



Universidade Federal do Amapá  
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação



Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical

Mestrado e Doutorado

UNIFAP / EMBRAPA-AP / IEPA / CI-Brasil

ANA CAROLINA MACIEL BRAGA

USO DE EFLUENTE DE FOSSA COMO BIOFERTILIZANTE  
NITROGENADO EM MUDAS DE AÇAÍ (*Euterpe oleracea* Mart.) E  
PRACAXI (*Pentaclethra macroloba* (Willd.) Kuntze) SOB DUAS  
CONDIÇÕES DE LUMINOSIDADE

MACAPÁ, AP

2018

ANA CAROLINA MACIEL BRAGA

USO DE EFLUENTE DE FOSSA COMO BIOFERTILIZANTE NITROGENADO EM  
MUDAS DE AÇAÍ (*Euterpe oleracea* Mart.) E PRACAXI (*Pentaclethra macroloba* (Willd.)  
Kuntze) SOB DUAS CONDIÇÕES DE LUMINOSIDADE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical (PPGBIO) da Universidade Federal do Amapá como requisito final para a obtenção do título de Mestre em Biodiversidade Tropical.

Orientador: Dr. Marcelino Carneiro Guedes

MACAPÁ, AP

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Biblioteca Central da Universidade Federal do Amapá

Elaborado por Thalita Ferreira - CRB2/1557

---

Braga, Ana Carolina Maciel.

Uso de efluente de fossa como biofertilizante nitrogenado em mudas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) e pracaxi (*Pentaclethra maculosa* (Willd.) Kuntze) sob duas condições de luminosidade / Ana Carolina Maciel Braga ; Orientador, Marcelino Carneiro Guedes. – 2018.

88 f.

Dissertação (Mestrado) – Fundação Universidade Federal do Amapá, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical.

1. Açaí - *Euterpe oleracea*. 2. Adubação nitrogenada. 3. Biofertilizantes. 4. Resíduos - Reutilização. I. Guedes, Marcelino Carneiro, orientador. II. Fundação Universidade Federal do Amapá. III. Título.

333.7 B813u

CDD. 22 ed.

---

USO DE EFLUENTE DE FOSSA COMO BIOFERTILIZANTE NITROGENADO EM  
MUDAS DE AÇAÍ (*Euterpe oleracea* Mart.) E PRACAXI (*Pentaclethra macroloba* (Willd.)  
Kuntze) SOB DUAS CONDIÇÕES DE LUMINOSIDADE



---

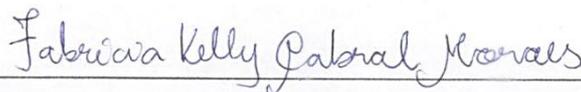
Orientador: Dr. Marcelino Carneiro Guedes  
EMBRAPA/AP - PPGGIO



---

Examinador 1: Dr. Davi Silva Dalberto

Universidade Federal do Amapá



---

Examinador 2: Dra. Fabrícia Kelly Cabral Moraes

Instituto Federal do Amapá

Aprovada em 30 de agosto de 2018, Macapá, AP, Brasil

Dedico a Deus, à Nossa Senhora de Nazaré, aos meus queridos pais Alzira e Eduardo, ao meu amado filho Heitor e ao meu grande amor Pedro.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, saúde e, principalmente, pela força para superar todas as dificuldades enfrentadas durante o decorrer deste mestrado.

À Nossa Senhora de Nazaré, por ser meu apoio nas horas de aflição.

Ao meu amado filho Heitor, que nasceu durante esta pesquisa e que sentiu minha ausência. Seu sorriso no final do dia, foi meu maior incentivo nesse período de muita luta. Tenho certeza de que ele se orgulhará desta conquista.

Ao Pedro, por dividir as angústias e multiplicar o amor. Meu alicerce diário.

Aos meus pais Alzira e Eduardo, agradeço, principalmente, pelo exemplo, e incentivo incondicional. Aos meus irmãos, que mesmo de longe, me apoiaram.

Aos meus sogros, cunhados e família, pelo apoio, estrutura e incentivo.

Ao meu orientador, professor Dr. Marcelino Carneiro Guedes, pela disponibilidade de orientação, apoio incondicional, paciência e competência. À Dra. Ana Claudia Lira Guedes, pelo incentivo e a Embrapa Amapá, por viabilizar esta pesquisa, seus técnicos e colaboradores.

À Universidade Federal do Amapá, que me permitiu realizar o mestrado.

Ao Projeto Bem Diverso (GEF/PNUD, Embrapa), pelo financiamento da presente pesquisa. Ao CNPq, pela disponibilização da bolsa de auxílio.

Aos integrantes do Laboratório de Produtos Florestais Não Madeireiros da Embrapa Amapá, pelo envolvimento nesta pesquisa, trabalho e comprometimento.

Aos membros da banca avaliadora Dra. Fabrícia Kelly Cabral Moraes e ao Dr. Davi Silva Dalberto, pelas ricas contribuições a esta dissertação.

Agradeço a todos os meus amigos que conquistei no decorrer deste mestrado, principalmente as amigas Aldine, Lidiane e Débora, mães pesquisadoras e corajosas que não me deixaram desistir desta jornada árdua, e ao Haroldo e Hugo, colegas que dividiram as angústias no final desta etapa. Aos estagiários, Mateus, Daniele e Henrique pelo comprometimento e contribuição.

*“Os alimentos de todas as plantas  
verdes são substâncias inorgânicas ou  
minerais”*

Justus von Liebig, 1862

## PREFÁCIO

Esta dissertação segue o formato proposto pelo Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Tropical (PPGBIO) e está dividida em duas partes. A primeira parte segue as normas do periódico *Ecology* e a segunda subdivide-se em dois artigos. O primeiro artigo, intitulado “**Uso de efluente de fossa como biofertilizante em mudas de açaí sob diferentes luminosidades**”, foi submetido ao periódico Pesquisa Agropecuária Brasileira (Qualis B2 para Biodiversidade) e segue as normas desse periódico. O segundo artigo intitulado “**Uso de efluente de fossa como biofertilizante nitrogenado em mudas de pracaxi (*Pentaclethra macroloba*) sob duas condições de luminosidade**” segue as normas deste Programa de Pós Graduação, formatado segundo o periódico *Ecology*.

## RESUMO

Braga, Ana Carolina Maciel. Uso de efluente de fossa como biofertilizante nitrogenado em mudas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) e pracaxi (*Pentaclethra macroloba* (Willd.) Kuntze) sob duas condições de luminosidade. 2018. Dissertação (Mestre em Biodiversidade Tropical) - Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Tropical – Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação - Universidade Federal do Amapá.

O açaí tornou-se o principal produto florestal não madeireiro na Amazônia, gerando demandas por mudas para plantios e enriquecimento de áreas manejadas. Com o adensamento da espécie, tem-se observado deficiência de nitrogênio(N), gerando demandas por informações sobre sua nutrição nitrogenada. Esse N pode ser fornecido por biofertilizantes, como alternativa ao uso de adubos minerais. Assim, foi avaliado o desenvolvimento e nutrição nitrogenada de mudas de açaí, isoladas ou em consórcio com pracaxi, sob diferentes fontes de nitrogênio e condições de luminosidade. Este estudo foi conduzido durante 7 meses no viveiro da Embrapa Amapá, em esquema fatorial completo (3 fontes de nitrogênio x 3 arranjos das espécies x 2 condições de luminosidade). Verificou-se diferenças e interações significativas dos fatores em função do tempo de cultivo. Houve tendência geral das mudas sombreadas apresentarem maior altura, mas depois de 120 dias, aquelas consorciadas e que receberam efluente cresceram mais a pleno sol. Para o diâmetro, aquelas que receberam efluente apresentaram média de 15 mm aos 7 meses, superior àquelas que receberam adubação mineral, com maiores diferenças nas últimas medições. Isso mostra que o biofertilizante tem maior efeito de longo prazo. A fitomassa da parte aérea e de raiz foram relacionadas, sendo ambas estatisticamente menor na adubação mineral e maior para o açaí consorciado, sob pleno sol. A média do teor de N nas folhas foi superior nas plantas sombreadas (16,3 g kg<sup>-1</sup>) que a pleno sol (12,6 g kg<sup>-1</sup>). O teor residual no solo foi inferior nos vasos sombreados (1,6 g kg<sup>-1</sup>) que a pleno sol (1,9 g kg<sup>-1</sup>), evidenciando a relação negativa entre o N absorvido e sua disponibilidade residual no solo. Para o pracaxi, combinação dos fatores pleno sol e efluente de fossa como fonte de nitrogênio, foi a que apresentou os maiores valores absolutos para altura, alcançando o valor máximo aos 210 dias de experimento de 632mm. O consórcio com mudas de açaí, não alterou os parâmetros de avaliação do crescimento e o DAS não obteve resultados significativos para os fatores. Não foram encontrados nódulos radiculares nas mudas de pracaxi. O maior valor absoluto de nitrogênio no tecido

foliar de pracaxi foi encontrado no tratamento com efluente de fossa como biofertilizante consorciado com o açaí. O efluente de fossa pode ser utilizado como biofertilizante para suprir as necessidades nutricionais das mudas de açaí e pracaxi. No início, as mudas de açaí crescem melhor em ambiente sombreado, mas o desenvolvimento posterior é maior sob radiação solar direta e quando em consórcio com mudas de pracaxi, e as mudas de pracaxi crescem melhor em pleno sol.

Termos para indexação: *Euterpe oleraceae*, *Pentaclethra macroloba*, adubação nitrogenada, reuso de resíduo.

## ABSTRACT

Braga, Ana Carolina Maciel. Uso de efluente de fossa como biofertilizante nitrogenado em mudas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) e pracaxi (*Pentaclethra macroloba* (Willd.) Kuntze) sob duas condições de luminosidade. 2018. Dissertação (Mestre em Biodiversidade Tropical) - Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Tropical – Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação - Universidade Federal do Amapá.

Açaí has become the main non-timber forest product in the Amazon, generating demand for seedlings for plantations and enrichment of managed areas. With the densification of the species, nitrogen deficiency (N) has been observed, generating demands for information about its nitrogen nutrition. This N can be supplied by biofertilizers, as an alternative to the use of mineral fertilizers. Thus, the development and nitrogen nutrition of açaí seedlings, isolated or in consortium with pracaxi, under different nitrogen sources and light conditions were evaluated. This study was conducted for 7 months in the Embrapa Amapá hatchery, in a complete factorial scheme (3 nitrogen sources x 3 species arrangements x 2 luminosity conditions). There were significant differences and interactions of the factors as a function of the time of cultivation. There was a general tendency of shaded saplings to present higher height, but after 120 days, those consorted and receiving effluent grew more in full sun. For the diameter, those that received domestic effluent presented an average of 15 mm at 7 months, superior to those that received mineral fertilization, with greater differences in the last measurements. This shows that the biofertilizer has greater long-term effect. The shoot and root biomass were related, both being statistically lower in mineral fertilization and higher in the consortium açaí, under full sun. The average N content in leaves was higher in shaded plants (16.3 g kg<sup>-1</sup>) than in full sun (12.6 g kg<sup>-1</sup>). The residual soil content was lower in shaded vessels (1.6 g kg<sup>-1</sup>) than at full sun (1.9 g kg<sup>-1</sup>), evidencing the negative relation between absorbed N and its residual availability in the soil. For the pracaxi, combination of the factors of full sun and domestic effluent as a source of nitrogen was the one that presented the highest absolute values for height, reaching the maximum value at 210 days of experiment of 632mm. The consortium with açaí seedlings did not alter growth parameters and DAS did not obtain significant results for the factors. No root nodules were found in the pracaxi seedlings. The highest absolute value of nitrogen in the pracaxi

foliar tissue was found in the treatment with fossa effluent as a biofertilizer consortium with açai. The pit effluent can be used as a biofertilizer to meet the nutritional needs of açai and pracaxi seedlings. In the beginning, açai seedlings grow best in a shaded environment, but later development is greater under direct solar radiation and when in consortium with pracaxi seedlings, and the pracaxi seedlings grow best in full sun.

Keywords: *Euterpe oleraceae*, *Pentaclethra macroloba*, nitrogen fertilization, residue reuse.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>14</b>
1.1. DUAS IMPORTANTES ESPÉCIES DA FITODIVERSIDADE DAS FLORESTAS DE VÁRZEA: AÇAÍ E PRACAXI .....	16
1.2. FOSSAS SÉPTICAS BIODIGESTORAS E USO DO EFLUENTE COMO BIOFERTILIZANTE.....	20
1.3. NITROGÊNIO E ASSIMILAÇÃO NA BIOMASSA .....	23
1.4. RADIAÇÃO SOLAR E O DESENVOLVIMENTO DAS PLANTAS .....	24
<b>2. PROBLEMA.....</b>	<b>25</b>
<b>3. HIPÓTESE .....</b>	<b>26</b>
<b>4. OBJETIVO .....</b>	<b>26</b>
4.1. GERAL .....	26
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	26
<b>5. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>27</b>
<b>6. CAPÍTULO I.....</b>	<b>32</b>
6.1. Introdução .....	32
6.2. Material e métodos .....	34
6.3. Resultados e discussão .....	39
6.4. Conclusões.....	48
6.5. Agradecimentos.....	48
6.6. Referências.....	49
<b>7. CAPÍTULO II.....</b>	<b>51</b>
7.1. Introdução .....	52
7.2. Material e métodos .....	53
7.3. Resultados e discussão .....	58
7.4. Conclusão.....	63
7.5. Agradecimento.....	63
7.6. Referencias.....	63
<b>8. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>66</b>

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

As possibilidades de uso sustentável da biodiversidade da Amazônia e a conservação para a promoção do desenvolvimento da região tem sido alvo de discussões intensas. No entanto, ainda acredita-se que é necessário a preservação a qualquer custo desses ecossistemas amazônicos (Oliveira et al. 2016). Sem deméritos à necessidade das áreas já preservadas, torna-se cada vez mais urgente trabalhar pela conservação da Amazônia.

Para a conservação pelo uso se consolidar como uma estratégia de manutenção da floresta em pé, é necessário o conhecimento das espécies que compõe os ecossistemas amazônicos para assegurar o aproveitamento racional de suas múltiplas funções. O conhecimento da autoecologia das espécies é essencial para determinar seu potencial produtivo e a taxa adequada de extração, assim como é importante conhecer a estrutura e a dinâmica da floresta.

Para o entendimento das dinâmicas das florestas, mais especificamente as áreas de várzea, poucos estudos foram desenvolvidos para revelar as características das espécies arbóreas desse ecossistema, principalmente relacionados a absorção de nutrientes e crescimento inicial de árvores. Mesmo para espécies comerciais que sofrem maior pressão antrópica impulsionada pelo mercado consumidor, essas informações ainda são escassas. É o caso por exemplo das espécies envolvidas nesta pesquisa, açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) e pracaxi (*Pentaclethra macroloba* (Willd.) Kuntze)(Almeida et al. 2004).

Açaí e pracaxi são considerados produtos florestais não madeireiros de grande importância para a economia das comunidades tradicionais das várzeas do Rio Amazonas e fornecem polpa e óleo, respectivamente. Estão em constante associação em áreas de floresta alagada da várzea, pois são consideradas espécies comuns nesse ecossistema (Santos 2012; Carim 2016), historicamente utilizadas pelas populações ribeirinhas, mas com poucos estudos específicos para entender as interações que ocorrem entre elas e com o ambiente.

Com a valorização da polpa do açaí, tem-se observado um adensamento excessivo de açazeiros nas áreas manejadas empiricamente pelos ribeirinhos, com redução da ocorrência de outras espécies e pressão sobre a fitodiversidade (Freitas et al. 2015). Nesse contexto, pode estar havendo um desbalanceamento nutricional dos açazeiros, pela

redução da ciclagem biogeoquímica de nutrientes promovida pelas outras espécies que estão sendo retiradas, principalmente daquelas fixadoras de nitrogênio atmosférico e devido à dificuldade de decomposição do material orgânico em ambientes alagados.

