

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

LEVI FRAGA PAJEHÚ

PROPAGAÇÃO E ESTABELECIMENTO DE PLANTAS DE PEQUIZEIRO

Montes Claros

2018

Levi Fraga Pajehú

PROPAGAÇÃO E ESTABELECIMENTO DE PLANTAS DE PEQUIZEIRO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Paulo Sérgio Nascimento Lopes

Coorientadores: Edson de Oliveira Vieira

Leonardo Monteiro Ribeiro

Montes Claros
Fevereiro de 2018

Pajehú, Levi Fraga.

P151p Propagação e estabelecimento de plantas de pequiheiro / Levi Fraga
2012 Pajehú. Montes Claros, 2018.

46 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Área de concentração em Produção Vegetal,
Universidade Federal de Minas Gerais / Instituto de Ciências Agrárias.

Orientador: Prof. Paulo Sérgio Nascimento Lopes.

Banca examinadora: Prof.^a Claudineia Ferreira Nunes, Prof. Edson de
Oliveira Vieira, Prof. Leonardo Monteiro Ribeiro, Prof. Marlon Cristian
Toledo Pereira, Prof. Paulo Sérgio Nascimento Lopes.

Inclui referências: f. 18-22, 43-46.

1. Pequi. 2. Plantio (Cultivo de plantas). 3. Irrigação. 4. Consumo de água.
I. Lopes, Paulo Sérgio Nascimento (Orientador). II. Universidade Federal de
Minas Gerais. Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 582.81

ELABORADA PELA BIBLIOTECA UNIVERSITÁRIA DO ICA/UFMG

Josiel Machado Santos / CRB-6/2577

Levi Fraga Pajehú

Propagação e estabelecimento de plantas de pequi

Aprovada pela banca constituída pelos professores:

Profa. Dra. Claudineia Ferreira Nunes
(UFMG / ICA)

Prof. Dr. Edson de Oliveira Vieira
(UFMG / ICA)

Prof. Dr. Leonardo Monteiro Ribeiro
(UNIMONTES)

Prof. Dr. Marlon Cristian Toledo Pereira
(UNIMONTES)

Paulo Sérgio Nascimento Lopes
(Orientador – UFMG / ICA)

Montes Claros
28 de fevereiro de 2018

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me dar força e saúde para seguir em frente.

Aos meus Pais Otacílio Corrêa Pajehú e Delzina Maria Fraga Pajehú pela educação e criação, conselhos, apoio e motivação.

A minha namorada Ionara pelo apoio nos momentos bons e ruins, pelos conselhos e principalmente pelo companheirismo e amizade.

Ao Professor Dr. Paulo Sérgio Nascimento Lopes pela oportunidade dentro do grupo de estudo, orientação, conhecimentos compartilhados, conselhos e amizade.

Aos coorientadores, Edson de Oliveira Vieira e Leonardo Monteiro Ribeiro, pela colaboração e empenho no trabalho.

Aos meus irmãos e família pelo apoio e motivação.

Aos meus amigos pela acolhida de sempre, seja nos momentos alegres e momentos conturbados.

Aos colegas do GEFEN (Grupo de Estudo em Frutíferas Exóticas e Nativas), Armando, Bruno, Cristina, Danilo, Felipe, Iara, Ianina, Juliana, Monielly, Roger, Tatiane, Thays, Tarcisia, Tiago, Thúlio e Wlly, pela amizade e colaboração nos trabalhos de pesquisa.

Aos membros do Laboratório de Anatomia Vegetal da UNIMONTES pela contribuição.

Ao corpo docente da UFMG e funcionários do Instituto de Ciências Agrárias pelo repasse de seus conhecimentos, e contribuição no trabalho.

À CAPES, UFMG, UNIMONTES e todos que contribuíram de forma direta ou indireta proporcionando a conclusão de mais esta etapa da minha vida.

Sabemos que todas as coisas cooperam para o bem daqueles que amam a Deus, daqueles que são chamados segundo o seu propósito.

Romanos 8.28

PROPAGAÇÃO E ESTABELECIMENTO DE PLANTAS DE PEQUIZEIRO

RESUMO GERAL

Ainda são escassas as informações sobre o estabelecimento do *C. brasiliense*, após o plantio no campo, bem como estratégias que deveriam ser adotadas para garantir a sua sobrevivência, principalmente, do ponto de vista da necessidade hídrica. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar métodos de propagação irrigados e não irrigados quanto à emergência, crescimento e fisiologia de plantas de pequiheiro em fase inicial de estabelecimento. O trabalho foi conduzido no delineamento em blocos casualizados em parcelas subdivididas. As parcelas constituíram da presença e ausência de irrigação, enquanto as subparcelas foram constituídas pela sementeira de pirênios: recém-dispersos, recém-dispersos tratados com GA₃, armazenados por 30 dias em galpão e armazenados tratados com GA₃, e o plantio de mudas. Avaliaram-se a emergência e a sobrevivência de plantas, o desenvolvimento vegetativo, por meio do diâmetro do caule, altura da planta, número de folhas e área foliar. Obtiveram-se, ainda, taxas de carbono assimilado, condutância estomática, transpiração, além da eficiência no uso da água. Os dados foram submetidos à ANOVA, as médias comparadas pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância. Nas parcelas irrigadas, o tratamento armazenado com GA₃ apresentou emergência de plântulas superior de três meses do plantio. Após 16 meses do plantio, a emergência de plântulas estabilizou-se, com incrementos no tratamento recém-disperso sem GA₃, de 2,5% para 21,8%, enquanto os tratamentos armazenados com e sem GA₃ atingiram 28,6 e 31%, respectivamente. Nas parcelas sem irrigação, a emergência de plântulas não atingiu 6%. Pirênios recém-dispersos com GA₃ permitiram maior sobrevivência de plântulas, já em mudas, mesmo irrigadas, a taxa de sobrevivência foi baixa, inferior a 50%, não diferindo das mudas não irrigadas. Independente do uso da irrigação, o incremento na taxa de crescimento das mudas foi superior às plântulas oriundas de pirênios, à exceção daqueles armazenados tratados com GA₃. Em relação aos aspectos fisiológicos, a maior taxa de carbono assimilado, condutância estomática e maior eficiência no uso da água foram observados nas plantas irrigadas; embora a transpiração não tenha sido afetada pela irrigação, apresentou redução em julho. A irrigação influencia nos aspectos fisiológicos e na emergência de plântulas, assim como tratamentos pré-germinativos; o plantio de mudas e pirênios armazenados tratados com GA₃ são alternativas mais indicadas no plantio de pequiheiro.

Palavras-chave: *Caryocar brasiliense*. Fotossíntese. Irrigação. Déficit hídrico. Sobrevivência de plantas.

PROPAGATION AND STABLISHMENT OF PEQUI TREES

GENERAL ABSTRACT

There is still little information on the establishment of *C. brasiliense*, after planting in the field, as well as strategies that should be adopted to ensure its survival, especially from the point of view of water requirements. Therefore, the present work had the objective of evaluating irrigated and non - irrigated propagation methods regarding the emergence, growth and physiology of pequi trees in the initial stage of establishment. The study was carried out in a randomized block design in subdivide plots. The plots consisted of the presence and absence of irrigation, while the sowing of pyrenes constituted the subplots: recently dispersed, recently dispersed treated with GA3, stored for 30 days in shed and stored treated with GA3, and planting of seedlings. The emergence and survival of plants, vegetative development, through stem diameter, plant height, number of leaves and leaf area were evaluated. In addition, rates of assimilated carbon, stomatal conductance, transpiration, and water use efficiency were obtained. Data were submitted to ANOVA, the means compared by the Tukey test at the 5% level of significance. In the irrigated plots, the treatment stored with GA3 presented emergence of seedlings superior to three months of planting. After 16 months of planting, seedling emergence stabilized, with increments in the newly dispersed treatment without GA3, from 2.5% to 21.8%, while treatments stored with and without GA3 reached 28.6% and 31%, respectively. In the plots without irrigation, seedling emergence did not reach 6%. Freshly dispersed pyrenes with GA3 allowed greater survival of seedlings, but in irrigated seedlings survival rate was low, about less than 50% and did not differ from the non-irrigated seedlings. Regardless of the use of irrigation, the increase in the growth rate of the seedlings was superior to the seedlings from the pyrenes, except for those stored in GA3. Concerning to the physiological aspects, the higher rate of assimilated carbon, stomatal conductance and greater efficiency in water use were observed in irrigated plants. Although the transpiration was not affected by irrigation, it showed a reduction in July. Irrigation influenced the physiological aspects and the emergence of seedlings, as well as pregerminative treatments; the planting of seedlings and stored pyrenes treated with GA3 is a more indicated alternative in the planting of pequi tree.

Keywords: *Caryocar brasiliense*. Photosynthesis. Irrigation. Water deficit. Survival of plants.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	10
2 OBJETIVOS	12
2.1 Objetivo geral.....	12
2.2 Objetivos específicos.....	12
3 REVISÃO DE LITERATURA	13
3.1 O Bioma Cerrado.....	13
3.2 O pequizeiro.....	13
3.3 Propagação do pequizeiro.....	15
3.4 Crescimento e desenvolvimento de plantas em ambiente de cerrado.....	17
3.5 REFERÊNCIAS.....	18
4 ARTIGO 1 – Propagação e estabelecimento de plantas de pequizeiro	23
RESUMO	23
4 ARTICLE 1 – Propagation and establishment of pequi trees	24
ABSTRACT	24
4.1 INTRODUÇÃO.....	25
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	26
4.3 RESULTADOS.....	31
4.4 DISCUSSÃO.....	38
5 CONCLUSÕES	42
REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO GERAL

O pequizeiro *Caryocar brasiliense* (Camb.) é uma árvore frutífera nativa do Cerrado brasileiro encontrado nos Estados da Bahia, Ceará, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Piauí, Rio de Janeiro, São Paulo, Tocantins e no Distrito Federal (ALMEIDA, SILVA, 1994; LOPES et al., 2006). Apresenta elevada importância econômica, social e cultural, em função da demanda pelos seus frutos por mercados locais, além da geração de emprego e renda para populações e comunidades tradicionais que exploram o fruto pelo extrativismo, processamento e comercialização nos mercados locais (LOPES et al., 2006; SANTOS et al., 2013), bem como em associações e cooperativas (AFONSO, ANGELO, ALMEIDA, 2015). O fruto apresenta usos diversos e é comumente utilizado na culinária, em pratos típicos, processado na fabricação de doces, licores, geleias e extração de óleo da polpa e amêndoa, utilizados na culinária e cosméticos. Apresenta, ainda, atividade antioxidante, anti-inflamatória e antifúngicas, sendo utilizado no controle de doenças por comunidades tradicionais, além de apresentarem vitaminas A e C, proteínas, lipídeos, sais minerais e carotenoides (LOPES et al., 2006; SANTOS et al., 2013; AFONSO, ANGELO, ALMEIDA, 2015).

O *C. brasiliense* apresenta dormência fisiológica em suas sementes, associada ao endocarpo duro e rígido da estrutura de dispersão e ao embrião (DOMBROSKI et al., 2010; MENDES et al., 2018) dificultando a propagação e a oferta de mudas. As giberelinas (GA_3) apresentam efeito sobre a germinação de sementes de pequizeiro, promovendo o crescimento potencial do embrião e, logo alongamento do eixo embrionário (MENDES et al., 2018; SOUSA, 2016), por meio do balanço hormonal entre giberelinas e ácido abscísico (NONOGAKI et al., 2010). Embora este tratamento tenha efeito significativo, na germinação de sementes, ainda não há trabalhos que relatam o efeito na emergência de plântulas no campo. Alternativa para superação da dormência, embora de forma parcial, é o armazenamento dos pirênios previamente ao seu plantio (BERNARDES et al., 2008; MENDES et al., 2018).

Os baixos índices germinativos têm dificultado o cultivo, em larga escala, enquanto a intensa coleta de frutos e expansão de fronteiras agropecuárias têm dificultado a sobrevivência e ocorrência de plantas jovens de pequizeiro no ambiente natural (LEITE et al., 2012). No *C. brasiliense*, é bastante difundida a propagação sexuada para a formação de mudas. Estudos apontam a propagação vegetativa por enxertia e estaquia como técnicas promissoras (LOPES et al., 2006; GUIMARÃES, 2017), mas são poucos os estudos e ainda não consolidados. Embora a produção de mudas seja uma atividade de baixo custo (LOPES et al., 2006) e mudas de qualidade ofereçam excelente alternativa para o plantio, o uso de pirênios pode ser uma alternativa viável, desde que alcance índices de emergência e desenvolvimento inicial satisfatórios, eliminando a necessidade da formação de mudas. Vale destacar que sementes de *C. brasiliense* têm a capacidade de rebrotar, observada após plântulas senescerem a parte aérea sob condições de déficit hídrico no solo (MENDES et al., 2018). Os tratamentos pré-germinativos nos pirênios podem elevar os índices de germinação das sementes, conferindo-lhes maior capacidade de emergência de plântulas. Então, faz-se necessário o ensaio a campo do plantio de mudas, bem como o semeio de pirênios submetidos a tratamentos pré-germinativos.

No bioma Cerrado, em geral, os solos apresentam baixa fertilidade, profundos, bem drenados, com alta saturação de alumínio e estratos vegetais variáveis em função da fitofisionomia (HARIDASAN, 2000). O estrato vegetal pode dessecar e morrer a parte aérea, durante a estação seca e, mesmo que sua parte

subterrânea se mantenha viva, resistindo sob a terra a seca (FERRI, 1977), ocorre ainda a redução do potencial hídrico foliar, da transpiração, na atividade fotossintética e o fechamento estomático (PEIXOTO et al., 2006). Algumas espécies como o pequizeiro podem se desenvolver na ausência de irrigação e fertilidade no solo, em virtude da adaptação e sistema radicular profundo (SANTOS et al., 2013; CAMARGO et al., 2014). Entretanto não está bem claro o efeito da irrigação, no estabelecimento de plantas de pequizeiro, uma vez que são observados incrementos significativos no desenvolvimento em outras espécies nativas como o baruzeiro, a cagaiteira, o jatobazeiro, quando submetidos a maiores níveis de disponibilidade hídrica (FIGUEIRÔA et al., 2004; NASCIMENTO et al., 2011). Sendo assim, é importante investigar os efeitos da irrigação no desenvolvimento do pequizeiro.

A vegetação no cerrado está sob constante exposição a altas temperaturas, altos índices de radiação, além de baixa disponibilidade hídrica durante a estação seca. Em resposta a estas condições, as plantas comumente reduzem a condutância estomática, transpiração e, em consequência, a fixação de carbono (PALHARES, FRANCO, ZAIDAN, 2010). Ainda são poucos os trabalhos que relatam os aspectos fisiológicos de plantas do Cerrado e a resposta a mudanças climáticas, havendo a necessidade de estudos, para melhor compreensão de tal adaptação.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Estudar a associação entre irrigação e tratamentos pré-germinativos aplicados a pirênios ou plantio de mudas, no estabelecimento de plantas de pequizeiro.

2.2 Objetivos específicos

- 1) Definir o efeito da irrigação.
- 2) Comparar tratamentos pré-germinativos.
- 3) Comparar semeadura direta com plantio de mudas.
- 4) Caracterizar o padrão de desenvolvimento das plantas.
- 5) Verificar respostas fisiológicas em diferentes épocas.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 O Bioma Cerrado

O Cerrado ocupa 25% do território brasileiro com uma área de, aproximadamente, 200 milhões de hectares, entre a Região Centro-Oeste, com maior predominância e as regiões Sul, Sudeste, Norte e Nordeste, estas em menor proporção. É o segundo maior bioma do Brasil, sendo superado apenas pela Floresta Amazônica, ocorrendo em altitudes que variam de 300m a 1.600m (RIBEIRO, WALTER, 1998; BRASIL, 2009). A vegetação é formada por gramíneas e arbustos, mata de galeria, mata ciliar, mata seca, campos e áreas úmidas. As árvores são esparsas, com porte de médio a baixo, tortuosas, com cascas grossas, folhas largas e sistemas radiculares profundos adaptados à seca, com raízes alcançando profundidades superiores a 10 metros. Apresenta diversidade de solos, fauna e flora, relevo e fitofisionomias, além das áreas de transição que apresentam uma “mistura” entre biomas. Por esses motivos, é considerada uma das regiões de maior biodiversidade e mais ricas dentro da vegetação savânica do mundo, mas também uma das mais ameaçadas (SANTOS et al., 2006a; BRASIL, 2009).

