

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

**MORFOFISIOLOGIA DE PLANTAS JOVENS DE *Khaya senegalensis*
SUBMETIDAS A DIFERENTES FREQUÊNCIAS DE IRRIGAÇÃO E
DOSES DE ESTERCO BOVINO**

ALESSANDRO ALMEIDA MENDES

VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA - BRASIL
ABRIL - 2018

ALESSANDRO ALMEIDA MENDES

**MORFOFISIOLOGIA DE PLANTAS JOVENS DE *Khaya senegalensis*
SUBMETIDAS A DIFERENTES FREQUÊNCIAS DE IRRIGAÇÃO E
DOSES DE ESTERCO BOVINO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Araquém Ramos Cairo (UESB)

VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA - BRASIL
ABRIL - 2018

Espaço para a ficha catalográfica (deve ser impressa no verso da folha de rosto).

ALESSANDRO ALMEIDA MENDES

**ASPECTOS MORFOFISIOLÓGICOS DE PLANTAS JOVENS DE
Khaya senegalensis SUBMETIDAS A DIFERENTES FREQUÊNCIAS
DE IRRIGAÇÃO E DOSES DE ESTERCO BOVINO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 26 de abril de 2018.

Comissão Examinadora:

Prof. Paulo Araquém Ramos Cairo (D.Sc., Fisiologia Vegetal) – UESB / Vitória da Conquista

Prof. Cristiano Tagliaferre (D.Sc., Engenharia Agrícola) – UESB / Vitória da Conquista

Prof. Marcelo Rossi Vicente (D.Sc., Engenharia Agrícola) – IFNMG / Salinas

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas bênçãos e proteção concedidas.

Aos meus pais, Artur Mendes e Rita de Cássia, pelo carinho, amor e apoio incondicional a mim ofertados, sendo sempre a minha maior fonte de inspiração.

À minha irmã Cecília, aos meus padrinhos Carlos Francisco, Maria Araci Magalhães e Antônio André, pela confiança e ensinamentos.

À Priscila Ribeiro, pelo amor e toda a estrutura proporcionada nos momentos mais difíceis.

À toda a minha família e amigos, por todo o incentivo e experiências trocadas ao longo da vida.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia e, em especial, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, pela oportunidade de agregar novos conhecimentos.

Ao meu amigo e orientador Paulo Araquém Ramos Cairo, por toda a instrução e conhecimento repassado e, principalmente, pelo companheirismo e amizade que pretendo carregar para toda a vida.

Aos membros da banca examinadora, pelas contribuições para a melhoria do presente estudo.

A todos os professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, em especial à Fabrícia, por toda a estrutura e amizade.

À Diretoria do Campo Agropecuário (DICAP), Biofábrica, Virgiane, aos professores Anselmo Eloy, Sylvana Naomi Matsumoto e Patrícia A. Bittencourt Barreto, pelo apoio com equipamentos, aparelhos e laboratórios.

A toda a equipe do laboratório de Fisiologia Vegetal: Janaína, Katielle, Pedro Henrique, Roger, Mateus, Raul, Micaela e, principalmente, Tande e Vinícius, por auxiliarem na execução do experimento, além de todo o apoio e grande amizade construída.

A todos os meus colegas de pós-graduação, em especial à Flávia, Aline e Ivan, pela convivência e pelos bons momentos compartilhados.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para essa conquista, meu muito obrigado!

RESUMO

MENDES, Alessandro Almeida, M.Sc., Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, abril de 2018. **Morfofisiologia de plantas jovens de *Khaya senegalensis* submetidas a diferentes frequências de irrigação e doses de esterco bovino.** Orientador: Paulo Araquém Ramos Cairo.

A grande limitação imposta ao crescimento das plantas, devido às restrições no suprimento de água, é uma forma de estresse ambiental que justifica a busca de tecnologias alternativas para o cultivo de espécies promissoras para a implantação de florestas plantadas. O objetivo deste estudo foi avaliar a adição de doses crescentes de esterco bovino ao solo, como alternativa para mitigar os efeitos de diferentes frequências de irrigação sobre características morfofisiológicas relacionadas ao crescimento de plantas jovens de *Khaya senegalensis* (mogno africano) em cultivo protegido. Para tanto, conduziu-se um experimento em uma casa de vegetação, sob arranjo fatorial 5x3, com três blocos, totalizando 45 parcelas amostrais. Mudanças de mogno africano foram plantadas em vasos de 20 L, tendo uma planta por vaso, previamente preenchidos com cinco substratos: solo sem esterco (testemunha) e solo acrescido de esterco, nas proporções de 10, 20, 30 e 40% do volume total. Após 30 dias com irrigação diária, as plantas foram submetidas a três regimes hídricos, com frequências de irrigação a cada 3, 6 e 12 dias. Foram avaliadas as características indicadoras do estado hídrico da planta, como o potencial hídrico foliar, o conteúdo relativo de água, o consumo hídrico e a eficiência no uso da água; características relacionadas às trocas gasosas foliares; índice SPAD e teores de nutrientes orgânicos solúveis; características morfológicas e a massa seca de diferentes partes da planta. O potencial hídrico e as trocas gasosas não apresentaram diferenças entre os tratamentos, cujos resultados foram atribuídos às condições meteorológicas registradas durante o período experimental. O conteúdo de água na folha demonstrou comportamento distinto entre as frequências de irrigação. O consumo de água tornou-se menor e mais eficiente com a diminuição da frequência de irrigação e o aumento das doses de esterco bovino. Devido aos indícios de inexistência de estresse hídrico, as alterações nos teores de açúcares e aminoácidos sugerem a não ocorrência de ajuste osmótico. O índice

SPAD e os teores de aminoácidos aumentaram com as doses de esterco. Os açúcares solúveis totais não foram afetados pela frequência de irrigação, mas os açúcares redutores aumentaram na frequência 12 dias. Na morfologia das plantas, o esterco influenciou apenas a área e massa seca das folhas. Enquanto na massa seca da parte aérea, da raiz e total das plantas, além da altura e diâmetros, não houve diferenças significativas induzidas pelo esterco, mas houve aumento destes parâmetros sob a frequência 12 dias. A relação entre a massa seca da parte aérea/raiz das plantas não apresentou diferença entre os tratamentos. Diante destes resultados, foi possível concluir que o esterco bovino não atuou na mitigação dos efeitos do estresse hídrico, já que o mesmo não ocorreu nas condições em que o experimento se desenvolveu. Contudo, o esterco foi efetivo no aumento da umidade do solo, da eficiência no consumo de água, dos teores de aminoácidos e índice SPAD, que podem ser expressivos em situações nas quais o estresse hídrico seja atuante. A frequência 12 dias apresentou um aumento no crescimento das plantas de *Khaya senegalensis*.

Palavras-chave: Crescimento inicial. Mogno africano. Disponibilidade de água. Adubação orgânica.

ABSTRACT

MENDES, Alessandro Almeida, M.Sc., Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, april, 2018. **Morphophysiology aspects of young plants of *Khaya senegalensis* submitted to different irrigation frequencies and doses of cattle manure.** Adviser: Paulo Araquém Ramos Cairo.

The great limitation imposed to the growth of plants, due to the restrictions in the water supply, is a form of environmental stress that justifies the search of alternative technologies for the cultivation of promising species for the implantation of planted forests. The objective of this study was to evaluate the addition of increasing doses of cattle manure to the soil as an alternative to mitigate the effects of different irrigation frequencies on morphophysiological characteristics related to the growth of young plants of *Khaya senegalensis* (african mahogany) under protected cultivation. For that, an experiment was conducted in a greenhouse, under a 5x3 factorial arrangement, with three blocks, totaling 45 sample plots. African mahogany seedlings were planted in 20 L pots, one plant per pot, previously filled with five substrates: soil without manure (control) and soil plus manure, in the proportions of 10, 20, 30 and 40% of the total volume. After 30 days with daily irrigation, the plants were submitted to three water regimes, with irrigation frequencies every 3, 6 and 12 days. The characteristics indicative of the water status of the plant were evaluated, such as leaf water potential, relative water content, water consumption and water use efficiency; characteristics related to foliar gas exchange; SPAD index and soluble organic nutrient contents; morphological characteristics and dry mass of different parts of the plant. The water potential and the gas exchange did not present differences between the treatments, whose results were attributed to the meteorological conditions recorded during the experimental period. The water content in the leaf showed different behavior between irrigation frequencies. Water consumption became smaller and more efficient by decreasing the frequency of irrigation and increasing doses of cattle manure. Due to the signs of no water stress, changes in sugars and amino acids suggest no osmotic adjustment. The SPAD index and amino acid contents increased with manure doses. The total soluble sugars were not affected by the frequency of irrigation, but the reducing sugars

increased at the frequency 12 days. In the morphology of plants, manure influenced only the area and dry mass of the leaves. However, in the dry matter of the aerial part of the root and in the total of the plants, besides the height and diameters, there were no significant differences induced by the manure, but there were increase of these parameters under the frequency 12 days. The relation between the dry mass of the aerial part / root of the plants did not present difference between the treatments. In view of these results, it was possible to conclude that the cattle manure did not act in the mitigation of the effects of water stress, since it did not occur in the conditions in which the experiment was developed. However, manure was effective in increasing soil moisture, water consumption efficiency, amino acid content and SPAD index, which may be significant in situations in which water stress is active. The frequency 12 days showed an increase in the growth of the plants of *Khaya senegalensis*.

Keywords: Initial growth. African mahogany. Water availability. Organic fertilization.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Informações das características químicas do solo experimental.....	13
Tabela 2 – Potencial hídrico foliar (MPa) na “antemanhã” de plantas jovens de <i>Khaya senegalensis</i> submetidas a diferentes frequências de irrigação e doses de esterco bovino curtido.....	20
Tabela 3 – Fotossíntese (A), transpiração (E), condutância estomática (gs) e concentração interna de CO ₂ (Ci) em plantas jovens de <i>Khaya senegalensis</i> submetidas a diferentes frequências de irrigação e doses de esterco bovino curtido.....	27
Tabela 4 – Relações massa seca da parte aérea/raiz (g. g ⁻¹) de plantas jovens de <i>Khaya senegalensis</i> submetidas a diferentes frequências de irrigação e doses de esterco bovino curtido.	42

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Área de ocorrência natural da espécie *Khaya senegalensis*. Fonte: Nikiema e Pasternak (2008).3
- Figura 2** – Temperaturas (mínima e máxima) registradas na estação meteorológica da UESB, em Vitória da Conquista, BA.11
- Figura 3** – Conteúdo relativo de água (CRA) de plantas jovens de *Khaya senegalensis* submetidas a diferentes frequências de irrigação e doses de esterco bovino curtido. (A) Influência das doses de esterco no conteúdo relativo de água (CRA) em cada frequência de irrigação. (B) Médias do conteúdo relativo de água (CRA) de cada frequência de irrigação nas doses de esterco. Letras iguais acima das colunas indicam que não houve diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$), entre as três frequências dentro de cada dose de esterco..... 21
- Figura 4** – Consumo hídrico do sistema (substrato e planta) de plantas jovens de *Khaya senegalensis* submetidas a diferentes frequências de irrigação e doses de esterco bovino curtido. (A) Influência das doses de esterco no consumo hídrico em cada frequência de irrigação. (B) Médias do consumo hídrico de cada frequência de irrigação nas doses de esterco. Letras iguais acima das colunas indicam que não houve diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$), entre as três frequências dentro de cada dose de esterco..... 23
- Figura 5** – Umidade final média do solo nos últimos dias do intervalo das frequências de irrigação. (A) Influência das doses de esterco na umidade do solo ao final de cada frequência de irrigação. (B) Comportamento da umidade do solo ao final de cada frequência de irrigação nas doses de esterco. Letras iguais acima das colunas indicam que não houve diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$), entre as três frequências dentro de cada dose de esterco..... 24
- Figura 6** – Eficiência do uso da água na produção de madeira de plantas jovens de *Khaya senegalensis* submetidas a diferentes frequências de irrigação e doses de esterco bovino curtido. A) Influência das doses de esterco bovino na eficiência do uso da água. B) Influência das frequências de irrigação na eficiência do uso da água. Letras iguais acima das colunas indicam que não houve diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$), entre as três frequências dentro de cada dose de esterco... 25
- Figura 7** – Estimativa do teor de clorofila (Índice SPAD) de plantas jovens de *Khaya senegalensis* submetidas a diferentes frequências de irrigação e doses de esterco bovino curtido. (A) Influência das doses de esterco no índice SPAD em cada frequência de irrigação. (B) Médias do índice SPAD de cada frequência de irrigação nas doses de esterco. Letras iguais acima das colunas indicam que não houve diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$), entre as três frequências dentro de cada dose de esterco. 29
- Figura 8** – Representação dos dados de aminoácidos totais nas folhas, transformados por X, de plantas jovens de *Khaya senegalensis* submetidas a doses de esterco bovino curtido. 31
- Figura 9** – Representação dos dados transformados, por $\log(x)$, do teor de prolina nas folhas de plantas jovens de *Khaya senegalensis* submetidas a diferentes frequências de irrigação e doses de esterco bovino curtido. (A) Influência das doses

de esterco no teor de prolina em cada frequência de irrigação. (B) Médias da estimativa do teor de prolina de cada frequência de irrigação nas doses de esterco. Letras iguais acima das colunas indicam que não houve diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$), entre as três frequências dentro de cada dose de esterco... 32

Figura 10 – Açúcares solúveis totais (AST) nas folhas de plantas jovens de *Khaya senegalensis* submetidas a diferentes frequências de irrigação e doses de esterco bovino curtido. (A) Influência das doses de esterco no teor de açúcares solúveis totais (AST) em cada frequência de irrigação. (B) Médias da estimativa do teor de açúcares solúveis totais (AST) de cada frequência de irrigação nas doses de esterco. Letras iguais acima das colunas indicam que não houve diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$), entre as três frequências dentro de cada dose de esterco.....34

Figura 11 – Açúcares redutores (AR) nas folhas de plantas jovens de *Khaya senegalensis* submetidas a diferentes frequências de irrigação e doses de esterco bovino. (A) Influência das doses de esterco no teor de AR em cada frequência de irrigação. (B) Médias da estimativa do teor de AR de cada frequência de irrigação nas doses de esterco. Letras iguais acima das colunas indicam que não houve diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$), entre as três frequências dentro de cada dose de esterco. 35

Figura 12 – Efeito das frequências de irrigação na altura total (ATT) de plantas jovens de *Khaya senegalensis*. Letras iguais acima das colunas indicam que não houve diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$), entre as frequências.....37

Figura 13 – Efeito das frequências de irrigação no diâmetro à altura do colo (DAC) de plantas jovens de *Khaya senegalensis*. Letras iguais acima das colunas indicam que não houve diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$), entre as frequências.37

Figura 14 – Efeito das frequências de irrigação na altura do fuste (ATF) de plantas jovens de *Khaya senegalensis*. Letras iguais acima das colunas indicam que não houve diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$), entre as frequências.....38

Figura 15 – Efeito das frequências de irrigação na massa seca do fuste (MSFT) de plantas jovens de *Khaya senegalensis*. Letras iguais acima das colunas indicam que não houve diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$), entre as frequências.39

Figura 16 – Efeito das frequências de irrigação na massa seca da parte aérea (MSPA) de plantas jovens de *Khaya senegalensis*. Letras iguais acima das colunas indicam que não houve diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$), entre as frequências. 39

Figura 17 – Efeito das frequências de irrigação na massa seca da raiz (MSR) de plantas jovens de *Khaya senegalensis*. Letras iguais acima das colunas indicam que não houve diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$), entre as frequências.40

Figura 18 – Efeito das frequências de irrigação na massa seca total (MST) de plantas jovens de *Khaya senegalensis*. Letras iguais acima das colunas indicam que não houve diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$), entre as frequências.40

Figura 19 – Massa seca foliar (MSFL) de plantas jovens de *Khaya senegalensis* submetidas a diferentes frequências de irrigação e doses de esterco bovino curtido. (A) Influência das doses de esterco na MSFL em cada frequência de irrigação. (B)

Médias da MSFL das frequências nas doses de esterco. Letras iguais acima das colunas indicam que não houve diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$), entre as três frequências dentro de cada dose de esterco..... 41

Figura 20 – Área foliar de plantas jovens de *Khaya senegalensis* submetidas a diferentes frequências de irrigação e doses de esterco bovino curtido. (A) Influência das doses de esterco na área foliar em cada frequência de irrigação. (B) Médias da área foliar das frequências nas doses de esterco. Letras iguais acima das colunas indicam que não houve diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$), entre as três frequências dentro de cada dose de esterco..... 42

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO	2
2.1. A espécie <i>Khaya senegalensis</i>	3
2.2. Efeitos da umidade do solo na fisiologia das plantas	5
2.3. Adubação orgânica x disponibilidade de água	7
3. MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1. Caracterização da área experimental	11
3.2. Delineamento experimental.....	12
3.3. Obtenção de mudas, preparo de substrato e transplântio em vasos.....	12
3.4. Avaliações de aspectos fisiológicos (biofísicos)	14
3.4.1. Trocas gasosas foliares: transpiração, condutância estomática, concentração interna de CO ₂ e fotossíntese líquida.....	14
3.4.2. Potencial hídrico foliar.....	15
3.4.3. Conteúdo relativo de água foliar.....	15
3.4.4. Consumo hídrico.....	15
3.4.5. Eficiência no uso da água	16
3.4.6. Umidade final (média).....	16
3.5. Avaliações de aspectos fisiológicos (bioquímicos).....	16
3.5.1. Estimativa do teor de clorofilas (Índice SPAD).....	17
3.5.2. Açúcares solúveis totais	17
3.5.3. Açúcares redutores.....	17
3.5.4. Aminoácidos totais	17
3.5.5. Prolina	18
3.6. Avaliações de aspectos morfológicos	18
3.6.1. Alturas (fuste e total) e diâmetro à altura do colo	18
3.6.2. Área foliar total	18
3.6.3. Massas secas de raiz, parte aérea (folhas + fuste), total e relação parte aérea / raiz.....	18
3.7. Análises estatísticas	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1. Aspectos biofísicos	20
4.1.1. Relações hídricas.....	20
4.1.2. Trocas gasosas	26

4.2. Aspectos bioquímicos	28
4.2.1. Estimativa do teor de clorofilas (índice SPAD).....	28
4.2.2. Aminoácidos totais	30
4.2.3. Açúcares solúveis	33
4.3. Aspectos morfológicos.....	36
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
REFERÊNCIAS.....	49
ANEXOS	64

1. INTRODUÇÃO

O aumento do rigor das leis de supressão ambiental, que objetivam diminuir a exploração ilegal de espécies madeireiras e suas possíveis extinções, tem favorecido bastante a expansão do setor de florestas plantadas. Por outro lado, a crescente demanda do mercado por espécies florestais produtoras de madeiras nobres deu início a uma perspectiva mais promissora para a silvicultura brasileira.

Apesar da desaceleração da construção civil nacional, que reduziu o consumo doméstico de madeira serrada de 7,2 milhões de m³, em 2015, para 6,4 milhões de m³, em 2016, houve crescimento de 39% nas taxas de exportação desse produto no mesmo período, totalizando 2,2 milhões de m³ exportados (IBÁ, 2017). Tais dados são considerados satisfatórios, principalmente para o comércio de madeiras nobres, cujo principal destino é o mercado internacional, onde se encontram os maiores consumidores de madeira de alta qualidade.

No mercado de madeiras nobres, o mogno africano tem grande destaque, sendo considerado como uma das mais valiosas espécies madeireiras de clima tropical do mundo (NIKIEMA e PASTERNAK, 2008). Além de atender ao exigente mercado, devido à sua bela madeira de cor rosada, variando para o marrom escuro, com excelentes propriedades físicas, o mogno africano também possui importantes características que favorecem o seu cultivo, tais como crescimento relativamente rápido e boa resistência a inimigos bióticos.

As principais espécies de mogno africano são *Khaya antothea*, *K. senegalensis*, *K. grandifoliola* e *K. ivorensis*. Dentre estas, a *Khaya senegalensis* possui maior rusticidade e relativa vantagem para o cultivo em áreas sob condições adversas, especialmente em regiões com baixos índices pluviométricos (PINHEIRO et al., 2011). Essa característica de rusticidade da *Khaya senegalensis* é muitas vezes evocada por pesquisadores e produtores, porque a disseminação de plantios pelo país tem levado à implantação de florestas em áreas marginais, onde há frequentes limitações de fatores abióticos, que afetam o sucesso produtivo.

Dentre os fatores abióticos, a água é o mais limitante para o desenvolvimento das plantas, porque repercute em várias características morfológicas e fisiológicas, bem como em diversos processos metabólicos essenciais, principalmente na fase de produção de mudas e no crescimento inicial após o transplante. Se houver restrição

de água, as plantas podem passar por estresse hídrico, afetando negativamente o crescimento e a produtividade vegetal (FERNANDES et al., 2015). As mudanças climáticas trazem impactos aos padrões hidrológicos e alteram o abastecimento de água às culturas, colocando em risco a sobrevivência e a produtividade (TURRAL et al., 2011).

O uso de espécies rústicas com genótipos apropriados para superar as limitações climáticas é apenas o primeiro passo para um plantio adequado. Além disso, é necessário também recorrer a manejos e alternativas tecnológicas para otimizar o desempenho das variedades. Dentre essas alternativas, a adubação baseada na aplicação de resíduos orgânicos pode ser uma solução para amenizar a perda de água e preservar a hidratação da planta.

Os fertilizantes orgânicos têm a vantagem de diminuir a erosão no solo, porque atuam como agentes agregadores de suas partículas, aumentando a sua capacidade de adesão e, conseqüentemente, a retenção de água nos poros (GONZÁLEZ et al., 2010). O esterco bovino curtido é um fertilizante orgânico que proporciona, normalmente, maior retenção de água em tensões próximas à capacidade de campo do que em ponto de murcha, aumentando a disponibilidade de água para as plantas. Por outro lado, também contribui para elevar os teores de carbono orgânico, fósforo, potássio, sódio, cálcio e magnésio no solo (SILVA et al., 2004; UTOMO et al., 2011).

