



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA - UFRA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**MARCELO MORITA LINDOLFO**

**PRODUTIVIDADE E NUTRIÇÃO DE AÇAIZEIRO IRRIGADO EM FUNÇÃO DE  
DOSES DE BORO NO NORDESTE PARAENSE**

**BELÉM  
2017**

**MARCELO MORITA LINDOLFO**

**PRODUTIVIDADE E NUTRIÇÃO DE AÇAIZEIRO IRRIGADO EM FUNÇÃO DE  
DOSES DE BORO NO NORDESTE PARAENSE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Rodrigues Fernandes

Coorientador: Prof. Dr. Gilson Sergio Basto de Matos

**BELÉM  
2017**

**MARCELO MORITA LINDOLFO**

**PRODUTIVIDADE E NUTRIÇÃO DE AÇAIZEIRO IRRIGADO EM FUNÇÃO DE  
DOSES DE BORO NO NORDESTE PARAENSE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Antonio Rodrigues Fernandes – Orientador  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

---

Dra. Edna Santos de Souza  
EXTERNO AO PROGRAMA - UFRA

---

Dr. Walter Velasco D. Silvestre  
EXTERNO AO PROGRAMA - UFRA

---

Dra. PATRICIA RIBEIRO MAIA  
EXTERNO A INSTITUIÇÃO - UFPA

**BELÉM  
2017**

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b>	
<b>ABSTRACT</b>	
<b>1 CONTEXTUALIZAÇÃO</b>	<b>6</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>8</b>
<b>2.1 Manejo do açazeiro</b>	<b>8</b>
<b>2.2 Adubação e nutrição mineral do açazeiro</b>	<b>9</b>
<b>2.3 Boro nas plantas</b>	<b>10</b>
<b>3 INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>16</b>
<b>4.1 Área de estudo</b>	<b>16</b>
<b>4.2 A fertirrigação</b>	<b>17</b>
<b>4.3 Delineamento experimental</b>	<b>19</b>
<b>4.4 Amostragem</b>	<b>19</b>
<b>4.5 Avaliações</b>	<b>20</b>
<b>4.6 Análises químicas e granulométricas</b>	<b>22</b>
<b>4.7 Análises estatísticas</b>	<b>24</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>24</b>
<b>5.1 Produtividade</b>	<b>24</b>
<b>5.2 Análises estatística dos teores médio no solo e folha após o tratamento com boro</b>	<b>27</b>
<b>6 CONCLUSÕES</b>	<b>30</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>31</b>

## RESUMO

No Estado do Pará, o açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) é cultivado principalmente em solos de baixa fertilidade natural, sendo o boro (B) um dos nutrientes mais limitantes da produtividade. O objetivo foi avaliar a produtividade e a nutrição mineral do açazeiro de cultivo irrigado submetido a doses de B. O ensaio foi montado no município de Tomé-Açu, no Nordeste paraense. O delineamento experimento foi em blocos ao acaso com quatro tratamentos (0, 20, 40 e 60 g/touceira de B) e cinco repetições, com 16 touceiras adultas por parcela. Foram realizadas análises de solo e folhas 17 meses após a adubação com B. A adubação influenciou os teores na planta e também a produção do açazeiro, sendo a dose para o máximo rendimento agrônômico de 30 g<sup>-1</sup> de B por touceira e a dose mais econômica de 24 g<sup>-1</sup> de B por touceira para uma produção de 5423 kg ha<sup>-1</sup> e 5360 kg ha<sup>-1</sup> de fruto fresco de açai respectivamente. A produtividade com a dose mais econômica correspondeu a 99% daquela obtida com a dose para o máximo rendimento agrônômico.

**Palavras-chave:** *Euterpe oleracea*, adubação com boro, irrigação, cultivo em terra firme

## **ABSTRACT**

In the State of Pará, the açai tree (*Euterpe oleracea* Mart.) Is cultivated mainly in soils with low natural fertility, with boron (B) being one of the most limiting nutrients of productivity. The objective of this study was to evaluate the productivity and mineral nutrition of the irrigated crop harvester submitted to doses of B. The experiment was carried out in the municipality of Tomé-Açu, in the Northeast of Para. The experimental design was a randomized block design with four treatments (0, 20, 40 and 60 g / clump of B) and five replications, with 16 adult clots per plot. Soil and leaf analyzes were performed 17 months after fertilization with B. Fertilization influenced the plant contents and also the production of the açazeiro, being the dose for the maximum agronomic yield of 30 g<sup>-1</sup> of B per clump and the highest dose economic yield of 24 g<sup>-1</sup> of B per clump for a production of 5423 kg ha<sup>-1</sup> and 5360 kg ha<sup>-1</sup> of fresh açai fruit respectively. The productivity with the most economical dose corresponded to 99% of that obtained with the dose for the maximum agronomic yield.

**Key-words:** *Euterpe oleracea*, fertilization with boron, irrigation, cultivation on dry land

## 1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O açazeiro é uma palmeira amazônica de grande importância socioeconômica e ocorre naturalmente em terras baixas, em solos de várzea com boa fertilidade natural devido à deposição de sedimentos pelas marés altas (OLIVEIRA et al., 2007). A crescente demanda do mercado consumidor pelo fruto do açazeiro, cuja produção até recentemente era obtida somente do extrativismo, em áreas de várzeas, levou os produtores a cultivá-lo em terra firme. Entretanto a maioria dos plantios comerciais ocorre em solos de baixa fertilidade natural (ARAUJO et al., 2016).

O plantio de açazeiro em áreas de terra firme é uma alternativa para o aproveitamento de áreas já desmatadas, incluindo aquelas abandonadas, e também na redução da pressão sobre o frágil ecossistema de várzea, evitando sua transformação em bosques homogêneos dessa palmeira. Outra vantagem no plantio de açazeiros em áreas de terra firme está relacionada com a facilidade de transporte rodoviário e de beneficiamento, sem depender do transporte fluvial mais lento (HOMMA et al., 2006).

Nas áreas de terra firme, o cultivo econômico do açazeiro torna importante a irrigação, que possibilita a aplicação de adubo via água ou fertirrigação. Essa prática reduz os custos operacionais e aumenta a produtividade. Porém este sistema de manejo ainda não dispõe de informações e tecnologias suficientes para o melhor equilíbrio entre os nutrientes, o que tem resultado em deficiências de alguns elementos. Nesses cultivos, dentre as deficiências nutricionais, a carência de B é a mais frequente (VIÉGAS et al., 2009) causando inibição das regiões meristemáticas e encarquilhamento de folhas jovens.

Em relação aos fatores que causam essa deficiência de B está a falta de informação sobre as exigências nutricionais do açazeiro, o que leva os produtores a não realizarem adubação adequada ou fazê-la de forma aleatória, com doses sub ou superestimadas. Outra hipótese sobre adubação, é que o uso contínuo de KCl como fonte potássica, tal como ocorre em plantios de coqueiro e de dendezeiro no Estado do Pará pode provocar diminuição da absorção de B (VELOSO et al., 2009).

Outro fator que pode levar a deficiência do B é o déficit hídrico, por reduzir a eficiência na absorção, pois esse nutriente é transportado em quase sua totalidade por fluxo de massa (MALAVOLTA et al., 1997) e no caso das áreas irrigadas, manejo inadequado da lâmina de água e/ou fertirrigação. Soma-se aqueles fatores o fato do B ser um elemento móvel no solo e

está sujeito à lixiviação, particularmente em solos com predomínio de partículas arenosas, em regiões de alta precipitação pluviométrica (ROSOLEN & BIGIANE, 2014), como é o caso da região amazônica.

Na região do Nordeste paraense, o cultivo de açazeiros tem sido em terra firme e com uso da fertirrigação, com isso é importante o acompanhamento do estado nutricional das plantas, visando um melhor equilíbrio entre os nutrientes. A análise de solo é o ponto de partida para a avaliação da fertilidade do solo, enquanto que a avaliação do estado nutricional da planta pela análise química ou diagnose foliar é complementar (FONTES, 2016), na calibração das adubações. Além desses aspectos, o conhecimento das exigências nutricionais da cultura se torna indispensável para a otimização do uso da fertilização.

Apesar da importância da cultura do açazeiro para a economia paraense, dispõe-se de poucos resultados de pesquisa que deem sustentação ao cultivo da cultura em terra firme, quanto a adubação e nutrição da planta, sobretudo aos micronutrientes como o B, principalmente em ambiente irrigado. Os resultados de produção, concentrações de nutrientes no solo e teores nas plantas em função de doses de B constituem informações importantes para melhoria na adubação na cultura do açazeiro, otimizando a produção, redução de custos e impacto ambiental.

#### **Hipóteses da Pesquisa:**

- Doses crescente de B aplicadas em cultivo irrigado, influenciam os teores de B no solo, nas folhas e a produção do açazeiro;
- A partir de doses de B aplicadas em cultivo irrigado, é possível estabelecer a quantidade que proporciona maior eficiência agrônômica e econômica.

#### **Objetivos:**

- Avaliar a produção e a nutrição mineral do açazeiro cultivado em terra firme em área fertirrigada, em função da adubação com boro.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Manejo do açaizeiro

Nas áreas de várzeas sujeitas a inundações diárias o manejo dos açaizeiros com adubação para aumentar a produtividade tem sérias limitações, principalmente nos locais de influencias das marés, que podem arrastar os nutrientes. Além disso, a contínua exportação de macro e micronutrientes pela retirada dos frutos, tem colocado em risco a sustentabilidade da produção em longo prazo, uma vez que a reposição dos nutrientes tem sido somente a partir dos sedimentos deixados pelas frequentes inundações diárias e das palhadas de açaizeiros (HOMMA et al., 2009).

O manejo de nutrientes do açaizeiro, tanto nas áreas de várzeas, como no cultivo em terra firme, ainda necessita de muitas informações para que a planta possa expressar todo seu potencial de produção. Em solos não sujeito a inundação, cujo cultivo que tem mais se expandido, os estudos precisam avançar muito em relação aos requerimentos nutricionais.

Além disso, o melhoramento de plantas de açaí buscando alta produtividade para o cultivo em terra firme também precisa avançar. No mercado, os materiais genéticos disponíveis apresentam muita variabilidade de produtividade sendo eles o açaí branco, açaí roxo ou comum, açaí açu, açaí chumbinho, açaí espada, açaí tinga e açaí sangue de boi (OLIVEIRA et al., 2002).

A Embrapa Amazônia Oriental iniciou nos anos 1980 um programa de pesquisas envolvendo genética e melhoramento de açaizeiro, que resultou na criação da cultivar de “BRS Pará”, lançada em 2005, e que começou a ser muito utilizada em áreas de terra firme (EMBRAPA, 2017). Esta primeira cultivar de açaizeiro apresenta produção de frutos precoce, com a primeira frutificação aos três anos após o plantio; produtividade estimada em torno de 10 t/ha/ano, a partir do 8º ano de plantio e; rendimento de polpa variando de 15 a 25%, valores superiores aos obtidos no sistema tradicional de exploração na várzea.

Outro aspecto importante quanto ao manejo do açaizeiro em terra firme, segundo Souza & Jardim (2007), é a disponibilidade limitante de água no solo ao longo do ano. Dessa forma, é aconselhável o uso de irrigação, principalmente nos locais onde o período de estiagem é prolongado, como nas regiões com clima Ami e Awi (MELO SOUZA et al., 2013).