Apresenta condições climáticas bem características, com precipitações entre 600 a 800 mm, em regiões próximas ao bioma Caatinga, podendo alcançar entre 2.000 a 2.200 mm nas áreas próximas à Amazônia. Possui duas estações bem definidas, segundo classificação de Koppen, o tipo de clima se enquadra no Aw, com inverno seco e verão chuvoso (ASSAD, 1994; REATTO, MARTINS, 2005; SANO et al., 2008). Ainda, o Cerrado apresenta uma grande riqueza de espécies, que podem ser consideradas alternativas de cultivo no futuro, uma vez que desenvolvem, em áreas semiáridas, o baru, coquinho-azedo, a mangaba e o pequi. A cada ano vem ocorrendo redução nos índices pluviométricos, elevando a necessidade de espécies de importância econômica, social, nutricional com resistência à escassez hídrica (VIEIRA et al., 2006).

A exploração de espécies frutíferas de valor econômico, como o baru, coquinho-azedo, a mangaba e o pequi, é realizada por agricultores familiares e comunidades tradicionais, por meio do extrativismo para complementação da renda familiar. Esta exploração realizada de forma sustentável não interfere na sobrevivência das espécies. Entretanto a substituição da vegetação natural, o manejo inadequado de culturas e pastagens, juntamente com o avanço das fronteiras agrícolas e transformação dos espaços rurais, vem interferindo diretamente na vida dessas pessoas que habitam a região. Além do mais, algumas áreas vêm sofrendo forte pressão pelas atividades humanas, o que as torna uma ameaça a coloca em risco a biodiversidade (VIEIRA et al., 2006; BRASIL, 2009).

3.2 O pequi

O pequi pertence à família *Caryocaraceae*, nativa da América do Sul. Apresenta dois gêneros, *Caryocar* L. e *Anthodiscus* G. Mey. O gênero *Caryocar* apresenta cerca de 16 espécies, segundo Franco et al. (2004) e 12 são encontradas no território brasileiro. As espécies mais encontradas, no cerrado brasileiro, são: *Caryocar brasiliense* Cambess, *C. coriaceum* Wittm e *C. cuneatum* Wittm. Dentre as espécies citadas, o *Caryocar brasiliense* ocorre com maior frequência, considerada de maior importância por sua predominância, valor econômico, ecológico e cultural (ALMEIDA, SILVA, 1994; ALMEIDA et al., 1998; VIEIRA et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2008). O pequi apresenta plasticidade, adaptando-se com facilidade a diferentes tipos

de solo e condições de crescimento dentro do bioma cerrado, desde o cerrado denso ao cerrado ralo. Sua maior predominância é em regiões de boa luminosidade, de menor fertilidade natural do solo, profundos e bem drenados, clima tropical com estação seca bem definida (ALMEIDA et al., 1998; VIEIRA et al., 2006).

É uma planta perene; a árvore adulta atinge entre 8 e 15m de altura, de tronco tortuoso com casca rugosa e áspera, com coloração cinza-escuro e ramos grossos. As folhas são opostas, formadas por três folíolos, pilosas e com bordas recortadas. As flores são hermafroditas, com cinco sépalas de coloração verde-amarelada e cinco pétalas de coloração amarelo-claro, grandes com múltiplos estames e sua florescência ocorre de julho a novembro, com picos em setembro. As plantas de *C. brasiliense* são autocompatíveis, entretanto a maioria dos frutos são oriundos de fecundação cruzada (LOPES et al., 2006), polinizados por morcegos nectarívoros *Glossoph agasoricina* e *Anoura geoffroyi* (GRIBEL; HAY, 1993). A maturação dos frutos varia de 3 a 4 meses, após a floração, ocorrendo em meados de novembro, podendo prolongar até o mês de fevereiro. A frutificação não ocorre regularmente, podendo variar a produção com anos de baixa produção e anos de grande produção. O pequi, fruto do pequizeiro, é uma drupa, de coloração variando de verde a levemente amarelado, depresso-globoso, apresenta de um a quatro caroços (putâmens), exocarpo (casca) acinzentado ou verde-amarelado, mesocarpo (polpa) amarelo-claro e esbranquiçado, é carnoso, aromático e rico em tanino. O endocarpo (envoltório da semente) rígido e lenhoso, recoberto por uma camada de acúleos finos e rígidos e, no interior do endocarpo, a amêndoa (semente). O conjunto semente mais endocarpo mais mesocarpo interno é conhecido como pirênio (ALMEIDA et al., 1998; VIEIRA et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2008).

A exploração é realizada por meio do extrativismo dos frutos coletados, na época da safra, gerando renda e ocupação a diversos agricultores familiares e comunidades tradicionais, por coleta, processamento e comercialização do pequi (SANTOS et al., 2013). É comumente consumido *in natura* na culinária e, também, processado e extraído óleo da polpa e da semente. Os óleos fabricados são muito utilizados na culinária, cosméticos, sabão e também no tratamento de bronquites, gripe e resfriados por comunidades tradicionais (ALMEIDA, SILVA, 1994; VIEIRA et al., 2006; SANTOS et al., 2013). Os frutos contêm vitaminas A e C, tiamina, proteínas, sais minerais e carotenoides, além de serem ricos em lipídeos (LOPES et al., 2006; SANTOS et al., 2013). Dentre as espécies analisadas por Almeida (1998), Araticum, Baru, Buriti, Cagaita, Jotobá e Mangaba, o pequi apresenta teor de 2,64% de proteína, inferior apenas ao Jatobá (6%) e ao Baru (3,87%), mas o teor de lipídeos (20%) é superior aos demais. Ainda a amêndoa apresenta teor de proteína em torno de 24,6% e lipídeos próximos de 42,2% (OLIVEIRA et al., 2008).

A exploração dos frutos é realizada pelo extrativismo e promove elevado incremento na renda de populações tradicionais para mais de 2.000 famílias. Os trabalhadores, em sua grande maioria, estão envolvidos em cooperativas e associações, programas e projetos, que buscam organizar a cadeia produtiva do pequizeiro, tornando os produtos derivados mais atrativos e competitivos no mercado (CÂNDIDO et al., 2012; SANTOS et al., 2013; AFONSO, ANGELO, ALMEIDA, 2015). Entretanto a coleta dos frutos excessiva, sem deixar frutos para a reprodução natural do pequizeiro, pode colocar em risco a sobrevivência da espécie. Maiores impactos estão associados à expansão das fronteiras agropecuárias, com o pastejo do gado afetando o estabelecimento das plântulas. A redução na dispersão das sementes, em função da ausência de dispersores, também afeta a reprodução do pequizeiro (GIROLDO, SCARIOT, 2015).

3.3 Propagação do pequi

A propagação do *C. brasiliense*, em sua maior parte, é realizada de forma seminífera. Apresenta o fenômeno da dormência em suas sementes, com baixa taxa de germinabilidade e emergência de plantas desuniforme (DOMBROSKI et al., 2010; SANTOS et al., 2013; MENDES et al., 2018). A semente de determinada espécie, que não possui a capacidade de germinar em um determinado período de tempo, diante de condições como temperatura, umidade e oxigênio, que favoreçam o processo germinativo, é caracterizada como dormente (BASKIN, BASKIN, 2004). A dormência dificulta as avaliações de qualidade dos lotes de sementes e prejudica as atividades de produção de mudas (SANO et al., 2008). Embora afete a germinação, a dormência das sementes permite a sobrevivência, em condições climáticas desfavoráveis, evitando a competição e até mesmo promover a formação de banco de sementes ou de plântulas, aumentando a chance de estabelecimento das plântulas (FINCH-SAVAGE, LEUBNER-METZGER, 2006).

A germinação das sementes de pequi se inicia com cerca de 30 dias, após o plantio, estendendo-se por mais de 240 dias. As taxas de emergência, em condições naturais, são bastante baixas, inferiores a 20% (PEREIRA et al., 2004; DOMBROSKI et al., 2010; SANTOS et al., 2013). O pequi apresenta o seu diásporo duro e rígido, conhecido como pirênio (endocarpo aculeado + semente). O endocarpo limita a absorção de água pela semente e promove, também, um impedimento mecânico ao crescimento potencial do embrião. O equilíbrio entre a restrição mecânica e a capacidade de crescimento do embrião é controlado pelo balanço hormonal no próprio embrião, logo a dormência é classificada como fisiológica (DOMBROSKI et al., 2010; MENDES et al., 2018). A dormência fisiológica é subdividida em níveis: profunda, intermediária e não profunda. Essa subdivisão depende da resposta do embrião excisado, quando submetido a tratamentos pré-germinativos, como giberelinas e/ou estratificação (BASKIN, BASKIN, 2014).

A abertura ou retirada do endocarpo minimiza o efeito causado pela resistência mecânica. No entanto a extração das sementes, dependendo da metodologia, pode provocar danos físicos às sementes, prejudicando a germinação e facilitando o ataque de patógenos (VIEIRA, PACHECO, LOPES, 2005). Souza et al. (2007) obtiveram índices de emergência de plântulas acima de 20%, utilizando sementes de pequi sem os envoltórios, além disso, observaram que a retirada das sementes melhorou a absorção de água pelo embrião, mas as sementes ainda apresentaram dormência, quando não tratadas com ácido giberélico. A aplicação de ácido giberélico (GA_3) promove acréscimos significativos, nas taxas germinativas, aumentando o potencial de crescimento do embrião (FINCH-SAVAGE, LEUBNER-METZGER, 2006) e diminuindo o tempo médio de emergência de plântulas (DOMBROSKI et al., 2010; MENDES et al., 2018).

Bernardes et al. (2008) alcançaram percentual de germinação (30,8%), utilizando 350 mg L^{-1} de GA_3 , enquanto Leão, Peixoto e Moraes Jr. (2012), utilizando 500 mg L^{-1} de GA_3 , alcançaram 56% de germinação. Dombroski et al. (2010) identificaram 54% de germinação em sementes isoladas, constatando que o tempo necessário para resposta ao ácido giberélico, para sementes isoladas, está entre 7 e 11 dias. O plantio de sementes isoladas de pirênios recém-dispersos, após 20 dias de armazenamento, bem como o tratamento de pirênios armazenados por 90 dias com 125 mg L^{-1} de GA_3 , apresentam-se como métodos eficientes para a propagação de *C. brasiliense* (MENDES et al., 2018). Essas variações nas taxas germinativas são naturais, uma vez que existe variabilidade de resposta das sementes coletadas, em diferentes matrizes, como relatam Pereira et al. (2004) além de diferentes níveis de intensidade de dormência nas sementes (BASKIN, BASKIN, 2004).

Pirênios de pequiizeiro, após armazenados, podem apresentar superação parcial da dormência (BERNARDES et al., 2008; SOUSA, 2016; MENDES et al., 2018), no entanto o armazenamento é viável desde que por curto período, em função da baixa emergência de plantas, quando armazenadas por longo período, superiores aos 90 dias (MENDES et al., 2018). Sementes de espécies florestais podem ter seu vigor preservado, ao longo do armazenamento, porém exigem condições adequadas para conservação (câmara fria), já que, em condições não controladas, perdem o vigor, ao longo do armazenamento, pelos danos causados às membranas celulares (CORTE et al., 2005; SOUZA, BRUNO, ANDRADE, 2005). Sementes com vigor reduzido, após o armazenamento, não têm apenas a capacidade germinativa reduzida, mas também o vigor das plântulas também é afetado (BRAZ, ROSSETO, 2009). As sementes de *C. brasiliense* são oleaginosas e sensíveis à deterioração pertinente à peroxidação das reservas lipídicas, comprovado por Mendes et al. (2018) pela elevada mortalidade das sementes inseridas em pirênios armazenados, pelo teste de condutividade elétrica e pela quantificação de malonaldeído (MDA), perdendo sua qualidade fisiológica. Os resultados de Mendes et al. (2018) apontam um forte indicativo de que a espécie forma um banco de sementes provisório, fato que está associado à explicação da baixa ocorrência de plantas jovens de pequiizeiro no ambiente natural encontrado por Leite et al. (2012).

No pequiizeiro, é bastante difundida a propagação sexuada, para a formação de mudas que, mesmo com baixa taxa de germinabilidade das sementes, emergência de plantas desuniforme, além das plantas apresentarem alto período juvenil, é uma atividade simples e de baixo custo. Todos esses fatores dificultam a propagação da espécie, a disponibilidade de mudas e formação de pomares comerciais (LOPES et al., 2006). A superação da dormência é importante, no processo de domesticação e vem se consolidando com diversos estudos (BERNARDES et al., 2008; DOMBROSKI et al., 2010; SOUSA, 2016; MENDES et al., 2018) e muitos outros, no entanto estudos com o desenvolvimento e sobrevivência das plantas tanto em plantios comerciais como em campo, projetos de recuperação de áreas degradadas devem ser desenvolvidos, para o melhor entendimento do processo de estabelecimento da espécie.

Em resposta às limitações da propagação sexuada, a propagação vegetativa mostra-se promissora, porém é dependente da formação de mudas por sementes para obtenção dos porta-enxertos (LOPES et al., 2006). A enxertia com borbulhia de placa sem lenho, com janela aberta, proporciona boa taxa de pegamento, podendo atingir até 90 %, é uma alternativa viável, bem como a garfagem lateral, apresentando 60% de pegamento (PEREIRA et al., 2002). Outra forma de se propagar o pequiizeiro é por meio da estaquia. Em estudos, utilizando estacas herbáceas, aponta-se uma taxa máxima de enraizamento de 25%, sem o uso de reguladores de crescimento (LOPES et al., 2006). Estacas de plantas jovens de pequiizeiro são mais indicadas, para a propagação vegetativa, apresentando maior potencial para calogênese (35%), enquanto as adultas apenas 10%. Um fator importante é a presença de folhas para a calogênese, enraizamento e sobrevivência de estacas, obtendo-se maiores taxas em estacas com folíolos (GUIMARÃES, 2017). Propágulos obtidos de plantas jovens possuem elevado potencial rizogênico, fornecendo hormônios (auxina) e carboidratos. As auxinas mantêm as células viáveis, durante a rizogênese (CHIAMOLERA et al., 2014), enquanto os carboidratos são essenciais, para a sobrevivência das estacas, proporcionando condições fisiológicas adequadas (SPANDRE et al., 2012).

Santos et al. (2006b), com objetivo de contribuir para o estabelecimento de um protocolo de micropropagação de pequiizeiro, avaliaram a indução de raízes e brotações, em pequiizeiro, concluindo que a

combinação de BAP e ANA possibilita maior taxa de indução e desenvolvimento das brotações, que o uso de AIB, na concentração de 3,0 mg L⁻¹ e carvão ativado, favorecem a indução e o desenvolvimento de raízes em brotações de pequiheiro, além do carvão ativado proporcionar maior sobrevivência de plantas durante a aclimatização.

3.4 Crescimento e desenvolvimento de plantas em ambiente de Cerrado

O bioma Cerrado se destaca como um dos grandes centros de biodiversidade, com uma flora diversificada e rica em espécies endêmicas, fitofisionomias que englobam formações florestais, savânicas e campestres. O estrato arbóreo apresenta altura variável, com condições de luminosidade que podem favorecer a formação de estratos arbustivos e herbáceos os mais diversos. As camadas mais profundas dos solos apresentam maior teor de água, enquanto as mais superficiais reduzem, principalmente, no período da seca (HARIDASAN, 2000; KLINK; MACHADO, 2005). Os solos apresentam-se, em geral, com baixa fertilidade, profundos, bem drenados com alta saturação de alumínio. As plantas apresentam alta proporção de biomassa subterrânea, quando comparadas à parte aérea, podendo ocorrer o armazenamento de nutrientes nos caules e nas raízes. Esse estoque é essencial, pois será utilizado na sucessão secundária, após um período estressante como a ocorrência de secas e queimadas (HARIDASAN, 2000; KANEGAE, BRAZ, FRANCO, 2000; CARVALHO, 2009).

