



ISSN: 2525-815X

Journal of Environmental Analysis and Progress

Journal homepage: www.jeap.ufrpe.br/

10.24221/jeap.5.2.2020.2814.186-193



Avaliação da germinação de sementes de *Spondias tuberosa* Arr. dispersas por caprinos

Germination evaluation of *Spondias tuberosa* Arr. seeds dispersed by goats

Fernando Henrique de Sena^a, Jarcilene Silva de Almeida^a

^a Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, Departamento de Botânica, Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal-PPGBV, Laboratório de Interações Multitróficas. Rua Professor Moraes Rego, s/n. Cidade Universitária, Recife-PE, Brasil. CEP: 50670-901. E-mails: fhsena@gmail.com, jarcilene@pq.cnpq.br.

ARTICLE INFO

Recebido 16 Out 2019
Aceito 07 Mai 2020
Publicado 08 Mai 2020

ABSTRACT

High goat densities in tropical dry forests have caused severe problems regarding vegetation recruitment, growth, distribution, and regeneration capacity, especially for endemic species. Seedlings of *Spondias tuberosa* Arr. (umbu), a Caatinga endemic tree and of great socio-cultural importance are quite rare due to their consumption. Despite this problem, it is a possible role as a seed disperser in some regions is neglected. Therefore, the objective was to investigate the germination power of *S. tuberosa* after passage through the gastrointestinal tract of goats. Seeds were offered to 13 goats housed in a small enclosure. All of them regurgitated seeds, and those disposed of in the feces were collected. Control and mechanically treated seeds were also tested. About 69% of the seeds were recovered. The germination percentage was higher in the seeds that were regurgitated by goats compared to the other treatments. The average germination time, emergence speed index, and synchronization were statistically different in mechanically scarified seeds. The results indicate that *S. tuberosa* seeds consumed by goats show a considerable recovery rate, mainly due to their regurgitation mechanism. This process is also responsible for the increase of the germination rates of the umbu; however, it's necessary also to consider the deposition pattern, which in this case is usually more aggregate, reducing the chances of seeds establishment in the wild.

Keywords: Caatinga, goat, tropical dry forest, umbu.

RESUMO

Elevadas densidades de caprinos em florestas tropicais secas têm causado sérios problemas em relação ao recrutamento, crescimento, distribuição e capacidade regenerativa de plantas, especialmente para espécies endêmicas. Plântulas de *Spondias tuberosa* Arr. (umbu), uma frutífera endêmica da Caatinga e de grande importância sociocultural, estão escassas em virtude da alimentação destes animais. Apesar dessa problemática, uma eventual tarefa desses animais como dispersores de sementes em regiões mais defaunadas é desprezada. Diante disso, o objetivo do estudo foi avaliar o poder germinativo de sementes de umbuzeiro após passagem pelo trato gastrointestinal de caprinos. Sementes foram oferecidas a 13 caprinos, alojados em um pequeno cercado. Todas as sementes regurgitadas e as dispostas nas fezes foram coletadas. Sementes com escarificação física e controle também foram testadas. A taxa de recuperação de sementes foi de 69%. O percentual médio de germinação apresentou índices maiores para o tratamento das sementes regurgitadas quando comparado aos demais. O tempo médio de germinação, o índice de velocidade de emergência e a sincronia foram estatisticamente diferentes nas sementes escarificadas mecanicamente. As sementes de umbu consumidas por caprinos obtiveram um percentual de recuperação elevado especialmente pelo processo de regurgitação das mesmas, sendo responsável também pelo incremento porcentagem média de germinação da espécie. Apesar destes pontos, é necessário

considerar o modo como as sementes são depositadas, que neste caso, é normalmente agregado, diminuindo as chances de estabelecimento da espécie em ambientes naturais, não podendo, portanto, considerá-lo como dispersor legítimo.

Palavras-Chave: Bode, caatinga, floresta tropical seca, umbu.

Introdução

A dispersão de sementes pode ser entendida, de maneira geral, como a distribuição espacial de diásporos até um local adequado para germinação, o que favorece o aumento na sua probabilidade de sobrevivência (Schupp, Jordano & Gómez, 2010). O processo pode envolver diferentes tipos de agentes dispersores, entre eles o vento (anemocoria) e animais (zoocoria), que são mais propícios a dispersões em longas distâncias (Pires et al., 2018; Muñoz-Gallego, Traveset & Fedriani, 2019). Quanto à zoocoria, é necessário considerar o importante papel da passagem de sementes pelo trato gastrointestinal dos animais (i.e. endozoocoria) (Delibes, Castañeda & Fedriani, 2019; Muñoz-Gallego, Traveset & Fedriani, 2019). Podem ser consideradas ainda a endozoocoria parcial, ou regurgitação, onde sementes são ingeridas e regurgitadas; e a endozoocoria total, quando diásporos são ingeridos e posteriormente defecados (Baltzinger, Karimi & Shukla, 2019).

