

Câmpus  
Ipameri



Universidade  
Estadual de Goiás



**Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal**

**CRESCIMENTO, MORFOLOGIA E FISIOLOGIA DO UMBUZEIRO  
SOB DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE GIBERELINA**

**IGOR ALBERTO SILVESTRE FREITAS**

**MESTRADO**

**Ipameri-GO**

**IGOR ALBERTO SILVESTRE FREITAS**

**CRESCIMENTO, MORFOLOGIA E FISIOLOGIA DO  
UMBUZEIRO SOB DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE  
GIBERELINA**

Orientador: Prof. Dr. Fábio Santos Matos

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás – UEG, Unidade Universitária de Ipameri como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal para obtenção do título de Mestre.

Ipameri  
2018

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UEG  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

AAL334 Alberto Silvestre Freitas, Igor  
c CRESCIMENTO, MORFOLOGIA E FISILOGIA DO UMBUZEIRO  
SOB DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE GIBERELINA / Igor Alberto  
Silvestre Freitas; orientador Fábio Santos Matos. -- Ipameri, 2019.  
17 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação Mestrado  
Acadêmico em Produção Vegetal) -- Câmpus-Ipameri, Universidade  
Estadual de Goiás, 2019.

1. Hormônio Vegetal. I. Santos Matos, Fábio, orient. II. Título.

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO: "CRESCIMENTO, MORFOLOGIA E FISIOLOGIA DO UMBUZEIRO  
SOB DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE GIBERELINA."**

**AUTOR(A):** Igor Alberto Silvestre Freitas

**ORIENTADOR(A):** Fábio Santos Matos

Aprovado(a) como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE(A) EM  
PRODUÇÃO VEGETAL, pela comissão Examinadora:

  
Prof. Dr. FÁBIO SANTOS MATOS  
Universidade Estadual de Goiás/Câmpus Ipameri-GO

  
Dra. LARISSA PACHECO BORGES  
Universidade Estadual de Goiás/Câmpus Ipameri-GO

  
Prof. Dr. ISMAEL MARTINS PEREIRA  
Universidade Estadual de Goiás/Câmpus Ipameri-GO

Data da realização: 15 de fevereiro de 2019



## AGRADECIMENTOS

À Deus por me amparar nos momentos difíceis, me dar força para superar as dificuldades, mostrar os caminhos nas horas incertas e me suprir em todas as minhas necessidades.

Aos meus pais Braz Alberto e Roseni de Fátima, irmã Ana Karolina, minha avó Valceci Vieira que sempre torceram por mim e apoiaram nessa jornada.

À Universidade Estadual de Goiás, ao programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal pela oportunidade e aprendizado que foram fundamentais na conquista de meus objetivos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) pela concessão de bolsa de estudos.

Ao grupo da Fisiologia Vegetal, pela admissão, orientação, crescimento e tolerância durante cinco anos em que me ajudaram e participaram deste trabalho. Em especial, aos amigos Gabriel Henrique, Gabriel Parreira, Michelle, Felipe, Victor Amorim, Victor Luiz, Kamila e Winy. Amizade construída durante meu curso de graduação e mestrado, desejo levar pela vida toda. Pela grande amizade, enorme companheirismo, imensa dedicação. Meu sincero muito obrigado!

Ao meu orientador Dr. Fábio Santos Matos, pelo suporte, pelas suas correções e incentivos, por proporcionar o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter no processo de formação profissional, meus eternos agradecimentos.

Aos professores da graduação, pós-graduação pelo convívio e aprendizado.

Aos meus amigos do mestrado, pelos momentos divididos juntos, pela força, apoio, compreensão que tivemos uns com outros.

Aos meus companheiros de república Nathan, Matheus, Yann, Huan, Gustavo que compartilharam todos os momentos vividos ao longo desses dois anos de mestrado.

A todos vocês, meu muito obrigado!

## SUMÁRIO

RESUMO .....	I
ABSTRACT .....	II
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	4
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	5
3.1 LOCAL DO TRABALHO .....	5
3.2 DESENHO EXPERIMENTAL.....	5
3.2 VARIÁVEIS ANALISADAS .....	5
3.2 PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS .....	6
4 RESULTADOS .....	7
5 DISCUSSÃO .....	12
6 CONCLUSÕES .....	14
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	15

## RESUMO

A fruticultura é um dos segmentos da economia brasileira que mais tem se destacado nos últimos anos e continua em plena evolução tanto no que diz respeito à produção de frutas in natura, como na industrialização de sucos e néctares. O presente estudo teve como objetivo identificar o efeito da aplicação de ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) no crescimento inicial de *Spondias tuberosa* e estabelecer a adequada concentração para incremento de biomassa. O trabalho foi realizado na Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Ipameri, Goiás. As mudas de *Spondias tuberosa* com 60 dias de idade foram transferidas para vasos de 15 litros, contendo solo, areia e esterco, na proporção de 3:1:0,5, respectivamente. O experimento foi realizado em bancada a pleno sol, seguindo o delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos (aos 300 dias de idade as mudas foram tratadas com ácido giberélico nas concentrações de 0; 150; 300; 450; 600 e 750 mg L<sup>-1</sup>) e cinco repetições, as plantas foram irrigadas diariamente com volume de água correspondente a capacidade de retenção do substrato e determinada pela massa dos vasos. Aos 60 dias após imposição dos tratamentos as plantas foram analisadas. A giberelina acelerou o crescimento vegetativo das plantas e permitiu a formação de mudas com sistema radicular e xilopódio robustos, parte aérea vigorosa com maior número de folhas, área foliar e massa caulinar. O máximo acúmulo de biomassa em mudas de umbuzeiro ocorreu com aplicação de 415 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>.

**Palavras-chave:** *Spondias tuberosa*; Hormônio, Fruticultura, Caatinga, Endêmica.

## ABSTRACT

Fruticulture is one of the segments of the Brazilian economy that has been most prominent in the last years and continues in full evolution both with regard to the production of fresh fruits, as well as the industrialization of juices and nectars. The present study aimed to identify the effect of different concentrations of Gibberelic Acid ( $GA_3$ ) on the initial growth of *Spondias tuberosa* and establish the adequate amount of  $GA_3$  for biomass increase. The work was carried out at the State University of Goiás, Câmpus Ipameri, Goiás. *Spondias tuberosa* 60 days old seedlings were transferred to 15-liter pots containing soil, sand and manure, at a ratio of 3: 1: 0.5, respectively. The experiment was carried out in full sunshine, following the completely randomized design with six treatments (at 300 days of age, the seedlings were treated with gibberellic acid at concentrations of 0, 150, 300, 450, 600 and 750 mg L<sup>-1</sup>) and five replicates, the plants were irrigated daily with water volume corresponding to the retention capacity of the substrate and determined by vessel mass. At 60 days after imposition of the treatments the plants were analyzed. The gibberellin accelerated the vegetative growth of the plants and allowed the formation of seedlings with robust root system and xylopodium, vigorous aerial part with greater number of leaves, leaf area and stem mass. The maximum accumulation of biomass in umbuzeiro seedlings occurred with application of 415 mg L<sup>-1</sup> of  $GA_3$ .