Sazonalmente ocorrem períodos de baixa disponibilidade hídrica no solo, principalmente, durante a estação seca, que pode se estender até 8 meses no bioma Cerrado. Plantas de pequiheiro, a partir do semeio de pirênios, dessecam a parte aérea, mantendo a parte subterrânea viva (MENDES, 2015). Em respostas às condições ambientais, as plantas desenvolveram mecanismos que permitem a sobrevivência. Geralmente, na estação seca e fria, as plantas reduzem ou paralisam o crescimento vegetativo, apresentam deiscência de folhas, redução da área foliar, senescência da parte aérea, fechamento dos estômatos nos horários mais quentes do dia (PALHARES, FRANCO, ZAIDAN, 2010). O sistema radicular das espécies arbóreas é profundo, com maior relação raiz parte aérea, alcançando camadas mais úmidas dos solos (FIGUEIRÔA et al., 2004; VILELA et al., 2008; NAVES et al., 2009; SILVA, 2012). Alguns parâmetros são estudados, para a compreensão de tais mecanismos, como o potencial hídrico foliar, potencial osmótico, condutância estomática, transpiração e a atividade fotossintética (PEIXOTO et al., 2006).

A vegetação no Cerrado está constantemente exposta a altas índices de irradiância (1500 a 2500 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), altas temperaturas (25-40 °C ao meio-dia) e, durante a estação seca, baixa umidade relativa do ar, em torno de 10 a 20% (FRANCO, 2004). De um modo geral, as plantas jovens se desenvolvem sob ambientes sombreados abaixo da copa de árvores adultas, com baixa disponibilidade hídrica nas camadas superficiais do solo. As plantas adultas estão sujeitas a maiores níveis de radiação, em contrapartida, possuem um sistema radicular mais profundo, com maior capacidade de sobreviver a tais condições do que plantas jovens (PALHARES, FRANCO, ZAIDAN, 2010).

A fotossíntese é um processo dependente de luz e temperatura, ocorrendo a entrada de CO₂ e liberação de água pelos estômatos. Temperatura e luminosidade, em níveis altos, promovem grande quantidade de energia, que precisa ser evitada e/ou dissipada. Sendo assim, as plantas possuem mecanismos eficientes que permitem a sobrevivência a ambientes estressantes, como encontrados no bioma Cerrado. O controle estomático faz-se, então, necessário, para evitar a transpiração excessiva e até mesmo utilizá-la, produzindo

o resfriamento evaporativo, removendo o calor das folhas, durante a fotossíntese. Em ambientes bem irrigados, comumente se observa elevada evaporação de água nas folhas, com controle estomático e absorção de água pelas raízes eficientes. De modo contrário, sob estresse hídrico, ocorrem restrições na abertura estomática, diminuindo o fluxo de CO₂ para os cloroplastos e minimizando a perda de água por esfriamento, em razão do fechamento estomático parcial (PALHARES, FRANCO, ZAIDAN, 2010; TAIZ, ZEIGER, 2013).

3.5 REFERÊNCIAS

AFONSO, S. R.; ANGELO, A. H.; ALMEIDA A. N. Caracterização da produção de Pequi em Japonvar, MG. **Revista Floresta**, v. 45, n. 1, p. 49-56, 2015.

ALMEIDA, S. P.; SILVA, J. A. D. Piqui e Buriti – Importância alimentar para a população dos Cerrados. EMBRAPA: CPAC, 1994. 38 p.

ALMEIDA, S. P. **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: Embrapa, 1998. 556 p.

ASSAD, E. D. Chuva nos Cerrados. Análise e Especialização. EMBRAPA/SPI. Brasília, DF. 1994. In: BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado: PPCerrado. Brasília, 2009.

BASKIN, J. M.; BASKIN, C. C. A classification system for seed dormancy. **Seed Science Research**, v. 14, n. 1, p. 1–16, 2004.

BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination**. 2 ed. San Diego: Academic Press, 2014.1600 p.

BERNARDES, T. G.; NAVES, R. V.; REZENDE, C. F. A.; BORGES, J. D.; CHAVES, L. J. Propagação sexuada do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) estimulada por ácido giberélico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 38, n. 2, p. 71-77, 2008.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado: PPCerrado. Brasília, 2009.

BRAZ, M. R. S.; ROSSETTO, C. A. V. Estabelecimento de plântulas e desempenho de plantas em resposta ao vigor dos aquênios de girassol. **Ciência Rural**, v. 39, n. 7, p. 1997-2003, 2009.

CAMARGO, M. P.; ESTEVAM, A.; FEROLDI, M.; CREMONEZ, P. A. A cultura do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) na recuperação de áreas degradadas e como alternativa para a produção de biodiesel no Brasil. **Journal of Agronomic Sciences**, v.3, n. especial, p.180-192, 2014.

CÂNDIDO P. A.; MALAFAIA G. C.; REZENDE M. L. A exploração do pequi na região norte de Minas Gerais: abordagem por meio do Sistema Agroalimentar localizado, **Revista IDEAS**, v. 5, n. 2, p. 118- 138, 2012.

- CARVALHO, F. A. **Dinâmica da vegetação arbórea de uma floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no Brasil Central**. 2009. 134 f. Tese (Doutorado em Ecologia) - Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2009.
- CHIAMOLERA, F. M.; SILVA, A. C. C.; SABIÃO, R. R.; CUNHA, T. P. L. MARTINS, A. B. G. Clonagem de canistel por estaquia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 3, p. 649-654, 2014.
- CORTE, V. B.; SILVA, A. G. D.; BORGES, R. D. C. G.; PONTES, C. A.; BORGES, E. E. D. L. Influência da temperatura de armazenamento na qualidade das sementes de *Caesalpinia peltophoroides* Benth. (sibipiruna). **Revista Árvore**, v.30, n.1, p.43-48, 2006.
- DOMBROSKI, J. L. D.; PAIVA, R, ALVES, J. M. C.; SANTOS, B. R.; NOGUEIRA, R. C. PAIVA, P. D. D. O.; BARBOSA, S. Métodos para a superação da dormência fisiológica de *Caryocar brasiliense* Camb. **Cerne**, v. 16, n. 2, p. 131-135, 2010.
- FERRI, M.G. Ecologia dos cerrados. In: FERRI, M.G. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, v. 4. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, p.15-33, 1977.
- FIGUEIRÔA, J. M.; BARBOSA, D. C. A.; SIMABUKURO, E. A. Crescimento de plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, n. 3, p. 573-580, 2004.
- FINCH-SAVAGE, W.E.; LEUBNER-METZGER, G. Seed dormancy and the control of germination. **New Phytologist**, v.171, n. 3, p.501-523, 2006.
- FRANCO, AC. Estratégias funcionais de plantas lenhosas das savanas do Brasil Central: relação ao déficit hídrico e ao regime luminoso. 2004. In: PALHARES, D.; FRANCO, A.C.; ZAIDAN, L. B. P. Respostas fotossintéticas de plantas de cerrado nas estações seca e chuvosa. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 8, n. 2, p. 213-220, 2010.
- GIROLDO, A. B.; SCARIOT, A. Land use and management affects the demography and conservation of an intensively harvested Cerrado fruit tree species. **Biological Conservation**, v. 191, p. 150-158, 2015.
- GRIBEL, R.; HAY, J. D. Pollination ecology of *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae) in Central Brasil cerrado vegetation. **Jornal Tropical Ecology**, v. 9, n. 2, p. 199-211, 1993.
- GUIMARÃES, R. N. **Propagação vegetativa do pequi (Caryocar brasiliense Camb.) por estaquia**. 2017. 75 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.
- HARIDASAN, M. Nutrição mineral de espécies do cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12 n. 1, p. 54-64, 2000.

- KANEGAE, M. F.; BRAZ, V. S.; FRANCO, A. C. Efeitos da seca sazonal e disponibilidade de luz na sobrevivência e crescimento de *Bowdichia virgilioides* em duas fitofisionomias típicas dos cerrados do Brasil Central. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 23, n. 4, p. 459-468, 2000.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.
- LEÃO, E. F.; PEIXOTO, N.; MORAES JÚNIOR, O. P. D; Emergência de plântulas de pequi em função da planta matriz e uso de ácido giberélico. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 4, p. 416-423, 2007.
- LEITE, G. L. D.; NASCIMENTO, A. F. D.; ALVES, S. M.; LOPES, P. S. N.; SALES, N. D. L. P.; ZANUNCIO, J. C. The mortality of *Caryocar brasiliense* in northern Minas Gerais State, Brazil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 34, n. 2, p. 131-137, 2012.
- LOPES, P. S. N.; PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; MARTINS, E. R.; FERNANDES, R. C. Pequi. In: VIEIRA, R. F.; COSTA, T. S. A.; SILVA, D. B.; FERREIRA, F. R.; SANO, S. M. **Frutas nativas da região Centro-Oeste**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006. 320 p.
- MENDES, D. S. T.; LOPES, P. S. N.; RIBEIRO, L. M.; SANTIAGO, T. A.; PAJEHÚ, L. F.; GONÇALVES, A. P. Qualidade fisiológica e superação de dormência em sementes de pequi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 2018.
- NASCIMENTO, H. H. C., NOGUEIRA, R. J. M. C.; SILVA, E. C.; SILVA, M. A. Análise do crescimento de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em diferentes níveis de água no solo. **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, p. 617-626, 2011.
- NAVES, R. V.; NASCIMENTO, J. L.; SOUZA, E. R. B. Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 34 p. 2009.
- NONOGAKI, H.; BASSEL, G. W.; BEWLEY, J. D. Germination- Still a mystery. **Plant Science**, v. 179, n. 6, p. 1-8, 2010.
- OLIVEIRA, M. E. B.; GUERRA, N. B.; BARROS, L. M.; ALVES, R. E. Aspectos agrônômicos e de qualidade do pequi. Fortaleza (Embrapa Agroindústria Tropical: Documentos 113) 2008. 32 p.
- PALHARES, D.; FRANCO, A.C.; ZAIDAN, L. B. P. Respostas fotossintéticas de plantas de cerrado nas estações seca e chuvosa. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 8, n. 2, p. 213-220, 2010.
- PEIXOTO, C. P.; CERQUEIRA, E. C.; SOARES FILHO, V. S.; CASTRO NETO, M. T.; LEDO, C. A. S.; MATOS, F. S.; OLIVEIRA, J. G. Análise de crescimento de diferentes genótipos de citros cultivados sob déficit hídrico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 3, p. 439-443, 2006.

- PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; FIALHO, J. D. F.; JUNQUEIRA, N. T. V.; GOMES, A. C. Avaliação de métodos de enxertia em mudas de pequi. Embrapa Cerrados: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Planaltina, DF, 2002. 15 p.
- PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; SILVA, D. B. D.; GOMES, A. C. SOUSA-SILVA J. C. Quebra de dormência de sementes de pequi. Embrapa Cerrados: Boletim de pesquisa e desenvolvimento. Planaltina, DF, 2004. 15 p.
- REATTO, A.; MARTINS, E. S. Classes de solo em relação aos controles da paisagem do bioma Cerrado. In: BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado: PPCerrado. Brasília, 2009.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma cerrado. In: SANTOS, B. R.; PAIVA, R.; DOMBROSKI, J. L. D.; MARTINOTTO, C.; NOGUEIRA, R. C.; SILVA, A. A. N. Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb): uma espécie promissora do cerrado brasileiro. Boletim técnico: UFLA, 2006. 29 pg.
- SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. Cerrado: Ecologia e Flora, v.1. Brasília: Livraria Embrapa, 2008.
- SANTOS, B. R.; PAIVA, R.; DOMBROSKI, J. L. D.; MARTINOTTO, C.; NOGUEIRA, R. C.; SILVA, A. A. N. Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb): uma espécie promissora do cerrado brasileiro. Boletim técnico: UFLA, 2006a. 29 pg.
- SANTOS, B. R.; PAIVA, R.; NOGUEIRA, R. C.; OLIVEIRA, L. M. D.; SILVA, D. P. C. D.; MARTINOTTO, C.; PAIVA, P. D. D. O. Micropropagação de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 2, p. 293-296, 2006b.
- SANTOS, F. S.; SANTOS, R. F.; DIAS, P. P.; ZANÃO JUNIOR, L. A.; TOMASSONI, F. A cultura do Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Acta Iguazu**, v.2, n.3, p. 46-57, 2013.
- SILVA, A. C. **Desenvolvimento inicial de três espécies nativas do Cerrado em função de lâminas de irrigação e tamanhos de recipiente**. 2012. 182 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.
- SILVA, A. H.; PEREIRA, J. S.; RODRIGUES, S. C. Desenvolvimento inicial de espécies exóticas e nativas, e necessidade de calagem em área degradada do Cerrado no triângulo mineiro (Minas Gerais, Brasil). **Agronomía Colombiana**, v. 29 n. 2, pg. 361-371, 2011.
- SOUZA, A. M. S. Estrutura, qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae). 2016. 95 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias. Montes Claros, 2016.
- SOUZA, V. C. D.; BRUNO, R. D. L. A.; ANDRADE, L. A. D. Vigor de sementes armazenadas de ipê-amarelo *Tabebuia serratifolia* (Vahl.) Nich. **Revista Árvore**, v. 29, n. 6, p.833-841, 2005.

SPANDRE, P.; ZANETTE, F.; BIASI, L. A.; KOHELER, H. S.; NIESING, P. C. Estaquia caulinar de guaçatonga (*Casearia sylvestris* Swartz) nas quatro estações do ano, com aplicação de diferentes concentrações de AIB. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, n.3, p. 529-536, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

VIEIRA, F. A.; PACHECO, M. V.; LOPES, P. S. N. Método de escarificação de putâmens de *Caryocar brasiliense* Camb. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**. V. 4, n. 08, 2005.

VIEIRA, R. F.; COSTA, T. D. S. A.; SILVA, D. B. D.; FERREIRA, F. R.; SANO, S. M. **Frutas Nativas da Região Centro-Oeste do Brasil**. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF, 2006. 320 p.

VILELA, F.G.; CARVALHO, D.; VIEIRA, F.A.; Fenologia de *Caryocar brasiliense* Camb. (Caryocaraceae) no Alto Rio Grande, Sul de Minas Gerais. **Revista Cerne**, v. 14, n. 4, p. 317- 329, 2008.

ZAIDAN, L. B.; CARREIRA, R. C. Seed germination in Cerrado species. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 20, n. 3, p. 167-181, 2008.

ZARDO, R. N; HENRIQUES, R. P. B. Growth and fruit production of the tree *Caryocar Brasiliense* in the Cerrado of central Brazil. **Agroforestry systems**, v. 82, n. 1, p. 15-23, 2011.