O nitrogênio é o nutriente mais limitante nas várzeas (Cantarella 2007) pois este elemento não se encontra no sedimento mineral transportado pelas águas do Amazonas, dependendo, portanto, da decomposição da serrapilheira e solubilização na solução do solo. Para tratar as limitações nutricionais, é cada vez mais comum o uso de fertilizantes minerais nos sistemas produtivos. Para promover o aumento da produtividade, adubações nitrogenadas tem sido cada vez mais um componente obrigatório na melhoria do rendimento das principais culturas alimentares (Fabio and Smart, 2018), dentre elas, o açaí.

Para tentar evitar o desbalanceamento nutricional dos açazais e, ao mesmo tempo, diminuir o uso de fertilizantes minerais nitrogenados, o uso seguro de efluente de fossa biodigestora, surge como uma alternativa sustentável para promover a nutrição nitrogenada do açaí e também de outras espécies, como o pracaxi. Promover o uso do efluente de fossa séptica como biofertilizante nitrogenado, além de estimular o uso e a aceitação desta tecnologia de tratamento de esgoto da população das várzeas amazônicas, dará ao resíduo, antes descartado no ambiente, um uso sustentável.

A partir desses estudos sobre biofertilizantes, informações foram geradas para fomentar a aplicação do efluente no cultivo de plantas, como método adequado de destinação final do resíduo (Wyrwicka and Urbaniak 2018). O uso do efluente como biofertilizante pode ser um incentivo aos produtores e ao poder público, na promoção do uso da fossa biodigestora como meio de tratamento de esgoto (Odey et al. 2017) e como fonte de nitrogênio para as diversas espécies manejadas na várzea, ou cultivadas em casa de vegetação ou viveiros.

A produção de mudas em viveiros, assim como o manejo dos açazeiros na várzea, depende da quantidade de radiação solar disponível às plantas. Cada espécie exige uma quantidade adequada de radiação para otimizar seu desenvolvimento. Assim, é importante avaliar diferentes condições de luminosidade, que refletirão em diferentes disponibilidades de radiação fotossinteticamente ativa, para cada espécie estudada.

## **1.1. DUAS IMPORTANTES ESPÉCIES DA FITODIVERSIDADE DAS FLORESTAS DE VÁRZEA: AÇAÍ E PRACAXI**

As várzeas são ecossistemas complexos e produtivos, que fornecem serviços essenciais à natureza e à sociedade e intimamente associadas a ciclos diários de enchentes e vazantes (Arias et al. 2018). As várzeas do estuário do Rio Amazonas são banhadas por águas brancas ou lamacentas, ricas em sedimentos suspensos, que quando depositados, conferem ao solo destas planícies de inundação, alta fertilidade (Junk et al. 2015). Seus solos são classificados como Gleissolos e compostos por diferentes tamanhos de partículas orgânicas e minerais, que influenciam a fertilidade, capacidade de retenção de água e consequentemente a fitodiversidade. (Montero et al. 2014; Junk 2015).

Esses ecossistemas abrigam um conjunto único de espécies tolerantes a enchentes (Arias et al. 2018) e por conta dos processos ambientais e pulsos de inundação, contam com uma biodiversidade de espécies arbóreas bem específicas. Carim e colaboradores (2017) ao estudarem a diversidade das florestas de várzea, encontraram 98 espécies de árvores divididas em 29 famílias numa área de 13 ha de florestas de várzea no sudeste do Amapá. As famílias mais frequentes foram Fabaceae e Arecaceae em que o pracaxi e o açaí se classificam, respectivamente.

Essas espécies fornecem à população local produtos florestais não madeireiros de grande importância alimentar e cultural, sendo utilizadas para diversos fins. Entender como esses recursos são geridos permite criar estratégias de conservação e uso dessas árvores, produzindo renda e mantendo a fitodiversidade da várzea estuarina.

Populações de açaí e pracaxi encontram-se naturalmente associadas nas florestas de várzea. Entretanto as relações ecológicas interespecíficas dentro dessa comunidade ainda não estão elucidadas. A luminosidade e nutrientes são recursos que estimulam a competição entre essas espécies, levando a dificuldades no crescimento e prejuízos na produção, mas as relações de facilitação também podem estar presentes, com um efeito muito forte sobre o desenvolvimento individual, crescimento e distribuição das populações dentro desses ecossistemas (Zanine and Santos 2004; Carvalho 2010).

O açazeiro é uma palmeira característica da floresta amazônica e possui grande importância econômica e cultural por estar intimamente ligada à alimentação e economia das populações ribeirinhas do estuário do Rio Amazonas. É a espécie mais frequente e mais explorada do ecossistema de várzea e sua polpa é um dos principais produtos

florestais não madeireiros das várzeas amazônicas (Azevedo 2006). Os produtos fornecidos pelo açazeiro, principalmente a polpa, derivada dos frutos e o palmito do açai (figura 1) são tradicionalmente consumidos na região e auxiliam na sobrevivência da população ribeirinha dos estados do estuário amazônico (Oliveira et al. 2008).

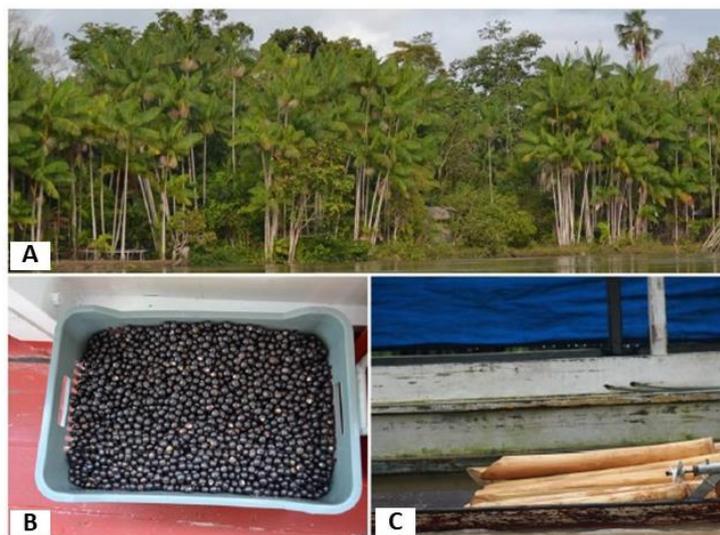


Figura 1- Açai. (A) Palmeira na várzea. (B) Fruto maduro. (C) Palmito. Fonte: Farias 2012)

O açai é de ocorrência natural nos solos da várzea estuarina e pode colonizar áreas mais altas ou baixas com ou sem deposição de sedimentos pelas marés (Freitas et al. 2015), assim como também sobrevive nas áreas permanentemente alagadas. É comum ser encontrado nos estados do Amapá, Pará e Maranhão, Tocantins e Mato Grosso, além de também ser encontrado nas Guianas, Venezuela e Suriname.

Pertence à família Arecaceae, sendo uma palmeira cespitosa e forma touceiras com até 25 estipes por touceira. Os estipes adultos podem alcançar até 20m de altura e aproximadamente 18 cm de diâmetro e são estes que sustentam as folhas compostas, pinadas. A inflorescência é de arranjo intrafoliar e envolvida por brácteas. O fruto é uma drupa globosa tendo o epicarpo roxo quando maduro (Oliveira et al. 2008).

Os estudos sobre essa espécie tornam-se cada vez mais importantes, pois ela é considerada o “ouro negro” da região do estuário, sendo que seu manejo pode estar influenciando na diversidade florística das áreas alagadas (Campos and Ehringhaus 2003). Segundo Brondizio (2006), na última década o fruto do açazeiro foi transformado no principal produto para a economia regional, o que ocasionou o aumento das áreas de manejo de açazais, adensamento e queda na diversidade florísticas dessas áreas. Com a

valorização econômica do açazeiro, a tendência é que o adensamento se torne cada vez mais frequente (Carim et al. 2008).

Estudos sobre a nutrição mineral do açaí e recomendações de adubação para ambientes periodicamente alagados, ainda são raros, embora se reconheça a importância desta palmeira para a Amazônia (Sousa et al. 2004). O nitrogênio é o nutriente requerido em maior quantidade pelas folhas jovens de açazeiro sendo que, aproximadamente 2% da matéria seca é composta por esse elemento (Oliveira et al. 2008).

Sabe-se que os solos de várzea são ricos em cálcio, magnésio, potássio e fósforo e que os níveis de matéria orgânica e nitrogênio são considerados de médio a baixo de acordo com a profundidade, sendo a camada superficial a mais fértil, ratificando que este elemento é um dos fatores limitantes para a culturas de várzea e que a ciclagem de nutrientes é quem supre de nitrogênio as árvores nativas desse ambiente (Fajardo et al. 2009). Ao estudar solos de várzea e seus usos, Cravo e colaboradores (2002) concluíram que houve carência nutricional de nitrogênio quando ocorre cultivos por anos consecutivos.

O pracaxi é uma espécie pertencente à família Fabaceae, encontrada preferencialmente nas florestas de várzeas da Amazônia (Queiroz et al. 2005). Possui potencial fixador de nitrogênio com a formação de nódulos nas suas raízes (Eaton et al. 2012).

No Brasil pode ser conhecida como pracaxi e recebe nomes distintos nos países da Amazônia em que ocorre, como tamarindo na Costa Rica, koloballi na Guiana Francesa e galivan na Nicarágua e Panamá (Rios and Pastore Jr. 2011). É uma importante e frequente pioneira de início de sucessão das florestas inundáveis e poucos estudos envolvem a sua ecologia e o mecanismo necessário para formação de nódulos para a fixação biológica do nitrogênio na simbiose com bactérias fixadoras (Eaton et al. 2012).

A espécie tem um porte arbóreo mediano, podendo alcançar cerca de 15m de altura e o diâmetro a altura do peito chega a medir 60 cm de espessura. É caracterizada por uma copa frondosa e densa e seu troco é reto com raízes adventícias (sapopemas) na base. As folhas são compostas bipinadas e a inflorescência é em forma de espigas terminais ou subterminais, flores com corola campanulada branca, com 4 a 5,5 mm de comprimento. Os frutos são do tipo vagem, secos, deiscentes, de coloração verde, tornando-se marrom escuro com a maturação (Dantas et al. 2017). As sementes são de coloração marrom escura, opaca, com depressões superficiais, formando linhas salientes,

às vezes reticuladas, próximas à base (Figura 2). Após ser prensada, a semente extravasa o óleo (Pesce, 2009)

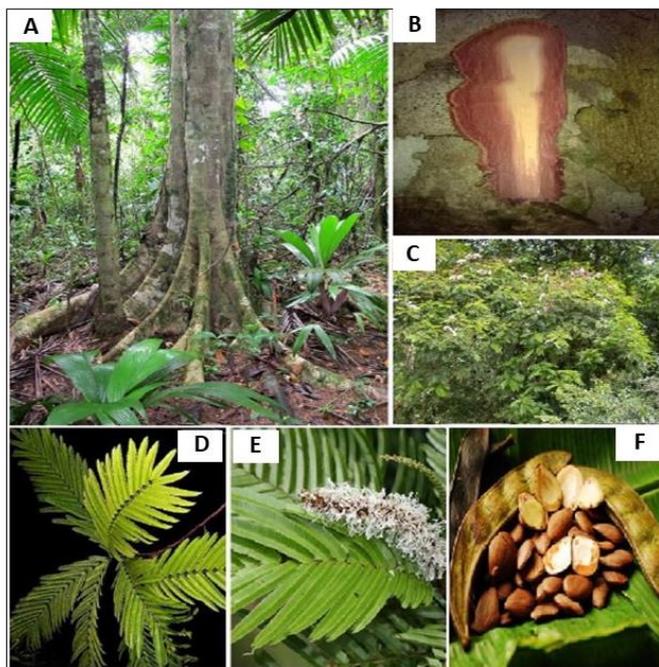


Figura 2- Árvore de pracaxi. (A) tronco com sapopemas; (B) casca do tronco (C) copa; (D) folhas compostas; (E) inflorescência em espiga e (F) fruto. Fonte: Dantas 2015.

O óleo de pracaxi apresenta cor amarelo –clara e é usado *in natura* na pele. Também pode ser matéria prima para a fabricação de sabões moles e velas artesanais (Barata 2012). A indústria cosmética tem imposto grande pressão na espécie por requerer cada vez mais o óleo, pois sua utilização já ocorre em escala industrial para a fabricação de cremes anti-estrias, em linhas para hidratação de cabelos (Figura 3) e na composição de batons hidratantes para os lábios (Funasaki et al. 2016). Estudos recentes mostraram que o óleo de pracaxi também pode ter importância para a indústria de biocombustíveis (Lima et al. 2017).



Figura 3- Linhas de cosméticos para cabelos com óleo de pracaxi (A), (B), (C) e (D) Apresentam o óleo em sua composição. Fonte: [www.belezanaweb.com.br](http://www.belezanaweb.com.br).

Nas florestas de várzea, essa espécie possui grande potencial para exploração. Sua madeira não possui valor comercial, mas segundo Almeida e Jardim (2012) algumas populações ribeirinhas utilizam para fabricação de carvão. O seu grande potencial está no óleo.

## 1.2. FOSSAS SÉPTICAS BIODIGESTORAS E USO DO EFLUENTE COMO BIOFERTILIZANTE

No Brasil, a necessidade de saneamento básico é uma das principais dificuldades da população residente nas cidades e no meio rural (Costa and Guilhoto 2014). Apenas 42,7% do esgoto é tratado segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS 2017). Essa situação é mais crítica na região norte, onde somente 16,4% do esgoto passa por tratamento (BRASIL 2016). No Amapá, o tratamento de água e esgoto sanitário é insipiente, classificando o estado como um dos piores do Brasil. De 2013 a 2015, o governo Amapá investiu somente 0,12% do seu orçamento em saneamento (SNIS 2017).

Em decorrência deste descaso, grande parte da população ainda utiliza fossas rudimentares ou fossas negras para o descarte de seus efluentes domésticos, situação que aumenta o risco de transmissão de doenças de contaminação oral-fecal, podendo provocar diarreias crônicas, infecções por helmintos e até morte por desidratação, principalmente em crianças (Kofoworola 2007).

O tratamento correto desses efluentes antes que estes alcancem os corpos d'água superficiais, subterrâneas e o solo, é a principal forma de se evitar a contaminação da população e do ambiente (Odey et al. 2017). Este cenário é muito mais preocupante quando observa-se o uso de fossas rudimentares pelas comunidades ribeirinhas e toda a dinâmicas de marés da região de várzeas.

Segundo o Plano Nacional de Saneamento Básico, há para a região norte, uma série de políticas públicas voltadas para o saneamento básico e descarte de efluentes de fossas domésticas, com uso de tecnologias sustentáveis que respeitem as características físicas do local e que se adequem a diversidade sociocultural de cada localidade. Para tanto, a aplicação de fossas sépticas biodigestoras e uso sustentável e seguro dos seus efluentes na produção de alimentos aparece na vanguarda dessas tecnologias (BRASIL 2013).

O sistema de fossa séptica biodigestor (FSB) é uma tecnologia lançada pela EMBRAPA considerada de baixo custo e de fácil instalação. Consiste num sistema hermético, que não produz mal cheiro e nem proliferação de vetores e é composto por uma sequência de três caixas d'água (figura 4), conectadas por tubos de PVC que recebem os resíduos apenas de banheiros, que posteriormente, são inoculados com esterco bovino. Após a biodigestão anaeróbia, geram como produto final um efluente estável, sem risco de contaminação e odores, podendo ser usado na agricultura como biofertilizante (Novaes et al. 2002).

Este efluente de fossa é rico em nutrientes essenciais as plantas, com destaque para o nitrogênio. Este elemento é encontrado na forma orgânica presente nos sólidos e microrganismos, e na forma mineral como nitrito, nitrato e amoniacal, estas últimas absorvíveis pelas raízes das plantas (Malavolta 2006).

O uso de efluentes domésticos para a produção de alimentos, principalmente de grãos é praticado desde o final do século XIX. Neste período, a Inglaterra e outros países da Europa, sofriam com surto de doenças relacionadas ao saneamento, levando a necessidade de tratamento desses resíduos, estratégias foram impulsionadas para seu reuso como forma de destinação final adequada (Guedes 2005).