**Keywords:** *Spondias tuberosa*; Plant regulator, Vegetative growth, Caatinga, Endemic.



## 1 INTRODUÇÃO

A fruticultura é um dos segmentos do agronegócio que mais tem se destacado nos últimos anos e continua em evolução tanto no que diz respeito à produção de frutas in natura, como na industrialização de sucos e néctares. O Brasil é o terceiro maior produtor com China e Índia sendo o 1º e 2º respectivamente, produzindo cerca de 40 milhões de toneladas/ano em aproximadamente 2,3 milhões de hectares (DERAL/SEAB, 2017). A produção de citros, exportação de suco de laranja, além da banana, melão, mamão, manga e a uva os quais possuem extensas áreas de produção. O setor proporciona 5,6 milhões de empregos diretos e representa 27% da mão-de-obra agrícola no país (MAPA, 2018).

Na região nordeste do Brasil onde predomina o bioma Caatinga que ocupa 70% da região e 11% do território brasileiro (LIMA et al., 2018), as frutas típicas são caju, maracujá do mato e umbu que geram renda para milhares de famílias da região. As áreas de Caatinga têm pluviosidade média de 600 mm/ano, com período chuvoso concentrado entre os meses de fevereiro e maio e as temperaturas médias são de 27° C (SOUZA et al., 2015). A região possui inúmeros meses de seca com restrição hídrica severa e limitação a exploração comercial de espécies sensíveis à seca.

De acordo com Vasconcelos et al. (2017) a vegetação que compõe o bioma caatinga é formado por plantas com características arbóreas e arbustivas, envolvendo especialmente árvores de médio porte e arbustos baixos, muitas das quais apresentam estruturas de proteção no caule e folhas como espinhos e acúleos. As plantas exibem microfilia e são xerófitas, porém as espécies vegetais desenvolvem não apenas um mecanismo de adaptação, mas vários mecanismos, o que proporciona a sobrevivência ao longo período de estiagem durante um ano.

Assim, em resposta aos períodos de estiagem característicos do clima semiárido, as plantas exibem determinadas modificações e adaptações anatômicas, morfológicas e fisiológicas, como perda de folhas, aprofundamento e extensão das raízes, expansão do caule e o ajuste do metabolismo osmótico devido as condições do ambiente e do clima, preservando assim a sobrevivência e proliferação das espécies (SILVA, 2016)

A espécie *Spondias tuberosa* é uma frutífera tolerante a seca e endêmica do Bioma Caatinga. A planta pode chegar a mais de 7 m de altura com copa medindo até 22 m de diâmetro. O tronco é atrofiado e retorcido com diâmetro de 0,3 a 1,4 m. A densidade natural varia entre 0,3 e 9 árvores por hectare (MERTENS et al., 2016). As flores são brancas, agrupadas, perfumadas, com néctar que é retirado pelas abelhas para se alimentarem. As raízes são importantes órgãos de reservas designados de xilopódios, túberas ou "batata". Os

frutos são arredondados, com pelos ou casca lisa e peso entre 5,5 a 130 g, sendo que deste peso 22% é constituído por casca, 68% de polpa e 10% pelo caroço. A frutificação ocorre entre os meses de janeiro a julho (SANTOS et al., 2018), com produtividade média de 300 kg de frutos/safra (ISNA, 2015).

Os frutos são conhecidos e apreciados, especialmente, no Norte e Nordeste do Brasil e possuem grande potencial para industrialização, difundido no mercado interno por meio da comercialização da polpa. Além de apresentarem sabor agradável e aroma característico, representam boa fonte de compostos bioativos e o consumo pode contribuir substancialmente na dieta (SILVA et al., 2012; TIBURSKI et al., 2011) e exibem apelo “exótico” para mercados de outras regiões do Brasil, como Sudeste e Sul.

A exploração do umbu é feita de forma extrativista, como uma importante fonte de renda complementar e de mão-de-obra familiar para as comunidades locais, em virtude da demanda crescente por frutos tropicais, aliado ao número cada vez maior de pequenas indústrias de processamento de frutas para produção de polpa. A venda do saco de umbu pesando 45 kg pode variar de R\$ 25,00 a R\$ 130,00 dependendo da região de cultivo (CONAB, 2018). Há uma demanda crescente por frutos tropicais, aliada ao número cada vez maior de pequenas indústrias de processamento de frutas para produção de polpa, o que faz dos produtos derivados do umbuzeiro um negócio rentável na região semiárida (LIMA et al., 2015).

O umbuzeiro é uma planta de ciclo de vida longo, estima-se que viva cerca de 150 anos com manutenção da vida produtiva por cerca de 100 anos. Por outro lado, o crescimento é considerado lento (ISNA, 2015). Cavalcanti et al. (2010) avaliaram por 10 anos o desenvolvimento de plantas de umbuzeiro após plantio no campo e constataram que, o crescimento inicial (nos primeiros anos) é muito lento. A demora para começar a produzir provavelmente deve-se ao intenso déficit hídrico do bioma, como constatado por Cavalcanti et al. (2015) que indicou decréscimo na massa de fruto, diâmetro e espessura da polpa quando submetidos ao déficit hídrico.

O uso de reguladores de crescimento em frutíferas é muito comum por proporcionar ações fisiológicas e bioquímicas que induzem acelerado crescimento, (TAIZ et al., 2017) apontam que a giberelina é o hormônio capaz de proporcionar alongamento e divisão celular, promovendo rápido desenvolvimento e crescimento vegetal. Neste contexto, Reis et al. (2016) destaca que o uso de bioestimulantes via foliar proporcionou rápido crescimento das mudas de maracujazeiro amarelo. Amaro et al. (2017) relatam que a aplicação de ácido giberélico ( $GA_3$ ) proporcionou em plantas de *Eucalyptus urocam* vigoroso crescimento vegetativo possibilitando maior estabelecimento em campo.

Portanto, a geração de práticas inovadoras de manejo para a cultura do umbuzeiro é de grande importância para despertar interesse dos fruticultores e alterar a exploração da espécie da condição extrativista para a categoria de planta cultivada. Além disso, é importante salientar a classificação da espécie como não domesticada, pois neste sentido as pesquisas podem elucidar aspectos ecofisiológicos relevantes e indispensáveis para a domesticação do umbuzeiro.