4 ARTIGO 1 – Propagação e estabelecimento de plantas de pequi

RESUMO

O presente trabalho avaliou métodos de propagação quanto à emergência, crescimento e fisiologia de plantas de pequi em fase inicial de estabelecimento. Adotou-se o delineamento em blocos casualizados em parcelas subdivididas. As parcelas constituíram da presença e ausência de irrigação, enquanto a semeadura de pirênios recém-dispersos com e sem GA₃, armazenados com e sem GA₃ e o plantio de mudas constituíram-se as subparcelas. Avaliaram-se a emergência e a sobrevivência de plantas, diâmetro do caule, altura da planta, número de folhas, área foliar e aspectos fisiológicos, por carbono assimilado, condutância estomática, transpiração, além da eficiência no uso da água. Obteve-se, nas parcelas irrigadas, emergência de plântulas superior no tratamento armazenado com GA₃ aos três meses do plantio. Ao estabilizar a emergência, o tratamento armazenamento com e sem GA₃ apresentaram maiores taxas, enquanto, nas parcelas sem irrigação, a emergência de plântulas não atingiu 6%. Pirênios recém-dispersos com GA₃ permitiram maior sobrevivência de plantas, enquanto mudas irrigadas apresentaram taxa inferior a 50%, não diferindo das sem irrigação. Independente do uso da água suplementar, mudas apresentaram incremento na taxa de crescimento superior às plântulas oriundas de pirênios, à exceção daqueles armazenados com GA₃. Observaram-se maior assimilação de carbono, condutância estomática e eficiência no uso da água, nas parcelas irrigadas. A irrigação influencia nos aspectos fisiológicos e na emergência de plântulas, assim, como tratamentos pré-germinativos, o plantio de mudas e pirênios armazenados tratados com GA₃ são alternativas mais indicadas no plantio de pequi.

Palavras-chave: *Caryocar brasiliense*. Fotossíntese. Irrigação. Déficit hídrico. Sobrevivência de plantas.

4 ARTICLE 1 – Propagation and establishment of pequi trees

ABSTRACT

The present work evaluated propagation methods for the emergence, growth and physiology of pequi trees in the initial stage of establishment. The randomized block design in subdivided plots were adopted. The plots consisted of the presence and absence of irrigation, while the subplots were the sowing of recently dispersed pyrenes with and without GA3, stored with and without GA3 and planting of seedlings. The emergence and survival of plants stem diameter, plant height, number of leaves, leaf area and physiological aspects were evaluated by assimilated carbon, stomatal conductance, transpiration, and water use efficiency. In the irrigated plots, emergence of seedlings obtained in the treatment stored with GA3 at three months of planting was superior. When stabilizing the emergency, the storage treatment with and without GA3 presented higher rates, whereas, in the plots without irrigation, seedling emergence did not reach 6%. Newly dispersed pyrenes with GA3 allowed greater plant survival; while irrigated seedlings presented a rate lower than 50%, not differing from those without irrigation. Regardless of the use of additional water, seedlings showed an increase in the growth rate higher than the pyrene seedlings, except for those stored with GA3. Greater carbon assimilation, stomatal conductance and water use efficiency were observed in irrigated plots. Irrigation influenced the physiological aspects and the emergence of seedlings, thus, as pregerminative treatments, the planting of seedlings and stored pyrenes treated with GA3 is the most indicated alternative in the plantation of pequi tree.

Keywords: *Caryocar brasiliense*. Photosynthesis. Irrigation. Water deficit. Survival of plants.

4.1 INTRODUÇÃO

Caryocar brasiliense (Camb.) é uma árvore frutífera nativa do Cerrado, com ampla distribuição e elevada importância econômica, social e cultural (SANTOS et al., 2013). É fonte de alimento para animais silvestres, os frutos são muito apreciados e demandados para usos na culinária, indústria alimentícia e cosmética. No Norte de Minas Gerais, promove a geração de emprego e renda para populações e comunidades tradicionais que exploram os frutos por meio do extrativismo (LOPES et al., 2006; AFONSO, ANGELO, ALMEIDA, 2015). Estudos apontam redução na ocorrência de árvores jovens, no campo (LEITE et al., 2012), demonstrando que a reprodução natural não tem sido eficiente. A semente apresenta dormência, que resulta em baixos índices germinativos e limita a produção de mudas e o cultivo comercial (DOMBROSKI et al., 2010).

A água é fundamental, na germinação das sementes, que inicia com a reativação do metabolismo das células pela embebição da semente e desenvolve outras funções como transporte de solutos, difusão de gases, alongamento celular, etc (MARCOS FILHO, 2005). A germinação do pequizeiro é dependente da disponibilidade hídrica (MENDES et al., 2018), embora sua planta apresente tolerância ao déficit hídrico (NAVES et al., 2009). A presença de água no solo pode promover efeitos significativos, no desenvolvimento de espécies nativas do Cerrado, adaptadas ao déficit hídrico (FIGUEIRÔA et al., 2004; NASCIMENTO et al., 2011), no entanto não está claro o efeito sobre a emergência de plântulas e no desenvolvimento vegetativo, bem como no estabelecimento e sobrevivência de plantas de pequizeiro, havendo a necessidade da investigação desse aspecto.

O tratamento pré-germinativo com aplicação de giberelinas promove o crescimento potencial do embrião e, portanto aumento na uniformidade e índices germinativos (DOMBROSKI et al., 2010; SOUZA et al., 2017b; MENDES et al., 2018). O armazenamento dos pirênios, por sua vez, também, promove efeitos significativos na taxa de germinação (BERNARDES et al., 2008; MENDES et al., 2018). Tais estratégias contribuem na superação da dormência e, por isso, na oferta de mudas, mas ainda se fazem necessários estudos sobre o desenvolvimento de plântulas, após a germinação e, principalmente, no comportamento em campo. O plantio dos pirênios com tratamentos pré-germinativos, diretamente no local de plantio, é uma alternativa que merece ser investigada, em função da elevação nos índices germinativos (DOMBROSKI et al., 2010; SOUZA et al., 2017b; MENDES et al., 2018) e a semente apresentar abundantes reservas (SOUSA et al., 2017a), não dependendo da formação da muda e ser um método de menor custo e mão de obra.

As respostas fisiológicas das plantas comumente estão associadas à presença de umidade no solo, assim como influência de temperaturas (LI et al., 2008). Plantas do Cerrado, de igual modo, apresentam maior fixação de carbono, durante o período chuvoso e, em contrapartida, sob estresse hídrico, reduzem a atividade estomática, transpiração e, em decorrência, a fixação de carbono (PALHARES, FRANCO, ZAIDAN, 2010). Assim, estudos referentes ao comportamento fisiológico de plantas do cerrado, principalmente, espécies de valor econômico como o pequizeiro, bem como as respostas às sazonalidades climáticas, são de grande relevância.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi a estudar a associação entre irrigação e tratamentos pré-germinativos aplicados a pirênios ou plantio de mudas, no estabelecimento de plantas de pequizeiro.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção do material vegetal

Frutos maduros de *Caryocar brasiliense* foram coletados de populações nativas, durante os meses de dezembro de 2015 e janeiro de 2016, no município de São João da Lagoa no Norte de Minas Gerais, Brasil (16°46'42"S; 44°18'24"W), após a abscisão natural em, aproximadamente, 100 plantas. Os pirênios (semente mais endocarpo) foram obtidos, por meio da retirada com auxílio de uma faca, do exocarpo, mesocarpo externo e interno dos frutos. Os pirênios, logo após a dispersão, foram semeados ou armazenados à sombra, durante 30 dias, em local seco e arejado, conforme o tratamento.

Amostras de sementes foram extraídas dos pirênios, no momento de instalação de cada tratamento, utilizando um torno manual de bancada, alicate de bico com abertura invertida com uma chapa na ponta e motoesmeril (MENDES et al., 2018). As sementes que apresentaram injúrias, má-formação, danos ocasionados por insetos ou fungos, enegrecidas, pequenas, murchas ou inconsistentes foram contabilizadas como visualmente inviáveis e descartadas. Já as sementes aparentemente sem danos foram avaliadas quanto ao teor de água, pelo método da estufa com secagem de cinco repetições de 10 sementes a 105°C por 24 horas (BRASIL, 2009).

Foram também utilizadas mudas de pequizeiro com idade aproximada de oito meses, obtidas no viveiro de mudas frutíferas do Instituto de Ciências Agrárias da UFMG, Campus Montes Claros. Antes do plantio, as mudas foram selecionadas, conforme tamanho e número de folhas, para manutenção da homogeneidade dentro dos blocos experimentais. Em geral, as mudas apresentavam, em média, seis folhas, altura do colo ao ápice da planta de 25 cm e um diâmetro do caule de 6,00 mm.

Instalação do experimento

O estudo foi montado em área experimental no setor de fruticultura do Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da UFMG em Montes Claros (16°68'20"S; 43°83'96"W). O Clima da região é tropical, classificado com Aw segundo Köppen e Geiger, com uma estação seca bem definida, a temperatura média de 22,7 °C e pluviosidade média anual em torno de 1029 mm (Climate-data.org, 2018).

Amostras desse solo à profundidade de 0-20 e 20-40 cm foram coletadas e enviadas ao Laboratório de Análises de Solo do ICA/UFMG para análises de fertilidade e textura (Tabela 1). A área, na qual foi instalado o experimento, vem sendo cultivada, ao longo do tempo e irrigada com água com alto pH (7,6), altos teores de carbonato de cálcio (249 mg L⁻¹) e condutividade elétrica de 0,468 dS m⁻¹ que podem explicar o pH e teor de Ca mais alto no solo, bem como a baixa acidez trocável. Os teores de fósforo foram baixos, o que indicou uma adubação fosfatada. A saturação de bases foi considerada muito boa. Por último, de acordo com os teores da fração areia, argila e silte, o solo apresentou textura média, pertencente à classe dos Cambissolos (EMBRAPA, 2006).

Foram coletadas, também, amostras indeformadas de solo, nas profundidades de 10, 20 e 30 cm, utilizando o trado tipo Uhland com anéis de volume conhecido. Essas amostras foram secas, em estufa de circulação de ar forçada, a 110° por 48 h, obtendo-se, ao final, a densidade do solo (massa/volume) aos 10, 20 e 30 cm de profundidade, respectivamente, de 1,54, 1,59 e 1,54 g. cm⁻³.

Tabela 1. Atributos físicos e químicos do solo na camada de 0-40 cm, constatados na análise do solo da área experimental da Universidade Federal de Minas Gerais *Campus Montes Claros*.

	pH	P Mehlich	P remanescente	K	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	t	T	m	V
Cm	água		mg dm ⁻³						cmolc dm ⁻³				%
0-20	6,70	8,43	29,89	284	7,80	1,70	0,00	1,78	10,23	10,23	12,00	0	85
20-40	6,30	3,16	26,71	142	6,40	1,60	0,00	1,96	8,36	8,36	10,33	0	81
		Matéria Orgânica	Carbono Orgânico		Areia grossa			Areia fina	Silte			Argila	
Cm													
0-20		3,88	2,25		15,70			16,30	38,00			30,00	
20-40		2,24	1,30		11,40			6,60	54,00			28,00	

SB: soma de bases; t: CTC efetiva; m: saturação por Al; T: CTC a pH 7,0; V: saturação de bases.

Foram utilizados pirênios recém-dispersos e pirênios armazenados por 30 dias em galpão seco, conforme descrito anteriormente. Metade desses pirênios foi tratada previamente com ácido giberélico (GA₃), para superação da dormência, usando o produto comercial PROGIBB 400®. Os pirênios recém-dispersos foram imersos em solução de ácido giberélico de 375 mg L⁻¹ por quatro dias, enquanto os armazenados foram embebidos, inicialmente, por 10 dias em água e, depois, por quatro dias em solução de GA₃ de 125 mg L⁻¹ (MENDES et al., 2018).

Os pirênios recém-dispersos e pirênios armazenados, submetidos ou não à embebição com GA₃, foram semeados, em janeiro de 2016, no espaçamento de 2 x 2 cm, a uma profundidade de 5 cm. Para cada um dos quatro tratamentos, foram utilizados 100 pirênios por repetição. Além da semeadura dos pirênios, também foi realizado o plantio de 24 mudas de pequi por parcela, em covas com dimensões de 40 cm de profundidade e 30 cm de diâmetro, no espaçamento de 40 x 40 cm. As mudas foram obtidas pelo semeio de pirênios em canteiro de areia, repicadas para saquinhos plásticos e mantidas em viveiro telado por 6 meses. Antes do plantio, foram aclimatadas por 30 dias e separadas em blocos, conforme número de folhas e altura. Cada cova recebeu, previamente, 1 litro de esterco bovino mais 100 g de superfosfato simples.

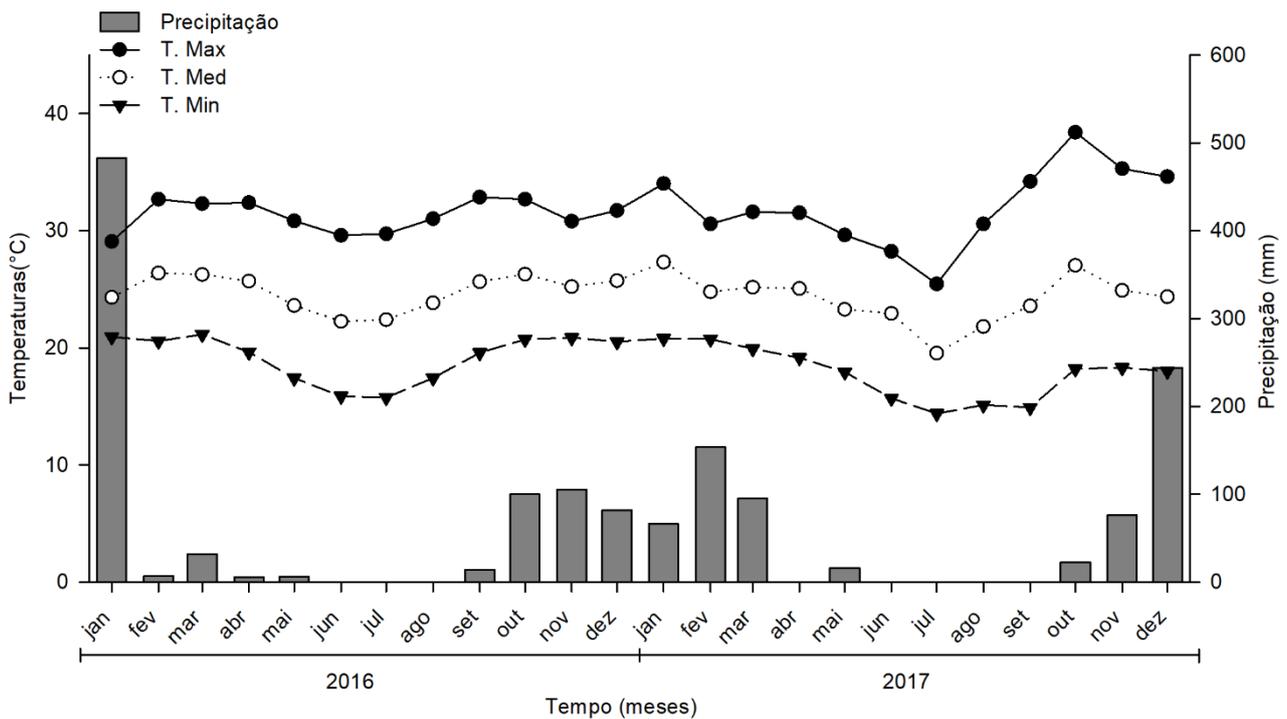
O experimento foi montado utilizando o delineamento em blocos casualizados, dispostos em parcelas subdivididas, com seis blocos. As parcelas foram identificadas pela presença ou não da irrigação (duas parcelas), enquanto as subparcelas foram identificadas pelo semeio de pirênios recém-dispersos; recém dispersos tratados com ácido giberélico; armazenados por 30 dias; armazenados por 30 dias tratados com ácido giberélico e o plantio de mudas. Após o plantio e sempre que apresentaram necessidade, as plantas receberam tutoramento com estacas de bambu, para evitar o tombamento, enquanto o controle de plantas daninhas foi feito por meio de capina manual.