O sucesso final da germinação após a ingestão de sementes pelo animal é dependente de fatores quantitativos e qualitativos, entre eles, o número total e palatabilidade das sementes que foram consumidas e o sistema digestivo do animal (Pakeman, Digneffe & Small, 2002; Albert et al., 2015). Para algumas espécies vegetais, a simples permanência das sementes nos bancos dos solos não garantem seu sucesso, tendo a dispersão por meio da endozoocoria um papel significativo para a sua sobrevivência. Tais sementes requerem a escarificação (física ou química) do seu revestimento, eliminando os possíveis inibidores de germinação ou favorecendo as trocas gasosas, a absorção de água e a reativação de processos metabólicos (Traveset & Verdú, 2002; Albert et al., 2015). Deste modo, estudos que envolvam os mecanismos da dispersão de sementes e a sua potencial germinabilidade são fundamentais para compreensão da habilidade de colonização das plantas em nível de paisagem (Galetti et al., 2006; Muñoz-Gallego, Traveset & Fedriani, 2019).

A dispersão de sementes através de animais, seja por consumo de frutos, geralmente bagas ou drupas, ou unicamente pelo transporte quando aderidas ao corpo dos animais, favorece a redução na competição intraespecífica com a planta matriz e/ou no ataque por patógenos ou predadores em virtude da densidade; além de que, dependendo do tempo de permanência da semente no animal e

a distância que o animal percorre irá auxiliar na colonização de novos habitats e no aumento do fluxo gênico (Schupp, Jordano & Gómez, 2010; Thomson et al., 2011)

Os dispersores podem ser classificados como legítimos, onde há adequação do local de deposição para a germinação (Traveset et al., 2019); eficientes, quando existe probabilidade do aparecimento de sementes não danificadas pelo dispersor (Herrera, 1989; Muñoz-Gallego, Traveset & Fedriani, 2019); ou uma fração de ambos. O aparecimento de sementes nas fezes de caprinos e outros herbívoros domésticos tem sido relatado em estudos no mediterrâneo (Mancilla, Fernández & Martín, 2011; Muñoz-Gallego, Traveset & Fedriani, 2019). Por outro lado, o papel de ungulados como predadores de sementes também tem sido bastante documentado (Lecomte et al., 2016; Delibes, Castañeda & Fedriani, 2019).

Atualmente na Caatinga e em outras regiões áridas do planeta, os caprinos criados de forma extensiva e com elevada densidade de animais, tem sido responsáveis por alterações destes ecossistemas (Leal, Vicente & Tabarelli, 2003; Schulz et al., 2018; 2019). Principais fontes de degradação nessas regiões, os caprinos reduzem o recrutamento, crescimento e distribuição geográfica da vegetação e afetam a estrutura, regeneração e a ciclagem dos nutrientes, especialmente em espécies endêmicas (Leal, Vicente & Tabarelli, 2003; Schulz et al., 2019). Diante de todas estas questões que alteram a paisagem, estudos que avaliem o potencial dos caprinos como dispersores de sementes ainda são escassos (Delibes, Castañeda & Fedriani, 2017). Possuindo hábito generalista, os caprinos alimentam-se com variados tipos de frutos, secos e carnosos, e diversos outros órgãos das plantas, o que poderia favorecer a dispersão das sementes ingeridas.

Na Caatinga, um exemplo é o umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr.). Planta endêmica que apresenta características bem peculiares de xerofitismo, como caducifolia e raízes xilopódios, que são modificações para armazenamento de água e nutrientes e usadas em período de seca para alimentação humana e de animais (Lins et al., 2013). No entanto, apesar da presença de árvores adultas nas áreas de Caatinga, as plântulas são relativamente raras por conta do consumo feito pelos caprinos (Mertens et al., 2015). Além disso, os frutos são um dos poucos recursos disponíveis

no período de estiagem, atraindo uma diversidade de animais potencialmente dispersores (Lins et al., 2013; Mertens et al., 2015).

As sementes do umbuzeiro apresentam uma germinação lenta e desuniforme, resultante de um tegumento rígido formado por camadas denso-fibrosas, que acaba dificultando a entrada de água e oxigênio e impedindo a expansão do embrião. (Costa et al., 2001). A sua dormência, no entanto, é considerada como primária, podendo ser superada através de tratamentos de escarificação físico ou químico – como ocorre após passagem pelo trato digestivo de animais (Araújo et al., 2001; Cavalcanti, Resende & Drumond, 2006; Lopes et al., 2009). Os frutos do umbuzeiro são consumidos por animais domésticos e silvestres como bovinos, caprinos, veado e o jabuti.

Deste modo, o objetivo do estudo foi avaliar o poder germinativo de sementes de umbuzeiro (*Spondias tuberosa*) após passagem pelo trato gastrointestinal de caprinos.