## 2 OBJETIVO

O presente estudo teve como objetivo identificar o efeito da aplicação de ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) no crescimento inicial de *Spondias tuberosa* e estabelecer a adequada concentração para incremento de biomassa

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Local do experimento

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação coberta com plástico transparente e nas laterais sombrite com 50% de atenuação da radiação solar na Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Ipameri (Lat. 17° 43' 19" S, Long. 48° 09' 35" W, Altitude de 773 m), Ipameri, Goiás. Esta região possui clima tropical com inverno seco e verão úmido (Aw), de acordo com a classificação de Köppen (CARDOSO, 2014).

#### 3.2 Desenho experimental

Inicialmente, as mudas de Umbuzeiro foram transplantadas em vasos de 15 litros contendo uma mistura de solo, areia e esterco na proporção de 3:1:0,5 respectivamente. Após realização da análise química do substrato procedeu-se a calagem e adubação conforme recomendações de Cruz et al. (2016). O experimento foi conduzido seguindo o delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos (plantas de *Spondias tuberosa* com 300 dias de idade foram tratadas com duas aplicações de 30 ml de solução por planta via foliar no intervalo de 30 dias nas concentrações de 0 mg L<sup>-1</sup>; 150 mg L<sup>-1</sup>; 300 mg L<sup>-1</sup>; 450 mg L<sup>-1</sup>; 600 mg L<sup>-1</sup> e 750 mg L<sup>-1</sup> em cinco repetições.

As plantas foram irrigadas diariamente com volume de água correspondente a capacidade de retenção do substrato e determinada pela massa dos vasos. Aos 60 dias após aplicação dos tratamentos os seguintes dados foram coletados: altura de plantas, comprimento da raiz e xilopódio, número de folhas, diâmetro do caule, área foliar, área foliar específica, biomassa total, razões de massa foliar, caulinar e radicular, carotenóides, clorofila total e densidade estomática.

#### 3.3 Variáveis analisadas

Altura de planta foi mensurada a partir da região de transição da raiz com o caule na base da planta rente ao solo (coleto) até o ápice do caule utilizando régua graduada, o comprimento de raiz e xilopódio utilizou-se a fita métrica, número de folhas foi obtido por contagem, diâmetro do caule foi mensurado na altura do coleto com o paquímetro digital e a área foliar foi aferida utilizando o aparelho CI-202 Portable Laser Leaf Area Meter. As análises destrutivas foram apuradas quando folhas, raízes e caules foram destacados e colocados para secar em estufa a 72 °C até atingir massa seca constante e, em seguida, pesados separadamente. Com os dados de massa seca foram calculadas a biomassa total somando-se as massas de todas as partes e as razões de massa foliar, caulinar e radicular dividindo-se a massa do órgão específico pela biomassa total. Para obtenção da área foliar

específica (AFE) foram retirados seis discos foliares de 1,2 cm de diâmetro cada de folhas totalmente expandidas, colocados em estufa para secagem e posteriormente determinada a AFE dividindo-se a área dos seis discos pela massa seca dos discos.

Para a determinação das concentrações foliares de clorofilas (Cl  $a+b$ ) e carotenoides totais, foram retirados dois discos de 0,6 cm de diâmetro cada de folhas totalmente expandidas e colocados em tubos de ensaio contendo 5 ml de dimetilsulfóxido. Posteriormente, foi feita extração em banho-maria à 65 °C por quatro horas e, em seguida, as alíquotas foram retiradas para leitura espectrofotométrica a 480, 646 e 665 nm. A avaliação das Cl  $a+b$  e carotenoides ocorreram seguindo a equação proposta por Wellburn, (1994).

A densidade estomática foi determinada através de contagem de estômatos situada em uma área de 1mm<sup>2</sup> com auxílio de microscópio óptico munido com câmara clara. As réplicas da superfície adaxial e abaxial das folhas foram obtidas com esmalte incolor para unhas na região do terço médio das folhas frescas logo após serem arrancadas da planta conforme recomendação de Borges et al. (2014).

### **3.4 Procedimentos estatísticos**

As análises de normalidade e variância foram processadas com testes de Shapiro-Wilk e F respectivamente. As análises de regressão linear ou quadrática para o experimento, cujo coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foi obtido pela divisão da soma de quadrados da regressão pela soma de quadrados de tratamento. Realizou-se a análise multivariada por meio da regressão múltipla utilizando-se uma matriz de correlação e o critério de seleção de modelo Forward Stepwise (SOKAL E ROLF, 1995) e componentes principais com uma análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA - ANDERSON, 2001). As análises estatísticas e a construção das figuras foram conduzidas utilizando os softwares R 3.4 (R CORE TEAM, 2018) e SigmaPlot 10.0.

## 4 RESULTADOS

O resumo da análise de variância para diâmetro do caule, área foliar, altura de planta, área foliar específica, biomassa, número e densidade estomática encontra-se na Tabela 1. O coeficiente de variação foi sempre igual ou inferior a 25% para todas as variáveis, demonstrando elevada confiabilidade dos dados. Todas as variáveis com exceção da densidade estomática apresentaram significativa diferença estatística pelo teste F à 5%, no entanto, a variável densidade estomática não se ajustou a nenhum modelo de regressão.

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância e teste de média para Diâmetro do Caule (DC), Área foliar (AF), Altura de planta (ALT), Área Foliar Específica (AFE), Biomassa da planta (BIO), Número de Folhas (Nº Folhas) e densidade estomática (DE) em plantas de *Spondias tuberosa* cultivadas sob diferentes concentrações de GA<sub>3</sub> (0; 150; 300; 450; 600; 750 mg L<sup>-1</sup>)

		Quadrados Médios						
Fonte de Variação	GL	DC (mm)	AF (m <sup>2</sup> )	ALT (cm)	AFE (m <sup>2</sup> kg <sup>-1</sup> )	BIO (g)	NF	DE (mm <sup>2</sup> )
Concentração	5	42,51*	68,47**	2632,2*	55,99*	89,33**	578,24**	700,54 <sup>ns</sup>
Erro	24	5,52	5,64	520,80	18,14	9,07	47,14	475,32
CV (%)		13,72	24,42	18,00	13,60	2,20	14,93	9,66
		Regressão						
Linear		ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
Quadrática		*	*	*	ns	*	*	ns

\*\*Significativo a 1% de probabilidade; \*significativo a 5% de probabilidade; ns = não significativo pelo teste de F.

Análise de variância para comprimento de raiz e xilopódio, razão de massa foliar, caulinar e radicular e concentrações foliares de carotenoides e clorofilas totais encontra-se na Tabela 2. A razão de massa caulinar e radicular não apresentaram diferença estatística pelo teste F e não se ajustaram aos modelos de regressão linear ou quadrático.