Dejetos animais são adubos orgânicos ricos em nutrientes, que favorecem o crescimento das plantas em altura, o aumento no conteúdo de clorofila das folhas, o acúmulo de matéria seca e a absorção de nutrientes pelas raízes (OFOSU-ANIM e LEITCH, 2009). Quando usados em doses recomendadas e aplicados corretamente, proporcionam muitos benefícios ao solo e às plantas.

O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da aplicação de doses crescentes de esterco bovino no solo sobre características morfofisiológicas relacionadas ao crescimento inicial de plantas jovens de *Khaya senegalensis* submetidas a diferentes frequências de irrigação, em cultivo protegido.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. A espécie *Khaya senegalensis*

Khaya senegalensis pertence à família Meliaceae, subfamília Swietenioideae e tribo Swietenieae, e está entre as espécies de maior importância econômica que compõem um dos quatro principais gêneros conhecidos pelo nome mogno, juntamente com *K. ivorensis*, *K. grandifoliola* e *K. anthotheca* (PINHEIRO et al., 2011).

Apesar de ser encontrada principalmente ao longo de cursos de rios de regiões savânicas, com precipitação anual entre 650 mm e 1800 mm, *Khaya senegalensis* é uma espécie disseminada em diversos habitats, tendo a sua densidade populacional aumentada do Norte para o Sul do continente africano, alcançando cerca de 17 árvores por hectare nessas regiões (LOMPO, 2007). A sua ocorrência se estende desde a costa do continente africano, no oceano Atlântico, até a costa no oceano Índico, ocupando tanto áreas litorâneas e mais úmidas como também áreas de savanas mais secas, sendo esta última a de maior dominância (Figura 1) (NIKIEMA e PASTERNAK, 2008).



Figura 1 – Área de ocorrência natural da espécie *Khaya senegalensis*.
Fonte: Nikiema e Pasternak (2008).

Tida como espécie multifuncional, *Khaya senegalensis* pode ser utilizada na forragem de gado, em óleos comestíveis, cosméticos e medicamentos, mas o seu

uso é mais frequente na destinação de madeira serrada para a construção naval, fabricação de móveis, pisos e decoração de ambientes internos e externos (ARNOLD, 2004).

No oeste africano, a exportação da madeira de mogno africano representa cerca de 15 a 30% do volume de toda a madeira de exportação, sendo que esses dados se tornam ainda mais expressivos quando se leva em conta os altos valores do seu metro cúbico (OPUNI-FRIMPONG, 2008). O grande destaque dessa madeira no mercado mundial pode ser atribuído tanto ao seu belo aspecto visual quanto às suas boas características organolépticas e seus médios a altos valores mecânicos, que são superiores aos de *K. ivorenses*, a espécie de mogno africano mais plantada no Brasil (FRANÇA et al., 2015).

Cerca de 85% das madeiras comercializadas provindas da floresta amazônica são clandestinas. Portanto, o plantio de uma espécie legalizada, cujo produto já é consagrado mundialmente, é motivo de sobra para se tornar no mercado brasileiro um setor atrativo. Outro fator que impulsiona a espécie é ter um período de corte em torno de 16 anos, considerado curto para um produto madeireiro de tão alta qualidade (PINHEIRO et al., 2011).

Khaya senegalensis é também uma alternativa ao mogno brasileiro por razões de ordem fitossanitária. Nos trópicos, árvores da família Meliaceae são intensamente atacadas por larvas de mariposas do gênero *Hypsipyla*. No Brasil, a espécie mais atuante deste gênero é a *Hypsipyla grandella* (Zeller), cuja ocorrência torna impraticável a implantação de espécies nativas de mogno em cultivos maciços comerciais. Uma das formas de controle é o uso de meliáceas exóticas, a exemplo das espécies de mogno africano, que possuem resistência à espécie mencionada (LUNZ et al., 2009).

Além de todas estas vantagens que impulsionam o mercado do mogno africano no Brasil e no mundo, *Khaya senegalensis* possui também uma peculiaridade que a destaca das demais espécies do seu gênero: a sua maior rusticidade, que lhe assegura maior resistência e adaptação quando submetida a condições adversas, especialmente aquelas que envolvem as relações hídricas da planta (NIKIEMA e PASTERNAK, 2008). Estudos apontam a *Khaya senegalensis* como uma espécie mais tolerante a limitações hídricas que outras espécies do gênero *Khaya* (OKALI e DODOO, 1973; NETO, 2014).

2.2. Efeitos da umidade do solo na fisiologia das plantas

Níveis de água extremos no solo, seja por excesso ou escassez, podem tornar-se limitantes para o crescimento das plantas e são responsáveis por elevar a sua taxa de mortalidade. Sob seca extrema, isso se dá, provavelmente, por limitação da hidráulica da planta e escassez de carbono, com sua importância relativa dependendo da intensidade e duração do estresse (NIU et al., 2014).

Quando os níveis de água no solo reduzem a ponto de dificultar a sua absorção, os estômatos regulam sua abertura para reduzir a perda de água pela transpiração e alterar o metabolismo, em combinação com o recurso de carbono disponível (FANG e XIONG, 2014). O ácido absícico (ABA) tem sido postulado como o principal hormônio regulador do fechamento estomático. A elevação dos seus níveis nas células-guarda desencadeia a entrada de Ca^{2+} e a ativação de canais tipo-S, tipo-R e GORK, que provocam o efluxo de Cl^- , malato²⁻ e K^+ , respectivamente (DASZKOWSKA-GOLEC e SZAREJKO, 2013).

O aumento na resistência e fechamento completo dos estômatos, a depender da intensidade do estresse, afetam as taxas de transpiração, condutância estomática, fotossíntese, assimilação e concentração interna de CO_2 (AZOULAY-SHEMER et al., 2015; TOMBESI et al., 2015).

A seca causa reduções na fixação líquida de carbono nas plantas, devido a diversos fatores, como desestabilização do aparato fotossintético, reduções nas trocas gasosas, restringindo o suprimento de CO_2 , e declínio na atividade da rubisco e enzimas envolvidas na regeneração da ribulose bifosfato (RuBP) (DIAS e BRÜGGEMANN, 2010).

A concentração de pigmentos fotossintéticos pode diminuir tanto por reduções na sua síntese, como por degradação provocada por um estresse oxidativo, com objetivo de reduzir a interceptação luminosa, conferindo maior fotoproteção (LIU et al., 2011).

A carboxilação da RuBP é essencial para a fixação do carbono no ciclo de Calvin, porém com a redução da concentração de CO_2 no estroma do cloroplasto, a taxa de carboxilação da RuBP diminui enquanto a sua oxigenação aumenta (TERASHIMA et al., 2011).

Em período inicial de estresse, sinais moleculares induzem a partição de fotoassimilados em favor da acumulação de carboidratos, reduzindo a atividade respiratória e o crescimento. Alguns estudos evidenciam que a redução no crescimento se inicia antes mesmo das quedas na fotossíntese, mostrando que, além da limitação de produção de fotoassimilados, há a atuação de fatores primários (MCDOWELL, 2011).

A seca afeta tanto a divisão quanto o alongamento celular. A divisão é afetada por inibidores de enzimas que são importantes na condução desse processo e pela expressão diferencial de microRNAs, conhecidos por regularem a divisão e diferenciação celular (CLAEYS e INZÉ, 2013).

Já o alongamento celular está ligado à extensibilidade da parede e à pressão de turgor. Na extensibilidade, o estresse hídrico está relacionado, principalmente, à sinalização de giberelinas, que são responsáveis pelo controle das proteínas DELLAs. A DELLA regula os níveis de espécies reativas de oxigênio, que modulam o conteúdo de Ca^{2+} , influente na rigidez da parede, e exerce também controle direto sobre a resistência da parede à pressão de turgor (ACHARD et al., 2008).

O turgor é uma força propulsora para a extensão celular; sem a pressão por ele exercida, não há estímulo físico à expansão da parede. Naturalmente, o déficit hídrico está diretamente ligado ao turgor, pois afeta a hidráulica da planta e limita a absorção de água pelas células (DUPUY et al., 2010).

O estresse hídrico lignifica as raízes e afeta a permeabilidade da membrana e aquaporinas, afetando a condutividade hidráulica (LIPIEC et al., 2013). Além disso, com o conteúdo de água no solo reduzido, haverá uma queda no seu potencial hídrico (DÍAZ-LÓPEZ et al., 2012). Como a água se movimenta passivamente de locais de maior potencial para o de menor, à medida que os níveis de água no solo caem, reduz-se o gradiente e torna-se mais difícil a absorção de água pelas plantas (KERBAUY, 2012). Deste modo, a redução da água do solo pode reduzir o conteúdo relativo de água em toda a planta (GHAHFAROKHI et al., 2015).

Como alternativa para superar a desidratação e favorecer a absorção e manutenção dos níveis de água na planta, espécies tolerantes realizam ajuste osmótico (BLUM, 2017). O ajuste osmótico promove o acúmulo de diversas substâncias orgânicas e inorgânicas, como aminoácidos, carboidratos e íons orgânicos, que reduzem o potencial osmótico da célula e facilitam a absorção de

água. Assim, haverá proteção de enzimas, da membrana celular e o turgor será mantido (FANG e XIONG, 2014).

Outra reconhecida estratégia de genótipos resistentes está associada ao aumento do volume de solo explorado pelas raízes, em profundidade e lateralmente, aumentando o volume de água absorvido (BORRELL et al., 2014). Isso se dá porque o estresse abiótico estimula a alocação de assimilados para as raízes, alterando as atividades metabólicas de ambas as partes (GARGALLO-GARRIGA et al., 2014).

O excesso de água no solo, também, está relacionado com muitos dos parâmetros acima mencionados, como controle da abertura estomática, atividade das enzimas de regeneração da RuBP, condutividade e absorção de água e mudanças nas taxas de acumulação, translocação e armazenamento de fotoassimilados (KOZLOWSKI, 1984; PATEL et al., 2014).

Por afetar a disponibilidade de O₂ no solo, as plantas são obrigadas a se adaptar anatomicamente e morfofisiologicamente, alterando suas vias metabólicas, hipertrofiando suas lenticelas, e desenvolvendo raízes adventícias e tecidos de aerênquima, para aumentar suas chances de sobrevivência e reduzir os impactos no crescimento (STRIKER, 2012).

2.3. Adubação orgânica x disponibilidade de água

A utilização da adubação orgânica é uma prática agrícola consagrada e de reconhecida influência na produtividade das culturas, pois sua aplicação apresenta consideráveis alterações na composição biológica, química e física do solo e, conseqüentemente, na fertilidade do mesmo (XAVIER et al., 2006; PIRES et al., 2008).

A matéria orgânica afeta propriedades mecânicas do solo, como limites de contração e índices de friabilidade, além de diminuir o efeito negativo da consistência plástica de solos argilosos molhados (MALKAWI et al., 1999; HEMMAT et al., 2010).

Estudos também apontam que a matéria orgânica possui elevada correlação com a agregação do solo (COSTA JUNIOR et al., 2012). Isso se dá porque, para formar os agregados, forças físicas, influenciadas pelo ciclo de umedecimento e secagem, comprimem as partículas minerais. Para que haja estabilização do produto

comprimido, é necessária a atuação de componentes orgânicos, como estruturas ligantes (BASTOS et al., 2005).

As numerosas cargas variáveis negativas, que têm sua origem na dissociação de hidroxilas, são responsáveis por conceder à matéria orgânica o papel agregador dos minerais do solo (FONTES et al., 2001).

Em microagregados e pequenos macroagregados, a estabilização vem de agentes orgânicos transientes, como polissacarídeos, que são mucilagens provenientes do metabolismo microbiano e de resíduos vegetais e animais, juntamente aos minerais de argila e óxidos de Fe e Al, e cátions polivalentes. No entanto, os grandes macroagregados têm sua estabilidade relacionada com agentes orgânicos temporários, como hifas de fungos e raízes finas que se entrelaçam fisicamente à estrutura em formação (TISDALL e OADES, 1982).

Com isso, manejos e sistemas de cultivo que afetam os agregados, ou interferem nos níveis da matéria orgânica no solo influenciam, direta e indiretamente, em aspectos da qualidade física, como porosidade (macro, micro e total), densidade do solo e resistência à penetração (TORMENA et al., 2002; GUARESCHI et al., 2012).

Aspectos de retenção de água estão ligados a fenômenos de capilaridade e adsorção, que, por sua vez, estão relacionados com o tamanho dos poros. Tal fato faz da matéria orgânica um agente na retenção e, muitas vezes, na disponibilidade de água no solo, considerando que ela participa da formação dos agregados e acaba alterando os volumes porosos (TULLER e OR, 2004).

Estudos comprovam que nas tensões 0, -10, -33, -100, -500 e -1500 kPa, a matéria orgânica aumenta a retenção de água nos mais diversos tipos de solo (RAWLS et al., 2003; YANG et al., 2014). Porém, em relação à água disponível para as plantas, as informações ainda são divergentes. Em termos de definição, ela representa, basicamente, a água retida entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente, ou seja, entre tensões próximas a -10 e -1500 kPa, respectivamente. Portanto, para que haja um aumento ou diminuição na disponibilidade de água, é necessário que a retenção nessas tensões extremas, provocada pela matéria orgânica, ocorra em magnitudes diferentes (BRAIDA et al., 2011).

Em alguns trabalhos, a matéria orgânica proporciona maior disponibilidade de água devido à maior retenção nas tensões menores (-10 kPa). Entretanto há estudos que registram retenções iguais sob tensões extremas, ou até mesmo associam componentes como o carbono orgânico a reduções na disponibilidade (SOMMERFELDT e CHANG, 1987; HUDSON, 1994; HAYNES e NAIDU, 1998; NYAMANGARA et al., 2001; DA SILVA et al., 2005; REICHERT et al., 2009).

Por outro lado, a água em excesso no solo exerce diversas influências sobre a matéria orgânica e sua decomposição, gerando reflexos na produtividade das culturas (SYERS e CRASWELL, 1994). À medida que a água se eleva no solo, ela passa a disputar os espaços porosos com o oxigênio, cujos níveis reduzidos restantes logo serão consumidos por plantas e microrganismos, que têm sua atividade diretamente influenciada pelos níveis de oxigênio no solo (DREW e LYNCH, 1980).

Assim, sob estado de anaerobiose, a matéria orgânica sofre mudanças na natureza da decomposição, devido a uma queda na atividade microbiana, gerando produtos mal decompostos, mais hidrossolúveis e fracamente polimerizados, que favorecem processos de redução, proporcionando um aumento na lixiviação destes minerais reduzidos (VIZIER, 1983; TIEDJE et al., 1984).

As huminas são produtos favorecidos pela decomposição em situações de hipoxia e são responsáveis por proporcionar uma maximização do efeito esponjoso, fazendo com que os solos sejam capazes de reter volumes ainda maiores de água (CAMPOS et al., 2011).

Além de toda esta interação com a parte física do solo, a matéria orgânica atua como um condicionante bioquímico, agindo no incremento do pH, soma de bases, CTC, saturação por bases do solo e, também, afeta conteúdos nutricionais (DAMATTO JÚNIOR et al., 2006). A aplicação de adubos orgânicos, principalmente de estrume animal, aumenta o teor de carbono orgânico do solo, bem como os teores de fósforo e nitrogênio disponível e total (DONG et al., 2012). Conseqüentemente, torna-se benéfico para as plantas, uma vez que sua aplicação proporciona teores foliares adequados dos principais macro e micronutrientes (LEONEL e DAMATTO JUNIOR, 2008).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada no campo agropecuário da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), *campus* de Vitória da Conquista. A cidade possui coordenadas geográficas de 14° 53' 08" de latitude sul e 40° 48' 02" de longitude oeste de Greenwich, com altitude de 881 m. O clima da região é classificado como Tropical de Altitude (Cwa), de acordo a classificação de Köppen.

A escolha do período em que este experimento foi realizado (março a agosto de 2017) deveu-se à tentativa de representar a época do ano em que ocorre, em geral, maior escassez de chuvas. Os dados referentes a temperaturas (mínima e máxima) do campo agropecuário foram monitorados pela estação meteorológica da UESB (Figura 2), localizada a cerca de 50 m da casa de vegetação. Durante esse período, a temperatura na casa de vegetação foi aferida em cinco oportunidades, cujos dados mostraram-se similares aos registrados pela estação meteorológica, em vista de que a estufa é bem arejada e localiza-se a menos de 50 metros da estação.

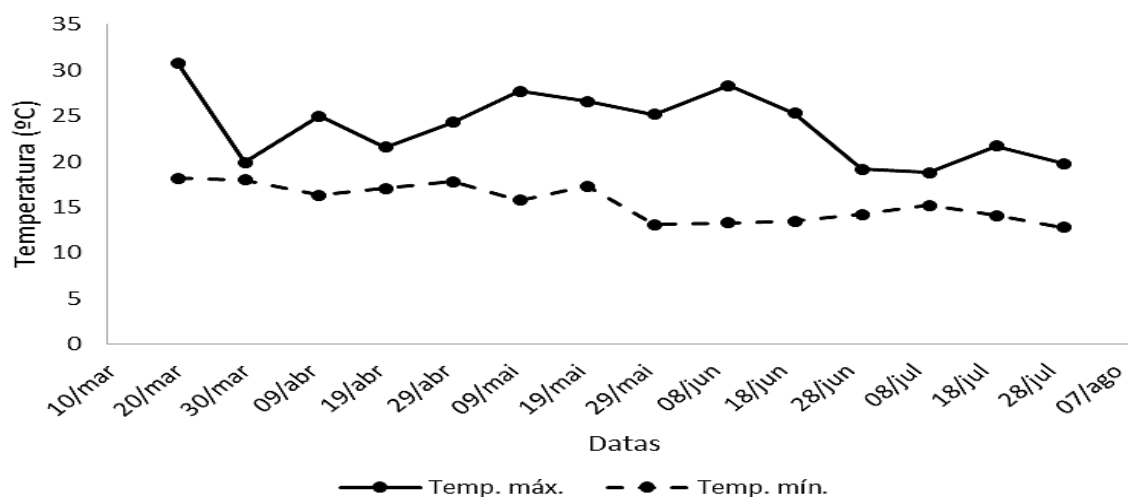


Figura 2 – Temperaturas (mínima e máxima) registradas na estação meteorológica da UESB, em Vitória da Conquista, BA.

Fonte: elaborado pelo autor (2018).

3.2. Delineamento experimental

Adotou-se o delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial de 5x3, no qual os tratamentos foram caracterizados por cinco doses (0, 10, 20, 30 e 40%) de adubação com esterco bovino curtido, incorporado ao volume total do solo, e três frequências de irrigação (a cada 3, 6 e 12 dias), com três blocos, totalizando 45 unidades amostrais, tendo uma planta por parcela.

3.3. Obtenção de mudas, preparo de substrato e transplântio em vasos

Mudas de *Khaya senegalensis* com 120 dias foram adquiridas em viveiro comercial com reconhecimento padrão de qualidade, localizado em Garça – São Paulo, as quais foram produzidas em tubetes de 280 cm³, via seminal, já que a produção clonal desta espécie ainda está em fase de pesquisa. Elas foram transportadas em avião para Vitória da Conquista/BA, em compartimento climatizado e, posteriormente, levadas ao *Campus* da UESB, onde passaram por um período de sete dias de adaptação às condições climáticas locais, em viveiro apropriado, com irrigação adequada. Em seguida, as mudas foram selecionadas para o experimento, observando-se homogeneidade em altura e aspecto vegetativo, e transplantadas em vasos de 20 L, preenchidos com substrato à base de solo e esterco bovino.

O preenchimento dos vasos foi baseado na mistura de solo representativo do campo agropecuário da UESB, e esterco bovino, de forma a manter sempre um volume total igual, porém com diferentes proporções de esterco e solo. Tomou-se como referência os pesos: 19 kg com apenas solo e 13 kg com apenas esterco, preenchendo 16 L do vaso, que foi adotado como volume de substrato a ser utilizado no experimento. A partir destes pesos referenciais, com auxílio de uma balança, os substratos foram preparados de acordo com as proporções de solo + esterco bovino estabelecidas para os tratamentos. Os 4 L não utilizados no volume do vaso foram preservados para evitar o transbordamento de água no momento da irrigação.

O solo foi previamente analisado em relação às suas características químicas (Tabela 1), cujos resultados indicaram não ser necessária a correção do pH. Contudo, para atender às demandas nutricionais da cultura do mogno, o solo recebeu a seguinte adubação, baseada nas recomendações de Perez (2014), com

adaptações.

Adubações de base:

- 100 mg.dm⁻³ de P, na forma de superfosfato simples;
- 0,25 mg.dm⁻³ de B, na forma de ácido bórico;
- 0,5 mg.dm⁻³ de Zn, na forma de sulfato de zinco;
- 0,5 mg.dm⁻³ de Cu, na forma de sulfato de cobre.

Tabela 1 – Informações das características químicas do solo experimental.

pH	mg.dm ⁻³		cmol.dm ⁻³ de solo						%		
	(H ₂ O)	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	S.B.*	t*	T*	V*
5,6	3	0,19	1,7	0,7	0,1	1,9	2,6	2,7	4,6	56	4

* S.B. = Soma de bases; t = capacidade de troca de cátions efetiva; T = capacidade de troca de cátions a pH 7,0; V = percentagem de saturação por bases; m = percentagem de saturação por alumínio.

Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Após o preenchimento dos vasos, realizou-se o transplante de mudas, as quais foram selecionadas observando-se homogeneidade em altura e aspecto vegetativo. Para favorecer o pegamento, todas as mudas foram irrigadas diariamente, durante 30 dias. Em seguida, iniciaram-se os tratamentos correspondentes à frequência de irrigação, juntamente com a primeira adubação de cobertura, aplicando-se 25 mg.dm⁻³ de N e 55 mg.dm⁻³ de K, nas formas de sulfato de amônio e cloreto de potássio, respectivamente. As adubações de cobertura seguintes foram:

- Aos 60 dias após o plantio (DAP): 25 mg.dm⁻³ de N e 55 mg.dm⁻³ de K;
- Aos 90 DAP: 50 mg.dm⁻³ de N e 110 mg.dm⁻³ de K.

A determinação da lâmina de irrigação aplicada em cada vaso foi realizada em função da evapotranspiração, através da diferença de peso do vaso na capacidade de campo e do seu peso no momento da irrigação.

No entanto, a utilização de substratos com pesos diferentes levou a alguns cuidados, visando à imparcialidade nos volumes de água a serem aplicados. Para isso, foi necessário padronizar a quantidade total de água nos vasos sob condições de capacidade de campo.

Como referência, identificou-se o peso total (PT) do vaso preenchido apenas com solo saturado, obtido a partir do teste de capacidade de vaso, e o peso seco

(PS) do solo contido nele, estimado através de amostras que submeteram este substrato ao teste de umidade.

Tais procedimentos tiveram o propósito de fazer com que todos os vasos fossem retornados para a mesma quantidade total de água, independentemente das diferentes proporções de solo + esterco. Para isso, foi determinado e padronizado o peso da água (PA) no solo, na capacidade de campo, para todos os substratos, com base na equação: $PA = PT - PS$.

Os valores de PA foram utilizados para se definir o peso referência de cada substrato com o mesmo volume de água que a testemunha (apenas solo, sem presença de esterco) na capacidade de campo. Dessa forma, o controle da irrigação foi baseado no monitoramento da quantidade de água contida no substrato (solo + esterco bovino), por meio da pesagem dos vasos no momento da irrigação, utilizando-se balança digital com precisão de 2 g, e da reposição da fração perdida por evapotranspiração, a fim de retornar os vasos para o peso referencial de cada substrato.

O experimento foi finalizado aos 120 DAP, dos quais, os últimos 90 dias corresponderam ao período em que as plantas estiveram submetidas aos tratamentos com diferentes frequências de irrigação.

3.4. Avaliações de aspectos fisiológicos (biofísicos)

Os parâmetros biofísicos foram aferidos aos 72 dias após o início dos tratamentos, em momento coincidente com a duração mais extensa do período de suspensão da irrigação, com exceção das relações hídricas, que foram avaliadas ao longo de todo o período experimental.

3.4.1. Trocas gasosas foliares: transpiração, condutância estomática, concentração interna de CO₂ e fotossíntese líquida

Trocas gasosas foram aferidas em folhas no terço médio das plantas, no horário entre 10:00 e 11:30 h, por meio do analisador de gases por infravermelho (IRGA LI-6400, LI-COR®, Nebraska/USA), com o intuito de avaliar as taxas de transpiração (E), condutância estomática (g_s), concentração interna de CO₂ (C_i) e

fotossíntese líquida (A). Como referência, foram observados os resultados obtidos por Cunha (2010), em estudos sobre a variação da curva diurna de trocas gasosas em *Khaya ivorensis*.

3.4.2. Potencial hídrico foliar

O potencial hídrico (Ψ_w) foi aferido em folhas retiradas da parte mediana das plantas, no período da antemanhã (entre 5:00 e 6:00 h), por meio de câmara de pressão (Modelo 1000, PMS), conforme Scholander et al. (1965).

3.4.3. Conteúdo relativo de água foliar

O conteúdo relativo de água (CRA) foi aferido nas mesmas folhas e horário em que se aferiu o Ψ_w . Em cada folha, foram retirados sete discos foliares, registrando-se a sua massa fresca (MF). Os discos foliares foram imersos em água destilada por 24 horas, para então registrar a sua massa em estado de provável turgescência celular (MT). Em seguida, os discos foliares foram submetidos à secagem em estufa com circulação forçada de ar, a 70 °C, durante 48 horas, registrando-se a sua massa seca (MS). O CRA foi determinado conforme Weatherley (1950), com base na seguinte fórmula: $CRA = (MF - MS) / (MT - MS) \times 100$.

3.4.4. Consumo hídrico

A quantidade de água consumida pelas plantas durante o período experimental foi calculada a partir dos dados de pesagem do volume de água necessário para o solo retornar à capacidade de campo, a cada irrigação. A somatória dos dados obtidos a cada pesagem foi considerada como o consumo total de água de cada parcela experimental. O consumo hídrico possibilita avaliar a economia de água dos tratamentos, associada à capacidade de retenção de umidade no substrato, em função das diferentes proporções de mistura de solo + esterco bovino.

3.4.5. Eficiência no uso da água

A eficiência no uso da água tomou por base o volume do fuste, em vista de que, o principal produto de comercialização da espécie é a sua madeira de alta qualidade. Portanto, utilizou-se o diâmetro à altura do colo (DAC) para estimar a área da base, multiplicado pela altura do fuste (ATF), para a obtenção do volume do fuste. Desprezou-se a conicidade do fuste, em vista de que o parâmetro aproximado já atende ao objetivo, que é, apenas, comparativo e não de quantificação. Com o volume encontrado, restou-se dividir pelo consumo hídrico (CI) no período experimental.

$$EUA = ((\pi \times ((DAC / 2) ^ 2)) \times ATF) / CI)$$

3.4.6. Umidade final (média)

O peso dos vasos registrados pré-irrigação foi utilizado para a obtenção da umidade do substrato naquele instante. Portanto, considerou-se como umidade final o valor médio do teor de água do solo no último dia do intervalo de cada frequência de irrigação.

3.5. Avaliações de aspectos fisiológicos (bioquímicos)

Após a finalização do experimento, determinaram-se as concentrações desses compostos orgânicos em tecidos foliares. Folhas extraídas do terço médio das plantas foram submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar, a 70 °C, até atingir peso constante, sendo posteriormente moídas em triturador. Amostras de 200 g de folhas secas e moídas foram adicionadas a 15 mL de solução extratora, constituída de água e tampão fosfato de potássio 0,1 M. Para filtragem dessa mistura heterogênea, o extrato foi centrifugado a 8.000 rpm e, após 15 minutos, armazenando-se o sobrenadante e submetendo o precipitado a uma nova solução constituída de água e tampão fosfato de potássio 0,1 M, para mais uma centrifugação e extração do sobrenadante. Este procedimento ainda foi repetido uma terceira vez, até obter-se aproximadamente 15 mL de sobrenadante. Esse produto final foi usado como extrato de referência para a determinação das

concentrações de açúcares (solúveis e redutores), aminoácidos totais e prolina.

3.5.1. Estimativa do teor de clorofilas (Índice SPAD)

O teor de clorofilas foi estimado em folhas do terço médio das plantas, utilizando-se o clorofilômetro SPAD-502 Plus, em avaliações realizadas das 12 às 13 h. Os dados foram obtidos com base na média de sete aferições por planta.

3.5.2. Açúcares solúveis totais

Alíquotas de 0,03 mL do extrato foram adicionadas à solução constituída de 2 mL de antrona e 0,97 mL de água destilada, com agitação e posterior aquecimento em banho-maria a 100 °C por 3 minutos. Em seguida, a solução foi resfriada até a temperatura ambiente para a determinação das concentrações de açúcares solúveis totais (AST), por meio de leitura em espectrofotômetro a 620 nm, conforme Yemm e Willis (1954).

3.5.3. Açúcares redutores

Alíquotas de 0,6 mL do extrato foram adicionadas a solução constituída de 0,5 mL de ácido dinitrosalicílico (DNS) 0,4 mL de água destilada, com agitação e posterior aquecimento em banho-maria a 100 °C por 5 minutos. Após resfriamento até a temperatura ambiente, foram adicionados 5 mL de água destilada à solução, para posterior leitura em espectrofotômetro, a 540 nm, conforme Miller (1959).

3.5.4. Aminoácidos totais

Utilizou-se a metodologia de Yemm e Coccking (1955), com modificações. Alíquotas de 0,06 mL do extrato foram adicionadas à solução constituída de 0,5 mL de tampão de citrato de sódio (0,2 M, pH 5,0), 0,2 mL de ninhidrina 5% em metil celosolve, 1,0 mL de KCN 2% em metil celosolve (0,01 M) e 0,94 mL de água destilada, com agitação e posterior aquecimento em banho-maria a 100 °C, por 20 minutos. Após resfriamento até a temperatura ambiente, adicionou-se 1,3 mL de etanol 60%, com agitação, para posterior leitura em espectrofotômetro, a 570 nm.

3.5.5. Prolina

Alíquotas de 0,5 mL do extrato foram adicionadas à solução constituída de 1,5 mL de água deionizada, 2 mL de solução de ninhidrina ácida (1,25 g de ninhidrina; 30 mL de ácido acético glacial; e 20 mL de ácido fosfórico 6 M) e 2 mL de ácido acético glacial, com agitação e posterior aquecimento em banho-maria a 100 °C, por 1 hora. Após resfriamento até a temperatura ambiente, adicionaram-se 4 mL de tolueno, para extração completa, seguida de agitação, formando assim uma camada de sobrenadante que foi utilizada para leitura em espectrofotômetro, a 520 nm, conforme Bates et al. (1973), com modificações.

3.6. Avaliações de aspectos morfológicos

3.6.1. Alturas (fuste e total) e diâmetro à altura do colo

Tais características foram mensuradas aos cinco dias que antecederam a remoção das plantas dos vasos e a finalização do experimento. A altura total da planta (ATT) correspondeu ao comprimento desde a superfície do solo até o folíolo mais recente, ao passo que a altura do fuste (ATF) correspondeu ao comprimento até a gema terminal (meristema apical) do caule. O diâmetro à altura do colo (DAC) foi medido com paquímetro digital, posicionado perpendicular ao caule, a 1 cm do solo.

3.6.2. Área foliar total

Após a remoção das plantas dos vasos, no final do experimento, a área foliar total (AF) foi determinada pelo somatório das áreas de todos os folíolos, por meio do medidor de área foliar “Area Meter” (LICOR, modelo LI-3100).

3.6.3. Massas secas de raiz, parte aérea (folhas + fuste), total e relação parte aérea / raiz

Após a remoção das plantas dos vasos, as raízes foram separadas da parte aérea. Esta última, por sua vez, foi seccionada em folhas e fuste. Depois de lavadas

em água corrente, essas partes foram submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar, a 70 °C, até atingir peso constante. Em seguida, utilizando balança de precisão, foram obtidas as massas secas de raiz (MSR), folhas (MSFL), fuste (MSFT), parte aérea (MSPA = MSFL + MSFT), total (MST = MSR + MSPA) e relação parte aérea/raiz (MSPA/MSR).

3.7. Análises estatísticas

Os dados foram submetidos aos testes de Liliefort e Cochran para verificação da normalidade e homogeneidade, respectivamente. Quando necessário, os dados foram transformados.

Em seguida, realizou-se a análise estatística das variáveis propostas, com a intenção de observar a significância dos efeitos dos fatores (doses de esterco bovino e frequências de irrigação) e possível interação entre os mesmos. Reconhecida a significância, utilizou-se o teste de médias apenas quando foram comparadas as três frequências de irrigação estudadas, ao passo que as cinco doses de esterco bovino foram devidamente passadas pela análise de regressão. Tais procedimentos foram realizados com auxílio dos programas SAEG 9.1. e ASSISTAT versão 7.7 pt.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Aspectos biofísicos

4.1.1. Relações hídricas

Não houve significância na interação dos fatores e nos tratamentos analisados isoladamente, de acordo com a análise de variância do potencial hídrico foliar pelo teste F. Encontrou-se, contudo, significância nos blocos (ANEXO A).

Em relação aos efeitos dos fatores, os resultados indicam que estes não causaram variação na disponibilidade de água para as plantas, mesmo com a capacidade, da duração entre os intervalos das frequências de irrigação e da qualidade e quantidade da adubação orgânica, de alterar as grandezas potenciais do solo (Tabela 2).

Tabela 2 – Potencial hídrico foliar (MPa) na “antemanhã” de plantas jovens de *Khaya senegalensis* submetidas a diferentes frequências de irrigação e doses de esterco bovino curtido.

Frequências de irrigação	Doses de esterco (%)				
	0	10	20	30	40
3 dias	- 0,5333	- 0,4667	- 0,5467	- 0,5133	- 0,4800
6 dias	- 0,4633	- 0,4933	- 0,5300	- 0,4733	- 0,5133
12 dias	- 0,4100	- 0,3900	- 0,4133	- 0,5667	- 0,3900
Média geral = 0,47889			CV% = 17,88		

Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Contudo, a variação na umidade do solo depende, entre outros fatores, das condições climáticas, principalmente da radiação solar, de modo a influenciar a intensidade de perda de água por diferentes mecanismos de evapotranspiração.

Estudos realizados com mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*) em condições de campo (DE MORAIS et al., 2015), e em *Khaya senegalensis* (ARNDT et al., 2015), mostraram que o potencial hídrico foliar da antemanhã responde às condições climáticas, uma vez que os valores registrados no período seco foram sempre menores que no período chuvoso. Todavia, em espécies como *Eucalyptus tetrodonta* F. Muell e *Corymbia latifolia* F. Muell, o potencial hídrico foliar da

antemanhã não variou entre as estações do ano, o que indica que a variação do potencial hídrico foliar também é dependente da espécie (ARNDT et al., 2015).

Sendo assim, o período em que este experimento se realizou, estação de inverno, pode ter contribuído para manter a umidade do solo em níveis relativamente estáveis, de modo a não alterar significativamente o potencial hídrico do solo, independentemente da frequência de irrigação e das doses de esterco bovino. Com isso, a manutenção dos níveis hídricos do solo pode ter maximizado a influência da pressão hidrostática e reduzido os efeitos dos solutos e das diferentes capacidades adsorptivas dos substratos, proporcionadas pelos níveis de esterco bovino.

De acordo com a análise de variância, em relação ao CRA, houve significância na interação entre os fatores (FI x DE) (ANEXO A).

O desdobramento da interação revelou comportamento quadrático referente à frequência de irrigação 12 dias, no qual o maior CRA foi obtido com 20,87% de esterco bovino. A frequência 6 dias teve sua tendência descartada devido à baixa representação da equação ($R^2 = 0,3944$), assim como a frequência 3 dias não apresentou tendência segundo a análise de regressão (Figura 3A). Comparando-se as frequências de irrigação dentro de cada dose de esterco bovino, contudo, não houve diferença significativa (Figura 3B).

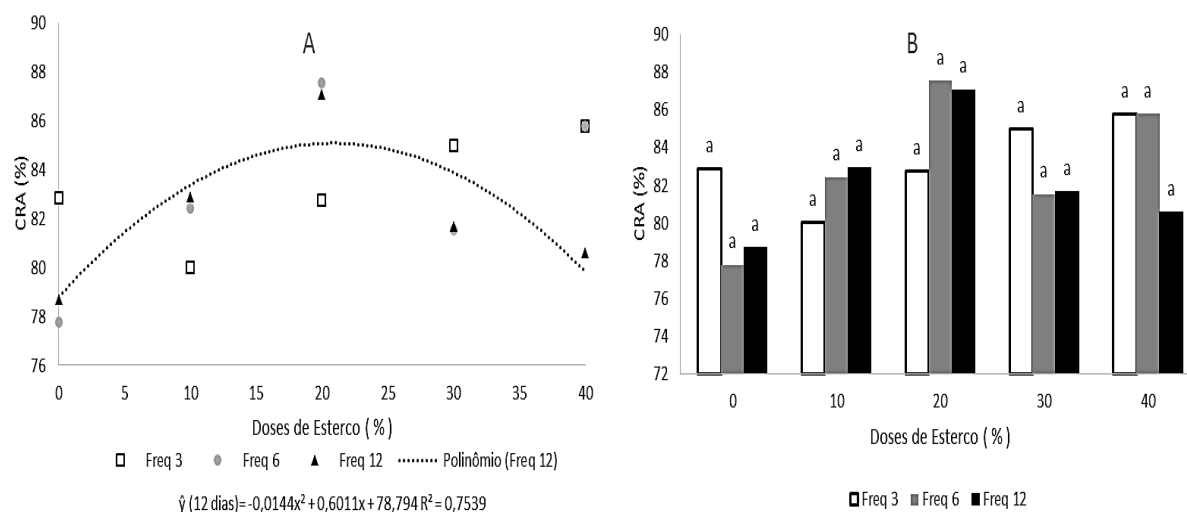


Figura 3 – Conteúdo relativo de água (CRA) de plantas jovens de *Khaya senegalensis* submetidas a diferentes frequências de irrigação e doses de esterco bovino curtido. (A) Influência das doses de esterco no conteúdo relativo de água (CRA) em cada frequência de irrigação. (B) Médias do conteúdo relativo de água (CRA) de cada frequência de irrigação nas doses de esterco. Letras iguais acima das colunas indicam que não houve diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$), entre as três frequências dentro de cada dose de esterco.

A frequência de irrigação, por si só, não exerceu efeito sobre a variação no CRA. O conteúdo de água na planta é o resultado do balanço de perda de água (transpiração) e das taxas de absorção. A transpiração é proporcional ao déficit de pressão de vapor de água na atmosfera, e o seu controle é feito pelo fechamento estomático. Já a absorção é dependente do sistema radicular da planta, de características físicas e do suprimento hídrico do solo (PIMENTEL, 2004).

Este resultado corrobora os obtidos em relação ao potencial hídrico foliar, e permite deduzir que, nas condições meteorológicas em que o experimento se realizou, as frequências de irrigação não foram suficientes para favorecer redução expressiva na umidade do solo, a ponto de causar alterações no estado hídrico da planta.

As variações no CRA registradas na antemanhã, apesar de afetadas pelas doses de esterco bovino, são respostas que não podem ser atribuídas à influência deste fator sobre a capacidade de absorção de água pelas plantas. Como o potencial hídrico foliar da antemanhã não foi afetado pela frequência de irrigação nem pelas doses de esterco, admite-se que estes fatores não alteraram a disponibilidade de água do solo para as plantas.

Em plantas de espinafre submetidas a diferentes regimes hídricos e doses de um fertilizante orgânico comercial, os níveis de irrigação foram pouco efetivos, mas o CRA foi favorecido por doses medianas do fertilizante (EKINCI et al., 2015), comportamento similar ao do presente estudo.

A resistência e o crescimento inicial de algaroba sob seca foi maior na presença de esterco bovino, devido ao seu favorecimento ao ajuste osmótico, que provocou manutenção do CRA das folhas (PEREZ, 1995). Contudo esse comportamento não foi encontrado nos resultados deste estudo, provavelmente como um reflexo da inexistência de um estresse que estimulasse o ajuste.

Por estes motivos, considera-se a possibilidade de que os efeitos das doses de esterco bovino sobre o CRA, nesse contexto, sejam consequência de outras propriedades do fertilizante orgânico utilizado. Sendo que o presente estudo não dispõe de elementos que possam sustentar a discussão sobre demais efeitos do fertilizante orgânico, admite-se que são necessários estudos posteriores, a fim de permitir análises mais aprofundadas sobre a relação entre esterco bovino e CRA.

Em relação ao consumo hídrico das plantas, houve interação significativa

entre os fatores, segundo o teste F (ANEXO B).

O consumo hídrico decresceu, em todas as frequências, com o aumento das doses de esterco (Figura 4A). Nas frequências 3 e 6 dias, o consumo de água das testemunhas foi, respectivamente, 18,03% e 51,81% superior às doses 40% de esterco. Já na frequência 12 dias, o comportamento cúbico indicou um maior consumo de água em doses de 6,18% (22,33 L) e menor em doses de 36,39% (12,69 L) de esterco no substrato.

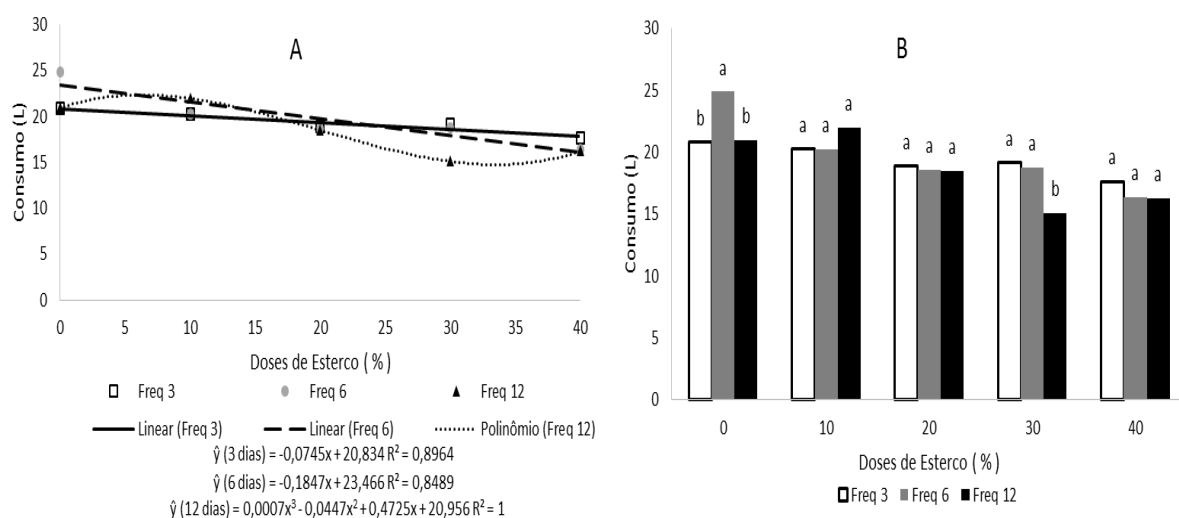


Figura 4 – Consumo hídrico do sistema (substrato e planta) de plantas jovens de *Khaya senegalensis* submetidas a diferentes frequências de irrigação e doses de esterco bovino curtido. (A) Influência das doses de esterco no consumo hídrico em cada frequência de irrigação. (B) Médias do consumo hídrico de cada frequência de irrigação nas doses de esterco. Letras iguais acima das colunas indicam que não houve diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$), entre as três frequências dentro de cada dose de esterco.