Material e Métodos

Oferecimento dos frutos

Para testar o efeito da germinação de sementes de *S. tuberosa* após ingestão por caprinos (*Capra hircus* Linnaeus) foram oferecidas aleatoriamente a treze animais, seiscentos frutos maduros de tamanho e forma similares. Os animais, pertencentes a mesma raça, tinham tamanho e idade similar (aproximadamente 25 kg e três anos) e foram mantidos em cercado. O consumo de feno e água foi livre. Analisamos regurgitações e excrementos que foram produzidos pelos caprinos, em até 72 horas, após consumo dos frutos. As amostras de fezes e sementes regurgitadas foram secas ao ar, à temperatura ambiente, e posteriormente armazenadas, individualmente, em sacos de papel (Fedriani & Delibes, 2009).

Testes de germinação

Foram comparadas a germinação de sementes recuperadas após o consumo pelos animais e sementes não ingeridas (controle) e com escarificação mecânica (física). Testaram-se quatro tratamentos: (1) Grupo controle: sementes intactas e retiradas diretamente de frutos; (2) Escarificação física: sementes com o poro na parte apical do tegumento rompido com lâminas de bisturi; (3) Fezes: sementes que foram recuperadas nos esterco após consumo pelo animais; e (4) Regurgitada (endozoocoria parcial): sementes recuperadas após serem regurgitadas pelos caprinos. Em cada tratamento, sementes coletadas de diferentes animais foram misturadas. Todas as sementes foram imersas em solução com hipoclorito de sódio

(1%) para higienização e, posteriormente, lavadas em água destilada por 10 minutos (Cavalcanti et al., 2003).

Para a germinação, as sementes foram dispostas em bandejas de plástico (77x360x440 mm) contendo vermiculita de poros médios como substrato estéril. Foram estabelecidas quatro réplicas para cada tratamento, contendo 25 sementes/cada, em um delineamento inteiramente ao acaso. As bandejas foram acondicionadas em casa de vegetação, com rega diária, mantendo a capacidade do recipiente.

A verificação das sementes foi realizada diariamente, sendo consideradas germinadas apenas após a emergência total da radícula, sadia e sem sinais de injúria. Em cada tratamento foram medidos os parâmetros: (1) percentual médio de germinação; (2) tempo médio de germinação; (3) índice de velocidade de germinação e; (4) sincronia. Detalhes sobre as fórmulas utilizadas podem ser encontradas em Ranal & Santana (2006).

Análises estatísticas

A verificação da normalidade dos dados foi testada aplicando o teste Shapiro-Wilk. Todos os parâmetros medidos (percentual médio de germinação, tempo médio de germinação, índice de velocidade de germinação e sincronia) foram submetidos à análise de variância ANOVA. O contraste de médias foi realizado, a *posteriori*, a partir do teste de Tukey (5% de significância). As análises foram realizadas no *software* R (R Core Team, 2016).

Resultados

A taxa percentual de sementes que foram recuperadas após o consumo dos frutos de *S. tuberosa* pelos caprinos foi de 69,4%, onde 70,2% deste total foi decorrente do processo de regurgitação. Não foram constatados danos aparentes nas sementes recuperadas. O início da emergência das plântulas deu-se a partir do 11º dia após a implantação dos experimentos. A germinabilidade final foi baixa, em todos os tratamentos testados, não atingindo valores superiores a 35%.

O percentual médio de germinação apresentou índices significativamente maiores ($P < 0,05$) para o tratamento das sementes regurgitadas pelos caprinos, quando comparado aos demais (Figura 1A). As sementes que foram escarificadas de forma física obtiveram os menores valores ($P < 0,05$) quanto ao tempo médio de germinação (Figura 1B), os maiores índices de velocidade de germinação ($P < 0,05$; Figura 1C) atingiram uma maior homogeneidade de

germinação ($P < 0,05$; Figura 1D), quando comparados aos demais tratamentos.