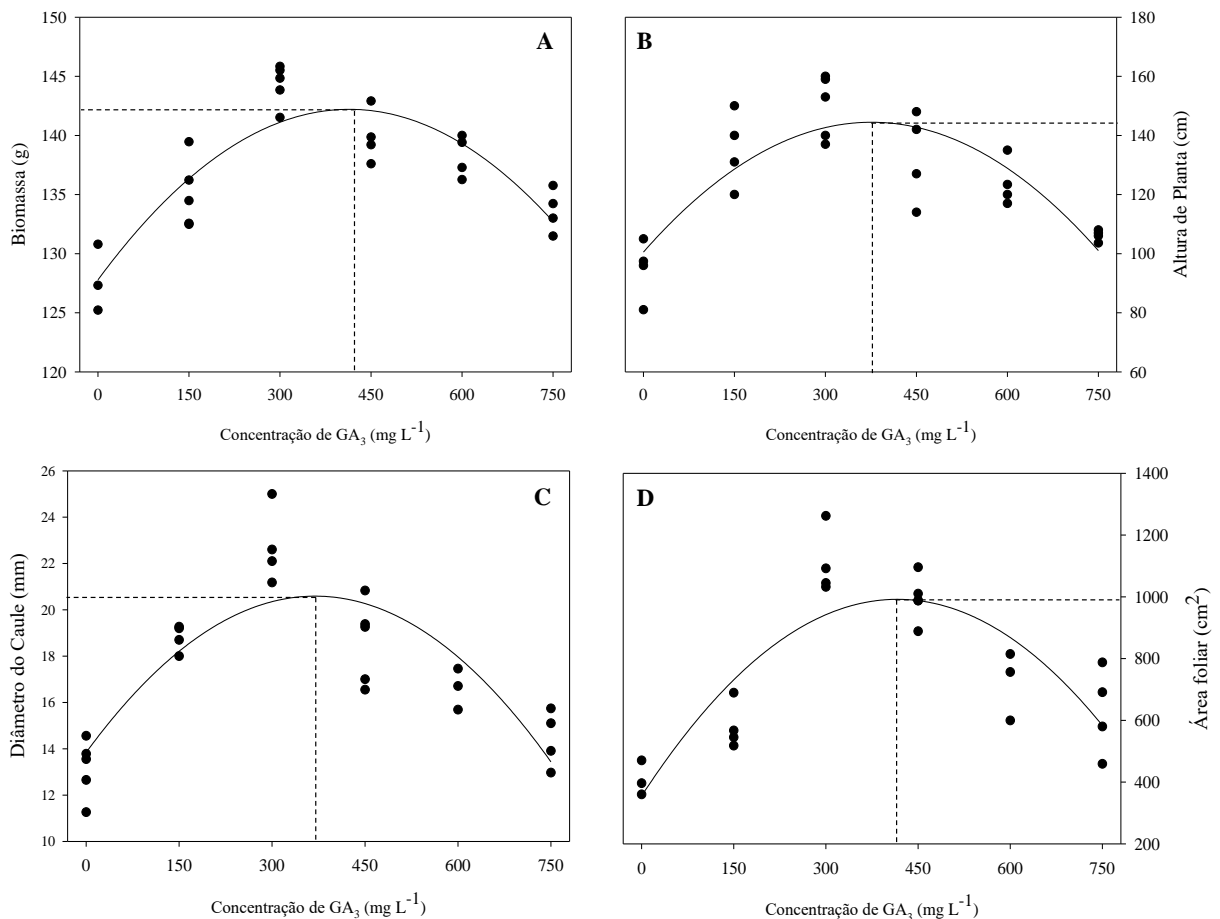
**Tabela 2.** Resumo da análise de variância e teste de média para Comprimento da raiz (CR), Comprimento do xilopódio (CX), Razão de Massa Foliar (RMF), Razão de Massa Caulinar (RMC), Razão de Massa da raiz (RMR), Carotenoides (CAR) e Clorofila Total (CLT) em plantas de *Spondias tuberosa* cultivadas sob diferentes concentrações de GA<sub>3</sub> (0; 150; 300; 450; 600; 750 mg L<sup>-1</sup>).

		Quadrados Médios						
Fonte de Variação	GL	CR (cm)	CX (cm)	RMF (g)	RMC (g)	RMR (g)	CAR (mg cm <sup>2</sup> )	CLT (mg cm <sup>2</sup> )
Concentração	5	203,26**	40,21*	0,00022*	0,003 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	5,09*	154,65**

Erro	24	26,34	8,39	0,00007	0,002	0,002	1,13	11,45
CV (%)		10,94	15,81	24,31	15,27	7,01	19,88	8,37
Regressão								
Linear		*	*	ns	ns	ns	ns	ns
Quadrática		*	*	ns	*	ns	*	*

\*\*Significativo a 1% de probabilidade; \*significativo a 5% de probabilidade; ns = não significativo pelo teste de F.

As curvas de regressão da Figura 1 demonstram que a biomassa, altura de planta, diâmetro do caule e área foliar apresentaram incrementos substanciais com o fornecimento de GA<sub>3</sub> no intervalo entre 0 e o respectivo ponto máximo de 390, 370, 413 e 415 mg L<sup>-1</sup>, em seguida, no espaço entre o ponto máximo e a concentração de 750 mg L<sup>-1</sup> ocorreu considerável redução no incremento de todas as variáveis citadas.