Em avaliação do custo operacional do açaizeiro irrigado de cinco anos após o plantio em Tomé-Açu/PA, no primeiro e segundo ano posterior ao início da microaspersão, a produtividade de frutos foi de 11 kg/touceira e 28,23 kg/touceira, respectivamente (HOMMA

et al, 2009). É importante ressaltar que com a irrigação ocorre maior obtenção de frutos na entressafra que gera vantagens para o produtor na comercialização do açaí.

## **2.2 Adubação e nutrição mineral do açaizeiro**

Embora se constitua em fonte básica de alimento para a população amazônica e produto atrativo para o mercado internacional, raros são os estudos que abordam a nutrição mineral de plantas de açaizeiro no campo (BRASIL et al., 2008, VELOSO et al., 2009). No estado do Pará a recomendação oficial de adubação para o açaizeiro (VIÉGAS e BOTELHO 2010) é a única orientação disponível sobre o manejo dos fertilizantes nessa cultura, porém no campo, na maioria dos casos, a adubação é tratada de forma empírica. Informações na literatura relacionadas ao efeito da adubação na produção do açaizeiro são inexistentes, bem como o uso de micronutrientes, como o B.

Em plantas jovens de açaizeiro no campo, Veloso et al. (2009) verificaram que para o os dois primeiros anos de cultivo a dose média de adubo potássico deve ser maior (144 g/touceira de  $K_2O$ ), que o do fosfatado (107 g/touceira) e nitrogenado (84 g/touceira de N), o que reflete em melhor desenvolvimento da planta, concordando com os dados de adubação na recomendação de Viégas e Botelho (2010). Esse resultado é coerente com a maior exigência potássica de palmeiras no geral (BROSCHAT, 2009). Na palma de óleo, por exemplo, em plantas na fase produtiva a taxa de exportação de K chega a 108 kg ha<sup>-1</sup> de  $K_2O$  (VIEGAS, 2001). Considerando a eficiência da adubação através do cloreto de potássio (60% de  $K_2O$  solúvel em água) de 50%, infere-se que a demanda pela adubação potássica nessa espécie é muito elevada.

Veloso et al. (2009) também observaram que a dosagem média de micronutrientes para plantas jovens no campo é de 10 g/touceira aplicado via FTE e que o aumento de doses de K no solo não acompanhado pelo aumento de B, e vice-versa, causam inibição no crescimento do açaizeiro. Isso indica uma possível interação negativa entre esses nutrientes que, por sua vez, é pouco relatada (FAGERIA, 2001). Sobre esse problema, há indícios que a deficiência de B ocorre quando o teor desse micronutriente no solo é baixo, e o crescimento da planta, promovido pela adição de K, não é acompanhado pelo fornecimento de adubo boratado (DALIPARTHY et al., 1994).

Assim como a adubação de açaizeiro, os estudos de nutrição das plantas se concentram na fase juvenil (OLIVEIRA et al., 2002). Foi constatado que a matéria seca vegetal foi limitada

pela deficiência nutricional na seguinte ordem:  $K > Mg > P > N > Ca > S$  (OLIVEIRA et al., 2012). Em omissão de nutrientes no crescimento e estado nutricional de mudas de açaizeiro cultivado em latossolo amarelo argiloso, Araujo et al. (2016) verificaram a falta de N, P e Ca como mais limitantes ao crescimento das plantas. Nesse trabalho foi também evidenciado que os nutrientes mais acumulados pelas plantas jovens de açaizeiro foram o  $N > K > S > Ca > Mg > P > Mn > Zn > B > Cu$ . Já em estudo realizado por Viégas et al. (2004) também em latossolo em casa de vegetação, foi verificado que os macronutrientes mais limitantes para o crescimento de açaizeiros foram o P, N, K e Mg e Mn.

Em termos de teores nutricionais adequados ao açaizeiro ainda não foram estabelecidos padrões para diagnóstico foliar. Em estudo realizado por Brasil et al. (2008) com açaizeiro no Pará foi observado que os teores médios de nutrientes nos folíolos constaram em g/kg de 27,3 de N; 1,86 de P; 7,1 de K; 8,86 de Ca; e 1,46 de Mg. Entretanto esse trabalho considerou populações naturais, ou seja, sem um manejo padrão de adubação. Estabelecimento de valores de referência foliares são fundamentais ao açaizeiro, sobretudo para micronutrientes os quais nada se tem de informação.

Estudo realizado com a palmeira juçara (*Euterpe edulis* Martius), também da família *Arecaceae*, no litoral centro-norte de Santa Catarina, Zambonim (2011) verificou que de forma geral a sequência de nutrientes exportadas pelas colheitas em  $kg\ t^{-1}$  de frutos frescos de *E. edulis* foi 6,56; 6,17; 3,31; 2,18 e 0,85, respectivamente para K, N, Ca, P e Mg. Seguiu a tendência de outras espécies como cafeeiro (*Coffea arabica*), dendezeiro (*Elaeis guineenses*) e macieira (*Pyrus malus* L), isto é,  $K > N > Ca > P > Mg$  (MALAVOLTA, 1984).

### 2.3 Boro nas plantas

O Boro (B) é um micronutriente não metal, caracterizado por seu comportamento aniônico e na solução do solo, o ácido bórico ( $H_3BO_3$ ) é a forma dominante. Esse ácido é muito fraco ( $pK_1 = 9,24$ ) e apenas acima de pH 7,0 pode ocorrer sua dissociação e o aparecimento da forma  $H_2BO_3^-$  (RAIJ, 2011). Por apresentar na forma de ácido bórico não dissociado, é portanto, o único nutriente que ocorre na solução do solo na forma neutra.

Por esta razão, é um micronutriente muito susceptível a perdas por lixiviação, e ao que tudo indica o B é absorvido pelas plantas na forma de  $H_3BO_3$  e seu transporte na solução ocorre predominantemente por fluxo de massa (FURTINI NETO et al., 2001). Os teores de B no solo são variados e este elemento não se encontra uniformemente distribuído na crosta terrestre.

Em amostras de solo superficiais, coletadas em várias partes do mundo, foram constatados teores totais desse micronutriente variando de  $1\text{mg/kg}^{-1}$  a  $467\text{mg/kg}^{-1}$  com valores médios entre  $9\text{mg/kg}^{-1}$  e  $85\text{mg/kg}^{-1}$ . Grande parte do B total em solos, encontra-se no mineral turmalina, muito resistente ao intemperismo e, portanto, de difícil dissolução. Ressalta-se, também, que os teores muito elevados do elemento ocorrem em regiões áridas. O B é adsorvido às partículas do solo como ácido bórico, com mais intensidade em óxidos hidratados de ferro e alumínio. Parte do B disponível fica retido pela matéria orgânica; não obstante, com exceção do cloro, este é o mais móvel dos micronutrientes (RAIJ, 2011).

Geralmente, reações de adsorção governam a concentração de B na solução do solo e, portanto, definem a predisposição do elemento para absorção pelas plantas e o seu potencial de mobilidade no solo. Óxido e hidróxidos de Fe, Al e Mn adsorvem grande quantidade de B (GOLDBERG & GLAUBIG, 1985; KEREN & BINGHAM, 1985; GOLDBERG et al., 1993), e segundo Keren & Mezuman (1981), a caulinita é caracterizada pela baixa capacidade de adsorção de B (apud SOARES et al., 2008).

Nas plantas o B desempenha funções como crescimento das células, principalmente nas regiões mais novas da planta, gemas, pontas das raízes, a polinização, desenvolvimento das sementes, formação da parede celular, florescimento e pegamento da florada, crescimento dos ramos e frutos, tudo depende do B (FERNANDES et al., 2013). Especificamente no processo de crescimento reprodutivo a germinação do grão de pólen e do desenvolvimento do tubo polínico existe muita dependência do B para promover a deposição da parede celular. O nível crítico de B para germinação do grão de pólen varia de  $3\mu\text{g}^{-1}$  (milho) até  $50 - 60\mu\text{g}^{-1}$  (videira). No tubo polínico, o B é requerido para inativar a calose, formando-se complexos de B-calose; caso contrário, tem-se a síntese de fitoalexinas (fenóis) inibindo o crescimento do tubo polínico. Assim, muitas vezes a exigência de B pelas plantas no período reprodutivo é mais crítica que no período vegetativo (PRADO, 2008).

O Boro é o único nutriente que satisfaz apenas o critério indireto de essencialidade, sendo que ainda não foi demonstrada a participação do B na constituição de enzimas e nem como ativador enzimático e está relacionado a uma série de processos fisiológicos das plantas tais como: transporte de açúcar, síntese da parede celular, lignificação, estrutura da parede celular, respiração, metabolismo de carboidratos, metabolismo de RNA, metabolismo de ácido indolacético, metabolismo de compostos fenólicos, metabolismo de ascorbato, fixação de nitrogênio e diminuição da toxicidade de alumínio (MARSHENER, 1995).

Ainda pode ser que alguns dos efeitos nos processos fisiológicos em que a ausência de B esteja relacionada não ocorram de forma direta e sim sejam efeitos secundários (ALVES, 2009).

O movimento do B nas plantas ocorre pelo xilema e é predominantemente transportado via fluxo de transpiração, que é afetado, principalmente, pela temperatura e intensidade luminosa, pelo conteúdo de água no solo e pela umidade relativa (ASAD et al., 2001). E uma vez absorvido, o B na forma  $H_3BO_3$  tem transporte unidirecional, por meio da corrente transpiratória (PRADO, 2008). O transporte do boro no xilema das raízes envolve processos passivos e ativos que regulam o movimento do boro por membranas; por outro lado, a distribuição de boro em nível celular depende de extensões que permitem a passagem do transporte ativo e passivo e formação de cisdiol (ALVES, 2009). Estes compostos são itóis (álcoois de açúcar) como: sorbitol (macieira), manitol (brócolis) e dulcitol (SIEBENEICHLER et al, 2005).

Já no floema o boro junto com o cálcio e o manganês, vinha sendo até recentemente como um dos clássicos exemplos de nutrientes imóveis, parcialmente em consequência do fluxo unidirecional da corrente transpiratória (FONTES, 2016). Entretanto, Brown et al., 1997 comentam que a produção e a translocação de polióis (manitol, sorbitol, dulcitol) irão influenciar a mobilidade de boro no floema das plantas e que em geral, plantas com alta capacidade de produzir estes polióis toleram mais deficiência de boro. Os itóis (manitol, sorbitol e dulcitol) são considerados compostos de estoque formados durante o processo fotossintético e transportados pelo floema em plantas superiores, sendo utilizados na nutrição heterotrófica e na osmorregulação (LOESCHER et al., 1995). Portanto o B se moveria ligado a esses itóis.

Em determinadas espécies, principalmente do gênero *Malus*, *Prunus* e *Pyrus*, o boro é retranslocado no floema, resultado da complexação e co-transporte do complexo móvel B-poliol (BROWN & HU, 1994) e que esta é uma característica espécie dependente (FONTES, 2016). Boaretto et al, 2004 em estudos de transporte e redistribuição de boro em laranja verificou que esse elemento tem redistribuição limitada no floema ao passo que pelo xilema foi mais eficiente em nutrir partes jovens da planta.