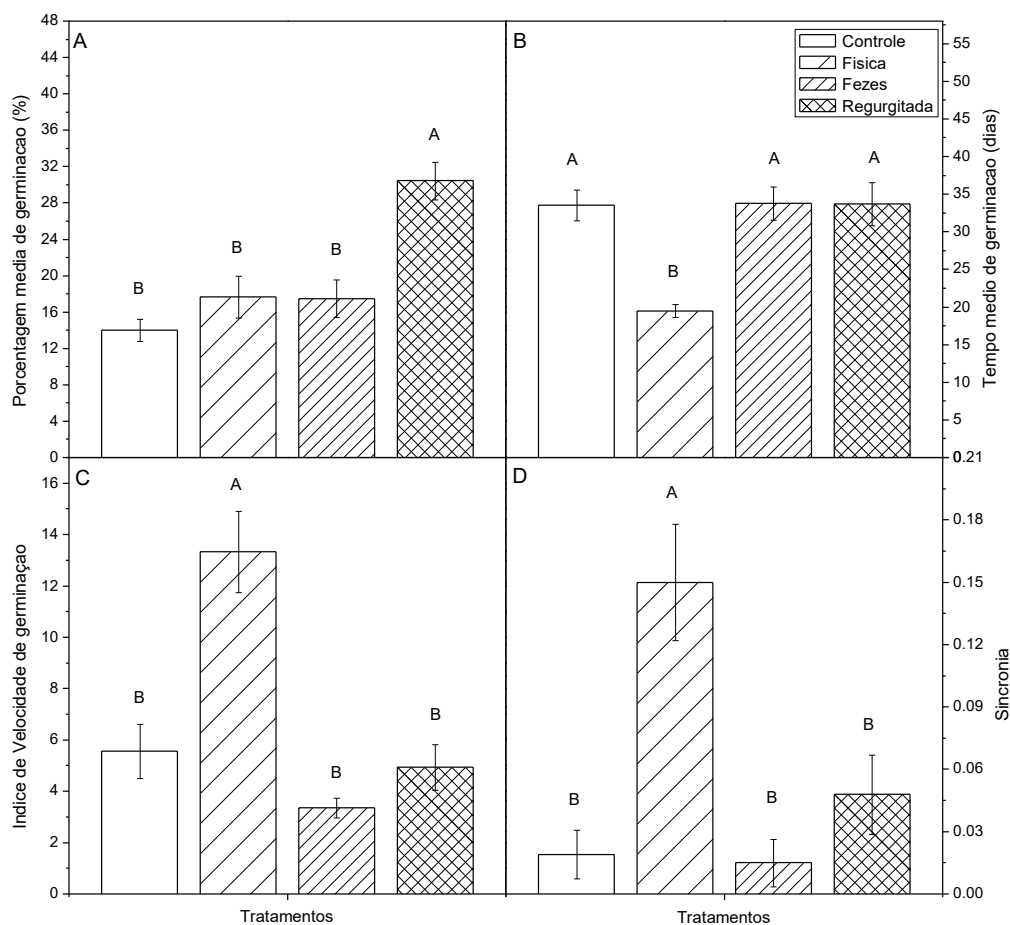


Figura 1. Comportamento germinativo de sementes de *Spondias tuberosa* sob diferentes tratamentos: Grupo controle, grupo escarificação física, grupo de sementes encontradas nas fezes dos caprinos e grupo de sementes regurgitadas pelos caprinos. A. Percentual médio de germinação; B. Tempo médio de Germinação; C. Índice de velocidade de germinação; D. Sincronia. As barras indicam a média e o erro padrão. Letras diferentes representam diferença significativa entre os tratamentos, a partir do teste de Tukey (5% de significância).

Discussão

O percentual de recuperação das sementes de umbu (69,4%) pode ser considerado alto, mas foi favorecido também pelo processo de regurgitação. Na literatura a recuperação relatada é bastante variada (7-30% - Mancilla, Fernández & Martín, 2011; 1,3-35,8% - Grande et al., 2013; 0,6-32,3% - Harrington, Beskow & Hodgson, 2011), resultado da própria variação das sementes ingeridas, que apresentam características morfofisiológicas distintas. Neste estudo, o aumento da recuperação, após mastigação e ruminação, também pode ser relacionada a dureza no revestimento das sementes de *S. tuberosa*. Características intrínsecas das sementes como dimensão, formato e dureza, além do comportamento dos próprios dispersores, são indicados como os principais fatores responsáveis por esse percentual de recuperação (Pakeman, Digneffe & Small, 2002; Albert et al., 2015).

Diversos estudos entre ruminantes também tem relacionado negativamente o tamanho e a porcentagem de sementes recuperadas após consumo e passagem pelo trato digestório (Mancilla, Fernández & Martín, 2012). Pakeman, Digneffe & Small (2002) indicam que sementes menores e mais arredondadas conseguem aparecer em maior quantidade nas fezes em relação às maiores. Lazure et al. (2010), analisando o papel de porcos-do-mato (*Tayassu pecari* e *Pecari tajacu*) como dispersores, relataram que apenas sementes menores que 10 mm foram recuperadas e germinadas após consumo destes animais.

O início da germinação das sementes de *S. tuberosa* foi semelhante ao observado em Araújo et al. (2001), Cavalcanti, Resende & Drumond (2006) e Melo et al. (2012), que destacaram um intervalo por volta de 09 e 14 dias, a partir da sementeira. O percentual de germinação, em todos os tratamentos testados, podem ser considerados baixos, mas

corroboram outros estudos indicando que sementes de umbu, plantadas logo após coleta, não apresentam valores elevados de germinação. Lopes et al. (2009) mostraram germinação máxima de 26% para a espécie. Araújo et al. (2001) indicaram germinação de 22,8%, após colheita, e acima de 70%, para sementes em armazenamento durante 24 meses.