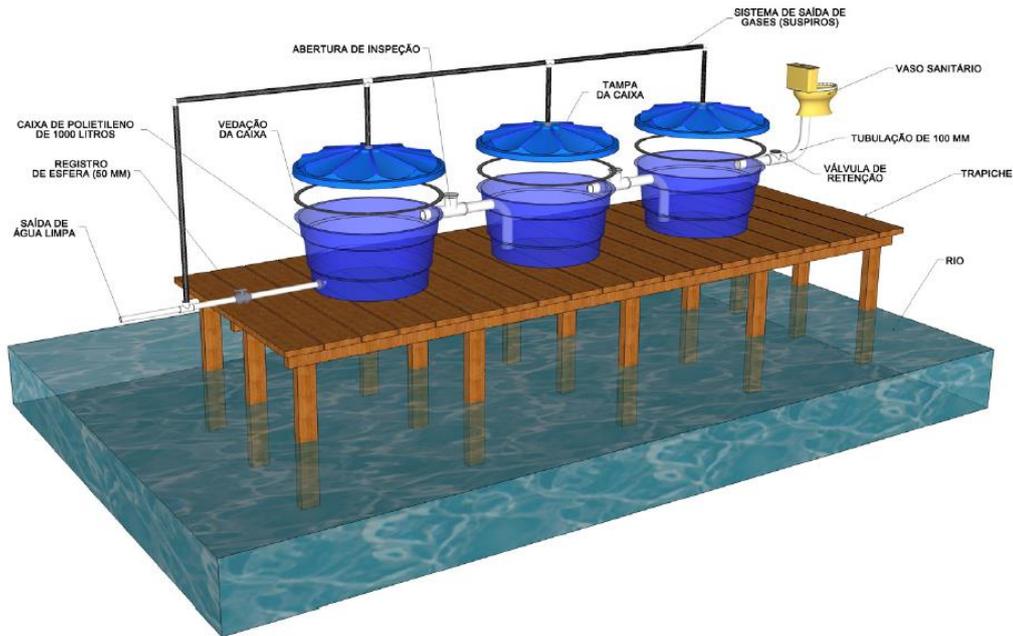


Figura 4- Disposição das caixas d'água no sistema de fossa séptica na várzea. Fonte: Oliveira et al. 2018.

Estudos recentes têm relacionado o uso de biofertilizantes estáveis de origem anaeróbia com aumento da produção de grãos e frutos. Para o cultivo do milho tratado com esta classe de biofertilizante, (Viana et al. 2014) verificaram um incremento na produção de matéria seca e aumento da produtividade desse grão. Lima e colaboradores (2018) ao estudar o efeito da aplicação de biofertilizantes em morangos, concluíram que essa frutífera apresentou um incremento significativo no peso da biomassa e na média do peso dos frutos, além de considerar que o biofertilizante foi nutricionalmente eficiente, atendendo as necessidades da planta.

O uso de biofertilizantes de origem anaeróbia também causa modificações no solo, alterando os atributos relacionados com a fertilidade, como a concentração de matéria orgânica e aumento da CTC (Novaes et al. 2002), além de estarem diretamente relacionados com o incremento de nitrogênio no solo, seja ele na forma de nitrato ou amônio (Jogan et al. 2017). Análises de solo após a aplicação desse efluente, mostraram um aumento na concentração de fósforo e leve aumento do pH, o que favoreceu as propriedades químicas do solo e conseqüentemente, a nutrição das plantas envolvidas (Novaes et al. 2002).

### 1.3. NITROGÊNIO E ASSIMILAÇÃO NA BIOMASSA

O nitrogênio é o macronutriente requerido pela planta em maior quantidade depois do oxigênio, carbono e hidrogênio. É considerado essencial, pois na sua ausência, a planta não consegue completar seu ciclo de vida (Malavolta 2006). É o constituinte de vários compostos orgânicos no metabolismo das plantas, dentre eles, aminoácidos, ácidos nucleicos e molécula de clorofila. Entre os macronutrientes, é o mais limitante para a produção primária em ecossistemas, sejam eles, terrestres ou aquáticos (Vieira 2017) sendo considerado o principal modulador da produção de biomassa (Souza Junior et al. 2018).

O ciclo deste nutriente no sistema solo-planta-atmosfera é complexo. O nitrogênio adota formas quimicamente estáveis como o  $N_2$  atmosférico, passando por formas reativas inorgânicas, como o nitrato  $NO_3^-$  e o amônio  $NH_4^+$ , até chegar a formas mais recalcitrantes encontradas incorporadas nas diferentes moléculas que compõe a matéria orgânica. Isso caracteriza grande versatilidade desse nutriente dentro do ciclo biogeoquímico (Cantarella 2007; Vieira 2017).

Reações de nitrificação, desnitrificação, fixação e a imobilização ocorrem simultaneamente nos sistemas. A nitrificação é a oxidação do amônio, passando por nitrito, até chegar a nitrato sendo uma sequência do processo de mineralização. A desnitrificação é a perda de N do solo por volatilização nas formas de  $N_2O$  ou  $N_2$ . A fixação é a entrada de  $N_2$  no sistema, seja por via atmosférica, industrial ou biológica, sendo esta última, a mais importante nos sistemas naturais (Zhang et al. 2018). A mineralização é a transformação de nitrogênio orgânico para as formas inorgânicas realizada por microrganismos heterotróficos, aeróbios e anaeróbios (Taiz and Zeiger 2004).

A imobilização é o primeiro processo em que os resíduos de banheiro, ricos em sólidos orgânicos, passam. A mineralização anaeróbia é o processo pelo qual o efluente de fossa percorre para atingir formas inorgânicas de nitrogênio podendo ser utilizado como adubo nitrogenado.

O nitrogênio é absorvido da solução do solo pelas raízes das plantas nas formas de nitrato e amônio mediado por transportadores específicos (Bredemeier and Mundstock 2000). O processo de assimilação após absorção perpassa pela ação de enzimas e gasto energético. As enzimas nitrato redutase e glutamina sintetase são as responsáveis pela

assimilação do nitrogênio, transformando-o em nitrito e amônio, e glutamina respectivamente, dentro do metabolismo vegetal. Acredita-se que a planta consuma duas vezes mais energia para assimilar o nitrato comparado com a assimilação do amônio (Epstein and Bloom 2005; Fabio and Smart 2018). A nitrato redutase sofre influência direta da radiação solar que promove a ativação dessa enzima.

#### **1.4. RADIAÇÃO SOLAR E O DESENVOLVIMENTO DAS PLANTAS**

O sol é a fonte de energia que abastece os sistemas vivos da biota, gerando a base energética para os processos bioquímicos. É a partir dessa radiação que a vida acontece por meio da fotossíntese. É um fator limitante para o crescimento e consolidação das espécies, sendo junto com o solo e a água, os fatores abióticos essenciais para a fisiologia vegetal e suas adaptações. A fotossíntese é o processo que utiliza a luz solar para sintetizar compostos carbonados que não seriam sintetizados sem a presença de radiação solar. É a fonte de energia para as diversas formas de vida (Taiz and Zeiger 2004).

Alguns estudos que avaliaram as respostas fisiológicas das plantas a incidência direta de radiação solar e ao sombreamento encontraram resultados semelhantes, pois acredita-se que ocorre processos adaptativos na anatomia e fisiologia da planta, o que favorece o equilíbrio na captura de luz sem maiores danos aos fotossistemas (Uzzo 2008). Entretanto, a fotoinibição, provocada pelo excesso de radiação luminosa, pode levar a danos nos sistemas fotossintéticos da planta, desnaturando suas enzimas e comprometendo seu metabolismo e, conseqüentemente, o crescimento (Taiz and Zeiger 2004)

O efeito da quantidade de radiação disponível para o desenvolvimento das plantas depende da espécie. Cada espécie tem seu ponto de compensação luminoso. É o processo pelo qual a intensidade de radiação para a fixação de CO<sub>2</sub> é exatamente igual a liberação do carbono via respiração. No ponto de compensação luminoso, a fotossíntese líquida é nula, ou seja, a planta fixa a mesma quantidade que perde de C. De acordo com o aumento da intensidade de radiação, a taxa fotossintética aumenta e a planta passa a acumular C, lavando ao incremento de sua biomassa. Plantas de sombra possuem ponto de compensação luminoso menor que plantas de sol (Taiz and Zeiger 2004; Nascimento, 2009).

Pracaxis são consideradas árvores pioneiras (Eaton et al. 2012) pois colonizam áreas abertas rapidamente e, portanto são consideradas heliófilas. Plantas de *Euterpe edulis* Mart. quando submetidas a diferentes condições de radiação, obtiveram menor mortalidade a pleno sol (Ribeiro et al. 2011). Entretanto Dapont et al. (2015) ao estudar desenvolvimento inicial de plantas de açaí concluíram que o sombreamento de 40% é o ideal para a formação inicial e consolidação das mudas.

## 2. PROBLEMA

- O desenvolvimento e nutrição nitrogenada de mudas de açaí e pracaxi podem ser favorecidos pela aplicação de efluente de fossa?
- Essas respostas são alteradas em diferentes condições de luminosidade e pela interação entre as espécies?

Esta problemática está relacionada com o surgimento de sintomas de deficiência de nitrogênio em açazais manejados nas florestas de várzea. Durante o manejo empírico das comunidades locais, que não seguem as recomendações técnicas, muitas árvores são cortadas para aumentar a captação de radiação dos açazeiros, adensando-os na tentativa de aumentar a produção. Entretanto, após a retirada em excesso das árvores nativas, principalmente das espécies fixadoras de nitrogênio, pode haver uma redução no desenvolvimento dos açazeiros e queda na produtividade, relacionada à deficiência nutricional.

Dentre essas árvores retiradas para a formação do açazal está o pracaxi. Também pode ocorrer desequilíbrios nutricionais e fisiológicos nos açazeiros a pleno sol que são submetidos a um excesso de radiação, já que a espécie é, naturalmente, adaptada à sombra da floresta.

Outro problema que esta dissertação irá ajudar a resolver é a carência de informações sobre produção de mudas de espécies amazônicas, principalmente do pracaxi. Com a ampliação do uso e valorização dessas espécies, cada vez mais os produtores estarão interessados em plantar essas árvores, o que irá gerar uma demanda pela produção de mudas. Para o pracaxi, por exemplo, não foram encontrados trabalhos sobre o desenvolvimento de mudas da espécie, ou sobre efeitos de diferentes fontes de nitrogênio e da radiação solar sobre o desenvolvimento.

### **3. HIPÓTESE**

- A associação açáí com pracaxi e a aplicação de efluente de fossa podem favorecer a nutrição nitrogenada e o desenvolvimento de mudas de açáí.
- O efluente é capaz de substituir o adubo mineral no fornecimento do nitrogênio necessário ao desenvolvimento inicial do açazeiro e pracaxizeiro.
- As diferentes condições de luminosidade podem ser associadas com diferenciadas respostas das espécies. Os açazeiros a pleno sol crescerão menos e terão menor teor de nitrogênio do que aqueles cultivados na sombra, em função do estresse provocado pelo excesso de radiação. E os pracaxizeiros apresentarão resposta inversa, já que é uma espécie pioneira típica de início de sucessão.

### **4. OBJETIVO**

#### **4.1. GERAL**

O objetivo deste estudo foi avaliar o desenvolvimento e nutrição nitrogenada de mudas de açáí e pracaxi, isoladas ou em consórcio, em função da fonte de nitrogênio e em diferentes condições de luminosidade.

#### **4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Avaliar o efeito dos tratamentos sobre o teor de nitrogênio nas mudas de açáí e pracaxi e o teor residual no solo.
- Determinar as respostas de crescimento e acúmulo de biomassa de mudas de açáí e pracaxi, isoladas ou em consórcio, sob adubação com diferentes fontes de nitrogênio.
- Comparar as respostas avaliadas em mudas cultivadas a pleno sol e na sombra.

## 5. REFERÊNCIAS

- Almeida, A. F., M. A. G. Jardim. 2012. A utilização das espécies arbóreas da floresta de várzea da Ilha de Sororoca, Ananindeua, Pará, Brasil por moradores locais. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais* 23:48-54.
- Almeida, S. S., D. D. Amaral, and A. S. L. Silva. 2004. Análise florística e estrutura de florestas de várzea no estuário amazônico. *Acta Amazonica* 34:513–524.
- Arias, M. E., Wittmann, F., Parolin, P., Murray-Hudson, M., Cochrane, T. A., 2018. Interactions between flooding and upland disturbance drives species diversity in large river floodplains. *Hydrobiologia* 814:5-17.
- Azevedo, C. P. 2006 Dinâmica de florestas submetidas a manejo na Amazônia Oriental: experimentação e simulação. 254
- Barata, L. E. S. 2012 A economia verde: Amazônia. *Ciência e Cultura* 3135.
- BRASIL. 2013. Plano Nacional de Saneamento Básico.
- BRASIL, T. 2016. Situação Saneamento no Brasil.
- Bredemeier, C., and C. M. Mundstock. 2000. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. *Ciência Rural* 30:365–372.
- Brondízio, E. S., C. A. M. Safar, E A. D. Siqueira. 2002. The urban market of açai fruit (*Euterpe oleracea* Mart.) and rural land use change: ethnographic insights into the role of price and land tenure constraining agricultural choices in the Amazon estuary. *Urban. Ecosystems*, 6:67–97.
- Campos, M. T.; Ehringhaus, C. Plant virtues are in the eyes of the beholders: a comparison of known palm uses among indigenous and folk communities of southwestern amazonia. **Economic Botany**, New York, v. 57, n. 3, p. 324-344. 2003.
- Cantarella, H. Nitrogênio. 2007. In: Novais, R. F. Fertilidade do Solo 2007 p.375-470.
- Carim, M. D. J. V., M. A. G. Jardim, and T. D. S. M. Medeiros. 2008. Floristic composition and structure of a floodplain forest in the municipality of Mazagão ,

- State of Amapá , Brazil. *Scientia Florestalis* 36:191–201.
- Carim, M. D. J. V., Wittmann, F. K., Piedade, M. T. F., Guimaraes, J. R.S., Tostes, L. C. L. 2017. Composition, diversity and structure of tial "Várzea" and "Igapó" floodplain forests in eastern Amazonia, Brazil. *Bras. J. Bot* 40:115-124.
- Carvalho, A. C. A. 2010. Economia de produtos florestais não madeireiros no Estado do Amapá: Sustentabilidade e Desenvolvimento Endógeno. 92.
- Costa, C. C. da, and J. J. M. Guilhoto. 2014. Saneamento rural no Brasil: impacto da fossa séptica biodigestora. *Engenharia Sanitaria e Ambiental* 19:51–60.
- Cravo, M. da S., Xavier, J. J. B. N., Dias, M. C., Barreto, J. B. 2002. Características, uso agrícola atual e potencial das várzeas do estado do Amazonas, Brasil. *Acta Amazônica* 32:351-365.
- Dantas, A. R. 2015. Dinâmica e districuição estacial de *Pentaclethra macroloba* (Willd.) Kuntze (Fabaceae) em floresta de varzea no estuário amazônico.
- Dantas, A. R., L. C. Marangon, M. C. Guedes, A. L. P. Feliciano, and A. C. Lira-Guedes. 2017. Spatial distribution of a population of *Pentaclethra macroloba* in a floodplain forest of the Amazon estuary. *Revista Árvore* 41.
- Dapont, E. C. Silva, J. B. da, Alves, C. Z., 2015. Initial development of açai plants under shade gradation. *Rev. Bras. Frutic.* 38:1-9.
- Eaton, W. D., C. Anderson, E. F. Saunders, J. B. Hauge, and D. Barry. 2012. The impact of *Pentaclethra macroloba* on soil microbial nitrogen fixing communities and nutrients within developing secondary forests in the Northern Zone of Costa Rica. *Tropical Ecology* 53:207–214.
- EMBRAPA. 2009. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Page (F. C. Silva, Ed.). EMBRAPA. Brasília.
- Epstein, E.; Bloom, A. J. 2004. Mineral nutrition of plants: principles and perspectives. 400
- Fabio, E. S., and L. B. Smart. 2018. Effects of nitrogen fertilization in shrub willow short rotation coppice production – a quantitative review. *GCB Bioenergy* 10:548–564.