Fonte: elaborado pelo autor (2018).

As frequências diferiram entre si dentro da testemunha e na dosagem 30% de esterco, enquanto que, nas demais, não houve diferença significativa (Figura 4B). Com consumo de 24,87 litros de água, as plantas submetidas à frequência 6 dias tiveram um maior gasto hídrico entre as plantas sem presença de esterco. Enquanto que, nas plantas submetidas à dose 30%, as frequências 3 e 6 dias foram estatisticamente iguais e apresentaram superioridade à frequência 12 dias, que obteve um consumo de 15,10 L em 90 dias.

Conseqüentemente ao consumo hídrico, a umidade média do solo nos últimos dias do intervalo das frequências de irrigação foi interativa entre os fatores (ANEXO B).

O esterco bovino apresentou influência crescente na umidade do solo nas frequências 6 e 12 dias (Figura 5A). A dose 40% de esterco foi 19,23% superior à dose testemunha, na frequência 6 dias, com teor de água de 77,24% de umidade. Porém, na frequência 12 dias, a maior umidade no solo prevista pela tendência cúbica é proporcionada por 33,18% de esterco bovino, com registros de 58,37% de umidade.

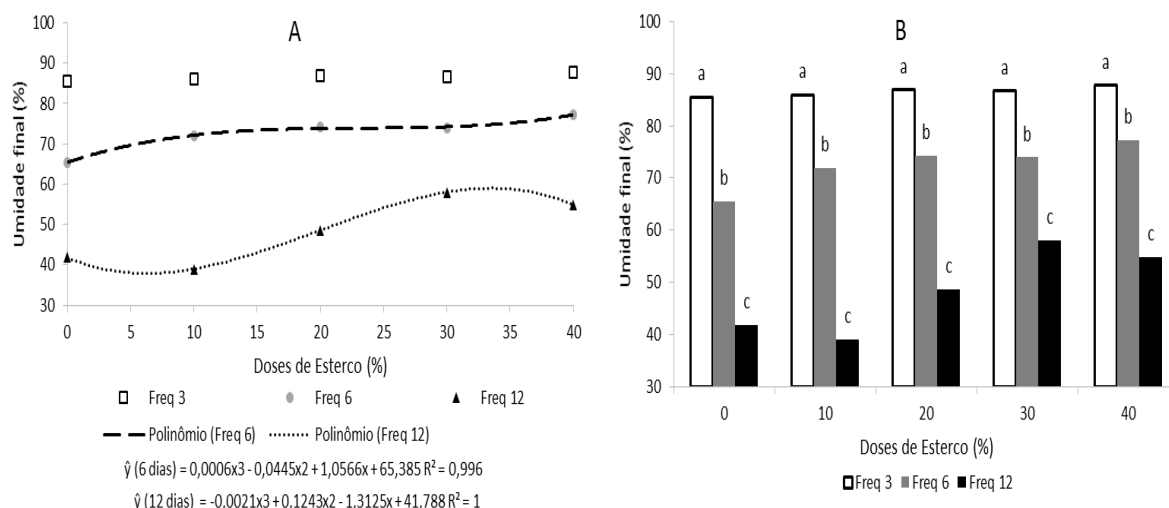


Figura 5 – Umidade final média do solo nos últimos dias do intervalo das frequências de irrigação. (A) Influência das doses de esterco na umidade do solo ao final de cada frequência de irrigação. (B) Comportamento da umidade do solo ao final de cada frequência nas doses de esterco. Letras iguais acima das colunas indicam que não houve diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$), entre as três frequências dentro de cada dose de esterco. Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Como esperado, os teores médios de água no solo, ao final do intervalo de cada frequência de irrigação, foram maiores quanto mais frequentes fossem os regimes. Houve diferença entre todas as frequências, nas cinco doses (Figura 5B). Foram registradas umidades médias de 86,57%, 72,41% e 48,27% nas frequências 3, 6 e 12 dias, respectivamente.

A análise de variância da eficiência do uso da água na produção de madeira não encontrou interação entre os fatores esterco e irrigação, mas foi significativa em ambos isoladamente (ANEXO B).

O esterco bovino curtido proporcionou maior eficiência no uso da água, com um incremento de 46,12% do volume de madeira (cm^3) por litro de água (Figura 6A). Enquanto que, na irrigação, o maior benefício foi encontrado na frequência 12 dias, que proporcionou uma produção de $482,41 \text{ cm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$ (Figura 6B).

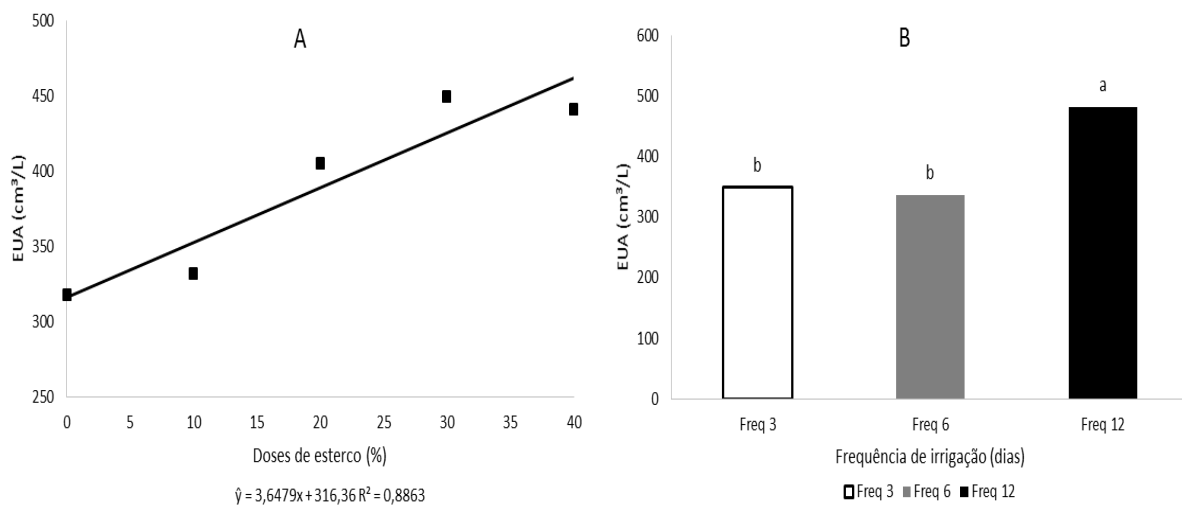


Figura 6 – Eficiência do uso da água na produção de madeira de plantas jovens de *Khaya senegalensis* submetidas a diferentes frequências de irrigação e doses de esterco bovino curtido. A) Influência das doses de esterco bovino na eficiência do uso da água. B) Influência das frequências de irrigação na eficiência do uso da água. Letras iguais acima das colunas indicam que não houve diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$), entre as três frequências, dentro de cada dose de esterco.

Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Em plantas jovens de eucalipto, foi observado um aumento de $1,21 \text{ mm dia}^{-1}$ na evapotranspiração da irrigação mais frequente (VICENTE et al., 2015), diferentemente do encontrado no presente trabalho. Neto (2014), avaliando o crescimento de três espécies do gênero *Khaya*, sob diferentes regimes hídricos e ambientes climáticos, observou um comportamento diretamente proporcional entre o consumo e a água mantida no solo, além de um aumento no consumo hídrico nos microclimas mais quentes. Na produção de mudas de *Eucalyptus grandis*, não houve diferença na transpiração gravimétrica entre as lâminas de irrigação aplicadas. Tal fato foi atribuído às baixas temperaturas no dia de avaliação (LOPES et al., 2005).

Essa correlação com o clima pode explicar as poucas diferenças existentes entre os consumos das frequências. Além do mais, é provável que em períodos mais quentes, com a elevação no consumo hídrico, a retenção proporcionada pelo esterco seja ainda mais expressiva.

Ações antrópicas, que venham a alterar a estrutura física do solo, conseqüentemente modificam o seu potencial de retenção de água. O uso de esterco bovino, especificamente, contribui para o aumento da porosidade e

agregação, deste modo influenciando na retenção hídrica (WENDLING e GATTO, 2002).

Plantios de soja adubada inorganicamente e com 10 Mg ha⁻¹ de esterco bovino provocou não só melhores condições físicas ao solo, como proporcionou maior eficiência no uso da água pela cultura. Esse beneficiamento promoveu um melhor enraizamento e uma maior absorção de nutrientes e água, o que aumentou o rendimento de grãos de soja por água evaporada (HATI et al., 2006).

Áreas de solos secos chineses, usados para cultivo de trigo de inverno, com a presença de esterco de porco apresentaram um teor de água de 13,4 mm (3,7% maior do que em áreas sem esterco). Além disso, o esterco proporcionou uma elevada produção de grãos de trigo por milímetros de água evapotranspirada (ZHANG et al., 2017). Ambos os resultados condizem com o obtido, pois a eficiência na produção do fuste foi maior com a presença e aumento das doses de esterco bovino.

Com relação à irrigação na EUA, os dados são, também, condizentes com as referências encontradas. Onde, plantas jovens da própria *Khaya senegalensis*, sob irrigação de 30% de evapotranspiração, apresentaram maior EUA em relação à irrigação de 70%. Neste caso, para a obtenção da eficiência foi utilizada a razão dos parâmetros biofísicos, fotossíntese e condutância estomática (PEREZ et al., 2016). Em plantios de duas espécies de feijão, foi observada uma maior eficiência do uso da água para um menor retorno de água irrigada (60% da evapotranspiração) (SALEH et al., 2018).

4.1.2. Trocas gasosas

De acordo com a análise de variância, não houve significância nem na interação dos fatores, nem em cada fator separadamente, no que se refere às características relacionadas às trocas gasosas, tais como fotossíntese líquida, transpiração, condutância estomática e concentração interna de CO₂ (ANEXO A).

As avaliações das trocas gasosas foram realizadas em 13 de julho de 2017, em dia nublado, com alta umidade e baixas temperaturas, sendo provavelmente a principal causa da ausência de diferenças estatísticas entre os tratamentos nos parâmetros de trocas gasosas (Tabela 3).

Tabela 3 – Fotossíntese (*A*), transpiração (*E*), condutância estomática (*g_s*) e concentração interna de CO₂ (*C_i*) em plantas jovens de *Khaya senegalensis* submetidas a diferentes frequências de irrigação e doses de esterco bovino curtido.

Tratamentos	Parâmetros de trocas gasosas			
	<i>A</i> ($\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	<i>E</i> ($\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	<i>g_s</i> ($\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	<i>C_i</i> (mol)
Irrig3E0	3,4567	1,0267	0,0700	288,6667
Irrig3E1	4,6367	1,3633	0,1400	306,0000
Irrig3E2	4,4967	1,3300	0,1200	307,0000
Irrig3E3	5,4967	1,4433	0,1933	317,0000
Irrig3E4	4,8033	0,8800	0,1167	302,3333
Irrig6E0	5,7467	1,6967	0,1767	306,3333
Irrig6E1	4,3967	1,3000	0,1067	297,0000
Irrig6E2	3,3967	1,0733	0,1367	302,0000
Irrig6E3	4,7200	1,4967	0,1100	288,3333
Irrig6E4	4,2700	1,0733	0,1300	316,3333
Irrig12E0	4,2600	1,3433	0,1100	298,0000
Irrig12E1	4,8333	1,5400	0,1933	321,3333
Irrig12E2	4,2200	1,1100	0,1300	299,0000
Irrig12E3	4,9633	1,7533	0,1433	306,3333
Irrig12E4	5,5233	1,6500	0,2000	315,6667
Média geral	4,63467	1,33867	0,13844	304,75556
CV%	21,27	28,17	38,96	6,30

Fonte: elaborado pelo autor (2018).

A mudança nos fatores ambientais, como temperatura, umidade do ar, intensidade da luz, abastecimento de água, minerais e CO₂ alteram a fisiologia e o metabolismo das células, afetando o crescimento e a produção de diversos metabólitos (AKULA e RAVISHANKAR, 2011).

Em tomateiros, fatores climáticos como radiação solar, temperatura e umidade relativa do ar, e déficit de pressão de vapor têm importante relação com as taxas de transpiração, sendo possível até mesmo calcular o consumo hídrico da cultura através das variáveis climáticas (VALANDRO et al., 2007).

Estudos realizados em *Citrus sinensis*, na fase de crescimento das plantas, no período de janeiro a março, revelaram estímulo à fotossíntese, alterando a demanda por fotossintetizados nos drenos e, conseqüentemente, crescimento e

brotção de novos ramos vigorosos. Porém, a partir das quedas na temperatura, em julho, as plantas permaneceram em repouso vegetativo, reduzindo significativamente as trocas gasosas e a fotossíntese líquida (MACHADO et al., 2002).

Em experimento com *Coffea arabica*, observou-se importante correlação entre as quedas no crescimento vegetativo e as oscilações na temperatura mínima do ar. Além disso, a elevação da resistência estomática coincidiu com as quedas drásticas no crescimento de ramos e de área foliar (DO AMARAL, 2006).

Os estômatos são órgãos altamente responsivos a mudanças nos fatores exógenos (luz, concentração de CO₂, tensão de água e temperatura) e endógenos (nutrição e presença de hormônios na planta). Sob baixas temperaturas, por exemplo, além de reduções no déficit de pressão de vapor, afeta-se o funcionamento de membranas e, de forma geral, o metabolismo celular, limitando a disponibilidade de energia (ATP) para o transporte de íons (Cl⁻, K⁺) e redução na abertura estomática (MARENCO e LOPES, 2013).

Arndt et al. (2015) compararam o comportamento ecofisiológico de *Khaya senegalensis* com espécies nativas da savana australiana (*Eucalyptus tetradonta* F. Muell. e *Corymbia latifolia* F. Muell.), em diferentes períodos do ano, e observaram expressiva regulação estomática da espécie exótica, a qual apresentou altas reduções na condutância estomática, transpiração e fotossíntese líquida, com a entrada do período de seca, enquanto as espécies nativas apresentaram baixas reduções, ou até mesmo elevações, como nos valores de transpiração.

A alta capacidade de regulação estomática em *Khaya senegalensis* foi considerada como uma das principais diferenças em relação à *Khaya ivorenses*, proporcionando à espécie um destaque no controle das taxas transpiratórias e da assimilação líquida quando em situações de déficit de água no solo (OKALI e DODDO, 1973). Tal flexibilidade explica o grau vegetativo atingido pelas plantas no momento da avaliação, diante das condições climáticas impostas.

4.2. Aspectos bioquímicos

4.2.1. Estimativa do teor de clorofilas (índice SPAD)

A análise de variância da estimativa do teor de clorofila (índice SPAD) revelou interação significativa entre os fatores estudados (ANEXO C). O esterco bovino curtido aumentou o teor de clorofilas (Figura 7A). Apenas a frequência de irrigação 3 dias não apresentou um comportamento linear, pois a dose máxima recomendada foi de 14,01% de esterco, correspondendo ao índice SPAD de 68,08, enquanto que, a testemunha, apresentou os menores resultados para a estimativa de clorofilas (55,87). Nas demais frequências, a tendência foi linear e apresentou aumento no índice SPAD, de 11,15% na frequência 6 dias e 12% na frequência 12 dias, com a maior dose de esterco.

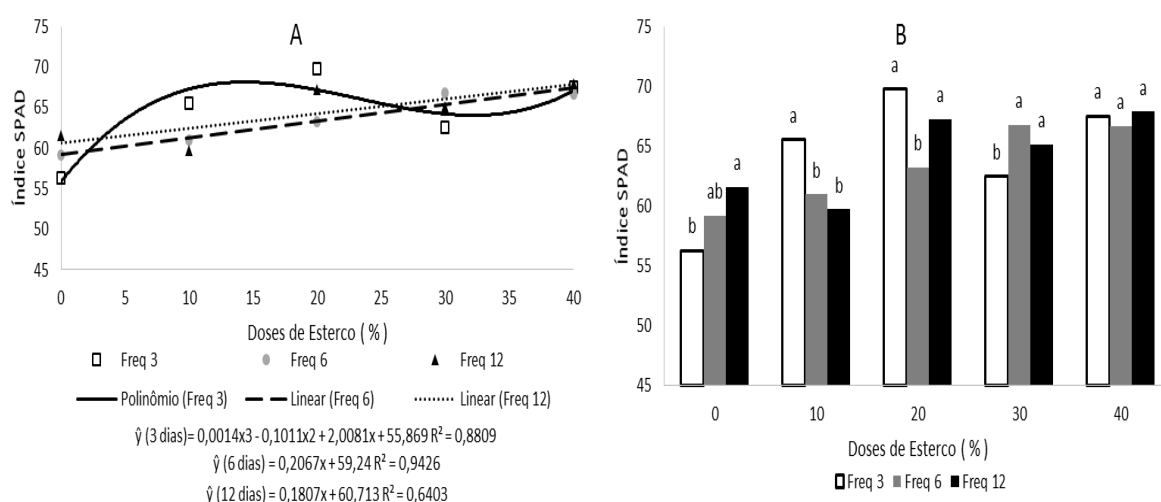


Figura 7 – Estimativa do teor de clorofila (Índice SPAD) de plantas jovens de *Khaya senegalensis* submetidas a diferentes frequências de irrigação e doses de esterco bovino curtido. (A) Influência das doses de esterco no índice SPAD em cada frequência de irrigação. (B) Médias do índice SPAD de cada frequência de irrigação nas doses de esterco. Letras iguais acima das colunas indicam que não houve diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$), entre as três frequências dentro de cada dose de esterco.

Fonte: elaborado pelo autor (2018).

A maior dose de esterco (40%) não beneficiou nenhuma frequência de irrigação. Já nas doses 0% e 30%, a frequência 3 dias foi inferior, com médias de 56,3 e 62,5 de índice SPAD, respectivamente. Contudo o oposto ocorreu com 10% e 20%, no qual, ambas favoreceram a frequência 3 dias, com médias de 65,57 e 69,77 de índice SPAD, respectivamente (Figura 7B).

O esterco bovino aplicado na forma de compostagem, feita da sua mistura com resíduos de jardim, proporcionou benefícios ao estabelecimento da cultura de tomate e as suas doses testadas apresentaram uma elevação linear dos índices SPAD (JAHROMI et al., 2012). Essa relação também foi encontrada em folhas de

alface, nas quais indicaram, pela equação da curva, substratos com 79,19% de composto orgânico (resíduos de vegetais e esterco bovino e caprino) para a obtenção dos maiores índices de clorofilas (BISPO, 2017). Porém, em *Lactuca sativa*, a fertilização com esterco bovino não influenciou no conteúdo das clorofilas (DA SILVA et al., 2017).

Tamanha relação positiva entre as doses de esterco bovino e as clorofilas, possivelmente está ligada à sua propriedade em atuar como uma fonte de nitrogênio, em vista do mesmo ser um elemento essencial na composição das clorofilas e o aumento da sua disponibilidade culminar no aumento de pigmentos fotossintéticos.

As condições hídricas também são influentes nos índices SPAD, apresentando elevação nos seus níveis quando em condições de maior volume de água (ABAD et al., 2017; STAGNARI et al., 2017). Essa relação positiva pode ser a explicação da frequência 3 dias ter registrado as maiores médias nas doses 10% e 20%. Mas não condiz com o comportamento nas outras doses.

Farahat et al. (2012) obteve em *Khaya senegalensis* submetidas a diferentes frequências e doses de ácido húmico, maiores quantidades de clorofilas e carotenoides em plantas com irrigação mais frequentes e com maiores doses da solução orgânica. Sendo compatível com o presente trabalho no fator adubação orgânica, mas não entre todas as frequências de irrigação.

4.2.2. Aminoácidos totais

Os dados de aminoácidos totais das folhas foram transformados por \sqrt{X} , pois não apresentaram normalidade segundo teste de Lilliefort. Os dados transformados não apresentaram interação significativa entre os fatores, porém a análise de variância expressou diferença estatística entre as doses de esterco (ANEXO C).

Os teores de aminoácidos totais nas folhas apresentaram comportamento proporcionalmente linear às doses de esterco bovino (Figura 8). Houve uma elevação nos teores de aminoácidos solúveis totais nas folhas, entre a maior dose e a testemunha, de 48,31%.

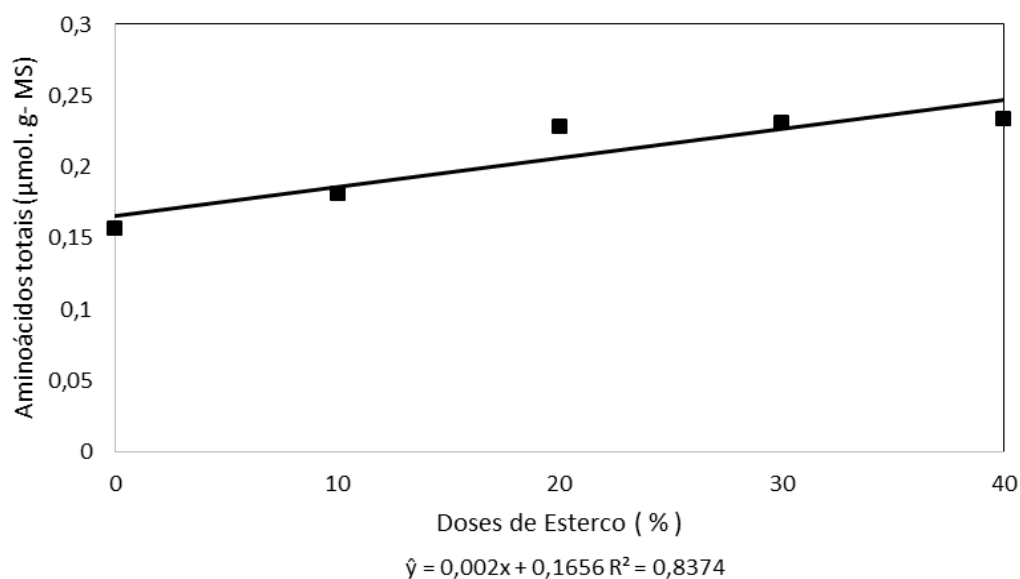


Figura 8 – Representação dos dados de aminoácidos totais nas folhas, transformados por \sqrt{X} , de plantas jovens de *Khaya senegalensis* submetidas a doses de esterco bovino curtido. Fonte: elaborado pelo autor (2018).