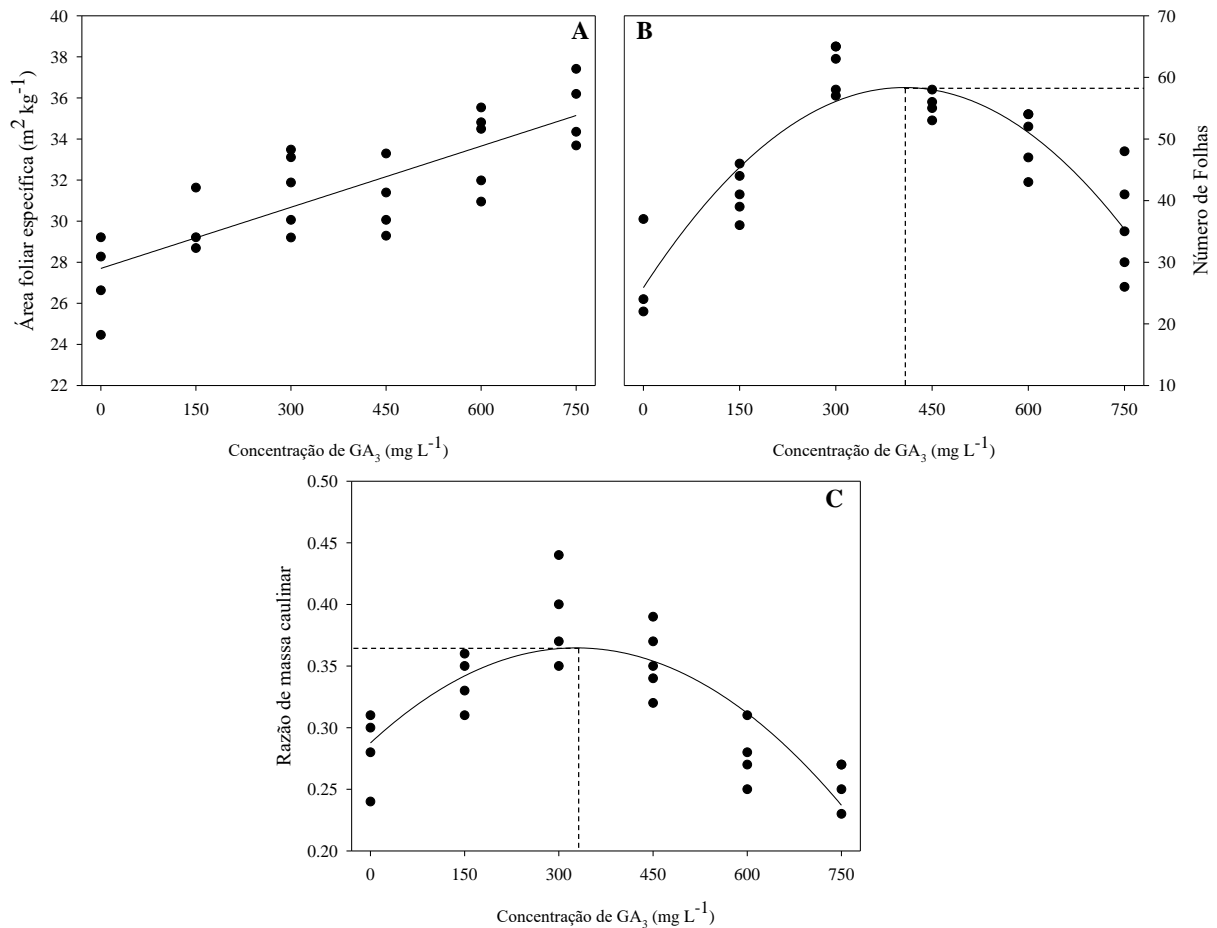


**Figura 01.** Equações de regressão da (A) biomassa ( $Y = 127,7817 + 0,0697x - 8,41 \times 10^{-5}x^2$ ,  $R^2 = 0,75^{**}$ ), (B) altura de planta ( $Y = 100,5250 + 0,2337x - 0,0003x^2$ ,  $R^2 = 0,70^{**}$ ), (C) diâmetro do caule ( $Y = 13,8419 + 0,0365x - 4,94 \times 10^{-5}x^2$ ,  $R^2 = 0,71^{**}$ ) e (D) área foliar ( $Y = 354,9540 + 3,0591x - 0,0037x^2$ ,  $R^2 = 0,70^{**}$ ) em plantas de *Spondias tuberosa* cultivadas sob diferentes concentrações de GA<sub>3</sub> (0; 150; 300; 450; 600; 750 mg L<sup>-1</sup>).

O acréscimo da concentração de GA<sub>3</sub> no intervalo de 0 ao ponto de máximo proporcionou aumento no número de folhas e razão de massa caulinar obtendo pontos

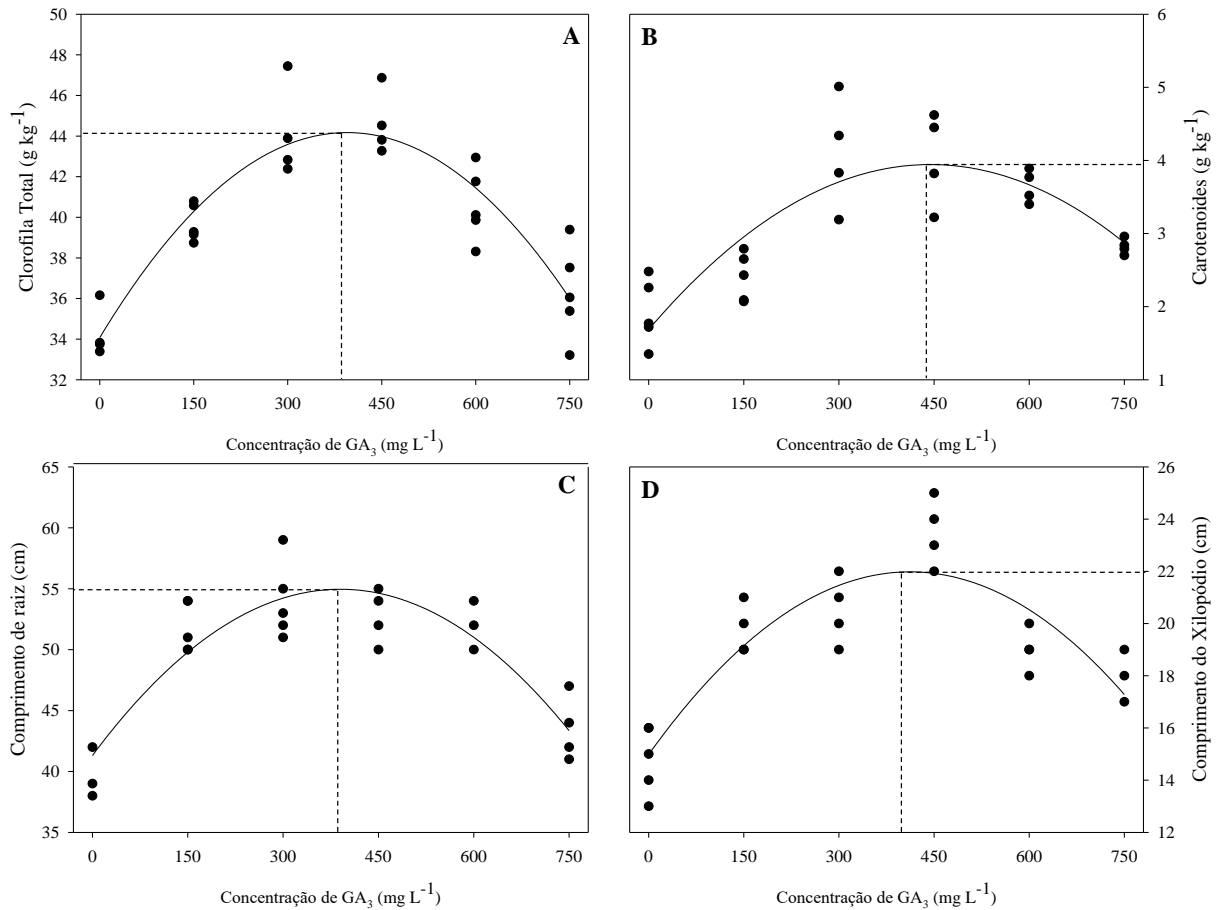


máximos com 399 e 349 mg L<sup>-1</sup> respectivamente, seguido por um acentuado decréscimo no incremento das variáveis até a concentração de 750 mg L<sup>-1</sup> (Figura 2). A área foliar específica demonstrou aumento linear com acréscimo substanciais até a máxima concentração de 750 mg L<sup>-1</sup>.