- Fajardo, J. D. V., L. A. G. Souza, and S. S. Alfaia. 2009. Características químicas de solos de várzeas sob diferentes sistemas de uso da terra , na calha dos rios baixo Solimões e médio Amazonas. *Acta Amazonica* 39:731–740.
- Farias, J. E. S. 2012. Manejo de açazais, riqueza florística e uso tradicional de espécies de várzea do estuário amazônico. 103.
- Freitas, M. A. B., I. C. G. Vieira, A. L. K. M. Albernaz, J. L. L. Magalhães, and A. C. Lees. 2015. Floristic impoverishment of Amazonian floodplain forests managed for açai fruit production. *Forest Ecology and Management* 351:20–27.
- Funasaki, M., S. Barroso, V. Lia, A. Fernandes, and I. Sabino. 2016. *Quim. Nova*, 39:194–209.
- Guedes, M. C. 2005. Ciclagem de nutrientes após aplicação de lodo de esgoto (biossólido) sobre Latossolo cultivado com *Eucalyptus grandis* 154.
- Jogan, H., G. S. Dasog, S. A. Satyareddi, M. Hebbara, and C. R. Patil. 2017. Effect of Different Wastewaters on Carbon and Nitrogen Dynamics in Soils of North Karnataka, India. *Agricultural Research* 6:273–280.
- Junk, W. J., Wittmann, F., Schongard, J., Piedade, M. T. F. 2015. A classification of the major habitats of Amazonian black-water river floodplains and a comparison with their white-water counterparts. *Wetlands Ecol Manage* 23:667-693.
- Kofoworola, O. F. 2007. Recovery and recycling practices in municipal solid waste management in Lagos, Nigeria. *Waste Management* 27:1139–1143.
- Lima, F. A., Viana, T. V. de A., Sousa, G. G. de, Correia, L. F. M., Azevedo, B. M. de 2018. Yield of strawberry crops under different irrigation levels and biofertilizer doses. *Revista Ciência Agronômica* 49:381-388.
- Lima, P. R., Luz, P. T. S. da., Braga, P., Batista, P. R. dos S., Emmerson, J. Roberto, and L. Adriano. 2017. Murumuru (*Astrocaryum murumuru* Mart.) butter and oils of buriti (*Mauritia flexuosa* Mart.) and pracaxi (*Pentaclethra macroloba*(Willd.) Kuntze) can be used for biodiesel production : Physico-chemical properties and thermal and kinetic studies. *Industrial Crops & Products* 97:536–544.
- Malavolta, E. 2006. Manual de nutrição mineral de plantas. 638.

- Montero, J. C., Piedade, M. T. F., Wittmann, F. 2014. Floristic variation across 600 km of inundation forests (Igapo<sup>o</sup>) along the Negro River, Central Amazonia. *Hydrobiologia* 729:229–246.
- Nascimento, J. L. do. 2009. Crescimento e assimilação de carbono em plantas jovens de *Atalleia funifera* Mart. submetidas ao sombreamento e ao stress hídrico. 110.
- Novaes, A. P. de, M. L. Simões, L. M. Neto, N. E. Henrique, P. E. Cruvinel, E. H. Novotny, G. Santiago, and A. rita de A. Nogueira. 2002. Utilização de uma fossa séptica biodigestora para melhoria do saneamento rural e desenvolvimento da agricultura orgânica:5.
- Odey, E. A., Z. Li, X. Zhou, and L. Kalakodio. 2017. Fecal sludge management in developing urban centers: a review on the collection, treatment, and composting. *Environmental Science and Pollution Research* 24:23441–23452.
- Oliveira, B. R. de, Guedes, M. C., Lira-Guedes, A. C., Marmo, C. R., Sarges, R. C., Costa, J. B. P. 2018. Construção do Sistema de fossa séptica adaptada para as várzeas estuarinas do Rio Amazonas. 32.
- Oliveira, J. C., I. C. G. Vieira, A. S. Almeida, and C. A. Silva Junior. 2016. Floristic and structural status of forests in permanent preservation areas of Moju river basin, Amazon region. *Brazilian Journal of Biology* 76:912–927.
- Oliveira, M. do S. P. de, J. E. U. de Carvalho, and W. M. O. do Nascimento. 2008. Açai (*Euterpe oleracea* Mart.):1–49.
- Pesce, C. 2009. Oleaginosas da Amazônia. *Museu Paraense Emílio Goeldi* 334
- Queiroz, J. A. L., Mochiutti, S., Machado, S. A., Galvão, F. 2005. Composição florística e estrutura de floresta em várzea alta estuarina amazônica. *Floresta* 35: 41-46.
- Ribeiro, L. de O., Mendes, M. F., Pereira, C. de S. S. 2011. Avaliação da Composição Centesimal, Mineral e Teor de Antocianinas da Polpa de Juçai (*Euterpe edulis Martius*) *TECCEN* 4:5-16.
- Rios, M. N. S. and Pastore Jr, F. 2011. Plantas da Amazônia: 450 espécies de uso geral. 3140.

- Santos, V. S. dos., Batista, A. P. B., Aparício, P. da S., Aparício, W. C. da, Lira-Guedes, A. C. 2012. Dinâmica folrestal de espécies arbóreas em uma floresta de várzea na cidade de Macapá, AP, Brasil. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável* 7:207-213.
- SNIS. 2017. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS.
- Sousa, H. U. de, J. D. Ramos, J. G. de Carvalho, and E. A. Ferreira. 2004. Nutrição de mudas de açaizeiro sob relações cálcio:potássio:sódio em solução nutritiva. *Page Ciênc. agrotec.*
- Souza Junior, J. C., R. C. Nogueirol, and F. A. Monteiro. 2018. NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/NH<sub>4</sub><sup>+</sup>ratios affect nutritional homeostasis and production of Tanzania guinea grass under Cu toxicity. *Environmental Science and Pollution Research* 25:14083–14096.
- Taiz, L., Zeiger, E. 2004. *Fisiologia vegetal*. 918
- Uzzo, P. R. 2008. Resposta fisiológica e anatômica do açaizeiro e da palmeira real australiana ao sombreamento 70.
- Viana, T. V. de A., J. G. A. Lima, G. G. Souza, L. G. P. Neto, and B. M. Azevedo. 2014. GROWTH , GAS EXCHANGE AND YIELD OF CORN WHEN FERTIGATED 2125:106–114.
- Vieira, R. F. 2017. Ciclo do Nitrogênio. *Page (EMBRAPA, Ed.)*.
- Wyrwicka, A., and M. Urbaniak. 2018. The biochemical response of willow plants (*Salix viminalis* L.) to the use of sewage sludge from various sizes of wastewater treatment plant. *Science of the Total Environment* 615:882–894.
- Zanine, A. M.; Santos, E. M. 2004. Competição entre espécies de plantas - uma revisão. *R. FZVA* 11:10-30.
- Zhang, M., W. Wang, D. Wang, M. Heenan, and Z. Xu. 2018. Short-term responses of soil nitrogen mineralization, nitrification and denitrification to prescribed burning in a suburban forest ecosystem of subtropical Australia. *Science of the Total Environment* 642:879–886.

## 6. CAPITULO I

### Uso de efluente de fossa como biofertilizante em mudas de açaí sob diferentes luminosidades

**Resumo-** O açaí, de ocorrência natural na do Rio Amazonas e sua polpa tornou-se o principal produto florestal não madeireiro. O uso de biofertilizantes como adubos, é uma alternativa sustentável para promover a nutrição nitrogenada do açaí. Objetivo foi avaliar o desenvolvimento e nutrição nitrogenada de mudas de açaí, isoladas ou em consórcio com mudas de pracaxi, em função do nitrogênio e em diferentes condições de luminosidade. Este estudo foi realizado no viveiro florestal da Embrapa Amapá no município de Macapá, em esquema fatorial completo 3x3x2, sendo 3 fontes de nitrogênio x 3 arranjos das espécies x 2 condições de luminosidade. Os resultados para altura não foram significativos para o consórcio, tratamento, condição de luminosidade. Para o fator tempo houve significância. Para a interação tempo e condição de luminosidade, observa-se que houve maior incremento de DAS para mudas de açaí no sol. Para a biomassa da parte aérea e biomassa de raiz, o cultivo consorciado e a condição de luminosidade foram estatisticamente significativos quando analisados isoladamente. Não houve interação significativa entre os fatores. O uso do efluente de fossa como biofertilizante conseguiu suprir as necessidades nutricionais das mudas de açaí.

Termos para indexação: *Euterpe oleraceae*, adubação nitrogenada, reuso de resíduo

#### 6.1. Introdução

O açaizeiro, de ocorrência natural nos solos da várzea estuarina do Rio Amazonas pode colonizar áreas mais altas ou baixas, com ou sem deposição de sedimentos pelas marés (Freitas et al. 2015). A espécie é uma palmeira característica da floresta amazônica, pertencente à família Arecaceae (Oliveira et al. 2008). O açaí possui elevada importância na região pois é fonte da alimentação e renda para a maior parte das populações ribeirinhas do estuário do Rio Amazonas. É a espécie mais frequente e mais explorada do ecossistema de várzea, pois sua polpa tornou-se o principal produto florestal não madeireiro das várzeas amazônicas (Azevedo 2005). Os produtos fornecidos pelo açaizeiro, principalmente a polpa e o palmito do açaí, são tradicionalmente consumidos

na região e auxiliam na sobrevivência da população ribeirinha dos estados do estuário amazônico (Oliveira et al. 2008).

Com a valorização da polpa do açaí no mercado nacional e no exterior, tem-se observado um adensamento excessivo de açazeiros nas várzeas manejadas empiricamente pelos ribeirinhos, com a substituição gradual de dicotiledôneas, principalmente as espécies fixadoras de nitrogênio, gerando grande pressão sobre a fitodiversidade (Freitas et al. 2015). A expansão do manejo empírico dos açazais das várzeas, sem seguir critérios técnicos, e a tendência ao monocultivo, têm propiciado o aparecimento de alguns problemas não observados nas condições naturais. Nessas áreas tem-se observado, por exemplo, sintomas de deficiência de nitrogênio nos açazeiros, que pode levar à redução no desenvolvimento e queda na produção.

Outra questão que é diretamente afetada pelas alterações provocadas com o avanço do cultivo dos açazeiros, é a luminosidade, ou a disponibilidade de radiação solar para as plantas. Naturalmente, os açazeiros ficam sombreados no estrato inferior da floresta de várzea, mas com o cultivo a disponibilidade de radiação solar é ampliada várias vezes. O solo é a fonte de energia que abastece os sistemas vivos da biota e é a base energética para os processos bioquímicos. É a partir dele que a vida acontece por meio da fotossíntese. A fotossíntese é o processo que utiliza a luz solar para sintetizar compostos carbonados que não seriam sintetizados sem a presença de luz (Taiz and Zeiger 2004).

O enriquecimento dos açazais na várzea e os plantios em larga escala na terra firme, tem levado a uma crescente demanda por mudas de açazeiros. Além disso, torna-se necessário também a geração de conhecimentos sobre as demandas e desordens nutricionais que podem afetar os açazeiros. Antes que a produção e produtividade sejam comprometidas, é preciso voltar a atenção para as deficiências e excesso de nutrientes em mudas dessa espécie (Viégas et al. 2008).

Para estimular o melhor desempenho, tanto no estado vegetativo quanto na produção, adubações nitrogenadas têm sido um componente obrigatório na melhoria do rendimento das principais culturas alimentares (Fabio and Smart, 2018), dentre elas, o açaí. O nitrogênio é o macronutriente requerido pela planta em maior quantidade depois do oxigênio, carbono e hidrogênio. É considerado essencial, pois na sua ausência, a planta não consegue completar seu ciclo de vida (Malavolta, 2006), sendo absorvido da solução do solo pelas raízes das plantas na forma mineral de nitrato e amônio, mediados por transportadores específicos (Bredemeier and Mundstock, 2000).

No entanto, além de aumentar os custos da produção, é preciso ter cuidado com a adubação mineral nitrogenada, que pode causar acidez do solo, por meio da nitrificação que libera  $H^+$  (Rosolem et al., 2003). A aplicação de alguns adubos prontamente solúveis em determinadas condições de solo, também pode favorecer a formação de nitrato e sua migração para a solução do solo e o lençol freático. Quando aplicado em excesso, este ânion que é fracamente retido no solo, sofre lixiviação, levando a um considerável aumento da concentração de nitrato nas águas superficiais ou profundas. Isso gera contaminação e impacto no ambiente. Quando ingerido em excesso, o nitrato pode provocar câncer no aparelho digestivo (Resende, 2002).

O uso de biofertilizantes gerados de resíduos do tratamento do esgoto, nos quais predomina o nitrogênio amoniacal, pode ser uma alternativa aos problemas da adubação mineral (Faustino, 2007). Assim, o uso seguro de biofertilizantes de origem anaeróbia, provenientes de fossas sépticas biodigestoras, pode ser uma alternativa sustentável para promover a nutrição nitrogenada do açaí, e também de outras espécies como o pracaxi. Promover o uso do efluente de fossa séptica como biofertilizante nitrogenado, além de estimular o uso e a aceitação desta tecnologia para tratamento do esgoto da população das várzeas amazônicas, pode propiciar ao resíduo, antes descartado no ambiente, uma destinação adequada e uso sustentável.

Com isso o objetivo deste estudo foi avaliar o desenvolvimento e nutrição nitrogenada de mudas de açaí, isoladas ou em consórcio com mudas de pracaxi, em função da fonte de nitrogênio e em diferentes condições de luminosidade.

## **6.2. Material e métodos**

### **1.1.1. Caracterização das condições experimentais, delineamento amostral e montagem do experimento**

Este estudo foi realizado no viveiro florestal da Embrapa Amapá no município de Macapá. Segundo a classificação de Köppen, o clima é Equatorial, do tipo Am, com estações seca e chuvosa bem definida (Tavares, 2014). A temperatura média anual da região é de 27,7 °C, com insolação anual de 2.335,2 horas. A umidade relativa média anual é de 80% e a precipitação média anual, superior a 2.500 mm (INMET, 2018).

O viveiro florestal está situado próximo a uma vegetação nativa de cerrado, na Rodovia Juscelino Kubitschek, km 05, onde está localizada a Sede da Embrapa Amapá.

O viveiro é cercado e parcialmente coberto com tela sombrite, com malha para passagem de 50% da radiação solar.

As mudas foram plantadas em vasos com capacidade de 8 litros cada em esquema fatorial completo 3x2x2 (3 fontes de nitrogênio x 2 arranjos das espécies x 2 condições de luminosidade) e oito repetições com arranjo inteiramente casualizado. Com isso, totalizou-se 96 vasos, sendo cada um deles uma unidade experimental.

A terra para o plantio foi coletada no Centro Experimental da EMBRAPA/AP no distrito da Fazendinha, localizado a 13 km de Macapá, em uma profundidade de 0-30 cm, seco ao ar e peneirado para a retirada de resíduos vegetais mais grosseiros. Uma amostra composta foi retirada, após o peneiramento, para análises químicas realizadas no Laboratório de Solos da Embrapa/AP. Os resultados dessa caracterização inicial encontram-se dispostos na tabela 1.

**Tabela 1- Análise de terra do Campo Experimental da Fazendinha utilizada no experimento com mudas de açaí e pracaxi, no viveiro da Embrapa Amapá.**

pH	MO	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> +AL <sup>3+</sup>	SB	CTC pH7	V	m
H <sub>2</sub> O	g/kg	mg/dm <sup>3</sup>			cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>						%
5,9	31,03	12	0,14	6,1	4,7	0,1	5,6	6,2	11,8	53	2

MO: Matéria orgânica; SB: Soma de bases; CTC: Capacidade de troca cátion-iônica; V: Saturação de bases; m: Saturação por alumínio.

Após esta etapa, foi aplicada em todos os vasos, uma adubação de correção para fósforo, potássio e micronutrientes, conforme a recomendação de Cravo et al (2010) para mudas de açaí (tabela 2).

**Tabela 2- Recomendação de adubação para os tratamentos utilizados no experimento com mudas de açaí e pracaxi.**

Adbos	% de nutriente	Recomendação do nutriente g planta <sup>-1</sup>	Quantidade de adubo g vaso <sup>-1</sup>
Sulfato de amônio (N)	20	45	225
Super Fosfato Simples (P)	18	30	166,6
Cloreto de potássio (K)	58	80	137,9
FTE Br12	-		10

Para a implantação do tratamento relacionado a fonte de nitrogênio, três diferentes condições de nutrição nitrogenada (sulfato de amônio  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , efluente de fossa e testemunha-ausência) foram aplicadas. A fonte amoniacal de nitrogênio foi escolhida afim de diminuir perdas por desnitrificação e por ser a forma predominante no efluente da fossa (Tabela 3). Foram plantadas mudas de açaí isolado e mudas de açaí consorciado com pracaxi no mesmo vaso, em duas condições de luminosidade (pleno sol e sob sombrite 50%).