Condução e avaliação do experimento

As temperaturas máxima, média e mínima e a precipitação (Figura 1), durante todo o experimento, período de janeiro de 2016 a dezembro de 2017, foram obtidas no banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, na estação 83437, localizada no Instituto de Ciências Agrárias, cerca de 300 metros do local de instalação da pesquisa. Temperaturas mais elevadas ocorreram entre os meses de setembro e março, período também de maior precipitação. Durante esses meses, as temperaturas máximas e mínimas

oscilaram entre 38 e 19 °C, com maiores precipitações, no mês de janeiro de 2016 (482,5 mm), fevereiro de 2017 (153,6 mm) e dezembro de 2017 (244,0 mm). Entre abril e setembro, estação seca, não ocorreram precipitações com volumes consideráveis, a temperatura variou de 32 a 14 °C. A quantidade total da pluviosidade, nos anos de 2016 e 2017, foram, respectivamente, de 834,2 mm e 673,5 mm, consideradas abaixo da média, que é de 1029 mm (Climate-data.org, 2018).

Figura 1. Temperaturas máxima (T. Max), média (T. Med) e mínima (T. Min) e precipitações mensais obtidas na base de dados do INMET da estação 83437, durante o período de janeiro de 2016 a dezembro de 2017.



Fonte: Do autor, 2018.

A irrigação das parcelas foi realizada com base na curva de retenção de água do solo (Figura 2) obtida pela metodologia de Andrade Junior et al. (2007), ajustada pelo modelo de van Genuchten (1980) (Equação 1), por meio do software SWRC v. 3.0 da ESALQ - USP. Utilizaram-se tensiômetros para monitorar e manter a umidade do solo próximo a 50% da água disponível para as plantas. Os tensiômetros foram instalados com auxílio de um trado, nas profundidades de 20, 40 e 60 cm.

$$\theta(\varphi) = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (\alpha|\varphi|)^n]^m} \quad (1)$$

Em que:

φ = umidade atual ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$);

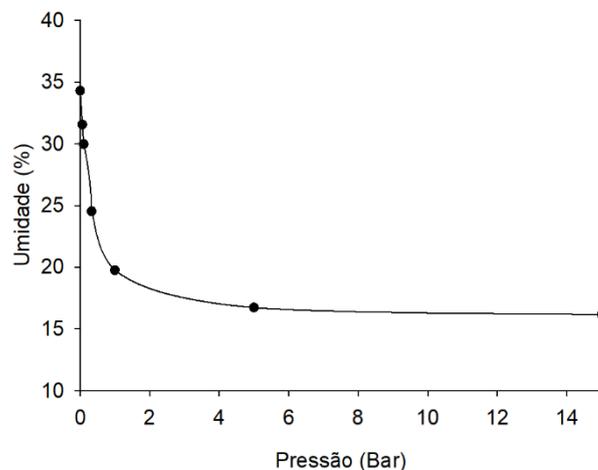
θ_r = umidade residual ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$);

θ_s = umidade saturação ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$);

φ = potencial matricial (bar);

α , n e m = coeficientes gerados pelos modelos.

Figura 2. Curva de retenção de água do solo da área experimental da Universidade Federal de Minas Gerais Campus Montes Claros.



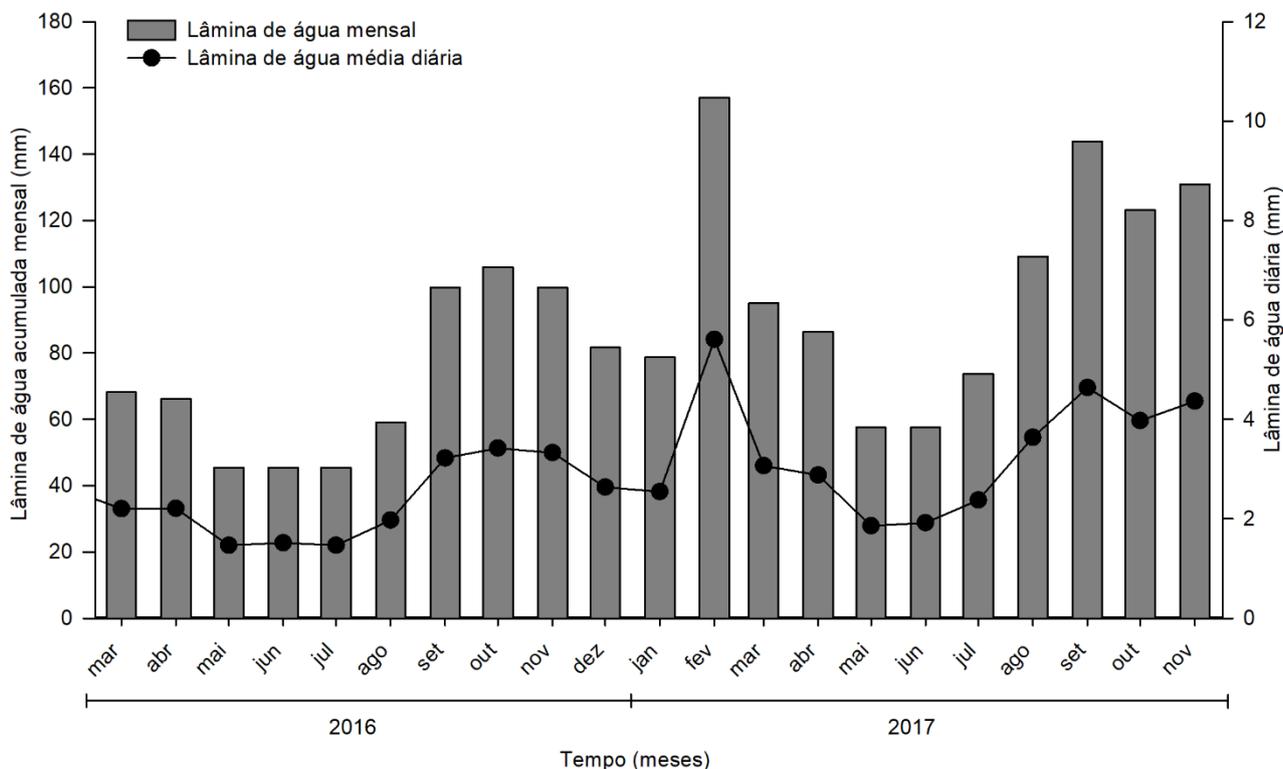
Fonte: Do autor, 2018.

Assim, após o ajuste pelo modelo de ajuste proposto por van Genuchten (1980), a equação da curva de retenção de água, para o solo do experimento, apresentou-se conforme equação 2:

$$\theta(\varphi) = 0,159 + \frac{0,343 - 0,159}{[1 + (3,529|\varphi|)^{1,0985}]^{0,9707}} \quad (2)$$

A quantidade de água fornecida, diária e mensalmente, durante a realização do experimento, está apresentada na Figura 3. Nos primeiros 40 dias do plantio, todas as parcelas experimentais que continham mudas foram irrigadas com objetivo de garantir o pegamento inicial e a sua aclimatação. Após esse tempo, suspendeu-se a irrigação nas parcelas de sequeiro. No período de maio a julho, de ambos os anos, por ocorrência de temperaturas mais amenas (Figura 1), houve menor demanda hídrica, aplicando-se, em média, por mês, 45 mm em 2016 e 62 mm em 2017. Concomitante à elevação das temperaturas, ocorreu uma maior demanda hídrica, no período de setembro, outubro e novembro de 2016, recebendo uma lâmina média de 102 mm mensais, enquanto, no mesmo período em 2017, de 120 mm. Fevereiro de 2017 foi o mês em que as parcelas receberam maior quantidade de água (154 mm), por elevada distribuição da precipitação, não havendo necessidade de complementação com a irrigação. No período subsequente, houve redução na lâmina de irrigação.

Figura 3. Lâminas mensal e média diária aplicada em *Caryocar brasiliense*, plantados em área experimental, no período de fevereiro de 2016 a novembro de 2017. A água fornecida pelas chuvas pela precipitação foi incluída.



Fonte: Do autor, 2018.

Nos tratamentos constituídos por pirênios, monitorou-se, semanalmente, até dois anos após o plantio, a emergência de plântulas. Foram consideradas emergidas aquelas que apresentavam parte aérea de 0,5 cm acima do solo. No final do experimento, os pirênios que não emitiram plântulas foram desenterrados e avaliados. Aqueles que possuíam sintoma de rachadura, na região do hilo, intumescimento da semente e resquícios de protrusão da raiz e/ou plúmula foram considerados germinados, porém não emergidos. Os demais não germinados foram cortados, transversalmente, com auxílio de uma guilhotina, e suas sementes avaliadas quanto à deterioração. Classificaram-se como deterioradas aquelas sementes amolecidas, atacadas por microrganismos e que não apresentaram nenhum sinal de início de germinação (BRASIL, 2009). Portanto, a partir das avaliações, foram calculadas as características: o percentual de emergência de plântulas - determinado por meio da divisão do número de plântulas emergidas pelo número total de pirênios semeados na subparcela e multiplicado por 100, percentual de sementes germinadas – determinado por meio da soma da emergência de plântulas e de sementes germinadas e plântulas não emergidas dividido pelo número total de pirênios semeados na subparcela e multiplicado por 100, percentual de sementes germinadas e não emergidas – determinado por meio da divisão das sementes não germinadas e plântulas não emergidas pelo número total de pirênios semeados na subparcela e multiplicado por 100 e percentual de sementes

deterioradas – determinado por meio da divisão de sementes deterioradas pelo número total de pirênios semeados e multiplicado por 100.

Nos meses de março, julho e novembro do ano de 2016, bem como em fevereiro, junho e novembro de 2017, foram mensuradas as plântulas oriundas dos pirênios e as mudas características biométricas que detalham o seu crescimento. Realizou-se a medição da altura das plantas, do colo até ápice do caule, com auxílio de fita métrica graduada em milímetros e o diâmetro do colo ao nível do solo, por meio de paquímetro digital marca Digimess® com resolução de 0,01 mm. A parte foliar foi determinada pela contagem do número de folhas totalmente expandidas e a área foliar por meio do comprimento das nervuras principais dos folíolos, com auxílio de uma régua graduada em milímetros, conforme metodologia de Oliveira et al. (2002).

Características fisiológicas de plântulas e mudas foram avaliadas nos meses de fevereiro, maio, julho, setembro e novembro do ano de 2017. Determinaram-se a assimilação de CO₂, a transpiração e a condutância estomática por meio do aparelho Infra Red Gas Analyzer – IRGA LCpro-SD (BioScientific Ltd.). Calculou-se, também, a eficiência no uso da água (EUA), uma relação entre a assimilação de CO₂ e a transpiração. Dividindo-se a taxa de assimilação de carbono pela taxa de transpiração, obteve-se a EUA. As leituras foram realizadas entre o horário de 8h30min e 11 horas, sob condições ambientais naturais a pleno sol. Os folíolos centrais, no terço médio de cinco plântulas e mudas por subparcela, foram utilizados para as leituras.

Ao final do experimento, determinou-se a taxa de sobrevivência de plântulas e mudas, por meio da divisão de plântulas e mudas sobreviventes, no fim do estudo, respectivamente, pelo número de plântulas emergidas e de mudas plantadas e multiplicado por cem.

A emergência de plântulas, sementes germinadas e deterioradas foram avaliadas somente nos tratamentos oriundos do semeio de pirênios, enquanto as análises biométricas, fisiológicas e taxa de sobrevivência foram realizadas em plântulas e mudas. Para ajuste da normalidade, dados biométricos obtidos de crescimento de plântulas e mudas, foram transformados pela equação $\log(x+1)$.

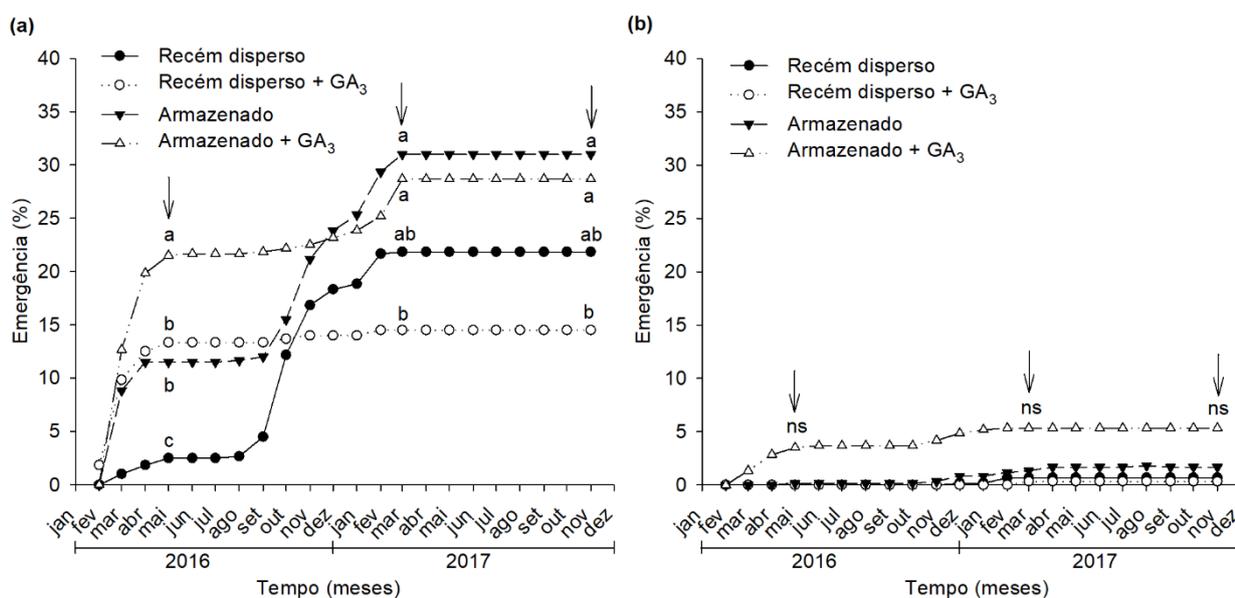
Os dados foram submetidos à ANOVA e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade. Os dados biométricos também foram submetidos à análise de regressão polinomial, para ajuste das curvas de crescimento, até o nível de 5% de probabilidade. O software utilizado para análises foi o R versão 3.4.2.

4.3 RESULTADOS

Pirênios recém-dispersos apresentaram, em média, sementes com 98% de viabilidade e 38,48% de teor de água, diminuindo, respectivamente, após o armazenamento de 30 dias, para 86 e 7,69%. Aos três meses pós-plantio, nas parcelas irrigadas, observou-se efeito dos tratamentos pré-germinativos na emergência de plântulas, obtendo-se resultados superiores (24,3%) com o uso do armazenamento associado à aplicação de GA₃ (Figura 4a). Já, após o período de inverno e, durante a primavera e verão, 16 meses pós-plantio (maio 2016), ocorreu um elevado incremento na emergência de plântulas oriundas de pirênios não armazenados e não tratados com GA₃, de 2,5% para 21,8% (Figura 4a). Tal foi o incremento que esse tratamento não apresentou diferença, para emergência de plântulas, ao final de dois anos de plantio, em relação àquelas que foram submetidas a alguma forma de superação de dormência. Também foram

observados aumentos, em menor escala, nos tratamentos armazenamento e armazenamento mais uso de giberelina, proporcionando, ao final de dois anos, uma emergência de 31% e 28,6%, respectivamente. Entretanto, para pirênios recém-dispersos, só houve, praticamente, aumento na emergência de plântulas nos quatro primeiros meses após o plantio, estabilizando em 14,5% até ao final do experimento (Figura 4a). Para as parcelas não irrigadas, a emergência foi, significativamente, inferior às irrigadas, atingindo, no máximo 5,3% para o tratamento que utilizou o armazenamento e o GA₃. Entretanto, ao longo do tempo, em função da baixa emergência, não foram constatadas diferenças significativas entre os tratamentos, mesmo após dois anos de plantio (Figura 4b).

Figura 4. Emergência acumulada de plântulas de *Caryocar brasiliense*, oriundas de pirênios recém-dispersos (RD), recém dispersos + 375 mg L⁻¹ GA₃ (RD+GA₃), armazenados por 30 dias (ARM) e armazenados por 30 dias + 125 mg L⁻¹ GA₃. Os pirênios foram semeados em áreas irrigadas (a) e não irrigadas (b). As setas indicam o resultado da análise estatística realizada nos períodos de maio de 2016 e março e novembro de 2017. Os tratamentos seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. ns: não significativo.