**Figura 02.** Equações de regressão da (A) área foliar específica ( $Y = 27,6990 + 0,0099x$ ,  $R^2 = 0,67^{**}$ ), (B) úmero de Folhas ( $Y = 25,8835 + 0,1595x - 0,0002x^2$ ,  $R^2 = 0,76^{**}$ ) e (C) razão de massa caulinar ( $Y = 0,2876 + 0,0005x - 7,17 \times 10^{-7}x^2$ ,  $R^2 = 0,67^{**}$ ) em plantas de *Spondias tuberosa* cultivadas sob diferentes concentrações de GA<sub>3</sub> (0; 150; 300; 450; 600; 750 mg L<sup>-1</sup>).

Na figura 3 é possível verificar que incrementos substanciais nos valores de clorofilas totais, carotenoides, comprimento de raiz e xilopódio foram obtidos no intervalo de 0 a 450 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>, com pontos máximos para as variáveis citadas nas concentrações de 396, 448, 390 e 412 mg L<sup>-1</sup> respectivamente, nas concentrações no intervalo entre 450 mg L<sup>-1</sup> e 750 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub> os valores de clorofilas totais, carotenoides, comprimento de raiz e comprimento do xilopódio foram reduzidos a níveis semelhantes a testemunha.



**Figura 03.** Equações de regressão da (A) clorofila total ( $Y = 34,0731 + 0,0512x - 6,47 \times 10^{-5}x^2$ ,  $R^2 = 0,82^{**}$ ), (B) carotenoides ( $Y = 1,6868 + 0,0102x - 1,14 \times 10^{-5}x^2$ ,  $R^2 = 0,70^{**}$ ), (C) comprimento do xilopódio ( $Y = 14,9840 + 0,0339x - 4,11 \times 10^{-5}x^2$ ,  $R^2 = 0,76^{**}$ ) e (D) comprimento de raiz ( $Y = 41,3133 + 0,0699x - 8,96 \times 10^{-5}x^2$ ,  $R^2 = 0,78^{**}$ ) em plantas de *Spondias tuberosa* cultivadas sob diferentes concentrações de  $GA_3$  (0; 150; 300; 450; 600; 750  $mg L^{-1}$ ).

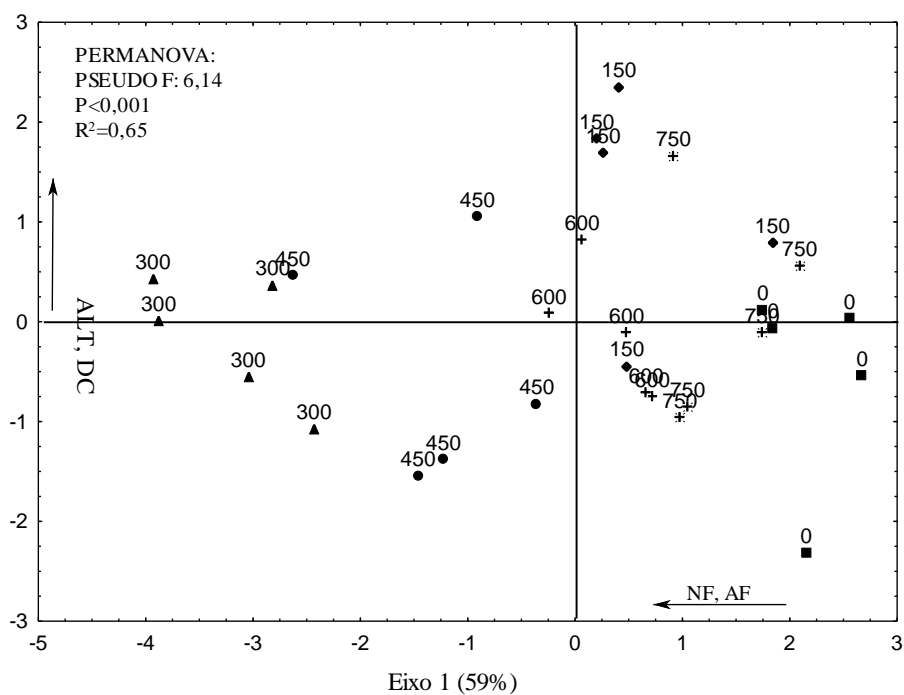
A análise de regressão múltipla avaliando a influência das variáveis analisadas para biomassa total da planta são mostradas na (Tabela 3). O modelo explicou 82% da variância na biomassa das plantas de *Spondias tuberosa*. Nota-se que área foliar, diâmetro do caule, razão de massa radicular, foram as variáveis que mais contribuíram para a biomassa.

**Tabela 3.** Modelo de regressão múltipla para avaliar o efeito das diferentes concentrações de  $GA_3$  (0; 150; 300; 450; 600; 750  $mg L^{-1}$ ) em plantas de *Spondias tuberosa*.

Biomassa						
(g)	$R^2 = 0,82$	$F(10,19) = 8,75$	$p < 0,0003$			
	Beta	Std.Err. of Beta	B	Std.Err. of B	t (19)	p-level
Intercept			-61,832	55,7513	1,10	0,28
AF	0,774	0,160	0,059	0,0123	4,816	0,000*
DC	0,697	0,159	5,367	1,2292	4,366	0,000*
RMR	0,611	0,125	279,339	84,4002	4,866	0,000*

\*Significativo a 5%, \*\* Significativo a 1%; Explicação do modelo  $R^2=0.82$ ; AF = Área Foliar; DC = Diâmetro do Caule; RMR = Razão de Massa Radicular

Na figura 4, a análise de componentes principais (PCA) mostra que o eixo 1 explica 59% da variação nos dados e o eixo 2, 18%. As plantas nos tratamentos com 300 e 450 mg  $L^{-1}$  de  $GA_3$  formaram um grupo localizado à esquerda do eixo 1, demonstrando crescimento em relação a variável altura e diâmetro do caule, enquanto aqueles com 0, 150, 600 e 750 mg  $L^{-1}$  de  $GA_3$ , ficaram concentrados à direita do eixo 1, onde as doses de  $GA_3$  apresentaram aumento no número de folhas e área foliar em relação a testemunha. A distribuição dos grupos foi significativa a 1% de probabilidade pela análise de PERMANOVA.