Espécies que não produzem e, conseqüentemente, não transportam polióis (tomate, por exemplo) não apresentam mobilidade de boro no floema (FONTES, 2016). Já trigo e canola, por exemplo, apresentam alta mobilidade de boro no floema, capazes de formar o complexo borato-sacarose, um quelato orgânico (STANGOULIS et al., 2010). Como o boro tem mobilidade limitada na maioria das plantas, acumulando-se nas folhas mais velhas e um dos

primeiros sintomas de deficiência de B é a inibição ou a paralização da alongação das raízes (MARSCHNER, 2012).

Quanto a sintomatologia de plantas deficientes em boro foram observadas que plantas jovens de coco (PINHO, 2008) e pupunha (FERNANDES et al, 2013) mesma família do açaí, apresentaram menor crescimento, com folhas mais grossas e mais quebradiças, ápices de folhas mais novas necrosadas e amarelecimento de folhas mais antigas da ponta para o centro do limbo. Em plantas jovens de açaí também foi observado redução de crescimento, além da redução da circunferência do coleto na ausência de boro e que nas plantas com deficiência de boro, o teor foliar foi de 12 mg kg<sup>-1</sup> de B e nas sem deficiência de 18 mg kg<sup>-1</sup> de B (VIEGAS et al, 2008).

Em um estudo de Ribeiro, 2017 para determinação de zonas de manejo para açaizeiro em fase produtiva, com base na geoestatística e análise foliar, foi observado que as faixas de teores mais recorrentes para boro foram de 47 a 57 mg kg<sup>-1</sup>.

Quanto aos excessos de B é comum encontrar na literatura relatos do limite pequeno entre a dose adequada e a tóxica. Fageria (2000) avaliou em diversas culturas anuais como arroz (*Oriza sativa*), feijão (*Phaseolus vulgaris*), milho (*Zea Mays*), soja (*Glycine max*) e trigo (*Triticum spp*) os efeitos do B no solo e na parte aérea, confirmando que as faixas de doses adequadas e tóxicas são próximas, 0,4 – 4,7 e 3 – 8,7 mg B kg<sup>-1</sup> no solo, respectivamente. E os níveis tóxicos de B na parte aérea estão entre 20 a 153 mg B kg<sup>-1</sup>, para as cinco culturas avaliadas. Este mesmo autor cita que os sintomas de excessos de B se caracterizam como clorose malhada (200 mg kg<sup>-1</sup>) e depois manchas necróticas (>1500 mg kg<sup>-1</sup>) nos bordos das folhas mais velhas (regiões de acúmulo de B), em razão da maior taxa de transpiração. Salienta-se que a toxicidade de B pode ser confundida com a deficiência de K, e pode ser semelhante também a deficiência de Ca, com queima dos bordos das folhas (em alface), além disso, pode induzir deficiência de Zn (PEREIRA et al., 2005).

### 3 INTRODUÇÃO

O açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) é uma palmeira nativa da Amazônia brasileira que se destaca pela grande ocorrência em áreas de várzeas e por produzir importante alimento para as populações locais, consumido em natura e na forma de sucos, além de ser fonte de matéria prima para a agroindústria de palmito (ARAUJO et al., 2016). Em 2015, a produção nacional de frutas de açaí, no Brasil, totalizou mais de um milhão de toneladas, sendo o principal produtor o estado do Pará (91,6%), com área de 154 mil ha (IBGE, 2015). O expressivo interesse atual pela cultura do açazeiro proporcionou mudanças em seu manejo pelos produtores nas várzeas, com grande expansão de cultivo em áreas terra firme.

No estado do Pará, os plantios racionais de açazeiro são, principalmente, em Latossolo Amarelo, de baixa fertilidade natural, o que torna imprescindível o bom manejo da adubação visando alta produtividade. Para tanto, é necessário conhecer as exigências nutricionais, bem como os nutrientes mais limitantes para o cultivo em terra firme (ARAUJO et al., 2016). Na região do Nordeste paraense, sobretudo na microrregião de Tomé Açu, o cultivo de açaí em terra firme vem ganhando cada vez mais espaço. Nessa região tem sido observado que o Mn, Ca e B, foram os nutrientes com maior frequência de deficiência em áreas fertirrigadas (RIBEIRO, 2017). A importância do B na nutrição do açazeiro, já tinha sido destacada, a partir da ocorrência dos sintomas de deficiências em cultivo com Latossolo Amarelo (VIEGAS et al., 2008; VIEGAS et al., 2009).

A deficiência de B em açazeiros jovens mostraram redução de altura e coleto nas plantas. Tais reduções se devem ao papel do B no crescimento meristemático, participação no funcionamento das membranas celulares e atividade da ATPase (VIEGAS et al., 2008). Os mesmos autores observaram que a omissão do B foi caracterizada por pequenos riscos brancos na parte mediana das folhas mais novas, as quais se apresentaram menores, deformadas e mais espessas e com a intensidade da deficiência, os riscos se juntaram formando faixas. Em dendezeiros, faixas brancas nos folíolos têm sido caracterizadas como deficiência de B (VIEGAS & BOTELHO, 2000).

Em plantas produtivas de açaí são escassos estudos com boro, porém as sintomatologias descritas em coqueiro (*Cocos nucifera*) e dendezeiros, como folíolos com extremidades unidas e, em deficiência mais grave, os folíolos da base da ráquis de folhas novas diminuem de tamanho e começam a apresentar deformações e/ou enrugamentos no coqueiro (SOBRAL,

1998). No dendezeiro, folhas mal formadas e enrugadas também são atribuídas a deficiência de B (RODRIGUES et al., 2006).

O B é adsorvido às partículas do solo como ácido bórico, com mais intensidade em óxidos hidratados de ferro e alumínio. Parte do B disponível fica retido pela matéria orgânica; não obstante, com exceção do cloro, este é o micronutriente mais móvel no solo (RAIJ, 2011). O B é absorvido pelas raízes nas formas  $H_3BO_3$ ,  $H_2BO_3^-$ ,  $B(OH)_4^-$  entretanto, a maior absorção ocorre na forma de ácido bórico ( $H_3BO_3$ ) e seu transporte no solo ocorre predominantemente por fluxo de massa (OERTLI & GRGUVIC, 1975). Desta forma, garantir umidade no solo, na maior parte do período do ciclo da cultura e fornecer o micronutriente em doses contínuas possibilitará maior eficiência na adubação com o B.

A deficiência de B, entre os micronutrientes é a mais frequente em solos no Brasil. Por ser um elemento móvel no solo está sujeito à lixiviação, particularmente em solos com predomínio de partículas arenosas e em regiões de muita chuva (RAIJ, 2011). Tais características edafoclimáticas são comuns na microrregião de Tomé Açu – PA. Esse nutriente é um dos que mais limita a produtividade das palmeiras (BROSCHAT, 2007). Além disso, a adubação potássica, tendo como fonte o cloreto de potássio, tem reduzido a disponibilidade de B, em cultivos de coqueiro e de dendezeiro no estado do Pará (VELOSO et al., 2009), problema que pode se estender ao açaizeiro por pertencerem a mesma família. Em outras culturas tem sido observado redução do teor de B foliar em função do aumento do teor foliar de K, devido a adubação potássica, como na cultura da laranjeira (*Citrus sinensis*). Estes autores relataram que ainda não foi identificado qual mecanismo fisiológico na planta é responsável por esse efeito (BOAREATTO et al., 2004; QUAGGIO et al., 2011).

Em virtude da grande exigência de B pelas plantas da família Arecaceae e a dinâmica do elemento no solo, a aplicação de B deve ser bem planejada nas áreas de produção de açaizeiro, principalmente nas áreas cultivadas. Em geral, é comum a deficiência de B provocar redução da produtividade da cultura (VIEGAS et al., 2004). Por se tratar de um micronutriente, o limite entre o teor adequado e a toxidez para as plantas é muito estreito (SILVA et al., 2015), o que torna muito importante o manejo da fertilidade do solo para definição da quantidade de B a ser aplicada (FURTINI NETO et al., 2001; BRUNES et al., 2016).

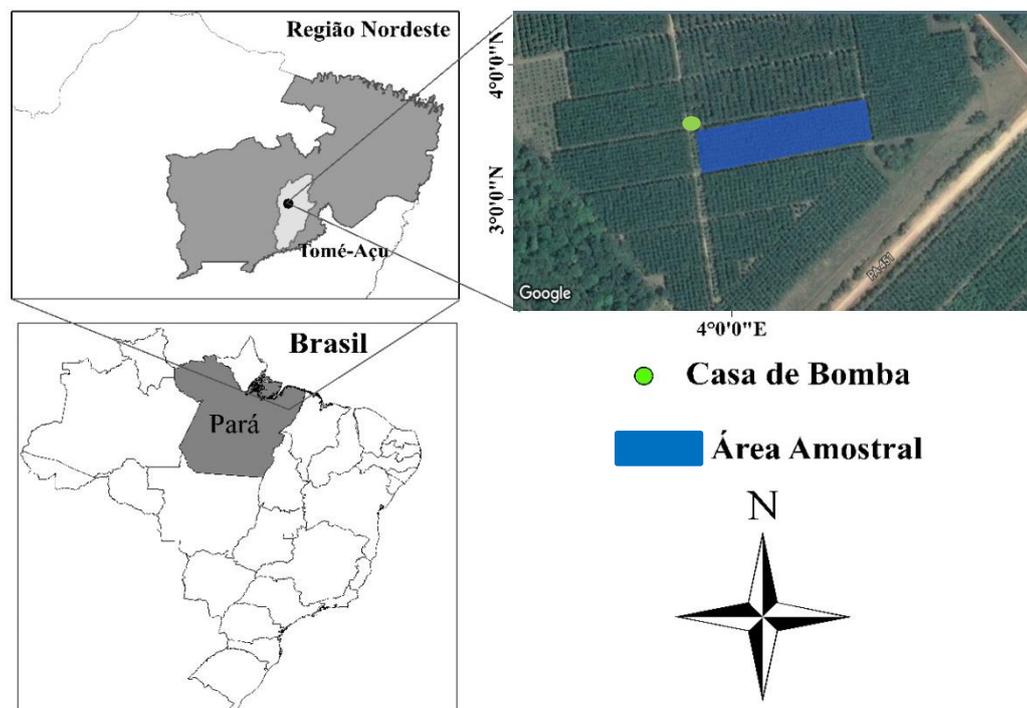
Para culturas cuja exploração racional ainda é relativamente recente e as informações são escassas, como para a cultura do açaizeiro, a definição da dose mais adequada de micronutrientes como o B, tem grande relevância para produção de baixo impacto ambiental e

de maior rentabilidade. O objetivo foi avaliar a produtividade e a nutrição mineral do açaizeiro submetido a doses de B, aplicado via adubação com bórax.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