Fonte: Do autor, 2018.

Ao final do experimento, verificou-se que não houve efeito significativo da interação para o percentual de sementes germinadas, de germinadas e plântulas não emergidas e de deterioradas. Os tratamentos, independente da irrigação, que tiveram os pirênios armazenados, proporcionaram maior germinação e menor deterioração das suas sementes em relação aos recém-dispersos (Tabela 2). Já a sobrevivência de plântulas e mudas foi influenciada pelo uso da água, apresentando uma taxa superior somente nos pirênios recém-dispersos não irrigados. Porém, nesses tratamentos, a emergência foi muito reduzida, conforme já relatado acima. Nas parcelas irrigadas, os pirênios tratados para superar a dormência, especialmente, os recém-dispersos que foram embebidos em solução de giberelina, permitiram a maior sobrevivência de plântulas. Esse tratamento, também, destacou-se quando não foi utilizada a irrigação (Tabela 2). Para as mudas,

mesmo realizando a suplementação de água, a taxa de sobrevivência foi baixa, uma vez que foi um pouco inferior a 50% e não diferiu do tratamento não irrigado. Entretanto, quando se compara o percentual de mudas que sobreviveram com as de plântulas, este é semelhante ao melhor tratamento que utilizou o pirênio nas parcelas irrigadas.

Tabela 2. Percentual de pirênios germinados, germinados e não emergidos e deteriorados, além da sobrevivência de mudas e de plântulas, oriundas de pirênios recém-dispersos, recém-dispersos + 375 mg L⁻¹ GA₃, armazenados por 30 dias e armazenados por 30 dias + 125 mg L⁻¹ GA₃, em parcelas irrigadas e não irrigadas.

	Pirênios			Plântulas e Mudanças	
	Germinados (%)	Germinadas não emergidos (%)	Deteriorados (%)	Sobrevivência (%)	
				Irrigadas	Não irrigadas
Recém-disperso	16,58 b	5,58 bc	83,50 ab	4,42 Bb	61,1 Ab
Recém-disperso+ GA ₃	8,91 b	1,50 c	90,75 a	41,94 Ba	100 Aa
Armazenado	29,75 a	12,91 a	69,66 c	18,89 Aab	10,55 Ac
Armazenado+GA ₃	25,00 a	8,58 ab	75,58 bc	32,80 Aab	14,64 Abc
Mudas	-	-	-	47,22 Aa	32,64 Abc

Médias seguidas de mesma letra na avaliação de pirênios, e mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna para plântulas e mudas, não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Para as características de crescimento vegetativo, verificaram-se a interação para o uso da irrigação e os diferentes tratamentos do pirênio e plantio de mudas. De forma geral, independente do uso da água suplementar, o incremento na taxa de crescimento das mudas foi superior às plântulas oriundas de pirênios, à exceção daqueles armazenados e embebidos em solução de giberelina (Tabela 3). Nas parcelas irrigadas, de forma semelhante à emergência de plântulas avaliadas, após três meses do plantio, os resultados superiores foram obtidos com pirênios armazenados e tratados com GA₃, enquanto os recém-dispersos proporcionaram plantas menores em diâmetro, altura e parte foliar. Em plântulas, a irrigação somente promoveu aumento no crescimento daquelas originárias de pirênios recém-dispersos e recém-dispersos mais GA₃. Também a aplicação de água só contribuiu para elevação no número de folhas nas mudas (Tabela 3).

Tabela 3. Diâmetro do caule, altura, número de folhas e estimativa da área foliar de mudas e plântulas de *Caryocar brasiliense*, oriundas de pirênios recém-dispersos, recém-dispersos + 375 mg L⁻¹ GA₃, armazenados por 30 dias e armazenados por 30 dias + 125 mg L⁻¹ GA₃, em parcelas irrigadas e não irrigadas.

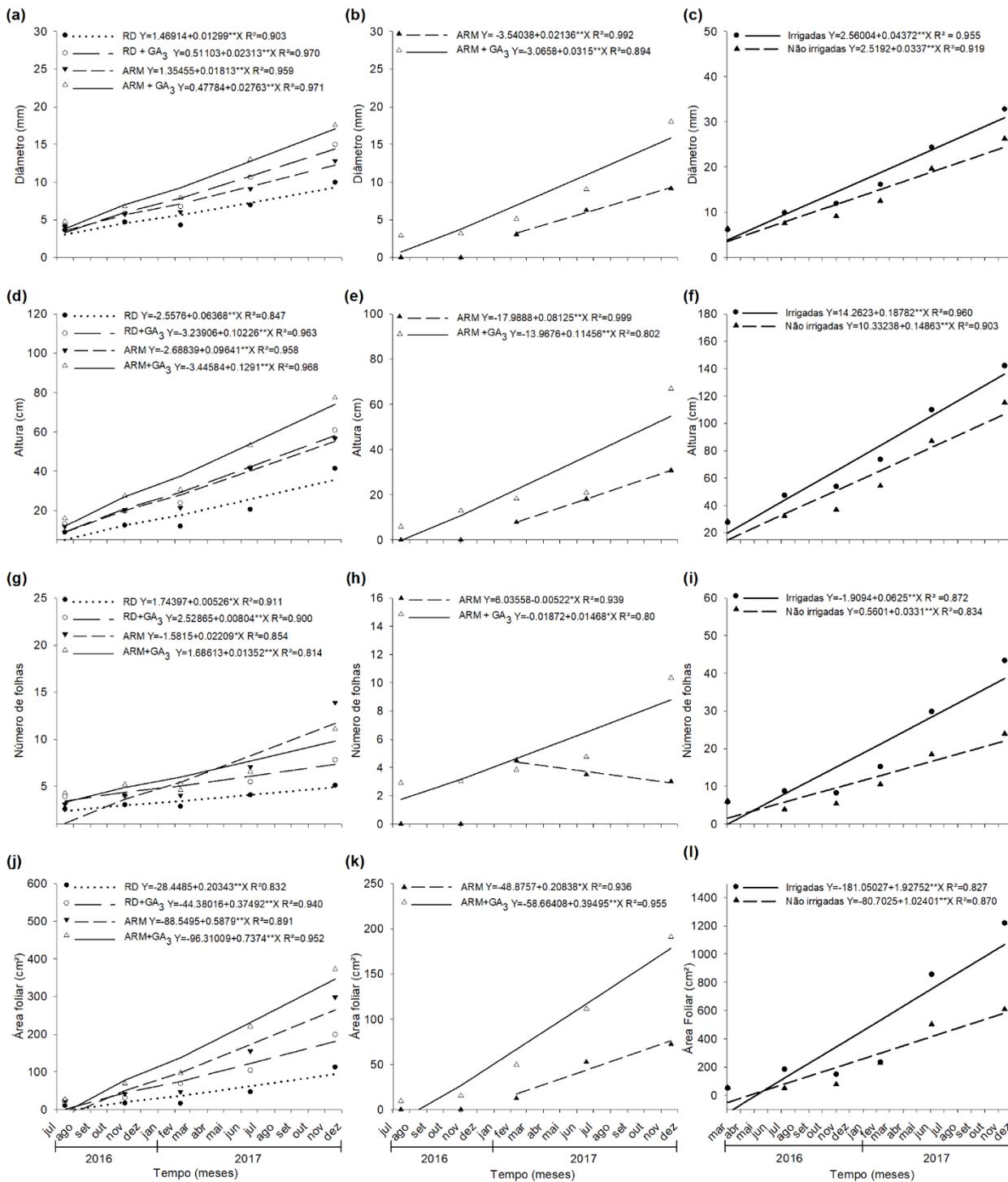
	Diâmetro (mm)		Altura (cm)		Número de folhas		Área foliar (cm ²)	
	Irigadas	Não irrigadas	Irigadas	Não irrigadas	Irigadas	Não irrigadas	Irigadas	Não irrigadas
Recém disperso	9,28Ac	3,57 Bc	36,52 Ac	9,33 Bc	4,48 Ab	2,00 Bc	94,38 Ac	17,85 Bc
Recém disperso + GA ₃	14,21 Abc	3,28 Bc	57,57 Aabc	8,25 Bc	7,81 Ab	1,50 Bc	198,61 Abc	11,96 Bc
Armazenado	12,50 Abc	8,45 Ab	56,46 Abc	30,75 Ab	13,35 Ab	4,00 Bb	286,52 Abc	72,19 Ab
Armazenado + GA ₃	17,25 Aab	18,02 Aa	77,25 Aab	66,88 Aab	11,06 Ab	10,33 Aab	372,38 Aab	191,06 Bb
Mudas	26,71 Aa	19,99 Aa	114,43 Aa	86,64 Aa	37,52 Aa	17,82 Ba	1166,73 Aa	555,71 Aa

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

As plântulas, ao longo do tempo, apresentaram um crescimento linear em diâmetro do caule, altura, número de folhas e área foliar nas parcelas irrigadas (Figura 5 a,d,g,j). De forma geral, semelhante à emergência e às características biométricas avaliadas, ao final do experimento, o tratamento armazenamento associado ao GA₃ proporcionou plântulas de maior porte e com maior parte foliar no período investigado (18 meses), enquanto, para o recém-disperso, levou a um desempenho menor. Os outros dois tratamentos apresentaram comportamento intermediário, à exceção do armazenamento, no número de folhas de plântulas que superou o armazenamento mais GA₃, nas duas últimas épocas de avaliação (Figura 5 g). Nas parcelas não irrigadas, também o comportamento das plântulas foi linear crescente, para os tratamentos avaliados, à exceção do número de folhas em plantas oriundas de pirênios armazenados, que foi linear decrescente (Figura 5 b,e,h,k), causando a queda das folhas. Por último, as mudas, independente do uso da água, também seguiram a mesma tendência das plântulas, um crescimento linear crescente (Figura 5 c,f,i,l), porém foi observada maior diferença na inclinação das retas para as características número de folhas e área foliar entre os tratamentos que utilizaram ou não irrigação (Figura 5 i,l).

A taxa de assimilação de carbono foi influenciada pela interação do uso da irrigação e da avaliação em mudas e plântulas, além da associação do uso da água e das épocas do ano de avaliação. A maior quantidade de carbono assimilado foi observada nas mudas e plântulas que foram irrigadas, quando comparadas as parcelas que não receberam água suplementar. Nas parcelas irrigadas, as plântulas apresentaram maior assimilação de carbono que as mudas, enquanto, nas não irrigadas o comportamento foi inverso (Figura 6b). Ao longo do tempo, as taxas de assimilação de carbono foram maiores entre plantas irrigadas e não irrigadas, nos meses de julho, setembro e novembro de 2017. Nas parcelas irrigadas, houve uma queda na quantidade de carbono assimilado pelas plantas com avanço das épocas de avaliação, atingindo a menor taxa, em julho/2017 e, a partir desse mês, ocorreu um aumento, alcançando o valor máximo em novembro de 2017. A mesma tendência ocorreu nas parcelas secas, porém o mínimo de carbono assimilado foi detectado, tanto em julho como em setembro também (Figura 6a).

Figura 5. Diâmetro de caule (a,b,c), altura das plantas (d,e,f), número de folhas (g,h,i) e estimativa da área foliar (j,k,l) de plântulas de *Caryocar brasiliense*, oriundas de pirênios recém-dispersos (RD), recém-dispersos + 375 mg L⁻¹ GA₃ (RD+GA₃), armazenados por 30 dias (ARM) e armazenados por 30 dias + 125 mg L⁻¹ GA₃, em parcelas irrigadas (a,d,g,j), não irrigadas (b,e,h,k) e de mudas irrigadas e não irrigadas (c,f,i,l).



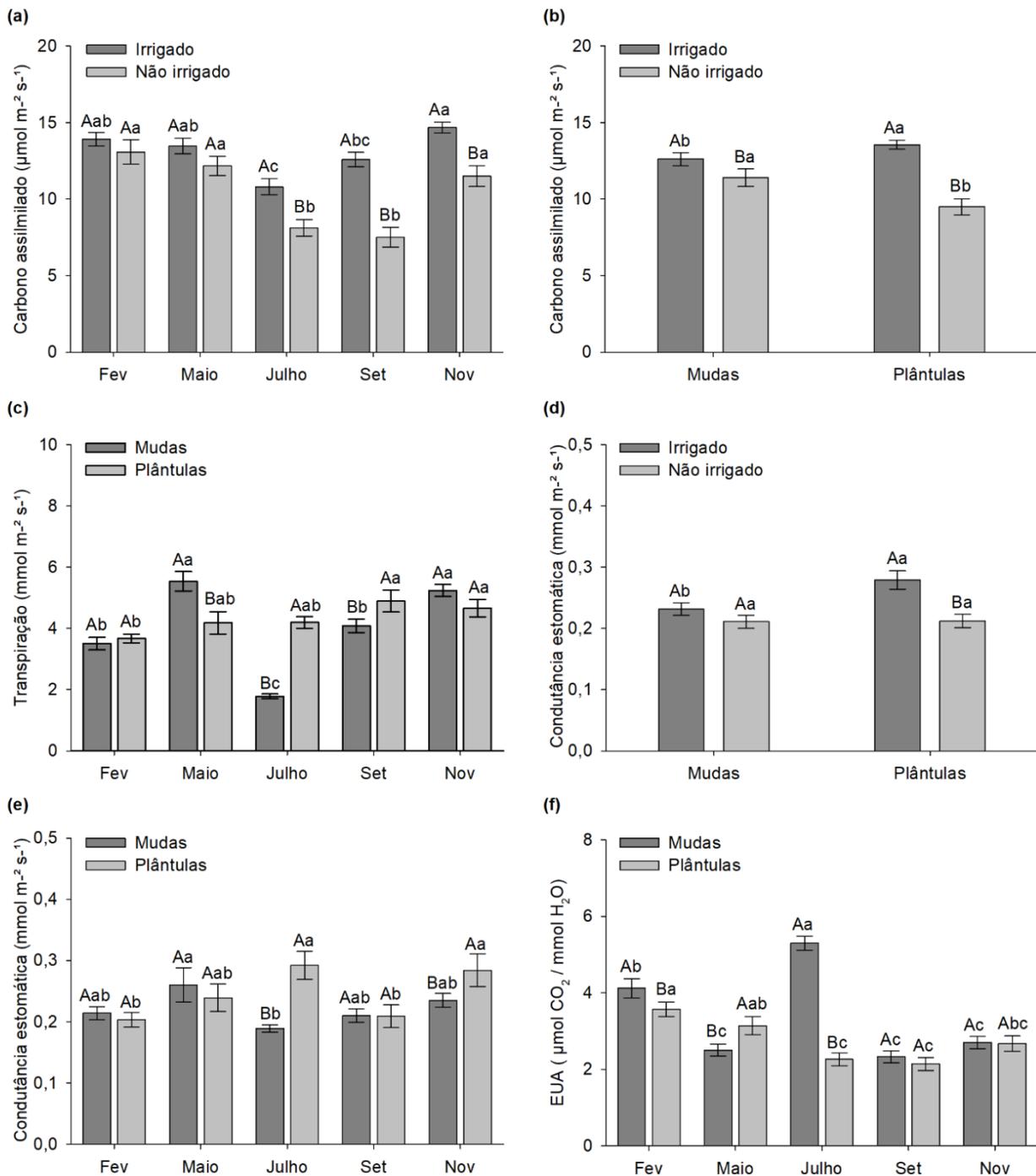
Fonte: Do autor, 2018.

A transpiração foi influenciada tanto pela interação entre mudas e plântulas quanto pelos meses de avaliação. As mudas tiveram uma maior transpiração do que as plântulas, somente no mês de maio, enquanto, nos meses de setembro e julho, o comportamento foi o inverso; nas outras duas épocas (fevereiro e novembro), não diferiram (Figura 6c). Entre fevereiro e maio, observou-se um aumento na transpiração das mudas, seguido por uma queda acentuada no mês de julho. Porém, a partir de setembro até novembro, ocorreu um aumento crescente na taxa transpiratória. A mesma tendência, ao longo do tempo, foi verificada para as plântulas, mas com menor variação da transpiração entre os meses (Figura 6c).