Optou-se por aplicar os tratamentos em viveiros e em vasos para controlar as variáveis e evitar principalmente a lixiviação do sulfato de amônio e do efluente de fossa, conseguindo assim isolar os efeitos da adubação e da incidência de luz. As bancadas com os vasos foram cobertas com plástico transparente utilizado para construção de casa de vegetação, evitando assim a entrada de água via precipitação.

As mudas foram coletadas na floresta de várzea do Centro Experimental da EMBRAPA/AP no município de Mazagão, localizado a 30 km de Macapá. A padronização das mudas coletadas foi realizada através da altura e da quantidade de folhas. Foram selecionadas para transplante mudas de aproximadamente 30 cm de altura e duas folhas abertas para o açaí e três folhas para o pracaxi.

As plantas de açaí e pracaxi foram transplantadas para os vasos com a terra tratada. Para estabelecimento das mudas transplantadas, elas foram molhadas manualmente duas vezes ao dia com 500 ml de água em cada vaso. Todas foram mantidas a sombra até o completo estabelecimento. Como houve mortalidade de algumas mudas, repetiu-se o processo de plantio nos mesmos vasos. Após 60 dias do plantio, aqueles referentes ao tratamento “sob pleno sol” foram levados para as bancadas localizadas fora do viveiro. A partir desse momento começou a aplicação do efluente.

O efluente de fossa foi coletado de uma fossa séptica biodigestora doméstica com mais de 10 anos de uso, construída de acordo com o modelo proposto por Novais et al (2002) e aplicado manualmente em cada vaso do respectivo tratamento. Uma amostra do efluente foi coletada para caracterização e análise química dos teores de nitrogênio (tabela 3). A quantidade de efluente a ser aplicada em cada vaso foi calculada para igualar a quantidade de nitrogênio que entrou com a adubação mineral, dividindo a aplicação do efluente ao longo do tempo.

**Tabela 3** – Análise química do efluente de fossa séptica biodigestora, utilizado no experimento com mudas de açaí e pracaxi, no viveiro da Embrapa Amapá.

Parâmetros	Unidades	Resultados
Temperatura	°C	30,6
pH	-	7,6
DBO	mg/L	202,1
Cor Aparente	mg/L	3.017,0
Coliformes totais	UFC/100 mL	< 2419,6
<i>E.coli</i>	UFC/100 mL	< 2419,6
Sólidos totais	mg/L	818,0
Sólidos totais fixos	mg/L	492,0
Sólidos totais voláteis	mg/L	326,0
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	1.293,0
Sólidos suspensos totais	mg/L	215,0
Nitrogênio amoniacal	mg/L	204,0
Nitrato	mg/L	1,9
Nitrito	mg/L	1
Fosfato	mg/L	143,0
Condutividade	uS/cm	1.840,0

DBO: Demanda Bioquímica do Oxigênio.

Os vasos com os demais tratamentos que não preconizavam a aplicação do efluente, receberam a mesma quantidade de água, servindo como controle para evitar um possível efeito da umidade no solo.

#### 6.2.2. Coleta e análise de dados

Os parâmetros para avaliação do desenvolvimento das mudas de açaí e pracaxi foram altura, diâmetro à altura do solo (DAS), massa fresca e massa seca da parte aérea, massa fresca e seca das raízes. As mudas foram medidas após o estabelecimento nos vasos, antes de iniciar o experimento. Após essa medição inicial, todas as mudas foram avaliadas inicialmente a cada 15 dias, e depois de 3 meses, passaram a ser medidas a cada 30 dias aproximadamente, totalizando 10 medições. O monitoramento foi iniciado em novembro 2017. A altura (h) foi medida do solo até o ápice, com auxílio de régua milimetrada e o DAS com auxílio de paquímetro.

Após sete meses de cultivo, a metade das unidades experimentais (4 repetições por tratamento) foi desbastada para a obtenção dos valores de biomassa. As mudas foram colhidas e a parte aérea foi separada da raiz. As amostras foram acondicionadas em sacos

de papel e levadas à estufa de circulação forçada a 65°C até peso constante, para determinação da massa seca.

As amostras de folhas foram trituradas no moinho de facas e submetidas a análises químicas. A determinação de nitrogênio total foi realizada no Laboratório de Solos da Embrapa/AP utilizando o método de descrito por Kjeldal, com digestão por ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), capturado por ácido bórico ( $H_3BO_3$ ) e titulação com ácido clorídrico (HCl) (EMBRAPA 2011).

A terra residual, após a coleta da parte aérea e raízes das mudas dos vasos desmontados, também foi submetida a análise química, seguindo os métodos descritos em Embrapa (2011).

Os dados foram submetidos a análise exploratória, para verificação da homocedasticidade da variância (teste de Teste de Hartley  $F_{max}$ , Cochran), independência (análise gráfica dos resíduos) e normalidade dos resíduos (teste Kolmogorov Smirnov). Como esses pressupostos foram atendidos, uma análise de variância (Teste F) com medidas repetidas no tempo foi realizada com três fatores (fonte de nitrogênio, consórcio e condição de luminosidade) além de um teste de médias (Tukey) para as respostas das mudas de açaí. Nas análises foi utilizado o software Statistica trial 10.0.

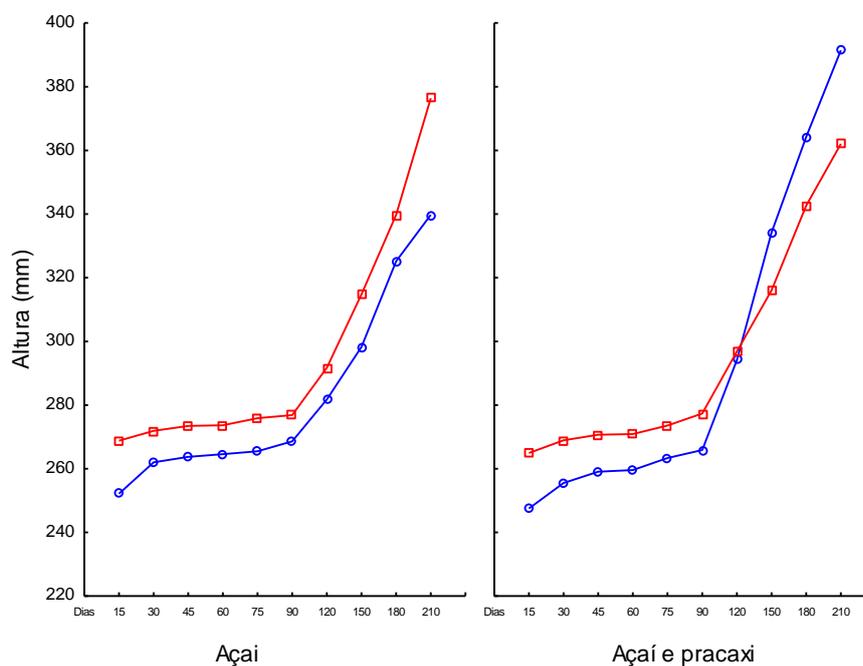
Assim, foram comparadas mudas de açaí cultivadas sozinhas com as mudas cultivadas consorciadas, verificando o efeito da fonte de nitrogênio (sulfato de amônio, efluente de fossa e testemunha-ausência), da luminosidade (pleno solo e sombrite 50%) e também as interações entre os fatores. No caso do nitrogênio e do tempo de crescimento que tem mais de dois níveis, possíveis diferenças entre os níveis foram analisadas comparando os intervalos de confiança constituídos por 95% de certeza ou as médias pelo Teste de Tukey.

Também foram ajustados modelos de regressão para as curvas de crescimento em altura e diâmetro à altura do solo das mudas ao longo do tempo, em função da quantidade de dias transcorridos após o plantio.

### 6.3. Resultados e discussão

#### 6.3.1. Altura, DAS e biomassa de açaí

Os dados apresentaram distribuição normal ( $K=0,06$ ,  $p=0,54$ ) e homocedasticidade constante ( $V=0,98$ ;  $p=0,569$ ) para a variável dependente altura. Os resultados para avaliação do crescimento em altura das mudas de açaí não foram significativos para o consórcio ( $p=0,405$ ), tratamento ( $p=0,787$ ), condição de luminosidade ( $p=0,631$ ), quando esses fatores foram avaliados separadamente, considerando a média de crescimento durante o tempo de cultivo. O fator tempo influenciou no crescimento em altura de maneira significativa ( $p<0,01$ ). A interação do tempo, com o consorcio e condição de luminosidade também foi significativa a menos de 1% de probabilidade ( $p=0,003$ ), e pode ser visualizada na figura 3. A partir dos 90 dias de cultivo, houve diferença significativa entre os tratamentos de acordo com Teste de Tuckey a 5% de probabilidade.



**Figura 3-** Crescimento em altura de mudas de açaí durante 7 meses, cultivadas isoladas ou consorciadas com mudas de pracaxi, em função das interações entre o tempo de cultivo com as diferentes condições de luminosidade (quadrado vermelho=sombra, círculo azul=sol).

Para as mudas de açaí plantadas isoladamente, o sombreamento favoreceu o crescimento em altura quando comparadas às plantadas a pleno sol. A altura média com

210 dias das mudas sombreadas foi de 376 mm, enquanto para mudas cultivadas a pleno sol foi de 346 mm. Mudas de açaí nativas nas florestas de várzea da Amazônia crescem no sob-bosque com menor incidência luminosa, entretanto as plantas podem ter respostas fisiológicas diferentes dependendo da capacidade adaptativa que elas possuem em tolerar altos níveis de luminosidade

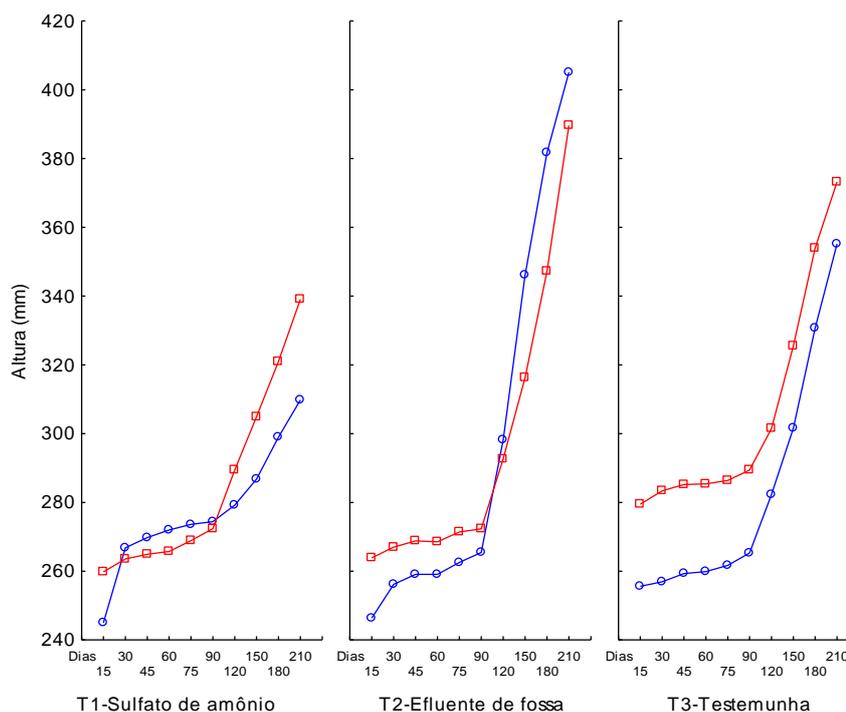
Ao estudar o crescimento de plantas jovens de açaizeiros em sistemas agroflorestais, Sampaio (2003) relatou maiores alturas quando cultivadas entre 20 a 70% de incidência luminosa e menores valores quando cultivadas a pleno sol. Uzzo (2008) ao estudar o efeito do sombreamento em mudas de açaí também obteve os maiores valores de altura em condições de meia sombra (60%), quando comparadas a plantas a pleno sol.

O maior crescimento em altura das mudas sob o cultivo na sombra é explicado pelo estiolamento, que é induzido pela baixa intensidade luminosa. Este mecanismo consiste em aumentar a altura da planta, com modificações anatômicas e fisiológicas, reduzindo da lignificação e suberificação dos tecidos, para aumentar a captação de luz (Moraes et al., 2003).

No caso das mudas de açaí plantadas consorciadas com mudas de pracaxi, houve uma interação com o fator tempo de cultivo. No início foi observada a mesma tendência de maior desenvolvimento quando sombreadas, mas a partir de 150 dias, esse comportamento se inverteu. A partir dessa medição, foram observados os maiores valores de altura para mudas sob pleno sol quando comparadas à sombra 50%. Ao final do experimento, foi observada maior altura média nas mudas de açaí consorciado a pleno sol do que nas mudas isoladas cultivadas na sombra.

Ao estudar o desenvolvimento de mudas de açaí, Sampaio (2003) constatou que o crescimento de mudas de açaí aumentou com a disponibilidade de até no máximo 80% de luminosidade. As mudas de açaí podem ter se beneficiado do sombreamento proporcionado pelas mudas de pracaxi plantadas associadas, onde as folhas desta pioneira podem ter sombreado as mudas de açaí, ocorrendo uma relação de facilitação entre as mudas de espécies distintas. Mesmo aplicando o tratamento a pleno sol, pode ter ocorrido um sombreamento parcial nos vasos com ambas as mudas plantadas.

Houve também uma interação significativa ( $p=0,040$ ) entre tempo, tratamento e condição de luminosidade, que pode ser observada na figura 4.



**Figura 5-** Crescimento em altura de mudas de açai cultivadas 7 meses, em função das interações entre o tempo de cultivo e as diferentes fontes de nitrogênio e condições de luminosidade (quadrado vermelho=sombra, círculo azul=sol).

Os maiores incrementos em altura ocorreram em mudas de açai plantadas a pleno sol tratadas com efluente de fossa como adubo nitrogenado, quando comparadas com mudas tratadas com sulfato de amônio e testemunha sem adubação nitrogenada. O tratamento com o uso de efluente de fossa foi o único em que as mudas tiveram melhor desempenho em relação à altura, a pleno sol. Isso aconteceu a partir de 120 dias de cultivo, momento em que se observou diferença estatística entre os tratamentos de acordo com Tuckey a 5% de probabilidade. Mesmo em condições de pleno sol, que poderiam prejudicar o incremento em altura devido à alta incidência luminosa, as mudas conseguiram assimilar o nitrogênio do efluente de fossa e, ao final do experimento, cresceram mais do que as plantas em todos os outros tratamentos e condições específicas.

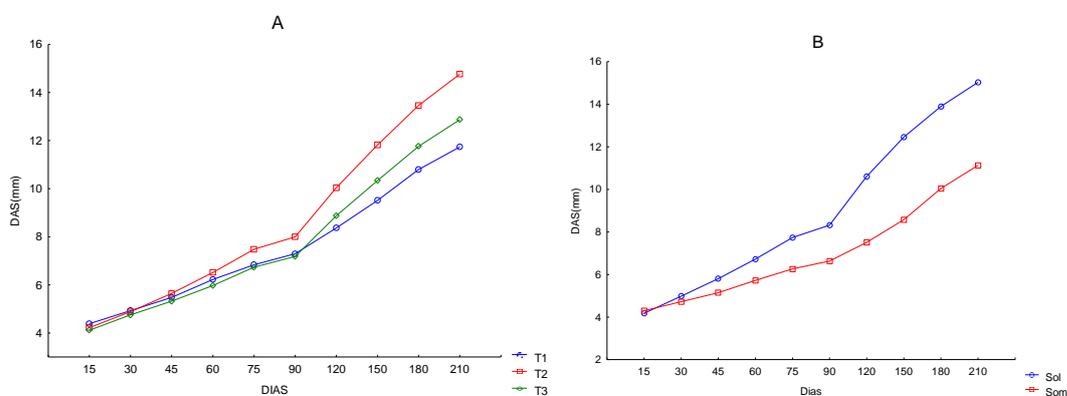
O pior crescimento em altura das mudas de açai ocorreu no tratamento com sulfato de amônio como adubo nitrogenado, em pleno sol, com altura média final de 309 mm. A adubação mineral mais concentrada, associada à radiação solar direta, teve um efeito negativo sobre o crescimento em altura das mudas. O efeito salino de adubações minerais em mudas de goiaba, também prejudicaram o crescimento em altura, quando comparados a mudas adubadas com esterco bovino (Cavalcante e colaboradores, 2010).