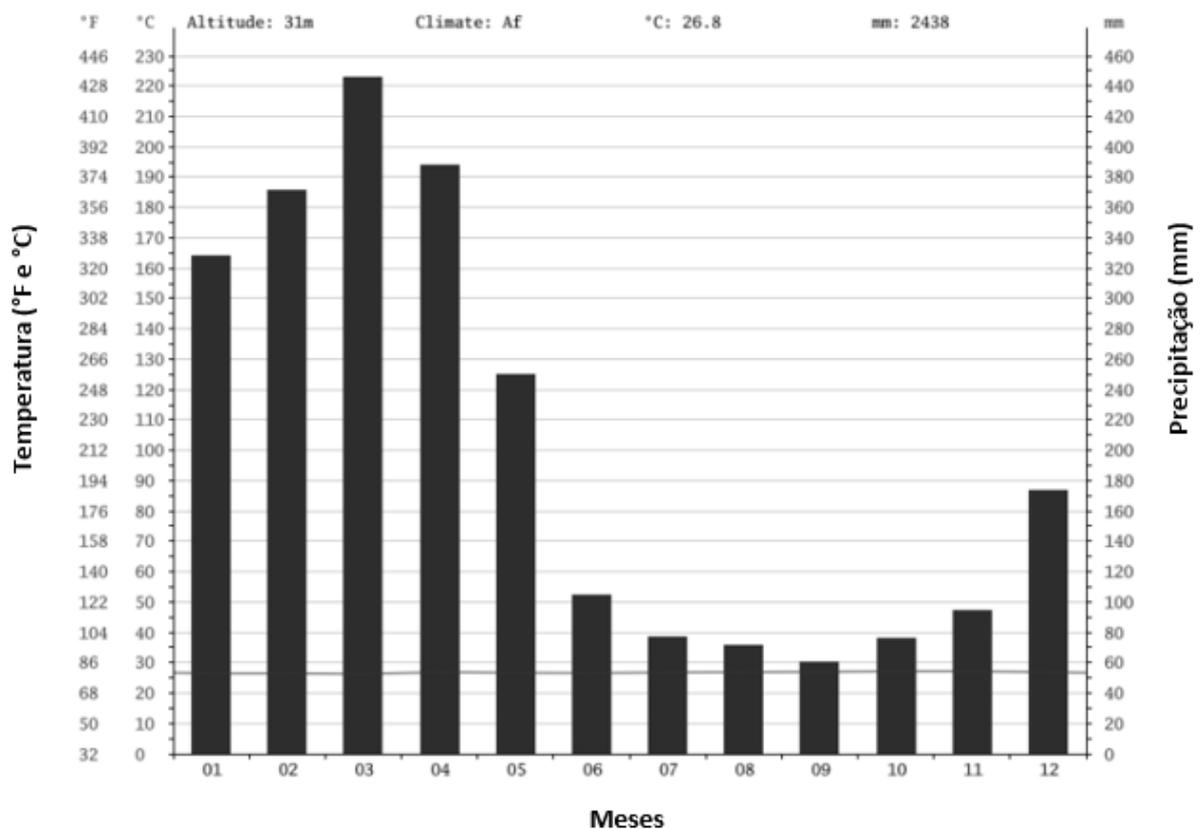
### 4.1 Área de estudo

O ensaio foi montado em um talhão de uma fazenda de exploração comercial, considerada como modelo de uma cooperativa agrícola local, no município de Tomé-Açu, Nordeste paraense ( $02^{\circ}28'43,6''$  S e  $48^{\circ}18'16,8''$  W) (Figura 1). Na área de estudo, as plantas apresentavam oito anos após o plantio, em plena fase produtiva, cujas mudas foram provenientes de sementes de açaizeiros nativos. O clima predominante na região é o tipo Ami, segundo a classificação de Köppen, com temperatura média de  $26,4^{\circ}\text{C}$ , umidade relativa do ar variando entre 71 e 91% e pluviosidade média de 2617,9 mm, cuja concentração das chuvas ocorre nos primeiros meses do ano (Figura 2). O solo da área foi classificado segundo Embrapa (2013), como Latossolo Amarelo Distrófico, textura média.



**Figura 1.** Plantio de açaizeiro fertirrigado, com detalhe em azul para o ensaio experimental e o ponto de captação de água para a irrigação (casa de bomba) em Tomé Açu, nordeste do Pará.

O plantio do açazeiro foi com espaçamento de 5 x 5 m e a adubação via fertirrigação, com fertilizantes hidrossolúveis, fornecidos em quantidades por touceira/ano, a partir do 5º ano. Na época do plantio, foi usado 200 g de fosfato reativo (10% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> solúvel em ácido cítrico e 30% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total) por cova, e nos primeiros cinco anos de cultivo foi aplicado via adubação manual, aproximadamente 232 g, sendo 40, 112 e 80 g/touceira/ano de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente.



**Figura 2.** Climograma de Tomé açu. Fonte: <https://pt.climate-data.org/location/43982/>

## 4.2 A fertirrigação

Para suprir a demanda hídrica do açazeiro no período de estiagem foi instalada irrigação no plantio com idade a partir do 5º ano. O sistema de distribuição consta de micro-aspersores com intensidade de aplicação de 2,8 mm h<sup>-1</sup>, ou seja, 70 L h<sup>-1</sup> de água, e o tempo de irrigação foi de 1 h e 30 min, o que fornecia 105 L de água por touceira de açáí. Este fornecimento de água atende 84% da evapotranspiração máxima. O ponto de captação de água foi um poço artesiano, sendo que o sistema de irrigação, na ausência de parâmetros para a cultura, foi

dimensionado considerando parâmetros empíricos, onde se levou em consideração a evapotranspiração local máxima de 5 mm dia e o coeficiente de cultura (Kc) igual a 1.

A fertirrigação foi realizada semanalmente, cuja programação de aplicação compreendeu frações do total dos nutrientes, no total de 52 aplicações anuais. Esse período compreende uma aplicação a cada 7 dias e de janeiro até dezembro. As injeções da solução de fertilizantes foram realizadas através de bomba multi-estágio modelo Booster de 1 cv para evitar perdas de cargas no sistema e desuniformidade na lâmina de irrigação durante a aplicação.

As doses de nutrientes foram definidas conforme o boletim de recomendação de adubação da Embrapa Amazônia Oriental (2007). Embora as recomendações sejam para adubação sólida, as quantidades de nutrientes foram atendidas através de fertilizantes com boa solubilidade, próprios para fertirrigação (Tabela 1).

**Tabela 1.** Fontes e doses de nutrientes usados na fertirrigação.

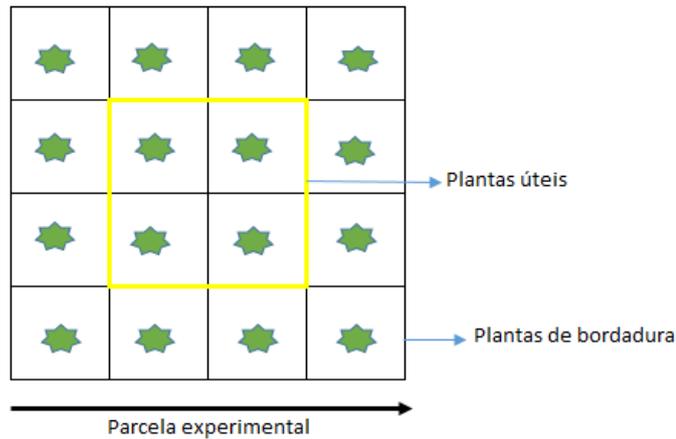
Fontes	Dose	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	S	Ca	Mg	B
kg/touceira/ano								
Sulfato de potássio (50% K <sub>2</sub> O + 17% S)	0,065			0,033	0,011			
Res. Ferm. Glutamato Monossódico + Amônia + Ácido Sulfúrico (17% N, 3% K <sub>2</sub> O + 8% S)	0,06	0,010		0,002	0,005			
Monofosfatopotássico (52% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 34% K <sub>2</sub> O)	0,20		0,104	0,068				
Nitrato de magnésio (11% N + 9,3% Mg)	0,35	0,039					0,033	
Nitrato de Potássio (12% N + 43% K <sub>2</sub> O)	0,25	0,030		0,108				
Ácido Bórico (17% B) *	0,075							0,013
Nitrato de cálcio (17% N + 19% Ca)	0,15	0,026				0,029		
<b>Total (kg/touceira)</b>	<b>1,15</b>	<b>0,105</b>	<b>0,104</b>	<b>0,211</b>	<b>0,016</b>	<b>0,029</b>	<b>0,033</b>	
<b>Total (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>460</b>	<b>42</b>	<b>41,6</b>	<b>84,4</b>	<b>6,4</b>	<b>11,6</b>	<b>13,2</b>	<b>00,13</b>

\* Eliminado da fertirrigação ao iniciar o tratamento com boro no solo.

A adubação com boro foi eliminada da fertirrigação na área experimental na última semana do mês de março de 2016, ou seja, um mês antes de iniciar o tratamento. A adubação com o B foi realizada utilizando o fertilizante Boráx (10% de B), fornecido de forma fracionada, manualmente em três aplicações, exceto no T1 (Tratamento 1), sendo a primeira no dia 21 abril, a segunda no dia 26 de maio e a terceira no dia 25 de junho, do ano de 2016, o mesmo período adotado pelos produtores e técnicos na região que é a aplicação da adubação no período chuvoso.

### 4.3 Delineamento experimental

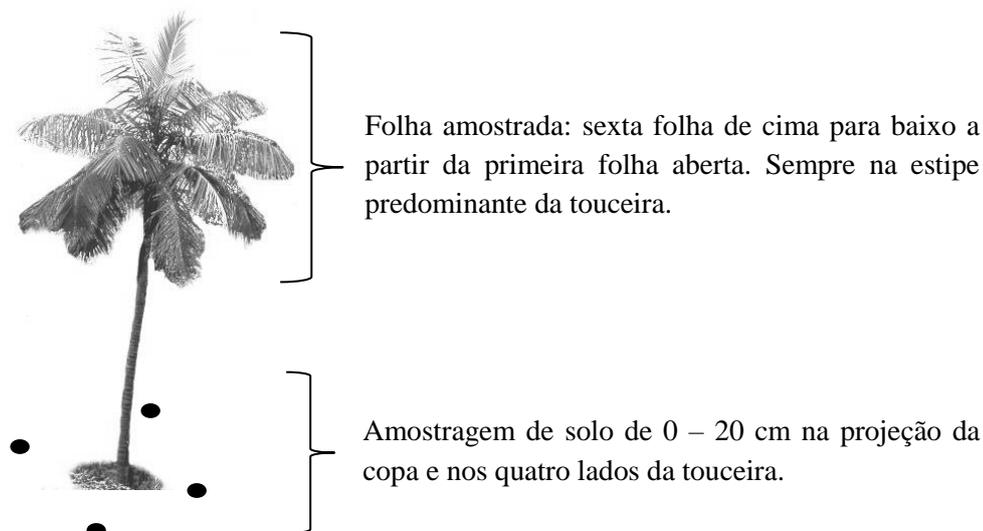
O delineamento do experimento foi em blocos ao acaso com quatro tratamentos (T1, o controle, sem adição de B e adição de 20, 40 e 60 g/touceira de B em T2, T3 e T4, respectivamente), cinco repetições, sendo que 16 touceiras constituíram cada parcela. As plantas da bordadura foram excluídas para amostragem de solo, folhas e produção, considerando apenas as 4 touceiras do centro da parcela, como plantas úteis (Figura 3).