A condutância estomática foi alterada pela associação entre irrigação e a avaliação em mudas e plântulas. Além disso, tanto as mudas como as plântulas proporcionaram alteração na atividade estomática, em função do mês da sua medição. As plântulas irrigadas apresentaram maior condutância estomática do que as plântulas não irrigadas, o que não ocorreu para as mudas. Nas parcelas irrigadas, as plântulas tiveram maior atividade do estômato do que as mudas, enquanto, nas secas, não ocorreram diferenças entre estes tratamentos (Figura 6d). Somente em julho e novembro constatou-se maior condutância estomática das plântulas em relação às mudas, enquanto, nos demais meses, não houve variação em função do tipo de planta. Entre os meses do ano, para as mudas, a condutância avaliada em maio foi superior a julho, enquanto os outros meses apresentaram um desempenho intermediário. Já para as plântulas, o pico máximo da atividade estomática foi em julho e novembro e o mínimo em fevereiro (Figura 6e).

As plantas irrigadas apresentaram maior eficiência no uso da água (EUA), fixando, em média, 20% $\mu\text{mol CO}_2 / \mu\text{mol H}_2\text{O}$ a mais do que plantas não irrigadas (3,41 e 2,73 $\mu\text{mol CO}_2 / \mu\text{mol H}_2\text{O}$, respectivamente). Houve efeito significativo da interação entre mudas e plântulas com as épocas de avaliação. Mudas apresentaram maior EUA, em julho e fevereiro, em relação às plântulas, enquanto, em maio, o comportamento foi o inverso e, nos demais meses, não ocorreu diferença entre os tratamentos. Ainda nas mudas, no mês julho, as plantas apresentaram o uso mais eficiente da água. Já nas plântulas, o maior EUA foi fevereiro e o menor em julho e setembro (Figura 6f).

Figura 6. Taxa de carbono assimilado (a-b), transpiração (c), condutância estomática (d-e) e eficiência no uso da água – EUA (f) de mudas e plântulas de *Caryocar brasiliense* irrigadas e não irrigadas, avaliadas nos meses de fevereiro, maio, julho, setembro e novembro de 2017. As letras maiúsculas comparam o efeito do tratamento entre parcelas, em cada tipo de plantio e no mês de avaliação (barras de cor diferente), enquanto letras minúsculas comparam os tratamentos dentro de cada parcela (barras de mesma cor).



Fonte: Do autor, 2018.

4.4 DISCUSSÃO

A germinação tem início com a absorção de água pelas sementes, concluindo com o alongamento do eixo embrionário (BEWLEY et al., 2013). A água desempenha funções vitais no processo de germinação, como a reativação do metabolismo nas sementes ortodoxas, atua no transporte de substâncias que promovem o enfraquecimento dos tecidos, aumento do tamanho do embrião, facilita a difusão de gases e ruptura do revestimento da semente (MARCOS FILHO, 2005). As sementes ortodoxas apresentam um padrão trifásico de embebição que melhor caracteriza o processo germinativo (BEWLEY et al., 2013). Na fase I, ocorre a absorção rápida de água pelas sementes dormentes e mortas e essa entrada de água nas sementes ocorre em função do potencial matricial. Na fase II, o conteúdo de água estabiliza e iniciam-se os eventos metabólicos essenciais para a conclusão da germinação. Os eventos são reparo de membranas, DNAs, organelas e mitocôndrias danificadas, durante a rápida reidratação das sementes, síntese de novas proteínas e enzimas, síntese de hormônios, expressão de genes e mobilização de reservas. A germinação conclui-se na fase III, com a retomada de absorção de água pelas sementes e protusão da plúmula e/ou radícula (BEWLEY et al., 2013).

Em pequiheiro, a absorção de água é limitada pelo endocarpo, requerendo que o solo ou substrato fique próximo à capacidade de campo, por um período mínimo de 20 dias, o que leva a semente atingir a fase II da embebição, próximo de 40% do conteúdo de água e, depois a fase III, protrusão da radícula (MENDES et al., 2018). Em condição de sequeiro, isso exige boas precipitações, o que não ocorreu nas parcelas secas do experimento, determinando que os tratamentos pré-germinativos não influenciassem na emergência de plântulas, permitindo, no máximo, uma emergência de 5,3%, como também encontrado em outros trabalhos que avaliaram o semeio de pirênios sem o uso da irrigação (SANTOS et al., 2013; MENDES et al., 2018).

As sementes de pequiheiro apresentam dormência fisiológica que está associada ao seu embrião e ao endocarpo da estrutura de dispersão, pirênio (SOUSA et al., 2017a; MENDES et al., 2018). O balanço hormonal entre giberelinas (GAs) e ácido abscísico (ABA) controla a germinação, uma vez que estas substâncias são responsáveis pela ativação ou inativação de enzimas que mantêm ou não o embrião no estado dormente. Já o endocarpo controla o fluxo de água e restringe mecanicamente o crescimento do embrião, impedindo a protrusão da radícula e/ou caulículo (NONOGAKI et al., 2010; BEWLEY et al., 2013; BASKIN, BASKIN, 2014).

O uso isolado e em conjunto do GA₃ e do armazenamento contribuiu para superação de parte da dormência das sementes, uma vez que proporcionaram uma maior emergência de plântulas, nas parcelas irrigadas e na primeira época de avaliação, três meses pós-plantio. Alguns trabalhos já demonstraram a importância da giberelina e da estocagem do pirênio no favorecimento da germinação de sementes de pequiheiro (BERNARDES et al., 2008; LEÃO et al., 2012; SOUSA et al., 2017b; MENDES et al., 2018). A aplicação exógena de giberelinas aumenta a relação GAs/ABA, o que favorece o crescimento potencial do embrião, elevando os teores de GAs em relação ao ABA (NONOGAKI et al., 2010; BASKIN, BASKIN, 2014). As giberelinas promovem a síntese de enzimas, como a α -amilase, que cataboliza reservas contidas no endosperma, tornando-as disponíveis para o embrião (TAIZ, ZEIGER, 2013), além de promoverem o enfraquecimento e expansão da parede celular que, assim, favorece o alongamento das células, ocorrendo a protrusão da radícula e emergência de plântulas (NONOGAKI et al., 2010; BASKIN, BASKIN, 2014). O

armazenamento, por sua vez, pode ocasionar a diminuição do ABA, a síntese de GAs e o aumento na taxa GAs/ABA, bem como alterações na estrutura de resistência, ao redor da semente, estimulando a germinação (NEVES et al., 2013; RIBEIRO et al., 2015; RODRIGUES, 2017).

Ainda, nas parcelas irrigadas, houve maior aumento na emergência de plântulas, após o período do inverno (sete meses pós-plantio) que, logo após o semeio, quando se utilizaram pirênios que não receberam nenhum tratamento, para a superação de dormência ou que foram só armazenados. Isso indica que a permanência do pirênio, no solo úmido, permite superação de parte da dormência, levando uma retomada da emergência de plântulas, a partir do mês de setembro de 2016. Tendência semelhante também foi encontrada em outros estudos com o pequiheiro (RODRIGUES, 2017; SOUSA et al., 2017; MENDES et al., 2018). O pico de emergência de plântulas na primavera/verão de pirênios recém-dispersos é uma resposta da espécie às condições climáticas do período, temperaturas mais elevadas, associadas à presença de irrigação. Os níveis de GAs ativos e ABA são influenciados por fatores ambientais, que afetam a transcrição e transdução de genes e, desse modo, a biossíntese destes fitormônios (TAIZ, ZEIGER, 2013). Em geral, nas espécies arbóreas do Cerrado, observa-se a maior concentração da germinação, quando as temperaturas estão em torno de 25 a 30°C, coincidindo com o início da estação chuvosa (primavera/verão), o que favorece o maior crescimento das plântulas e seu estabelecimento no futuro (ZAIDAN, CARREIRA, 2008; BRANCALION et al., 2010).

A maior germinação, independente do uso da água, foi obtida com pirênios armazenados e armazenados mais GA₃, o que determinou a maior emergência de plântulas e de sementes germinadas e plântulas não emergidas. A mortalidade da plântula, antes da sua emergência, pode estar associada à elevada densidade do solo do experimento, que limita a dissipação do oxigênio no solo, em função redução da porosidade e pode impedir o crescimento da planta, quando ela se encontra abaixo do nível do solo, levando ao esgotamento das reservas de suas sementes antes que se torne um indivíduo autotrófico (ALVES et al., 2008; MONQUERO et al., 2012). Outro fator que pode impedir a emergência de plântulas é a seca intensa, logo após a germinação, causando a desidratação das plantas abaixo do solo e a sua morte (KANEGAE, BRAZ, FRANCO, 2000; FARIA, 2004). Ao mesmo tempo, os tratamentos armazenamento do pirênio por trinta dias, especialmente, o que não utilizou o GA₃, apresentaram a menor deterioração das sementes não germinadas. O uso da giberelina e o armazenamento, por longo tempo, inclusive considerando o período que fica o pirênio no solo de plantio (recém-disperso), além de superar a dormência, também pode acelerar a deterioração das sementes, por meio da produção excessiva de espécies reativas de oxigênio (ROS). Quando as células possuem elevados níveis de ROS, ocorrem danos celulares oxidativos, ocasionando a deterioração e perda do vigor e da viabilidade das sementes (BAILLY, 2004; BAILLY, EL-MAAROUF-BOUTEAU, CORBINEAU, 2008), como constatado em sementes de pequiheiro submetidas aos tratamentos de armazenamento e aplicação de giberelina exógena (RODRIGUES, 2017; MENDES et al., 2018).

As sementes de pequiheiro, ao longo do tempo, diminuem o seu vigor (SOUSA et al., 2017a; MENDES et al., 2018), gerando plântulas mais suscetíveis ao estresse ambiental. Portanto a germinação e a emergência de plântulas, a partir de sementes mais jovens, nas parcelas irrigadas, após três meses de plantio, permitiram a maior sobrevivência das plantas do que aquelas que só emergiram após sete meses do semeio. Isso é constatado pelo desempenho superior dos pirênios recém-dispersos com GA₃ e que tiveram todas as

suas plantas emergidas nos primeiros meses. Também as mudas sobreviveram pouco, mesmo nas parcelas irrigadas, fato atribuído à camada mais densa, no solo da área experimental, aos 30 cm de profundidade (densidade de $1,59 \text{ g. cm}^{-3}$) e ao déficit hídrico nas parcelas sem irrigação. À medida que o solo seca, as plantas encontram maior dificuldade, para absorverem água, pois ocorre aumento na força de retenção das partículas do solo com a redução do potencial hídrico e diminui a disponibilidade de água para as plantas. Com a redução no conteúdo de água no solo, ocorre, ainda, variação na distribuição e desenvolvimento radicular, alterando a disponibilidade e a quantidade de água para as plantas (MARTINS et al., 2008; TAIZ, ZEIGER, 2013).

A compactação do solo resulta em drenagem insatisfatória, acarretando na redução da porosidade e disponibilidade de oxigênio (TAIZ, ZEIGER, 2013). Em solos bem estruturados e bem drenados, as raízes normalmente têm O_2 suficiente, para a respiração aeróbica, em função dos espaços porosos e difusão de gases, promovendo a infiltração e redistribuição da água de forma efetiva. Caso contrário, a difusão do O_2 ocorre lentamente, com apenas alguns centímetros de solo oxigenados, próximos às camadas superficiais. Então, as raízes são danificadas pela inibição da respiração celular, comprometendo o desenvolvimento das plantas (RICHART et al., 2005; TAIZ, ZEIGER, 2013). Ainda, a disponibilidade hídrica no solo, especialmente, nos 20 cm superficiais, é fortemente afetada por chuvas recentes, necessitando de um período maior de precipitação, para sobrevivência de plantas, após a sua emergência (PALHARES, FRANCO, ZAIDAN, 2010). As plantas jovens no Cerrado comumente desenvolvem-se sob a copa de plantas adultas com desenvolvimento lento. O sucesso no estabelecimento, em ambiente natural, depende da velocidade do crescimento do sistema radicular (PALHARES, FRANCO, ZAIDAN, 2010) e da dinâmica do fogo no Cerrado (GIROLDO, SCARIOT, 2015).

No presente trabalho, a irrigação não determinou maiores incrementos no crescimento das plantas, como também observado em plantas de pequizeiro com 22 meses de idade (ALVES JR et al., 2015). Em função das condições submetidas ao ambiente de Cerrado, o pequizeiro possui mecanismos de tolerância à seca (NAVES et al., 2009), mantendo seu crescimento lento, no período de estiagem, mesmo em condições hídricas do solo consideradas limitantes para a maioria das espécies vegetais. O máximo crescimento ocorre, quando a necessidade hídrica da planta é plenamente satisfeita, embora a evapotranspiração também apresente altas taxas (ALVES JR et al., 2015). O plantio de mudas e de pirênios armazenados tratados com GA_3 resultaram em maior taxa de crescimento, em função da qualidade das mudas e da maior emergência de plântulas nos primeiros meses após o plantio. As plântulas que emergem nos primeiros meses, como observado no tratamento armazenado tratado com GA_3 , originaram-se de sementes de maior vigor e maior qualidade fisiológica (BRAZ, ROSSETO, 2009), por ainda não apresentarem a deterioração pela peroxidação das reservas lipídicas em curto período de armazenamento (BAILLY, 2004; MENDES et al., 2018). É importante destacar que as mudas apresentam vantagem competitiva em comparação ao semeio, em função do maior desenvolvimento vegetativo se comparado a plântulas (BARBOSA, 2008).

Plantas jovens de *C. brasiliense* apresentaram queda das folhas e redução da área foliar, durante a estação seca, como relatado por (VILELA et al., 2008) e observado, no presente trabalho, em resposta à escassez hídrica. A queda foliar está relacionada com a influência de fatores climáticos, sendo estes a ausência de precipitação, aumento da evapotranspiração, baixa umidade relativa e temperaturas, que acarretam em redução expressiva na produção de folhas (VILELA et al., 2008). Novas folhas emergem com

a proximidade da estação chuvosa, no mês de agosto e, então, retomam o desenvolvimento vegetativo, reduzido durante a estação seca. Apesar de espécies do cerrado, como o pequiheiro (NAVES et al., 2009), o jatobazeiro (NASCIMENTO et al., 2011; SILVA, 2012), o baruzeiro (SILVA, 2012) e aroeira do sertão (FIGUEIRÔA et al., 2004) apresentarem tolerância ao déficit hídrico, em condições de maiores níveis de disponibilidade hídrica, possuem maior desenvolvimento. Entretanto são necessárias investigações mais aprofundadas para melhor avaliação das relações hídricas na espécie.

Observou-se, em *C. brasiliense* sem irrigação, redução na assimilação de carbono, principalmente, em julho que é um mês seco e frio. Embora não se tenha observado efeito da interação entre a irrigação e as épocas de avaliação, tal fato está associado ao controle estomático sobre a transpiração. Plantas que se desenvolvem, em ambientes com restrição hídrica, apresentam controle estomático sobre a transpiração, reduzindo a perda de água, modulado pelas células-guarda nos estômatos (LI, et al., 2005) que mantêm as aberturas estomáticas fechadas sob condições de baixo potencial hídrico (TAIZ, ZEIGER, 2013). A perda de água é regulada pelo gradiente de concentração de vapor de água, que é menor no ar atmosférico sob condições de baixa umidade relativa e baixo potencial hídrico (FRANCO et al., 2007; TAIZ, ZEIGER, 2013), comumente encontrado em julho no Cerrado. O fechamento estomático, também, reduz a entrada de CO₂, quando o suprimento de água é abundante e a radiação solar incidente nas folhas favorece a atividade fotossintética, a demanda por CO₂ dentro da folha é grande e as fendas estomáticas abrem-se amplamente, diminuindo a resistência estomática à difusão do CO₂, o que não ocorre na ausência de suprimento hídrico adequado (TAIZ, ZEIGER, 2013). Além das condições ambientais como o déficit de água do solo, a radiação solar, a taxa de crescimento vegetativo, o tipo de solo e vegetação também podem influenciar a taxa evaporativa e, em decorrência, a fixação de carbono (LI et al., 2008; CALDATO, SCHUMACHER, 2013). Como observado, a taxa de assimilação de carbono foi afetada significativamente no período de julho e setembro nas plantas que não receberam irrigação. Da mesma forma, Li et al. (2005) constataram que temperaturas mais amenas e baixa disponibilidade hídrica afetaram a assimilação de carbono e transpiração em plantas no semiárido.