As alturas para o tratamento sem adubação nitrogenada (testemunha) tiveram desempenho mediano quando comparadas aos demais tratamentos desta pesquisa. A terra

utilizada no experimento, tinha valores considerados médios de matéria orgânica. Isso, associado a altas temperaturas e umidade elevada no viveiro, pode ter mineralizado para a solução do solo quantidades interessantes de nitrogênio que puderam ser assimiladas, e atender as demandas de crescimento em altura das mudas de açaí.

Os dados da variável dependente diâmetro à altura do solo (DAS) também apresentaram distribuição normal ( $K=0,07$ ;  $p=0,23$ ) e homocedasticidade de variância ( $V=0,90$ ;  $p=0,79$ ).

As diferenças nas respostas para DAS, ao contrário da variável altura, foram significativas, quando considerados o efeito isolado dos fatores preditores: fonte de N ( $p=0,005$ ) e condição de luminosidade ( $p=0,001$ ). Isso mostra que as diferenças em função dos fatores testados, podem ser mais associadas ao crescimento diamétrico do que em altura. Isso também foi observado em experimento com tachi branco, onde foram testadas diferentes adubações alternativas com biofertilizante e adubação convencional (dados ainda não publicados). O fator tempo ( $p=0,001$ ) e a interação com os fatores fonte de N ( $p=0,001$ ) e condição luminosa ( $p=0,001$ ), também foram altamente significativas. Essas interações podem ser observadas na figura 7.



**Figura 7-** Incremento do diâmetro na altura do solo de mudas de açaí, em função das interações entre o tempo de cultivo e as diferentes fontes de adubação nitrogenada (A), e as diferentes condições de luminosidade (B). T1-Adubação com sulfato de amônio; T2-Adubação com efluente de fossa; T3-Testemunha sem adubação.

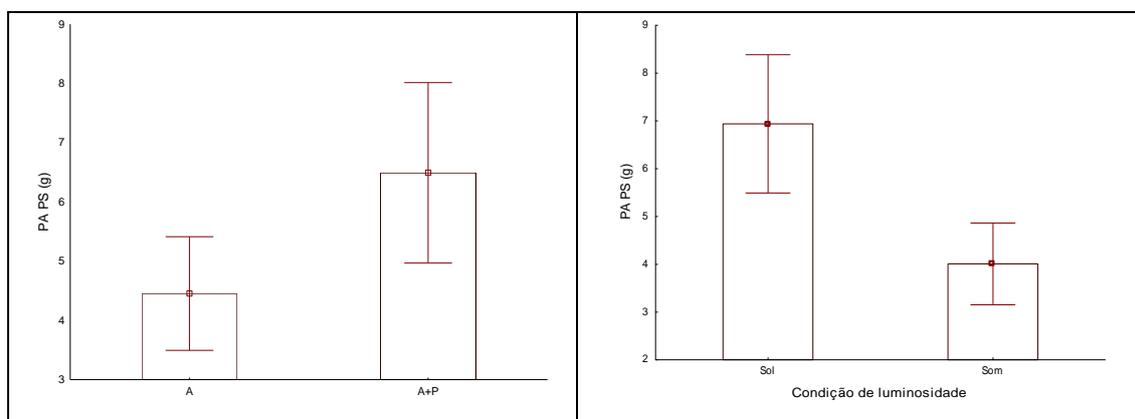
Os resultados mostraram que as mudas de açaí do tratamento com aplicação de efluente de fossa apresentaram maior incremento de DAS, quando comparado com os demais tratamentos, alcançando o valor médio com 210 dias de 15 mm. Em experimento sobre o uso de diferentes classes de biofertilizantes em bananeiras, também foi constatado que o maior incremento nessas frutíferas ocorreu quando as mesmas foram tratadas com

biofertilizante anaeróbico como o usado nesse estudo (Santos e colaboradores, 2017). Essa resposta pode estar associada à assimilação de nitrogênio oriundo da mineralização lenta dos compostos orgânicos presentes no efluente, visto que o efeito foi mais evidente a partir dos 120 dias de cultivo.

Observa-se também que o menor crescimento em DAS das mudas ocorreu na adubação com sulfato de amônio, corroborando a possibilidade de salinidade e toxicidade discutida para a altura. As mudas podem ter sido afetadas pela rápida solubilização da elevada carga de adubos minerais e não se desenvolveram adequadamente para esses dois parâmetros avaliados.

Para a interação tempo e condição de luminosidade, observa-se que houve maior incremento de DAS para mudas de açaí na condição a pleno sol. Essa resposta está intimamente relacionada com o aumento da produção fotossintética líquida, acumulação de nitrogênio em fotoassimilados e aumento de DAS das mudas. Isso reforça a ideia de que as mudas, quando sombreadas, investirão mais em crescimento em altura, para tentar sair dessa condição dominada.

Os dados para a variável dependente biomassa seca da parte aérea apresentaram, ao nível de 5% de probabilidade, distribuição normal ( $p=0,054$ ) e homocedasticidade de variância ( $p=0,058$ ). Para a biomassa seca de raiz, a distribuição dos resíduos também foi normal ( $p=0,063$ ) e a variância constante ( $p=0,060$ ). Essas respostas (Figura 8) apresentaram diferenças significativas entre os fatores cultivo consorciado ( $p=0,012$  e  $p=0,001$ , respectivamente) e condição de luminosidade ( $p<0,001$  e  $p=0,035$ , respectivamente). Não houve interação significativa entre os fatores.

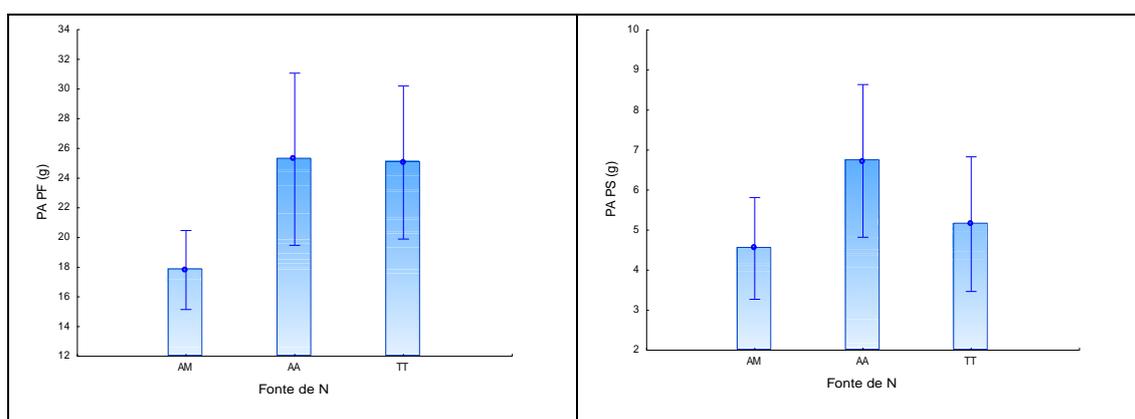


**Figura 8-** Valores médios ( $n=24$ ) e intervalos de confiança a 95%, da massa seca da parte aérea de mudas de açaí com 7 meses, cultivadas isoladamente (A) e consorciadas com pracaxi (A+P) e em função de diferentes condições de luminosidade.

Nas condições de altas temperaturas associadas a alta umidade, assim como ocorre naturalmente nas várzeas, as mudas podem se desenvolver adequadamente associadas com o plantio do pracaxi e de outras espécies em decorrência a decomposição da serapilheira. Na estação chuvosa, a velocidade de decomposição dessa biomassa na superfície fica mais lenta, o que causa deficiências nutricionais nas mudas.

Estudando o crescimento inicial de *Euterpe edulis* em clareiras e sub-bosques, Ribeiro e colaboradores (2011) obtiveram maiores incrementos de biomassa em plântulas desenvolvidas em clareiras quando comparada a sub-bosque, assim como ocorreu no presente estudo.

A variação na fitomassa do açai também pode ser associada com as diferentes fontes de N (Figura 9), principalmente, para a massa fresca ( $p=0,034$ ).



**Figura 9-** Valores médios ( $n=16$ ) e intervalos de confiança a 95%, da massa fresca (PA PF) e seca (PA PS) da parte aérea de mudas de açai com 7 meses, cultivadas com diferentes fontes de nitrogênio (AM-Adubação mineral com sulfato de amônio; AA-Adubação alternativa com efluente de fossa; TT-Testemunha sem adubação)

Verifica-se o mesmo padrão de menor crescimento nas mudas que receberam N como adubo mineral, também para a resposta em fitomassa.

De maneira geral, o uso de efluente de fossa como biofertilizante nitrogenado, associado com mudas de pracaxi a pleno sol são as condições que melhor favorecem o desenvolvimento das mudas, de acordo com os parâmetros analisados nesta pesquisa.

### 6.3.2. Nitrogênio no tecido foliar

O teor de N nas folhas foi maior nas plantas sombreadas ( $16,3 \text{ g kg}^{-1}$ ) do que a pleno solo ( $12,6 \text{ g kg}^{-1}$ ). Essa diferença foi estatisticamente significativa ( $T= -3,95$ ;  $GLR=10$ ;  $p=0,003$ ).

Os valores de nitrogênio total (N) no tecido foliar das mudas de açaí estudadas encontram-se na tabela 4.

**Tabela 4-** Teores de nitrogênio no tecido foliar em mudas de açaí sob diferentes fontes de adubação nitrogenada e condições de luminosidade cultivadas em um viveiro florestal.

Espécie e consórcio	Condição de luminosidade	Tratamento	N total na folha ( $\text{g kg}^{-1}$ )
Açaí	Sol	T1-sulfato de amônio	14,6
	Sol	T2-efluente de fossa	11,3
	Sol	T3-testemunha	10,8
Açaí	Sombra	T1-sulfato de amônio	15,6
	Sombra	T2-efluente de fossa	16,9
	Sombra	T3-testemunha	17,8
Açaí e Pracaxi	Sol	T1-sulfato de amônio	13,1
	Sol	T2-efluente de fossa	14,0
	Sol	T3-testemunha	11,8
Açaí e Pracaxi	Sombra	T1-sulfato de amônio	14,0
	Sombra	T2-efluente de fossa	18,3
	Sombra	T3-testemunha	15,0

Observa-se os maiores valores absolutos de nitrogênio total no tecido foliar para mudas de açaí associadas com mudas de pracaxi na sombra tratadas com efluente de fossa ( $N=18,3 \text{ g kg}^{-1}$ ), enquanto o menor valor foi aquele encontrado em mudas cultivadas sozinhas sem adubação nitrogenada em pleno sol ( $N=10,08 \text{ g kg}^{-1}$ ). Viégas e colaboradores (2008) ao estudarem o comportamento de plantas jovens de açaí sob omissões de nutrientes essenciais, concluíram que os teores de nitrogênio total no tecido foliar para plantas sem deficiência de nitrogênio eram de  $19 \text{ g kg}^{-1}$ , enquanto que para plantas com sintomas visuais de deficiência para este nutriente, eram de  $11 \text{ g kg}^{-1}$ , dados que corroboram os obtidos no presente estudo.

O uso do efluente de fossa como fonte nitrogenada conseguiu suprir as necessidades nutricionais das mudas, alcançando resultados absolutos maiores com os comparados à adubação por sulfato de amônio realizada seguindo a recomendação de adubação da espécie. Isso indica que está havendo absorção pelas raízes e assimilação deste nutriente na biomassa das folhas.

Estes resultados também confirmam a adaptabilidade dessas mudas às condições de sombreamento para a assimilação de nitrogênio na biomassa das folhas. Resultados que concordam com os estudos de Sousa (2006), ao avaliar as respostas de crescimento vegetativo de mudas de açaí plantadas em capoeira sob sombreamento.

### 6.3.3. Nitrogênio e o efeito residual no solo

Antes da aplicação das adubações nitrogenadas, a terra utilizada para o plantio das mudas apresentava  $1,9 \text{ g kg}^{-1}$  de N total. O teor residual de N no solo foi menor nas plantas sombreadas ( $1,6 \text{ g kg}^{-1}$ ) do que a pleno sol ( $1,9 \text{ g kg}^{-1}$ ). Essa diferença foi estatisticamente significativa ( $T= 2,43$ ;  $GLR=10$ ;  $p=0,035$ ). Os teores de N total no solo após o experimento, encontram-se na tabela 5.

Tabela 5- Teores de nitrogênio na terra em que as mudas de açaí foram cultivadas sob diferentes fontes de adubação nitrogenada e condições de luminosidade em um viveiro florestal.

Espécie e consórcio	Condição de luminosidade	Tratamento	N total no solo ( $\text{g kg}^{-1}$ )
Açaí	Sol	T1-sulfato de amônio	1,7
	Sol	T2-efluente de fossa	1,9
	Sol	T3-testemunha	1,7
Açaí	Sombra	T1-sulfato de amônio	1,7
	Sombra	T2-efluente de fossa	1,7
	Sombra	T3-testemunha	1,7
Açaí e Pracaxi	Sol	T1-sulfato de amônio	1,9
	Sol	T2-efluente de fossa	2,3
	Sol	T3-testemunha	1,8
Açaí e Pracaxi	Sombra	T1-sulfato de amônio	1,5
	Sombra	T2-efluente de fossa	1,2
	Sombra	T3-testemunha	1,7

As diferenças entre os teores médios no solo foram observadas apenas para a condição de luminosidade. Observa-se que houve semelhança entre os valores médios nas diferentes condições de adubação, em que os teores de nitrogênio total no solo foram parecidos entre os tratamentos. No entanto, o maior valor absoluto para nitrogênio total no solo foi encontrado no tratamento com aplicação de efluente como biofertilizante.

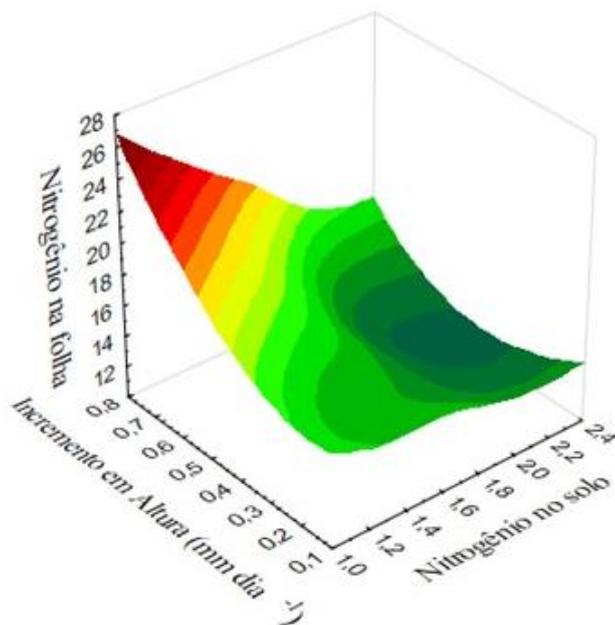
Ao estudar nitrogênio e carbono em diferentes sistemas agropecuários, Pimentel (2012) encontrou cerca de  $1,11 \text{ g kg}^{-1}$  de nitrogênio total em um Latossolo vermelho distrófico sobre plantio e adubação convencional de milho, valor semelhante aos encontrados no presente estudo. Pimentel também encontrou valores médios de  $1,89 \text{ g kg}^{-1}$  de nitrogênio total para áreas de pastagens consorciadas com amendoim forrageiro, valor semelhante ao encontrado quando mudas de açaí foram plantadas com pracaxi em pleno sol.

#### 6.3.4. Incremento médio de altura e DAS

As mudas de açaí avaliadas no presente estudo obtiveram o maior valor absoluto de incremento em altura para o tratamento com uso de efluente de fossa como fonte de nitrogênio, plantadas associadas com o pracaxi na condição de pleno sol, cerca de  $0,69 \text{ mm dia}^{-1}$ . O menor valor de foi de  $0,19 \text{ mm dia}^{-1}$  para as mudas de açaí sem adubação nitrogenada, plantadas associadas com o pracaxi sombreadas.