O menor percentual médio de germinação obtido por sementes coletadas nas fezes dos caprinos, isto é, que completaram todo o trajeto pelo trato digestivo dos animais, em relação às sementes que foram regurgitadas, pode ser indicativo de uma maior exposição aos ácidos gástricos, que estariam danificando seus embriões (Mancilla, Fernández & Martín, 2012; Jara-Guerrero et al., 2018). Para as sementes regurgitadas, que chegam a atingir apenas o retículo dos ruminantes e retornam a boca, a exposição observada é inferior (Bell, 1958). Neste compartimento há predominância de microorganismos como bactérias, fungos e micoplasmas, que são responsáveis pela “digestão microbiana” (Costa et al. 2003).

As taxas de germinação das sementes, após passagem pelo trato gastrointestinal, seja completa ou não, são bastante variadas, resultado das características morfofisiológicas das próprias sementes, como a dureza do tegumento, tamanho e o tipo de dormência, quando presente (Fedriani & Delibes, 2009; Jara-Guerrero et al., 2018). Ademais, existe também o papel do animal dispersor, que pode apresentar distintas estratégias de consumo dos frutos e sementes (Fenner, 1985). Em sementes de *C. albidus*, que possui um tegumento rígido como o umbu, a passagem pelo intestino dos caprinos não significou melhora no seu percentual de germinação (Grande et al., 2013). Cavalcanti, Drumond & Resende (2004), testando métodos para a quebra de dormência do umbu, constataram que sementes regurgitadas e após imersão em água durante 12 h, foram as que apresentaram as maiores taxas de emergência em três períodos analisados. Sementes do umbuzeiro regurgitadas por cabras apresentam maior velocidade de emergência em plantas do Mediterrâneo (Muñoz-Gallego, Traveset & Fedriani, 2019).

Em condições naturais é preciso levar em consideração o reduzido papel ecológico das sementes que sofreram regurgitação, apesar de terem obtido a maior porcentagem de germinação neste estudo. De forma geral, a deposição dessas sementes ocorre nos arredores da planta parental, com um padrão agregado, reduzindo a probabilidade de sobrevivência das plântulas (García-Cervigón et al., 2018; Muñoz-Gallego,

Traveset & Fedriani, 2019). Vários fatores são levados em conta para definir se um animal é um bom agente dispersor. Por exemplo, o modo como as sementes são depositadas é um fator primordial no sucesso no estabelecimento e crescimento das plântulas (Schupp, Jordano & Gómez, 2010; García-Cervigón et al., 2018). Em áreas de Caatinga do nordeste brasileiro é grande a abundância de caprinos com modo extensivo de criação (Schulz et al., 2019). Inúmeras sementes são regurgitadas por esses animais em seus currais, e acabam sendo descartadas com os esterco, ou, quando germinadas, normalmente são eliminadas no local (Leal, Vicente & Tabarelli, 2003; Cavalcanti, Nilton & Brito, 2009). Por outro lado, deve-se considerar a abundância local do animal dispersor, como variável de relevância para a eficácia da dispersão (Schupp, Jordano & Gómez, 2010; Schulz et al., 2018). Adicionalmente, é preciso levar em conta também que estes animais são herbívoros de grande porte e consomem, preferencialmente as folhas, plântulas e outras partes da planta (Muñoz-Gallego, Traveset & Fedriani, 2019; Schulz et al., 2019). Deste modo, seria presunçoso considerá-los dispersores efetivos, do ponto de vista ecológico e de conservação.

O desempenho das sementes tratadas fisicamente, que tiveram o tempo médio de germinação reduzido e aumento no índice de velocidade, é relacionado à sua permeabilidade, favorecendo o incremento na entrada de água, acelerando o início da germinação, o que parece não ter sido tão efetivo nos demais tratamentos (Franke & Baseggio, 1998). Os maiores IVG em sementes do umbuzeiro, tratadas fisicamente, também foi observado por Campos (1986) e Lopes et al. (2009). Firmino, Almeida & Torres (1997) obtiveram as maiores velocidades de emergência com a escarificação de sementes de *S. lutea*. O aumento do vigor de uma amostra, isto é, a emergência rápida e uniforme de plântulas saudáveis, é apontada com a diminuição no tempo de germinação e aumento no índice de velocidade (Rodrigues et al., 2007; Oliveira et al., 2009).

A germinação das sementes de *S. tuberosa* não são uniformes, ou seja, distribuídas gradualmente ao longo do tempo, resultado da baixa sincronia encontrada (Cardoso, 2009). Isto indica a presença de dormência na espécie, o que corrobora diversos estudos, onde ela é apontada como do tipo primária, sendo possível superar com algum tratamento de escarificação (Campos, 1986; Cavalcanti, Resende & Drumond, 2006; Lopes et al., 2009). Este tipo de dormência permite que ao menos uma parte das sementes encontre condições

favoráveis para germinação e desenvolvimento (Cardoso, 2009; Berger, Ranal & Santana, 2014).