**Figura 3.** Parcela experimental com detalhe das touceiras com plantas úteis e plantas de bordadura.

### 4.4 Amostragem

As amostras foliares foram compostas, formadas pelas quatro touceiras úteis de cada unidade experimental. E com base com o que é praticado na região por algumas empresas de assistência técnica agrícola, foram tomadas como referência ou diagnóstica, as folhas médias (com a contagem de cima para baixo), correspondendo as folhas de número seis como porção mediana de um total de 12 folhas, sempre na terceira estipe dominante da touceira, totalizando 20 amostras compostas para cada uma das 20 unidades experimentais. Da mesma forma as amostras de solo constituíram de amostras compostas das quatro touceiras de cada unidade experimental, com profundidade de 0 a 20 cm, também totalizando 20 amostras (Figura 4).



**Figura 4.** Esquema da amostragem de folha e solo em açazeiro

#### 4.5 Avaliações

Uma amostragem de solo e folha foi realizada em janeiro de 2016, antes do tratamento com B, e uma segunda amostragem em novembro de 2017, ou seja, após 17 meses da última aplicação de B. Este intervalo é o tempo necessário para formação dos frutos (JARDIM & ANDERSON, 1987; OLIVEIRA et al., 1998; OLIVEIRA et al., 2002) que foram colhidos em novembro, dezembro de 2017 e janeiro de 2018.

Os cachos de frutos frescos das 4 touceiras das áreas consideradas como útil foram colhidos e pesados em novembro, dezembro de 2017 e janeiro de 2018. Cada touceira ocupava uma área de 25 m<sup>2</sup>, desta forma as 4 touceiras ocupavam juntas 100 m<sup>2</sup> e as produções de frutos frescos de cada tratamento foram estimadas para 10 000 m<sup>2</sup> através da diferença média entre cachos vazios e cachos cheios.

O período de colheita foi de novembro a janeiro, o mesmo observado por Homma et al. (2006) como aquele que concentra 85% da produção anual (novembro = 30%, dezembro = 30% e janeiro = 25%), em uma área de açazeiro irrigado e produtivo no município de Santo Antônio do Tauá, também Nordeste paraense. Portanto foram acrescentados mais 15% na produção afim de estimar a produção de frutos em kg ha<sup>-1</sup> ano.

A produtividade máxima agrônômica (PMA) do açazeiro, com relação a aplicação de B e produtividade, teor de B e produtividade foi obtido através da função do 2º grau na forma  $y = ax^2 + bx + c$ , ou seja,  $y = -1,17381x^2 + 104,39x + 3856$ , e  $y = -208,4x^2 + 6194,4x - 40551$

respectivamente; onde para determinar o ponto máximo foi utilizado a expressão matemática  $X_v = - (b/2a)$  e  $Y_v = - (\Delta/4a)$ .

Para determinar a produtividade mais econômica (PME) com o nutriente B utilizou-se as informações e considerações de Rajj (1991) e Zebarth et al. (1991). Neste estudo, considerou-se o preço do kg de frutos frescos de açaí pago pela indústria local (CAMTA - Cooperativa agrícola mista de Tomé Açu) no valor de R\$ 1,50 na safra 2017/2018. O custo do kg do fertilizante comercial Bórax (B 10%) foi de R\$ 3,14 no ano da aplicação (2016). Transformando o valor (R\$) por kg do nutriente B o valor é R\$ 31,4. Acrescentou-se os custos de aplicação, cuja diária homem para aplicação de fertilizante é R\$ 60,00 o ha<sup>-1</sup>, considerando que cada hectare tem 400 touceiras e foram três aplicações de Bórax, o custo da aplicação por touceira foi de R\$ 0,45, perfazendo um total (boro + aplicação) de R\$ 31,85. Com o objetivo de atenuar os problemas de variação cambial e de oscilação nos preços do mercado, trabalhou-se, porém, com uma relação de troca ao invés da moeda corrente, buscando-se assim dados mais estáveis. Dessa maneira, a “moeda” utilizada nos cálculos, durante o estudo, foi o próprio açaí, considerando-se a seguinte relação de equivalência: kg de B aplicado / kg de frutos fresco de açaí pago pela indústria igual a R\$31,85 / R\$1,50 = 21,23.

A dose mais econômica foi calculada com base na derivada da equação de regressão ( $y = a_2 x^2 + a_1 x + a$ ) entre a produção de frutos de açaí e as doses de B aplicadas, tornando-a igual à relação de troca, ou seja:  $dy / dx = a_1 + 2a_2x =$  relação de troca. Conforme informações de Rajj (1991) e Natale et al. (1996) a dose mais econômica ( $x'$ ), foi então calculada pela expressão matemática:

$$x' = \frac{a_1 - \text{relação de troca}}{2 \cdot (-a_2)}$$

Onde,  $x'$  = dose mais econômica do adubo, relação de troca é o valor 21,23,  $a_1$  e  $a_2$  são os valores 104,39 e 1,7381 respectivamente das funções do gráfico entre produção de frutos de açaí e doses de B.

A produtividade máxima econômica (PME) foi calculada através da diferença percentual entre o lucro obtido na produtividade máxima agrônômica (PMA) e o lucro obtido na dose mais econômica, ambos em kg de frutos fresco de açaí por ha<sup>-1</sup>. Tanto as produções para a PMA quanto para a PME foram subtraídas da produção com dose zero e na sequencia cada um subtraído do equivalente em frutos de açaí para o investimento na dose do adubo

(Bórax) tanto para se obter a PMA quanto para a PME, para só então calcular a diferença percentual entre as duas produções.

#### **4.6 Análises químicas e granulométricas**

As amostras vegetais foram submetidas à digestão com solução de ácido sulfúrico para determinação do teor de N e nitroperclórica para os demais nutrientes, exceto B. O teor de boro, após digestão via seca, foi determinado por colorimetria (método da Azometina-H). O N foi determinado por destilação pelo método Kjeldahl, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu e Zn por absorção atômica e S por espectrometria pelo método da turbidimetria (MALAVOLTA et al., 1997). E as análises de solo foram realizadas conforme: pH na relação solo/CaCl<sub>2</sub> 1:2,5; matéria orgânica pelo método Walkley e Black; P, K, Cu, Fe, Mn e Zn pela solução Mehlich-1; Ca e Mg pela solução KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; o S por fosfato de cálcio; o B pela água quente; areia, silte e argila pelo método da pipeta (EMBRAPA, 2011). As concentrações médias das análises químicas do solo na camada de 0 – 20cm e os teores nas folhas dos tratamentos, estão na Tabela 2 e as análises granulométricas também da camada de 0-20 cm, bem como pH e MO dos tratamentos estão na Tabela 3.

Conforme observado na Tabela 3, o valor de pH varia de 5,36 a 5,78, classificado como acidez forte a média, matéria orgânica com exceção da média do T2, que está médio, os demais restantes enquadram-se como baixo e com o teor de argila entre 240 a 274 g kg<sup>-1</sup>, solo de textura média (EMBRAPA, 2013).

**Tabela 2.** Teores médios das análises químicas das folhas e solo dos tratamentos

<b>Solo</b>	<b>Média</b>	<b>Folha</b>	<b>Média</b>
Ca (cmol dm <sup>-3</sup> )	3,78	N (g kg <sup>-1</sup> )	19,4
Mg (cmol dm <sup>-3</sup> )	0,94	P (g kg <sup>-1</sup> )	1,79
K (mg dm <sup>-3</sup> )	128,8	K (g kg <sup>-1</sup> )	8,96
P (mg dm <sup>-3</sup> )	241	Ca (g kg <sup>-1</sup> )	4,89
V (%)	69,85	Mg (g kg <sup>-1</sup> )	0,94
CTC (cmol dm <sup>-3</sup> )	7,23	S (g kg <sup>-1</sup> )	3,24
B (mg dm <sup>-3</sup> )	0,24	B (g kg <sup>-1</sup> )	47,2
Cu (mg dm <sup>-3</sup> )	2,78	Cu (g kg <sup>-1</sup> )	5,4
Fe (mg dm <sup>-3</sup> )	97,1	Fe (g kg <sup>-1</sup> )	347,4
Mn (mg dm <sup>-3</sup> )	29,1	Mn (g kg <sup>-1</sup> )	218,9
Zn (mg dm <sup>-3</sup> )	7,0	Zn (g kg <sup>-1</sup> )	25,8
SB (cmol dm <sup>-3</sup> )	5,06		
Al+H (cmol dm <sup>-3</sup> )	2,17		

**Tabela 3.** Valores médio das análises de solo para pH, M.O, areia, silte e argila

<b>Trat.</b>	<b>pH (CaCl<sub>2</sub>)</b>	<b>M.O (g dm<sup>-3</sup>)</b>	<b>Areia (g dm<sup>-3</sup>)</b>	<b>Silte (g dm<sup>-3</sup>)</b>	<b>Argila (g dm<sup>-3</sup>)</b>
T1	5,78	18,8	620	140	240
T2	5,82	23,2	596	130	274
T3	5,36	17,4	614	124	262
T4	5,68	19,6	610	132	258

#### 4.7 Análises estatísticas

Foram avaliadas as produções e teores de nutrientes na planta e concentração de nutrientes no solo por tratamento. Os dados foram submetidos às análises de variância e de regressão, utilizando-se o software Statistica 9.0 (STATSOFT, 2009). Foi selecionado para expressar o comportamento das doses de B sobre as características avaliadas, o modelo que melhor expressa o comportamento da curva. Nas análises de variância e de regressão foi considerado o nível de probabilidade de 5%, pelo teste F. Para regressão foram apresentados os modelos linear e quadrático para os teores de micro e macronutrientes na folha e também para as concentrações de micronutrientes no solo.

### 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 5.1 Produtividade

A produtividade de frutos frescos por hectare aumentou de 47, 32, e 5% com as doses 20, 40 e 60 g/touceira de B aplicada no solo, respectivamente (Tabela 4). Todas as produtividades obtidas, incluído o tratamento sem B, estão acima da produção média para áreas de produção do município de Tomé Açu, que é de 3750 kg ha<sup>-1</sup> (SEDAP, 2018). Esses resultados se devem ao manejo mais rigoroso da área experimental em detrimento de áreas comerciais, além disso, podem estar evidenciando o efeito benéfico do uso do B, que muitas vezes é desprezado nas adubações pelos agricultores locais.