Para o DAS o valor de maior incremento foi para a combinação de uso de efluente, plantio consorciado com pracaxi e pleno sol, cerca de  $0,05 \text{ mm dia}^{-1}$  e o menor foi de  $0,02 \text{ mm dia}^{-1}$  para mudas de açaí adubadas com sulfato de amônio, plantadas sem consorcio e sombreadas.

Observa-se que houve um maior incremento na altura onde encontrou-se os maiores teores de nitrogênio no tecido foliar e os menores no solo, indicando que houve disponibilidade deste nutriente na solução no solo, absorção pelas raízes e incorporação a biomassa como mostra a figura 10.



**Figura 10-** Superfície de resposta do incremento em altura em função do Nitrogênio no tecido foliar e no solo em mudas de açaí cultivadas em um viveiro florestal.

#### 6.4. Conclusões

- O uso do efluente de fossa como biofertilizante consegue suprir as necessidades nutricionais das mudas de açaí, contribuindo para a reciclagem e destinação final desse resíduo.
- A produção de mudas de açaí em viveiro é favorecida pelo uso de efluente de fossa como biofertilizante nitrogenado, e pela associação com mudas de pracaxi a pleno sol.

#### 6.5. Agradecimentos

Ao Projeto Bem Diverso (GEF/PNUD, Embrapa), pelo fomento desta pesquisa e à Embrapa Amapá pela estrutura cedida. Ao CNPq, pela bolsa concedida ao primeiro autor, durante o curso de mestrado.

## 6.6. Referências

- ALMEIDA, A. F.; JARDIM, M. A. G. A utilização das espécies arbóreas da floresta de várzea da Ilha de Sororoca, Ananindeua, Pará, Brasil por moradores locais. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v.23, p.48-54, 2012.
- AZEVEDO, J. R. **Tipologia do sistema manejo de açazais nativos praticados pelos ribeirinhos em Belém, Estado do Pará**. 2005. 113p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Pará, Belém.
- BREDEMEIER, C. & MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, 30:365–372. 2000.
- CAVALCANTE, L. F.; VIEIRA, M. S.; DOS SANTOS, A. F.; DE OLIVEIRA, W. M.; NASCIMENTO, J. A. M. Água salina e esterco bovino líquido na formação de mudas de goiabeira cultivar paluma. **Rev. Bras. Frutic.** 2010, vol.32, n.1, pp. 251-261. 2010.
- CRAVO, M. DA S.; VIÉGAS, I. DE J. M.; BRASIL, E. C. **Recomendação de adubação e calagem para o estado do Pará**. Embrapa Amazônia Oriental. 2010. 262p.
- DAPONT, E. C. **Aceleração da germinação e sombreamento na formação de mudas de açai rio branco**. 2012. 74p. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal do Acre, Rio Branco.
- EATON, W. D.; ANDERSON, C.; SAUNDERS, E. F.; HAUGE, J. B.; BARRY, D. The impact of *Pentaclethra maculoba* on soil microbial nitrogen fixing communities and nutrients within developing secondary forests in the Northern Zone of Costa Rica. **Tropical Ecology**, v. 53, p. 207–214. 2012.
- EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Page (F. C. Silva, Ed.) Embrapa Solos, 2011. 230p.
- FABIO, E. S. & L. B. SMART, L.B. Effects of nitrogen fertilization in shrub willow short rotation coppice production – a quantitative review. **GCB Bioenergy**, v.10. p.548–564. 2018.
- FAUSTINO, A.S. **Estudos físico-químicos do efluente produzido por fossa séptica biodigestora e o impacto do seu uso no solo**. 2007. 122p. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- FREITAS, M. A. B.; VIEIRA, I. C. G.; ALBERNAZ, A. L. K. M.; MAGALHÃES, J. L. L.; LEES, A. C. Floristic impoverishment of Amazonian floodplain forests managed for açai fruit production. **Forest Ecology and Management**, v.351, p. 20–27. 2015.
- INMET. Instituto nacional de meteorologia. 2018. **Normais Climatológicas do Brasil**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>>. Acesso em: 20 de julho de 2018.
- LIMA, F. A.; VIANA, T. V. A. V.; DE SOUSA, G. G.; MARTINS, L. F.; AZEVEDO, B. M. Yield of strawberry crops under different irrigation levels and biofertilizer doses. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 49, n. 3, p. 381-388, 2018.

- MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. 2006. 638p.
- MORAES, H.; MARUR, C. J.; CARAMORI, P. H.; RIBEIRO, A. M. A.; GOMES, C. J. Características fisiológicas e de crescimento do cafeeiro sombreado com guandu e cultivado a pleno sol. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.38 n.10, p. 1131-1137, 2003.
- NASCIMENTO, J. L. do. **Crescimento e assimilação de carbono em plantas jovens de *Atalea funifera* Mart. Submetida ao sombreado e ao stress hídrico**. 2009. 110p. Dissertação (Mestrado) -Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilheus.
- NOVAES, A. P. DE; SIMÕES, M. L.; NETO, L. M.; HENRIQUE, N. E.; CRUVINEL, P. E.; NOVOTNY, E. H.; SANTIAGO, G.; NOGUEIRA, A. R. DE A. **Utilização de uma fossa séptica biodigestora para melhoria do saneamento rural e desenvolvimento da agricultura orgânica**. Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2002. 5p.
- OLIVEIRA, M. DO S. P. DE; DE CARVALHO, J. E. U.; DO NASCIMENTO, W. M. O. **Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.)** Embrapa Amazônia Oriental, 2008. 49p.
- PEREIRA, R.; TERESA, P.; BRAGA, M.; RONALDO, P.; EMMERSON, C.; ROBERTO, J. ; ADRIANO, L. Murumuru ( *Astrocaryum murumuru* Mart .) butter and oils of buriti ( *Mauritia flexuosa* Mart .) and pracaxi ( *Pentaclethra maculosa* ( Willd .) Kuntze ) can be used for biodiesel production : Physico-chemical properties and thermal and kinetic studies. **Industrial Crops & Products**, v.97, p.536–544. 2017.
- PIMENTEL, R. M. **Propriedades físicas: carbono e nitrogênio do solo em sistemas agropecuários lavras**. 2012. 99p. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal de Lavras. Minas Gerais.
- QUEIROZ, J. A. L. de; MOCHIUTTI, S.; DO AMARAL, M. S.; GALVÃO, F. Composição florística e estrutura de floresta em várzea alta estuarina Amazônica. **Floresta**, p.35, v.1, 2005.
- RESENDE, A. V. de. **Agricultura e qualidade de água: Contaminação da água por nitrato**. EMBAPA, 2002.
- RIBEIRO, T. M.; MARTINS, S. V.; LANA, V. M.; SILVA, K. A. Sobrevivência e crescimento inicial de plântulas de *Euterpe edulis* Mart. Transplantadas para clareiras e sub-bosque em uma floresta estacional semidecidual, em viçosa, mg. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n.6, p.1219-1226, 2011.
- ROSOLEM, C. A.; FOLONI, J. S.; OLIVEIRA, R. H. de. Dinâmica do nitrogênio no solo em razão da calagem e adubação nitrogenada, com palha na superfície. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 38, n.2, p.301-309, 2003
- SANTOS, E. O.; VIANA, T. V. A.; DE SOUSA, G. G.; CARVALHO, A. C. P. P.; AZEVEDO, B. M. Biomass accumulation and nutrition in micropropagated plants of the banana 'prata catarina' under biofertiliser. **Rev. Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 4, p. 901 – 911. 2017.

SOUSA, L. A. S. **Desenvolvimento de plantas jovens de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) Plantado em área com vegetação secundária (capoeira) na localidade de benjamin constant, município de Bragança, estado do Pará, Belém – PA.** 2006. 62p. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém.

SAMPAIO, L. S. **Radiação e crescimento de plantas jovens de açaizeiro em sistemas agroflorestais.** 2003. 59p. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo - Escola Superior Luiz de Queiroz, Piracicaba.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal.** 2004. 918 p.

TAVARES, J. P. N. Características da climatologia de Macapá-AP. **Caminhos de geografia.** Macapá, v. 15. n. 50. p.38-151, 2014.

UZZO, R. P. **Resposta fisiológica e anatômica do açaizeiro e da palmeira real australiana ao sombreamento.** 2008. 70p. Tese (Doutorado) -Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura, Piracicaba.

VIÉGAS, 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 em plantas de açaizeiro (*Euterpe oleracea*). **Rev. ciênc. agrár.**, Belém, n. 50, p. 129-141, jul./dez. 2008.

## **7. CAPITULO II**

**Uso de efluente de fossa como biofertilizante nitrogenado em mudas de pracaxi (*Pentaclethra macroloba*) sob duas condições de luminosidade**

## 7.1. Introdução

Para a conservação pelo uso dos ecossistemas, principalmente os de várzea, se consolidar como uma via de manutenção da floresta em pé, é necessário o conhecimento das espécies que o compõe. Conhecer a composição florística, autoecologia e o uso racional de suas múltiplas funções é uma estratégia para a conservação da biodiversidade (Almeida et al. 2004).

O pracaxi (*Pentaclethra macroloba* (Willd.) Kuntze) é um produto florestal não madeireiro importante para as comunidades tradicionais das várzeas do Rio Amazonas, pois de suas sementes se extrai um óleo, muito utilizado para diversos fins fitoterápicos pela população ribeirinha.

O óleo de pracaxi é extraído a partir das sementes prensadas e apresenta cor amarelo-clara, sendo usado *in natura* na pele (Pesce 2009). Possui alto poder hidratante, umectante e cicatrizante (Barata 2012). Além do uso tradicional, o uso industrial vem crescendo muito nos últimos anos. A indústria cosmética tem imposto elevada pressão sobre a espécie, por requerer volumes cada vez maiores de óleo, pois sua utilização já ocorre em escala industrial para a fabricação de cosméticos (Funasaki et al. 2016).

O pracaxi é uma leguminosa pertencente à família Fabaceae, encontrada preferencialmente nas florestas de várzeas da Amazônia (Queiroz et al. 2005). É uma importante e frequente pioneira de início de sucessão das florestas inundáveis, mas existem poucos estudos sobre sua ecologia (Eaton et al. 2012).

Árvores de pracaxi e açaí estão em constante associação em áreas de floresta alagada da várzea, pois são consideradas espécies comuns nesse ecossistema (Santos 2012; Carim 2017). Com o adensamento dos açazais manejados nos solos alagados das várzeas, e retirada de outras espécies como o pracaxi, a ciclagem biogeoquímica de nutrientes está sendo alterada. A alteração na ciclagem natural e competição por nutrientes, mesmo no solo fértil da várzea, pode provocar queda na produção, principalmente por deficiência de nitrogênio. O nitrogênio é proveniente da decomposição da matéria orgânica e da fixação biológica de N<sub>2</sub> atmosférico, que podem ser afetados pelo alagamento e pelo manejo empírico dos açazais nas áreas de várzea.

Com a produção limitada, o uso de adubos nitrogenados sintéticos tem sido cada vez mais comum, levando a um aumento nos custos da produção e, conseqüente diminuição do lucro. O enriquecimento das várzeas com árvores de pracaxi pode ser uma alternativa, já que esta arbórea fixa nitrogênio nas suas raízes (Eaton et al. 2012) por meio

da simbiose com bactérias diazotróficas. Suas folhas funcionam como adubos verdes, e seus frutos produzem óleo, detentor de elevado apelo comercial.

O uso das leguminosas que apresentam elevado potencial de fixação biológica de nitrogênio e de produção de biomassa, como adubos verdes, em pomares, além de proporcionar economia com fertilizantes, contribui para o manejo ecológico e sustentável (Espindola et al. 2006a). Isso é fundamental para a produção orgânica e para o estabelecimento e manutenção dos produtores no mercado de forma competitiva e menos dependentes de subsídios.

O interplântio de espécies fixadoras de nitrogênio, como o pracaxi, com espécies de interesse agrícola, como o açai, pode aumentar o crescimento e a produtividade. As espécies da família Fabaceae (leguminosae), melhoram os atributos químicos do solo por meio de uma maior disponibilização de nitrogênio ao sistema, primeiramente pela morte e decomposição de suas raízes finas e conseguinte deposição e decomposição da serapilheira. Promove também condições ecofisiológicas favoráveis ao crescimento de outras espécies na sua sombra, como o açai, por exemplo (Vieira et al. 2011).

Outra alternativa para a nutrição nitrogenada para as arbóreas da várzea estuarina, é o uso de efluente de fossa biodigestora como biofertilizante. Ele é produzido através da fossa séptica biodigestora, tecnologia lançada pela Embrapa em 2002. Após a biodigestão anaeróbia, o produto final é um efluente estável, sem risco de contaminação e odores, podendo ser usado na agricultura como fonte de nutrientes, entre eles o nitrogênio (Novaes et al. 2002).

Promover o uso do efluente de fossa séptica como biofertilizante nitrogenado, além de estimular o uso e a aceitação desta tecnologia de tratamento de esgoto da população das várzeas amazônicas, dará ao resíduo, antes descartado no ambiente, um uso sustentável.

Assim, o objetivo do presente trabalho, foi testar se o efluente de fossa pode ser usado para substituir a adubação mineral nitrogenada para produção de mudas de pracaxi. Testou-se também se o desenvolvimento das mudas e a disponibilidade de nitrogênio seriam favorecidos pela condição de maior luminosidade e prejudicados pela competição com mudas de açai.

## **7.2. Material e métodos**

### **7.2.1. Caracterização das condições experimentais, delineamento amostral e montagem do experimento**

Este estudo foi realizado no viveiro florestal da Embrapa Amapá no município de Macapá. Segundo a classificação de Köppen, o clima é Equatorial, do tipo Am, com estações seca e chuvosa bem definida (Tavares, 2014). A temperatura média anual da região é de 27,7 °C, com insolação anual de 2.335,2 horas. A umidade relativa média anual é de 80% e a precipitação média anual, superior a 2.500 mm (INMET, 2018).

O viveiro florestal está situado próximo a uma vegetação nativa de cerrado, na Rodovia Juscelino Kubitschek, km 05, onde está localizada a Sede da Embrapa Amapá. O viveiro é cercado e parcialmente coberto com tela sombrite, com malha para passagem de 50% da radiação solar.

As mudas foram plantadas em vasos com capacidade de 8 litros cada em esquema fatorial completo 3x2x2 (3 fontes de nitrogênio x 2 arranjos das espécies x 2 condições de luminosidade) e oito repetições com arranjo inteiramente casualizado. Com isso, totalizou-se 96 vasos, sendo cada um deles uma unidade experimental.

A terra para o plantio foi coletada no Centro Experimental da EMBRAPA/AP no distrito da Fazendinha, localizado a 13 km de Macapá, em uma profundidade de 0-30 cm, seco ao ar e peneirado para a retirada de resíduos vegetais mais grosseiros. Uma amostra composta foi retirada, após o peneiramento para análise química realizada no Laboratório de Solos da Embrapa/AP e os resultados dessa caracterização inicial encontram-se dispostos na tabela 1.

Tabela 1- Análise de terra do Centro Experimental da Fazendinha utilizada no experimento com mudas de açaí e pracaxi no viveiro da Embrapa Amapá.

pH	MO	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> +AL <sup>3+</sup>	SB	CTC pH7	V	m
H <sub>2</sub> O	g/kg	mg/dm <sup>3</sup>			cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>						%
5,9	31,03	12	0,14	6,1	4,7	0,1	5,6	6,2	11,8	53	2

MO: Matéria orgânica; SB: Soma de bases; CTC: Capacidade de troca cátion-iônica; V: Saturação de bases; m: Saturação por alumínio.

Após esta etapa, foi aplicada em todos os vasos, uma adubação de correção para fósforo, potássio e micronutrientes, conforme a recomendação de Cravo et al (2010) para mudas de açaí (tabela 2).

Tabela 2- Recomendação de adubação para os tratamentos utilizados no experimento com mudas de açaí e pracaxi.