A estratégia de aumento no sincronismo das germinações e diminuição no seu tempo médio está associada com uma colonização mais rápida do ambiente (Rossatto & Kolb, 2010). Ferramentas como cortes em formato de bisel e outros tipos de escarificação mecânica têm se mostrado eficientes métodos na superação da dormência e aumento na germinação de sementes, no entanto, é preciso considerar as particularidades de cada espécie (Cruz et al., 2001; Lopes et al., 2009).

Conclusão

Os frutos de *Spondias tuberosa* que foram consumidos pelos caprinos obtiveram um percentual de recuperação considerável das sementes, especialmente através do mecanismo de regurgitação, ou endozoocoria parcial. Sementes regurgitadas apresentaram o maior percentual de germinação da espécie. Contudo, é preciso considerar o padrão de deposição e o papel dos caprinos como herbívoros para considerá-los dispersores legítimos, do ponto de vista ecológico e de conservação.

Agradecimentos

Ao suporte financeiro da Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia de Pernambuco-FACEPE (APQ-0842-2.05/12) e do projeto INNOVATE, financiado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação-MCTI (Proc. N. 490003/2012-5). À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES (Ministério da Educação, Brasil), por meio da concessão de bolsa de estudo, ao primeiro autor, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq pela concessão de Bolsa Produtividade (309965/2016-0) à Jarcilene Almeida.

Referências

Albert, A.; Auffret, A.; G.; Cosyns, E.; Cousins, S.; A.; O.; D'Hondt, B.; Eichberg, C. et al. 2015. Seed dispersal by ungulates as an ecological filter: A trait-based meta-analysis. *Oikos*, 124, 1109-1120. doi: 10.1111/oik.02512

Araújo, F. D.; Santos, C. A. F.; Cavalcanti, N. B.; Rezende, G. M. 2001. Influência do período de armazenamento das sementes de umbuzeiro na sua germinação e no desenvolvimento de plântula. *Revista Brasileira de Armazenamento*, 26, 36-39.

Baltzinger, C.; Karimi, S.; Shukla, U. 2019. Plants on the move: hitch-hiking on ungulates distributes diaspores across landscapes.

Frontiers in Ecology and Evolution, 7, 38. doi: 10.3389/fevo.2019.00038

- Bell, F. R. 1958. The mechanism of regurgitation during the process of rumination in the goat. *The Journal of Physiology*, 142, 503-515. doi: 10.1113/jphysiol.1958.sp006033
- Berger, A. P. D. A.; Ranal, M. A.; Santana, D. G. D. 2014. Variabilidade na dormência relativa dos diásporos de *Lithraea molleoides* (Vell.) Eng. *Ciência Florestal*, 24, 325-337.
- Campos, C. O. 1986. Estudos da quebra da dormência de sementes de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.). 71 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal Ceará, Fortaleza.
- Cardoso, V. J. M. 2009. Conceito e classificação da dormência em sementes. *Oecologia Brasiliensis*, 13, 619-631. doi: 10.4257/oeco.2009.1304.06
- Cavalcanti, N. B.; Anjos, J. B.; Resende, G. M.; Brito, L. T. L. 2003. Alternativa para conservação da polpa do fruto do imbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda). *Anais do Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural*, Juiz de Fora, MG, 41. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/148318>
- Cavalcanti, N. B.; Drumond, M.; Resende, G. M. 2004. Uso das folhas do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) na alimentação de ovinos e caprinos e ovinos no Semi-Árido Nordeste. *Agrossilvicultura*, 1, 131-134.
- Cavalcanti, N. B.; Resende, G. M.; Drumond, M. 2006. Período de dormência de sementes de imbuzeiro. *Revista Caatinga*, 19, 135-139.
- Cavalcanti, N. B.; Nilton, G. M. R.; Brito, L. T. L. 2009. Regeneração natural e dispersão de sementes do imbuzeiro. *Engenharia Ambiental*, 6, 342-357.
- Costa, N. P.; Bruno, R. L. A.; Souza, F. X.; Lima, E. D. P. A. 2001. Efeito do estágio de maturação do fruto e do tempo de pré-embebição de endocarpos na germinação de sementes de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 23, 738-741.
- Costa, R. G.; Ramos, J. L. F.; Medeiros, A. D.; Brito, L. D. 2003. Características morfológicas e volumétricas do estômago de caprinos submetidos a diferentes períodos de aleitamento. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, 40, 118-125.
- Cruz, E. D.; Martins, F. O.; Carvalho, J. E. U. 2001. Biometria de frutos e sementes e germinação de jatobá-curuba (*Hymenaea intermedia*