**Figura 4.** Análise de componentes principais (PCA) referente as diferentes doses de Ácido Giberélico ( $GA_3$ ) em *Spondias tuberosa*, ALT (Altura de Plantas), DC (Diâmetro do Caule), NF (Número de Folhas) e AF (Área Foliar). As setas indicam os sentidos em que cada variável aumenta em relação aos eixos, selecionando aquelas com contribuição acima de 30%.

## 5 DISCUSSÃO

Os hormônios são mensageiros químicos responsáveis por vários aspectos da regulação do crescimento e desenvolvimento vegetal. Portanto, o estudo dos mecanismos de funcionamento é crucial tanto para estudos básicos bem como aplicados. A giberelina é caracterizada como o hormônio do alongamento em células meristemáticas e jovens (TAIZ et al., 2017). As aplicações de GA<sub>3</sub> promoveram alterações significativas no crescimento vegetativo das plantas de *Spondias tuberosa* nas concentrações aplicadas.

As variáveis de crescimento representam fortes indícios da importância desse hormônio como prática promissora para reduzir o tempo juvenil da espécie e elevá-la a fase adulta vegetativa, investindo principalmente na parte aérea. Resultados análogos foram encontrados por Matos et al., (2015) onde observaram incremento significativo nas variáveis altura de planta, diâmetro do caule e biomassa em mudas de eucalipto tratadas com giberelina. Segundo ISNA (2015) e Cavalcanti et al., (2010) as mudas de *Spondias tuberosa* demonstram desenvolvimento lento, de forma que a aplicação foliar de ácido giberélico pode ser tornar uma opção viável para antecipar o estado juvenil das mudas.

A qualidade da muda é o resultado de sua altura, diâmetro do caule, número de folhas e disposição dos ramos. Com esses atributos em uma muda pré-formada, o pomar poderá ter sua primeira produção antecipada, com benefícios econômicos significativos. O caule é a fonte de energia para emissão de novas raízes e folhas (GOMES & KRINSKI, 2016) e segundo Souza et al., (2009) e Pires (2018) o ganho em diâmetro do caule favorece o estabelecimento de mudas no campo por torna-las mais robustas. Portanto, as aplicações de giberelina promoveram maior acúmulo de biomassa total, esta que é um importante variável de crescimento, visto que interfere na assimilação de carbono ao longo do tempo (MATOS et al., 2011).

Por estar ampliando a assimilação de carbono, absorção luminosa e o intenso crescimento é importante o aumento do comprimento da raiz e xilopódio proporcionado pelas concentrações de ácido giberélico tenha maior absorção de água, nutrientes e garantindo reservas em caso de estresses abióticos (CRUZ et al., 2016) sendo de grande importância para as mudas conseguirem superar as limitações que ocorrem na fase inicial dos transplantes. Melo et al., (2012) observou que o uso de hormônios auxilia no desenvolvimento do sistema radicular de *Spondias tuberosa*. Veras et al., (2018) indicam apropriado investimento em órgão fonte (folhas) e raízes, adicionalmente os xilopódios constituem-se em drenos inicialmente e fonte posterior de fotoassimilados para as partes jovens em crescimento.

Para suportar o desenvolvimento acelerado é importante o aumento da clorofila total e carotenóides em conjunto com o número de folhas e área foliar por estarem envolvidas com absorção de energia luminosa. As moléculas de clorofilas estão organizadas nas membranas dos tilacóides de modo a otimizar a absorção de energia luminosa e transferência de energia de excitação (SILVA JUNIOR et al.; 2018), logo maior fotossíntese e produção de assimilados, acarretando um rápido crescimento através do maior acúmulo de biomassa. No presente estudo com ausência de estresse é provável que os carotenóides pouco tenham atuado na fotoproteção, mas sim como acessórios das clorofilas.

O incremento da área foliar específica registrada neste estudo com o aumento das doses de giberelina certamente estão associadas com o acréscimo da eficiência de uso da radiação solar através de lâminas foliares menos espessas e com maior transmitância conforme relatado por Borges et al., (2014) em plantas de soja que apresentaram variações na área foliar específica.

Assim, o uso do ácido giberélico é uma alternativa bem-sucedida no manejo de *Spondias tuberosa*, proporcionando rápido crescimento, aumentando o vigor das mudas e assim leva-las a campo com maior probabilidade de sobrevivência. Porém novos estudos sobre sua ação em plantas de umbuzeiros carecem de ser realizadas em condições de campo.

## 6 CONCLUSÕES

A giberelina acelerou o crescimento vegetativo das plantas, reduzindo a fase juvenil e permitiu a formação de mudas com sistema radicular e xilopódio robustos e parte aérea vigorosa.

Os efeitos positivos da giberelina certamente favorecem o estabelecimento da planta em campo, dessa forma, recomenda-se o uso do ácido giberélico na produção de mudas de umbuzeiro na concentração de  $415 \text{ mg L}^{-1}$ .

## 7 REFERÊNCIAS

- ANDERSON, M. J. A. new method for non-parametric multivariate analysis of variance. **Austral ecology**, v. 26, n. 1, p. 32-46, 2001.
- AMARO, C. L.; CUNHA, S.D.; GRUPIONI, P.H.F.; SOUZA, P. V. DE.; D'ABADIA, K.L. BARROS,; I.B. MATOS, F.S. Análise do crescimento de mudas de Eucalyptus sp. submetidas a diferentes doses de giberelina. **Revista Agri-Environmental Sciences**, Palmas, v. 3, n. 1, 2017.
- BORGES, L. P.; CARMO, M. S.; TORRES JUNIOR, H. D.; RIBEIRO, R. P.; ROSA, V. R. ; MATOS, F.S. Caracterização Morfofisiológica de Populações de Pinhão Manso. **Revista Agrotecnologia**, v. 5, p. 75-86, 2014.
- CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação Climática de Köppen Geiger para o Estado de Goiás e o Distrito Federal. **ACTA Geográfica**, v. 8, n. 16, p. 40-55, 2014.
- CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M.; BRITO, L. T. L. O. crescimento de plantas de imbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) no semi-árido Pernambucano. **Engenharia Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 21-31, 2010.
- CAVALVANTI, N. M. S.; DUTRA, A. F.; MELO, A. S.; SILVA, F. G.; DUTRA, W. F.; JUNIOR, E. S. N. Aspectos agronômicos do meloeiro 'mandacaru' cultivado em ambiente protegido sob irrigação. **Irriga**, v. 20, n. 2, p. 261-272, 2015.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **CONJUNTURA MENSAL UMBU (FRUTO)**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-umbu>. Acesso em: 24/12/2018.
- CRUZ, F. R. S.; ANDRADE, L. A.; FEITOSA, R. C. Produção de mudas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* arruda câmara) em diferentes substratos e tamanho de recipientes. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 1, p. 69-80, 2016.
- DEPARTAMENTO DE ECONOMIA (DERAL) DA SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO DO PARANÁ (SEAB) apud FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Fruticultura**. 2017. Disponível em: <[http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/2017/Fruticultura\\_2016\\_17.pdf](http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/2017/Fruticultura_2016_17.pdf)>. Acesso em: 15 mar. 2019.
- INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIO (ISNA). **O umbuzeiro e o semiárido brasileiro**. Disponível em: <https://portal.insa.gov.br/images/acervo-livros/O%20Umbuzeiro%20e%20o%20Semi%20C3%A1rido%20brasileiro.pdf>. Acesso em: 07/12/2018.
- LIMA, M. A. C.; SILVA, S. M.; OLIVEIRA, V. R. Umbu - *Spondias tuberosa*. **Exotic Fruits**, v.1, n.1, p. 427-433, 2018.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Plano nacional de desenvolvimento da fruticultura**. Disponível em:

