368 p.
- Manly, B.F.J.** 1994. *Multivariate statistical methods*. 2nd. ed., London, Chapman & Hall, 215p.
- Naves, R.V.** *Espécies frutíferas nativas dos Cerrados de Goiás: caracterização e influência do clima e dos solos*. Tese (Doutorado em Produção Vegetal)-Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO. 1999.
- Niklas, K.J.** A mechanical perspective on foliage leaf form and function. *New Phytologist*, 1999. v. 143 n. 1 p. 19 - 31.
- Ratter, J.A.; Ribeiro, J.F.; Bridgewater, S.** The Brazilian Cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Annals of Botany*, 1997.v.80, p.223 - 330.
- Rizzini, C.T.** *Árvores e arbustos do Cerrado*. Rodriguésia, Rio de Janeiro, v26, n38, p.63 - 77, 1971.
- Scheiner, S.M. Callahan, H.S.** Measuring natural selection on phenotypic plasticity. *Evolution*. 1999. v. 53 p.1704 - 1713.
- Scheiner, S. M.** Genetics and evolution of phenotypic plasticity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1993. v.24. p.35 - 68.
- Schlichting, C.D.** The evolution of phenotypic plasticity in plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*.1986. v. 17. p. 667 - 693.
- Silva, J.G.M.** *Relações solo - vegetação como instrumento para o manejo da vegetação do cerrado do Triângulo Mineiro*. Tese (Doutorado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, MG. 1993.136p.
- Siqueira, A.S.** 2006. *Alometria de Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae) em diferentes fisionomias do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, GO. *Biota Neotropica*, 6(3): Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/bn/v6n3/v6n3a18.pdf> > 12 ago. 2008.
- Sultan, S.E.** Evolutionary implications of phenotypic plasticity in plants. *Evolutionary Biology*, 1987. v. 21 p. 127 - 178.
- SYSTAT.** *Systat®10.2 software*. Systat products, SPSS Inc, 2002.
- Thompson, J. D.** Phenotypic plasticity as a component of evolutionary change. *Trends in Ecology and Evolution*, 1991. v. 6 p. 246 - 249.
- Valladares, F.; Allen, M.T.; Pearcy, R.W.** Photosynthetic responses to dynamic light under field conditions in six tropical rainforest shrubs occurring along a light gradient. *Oecologia*, 2000. v. 111 p. 505 - 514.
- Via, S.** Adaptive phenotypic plasticity: target or by-product of selection in a variable environment. *The American Naturalist*, 1993. v. 142. p.352 - 365.
- Via, S.; Gomulkiewicz, R.; DeJong.; Scheiner, S.M.; Schlichting, C.D.; VanTierden, P.H.** Adaptive phenotypic plasticity: consensus and controversy. *Trends in Ecology and Evolution*, 1995. v. 19 p. 212 - 217.
- Via, S.; Lande, R.** Genotype - environment interactions and the evolution of phenotypic plasticity. *Evolution*, 1985. v. 39 p. 505 - 522.
- Zar, J.H.** *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, London, 663p. 1999.