- Ducke, Leguminosae – Caesalpinioideae). *Revista Brasileira de Botânica*, 24, 161-165.
- Delibes, M.; Castañeda, I.; Fedriani, J. M. 2019. Spitting seeds from the cud: a review of an endozoochory exclusive to ruminants. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7, 265. doi: 10.3389/fevo.2019.00265
- Delibes, M.; Castañeda, I.; Fedriani, J. M. 2017. Tree-climbing goats disperse seeds during rumination. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 15, 222-223. doi: 10.1002/fee.1488
- Fenner, M. 1985. *Seed ecology*. Chapman and Hall, New York.
- Firmino, J. L.; Almeida, M. C.; Torres, S. B. 1997. Efeito da escarificação e da embebição sobre a emergência e desenvolvimento de plântulas de cajá (*Spondias lutea* L.). *Revista Brasileira de Sementes*, 1, 125-128.
- Franke, L. B.; Baseggio, J. 1998. Superação da dormência em sementes de *Desmodium incanum* DC. e *Lathyrus nervosus* Lam. *Revista Brasileira de Sementes*, 20, 420-424.
- Fedriani, J. M.; Delibes, M. 2009. Functional diversity in fruit-frugivore interactions: a field experiment with Mediterranean mammals. *Ecography*, 32, (6), 983-992. doi: 10.1111/j.1600-0587.2009.05925.x
- Galetti, M.; Donatti, C. I.; Pires, A. S.; Guimarães, P. R.; Jordano, P. 2006. Seed survival and dispersal of an endemic Atlantic forest palm: the combined effects of defaunation and forest fragmentation. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 151, 141-149. doi: 10.1111/j.1095-8339.2006.00529.x
- García-Cervigón, A. I.; Zywiec, M.; Delibes, M.; Suárez-Esteban, A.; Perea, R.; Fedriani, J. M. 2018. Microsites of seed arrival: spatio-temporal variations in complex seed-disperser networks. *Oikos*, 127, 1001-1013. doi: 10.1111/oik.04881
- Grande, D.; Mancilla-Leytón, J. M.; Delgado-Pertíñez, M.; Martín-Vicente, A. 2013. Endozoochory seed dispersal by goats: recovery, germinability and emergence of five Mediterranean shrub species. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 11, (2), 347-355. doi: 10.5424/sjar/2013112-3673
- Harrington, K. C.; Beskow, W. B.; Hodgson, J. 2011. Recovery and viability of seeds ingested by goats. *New Zealand Plant Protection*, 64, 75-80. doi: 10.30843/nzpp.2011.64.5965
- Herrera, C. M. 1989. Frugivory and seed dispersal by carnivorous mammals and associated fruit characteristics in undisturbed Mediterranean habitats. *Oikos*, 55, 250-262. doi: 10.2307/3565429
- Jara-Guerrero, A.; Escribano-Avila, G.; Espinosa, C. I.; De la Cruz, M.; Méndez, M. 2018. White-tailed deer as the last megafauna dispersing seeds in Neotropical dry forests: the role of fruit and seed traits. *Biotropica*, 50, 169-177. doi: 10.1111/btp.12507
- Lazure, L.; Bachand, M.; Anseau, C.; Almeida-Cortez, J. S. 2010. Fate of native and introduced seeds consumed by captive white-lipped and collared peccaries (*Tayassu pecari*, Link 1795 and *Pecari tajacu*, Linnaeus 1758) in the Atlantic rainforest, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 70, 47-53. doi: 10.1590/S1519-69842010000100008
- Leal, I. R.; Vicente, A.; Tabarelli, M. 2003. Herbivoria por caprinos na caatinga: uma estimativa preliminar. In: Leal, I. R.; Tabarelli, M.; Silva, J. M. C. (Org.). *Ecologia e conservação da Caatinga*, pp. 695-715. Recife: Editora Universitária da Universidade Federal de Pernambuco.
- Lecomte, X.; Fedriani, J. M.; Caldeira, M. C.; Clemente, A. S.; Olmi, A.; Bugalho, M. N. 2016. Too many is too bad: long-term net negative effects of high density ungulate populations on a dominant Mediterranean shrub. *PloS One*, 11, (7), 11:e0158139. Doi: 10.1371/journal.pone.0158139
- Lins, E. M.; Almeida, A. L.; Peroni, N.; Castro, C. C.; Albuquerque, U. P. 2013. Phenology of *Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae) under different landscape management regimes and a proposal for a rapid phenological diagnosis using local knowledge. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 9, 10. Doi: 10.1186/1746-4269-9-10
- Lopes, P. S. N.; Magalhães, H. M.; Gomes, J. G.; Brandão Júnior, D. S.; Araújo V. D. 2009. Superação da dormência de sementes de umbuzeiro (*Spondias tuberosa*, Arr. Câm.) utilizando diferentes métodos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 31, 872-880.
- Mancilla, J. M. L.; Fernández, R.; Martín Vicente, A. 2011. Plant-ungulate interaction: goat gut passage effect on survival and germination of Mediterranean shrub seeds. *Journal of Vegetation Science*, 22, (6), 1031-1037. doi: 10.1111/j.1654-1103.2011.01325.x
- Mancilla, J. M. L.; Fernández, R. A.; Martín Vicente, A. 2012. Low viability and germinability of commercial pasture seeds ingested by goats. *Small ruminant research*, 107, (1), 12-15. doi: 10.1016/j.smallrumres.2012.04.001