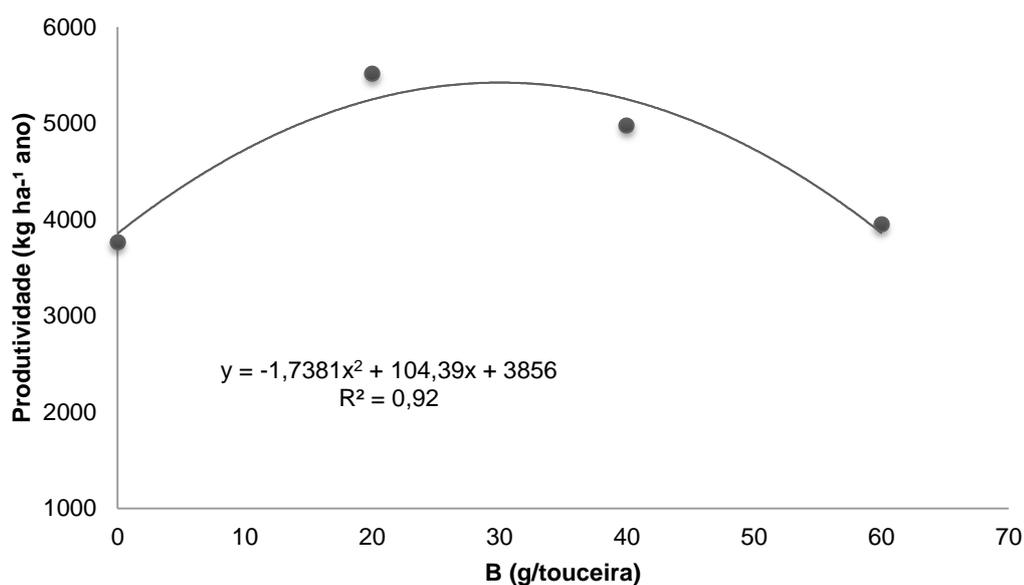
**Tabela 4.** Produtividade média de frutos frescos de açaí

<b>B</b> (g/touceira)	<b>Produtividade de frutos frescos</b> (kg ha <sup>-1</sup> )	<b>Rendimento</b> (%)
0	3765	100
20	5521	147
40	4979	132
60	3953	105

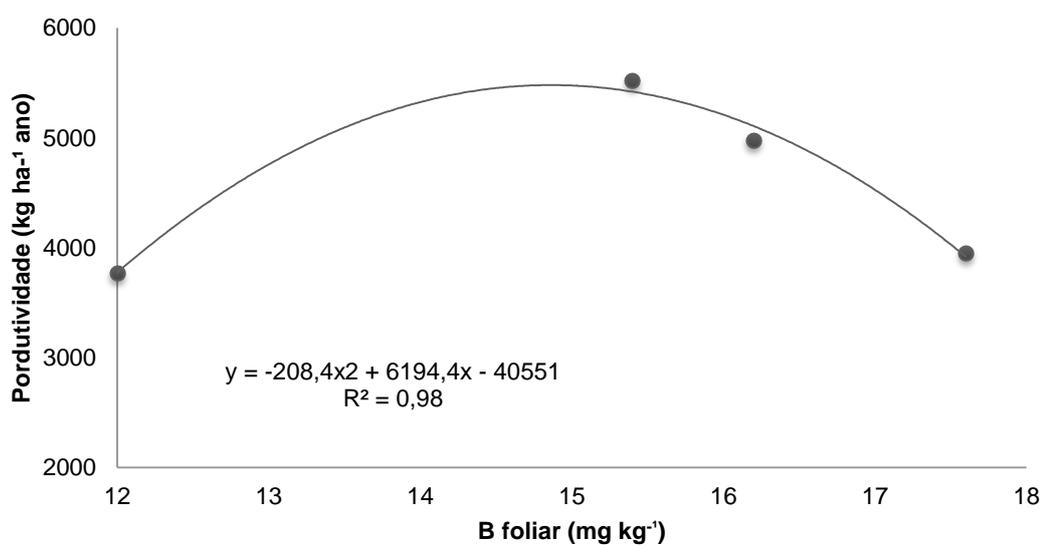
As análises de regressão mostraram efeito quadrático para as doses e teores foliares de B na produtividade, evidenciando efeito de fitotoxicidade nas quantidades mais elevadas dessa adubação (Figura 5). A máxima produção agrônômica (PMA) foi de 5423 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de frutos frescos, com uma dose de 30 g/touceira de B. Já a produção máxima econômica (PME) foi de

63 kg a menos ou 5360 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de frutos com uma dose de 24 g/touceira de B, o que corresponde a 9,6 kg ha<sup>-1</sup> do nutriente B, considerada a densidade de 400 touceiras por hectare. Na literatura não foram encontrados trabalhos com adubação de B em açazeiros produtivos, contudo é relatado sobre os riscos de toxicidade em campo, especialmente em solos arenosos (PRADO, 2008). Em relação aos teores foliares, os valores de B de 14 e 15 mg kg<sup>-1</sup> se relacionaram ao PME e PMA, respectivamente, mostrando pouca variação dos teores nutricionais para as produtividades avaliadas.

A.



B.



**Figura 5.** Produção de frutos de açai em resposta a aplicação de B (A) e produção de frutos de açai como resposta aos teores de B na planta (B).

Considerando os custos de adubação e os frutos como moeda de troca foi possível se observar que o lucro do produtor na dose máxima econômica correspondeu a 1304 kg de frutos frescos ha<sup>-1</sup> quando comparado a produção na dose zero (Tabela 5). Nesse caso, já está descontado o investimento com o B aplicado de 24g touceira (dose máxima econômica) que foi equivalente a 200kg ha<sup>-1</sup> de frutos de açaí.

**Tabela 5.** Dose mais econômica de B em função da produtividade e custos representados em kg de frutos frescos de açaí.

<b>Adubação</b>	<b>Dose máxima econômica</b>	<b>Aumento de produção</b>	<b>Custo do adubo</b>	<b>Lucro</b>	<b>Produtividade<sup>1</sup></b>
	kg ha <sup>-1</sup>	kg de frutos fresco ha <sup>-1</sup>			%
Boro (Bórax)	9,6 <sup>2</sup>	1504	200 <sup>2</sup>	1304	99

<sup>1</sup>Porcentagem da produção de frutos fresco de açaí obtida com a dose mais econômica, em relação à produção máxima. <sup>2</sup> considerando 400 touceiras por ha<sup>-1</sup>

Observa-se que a produtividade máxima econômica (PME) ficou muito próxima da PMA (99%) mostrando economia na aplicação do insumo, sem redução significativa na produtividade de frutos frescos de açaí. Estudos relativos as doses econômicas são importantes (OLIVEIRA et al., 2009; NATALE et al., 2010; NATALE et al., 2011) uma vez que esta é a variável mais necessária em termos de propriedade rural. Alguns trabalhos consideram a máxima eficiência econômica como aquela que representa 90% da máxima eficiência agrônômica (CRUZ et al., 2008; MELO et al., 2015; MELO et al., 2018), neste caso 4880,7 kg ha<sup>-1</sup> de frutos de açaí, referente aos 90% dos 5423 kg ha<sup>-1</sup> observados na PMA, uma produção cerca de 9% menor que a PME observada nesse estudo.

Com relação ao teor encontrado na folha para o máximo rendimento agrônômico este foi de 15 mg kg<sup>-1</sup> de B e a máxima produção foi de 5479 kg de frutos frescos, valores de produção muito próximo ao obtido com a dose de 30 g<sup>-1</sup> de B por touceira. Os teores trabalhados como referência para B em folhas de açaí produtivo por empresas locais como a Cooperativa mista agrícola do município de Tomé açu (CAMTA) são de 35 mg kg<sup>-1</sup>, partindo de parâmetros de áreas com maior produção na região, acima de 8000 kg ano<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> de frutos, ou seja, uma produção maior que a observada na área do experimento.

Estudos sobre B em açaizeiro produtivo na literatura são insipientes, já para açaizeiro em desenvolvimentos são relatados efeito depreciativo no crescimento da planta devido ao

aumento de doses de B (VIEGAS et al., 2004, VIEGAS et al., 2009). Na região do estudo foram observados teores mais elevados de B na folha em áreas com maior produção de açaí, porém observou-se que nessas áreas o B é aplicado de forma mais fracionada via fertirrigação durante o ano e conforme observado por Quaggio & Piza Jr (2001) a toxidez de B está relacionada para doses acima de 3 kg ha<sup>-1</sup> aplicado de uma só vez. Dessa forma, os resultados observados podem predizer que no caso do açaí mais importante que a quantidade da dose do boro é o seu fracionamento de aplicação durante o ano, sobretudo em condições de solo com textura média, baixa matéria orgânica e em sistema irrigado.

## 5.2 Análises estatística dos teores médio no solo e folha após o tratamento com boro

A análise de variância da regressão considerando o boro como variável independente e as demais variáveis (teores de macro e micronutrientes no solo e planta) como dependentes apresentou significância ( $p \leq 0,05$ ) apenas para teores de boro na planta (Tabela 6).

**Tabela 6.** Teores médios dos macronutrientes e micronutrientes nas folhas.

Macronutrientes							Micronutrientes				
B (g/touceira)	N	P	K	Ca (g kg <sup>-1</sup> )	Mg	S	B	Cu	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	Mn	Zn
0	16,8	1,4	9,9	5,85	0,94	0,05	12,0	15,6	143	55,2	22,6
20	18,8	1,4	8,8	7,8	1,00	1,32	15,4	14,8	153	44,6	30,6
40	18,0	1,48	9,4	7,0	2,56	1,42	16,2	16,8	137	55,8	25,6
60	17,4	1,48	9,6	6,5	1,02	1,24	17,6	13,0	158	61,2	23,6
Significância											
Linear	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

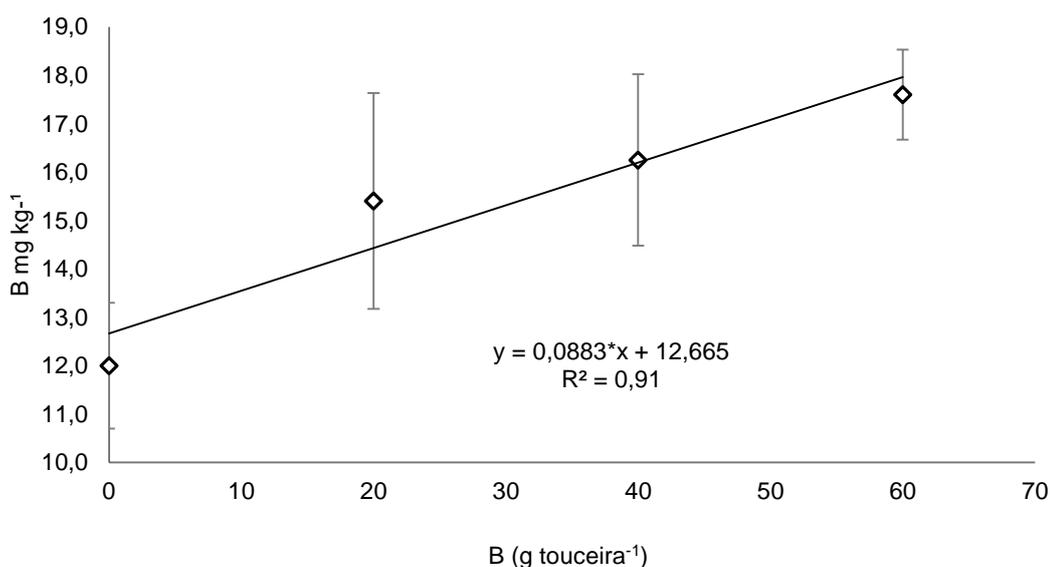
\*\*Significativo a 5%, <sup>ns</sup> não significativo segundo o teste F

Os teores de B nas folhas variaram de 12,0 a 17,6 mg/kg<sup>-1</sup> em respostas as doses empregadas. Esses teores ficaram próximos dos observados por Viegas et al. (2008) que obtiveram valores de 18 mg kg<sup>-1</sup> em folhas de plantas jovens de açaizeiro em casa de vegetação. Por outro lado, tais resultados são diferentes dos encontrados por Ribeiro (2017) em açaizeiro produtivo cultivados em sistema fertirrigado, que foram de 47 a 57 mg kg<sup>-1</sup> de B foliar, quando adubados com 13 g de B por touceira ano via ácido bórico. Considerando outras palmeiras em

fase produtiva no estado do Pará, no cultivo da palma de óleo tem sido comum encontrar teores em torno de  $30 \text{ mg kg}^{-1}$  na folha amostral (MATOS et al., 2016) e em coco de 15 a  $20 \text{ mg kg}^{-1}$  (SALDANHA et al., 2017).