<http://www.agricultura.gov.br/noticias/mapa-lanca-plano-de-fruticultura-em-parceria-com-o-setor-privado/PlanoNacionaldeDesenvolvimentodaFruticulturaMapa.pdf>. Acesso em: 07/12/2018.

MATOS, F. S.; SILVA, D. Z.; SOUZA, B. R.; MOURA, D. R.; LOPES, V. A.; CARVALHO, D. D. C.; ARAUJO, M.S. Análise de crescimento, incidência de *Rhizoctonia sp.* e efeito antixenose para a formiga-cortadeira *Atta sexdens rubropilosa* F. Em clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* tratados com giberelina. **Revista Árvore**, v. 39, p. 915-922, 2015.

MATOS, F.S.; GAMBOA, I.; RIBEIRO, R.P.; MAYER, M.L.; NEVES, T.G.; LEONARDO, B.R.L.; SOUZA, A.C. Influência da intensidade luminosa no desenvolvimento de mudas de *Jatropha curcas* L. **Agrarian**, v. 4, n. 14, p. 265- 272, 2011.

MELO, A. P. C.; SELEGUINI, A.; CASTRO, M. N.; MEIRA, F. A.; GONZAGA, J. M. S.; HAGA, K. I. Superação de dormência de sementes e crescimento inicial de plântulas de umbuzeiro. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 4, p. 1343-1350, 2012.

MERTENS, J.; GERMER, J. FILHO, J. A. S.; SAUERBORN, J. *Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae), a threatened tree of the Brazilian Caatinga?. **Brazilian Journal of Biology**, v. 77, n. 3. p. 542-552, 2016.

GOMES, E. N.; KRINSKI, D. Propagação vegetativa de *Piper umbellatum* L. (PIPERACEAE) em função de substratos e comprimentos de estacas. **Revista Scientia Agraria**, v. 17 n. 3, p. 31-37, 2016.

PIRES, E. S. **Crescimento de mudas de umbuzeiro sob doses crescentes de giberelina**. 2018. 20f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Instituto Federal Baiano, Guanambi, 2018.

PORTO, A. H.; JÚNIOR, A. W.; NETO, C. K.; SILVA, M.; STEFANI, A. R.; FABIANE, K. C. Giberelina e substratos na produção e qualidade de mudas de araçazeiros amarelo e vermelho. **Colloquium Agrarie**, v. 14, n. 1, p. 35-48, 2018.

R CORE TEAM. A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. abr. 2017. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em 23 mai. 2017.

REIS, J. M. R.; RODRIGUES, J. F.; REIS, M. A. Doses e formas de aplicação de bioestimulantes na produção de mudas de maracujazeiro. **Cultura agrônômica**, v. 25, n. 3, p. 267-274, 2016.

SANTOS, E. F.; ARAÚJO, R. R.; LEMOS, E. E. P.; ENDRE, L. Quantificação de compostos bioativos em frutos de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.) e Cajá (*Spondias mombin* L.) nativos de alagoas. **Ciência Agrícola**, v. 16, n. 1, p. 21-29, 2018.

SILVA, M. G. **Uma análise do bioma caatinga no município de gado bravo-PB através do índice de vegetação por diferença normalizada**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual de Paraíba – Campina Grande.



SILVA, F. V. G.; SILVA, S. M.; SILVA, G. C.; MENDONÇA, R. M. N.; ALVES, R. E.; DANTAS, A. L. Bioactive compounds and antioxidant activity in fruits of clone and ungrafted genotypes of yellow mombin tree. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 32, n. 4, p. 639-646, 2012.

SILVA JUNIOR, V. E.; VENDRUSCOLO, E. P.; SEMENSATO, L. R.; CAMPOS, L. F. C.; SELEGUINI, A. Esterco bovino como substrato alternativo na produção de mudas de melão. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 39, n. 2, p. 112-119, 2018.

SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. **The principles and practice of statistics in biological research**. San Francisco: WH Freeman and company, Fourth edition, p. 222-223, 1995.

SOUZA, B. I.; MENEZES, R.; ARTIGAS, R. C. Efeitos da desertificação na composição de espécies do bioma Caatinga, Paraíba/Brasil. **Investigaciones Geográficas**, v. 1, n. 88, p. 45-69, 2015.

SOUZA, H. A.; NATALE, W.; PRATO, R. M.; ROZANE, D. E.; ROMUALDO, L. M. HERNANDES, A. Efeito da calagem sobre o crescimento de goiabeiras. **Revista Ceres**, n. 56, v. 3, p. 336-341, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia Vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.

TIBURSKI, J. H.; ROSENTHAL, A.; DELIZA, R.; GODOY, R. L. O.; PACHECO, S. Nutritional properties of yellow mombin (*Spondias mombin* L.) pulp. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2326-2331, 2011.

VASCONCELOS, A. D. M.; HENRIQUE, I. G. N.; SOUSA, M. P. de; SANTOS, W. de S.; SANTOS, W. de S.; RAMOS, G. G. R. Caracterização florística e fitossociológica em área de caatinga para fins de manejo florestal no município de São Francisco-PI. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 13, n. 4, p. 329-337, 2017.

VERAS, M. L. M.; MENDONAA, R. M. N.; SILVA, S. M.; FIGUEREDO, L. F.; ARAUJO, V. L.; PEREIRA, W. E.; DE MELO FILHO, J. S.; ANDRADE, R. Propagation of Umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.), a native plant to Brazilian semi-arid regions, using ethephon and indolebutyric acid (IBA). **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 4, p. 602-609, 2018.

WELLBURN, A. R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Journal of Plant Physiology**, v. 144, n. 3, p. 307-313, 1994.