As médias da variável prolina também não apresentaram normalidade segundo Lilliefort e foram, então, transformadas por $\log(x)$, tendo seus resultados utilizados para os demais procedimentos estatísticos. Na análise de variância, houve interação significativa entre os parâmetros avaliados, doses de esterco e frequência de irrigação (ANEXO C).

A prolina comportou-se de forma crescente perante as doses de esterco bovino em todas as frequências de irrigação, mesmo com o comportamento não linear da frequência 3 dias. A dose 40% de esterco obteve os maiores teores de prolina, com superioridade à testemunha, de 175,49% na frequência 3 dias, de 172,95% na de 6 dias e 49,23% na de 12 dias (Figura 9A).

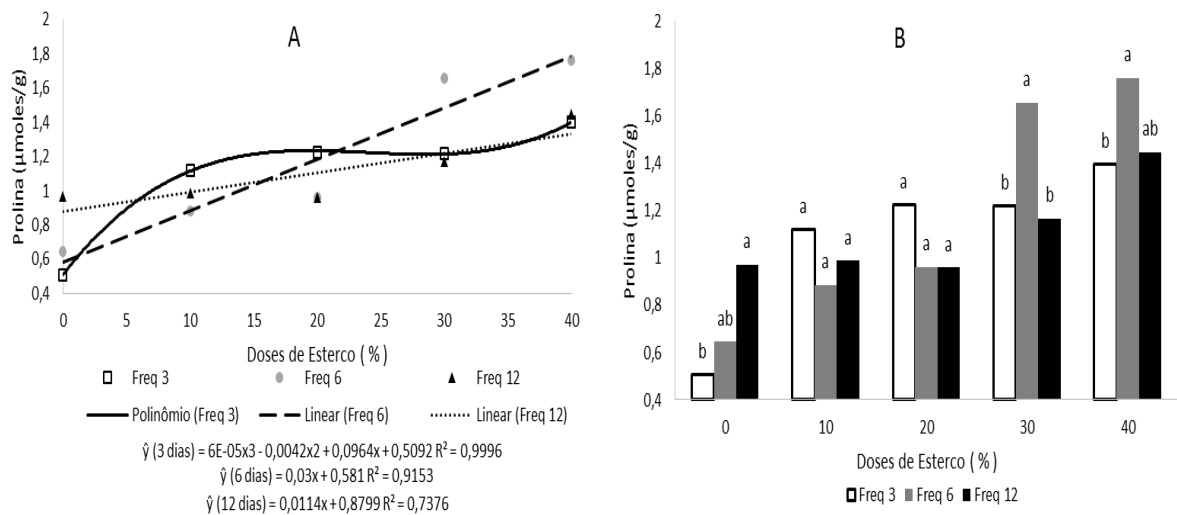


Figura 9 – Representação dos dados transformados, por $\log(x)$, do teor de prolina nas folhas de plantas jovens de *Khaya senegalensis* submetidas a diferentes frequências de irrigação e doses de esterco bovino curtido. (A) Influência das doses de esterco no teor de prolina em cada frequência de irrigação. (B) Médias da estimativa do teor de prolina de cada frequência de irrigação nas doses de esterco. Letras iguais acima das colunas indicam que não houve diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$), entre as três frequências dentro de cada dose de esterco. Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Nas doses 10% e 20% não houve diferença entre as frequências, enquanto que nas demais houve diferença estatística no fator hídrico (Figura 19B). Doses de 30% e 40% de esterco bovino favoreceram os teores da frequência 6 dias, já na testemunha, a frequência 6 dias, apesar de não diferir estatisticamente das demais. Com isso, os maiores teores foram registrados na frequência 12 dias.

Ao que tudo indica, de uma forma geral, os aumentos nos aminoácidos solúveis deram-se por uma alta relação positiva com a elevação nos níveis do esterco e, apenas discretamente, por reação a algum estresse.

Análises químicas dos componentes do esterco bovino indicam uma reduzida razão carbono/nitrogênio deste adubo (LEONEL e DAMATTO JUNIOR, 2008). A aplicação de resíduos com relação C/N baixa pode favorecer o desenvolvimento microbiológico no processo de decomposição, implicando em maior quantidade de N mineralizado e elevação dos teores de matéria orgânica no solo (CFSEMG, 1999; CELIK et al., 2004).

Níveis de fósforo, potássio, magnésio e, principalmente, de cálcio e nitrogênio, sofrem acúmulos consideráveis em áreas agrícolas adubadas com esterco bovino, em comparação com pastagem não adubada (GALVÃO et al., 2008). Solos com aplicação de $129 \text{ kg planta}^{-1}$ de composto orgânico, à base de serragem

de madeira e esterco de bovino, apresentam aumentos significativos nos níveis de matéria orgânica do solo (DAMATTO JUNIOR et al., 2006).

A escassez de nitrogênio é facilmente sentida pelas plantas, pois este elemento participa de vários estágios do seu desenvolvimento, sendo essencial na formação de proteínas, clorofila, ácidos nucleicos, aminoácidos e enzimas, além de fazer parte das moléculas que estruturam a membrana celular (STEWART et al., 2010; ANGELL et al., 2015).

Seringueiras submetidas a diferentes tratamentos: sem aplicação e adubadas com nitrogênio, apresentaram elevação nos níveis de aminoácidos, nas plantas adubadas com nitrato e amônio (SHAN et al., 2012). Observou-se que uma diminuição da concentração de nitrato no meio de crescimento diminui em 10 vezes o conteúdo de prolina de células de *Scenedesmus* sp. (PANCHA et al., 2014).

Esta relação entre esterco bovino – nitrogênio, e nitrogênio – aminoácidos, pode explicar os significativos aumentos nos teores dos aminoácidos solúveis em relação à elevação nas doses de esterco bovino.

Em contraposição, um dos poucos experimentos envolvendo o esterco bovino e a quantificação de prolina, constatou que os níveis deste aminoácido, nos tratamentos com o esterco, não foram maiores, em nenhuma lâmina, que os níveis dos tratamentos sem esterco (ALEMAN, 2011).

A prolina é o aminoácido mais sensível às adversidades ambientais. Espécies do próprio mogno africano, *Khaya ivorensis* e *senegalensis*, demonstraram aumentos expressivos nos teores de prolina quando a planta estava sob condições limitadas de água (ALBUQUERQUE et al., 2013; FARAHAT et al., 2012). Na espécie brasileira (*Swietenia macrophylla*), foi constatado que a diferença nos teores deste aminoácido, entre regime bem irrigado e estressado, só começou a ser expressada a partir das 09h. Nos horários de pico, a elevação no conteúdo de prolina chegou a mais de 400% nas plantas estressadas, enquanto que, nas plantas bem irrigadas, não apresentou oscilação durante todo o dia (CORDEIRO et al., 2009), o que demonstra a alta sensibilidade da prolina às condições impostas às plantas.

4.2.3. Açúcares solúveis

Segundo a análise de variância, o conteúdo de açúcares solúveis totais nas

folhas apresentou interação significativa entre os fatores (ANEXO C).

Poucas diferenças foram constatadas para os níveis de AST. Sendo que, não foi significativa, para nenhuma das frequências em resposta às doses, a análise de regressão (Figura 10A). Além de que, entre as frequências dentro das doses, houve poucas diferenças: frequência 3 dias, na dose 20% e frequências 3 e 6 dias, na dose 40% de esterco (Figura 10B).

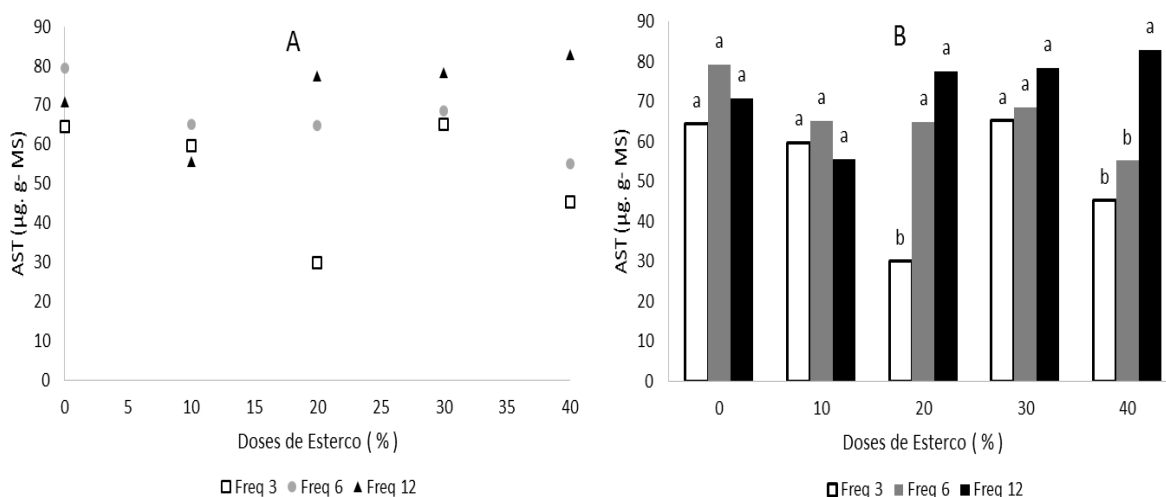


Figura 10 – Açúcares solúveis totais (AST) nas folhas de plantas jovens de *Khaya senegalensis* submetidas a diferentes frequências de irrigação e doses de esterco bovino curtido. (A) Influência das doses de esterco no teor de açúcares solúveis totais (AST) em cada frequência de irrigação. (B) Médias da estimativa do teor de açúcares solúveis totais (AST) de cada frequência de irrigação nas doses de esterco. Letras iguais acima das colunas indicam que não houve diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$), entre as três frequências dentro de cada dose de esterco. Fonte: elaborado pelo autor (2018).

A análise de variância do teor de açúcares redutores encontrou, também, uma interação significativa entre os fatores frequência de irrigação e dose de esterco bovino (ANEXO C).

Diferentemente dos AST, o conteúdo de AR apresentou várias mudanças nos seus teores foliares, influenciado pelos fatores. A frequência 3 dias obteve um leve aumento nos teores diante do aumento das doses de esterco. Na frequência 6 dias, o comportamento foi oposto, sendo que a testemunha apresentou as maiores médias, e, sob presença de esterco, houve quedas expressivas nos teores de AR. Já na frequência 12 dias, a tendência cúbica da curva levou a pontos máximos no teor de AR sob doses próximas a 13% de esterco (Figura 11A).

Na testemunha, a frequência 6 dias foi superior em mais de 60% que as demais. A superioridade da frequência 12 dias nas doses 10%, 20% e 30% de

esterco foram de 228,50%, 106% e 81,17%, respectivamente, em relação à frequência 6 dias, que teve as menores médias nas três doses. Apenas na dose 40% não houve diferença entre as frequências, apesar de mantido o comportamento padrão das demais doses com presença de esterco (Figura 11B).

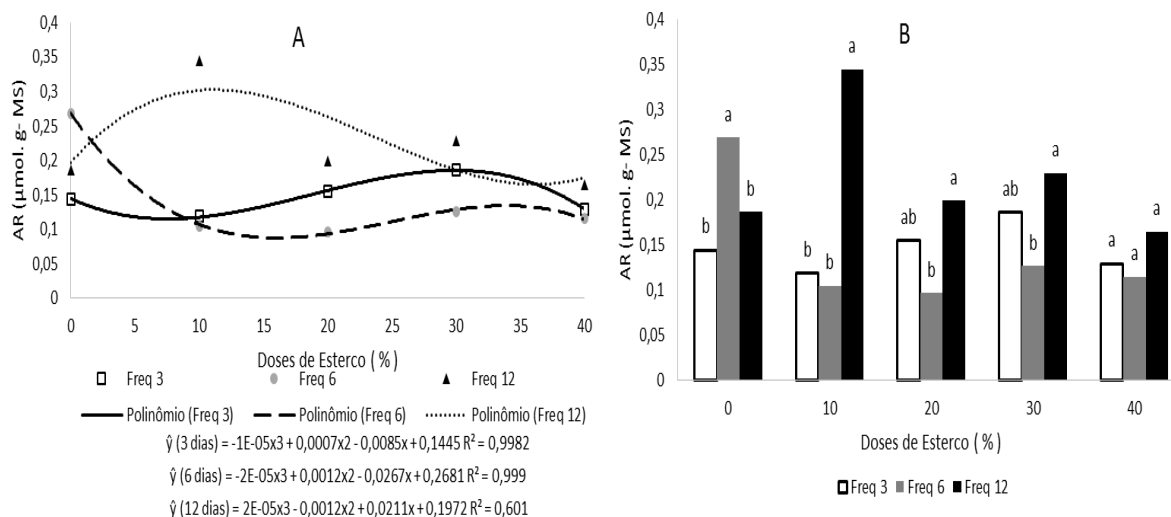


Figura 11 – Açúcares redutores (AR) nas folhas de plantas jovens de *Khaya senegalensis* submetidas a diferentes frequências de irrigação e doses de esterco bovino. (A) Influência das doses de esterco no teor de AR em cada frequência de irrigação. (B) Médias da estimativa do teor de AR de cada frequência de irrigação nas doses de esterco. Letras iguais acima das colunas indicam que não houve diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$), entre as três frequências dentro de cada dose de esterco.

Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Os açúcares são, também, importantes agentes do ajuste osmótico sob condições de estresse hídrico, de forma a impulsionar a absorção de água e promover a manutenção do turgor (BABITA et al., 2010). Em plantas de mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*), houve aumento nos níveis de açúcares das folhas quando submetidas a condições de alta restrição hídrica (DE PAULA et al., 2011; HORTA et al., 2014). Já em espécies de *K. ivorensis* e *senegalensis* sob déficit hídrico, houve decréscimos nos níveis de AST das plantas bem irrigadas em relação às com restrição na irrigação, devido às quedas nos conteúdos de pigmentos fotossintéticos e nas taxas fotossintéticas de plantas estressadas (FARAHAT et al., 2012; ALBUQUERQUE et al., 2013).

As poucas diferenças existentes entre os níveis de AST são o reflexo da ausência de diferenças entre as trocas gasosas e expressam a baixa influência de algum estresse imposto pelos fatores testados.

Porém, diferentemente do AST, os teores de AR apresentaram

comportamentos bem distintos, demonstrando que os fatores avaliados foram influentes nas proporções dos tipos de açúcares nas folhas.

Tais resultados são de suma importância, em vista de que açúcares redutores, como as hexoses: glicose e a frutose, atuam com maior sensibilidade na regulação de genes expressivos no desenvolvimento da planta, do que açúcares, como a sacarose, apesar da grande relevância e abundância dessa importante molécula de transporte (POONAM et al., 2016).

A glicose pode regular 62% dos genes afetados pela auxina. Essa interação de sinalização entre auxina e glicose, proporciona ao referido açúcar a capacidade de regular o crescimento e desenvolvimento das plantas, como, por exemplo, controlando o comprimento, número de pelos e raízes laterais e a direção de crescimento do sistema radicular (MISHRA et al., 2009).

A glicose atua na regulação ao longo de todo o processo do ciclo celular. No alongamento das células, as hexoses são importantes como solutos osmóticos de maior atividade e como substratos de biossíntese de diversos produtos, incluindo da parede celular, além de interagir na sinalização com as auxinas, que são essenciais na ativação da expansão da parede. Na divisão das células, o suprimento de glicose está interligado à expressão de ciclinas, que atuam como sensores das condições externas e associam-se às quinases reguladoras do ciclo celular (WANG e RUAN, 2013).

É importante ressaltar que o efeito regulatório da glicose na taxa de divisão celular, especificamente, resulta principalmente da sinalização ao invés da disponibilidade nutricional e do seu papel energético, já que a atividade proliferativa das células se correlaciona positivamente com os níveis de hexose endógena, mas não com sua taxa de absorção (HARTIG e BECK, 2006).

Tais constatações são essenciais, pois podem ser determinantes para explicar o comportamento dos parâmetros morfológicos e a influência dos fatores, frequências de irrigação e doses de esterco, no crescimento das plantas jovens de *Khaya senegalensis*.

4.3. Aspectos morfológicos

A altura total e o diâmetro à altura da base apresentaram diferença estatística,

segundo teste F, apenas diante do fator irrigação. Na altura do fuste, apesar de não haver nenhuma significância na análise de variância, o teste Tukey identificou diferença entre as médias da frequência a 5% de probabilidade (ANEXO D).

A frequência 12 dias proporcionou às plantas uma maior altura total, superior às frequências 3 e 6 dias, em 19,58% e 11,63%, respectivamente (Figura 12).

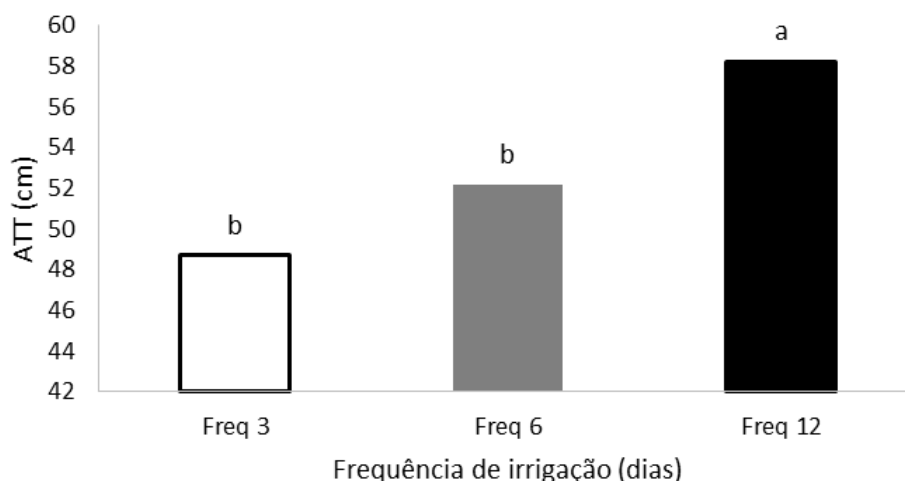


Figura 12 – Efeito das frequências de irrigação na altura total (ATT) de plantas jovens de *Khaya senegalensis*. Letras iguais acima das colunas indicam que não houve diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$), entre as frequências.

Fonte: elaborado pelo autor (2018).

A frequência 3 dias não diferiu dos demais tratamentos na comparação das médias do diâmetro à altura do colo. Enquanto que, a frequência de irrigação 12 dias, foi 9,73% superior ao tratamento 6 dias (Figura 13).

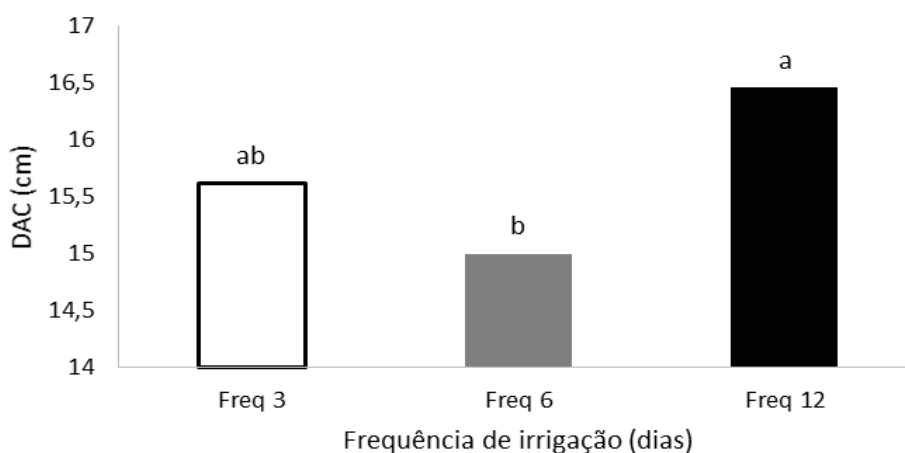


Figura 13 – Efeito das frequências de irrigação no diâmetro à altura do colo (DAC), em plantas jovens de *Khaya senegalensis*. Letras iguais acima das colunas indicam que não houve diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$), entre as frequências.

Fonte: elaborado pelo autor (2018).

A frequência de irrigação 12 dias proporcionou maior altura do fuste às plantas de *Khaya senegalensis* em cerca de 16%, quando comparada com a frequência de 3 dias, que obteve as menores médias. A frequência 6 dias obteve resultados estatisticamente iguais aos demais (Figura 14).

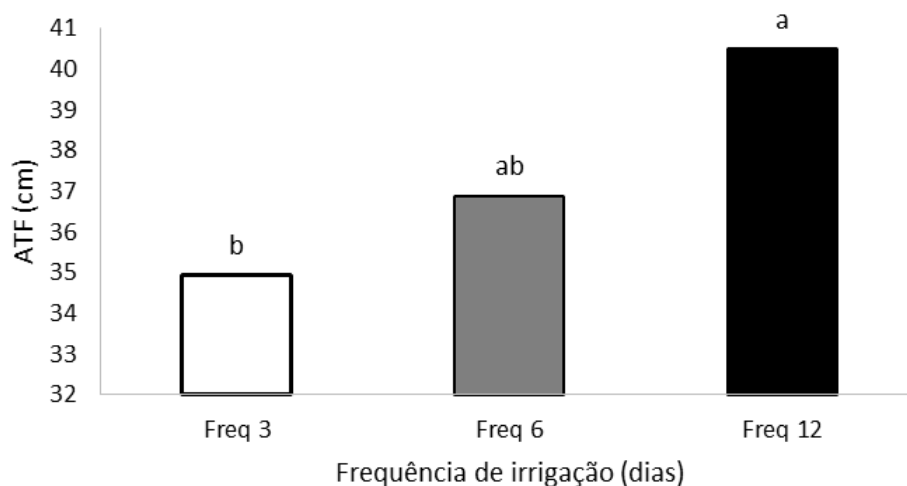


Figura 14 – Efeito das frequências de irrigação na altura do fuste (ATF) de plantas jovens de *Khaya senegalensis*. Letras iguais acima das colunas indicam que não houve diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$), entre as frequências.