- Melo, A. P. C.; Seleguini, A.; Castro, M. N.; Andrade M. F.; Silva G. J. M.; Haga, K. I. 2012. Superação de dormência de sementes e crescimento inicial de plântulas de umbuzeiro. *Ciências Agrárias*, 33, 1343-1350. doi: 10.5433/1679-0359.2012v33n4p1343
- Mertens, J.; Almeida-Cortez, J.; Germer, J.; Sauerborn, J. 2015. Umbuzeiro (*Spondias tuberosa*): A Systematic Review. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)*, 36, 179-197. doi: 10.5327/Z2176-947820151006
- Muñoz-Gallego, R.; Traveset, A.; Fedriani, J. M. 2019. Non-native mammals are the main seed dispersers of the ancient Mediterranean palm *Chamaerops humilis* L. in the Balearic Islands: rescuers of a lost seed dispersal service? *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7, 161. doi: 10.3389/fevo.2019.00161
- Oliveira, A. C. S.; Martins, G. N.; Silva, R. F.; Vieira, H. D. 2009. Testes de vigor em sementes baseados no desempenho de plântulas. *Inter Science Place*, 2, 1-21.
- Pakeman, R. J.; Digneffe, G.; Small, J. L. 2002. Ecological correlates of endozoochory by herbivores. *Functional Ecology*, 16, (3), 296-304. doi: 10.1046/j.1365-2435.2002.00625.x
- Pires, M. M.; Guimarães, P. R.; Galetti, M.; Jordano, P. 2018. Pleistocene megafaunal extinctions and the functional loss of long-distance seed- dispersal services. *Ecography*, 41, 153-163. doi: 10.1111/ecog.03163
- R Core Team. R. 2016. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Ranal, M. A.; Santana, D. G. D. 2006. How and why to measure the germination process? *Brazilian Journal of Botany*, 29, 1-11. doi: 10.1590/S0100-84042006000100002
- Rodrigues, A. C. D. C.; Osuna, J. T. A.; Queiroz, S. R. D. O.; Rios, A. P. S. 2007. Effect of substrate and luminosity on the germination of *Anadenanthera colubrina* (Fabaceae, Mimosoideae). *Revista Árvore*, 31, 187-193. doi: 10.1590/S0100-67622007000200001
- Rossatto, D. R.; Kolb, R. M. 2010. Germinação de *Pyrostegia venusta* (Bignoniaceae), viabilidade de sementes e desenvolvimento pós-seminal. *Brazilian Journal of Botany*, 33, 51-60. doi: 10.1590/S0100-84042010000100006
- Schulz, K.; Guschal, M.; Kowarik, I.; Almeida-Cortez, J. S.; Sampaio, E. V. S. B.; Cierjacks, A. 2018. Grazing, forest density, and carbon storage: towards a more sustainable land use in Caatinga dry forests of Brazil. *Regional Environmental Change*, 18, 1969-1981. doi: 10.1007/s10113-018-1303-0
- Schulz, K.; Guschal, M.; Kowarik, I.; Almeida-Cortez, J. S.; Sampaio, E. V. S. B.; Cierjacks, A. 2019. Grazing reduces plant species diversity of Caatinga dry forests in northeastern Brazil. *Applied Vegetation Science*, 22, 348-359. doi: 10.1111/avsc.12434
- Schupp, E. W.; Jordano, P.; Gómez, J. M. 2010. Seed dispersal effectiveness revisited: a conceptual review. *New Phytologist*, 188, (2), 333-353. doi: 10.1111/j.1469-8137.2010.03402.x
- Thomson, F. J.; Moles, A. T.; Auld, T. D.; Kingsford, R. T. 2011. Seed dispersal distance is more strongly correlated with plant height than with seed mass. *Journal of Ecology*, 99, (6), 1299-1307. doi: 10.1111/j.1469-8137.2010.03402.x
- Traveset, A.; Escribano-Avila, G.; Gómez, J. M.; Valido, A. 2019. Conflicting selection on *Cneorum tricoccon* (Rutaceae) seed size caused by native and alien seed dispersers. *Evolution*, 73, 2204-2215. doi: 10.1111/evo.13852
- Traveset A.; Verdú M. 2002. A meta-analysis of the effect of gut treatment on seed germination. In: Levey, D. J.; Silva, W. R. (Org.). *Seed dispersal and frugivory: ecology, evolution and conservation*, pp. 339-350. São Paulo: University of Florida, Gainesville (USA) e Universidade Estadual Paulista.