C. brasiliense, sob irrigação, apresentou maior eficiência no uso da água e menor resistência estomática, durante o período chuvoso, em função da disponibilidade de água no solo, permitindo maior resposta da planta na assimilação de CO₂. Resultado semelhante foi obtido por Li et al. (2005) estudando plantas adaptadas ao clima semiárido. Considerando-se a taxa média das plantas, mesmo não apresentando efeito da irrigação, durante os períodos em questão, observa-se variação entre mudas e plântulas, principalmente, em julho. A maior EUA observada, em fevereiro nas mudas e plântulas (estação chuvosa), foi afetada pela maior disponibilidade hídrica, com condições ambientais que favorecem o bom desempenho do aparato fotossintético das plantas (TAIZ, ZEIGER, 2013). Já, em julho (estação seca e fria), a presença de nebulosidade e baixas temperaturas afetaram a transpiração e assimilação de carbono, que, embora não tenha alcançado alta taxa, a baixa transpiração no período permitiu maior EUA nas mudas (LI et al., 2005). As vegetações naturais de savana apresentam menor consumo hídrico se comparada a Eucalipto e Pinus, consumindo, em média, 6 vezes menos água para a produção da mesma massa de madeira (CALDATO, SCHUMACHER, 2013). O cajueiro, em sistema de sequeiro no semiárido brasileiro, apresentou maior eficiência no uso da água e maior eficiência fotossintética do que no sistema irrigado, em função da menor transpiração, controlada pelo fechamento estomático (LIMA et al., 2010). Apesar de as plantas apresentarem

a tendência de reduzir perdas sob condições de estresse, respostas fotossintéticas e relações hídricas, nas espécies vegetais adaptadas ao ambiente de cerrado, são diversificadas, demonstrando a complexidade na relação entre o clima e o solo (FRANCO et al., 2007; PALHARES, FRANCO, ZAIDAN, 2010).

Os ambientes semiáridos são tipicamente caracterizados por baixas precipitações, secas frequentes, alta disponibilidade de luz, solos pobres em nutrientes e cobertura de vegetação baixa. A vegetação então necessita de estratégias que permitam maior eficiência no uso dos recursos (LI et al., 2008). A estação seca exerce influência direta na abscisão e surgimento de folhas e ramos em árvores decíduas ou não no cerrado. Embora a derriça das folhas ocorra na estação seca, a emergência de novas folhas e iniciação do crescimento ocorrem no final do mesmo período. Tal estratégia permite maximizar o ganho de carbono, aumentando a massa foliar e, conseqüentemente, a assimilação de carbono durante a estação chuvosa (PALHARES, FRANCO, ZAIDAN, 2010; DALMOLIN et al., 2015). Espécies arbóreas possuem adaptações fenológicas que podem, potencialmente, afetar a produtividade, porém lhes permite a sobrevivência em ambientes sazonalmente variáveis (LI et al., 2005; DALMOLIN et al., 2015). O *C. brasiliense* tende a apresentar potencial hídrico foliar na estação seca (-0,4 a -0,7 MPa) menor que na estação chuvosa (-0,2 a -0,3 MPa), evitando maiores perdas de água, além da redução da área foliar (PALHARES, FRANCO, ZAIDAN, 2010).

5 CONCLUSÕES

- A irrigação e tratamentos pré-germinativos aumentam a emergência e a sobrevivência de plântulas.
- A presença de irrigação não influencia diretamente no crescimento das plantas, e o pequizeiro, mesmo sob déficit hídrico, mantém o seu desenvolvimento vegetativo.
- O plantio de mudas e de pirênios armazenados tratados com GA₃, são eficientes para propagação do pequizeiro, alcançando maiores taxas de crescimento vegetativo.
- A assimilação de carbono e condutância estomática são afetadas pela presença de irrigação que influencia também a eficiência no uso da água de forma positiva. Embora a transpiração não seja afetada pela presença de irrigação, apresenta redução nas mudas, no mês seco e frio, assim como a assimilação de carbono, principalmente, nas plantas sem irrigação.

REFERÊNCIAS

- AFONSO, S. R.; ANGELO, A. H.; ALMEIDA A. N. Caracterização da produção de Pequi em Japonvar, MG. **Revista Floresta**, v. 45, n. 1, p. 49-56, 2015.
- ALVES, E. U.; BRUNO, R. D. L. A.; ALVES, A. U.; ALVES, A. U.; CARDOSO, E. D. A.; DORNELAS, C. S. M.; BRAGA JÚNIOR, J. M. Profundidades de semeadura para emergência de plântulas de juazeiro. **Ciência Rural**, v.38, n.4, p.1158-1161, 2008
- ALVES JR, J.; TAVEIRA, M. R.; CASAROLI, D.; EVANGELISTA, A. W. P.; VELLAME, L. M.; MOZENA, W. L. Respostas do pequizeiro à irrigação e adubação orgânica. **Global Science and Technology**, v. 8, n.1, p. 47-60, 2015.
- ANDRADE JR, A. S.; BASTOS, E. A., MASCHIO, R.; SILVA, E. M. Determinação da curva de retenção de água no solo em laboratório. Embrapa Meio - Norte, 2007.
- BAILLY, C. Active oxygen species and antioxidants in seed biology. **Seed Science Research**, v. 14, n. 2, p. 93-107, 2004.
- BAILLY, C.; EL-MAAROUF-BOUTEAU, H.; CORBINEAU, F. From intracellular signaling networks to cell death: the dual role of reactive oxygen species in seed physiology. **Comptes rendus biologiques**, v. 331, n. 10, p. 806-814, 2008.
- BARBOSA, A. C. C. Recuperação de área degradada por mineração através da utilização de sementes e mudas de três espécies arbóreas do cerrado, no Distrito Federal. 2008. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) -Universidade de Brasília, Brasília, 2008.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination**. 2 ed. San Diego: Academic Press, 2014.1600 p.
- BERNARDES, T. G.; NAVES, R. V.; REZENDE, C. F. A.; BORGES, J. D.; CHAVES, L. J. Propagação sexuada do pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb.) estimulada por ácido giberélico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 38, n. 2, p. 71-77, 2008.
- BEWLEY, J. D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M.; NONOGAKI, H. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. 3 ed. New York: Springer, 2013.
- BRANCALION, P. H. S., NOVENBRE, A. D. D. L. C.; RODRIGUES, R. R. Temperatura ótima de germinação de sementes de espécies arbóreas brasileiras. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 4, p. 15-21, 2010.
- BRAZ, M. R. S; ROSSETTO, C. A. V. Estabelecimento de plântulas e desempenho de plantas em resposta ao vigor dos aquênios de girassol. **Ciência Rural**, v. 39, n. 7, p. 1997-2003, 2009.

BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395p.

CALDATO, S. L.; SCHUMACHER, M. V. O uso de água pelas plantações florestais-uma revisão. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 3, p. 507-516, 2013.

DALMOLIN, Â. C.; LOBO, F. A.; VOURLITIS, G., SILVA, P. R.; DALMAGRO, H. J.; ANTUNES, M. Z.; ORTÍZ, C. E. R. Is the dry season an important driver of phenology and growth for two Brazilian savanna tree species with contrasting leaf habits? **Plant ecology**, v. 216, n. 3, p. 407-417, 2015.

DOMBROSKI, J. L. D.; PAIVA, R, ALVES, J. M. C.; SANTOS, B. R.; NOGUEIRA, R. C. PAIVA, P. D. D. O.; BARBOSA, S. Métodos para a superação da dormência fisiológica de *Caryocar brasiliense* Camb. **Cerne**, v. 16, n. 2, p. 131-135, 2010.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. rev. atual. Brasília, DF: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

FARIA, I. R. P. D. Efeitos da predação, sazonalidade climática e tipo de habitat no estabelecimento e desenvolvimento das lenhosas *Kielmeyera coriacea* (Sreng.) Mart. e *Qualea grandiflora* Mart. 2004. 143 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2004.

FIGUEIRÔA, J. M.; BARBOSA, D. C. A.; SIMABUKURO, E. A. Crescimento de plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, n. 3, p. 573-580, 2004.

FRANCO, A. C. Estratégias funcionais de plantas lenhosas das savanas do Brasil Central: relação ao déficit hídrico e ao regime luminoso. 2004. In: PALHARES, D.; FRANCO, A.C.; ZAIDAN, L. B. P. Respostas fotossintéticas de plantas de cerrado nas estações seca e chuvosa. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 8, n. 2, p. 213-220, 2010.

FRANCO, A. C.; MATSUBARA, S.; ORTHEN, B. Photoinhibition, carotenoid composition and the co-regulation of photochemical and non-photochemical quenching in neotropical savanna trees. **Tree Physiology**, v. 27, n. 5, p. 717-725, 2007.

GIROLDO, A. B.; SCARIOT, A. Land use and management affects the demography and conservation of an intensively harvested Cerrado fruit tree species, **Biological Conservation**, v.191, p. 150-158, 2015.

KANEGAE, M. F.; BRAZ, V. S.; FRANCO, A. C. Efeitos da seca sazonal e disponibilidade de luz na sobrevivência e crescimento de *Bowdichia virgilioides* em duas fitofisionomias típicas dos cerrados do Brasil Central. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 23, n. 4, p. 459-468, 2000.

LEÃO, E. F.; PEIXOTO, N.; JÚNIOR, O. P. M. Emergência de plântulas de pequi em função da planta matriz e uso de ácido giberélico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 4, p. 416-423, 2012.

- LIMA, M. D. A.; BEZERRA, M. A.; GOMES FILHO, E.; PINTO, C. D. M.; ENÉAS FILHO, J. (2010). Trocas gasosas em folhas de sol e sombreadas de cajueiro anão em diferentes regimes hídricos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 4, p. 654-663, 2010.
- LI, S. G.; ASANUMA, J.; EUGSTER, W.; KOTANI, A.; LIU, J. J.; URANO, T.; SUGITA, M. Net ecosystem carbon dioxide exchange over grazed steppe in central Mongolia. **Global Change Biology**, v. 11, n. 11, p. 1941-1955, 2005.
- LI, S. G., EUGSTER, W., ASANUMA, J., KOTANI, A., DAVAA, G., OYUNBAATAR, D., & SUGITA, M. Response of gross ecosystem productivity, light use efficiency, and water use efficiency of Mongolian steppe to seasonal variations in soil moisture. **Journal of Geophysical Research: Biogeosciences**, v. 113, n. G1, 2008.
- LOPES, P. S. N.; PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; MARTINS, E. R.; FERNANDES, R. C. Pequi. In: VIEIRA, R. F.; COSTA, T. S. A.; SILVA, D. B.; FERREIRA, F. R.; SANO, S. M. **Frutas nativas da região Centro-Oeste**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006. 320 p.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.
- MARTINS, F. B.; STRECK, N. A., SILVA, J. C., MORAIS, W. W.; SUSIN, F.; NAVROSKI, M. C.; VIVIAN, M. A. Deficiência hídrica no solo e seu efeito sobre transpiração, crescimento e desenvolvimento de mudas de duas espécies de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 1297-1306, 2008.
- MENDES, D. S. T.; LOPES, P. S. N.; RIBEIRO, L. M.; SANTIAGO, T. A.; PAJEHÚ, L. F.; GONÇALVES, A. P. Qualidade fisiológica e superação de dormência em sementes de pequi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 2018.
- MONQUERO, P. A., HIJANO, N., ORZARI, I., DOS SANTOS SABBAG, R., & DA SILVA HIRATA, A. C. Profundidade de semeadura, pH, textura e manejo da cobertura do solo na emergência de plântulas de *Rottboellia exaltata*. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 2799-2812, 2012.
- NASCIMENTO, H. H. C., NOGUEIRA, R. J. M. C.; SILVA, E. C.; SILVA, M. A. Análise do crescimento de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em diferentes níveis de água no solo. **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, p. 617-626, 2011.
- NAVES, R. V.; NASCIMENTO, J. L.; SOUZA, E. R. B. Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 34 p. 2009.
- NEVES, S.C.; RIBEIRO, L. M.; CUNHA, I. R. G.; PIMENTA, M. A. S.; MERCADANTE-SIMÕES, M. O.; LOPES, P. S. N. Diaspore structure and germination ecophysiology of the babassu palm (*Attalea vitrivir*), **Flora**, v. 208, n. 1, p. 68-78, 2013.
- NONOGAKI, H.; BASSEL, G. W.; BEWLEY, J. D. Germination- Still a mystery. **Plant Science**, v. 179, n. 6, p. 1-8, 2010.

- OLIVEIRA, M. N. S.; LOPES, P. S. N.; MERCADANTE, M. O.; OLIVEIRA, G. L. GUSMÃO, E. Medição da área foliar do pequizeiro utilizando a soma da nervura principal dos folíolos. **Unimontes Científica**, v.3, n.3, p. 1-7, 2002.
- PALHARES, D.; FRANCO, A.C.; ZAIDAN, L. B. P. Respostas fotossintéticas de plantas de cerrado nas estações seca e chuvosa. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 8, n. 2, p. 213-220, 2010.
- RIBEIRO, L. M. R.; GARCIA, Q. S.; MÜLLER, M.; MUNNÉ-BOSCH, S. Tissue specific hormonal profiling during dormancy release in macaw palm seeds. **Physiologia Plantarum**, v. 153, p. 627-642. 2015.
- RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O. R.; LLANILLO, R. F.; FERREIRA, R. Compactação do solo: causas e efeitos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 26, n. 3, p. 321-344, 2005.
- RODRIGUES, I. V. Estrutura e germinação de sementes de pequizeiro antes e após a dispersão. 2017. 57 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros – MG, 2017.
- SANTOS, F. S.; SANTOS, R. F.; DIAS, P. P.; ZANÃO JUNIOR, L. A.; TOMASSONI, F. A cultura do Pequi (Caryocar brasiliense Camb.). **Acta Iguazu**, v.2, n.3, p. 46-57, 2013.
- SILVA, A. C. **Desenvolvimento inicial de três espécies nativas do Cerrado em função de lâminas de irrigação e tamanhos de recipiente**. 2012. 182 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.
- SOUSA, Â. M. D. S.; LOPES, P. S. N.; RIBEIRO, L. M.; ANDRADE, M. S.; MERCADANTE-SIMÕES, M. O. Structural aspects of germination control in pyrenes of *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae). **Trees**, v. 31, n. 3, p. 887-902, 2017a.
- SOUSA, Â. M. D. S.; LOPES, P. S. N.; RIBEIRO, L. M.; SANTIAGO, T. A.; LACERDA, V. R.; MARTINS, C. P. S. Germination and storage of *Caryocar brasiliense* seeds. **Seed Science and Technology**, v. 45, n. 3, p. 557-569, 2017b.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.
- VILELA, F. G.; CARVALHO, D.; VIEIRA, F. A.; Fenologia de *Caryocar brasiliense* Camb. (Caryocaraceae) no Alto Rio Grande, Sul de Minas Gerais. **Revista Cerne**, v. 14, n. 4, p. 317- 329, 2008.
- ZAIDAN, L. B.; CARREIRA, R. C. Seed germination in Cerrado species. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, vol. 20, n. 3, p.167-181, 2008.