Fonte: elaborado pelo autor (2018).

As massas secas das plantas jovens de mogno africano, massa seca do fuste, da parte aérea, da raiz e total, seguiram o comportamento predominante nos parâmetros morfológicos e não demonstraram interação entre os fatores, porém apresentaram diferença estatística entre as médias do fator irrigação (ANEXO E).

A massa seca do fuste obteve com as frequências de irrigação 3 e 6 dias valores estatisticamente iguais, diferindo da frequência 12 dias, que expressou média superior a elas, cerca de 47% (Figura 15).

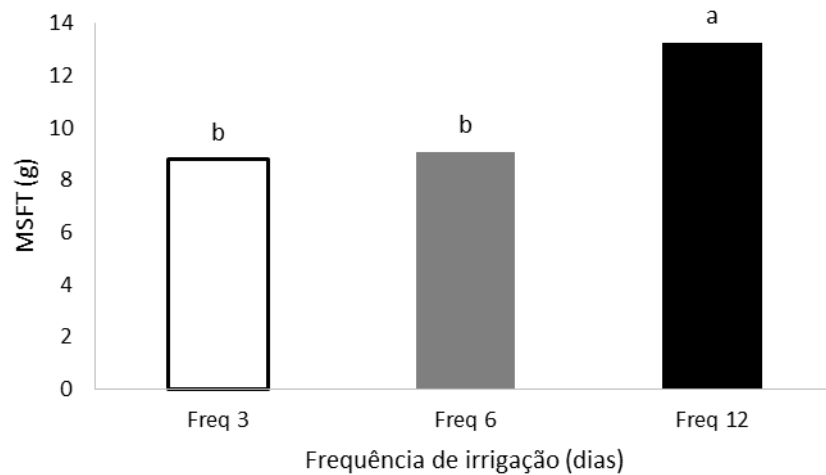


Figura 15 – Efeito das frequências de irrigação na massa seca do fuste (MSFT) de plantas jovens de *Khaya senegalensis*. Letras iguais acima das colunas indicam que não houve diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$), entre as frequências.
 Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Assim como a massa do fuste, a frequência de irrigação 12 dias mostrou-se superior às demais, com uma MSPA superior em 31,72% e 40,69% em relação às frequências 6 e 3 dias, respectivamente (Figura 16).

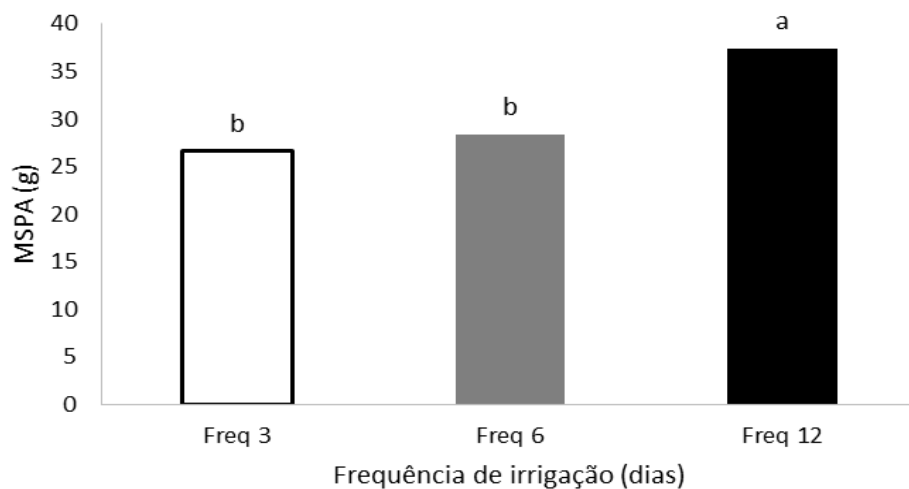


Figura 16 – Efeito das frequências de irrigação na massa seca da parte aérea (MSPA) de plantas jovens de *Khaya senegalensis*. Letras iguais acima das colunas indicam que não houve diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$), entre as frequências.
 Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Na massa seca da raiz, a superioridade da frequência 12 dias foi de aproximadamente 30% em relação às demais frequências (Figura 17).

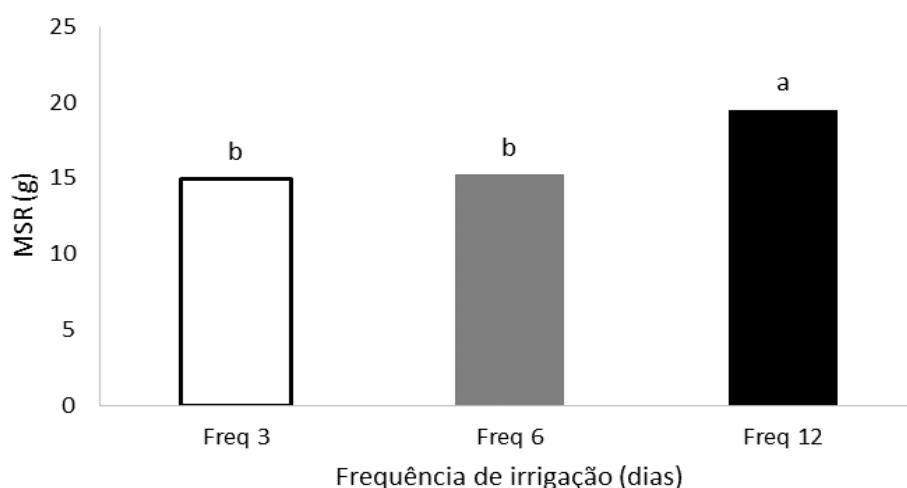


Figura 17 – Efeito das frequências de irrigação na massa seca da raiz (MSR) de plantas jovens de *Khaya senegalensis*. Letras iguais acima das colunas indicam que não houve diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$), entre as frequências.
 Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Na massa seca total, foi constatada, mais uma vez, a superioridade das plantas submetidas à irrigação de 12 dias, na qual foi 37,1% e 30,52% superior às frequências de 3 e 6 dias, respectivamente (Figura 18).

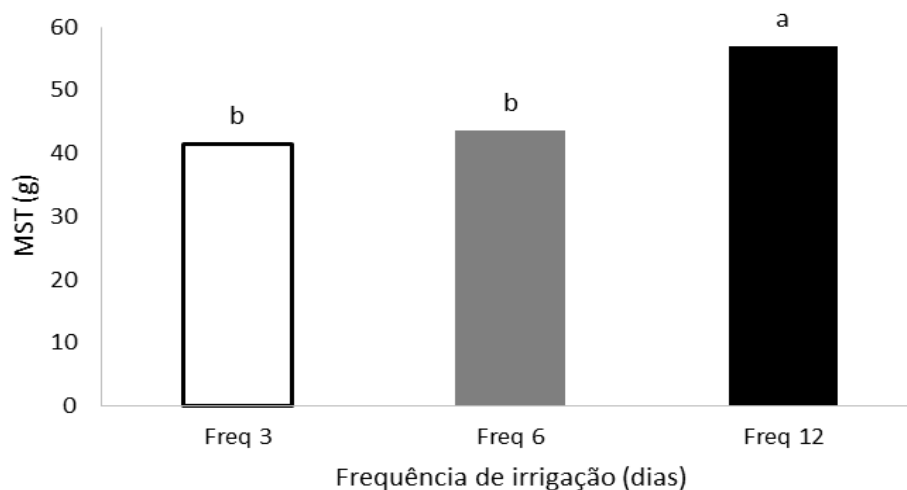


Figura 18 – Efeito das frequências de irrigação na massa seca total (MST) de plantas jovens de *Khaya senegalensis*. Letras iguais acima das colunas indicam que não houve diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$), entre as frequências.
 Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Uma folha de maior área foliar não será necessariamente a de maior massa seca, já que os valores de área foliar não expressam nem a espessura, nem a composição da folha. Mas, de uma forma geral, o comportamento da massa seca das folhas foi bastante similar ao da sua área, sendo que ambas apresentaram uma

interação significativa entre os fatores estudados (ANEXOS D e E).

A frequência 6 dias foi a única a apresentar tendência, segundo a análise de regressão, nas variáveis foliares. Com tendência linear decrescente diante das doses de esterco, a testemunha foi superior à maior dosagem de esterco em 110,25% na massa seca das folhas e em 106,15% na sua área (Figuras 19A e 20A).

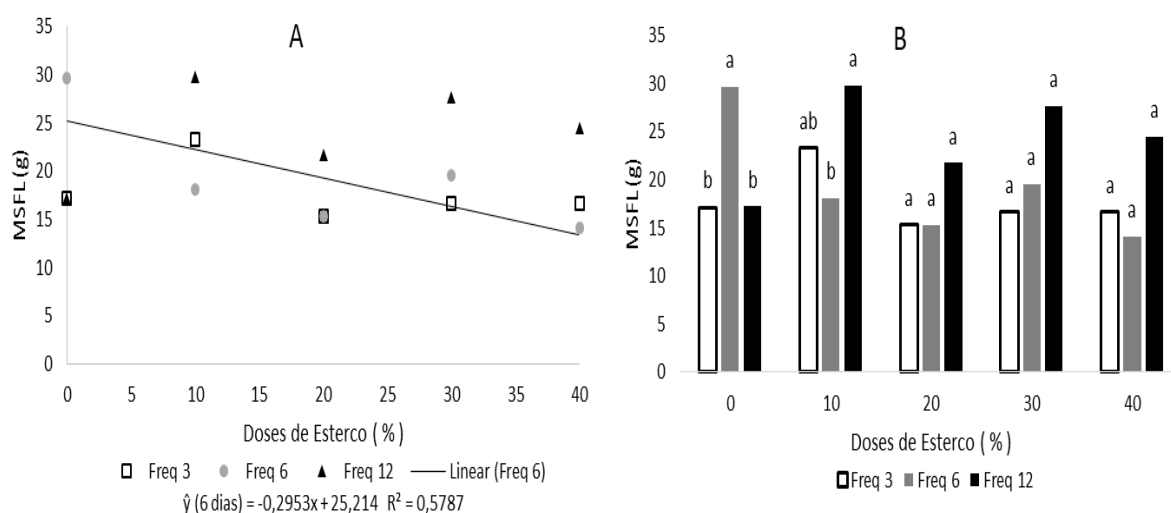


Figura 19 – Massa seca foliar (MSFL) de plantas jovens de *Khaya senegalensis* submetidas a diferentes frequências de irrigação e doses de esterco bovino curtido. (A) Influência das doses de esterco na MSFL em cada frequência de irrigação. (B) Médias da MSFL das frequências nas doses de esterco. Letras iguais acima das colunas indicam que não houve diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$), entre as três frequências dentro de cada dose de esterco. Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Em relação à frequência de irrigação dentro das doses de esterco, foi possível observar que não houve diferença entre MSFL nas três maiores doses de esterco (20%, 30% e 40%). No entanto, a ausência de esterco favoreceu a frequência de irrigação 6 dias (29,5837), e na presença de 10% de esterco no substrato, a maior média observada foi na frequência 12 dias (29,773 g) (Figura 19B).

A área foliar apresentou diferenças nas extremidades dos tratamentos de esterco bovino. A testemunha obteve maior área foliar na frequência 6 dias (2702,79 cm²) e, sob 40% de esterco bovino, as maiores médias foram encontradas na frequência 12 dias (2189,703 cm²), apesar de não diferenciar estatisticamente da frequência 6 dias (Figura 20B).

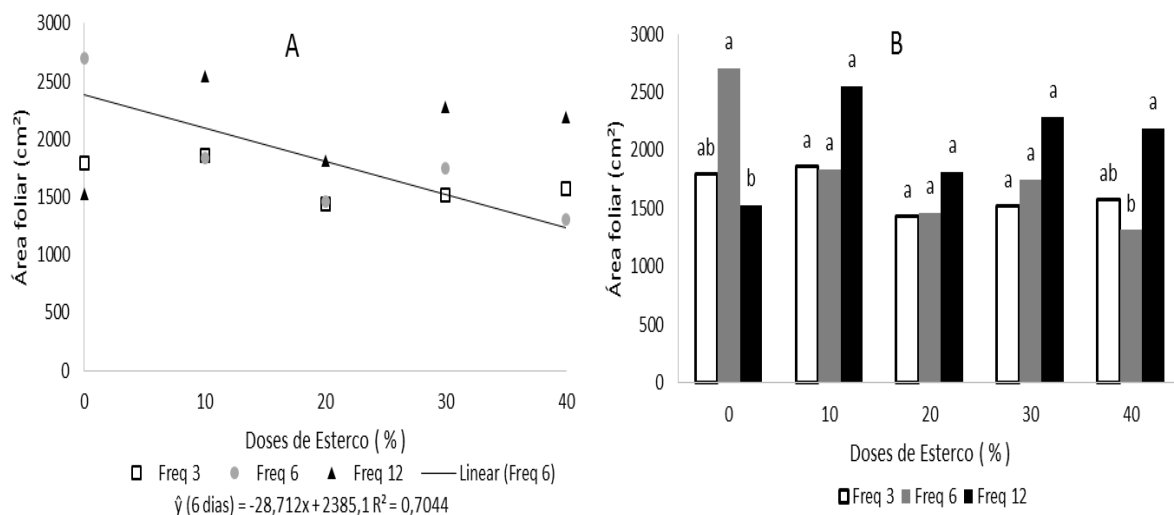


Figura 20 – Área foliar de plantas jovens de *Khaya senegalensis* submetidas a diferentes frequências de irrigação e doses de esterco bovino curtido. (A) Influência das doses de esterco na área foliar em cada frequência de irrigação. (B) Médias da área foliar das frequências nas doses de esterco. Letras iguais acima das colunas indicam que não houve diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$), entre as três frequências dentro de cada dose de esterco.

Fonte: elaborado pelo autor (2018).

De acordo com a análise de variância, não houve significância nem na interação dos fatores, nem em cada um separadamente, no que se refere à relação massa seca da parte aérea/raiz (ANEXO E). Isso demonstra que não houve influência das doses de esterco bovino e das frequências de irrigação na redistribuição de fotoassimilados para o favorecimento do crescimento de alguma região da planta (Tabela 4).

Tabela 4 – Relações massa seca da parte aérea/raiz ($g \cdot g^{-1}$) de plantas jovens de *Khaya senegalensis* submetidas a diferentes frequências de irrigação e doses de esterco bovino curtido.

Frequências de irrigação	Doses de esterco (%)				
	E0	E1	E2	E3	E4
3 dias	1.4198	1.8958	1.6098	2.0585	2.1913
6 dias	2.0346	1.8451	1.9657	2.0081	1.8754
12 dias	1.7762	1.8816	2.0583	2.0977	1.8628
Média geral = 1,90538			CV% = 17,87		

Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Os níveis de esterco bovino foram influentes em diversos parâmetros biofísicos e bioquímicos avaliados, como no controle do conteúdo de água no solo e na produção de metabólitos. Apesar disso, os reflexos dessas propriedades nos aspectos morfológicos das plantas pouco existiram, afetando apenas as

características foliares.

Isso pode ser explicado por dois pontos essenciais deste estudo. Primeiramente, é importante considerar que, por serem mudas seminais, há uma variabilidade grande nas características morfofisiológicas, aumentando a amplitude dos dados obtidos e ofuscando resultados em variáveis menos sensíveis.

A alta relação entre a turgescência e a expansão celular, reflete diretamente no crescimento de toda a planta, mas, principalmente, das suas folhas, visto que elas são o primeiro e principal órgão a perder água para a atmosfera e o último a ser abastecido pela que vem do solo (ANJUM et al., 2011). Talvez, seja por este fato que a massa seca e área das folhas foram sensíveis aos tratamentos propostos.

A utilização de estratégias de manejo envolvendo a fertilização, seja ela orgânica ou inorgânica, em associação com diferentes regimes hídricos, tem gerado resultados promissores (KAYA et al., 2006; WU et al., 2008; FARAHAT et al., 2012). Porém, a interação entre essas estratégias e os níveis de água nem sempre levam a uma relação positiva (SONG et al., 2010), assim como observado na avaliação da frequência 6 dias nos parâmetros foliares (Figuras 19 e 20).

Outro importante ponto a se destacar são as condições meteorológicas do período de realização do presente trabalho. Tais condições levaram à ausência de diferenças nas trocas gasosas e potencial hídrico do solo, o que influenciou os efeitos das frequências de irrigação e reduziu a chance de ocorrer algum estresse hídrico severo, reduzindo a atuação do estresse na amenização dos efeitos ocasionados pelos diferentes níveis de água no solo.

Sendo assim, tanto níveis escassos de água no solo (PINHEIRO e CHAVES, 2011), quanto volumes excessivos (VANDOORNE et al., 2014), são determinantes na alteração do comportamento anatômico e morfofisiológico das plantas, interferindo direta e indiretamente no sucesso produtivo das culturas.

Estes impactos estão altamente correlacionados com as condições climáticas, já que as relações hídricas das plantas indicam ser muito vulneráveis ao aumento da variabilidade de temperatura e precipitação (REYER et al., 2013). O clima tem grande influência sob a fenologia das plantas, alterando seus períodos vegetativos e encurtando ou prolongando suas fases de floração e produção (MENZEL et al., 2011).

Parâmetros morfológicos de plantas jovens da própria *Khaya senegalensis*,

sob quatro diferentes regimes hídricos e três condições climáticas controladas, só apresentaram diferença entre os regimes (90%, 60%, 40% e 20% da capacidade de campo) quando estavam sob influência de clima controlado com temperatura e déficit de pressão de vapor mais elevado (NETO, 2014). Casaroli et al. (2017), avaliando o crescimento de *K. ivorensis* em campo, durante 540 dias, também observou uma forte influência do clima nas taxas de crescimento das plantas irrigadas e não irrigadas.

Contudo, apesar da grande influência dos fatores climáticos e da variabilidade genética, trazendo consigo a importante característica de rusticidade da espécie, nas respostas das variáveis deste trabalho seria muito vago atribuir a eles o sucesso de crescimento da frequência 12 dias.

Assim, associando os resultados dos aspectos fisiológicos com os morfológicos, é possível perceber um comportamento parecido entre os níveis de açúcares redutores e os aspectos de crescimento, o que confirma a importante propriedade destes metabólitos no desenvolvimento das plantas, aqui já ressaltado. A Figura 11, além de mostrar o prevailecimento de maiores teores de açúcares redutores nas plantas da frequência 12 dias, demonstra, também, uma interação entre os fatores, com comportamento muito similar àqueles encontrados na massa seca e área das folhas (Figuras 19 e 20).

Para melhor basear esta relação é importante compreender a origem destes metabólitos. As mudanças nos teores de açúcares redutores foliares não estão relacionadas com a fotossíntese, já que a mesma não apresentou diferença estatística entre os tratamentos, devido à influência das condições climáticas (Tabela 3). Sendo assim, é bem provável que o conteúdo destes açúcares esteja relacionado com a regulação da síntese e degradação do amido.

O amido, quando degradado, gera como principais produtos os açúcares redutores maltose e glicose, que são produtos de pronta utilização energética. Análises em redes de perfis de metabólitos revelam uma forte correlação negativa entre o conteúdo de amido e o acúmulo de biomassa, assim como os níveis de sacarose, visto que a regulação na síntese do amido está relacionada aos níveis deste importante açúcar de transporte (SULPICE et al., 2009; STITT e ZEEMAN, 2012).

A sacarose é transportada pela planta por um tecido especializado na

condução de seiva elaborada, chamado de floema. As partes exportadoras do carbono são conhecidas como fontes, enquanto que as regiões que importam estes fotoassimilados são os drenos (LALONDE et al., 2003).

Estudos apontam que, sob condições reduzidas de oxigênio no solo, a translocação de assimilados pelo floema da parte aérea para a raiz é prejudicada, sofrendo consideráveis reduções nos níveis de sacarose transportados (DONGEN et al., 2003). A ocupação dos espaços porosos pela água, gerando uma consequente redução de O₂ disponível, leva as raízes a reduzirem sua força dreno, provocando um acúmulo de sacarose não transportada nas folhas fontes e estimulando a síntese de amido nesses órgãos (WAMPLE e DAVIS, 1983; GARCÍA-SÁNCHEZ et al., 2007; AKHTAR e NAZIR, 2013).

Visivelmente, foi possível perceber que não houve inundação do substrato. Porém, diante de irrigações que objetivam elevar os níveis de água a próximo da capacidade de campo, atribui-se às frequências de irrigação uma interferência na aeração do solo.

Cada espécie apresenta uma distinta sensibilidade à baixa oxigenação nas raízes e ao tempo de exposição a essas condições (VU e YELENOSKY, 1991; KREUZWIESER et al., 2004). Portanto, é possível que as alterações impostas pelos fatores possam ter sido suficientes para alterar o comportamento morfofisiológico da *K. senegalensis*.

Reduções nos níveis de O₂ disponíveis são prejudiciais a parâmetros de crescimento, como a altura, massas secas e área foliar, porém o diâmetro do caule é uma das poucas variáveis a não ter seu desenvolvimento prejudicado, podendo até mesmo ser beneficiada (NÚÑEZ-ELISEA et al., 1999; DE OLIVEIRA e JOLY, 2010). Esses resultados reforçam a explicação proposta, em vista de que apenas na variável de diâmetro à altura do colo, a frequência de irrigação 3 dias, que provavelmente teria seus níveis de O₂ no solo mais reduzidos, não diferiu estatisticamente da frequência 12 dias, o que não ocorreu nas demais variáveis morfológicas (Figura 13).