É importante ressaltar que em áreas de produção de açaizeiro fertirrigado no estado do Pará comumente o teor médio de B na folha é de  $35 \text{ mg kg}^{-1}$ , ou seja, maior que a quantidade observada com adubação manual. Maiores teores de boro em área fertirrigada possivelmente estão relacionados a aplicação mais fracionada e a disponibilidade ininterrupta de água no verão, que aumenta a eficiência da fertilização.

Os teores de B na planta apresentaram comportamento linear em função das doses de adubação com B, mostrando que não foi possível se encontrar o teor máximo desse nutriente na folha (Figura 6). As doses de 40 e  $60 \text{ g touceira}^{-1}$  proporcionaram teores foliares significativamente superiores ao encontrado na dose sem B, no entanto esses valores não são interessantes pois acima de  $30 \text{ g touceira}^{-1}$  já ocorre queda na produção (Figura 5A).



**Figura 6.** Teor de B na folha em função da aplicação de boro (B)\* Significativo ( $p < 0,05$ ).

A concentração de B no solo e dos demais micronutrientes não foram influenciadas pelas doses de B aplicadas (Tabela 7). As concentrações de B no solo foram inferiores a  $0,22 \text{ mg dm}^{-3}$ , valor considerado abaixo do adequado de acordo com RAIJ et al. (1997), que está entorno de  $0,75 \text{ mg dm}^{-3}$ . A textura média do solo e a precipitação pluviométrica superior a 700 mm, no período em que foi realizado a aplicação de B, somado a todo volume de chuva que ocorreu até a data da amostragem, podem justificar baixas concentrações observadas no solo e

a não variação em função das doses aplicadas. Pois a elevada precipitação pode ter proporcionado a lixiviação do nutriente para profundidades superiores aos 20 cm avaliados.

**Tabela 7.** Valores médio das análises de solo para micronutrientes.

<b>B</b> (g/touceira)	<b>B</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>
	<b>(mg dm<sup>3</sup>)</b>				
0	0,22	2,64	146,4	21,6	1,86
20	0,18	4,12	118,2	32,2	2,1
40	0,14	3,56	111,6	35,4	1,72
60	0,18	2,48	114,8	38,8	2,0
<b>Significância</b>					
Linear	ns	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns	ns

<sup>ns</sup> não significativo a 5% segundo o teste F

A lixiviação de B no solo também foi observada por Rosolem & Biscaro (2007) e Oliveira Neto et al. (2009), sendo justificada pela elevada pluviosidade ocorrida, cujo solo apresentava textura média, baixa teor de MO e pH baixo. Esses resultados ajudam a entender o fato de que, apesar de utilizarmos doses relativamente altas de B, como os 60 g/touceira no tratamento 4, não constatamos sintomas de toxicidade, pois quando se adiciona B ao solo, grande parte desse elemento pode ser perdido por lixiviação. A toxidez de B está associada à aplicação de doses maiores do que 3 kg ha<sup>-1</sup> de B de uma só vez ou muito localizada ao redor das plantas, normalmente são observados os sintomas, porém rapidamente desaparecem, devido a lixiviação (QUAGGIO & PIZA JR, 2001), neste experimento utilizamos o equivalente a 8 kg ha<sup>-1</sup> de B no tratamento de maior dose, mas não foi identificado sintomas de toxidez nas folhas, sendo este evidenciado somente no momento da colheita.

## 6 CONCLUSÕES

- A máxima produção agronômica de açaí foi de 5423 kg ha<sup>-1</sup> com 30g de B por touceira e a máxima produção econômica foi 24g por touceira para uma produção de 5360 kg ha<sup>-1</sup> de frutos de açaí, sendo a fonte o Bórax.
- A produtividade obtida na dose máxima econômica de B foi 99% daquela obtida na produção máxima agronômica, mostrando que a aplicação da dose mais econômica permitiu economia na aplicação do insumo, sem redução significativa na produtividade.
- Diante dos dados observados quanto a adubação com B, melhorar a tecnologia de adição e manejo desse micronutriente para a cultura do açaizeiro é mais eficiente que aumentar a dose.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, A. U. **Absorção e mobilidade do boro em plantas de repolho e de couve-flor** – Jaboticabal, Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2009.
- ARAUJO, F. R. R., VIEGAS, I. D. J. M., DA CUNHA, R. L. M., & DE VASCONCELOS, W. L. F. (2016). Efeito da omissão de nutrientes no crescimento e estado nutricional de mudas de açaizeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)**, 46(4), 374-382.
- ASAD, A., BLAMEY, F. P. C., EDWARDS, D.G. Boron nutrition of sunflower crops. In: Reunião Nacional De Pesquisa De Girassol, 14, **Simpósio Nacional Sobre A Cultura Do Girassol**, 2. 2001, Rio Verde. Resumos... Rio Verde: FESURV/IAM, p.14-19, 2001.
- BOARETTO, A. E., BOARETTO, R. M., CONTIN, T. L. M., MURAOKA, T. **É móvel ou imóvel o boro em laranja?** Laranja, Cordeirópolis, v. 25, n. 1, p.195-208, 2004.
- BRASIL, E. C., POÇA, R R, SOBRINHO, R. J. A. Macronutrientes em diferentes partes de indivíduos de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) provenientes de populações nativas de municípios do estado do Pará. **Fertibio**, 2008.
- BROSCHAT, T. K. "Nutrição e fertilização da palma". **HortTechnology**,19.4 (2009): 690-694. Disponível em: <http://horttech.ashspublications.org/content/19/4/690.full>. Acesso em: 17 nov. 2017
- BROSCHAT, T. K. **Boron deficiency in palms**. University of Florida, 2007. Disponível em: <http://horttech.ashspublications.org/content/19/4/690.full>. Acesso em 10 nov. 2017
- BROWN, P. H., HU, HENING. Boron uptake by sunflower, squash and cultured tobacco cells. **Physiologia Plantarum**, v. 91, n. 3, p. 435-441, 1994.
- BROWN, P. H., SHELP, B. J. Boron mobility in plants. **Plant and soil**, v. 193, n. 1, p. 85-101, 1997.
- BRUNES, A. P., MENDONÇA, A. O., DE OLIVEIRA, S., LEMES, E. S., LEITZKE, I. D., & VILLELA, F. A. Produção, qualidade e expressão isoenzimática de semente de trigo produzidas sob diferentes doses de boro. **Revista Brasileira de Biociências**, 14(3), 2016.
- CRUZ, S. C., PEREIRA, F. D. S., SANTOS, J. R., ALBUQUERQUE, A. D., & PEREIRA, R. G. Adubação nitrogenada para o milho cultivado em sistema plantio direto, no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 12(1), 62-68, 2008.

DALIPARTHY, J., BARKER, A.V., MONDAL, S.S. Potassium fractions with other nutrients in crops – a review focusing on the tropics. **Journal of Plant Nutrition**, Montecello, v.17,p.1859-1886, 1994.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análises de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed.: *Rio de Janeiro*. Embrapa Solos, 2013.

EMBRAPA. Produtos, processos e serviços. **Cultivar de açaizeiro BRS Pará**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-produtos-processos-e-servicos/-/produto-servico/925/cultivar-de-acaizeiro-brs-para>. 2007. Acesso em: 29mai 2017

FAGERIA, N. K. Níveis adequados e tóxicos de boro na produção de arroz, feijão, milho, soja e trigo em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n.1, p. 57 -62, 2000.

FAGERIA V. D. Nutrient interactions in crop plants. **J Plant Nutr** 24:1269–1290, 2001.

FERNANDES, A .R., MATOS, G. S. B., CARVALHO, J. G. Nutritional deficiencies of macronutrients and sodium in peach palm seedlings. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.35, p.1178-1189, 2013.

FONTES, P. C. R. **Nutrição Mineral de plantas**: anamnese e diagnose. Ed. UFV, Viçosa, MG, 2016, 315p.

FURTINI NETO, A. E., RIBEIRO DO VALE, F., VILELA DE RESENDE, A., GUILHERME, L. R. G., GUEDES, G. A. A. **Fertilidade do solo**. Lavras: Ufla/Faepe. 2001

GOLDBERG, S. & GLAUBIG, R.A. Boron adsorption on aluminum and iron oxide minerals. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 49:1374-1379, 1985.

GOLDBERG, S., FORSTER, H.S. & HEICK, E.L. Boron adsorption mechanisms on oxides, clay minerals and soils inferred from ionic strength effects. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 57:704-708, 1993.

HOMMA, A. K. O., CARVALHO, J. E. U., MENEZES, A. J. E. A., FARIAS NETO, J. T., & MATOS, G. B. **Custo operacional de açaizeiro irrigado com microaspersão no Município de Tomé-Açu**. Embrapa Amazônia Oriental-Comunicado Técnico (*INFOTECA-E*). 2009.

HOMMA, A. K. O., NOGUEIRA, O. L., MENEZES, A. J. E. A., CARVALHO, J. D., NICOLI, C. M. L., & MATOS, G. D. Açai: novos desafios e tendências. *Amazônia: Ciência & Desenvolvimento*, 1(2), 7-23, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Levantamento sistemático da produção agrícola paraense (LSPA/IBGE)**. Belém: IBGE, 2015.

JARDIM, M. A. G. & ANDERSON, A. B. Manejo de populações nativas de açaizeiro no estuário amazônico-resultados preliminares. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, 15, 1-18, 1987.

KEREN, R. & BINGHAM, F.T. Boron in water, soils, and plants. **Adv. Soil Sci.**, 1:229-276, 1985.

LOESCHER, W. H., EVERARD, J. D., CANTINI, C.; GRUMET, R. Sugar alcohol metabolism in source leaves. In: MADORE, M.A.; LUCAS, W.J. (Ed.). **Carbon partitioning and source-sink interactions in plants: current topics in plant physiology**. Rockville: American Society of Plant Physiologists Series, 1995. v.13, p. 170-179.

MALAVOLTA, E., G. C. VITTI, S. A. OLIVEIRA. **Evaluation of Nutritional Status of the Plants: Principles and Applications**, 2nd ed. Piracicaba, Brazil: Potafos Publisher. 1997.

MARSCHNER H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. New York: Academic Press, p.379-396, 1995.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. New York: Academic Press, 889 p, 2012.

MATOS, G. S. B., FERNANDES, A. R., & WADT, P. G. S. Níveis críticos e faixas de suficiência de nutrientes derivados de métodos de avaliação do estado nutricional da palma-de-óleo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 51(9), 1557-1567. 2016.