Em relação aos dados do sistema radicular, os estudos confirmam que alagamentos resultam nas quedas das massas secas e comprimento das raízes, e aumentam a massa fresca e a relação parte aérea/raiz (GOMES e KOZLOWSKI, 1980; VANDOORNE et al., 2014). As reduções na massa seca das raízes são

confirmadas pelo presente trabalho, enquanto a relação MSPA/MSR difere.

Essa diferença pode ser explicada, inicialmente, pelo período de avaliação dos trabalhos mencionados. De Oliveira e Joly (2010), avaliando os efeitos do crescimento das plantas sob inundação durante 150 dias, mostraram que as diferenças nas taxas de MSPA/MSR aconteceram até 60 dias. Após isso, as diferenças estatísticas deixaram de existir. Tal fato explica tanto o presente estudo que tiveram suas avaliações realizadas com 90 dias, quanto os trabalhos acima mencionados, que tiveram as suas avaliações nos períodos de 8 a 25 dias.

É importante ressaltar que os vasos eram furados na parte inferior e durante todo o experimento não foi constatada drenagem dos substratos. As comparações com trabalhos sobre contexto de alagamentos consistem apenas em argumentar sobre os efeitos da redução da oxigenação do solo nos aspectos morfofisiológicos das plantas. Sendo assim, sem uma estagnação robusta ou completa do O₂ disponível, dificilmente as plantas de *K. senegalensis* atingiriam um estágio de estresse.

As plantas, sob estresse abiótico, podem alocar relativamente mais biomassa para regiões responsáveis pela absorção e/ou deficientes do fator limitante (POORTER et al., 2012). Como, por exemplo, sob seca estressante, a planta tende a transportar assimilados e aumentar o ganho de biomassa nas raízes, visto que o fator limitante se encontra abaixo do solo, no caso em específico, a água (LOPES e REYNOLDS, 2010). Experimento com a *K. senegalensis* mostrou que a espécie pode elevar significativamente a taxa de massa da raiz diante de reduções no volume de água na irrigação (MATOS et al., 2016).

As plantas só abandonam um padrão ótimo na alocação de sua biomassa se todos os recursos acima e abaixo do solo estiverem limitando o crescimento de forma igual, ou que não haja limitação em nenhuma das partes. Este conceito é conhecido na literatura como a hipótese do crescimento equilibrado (SHIPLEY e MEZIANE, 2002).

Portanto, a manutenção no padrão de crescimento das plantas e a não existência de diferenças na relação MSPA/MSR, é importante na ressalva, que de um modo geral, os níveis de água foram atuantes na morfofisiologia da planta, mas não apresentaram influências extremas a ponto de provocar estresses consideráveis.

Por fim, apesar de não ser possível confirmar a suposição acima proposta, o fator aeração do solo seria o componente mais plausível para justificar o sucesso no desenvolvimento das plantas jovens de *Khaya senegalensis* sob frequência de 12 dias na irrigação.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas condições meteorológicas em que o experimento se desenvolveu, os tratamentos não foram suficientes para alterar a umidade do solo a ponto de afetar o estado hídrico da planta. O indicador mais importante sobre a ausência do estresse hídrico foi o potencial hídrico, que indicou uma disponibilidade de água igual nos tratamentos.

O esterco bovino aumentou a eficiência no uso da água, manteve maiores taxas de umidade no solo e diminuiu o consumo hídrico. Assim como os tratamentos na frequência 12 dias, que tiveram menor consumo e maior eficiência no uso da água, porém com umidade final do solo menor, em relação às demais frequências.

Os teores de clorofilas e aminoácidos nas folhas foram aumentados pelo esterco bovino. Já nos açúcares, o açúcar redutor aumentou, em sua maioria, nas folhas de plantas sob frequência de 12 dias.

Em relação aos parâmetros morfológicos, o esterco bovino apresentou interação com as frequências de irrigação apenas sobre os parâmetros morfológicos, massa seca e áreas foliares. Nos demais, os tratamentos com frequência 12 dias apresentaram as maiores alturas e massas secas, apenas o diâmetro à altura do colo não diferiu da frequência 3 dias e a relação massa seca da parte aérea não obteve diferenças significativas.

As irrigações mais frequentes, sob as condições meteorológicas nas quais o experimento ocorreu, podem ter reduzido expressivamente a aeração do solo e o O₂ disponível.

REFERÊNCIAS

ABAD, H. H. S.; MIRHADI, M. J.; NORMOHAMADI, G.; CHARABEH, A. Effect of deficit and adequate irrigation and nitrogen fertilizer levels on physiological traits of maize in Kermansha province - Iran. **Bioscience Biotechnology Research Communications**, v. 10, n. 4, p. 716-721, 2017.

ACHARD, P.; RENOUE, J. P.; BERTHOMÉ, R.; HARBERD, N. P.; GENSHIK, P. Plant DELLAs restrain growth and promote survival of adversity by reducing the levels of reactive oxygen species. **Current Biology**, v. 18, n. 9, p. 656-660, 2008.

AKHTAR, I.; NAZIR, N. Effect of waterlogging and drought stress in plants. **International Journal of Water Resources and Environmental Sciences**, v. 2, n. 2, p. 34-40, 2013.

AKULA, R.; RAVISHANKAR, G. A. Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. **Plant Signaling & Behavior**, v. 6, n. 11, p. 1720-1731, 2011.

ALBUQUERQUE, M. P. F. D.; MORAES, F. K. C.; SANTOS, R. I. N.; CASTRO, G. L. S. D.; RAMOS, E. M. L. S.; PINHEIRO, H. A. Ecofisiologia de plantas jovens de mogno africano submetidas a déficit hídrico e reidratação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 1, p. 9-16, jan. 2013.

ALEMAN, C. C. **Efeito da adubação orgânica utilizando esterco de aves e esterco bovino curtido associado com lâminas de irrigação em *Chamomilla recutita* (L.) Rauschert**. Presidente Prudente-SP: UNOESTE, 2011. p. 59. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade do Oeste Paulista.

ANGELL, A. R.; MATA, L.; DE NYS, R.; PAUL, N. A. The protein content of seaweeds: a universal nitrogen-to-protein conversion factor of five. **Journal of Applied Phycology**, v. 28, n. 1, p. 511-524, 2015.

ANJUM, S.; XIE, X.; WANG, L.; SALEEM, M. F.; MAN, C.; LEI, W. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. **African Journal of Agricultural Research**, v. 6, n. 9, p. 2026-2032, 2011.

ARNDT, S. K.; SANDERS, G. J.; BRISTOW, M.; HUTLEY, L. B.; BERINGER, J.; LIVESLEY, S. J. Vulnerability of native savanna trees and exotic *Khaya senegalensis* to seasonal drought. **Tree Physiology**, v. 35, n. 7, p. 783-791, 2015.

ARNOLD, R. *Khaya senegalensis*-current use from its natural range and its potential in Sri Lanka and elsewhere in Asia. In: Workshop on "Prospects for high value hardwood timber plantations in the 'dry' tropics of northern Australia", 19-21 October, 2004, Mareeba, Queensland. **Anais...** Kairi: Private Forestry North Queensland Association Inc. 1 CD-ROOM.

AZOULAY-SHEMER, T.; PALOMARES, A.; BAGHERI, A.; ISRAELSSON-NORDSTROM, M.; ENGINEER, C. B.; BARGMANN, B. O.; STEPHAN, A. B.; SCHROEDER, J. I. Guard cell photosynthesis is critical for stomatal turgor production, yet does not directly mediate CO₂-and ABA-induced stomatal closing. **The Plant Journal**, v. 83, n. 4, p. 567-581, 2015.

BABITA, M.; MAHESWARI, M.; RAO, L. M.; SHANKER, A. K.; RAO, D. G. Osmotic adjustment, drought tolerance and yield in castor (*Ricinus communis* L.) hybrids. **Environmental and Experimental Botany**, v. 69, n. 3, p. 243-249, 2010.

BASTOS, R. S.; MENDONÇA, E. D. S.; ÁLVAREZ, V. H.; CORRÊA, M. M.; COSTA, L. M. Formação e estabilização de agregados do solo influenciados por ciclos de umedecimento e secagem após adição de compostos orgânicos com diferentes características hidrofóbicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 1, p. 21-31, 2005.

BATES, L. S.; WALDREN, R. P.; TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water stress studies. **Plant and Soil**, v. 39, n. 1, p. 205-207, 1973.

BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de um Cambissolo húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase à matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas - SP. v. 23, n. 3, p. 687-694, 1999.

BISPO, A. N. **Produção de alface em vasos submetida a diferentes proporções de composto orgânico**. Cruz das Almas-BA: UFRB, 2017, 35 p. Trabalho de conclusão de curso (Tecnólogo em Agroecologia) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

BLUM, A. Osmotic adjustment is a prime drought stress adaptive engine in support of plant production. **Plant, Cell & Environment**, v. 40, n. 1, p. 4-10, 2017.

BORRELL, A. K.; MULLET, J. E.; GEORGE-JAEGGLI, B.; VAN OOSTEROM, E. J.; HAMMER, G. L.; KLEIN, P. E.; JORDAN, D. R. Drought adaptation of stay-green sorghum is associated with canopy development, leaf anatomy, root growth, and water uptake. **Journal of Experimental Botany**, v. 65, n. 21, p. 6251-6263, 2014.

BRAIDA, J. A.; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M. Matéria orgânica e seu efeito na física do solo. In: FILHO, O. K.; MAFRA, A. L.; GATIBONI, L. C. (Org.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 7, 2011, p. 221-278.

CAMPOS, J. R. da R.; SILVA, A. C.; FERNANDES, J. S. C.; FERREIRA, M. M.; SILVA, D. V. Water retention in a peatland with organic matter in different decomposition stages. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 4, p. 1217-1227, 2011.

CASAROLI, D.; ROSA, F. de O.; JÚNIOR, J. A.; EVANGELISTA, A. W. P. Phenology of African mahogany plants submitted to irrigation. **Comunicata Scientiae**, v. 8, n. 2, p. 239-246, 2017.

CELIK, I.; ORTAS, I.; KILIC, S. Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a Chromoxerert soil. **Soil and Tillage Research**, v. 78, n. 1, p. 59-67, 2004.

CLAEYS, H.; INZÉ, D. The agony of choice: how plants balance growth and survival under water-limiting conditions. **Plant Physiology**, v. 162, n. 4, p. 1768-1779, 2013.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DE MINAS GERAIS – CFMSG. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1999, 359 p.

CORDEIRO, Y. E.; PINHEIRO, H. A.; dos SANTOS FILHO, B. G.; CORRÊA, S. S.; e SILVA, J. R.; DIAS FILHO, M. B. Physiological and morphological responses of young mahogany (*Swietenia macrophylla* King) plants to drought. **Forest Ecology and Management**, v. 258, n. 7, p. 1449-1455, 2009.

COSTA JUNIOR, C.; PÍCCOLO, M. D. C.; SIQUEIRA NETO, M., DE CAMARGO, P. B.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Carbono em agregados do solo sob vegetação nativa, pastagem e sistemas agrícolas no Bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 4, p. 1311-1321, 2012.

CUNHA, R. L. M. **Comportamento ecofisiológico do mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla* King) e do mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) submetidos à adubação potássica nas condições edafoclimáticas de Igarapé Açu – PA, Amazônia Oriental**. Belém-PA: UFRPA, 2010, 122 p. Tese (Doutorado em Agroecossistemas da Amazônia) – Universidade Federal Rural da Amazônia.

DAMATTO JUNIOR, E. R.; VILLAS BOAS, R. L.; LEONEL, S.; FERNANDES, D. M.

Alterações em propriedades de solo adubado com doses de composto orgânico sob cultivo de bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 28, n. 3, p. 546-549, dez. 2006.

DA SILVA, A. F. T.; AVELINO, R. C.; BRITO, L. P. da S.; DOS ANJOS, J. C. R., DA SILVA JÚNIOR, J. V.; BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z. Growth and yield of lettuce cultivars under organic fertilization and different environments. **Comunicata Scientiae**, v. 8, n. 2, p. 264-274, 2017.

DA SILVA, M. A. S.; MAFRA, Á. L.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Atributos físicos do solo relacionados ao armazenamento de água em um Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo. **Ciencia Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 544-552, 2005.

DASZKOWSKA-GOLEC, A.; SZAREJKO, I. Open or close the gate–stomata action under the control of phytohormones in drought stress conditions. **Frontiers in Plant Science**, v. 4, artigo 138, 2013, 16 p.

DE MORAIS, R. R.; GONÇALVES, J. F. de C; COSTA, J. R.; RIBEIRO, G. de O. Curso diário e sazonal do potencial hídrico foliar de mogno em sistema agroflorestal. **Revista Árvore**, v. 39, n. 6, p. 1103-1110, 2015.

DE OLIVEIRA, V. C.; JOLY, C. A. Flooding tolerance of *Calophyllum brasiliense* Camb. (Clusiaceae): morphological, physiological and growth responses. **Trees**, v. 24, n. 1, p. 185-193, 2010.

DE PAULA, M. T.; DOS SANTOS FILHO, B. G.; CORDEIRO, Y. E. M.; OHASHI, O. S.; CONDE, R. A.; PENA, H. W. A. Avaliações biofísicas e bioquímicas em plantas de mogno (*Swietenia macrophylla* King) sob dois períodos, seco e chuvoso. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, ago. 2011.

DIAS, M. C.; BRÜGGEMANN, W. Limitations of photosynthesis in *Phaseolus vulgaris* under drought stress: gas exchange, chlorophyll fluorescence and Calvin cycle enzymes. **Photosynthetica**, v. 48, n. 1, p. 96-102, 2010.

DÍAZ-LÓPEZ, L.; GIMENO, V.; SIMÓN, I.; MARTÍNEZ, V.; RODRÍGUEZ-ORTEGA, W. M.; GARCÍA-SÁNCHEZ, F. *Jatropha curcas* seedlings show a water conservation strategy under drought conditions based on decreasing leaf growth and stomatal conductance. **Agricultural Water Management**, v. 105, p. 48-56, 2012.

DICKINSON, G.; BRISTOW, M.; KELLY, N. Promising high-value hardwood plantation tree species for the dry tropics of Queensland. **Prospects for high-value**

hardwood timber plantations in the 'dry'tropics of northern Australia, Mareeba, outubro, p. 19-21, 2004.

DO AMARAL, J. A. T.; RENA, A. B.; DO AMARAL, J. F. T. Crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro e sua relação com fotoperíodo, frutificação, resistência estomática e fotossíntese. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 3, p. 377-384, 2006.

DONG, W.; ZHANG, X.; WANG, H.; DAI, X.; SUN, X.; QIU, W.; YANG, F. Effect of different fertilizer application on the soil fertility of paddy soils in red soil region of southern China. **PloS One**, v. 7, n. 9, p. e44504, 2012.

DREW, M. C.; LYNCH, J_M. Soil anaerobiosis, microorganisms, and root function. **Annual Review of Phytopathology**, v. 18, n. 1, p. 37-66, 1980.

DUPUY, L.; MACKENZIE, J.; HASELOFF, J. Coordination of plant cell division and expansion in a simple morphogenetic system. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 107, n. 6, p. 2711-2716, 2010.

EKINCI, M.; ORS, S.; SAHIN, U.; YILDIRIM, E.; DURSUN, A. Responses to the irrigation water amount of spinach supplemented with organic amendment in greenhouse conditions. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 46, n. 3, p. 327-342, 2015.

FANG, Y.; XIONG, L. General mechanisms of drought response and their application in drought resistance improvement in plants. **Cellular and Molecular Life Sciences**, v. 72, n. 4, p. 673-689, 2014.

FARAHAT, M. M.; MAZHAR, A. A. M.; MAHGOUB, M. H. Response of *Khaya senegalensis* seedlings to irrigation intervals and foliar application of humic acid. **Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants**, v. 4, n. 3, p. 292-298, 2012.

FERNANDES, E. T.; CAIRO, P. A. R.; NOVAES, A. B. DE. Physiological responses of eucalyptus clones grown in a greenhouse under water deficit. **Ciência Florestal**, v. 45, n. 1, p. 29-34, 2015.

FONTES, M. P. F.; DE CAMARGO, O. A.; SPOSITO, G. Eletroquímica das partículas coloidais e sua relação com a mineralogia de solos altamente intemperizados. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 3, p. 627-646, 2001.

FRANÇA, T. S. F. A.; ARANTES, M. D. C.; PAES, J. B.; VIDAURRE, G. B.; OLIVEIRA, J. T. da S.; BARAÚNA, E. E. P. Características anatômicas e propriedades físico-mecânicas das madeiras de duas espécies de mogno Africano. **Cerne**, v. 21, n. 4, p. 633-640, 2015.

GALVÃO, S. R. da S.; SALCEDO, I. H.; DE OLIVEIRA, F. F. Acumulação de nutrientes em solos arenosos adubados com esterco bovino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 1, p. 99-105, 2008.

GARCÍA-SÁNCHEZ, F.; SYVERTSEN, J.; GIMENO, V.; BOTÍA, P.; PEREZ-PEREZ, J. G. Responses to flooding and drought stress by two citrus rootstock seedlings with different water-use efficiency. **Physiologia Plantarum**, v. 130, n. 4, p. 532-542, 2007.

GARGALLO-GARRIGA, A.; SARDANS, J.; PÉREZ-TRUJILLO, M.; RIVAS-UBACH, A.; ORAVEC, M.; VECEROVA, K.; URBAN, O.; JENTSCH, A.; KREYLING, J.; BEIERKUHNLIN, C.; PARELLA, T.; PENUELAS, J. Opposite metabolic responses of shoots and roots to drought. **Scientific Reports**, v. 4, p. 6829, 2014.

GHAHFAROKHI, M. G.; MANSURIFAR, S.; TAGHIZADEH-MEHRJARDI, R.; SAEIDI, M.; JAMSHIDI, A. M.; GHASEMI, E. Effects of drought stress and rewatering on antioxidant systems and relative water content in different growth stages of maize (*Zea mays* L.) hybrids. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 61, n. 4, p. 493-506, 2015.

GOMES, A. R. S.; KOZLOWSKI, T. T. Growth responses and adaptations of *Fraxinus pennsylvanica* seedlings to flooding. **Plant Physiology**, v. 66, n. 2, p. 267-271, 1980.

GONZÁLEZ, M.; GOMEZ, E.; COMESE, R.; QUESADA, M.; CONTI, M. Influence of organic amendments on soil quality potential indicators in an urban horticultural system. **Bioresource Technology**, New York, v. 101, p. 8897-8901, 2010.

GUARESCHI, R. F.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A. Deposição de resíduos vegetais, matéria orgânica leve, estoques de carbono e nitrogênio e fósforo remanescente sob diferentes sistemas de manejo no cerrado Goiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 3, p. 909-920, 2012.

HARTIG, K.; BECK, E. Crosstalk between auxin, cytokinins, and sugars in the plant cell cycle. **Plant Biology**, v. 8, n. 3, p. 389-396, 2006.

HATI, K. M.; MANDAL, K. G.; MISRA, A. K.; GHOSH, P. K.; BANDYOPADHYAY, K. K. Effect of inorganic fertilizer and farmyard manure on soil physical properties, root distribution, and water-use efficiency of soybean in Vertisols of central India. **Bioresource Technology**, v. 97, n. 16, p. 2182-2188, 2006.

HAYNES, R. J.; NAIDU, R. Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: a review. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 51, n. 2, p. 123-137, 1998.

HEMMAT, A.; AGHILINATEGH, N.; REZAINEJAD, Y.; SADEGHI, M. Long-term impacts of municipal solid waste compost, sewage sludge and farmyard manure application on organic carbon, bulk density and consistency limits of a calcareous soil in central Iran. **Soil and Tillage Research**, v. 108, n. 1-2, p. 43-50, 2010.

HORTA, L. P.; BRAGA, M. R.; LEMOS FILHO, J. P.; MODOLO, L. V. Organ-coordinated response of early post-germination mahogany seedlings to drought. **Tree Physiology**, v. 34, n. 4, p. 355-366, 2014.

HUDSON, B. D. Soil organic matter and available water capacity. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 49, n. 2, p. 189-194, 1994.

IBÁ – Indústria Brasileira de produtores de Árvores. **Relatório IBÁ 2017**. Brasília: 2017, 80 p. Disponível em: <http://www.iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2018.

JAHROMI, M. G.; ABOUTALEBI, A.; FARAH, M. H. Influence of different levels of garden compost (garden wastes and cow manure) on growth and stand establishment of tomato and cucumber in greenhouse condition. **African Journal of Biotechnology**, v. 11, n. 37, p. 9036-9039, 2012.

KAYA, C.; TUNA, L.; HIGGS, D. Effect of silicon on plant growth and mineral nutrition of maize grown under water-stress conditions. **Journal of Plant Nutrition**, v. 29, n. 8, p. 1469-1480, 2006.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. 2 ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2012, 452 p.

KOZLOWSKI, T. T. Plant responses to flooding of soil. **BioScience**, v. 34, n. 3, p. 162-167, 1984.

KREUZWIESER, J.; PAPADOPOULOU, E.; RENNENBERG, H. Interaction of

flooding with carbon metabolism of forest trees. **Plant Biology**, v. 6, n. 3, p. 299-306, 2004.

LALONDE, S.; TEGEDER, M.; THRONE-HOLST, M.; FROMMER, W. B.; PATRICK, J. W. Phloem loading and unloading of sugars and amino acids. **Plant, Cell & Environment**, v. 26, n. 1, p. 37-56, 2003.

LEONEL, S.; DAMATTO JUNIOR, E. R. Efeitos do esterco de curral na fertilidade do solo, no estado nutricional e na produção da figueira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 534-539, 2008.

LIPIEC, J.; DOUSSAN, C.; NOSALEWICZ, A.; KONDRACKA, K. Effect of drought and heat stresses on plant growth and yield: a review. **International Agrophysics**, v. 27, n. 4, p. 463-477, 2013.

LIU, C.; LIU, Y.; GUO, K.; FAN, D.; LI, G.; ZHENG, Y.; YU, L.; YANG, R. Effect of drought on pigments, osmotic adjustment and antioxidant enzymes in six woody plant species in karst habitats of southwestern China. **Environmental and Experimental Botany**, v. 71, n. 2, p. 174-183, 2011.

LOMPO, D. Contribution à lamiseoeuvre d'un programme de conservation et d'amélioration génétique de *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss. au Burkina Faso. **Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques**, Belgium, Gembloux, 2007, p. 94.

LOPES, J. L. W.; AMARAL GUERRINI, I.; SAAD, J. C. C.; SILVA, M. R. D. Efeitos da irrigação na sobrevivência, transpiração e no teor relativo de água na folha em mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes substratos. **Scientia Forestalis**, n. 68, p. 97-106, 2005.

LOPES, M. S.; REYNOLDS, M. P. Partitioning of assimilates to deeper roots is associated with cooler canopies and increased yield under drought in wheat. **Functional Plant Biology**, v. 37, n. 2, p. 147-156, 2010.

LUNZ, A. M.; THOMAZINI, M. J. T.; MORAES, M. C. B.; NEVES, E. J. M.; BATISTA, T. F. C.; DEGENHARDT, J.; DE SOUZA, L. A.; OHASHI, O. S. *Hypsipyla grandella* em mogno (*Swietenia macrophylla*): situação atual e perspectivas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 59, p. 45, 2009.

MACHADO, E. C.; MEDINA, C. L.; GOMES, M. D. M. D. A.; HABERMANN, G. Variação sazonal da fotossíntese, condutância estomática e potencial da água na folha de laranjeira 'Valência'. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 1, p. 53-58, 2002.

MALKAWI, A. I. H.; ALAWNEH, A. S.; ABU-SAFAQAH, O. T. Effects of organic matter on the physical and the physicochemical properties of an illitic soil. **Applied Clay Science**, v. 14, n. 5-6, p. 257-278, 1999.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia Vegetal**: Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. 3. ed., atual. ampl. Viçosa, Editora UFV, 2013, 486 p.

MATOS, F. S.; SILVEIRA, P. S.; BARRETTO, V. C. M.; FREITAS, I. A. S.; ARAUJO, M. S.; CALIXTO JUNIOR, J. E. D.; RIOS, J. M. Growth of *Khaya senegalensis* plant under water deficit. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 18, p. 1623-1628, 2016.

MCDOWELL, N. G. Mechanisms linking drought, hydraulics, carbon metabolism, and vegetation mortality. **Plant Physiology**, v. 155, n. 3, p. 1051-1059, 2011.

MENZEL, A.; SEIFERT, H.; ESTRELLA, N. Effects of recent warm and cold spells on European plant phenology. **International Journal of Biometeorology**, v. 55, n. 6, p. 921–932, 2011.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.

MISHRA, B. S.; SINGH, M. AGRAWAL, P.; LAXMI, A. Glucose and auxin signaling interaction in controlling *Arabidopsis thaliana* seedlings root growth and development. **PLoS One**, v. 4, n. 2, p. e4502, 2009.

NETO, A. P. S. **Crescimento inicial de mogno africano (*Khaya spp.*) sob diferentes condições microclimáticas associadas à deficiência hídrica**. Jeronimo Monteiro-ES: UFES, 2014, 66 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal do Espírito Santo.

NIKIEMA, A.; PASTERNAK, D. *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss. In: LOUPPE, D., OTENG-AMOAKO, A. A.; BRINK, M. (Eds.). **Plant resources of tropical Africa (PROTA)**. Netherlands, Wageningen, 2008, p. 339-344.

NIU, S.; LUO, Y.; LI, D.; CAO, S.; XIA, J.; LI, J.; SMITH, M. D. Plant growth and mortality under climatic extremes: an overview. **Environmental and Experimental Botany**, v. 98, p. 13-19, 2014.

NÚÑEZ-ELISEA, R.; SCHAFFER, B.; FISHER, J. B.; COLLS, A. M.; CRANE, J. H.

Influence of flooding on net CO₂ assimilation, growth and stem anatomy of *Annona* species. **Annals of Botany**, v. 84, n. 6, p. 771-780, 1999.

NYAMANGARA, J.; GOTOSA, J.; MPOFU, S. E. Cattle manure effects on structural stability and water retention capacity of a granitic sandy soil in Zimbabwe. **Soil and Tillage Research**, v. 62, n. 3, p. 157-162, 2001.

OFOSU-ANIM, J.; LEITCH, M. Relative efficacy of organic manures in spring barley (*Hordeum vulgare* L.) production. **Australian Journal of Crop Science**, Melbourne, v. 3, n. 1, p. 13-19, 2009.

OKALI, D. U. U.; DODOO, G. Seedling growth and transpiration of two west african mahogany species in relation to water stress in the root medium. **Journal of Ecology**, London, v. 61, n. 2, p. 421-438, 1973.

OPUNI-FRIMPONG E. *Khaya grandifoliola* C.DC. In LOUPPE, D.; OTENG-AMOAKO, A. A.; BRINK, M. (Eds). **Plant resources of Tropical Africa (PROTA)**. Netherlands, Wageningen, 2008, p. 329-333.

PANCHA, I.; CHOKSHI, K.; GEORGE, B.; GHOSH, T.; PALIWAL, C.; MAURYA, R.; MISHRA, S. Nitrogen stress triggered biochemical and morphological changes in the microalgae *Scenedesmus* sp. CCNM 1077. **Bioresource technology**, v. 156, p. 146-154, 2014.

PATEL, P. K.; SINGH, A. K.; TRIPATHI, N.; YADAV, D.; HEMANTARANJAN, A. Flooding: abiotic constraint limiting vegetable productivity. **Advances in Plants and Agriculture Research**, v. 1, n. 3, article 16, 2014. 9 p.

PEREZ, B. A. P. **Doses de potássio e umidades de solo para o crescimento de plantas de mogno-africano**. Jaboticabal-SP: UNESP, 2014, 33 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) – Universidade Estadual de São Paulo.

PEREZ, B. A. P.; VALERI, S. E. V.; da CRUZ, M. C. P.; de VASCONCELOS, R. T. O. Potassium doses for African mahogany plants growth under two hydric conditions. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 22, p. 1973-1979, 2016.

PEREZ, S. C. J. G. de A. Crescimento e resistência à seca da algarobeira (*Prosopis juliflora* SW. DC) cultivada em solo de cerrado, com ou sem adubo orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 5, p. 595-604, 1995.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com água**. Seropédica, EDUR, 2004, 191 p.

PINHEIRO, A. L.; COUTO, L.; PINHEIRO, D. T.; BRUNETTA, J. M. F. C. **Ecologia, silvicultura e tecnologia de utilização dos mognos-africanos (Khaya spp.)**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Agrossilvicultura, 2011, 102 p.

PINHEIRO, C.; CHAVES, M. M. Photosynthesis and drought: Can we make metabolic connections from available data? **Journal of Experimental Botany**, v. 62, n. 3, p. 869-882, 2011.

PIRES, A. A.; MONNERAT, P. H.; ROBERTO, C. Efeito da adubação alternativa do maracujazeiro-amarelo nas características químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 5, p. 1997-2005, 2008.

POONAM, R. B.; HANDA, N.; KAUR, H.; RATTAN, A.; BALI, S. Sugar signalling in plants: a novel mechanism for drought stress management. In: Ahmad, P. (Eds.). **Water Stress and Crop Plants**, Chichester: John Wiley & Sons, Ltd., p. 287-302, 2016.

POORTER, H.; NIKLAS, K. J.; REICH, P. B.; OLEKSYN, J.; POOT, P.; MOMMER, L. Biomass allocation to leaves, stems and roots: meta-analyses of interspecific variation and environmental control. **New Phytologist**, v. 193, n. 1, p. 30-50, 2012.

RAWLS, W. J.; PACHEPSKY, Y. A.; RITCHIE, J. C.; SOBECKI, T. M.; BLOODWORT, H. Effect of soil carbon on soil water retention. **Geoderma**, v. 116, p. 61-76, 2003.

REICHERT, J. M.; ALBUQUERQUE, J. A.; KAISER, D. R.; REINERT, D. J.; URACH, F. L.; CARLESSO, R. Estimation of water retention and availability in soils of Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 6, p. 1547-1560, 2009.

REYER, C. P. O.; LEUZINGER, S.; RAMMIG, A.; WOLF, A.; BARTHOLOMEUS, R. P.; BONFANTE, A.; DE LORENZIK, F.; DURY, M.; GLONING, P.; ABOUJAOUDE, R.; KLEIN, A.; KUSTER, T. M.; MARTINS, M.; NIEDRIST, G.; RICCARDIK, M.; WOHLFAHRT, G.; DE ANGELIS, P.; DE DATO, G.; FRANCOIS, L.; MENZEL, A.; PEREIRA, M. A plant's perspective of extremes: Terrestrial plant responses to changing climatic variability. **Global Change Biology**, v. 19, n. 1, p. 75-89, 2013.

SALEH, S.; LIU, G.; LIU, M.; JI, Y.; HE, H.; GRUDA, N. Effect of irrigation on growth, yield, and chemical composition of two green bean cultivars. **Horticulturae**, v. 4, n. 1, p. 3, 2018.

SCHOLANDER, P. F.; BRADSTERRET, E. D.; HEMMINGSEN, E. A.; HAMMEL, H. T. Sap pressure in vascular plants. **Science**, Lancaster, v. 148, n. 3668, p. 339-346, apr. 1965.

SHAN, A. Y. K. V.; DE OLIVEIRA, L. E. M.; DA SILVA BONOME, L. T.; MESQUITA, A. C. Assimilação metabólica de nitrogênio em plântulas de seringueira cultivadas com nitrato ou amônio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 6, p. 754-762, 2012.

SHIPLEY, B.; MEZIANE, D. The balanced-growth hypothesis and the allometry of leaf and root biomass allocation. **Functional Ecology**, v. 16, n. 3, p. 326-331, 2002.

SILVA, J.; LIMA E SILVA, P.S.; OLIVEIRA, M.; BARBOSA E SILVA, K.M. Efeito de esterco bovino sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 326-331, abril-junho 2004.

SILVA, M. A.; SANTOS, C. M.; VITORINO, H. S.; RHEIN, A. F. L. Pigmentos fotossintéticos e índice SPAD como descritores de intensidade do estresse por deficiência hídrica em cana-de-açúcar. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 173-181, 2014.

SOMMERFELDT, T. G.; CHANG, C. Soil-water properties as affected by twelve annual applications of cattle feedlot manure. **Soil Science Society of America Journal**, v. 51, n. 1, p. 7-9, 1987.

SONG, C. J.; MA, K. M.; QU, L. Y.; LIU, Y.; XU, X. L.; FU, B. J.; ZHONG, J. F. Interactive effects of water, nitrogen and phosphorus on the growth, biomass partitioning and water-use efficiency of *Bauhinia faberi* seedlings. **Journal of arid environments**, v. 74, n. 9, p. 1003-1012, 2010.

STAGNARI, F.; GALIENI, A.; D'EGIDIO, S.; PAGNANI, G.; PISANTE, M. Responses of radish (*Raphanus sativus*) to drought stress. **Annals of Applied Biology**, v. 172, n. 2, p. 170-186, 2018.

STEWART, J. M.; OOSTERHUIS, D.; HEITHOLT, J. J.; MAUNEY, J. R. **Physiology of Cotton**. Springer, 2010.

STITT, M.; ZEEMAN, S. C. Starch turnover: pathways, regulation and role in growth. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 15, n. 3, p. 282-292, 2012.

STRIKER G. G. Flooding stress on plants: anatomical, morphological and physiological responses. In: MWORIA J. K. (Eds.). **Botany**. InTech, 2012, p. 3-28.

SULPICE, R.; PYL, E. T.; ISHIHARA, H.; TRENKAMP, S.; STEINFATH, M.; WITUCKA-WALL, H.; GIBONA, Y.; USADELA, B.; POREEA, F.; PIQUESA, M. C.; VON KORFF, M.; STEINHAUSERA, M. C.; KEURENTJESD, J. J. B.; GUENTHERA, M.; HOEHNEA, M.; SELBIGB, J.; FERNIEA, A. R.; ALTMANN, T.; STITTA, M. Starch as a major integrator in the regulation of plant growth. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 106, n. 25, p. 10348-10353, 2009.

SYERS, J. K.; CRASWELL, E. T. Role of Soil Organic Matter in Sustainable Agricultural Systems. In: **ACIAR proceedings**. Australian Centre for International Agricultural Research, 1994, p. 7-14.

TERASHIMA, I.; HANBA, Y. T.; THOLEN, D.; NIINEMETS, Ü. Leaf functional anatomy in relation to photosynthesis. **Plant Physiology**, v. 155, n. 1, p. 108-116, 2011.

TIEDJE, J. M.; SEXSTONE, A. J.; PARKIN, T. B.; REVSBECH, N. P. Anaerobic processes in soil. **Plant and Soil**, v. 76, n. 1-3, p. 197-212, 1984.

TISDALL, J. M.; OADES, J. M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **European Journal of Soil Science**, v. 33, n. 2, p. 141-163, 1982.

TORMENA, C. A.; BARBOSA, M. C.; COSTA, A. D.; GONÇALVES, A. C. A. Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 4, p. 795-801, 2002.

TULLER, M.; OR, D. Retention of water in soil and the soil water characteristic curve. **Encyclopedia of Soils in the Environment**, v. 4, p. 278-289, 2004.

TURRAL, H.; BURKE, J. J.; FAURÈS, J. M. **Climate change, water and food security**. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2011.

UTOMO, W. H.; KUSUMA, Z.; NUGROHO, W. H. Soil fertility status, nutrient uptake, and maize (*Zea mays* L.) yield following biochar and cattle manure application on sandy soils of Lombok, Indonesia. **Journal of Tropical Agriculture**, v. 49, p. 47-52, 2011.

VALANDRO, J.; ADELI BURIOL, G.; ANDRIOLO, J. L.; HELDWEIN, A. B. Transpiração do tomateiro cultivado fora do solo em estufa plástica e sua relação com os elementos meteorológicos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 6, p. 1593-1600, 2007.

VAN DONGEN, J. T.; SCHURR, U.; PFISTER, M.; GEIGENBERGER, P. Phloem metabolism and function have to cope with low internal oxygen. **Plant Physiology**, v. 131, n. 4, p. 1529-1543, 2003.

VANDOORNE, B.; DESCAMPS, C.; MATHIEU, A. S.; VAN DEN ENDE, W.; VERGAUWEN, R.; JAVAUX, M.; LUTTS, S. Long term intermittent flooding stress affects plant growth and inulin synthesis of *Cichorium intybus* (var. sativum). **Plant and Soil**, v. 376, n. 1-2, p. 291-305, 2014.

VICENTE, M. R.; MENDES, A. A.; DA SILVA, N. F.; DE OLIVEIRA, F. R.; MOTTA, M.; LIMA, V. O. B. Uso de gel hidrorretentor associado à irrigação no plantio do eucalipto. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI**, v. 9, n. 5, p. 344-349, 2015.

VIZIER, J. F. **Etude des phénomènes d'hydromorphie dans les sols des régions tropicales à saisons contrastées**: dynamique du fer et différenciations des profils. ORSTOM, Paris, Série Travaux et Documents, 1983, 278 p.

VU, J. C. V.; YELENOSKY, G. Photosynthetic responses of citrus trees to soil flooding. **Physiologia Plantarum**, v. 81, n. 1, p. 7-14, 1991.

XAVIER, F. A. D. S.; OLIVEIRA, T. S. D.; MAIA, S. M. F.; MENDONÇA, E. D. S. Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícolas orgânico e convencional na Chapada da Ibiapaba-CE. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 2, 2006.

WAMPLE, R. L.; DAVIS, R. W. Effect of flooding on starch accumulation in chloroplasts of sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Plant Physiology**, v. 73, n. 1, p. 195-198, 1983.

WANG, L.; RUAN, Y. L. Regulation of cell division and expansion by sugar and auxin signaling. **Frontiers in Plant Science**, v. 4, artigo 163, 2013. 9 p.

WEATHERLEY, P. E. Studies in the water relations of the cotton plant. I - The field measurements of water deficits in leaves. **New Phytologist**, Lancaster, v. 49, n. 1, p. 81-97, 1950.

WENDLING, I.; GATTO, A. **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas**. Viçosa, Aprenda Fácil, 2002, 166p.

WU, F.; BAO, W.; LI, F.; WU, N. Effects of drought stress and N supply on the growth, biomass partitioning and water-use efficiency of *Sophora davidii* seedlings. **Environmental and Experimental Botany**, v. 63, n. 1-3, p. 248-255, 2008.

YANG, F.; ZHANG, G. L.; YANG, J. L.; LI, D. C.; ZHAO, Y. G.; LIU, F.; YANG, R. M. YANG, F. Organic matter controls of soil water retention in an alpine grassland and its significance for hydrological processes. **Journal of Hydrology**, v. 519, p. 3086-3093, 2014.

YEMM, E. W.; COCKING, E. C. The determination of amino-acids with ninhydrin. **Analyst**, v. 80, p. 209-213, 1955.

YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, London, v. 57, n. 3, p. 508-514, 1954.

ZHANG, H.; YU, X.; JIN, Z.; ZHENG, W.; ZHAI, B.; LI, Z. Improving grain yield and water use efficiency of winter wheat through a combination of manure and chemical nitrogen fertilizer on the Loess plateau, China. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 17, n. 2, p. 461-474, 2017.

ANEXOS

ANEXO A – Resumo da análise de variância das variáveis: potencial hídrico (Ψ_w), conteúdo relativo de água (CRA), transpiração (E), fotossíntese líquida (A), condutância estomática (g_s) e concentração interna de CO₂ (C_i) em folhas de plantas de mogno africano *Khaya senegalensis* submetidas a doses de esterco bovino curtido (DE) e diferentes frequências de irrigação (FI).

FV	GL	Quadrados médios					
		Ψ_w	CRA	E	A	g_s	C_i
FI	2	0,023	4,847	0,276	0,177	0,003	141,489
DE	4	0,007	46,285**	0,230	1,131	0,002	250,578
FI*DE	8	0,008	20,765*	0,182	1,542	0,006	353,211
Bloco	2	0,028*	8,550	0,323	0,638	0,002	1191,756
Resíduo	28	0,007	8,053	0,142	0,972	0,003	368,851
CV%		17,88	3,43	28,17	21,27	38,96	6,30

Teste F - * significativo a 5%; ** significativo a 1%.

ANEXO B – Resumo da análise de variância das variáveis consumo hídrico (CH), uso eficiente de água (EUA) e umidade final média (U_m) de plantas de mogno africano *Khaya senegalensis* submetidas a doses de esterco bovino curtido (DE) e diferentes frequências de irrigação (FI).

FV	GL	Quadrados médios		
		CH	EUA	U _m
FI	2	5,755	98044,014**	5624,619**
DE	4	45,782**	33780,727*	161,924**
FI*DE	8	7,492**	5057,264	54,224**
Bloco	2	0,001*	291,822	0,442
Resíduo	28	1,945	8373,174	3,026
CV%		7,26	23,50	2,52

Teste F - * significativo a 5%; ** significativo a 1%.

ANEXO C – Resumo da análise de variância das variáveis estimativa de clorofilas (SPAD), aminoácidos solúveis totais (AAS), prolina, teores de açúcares solúveis totais (AST) e açúcares redutores (AR) em folhas de plantas de mogno africano *Khaya senegalensis* submetidas a doses de esterco bovino curtido (DE) e diferentes frequências de irrigação (FI).

FV	GL	Quadrados médios				
		SPAD	AAS	Prolina	AST	AR
FI	2	4,576	0,001	0,034	1583,769**	1,577**
DE	4	107,884**	0,011**	0,933**	376,903	0,341**
FI*DE	8	23,108**	0,003	0,145**	439,039*	0,446**
Bloco	2	2,572	0,005	0,011	1246,630**	0,142
Resíduo	28	3,668	0,002	0,032	180,181	0,0582
CV%		2,99	19,17	15,95	20,91	9,44

Teste F - * significativo a 5%; ** significativo a 1%.

ANEXO D – Resumo da análise de variância das variáveis altura total (ATT), altura do fuste (ATF), diâmetro a base do colo (DAB) e área foliar de plantas de mogno africano *Khaya senegalensis* submetidas a doses de esterco bovino curtido (DE) e diferentes frequências de irrigação (FI).

FV	GL	Quadrados médios			
		ATT	ATF	DAC	Área foliar
FI	2	349,272**	119,953	8,052*	725062,349*
DE	4	9,453	6,671	2,175	407884,688
FI*DE	8	24,984	19,509	1,287	529893,8**
Bloco	2	0,536*	13,708	0,637	56100,245
Resíduo	28	36,892	36,271	2,322	152498,714
CV%		11,45	16,09	9,70	21,23

Teste F - * significativo a 5%; ** significativo a 1%.

ANEXO E – Resumo da análise de variância das variáveis massa seca foliar (MSFL), massa seca do fuste (MSFT), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST) e relação da parte aérea / raiz (MSPA/MSR) de plantas de mogno africano *Khaya senegalensis* submetidas a doses de esterco bovino curtido (DE) e diferentes frequências de irrigação (FI).

FV	GL	Quadrados médios					
		MSFL	MSFT	MSPA	MSR	MST	MSPA/MSR
FI	2	166,072**	92,942**	503,862**	98,862*	1046,723**	0,056
DE	4	56,403	2,208	70,723	32,737	190,572	0,124
FI*DE	8	79,592*	4,464	111,273	26,848	228,512	0,127
Bloco	2	10,643	0,582	6,342	24,094	37,538	0,301
Resíduo	28	29,980	5,813	54,385	22,683	130,249	0,116
CV%		26,82	23,23	23,94	28,78	24,10	17,87

Teste F - * significativo a 5%; ** significativo a 1%.