MELO SOUZA, R. O. R., AMARAL, M. A. C. M., SILVESTRE, W. V. D., & SACRAMENTA, T. M. Avaliação econômica da irrigação em pomares de açaí. DOI: 10.7127/rbai.v7n100004. **Revista Brasileira De Agricultura Irrigada-RBAI**, 7(1), 2013.

MELO, N. C., FERNANDES, A. R., GALVÃO, J. R. Crescimento e eficiência nutricional do nitrogênio em cultivares de milho forrageiro na Amazônia. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 3, 2015.

MELO, N. C., FERNANDES, A. R., GALVÃO, J. R., ALVES FILHO, V. S., SILVA, D. R., VIÉGAS, I. M., ... & GALATE, R. S. Yield of Pennisetum glaucum L. Under Phosphate Source Doses. **Journal of Agricultural Science**, 10(6), 146. 2018.

NATALE W.; C. E. L. M.; B. A. E.; PEREIRA F. M. Dose mais econômica de adubo nitrogenado para a goiabeira em formação. **Horticultura Brasileira**, v. 14, n. 2, p. 196-199, 1996.

NATALE, W.; R, D. E.; PRADO, R. de M.; R, L. M., SOUZA, H. A. de; HERNANDES, A. Dose econômica de calcário na produtividade de caramboleiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 4, p. 1294-1299, dez. 2011.

NATALE, W., R, D. E., PRADO, R. de M., R, L. M., SOUZA, H. A.; HERNANDES, A. Viabilidade econômica do uso do calcário na implantação de pomar de goiabeiras. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 708-713, mai./jun. 2010.

OERTLI, J. J.; GRGURVIC. Effects of pH on the absorption of boron by excised barley roots. **Agron. J.**, v.67, p. 278-80, 1975.

OLIVEIRA, C. J., PEREIRA, W. E., DE OLIVEIRA MESQUITA, F., DOS SANTOS MEDEIROS, J., & DE SOUSA ALVES, A. Crescimento Inicial De Mudanças De Açaizeiro Em Resposta A Doses De Nitrogênio E Potássio. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 6(2), 227-237, 2012.

OLIVEIRA, M. D. S. P. D., CARVALHO, J. E. U. D., NASCIMENTO, W. M. O. D., & MÜLLER, C. H. **Cultivo do açaizeiro para produção de frutos**. Fortaleza: Instituto Frutal, 2007.

OLIVEIRA, M. S. P.; LEMOS, M. A., SANTOS, E. O., SANTOS, V. F. **Variação fenotípica em acessos de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) para caracteres relacionados à produção dos frutos**. Belém: Embrapa-CPATU, 1998. 23p. (Embrapa-CPATU. Boletim de Pesquisa, 209).

OLIVEIRA, M. S. P.; FARIAS NETO, J. T.; PENA, R. S. **Açaí: técnicas de cultivo e processamento**. Fortaleza: Instituto Frutal, 2007.

OLIVEIRA, M., DE CARVALHO, J. E. U., DO NASCIMENTO, W. M. O., & MULLER, C. H. **Cultivo do açaizeiro para produção de frutos**. Embrapa Amazônia Oriental. Circular técnica. 2002.

OLIVEIRA, N. W., MUNIZ, S. A., SILVA, G. A. M., CASTRO, C., BORKERT, M. C. Boron extraction and vertical mobility in Paraná State Oxisol, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do solo**. Viçosa, 33:1259 – 1267, 2009.

OLIVEIRA, A. P DE., DA SILVA, J. A., LOPES, E. B., SILVA, E. É., ARAÚJO, L. H. A., & RIBEIRO, V. V. Rendimento produtivo e econômico do feijão-caupi em função de doses de potássio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p.629-634, mar./abr. 2009.

PEREIRA, C., JUNQUEIRA, A. M. R.; OLIVEIRA, S. A. D. Balanço nutricional e incidência de queima de bordos em alface produzida em sistema hidropônico–NFT. **Hortic. Bras.**, v. 23, n.3, p.810-14, 2005.

PINHO, L. G. D. R. **Deficiência e formas de aplicação de boro em coqueiro anão verde**. Tese (Doutorado), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; January, 2008

PRADO, R. D. M. **Nutrição de plantas**. UNESP. 2008.

QUAGGIO J. A., PIZA JR., C. T. Frutíferas tropicais. In: FERREIRA, M.E. et al. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p.458-491.

QUAGGIO, J. A., MATTOS JR., D., BOARETTO, R. M. Sources and rates of potassium for sweet orange production. **Scientia Agricola**, v. 68, p. 369-375, 2011.

RAIJ, B. V., CANTARELLA, H., QUAGGIO, J. A., & FURLANI, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC. 285 p. **Boletim técnico**, 100, 1997

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute.2011.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do Solo e Adubação**, Piracicaba: Ceres / Potafos, 1991. 343p.

RIBEIRO, F. O. **Estado nutricional e produtividade de açaizeiro fertirrigado em função variabilidade espacial** / Felipe OLIVEIRA Ribeiro. – Belém, 2017. (Dissertação de mestrado)

RODRIGUES, M. D. R. L., AMBLARD, P., BARCELOS, E., DE MACEDO, J. L. V., DA CUNHA, R. N. V., & TAVARES, A. M. Avaliação do estado nutricional do dendezeiro: análise foliar (reformulada). **Embrapa Amazônia Ocidental-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**. 2006.

ROSOLEM, C. A.; BISCARO, T. Adsorção e lixiviação de boro em Latossolo Vermelho-Amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 42:1473-1478, 2007.

ROSOLEM, C. A., & BOGIANI, J. C. **Nutrição e estresses nutricionais em algodoeiro**. O algodoeiro e os estresses abióticos: temperatura, luz, água e nutrientes. Cuiabá: IMAmt/AMPA, 103-21. 2014.

SALDANHA, E. C. M., SILVA JUNIOR, M. L. D., LINS, P., PONTES, M., FARIAS, S. C. C., & WADT, P. G. S. Nutritional diagnosis in hybrid coconut cultivated in northeastern Brazil through diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). **Revista Brasileira de Fruticultura**, 39(1), 2017.

SEDAP, SECRETARIA DE ESTADO DE DESENVOLVIMENTO AGROPECUARIA E DA PESCA. Pará, 2018. Disponível em:

<<http://www.sedap.pa.gov.br/?q=content/a%C3%A7a%C3%AD>>. Acesso em: 17 de maio de 2018.

SIEBENEICHLER, S. C., MONNERAT, P. H., CARVALHO, A. D., SILVA, J. D., & MARTINS, A. O. Mobilidade do boro em plantas de abacaxi. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 27(2), 2005.

SILVA, M. R. S, ASSMANN, T. S., MARTIN, T. N., CALDAS, T. S. Adubação bórica na produção de forragem e componentes radiculares de trevo branco. **Bioscience Journal**. 31: 65-72, 2015.

SOARES, M. R., CASAGRANDE, J. C., ALLEONI, L. R. F. Adsorção de boro em solos ácidos em função da variação do pH. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa , v. 32, n. 1, p. 111-120, Feb./2008.

SOBRAL, F. L. Nutrição e adubação do coqueiro. In: Ferreira, J. M. S.; Warwick, D. R. N.; Siqueira, L. A., (Eds.) **A cultura do coqueiro no Brasil**. Aracaju: EMBRAPA-SPI, 1998. p. 129-157, 1998

SOUZA, L. A. S., JARDIM, M. A. G. Produção foliar de mudas de açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) em área de vegetação secundária no Nordeste Paraense. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v.5, supl.1, n.2, p.225-227, 2007.

STANGOULIS, J. et al. The mechanism of boron mobility in whet and canola phloem. **Plant Physiology**, v. 153, n. 2, p. 876-881, 2010.

STATSOFT, INC. **Statistica for Windows** – Computer program manual. Tulsa. 2009.

VELOSO, C. A. C., VIEGAS, I. J. M., FRAZÃO, D. A. C., CARVALHO, E. J. M., SILVA, A. R., SANTOS, C. D. M. **Resposta do açazeiro á aplicação de Boro, em relação a doses de potássio em Latossolo Amarelo do Nordeste Paraense**. Embrapa Amazônia Oriental, 2009. Disponível em:<<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/572648/1/1576.pdf>> Acesso: 01 novembro 2017.

VELOSO, C. A.C., VIEGAS, I. D. J. M., FRAZÃO, D. A. C., CARVALHO, E. J. M., SILVA, A. R., SANTOS, C. D. M., **Comportamento de plantas de açazeiro em relação a diferentes doses de NPK na fase de formação e produção**. Embrapa Amazônia Oriental, 2009. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/572646> Acesso: 01 novembro 2017.

VIÉGAS, L. J. M., BOTELHO, S. M. Açaizeiro. **Recomendações de adubação e calagem para o estado do Pará. Ed. Técnicos, CRAVO, M. da Silva.**2010.

VIÉGAS, A. S., SINIMBÚ, S. E. S., RAMOS, E. J. A. Sistema de adubação do dendezeiro por reposição de nutrientes exportados pelo cacho. **DENPASA**, Belém, PA: DENPASA, 2001. 30 p.

VIÉGAS, I. J. M, MEIRELES, R. O., FRAZÃO, D. A. C., CONCEIÇÃO, H. E. O. Avaliação da fertilidade de um Latossolo Amarelo textura média para o cultivo do açaizeiro no estado do Pará. **Rev. Ciênc. Agrár.**, Belém, n. 52, p. 23. 2009.

VIEGAS, I. J. M., BOTELHO, S. M. Nutrição e adubação do dendezeiro. In: VIEGAS, I de J.M.; MÜLLER, A.A. (Org.). A cultura do dendezeiro na Amazônia brasileira. **Belém: Embrapa Amazônia Oriental**, 2000. v.1, p.229-273.

VIEGAS, I. J. M, GONÇALVES, A. A. S., FRAZÃO, D. A. C., CONCEIÇÃO, H. E. O. Efeito das omissões de macronutrientes e Boro na sintomatologia e crescimento de plantas de açaizeiros (*Euterpe Oleracea* Mart.). **Rev. ciênc. Agrár.**, Belém, n. 50, p. 129 – 141, jul/dez 2008.

VIEGAS, I. J. M., FRAZÃO, D. A. C., THOMAZ, M. A. A., CONCEIÇÃO, H. E. O., PINHEIRO, E. Limitações nutricionais para o cultivo de açaizeiros em Latossolo Amarelo textura media, Estado do Pará. **Rev. Bras. Frutic.**; Jaboticabal – SP, V. 26, n 2, p. 382 – 384, Agosto 2004.

ZAMBONIM, F. M. **Agrossilvicultura de *Euterpe edulis* Martius: efeitos nas características físicas e químicas do solo e proposta de recomendação de adubação da cultura no estado de Santa Catarina** (Tese de doutorado). 2011. Disponível em: <<http://www.sbicafe.ufv.br:80/handle/123456789/8985>>. Acesso em 24 de junho de 2018.

ZEBARTH, J. B., SHEARD, R. W., CURNOE, W. E. A soil test calibration method for potassium on alfafa which allows for variation in crop value and fertilizer cost. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v. 4, n. 3, p. 317-322, 1991.