Adubos	% de nutriente	Recomendação do nutriente g.planta <sup>-1</sup>	Quantidade de adubo g.planta <sup>-1</sup>
Sulfato de amônio (N)	20	45	225
Super Fosfato Simples (P)	18	30	166,6
Cloreto de potássio (K)	58	80	137,9
FTE Br12	-		10

Para a implantação do tratamento relacionado a fonte de nitrogênio, três situações diferentes condições de nutrição nitrogenada (sulfato de amônio (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, efluente de fossa e testemunha-ausência) foram aplicadas. A fonte amoniacal de nitrogênio foi escolhida para diminuir perdas por desnitrificação e porque o amônio é a forma predominante no efluente da fossa. Foram plantadas três combinações de espécies (pracaxi isolado e pracaxi mais açaí consorciados), em duas condições de luminosidade (pleno sol e sob sombrite 50%).

Optou-se por aplicar os tratamentos em viveiros e em vasos para controlar as variáveis e evitar principalmente a lixiviação do sulfato de amônio e do efluente de fossa, conseguindo assim isolar os efeitos da adubação e da incidência de luz. As bancadas com os vasos foram cobertas com plástico transparente utilizado para construção de casa de vegetação, evitando assim a entrada de água via precipitação.

As mudas foram coletadas na floresta de várzea do Centro Experimental da EMBRAPA/AP no município de Mazagão localizado a 30 km de Macapá. A padronização das mudas coletadas foi realizada através da altura e da quantidade de folhas. Foram selecionadas para transplante mudas de aproximadamente 30 cm de altura e três folhas abertas para o pracaxi e duas folhas abertas para o açaí.

As plantas de pracaxi e açaí foram transplantadas para os vasos com a terra tratada. Para estabelecimento das mudas transplantadas, elas foram molhadas manualmente duas vezes ao dia com 500 ml de água em cada vaso. Todas foram mantidas a sombra até o completo estabelecimento. Como houve mortalidade de algumas mudas, repetiu-se o processo de plantio nos mesmos vasos. Após 60 dias do plantio, aqueles referentes ao tratamento “sob pleno sol” foram levados para as bancadas localizadas fora do viveiro. A partir desse momento começou a aplicação do efluente.

O efluente de fossa foi coletado de uma fossa séptica biodigestora doméstica com mais de 10 anos de uso, construída de acordo com o modelo proposto por Novais et al (2002) e aplicado manualmente em cada vaso do respectivo tratamento. Uma amostra do efluente foi coletada para caracterização e análise química dos teores de nitrogênio (tabela

3). A quantidade de efluente a ser aplicada em cada vaso foi calculada para igualar a quantidade de nitrogênio que entrou com a adubação mineral, dividindo a aplicação do efluente ao longo do tempo.

Tabela 3 – Análise química do efluente de fossa séptica biodigestor utilizado no experimento com mudas de pracaxi e açaí, no viveiro da Embrapa Amapá.

Parâmetros	Unidades	Resultados
Temperatura	°C	30,6
pH	-	7,6
DBO	mg/L	202,1
Cor Aparente	mg/L	3.017,0
Coliformes totais	UFC/100 mL	< 2419,6
<i>E.coli</i>	UFC/100 mL	< 2419,6
Sólidos totais	mg/L	818,0
Sólidos totais fixos	mg/L	492,0
Sólidos totais voláteis	mg/L	326,0
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	1.293,0
Sólidos suspensos totais	mg/L	215,0
Nitrogênio amoniacal	mg/L	204,0
Nitrato	mg/L	1,9
Nitríto	mg/L	1
Fosfato	mg/L	143,0
Condutividade	uS/cm	1.840,0

DBO: Demanda Bioquímica do Oxigênio.

Os vasos com os demais tratamentos que não preconizavam a aplicação do efluente, receberam a mesma quantidade de água destilada, servindo como controle para evitar um possível efeito da umidade no solo.

### 7.2.2. Coleta e análise de dados

Os parâmetros para avaliação do desenvolvimento das mudas de pracaxi e açai foram altura, diâmetro à altura do solo (DAS), biomassa fresca e seca da parte aérea e das raízes. As mudas foram medidas após o estabelecimento nos vasos, antes de iniciar o experimento. Após essa medição inicial, todas as mudas foram avaliadas inicialmente a cada 15 dias, e depois de 3 meses, passaram a ser medidas a cada 30 dias aproximadamente, totalizando 10 medições. O monitoramento foi iniciado em novembro 2017. A altura (h) foi medida do solo até o meristema apical, com auxílio de régua milimetrada e o DAS com auxílio de paquímetro.

Após sete meses de cultivo, a metade das unidades experimentais (4 repetições por tratamento) foi desbastada para a obtenção dos valores de biomassa. As mudas foram colhidas e a parte aérea foi separada da raiz. As amostras foram acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa de circulação forçada a 65°C até peso constante.

As amostras de folhas foram trituradas no moinho de facas e submetidas a análises químicas. A determinação de nitrogênio total foi realizada no Laboratório de Solos da Embrapa/AP utilizando o método de descrito por Kjeldal, com digestão por ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), capturado por ácido bórico ( $H_3BO_3$ ) e titulação com ácido clorídrico (HCl) (EMBRAPA 2009).

A terra residual, após a coleta da parte aérea e raízes das mudas dos vasos desmontados, também foi submetida a análise química, seguindo os métodos descritos em Embrapa (2011).

Os dados foram submetidos a análise exploratória, para verificação da homocedasticidade da variância, independência e normalidade dos resíduos. Como esses pressupostos foram atendidos, uma análise de variância (Teste F) com medidas repetidas no tempo foi realizada com três fatores (fonte de nitrogênio, consórcio e condição de luminosidade) para as respostas das mudas de pracaxi. Nas análises foi utilizado o software Statistica trial 10.0.

Assim, foram comparadas mudas de pracaxi cultivadas sozinhas com as mudas cultivadas consorciadas, verificando o efeito do nitrogênio (sulfato de amônio, efluente de fossa e testemunha-ausência), da luminosidade (pleno solo e sombrite 50%) e também as interações entre os fatores. No caso do nitrogênio e do tempo de crescimento que tem mais de dois níveis, possíveis diferenças entre os níveis foram analisadas comparando os

intervalos de confiança constituídos por 95% de certeza ou as médias pelo Teste de Tukey.

### 7.3. Resultados e discussão

#### 7.3.1. Altura, DAS e biomassa do pracaxi

Os dados apresentaram distribuição normal ( $KS=0,79$ ;  $p=0,052$ ) homocedasticidade de variância ( $V=0,43$ ;  $p=0,568$ ), para a variável dependente altura.

Os fatores analisados isoladamente não apresentaram significância, nem em função do plantio consorciado com açai. A análise em função do tempo mostrou que apenas a interação fonte de nitrogênio e luminosidade foi significativa ( $p=0,001$ ), podendo ser observada na figura 1. A partir de 120 dias de experimentos, houve diferença estatística entre os tratamentos a 5% de probabilidade.

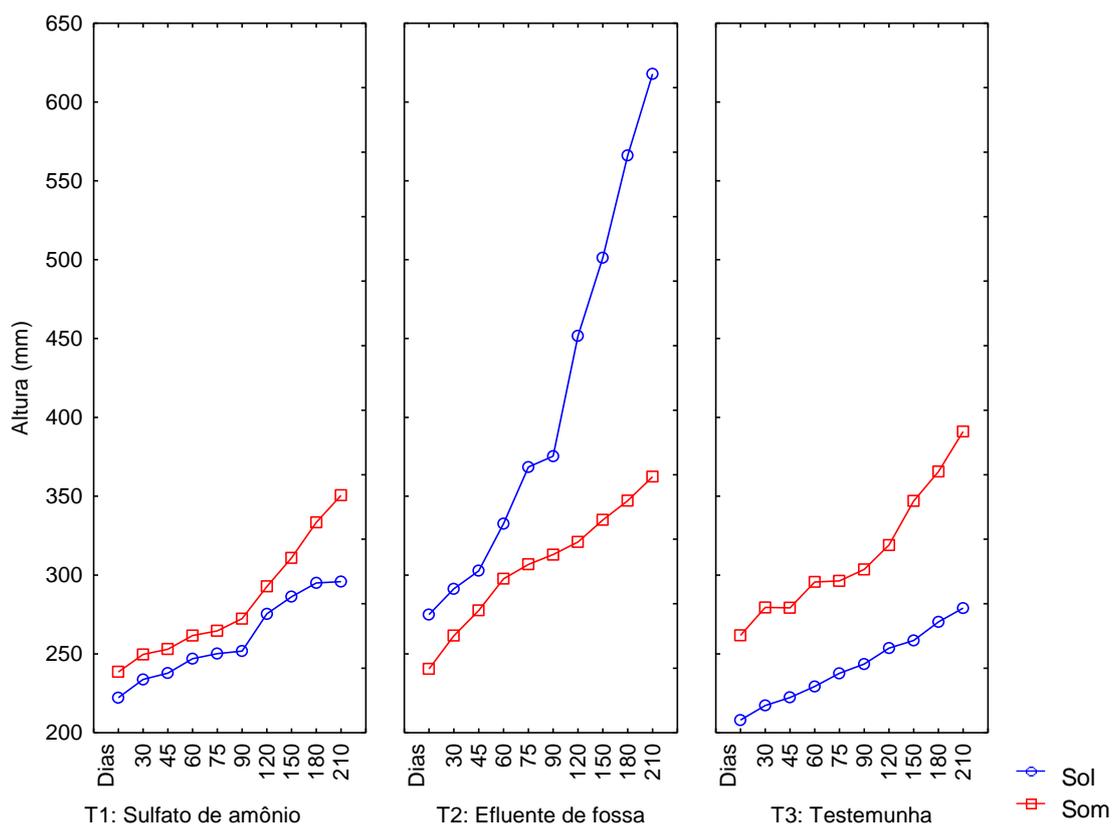


Figura 6- Crescimento em altura de mudas de pracaxi em função das interações entre o tempo de cultivo em viveiro, diferentes fontes de adubação nitrogenada em diferentes condições de luminosidade.

Os resultados mostram que as mudas de pracaxi tratadas com sulfato de amônio como fonte de nitrogênio apresentaram os seguintes valores médios de altura, ao final de 7 meses: 296 mm para mudas cultivadas a pleno sol e 352 mm para mudas cultivadas a

sombra. Schumacher e colaboradores (2013) ao estudarem o crescimento de uma Fabaceae florestal adulta (*Acacia mearnsii*) em resposta a doses de nitrogênio, concluíram que os incrementos máximos de altura e diâmetro foram alcançados com as doses máximas de ureia, resultados que diferiram do presente estudo.

No tratamento sem adubação nitrogenada (T3) as mudas tiveram comportamentos semelhantes, tendo alcançado valores máximos de altura quando cultivadas a sombra. A combinação do tratamento a pleno sol sem adubação nitrogenada foi o que apresentou os menores valores de altura para mudas de pracaxi, 287 mm em 210 dias de cultivo.

A combinação dos fatores pleno sol e efluente de fossa como fonte de nitrogênio, foi a que apresentou os maiores valores absolutos para altura, alcançando o valor médio aos 210 dias de experimento de 632 mm. Esse valor representa mais do que o dobro de crescimento em altura, em relação às mudas cultivadas a pleno sol que não receberam ou nas quais foi aplicado nitrogênio mineral.

Ao estudar o crescimento inicial de mudas de uma Fabaceae florestal como o pracaxi, de espécie *Acacia mangium* tratadas com lodo de esgoto como biofertilizante, Duarte (2011) e colaboradores concluíram que esta alternativa de adubação não influenciou nos parâmetros de crescimento destas mudas. Estes resultados se diferem dos encontrados no presente estudo, que mostram um incremento em altura significativo em mudas de pracaxi tratadas com efluente de fossa como biofertilizante.

O significativo incremento em altura das mudas de pracaxi submetidas a plano sol, confirmam a característica de espécie pioneira dominante nos processos de sucessão florestal. No entanto, verifica-se que isso ocorreu apenas no tratamento com efluente da fossa séptica biodigestor e, principalmente, a partir dos 60 dias de cultivo. De alguma forma, o efluente propiciou a entrada de elementos no solo e a interação positiva com o fator luminosidade, favorecendo destacadamente o crescimento em altura das mudas.

A variação nas respostas do DAS não foi significativa para os fatores fontes de nitrogênio, luminosidade e consórcio, quando avaliados individualmente. Também não houve interações significativas em função do tempo com outros fatores. A biomassa da parte aérea também não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos.

Para os resultados de peso seco de raiz de mudas de pracaxi, não houve alterações significativas da resposta em função dos fatores condição de luminosidade e fontes de nitrogênio e suas interações em função do tempo. Apenas o fator consórcio com mudas de açaí foi significativo ( $p=0,048$ ) para o peso seco de raízes de pracaxi. Viera e colaboradores (2011) encontraram um predomínio de relações positivas entre populações

de Fabaceae com outras espécies, principalmente a facilitação e diminuição da competição. Entretanto, Schiavo e colaboradores (2011) ao estudarem o consórcio de mudas de Fabaceae com espécies florestais em casa de vegetação não obtiveram efeitos do consórcio sobre o crescimento.

Não foram encontrados nódulos radiculares nas mudas de pracaxi que sugerissem simbiose com bactérias diazotróficas e fixação biológica do nitrogênio pelas raízes. Carvalho e colaboradores (2018) ao estudarem o efeito de moinha de carvão em *Acassia mangium* encontrou efeito negativo no uso deste composto orgânico sobre a formação de nódulos nas raízes desta Fabaceae florestal, corroborando com os resultados do presente estudo. Palheta and Wandelli estudando a formação de nódulos de *Gliricidia sepium* e *Inga edulis* em sistemas agroflorestais, concluíram que houve menor biomassa de nódulos radiculares dessas Fabaceae quando estas foram plantadas consorciadas com palmeiras, entre elas *Euterpe oleracea*, sugerindo um efeito negativo para a Fabaceae neste consórcio.

Sousa e colaboradores (2007) ao estudarem desenvolvimento e nodulação natural de mudas de leucena (*Leucaena leucocephala*), palheteira (*Clitória fairchildiana*) e sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) plantadas em vasos em casa de vegetação, também encontraram poucos ou nenhum nódulo radicular em leucenas e sabiá durante 76 dias, indicando pouco tempo de cultivo para o surgimento de nódulos. A presente pesquisa durou 210 dias e para o pracaxi, pode ter sido tempo insuficiente para a formação de nódulos radiculares.

### 7.3.2. Nitrogênio no tecido foliar do pracaxi

Os valores de nitrogênio total (N) no tecido foliar das mudas de pracaxi estudadas encontram-se na tabela 4.

Tabela 4- Teores de nitrogênio no tecido foliar em mudas de pracaxi sob diferentes fontes de adubação nitrogenada e condições de luminosidade cultivadas em um viveiro florestal.

Espécie e consórcio	Condição de luminosidade	Tratamento	N total na folha (g kg <sup>-1</sup> )
Pracaxi	Sol	T1-sulfato de amônio	12,5
	Sol	T2-efluente de fossa	20,7
	Sol	T3-testemunha	16,0
Pracaxi	Sombra	T1-sulfato de amônio	12,3
	Sombra	T2-efluente de fossa	13,9
	Sombra	T3-testemunha	22,8
Pracaxi e açai	Sol	T1-sulfato de amônio	15,8
	Sol	T2-efluente de fossa	28,9
	Sol	T3-testemunha	14,9
Pracaxi açai	Sombra	T1-sulfato de amônio	11,9
	Sombra	T2-efluente de fossa	24,8
	Sombra	T3-testemunha	22,6

Os resultados mostram que o menor valor absoluto (11,9 g kg<sup>-1</sup>) de nitrogênio no tecido foliar de mudas de pracaxi foi encontrado no tratamento com sulfato de amônio como adubação nitrogenada e sob sombra consorciado com mudas de açai. O maior valor absoluto de nitrogênio no tecido foliar foi encontrado no tratamento com efluente de fossa como biofertilizante nitrogenado. Sousa e colaboradores (2007) encontraram teores de nitrogênio foliar em mudas de Fabaceae florestais entre 23,6 e 29,03 g kg<sup>-1</sup>. Teores semelhantes ao encontrados nas mudas de pracaxi, quando estas foram tratadas com efluente de fossa sobre pleno sol, associadas a mudas de açai, 28,9 g kg<sup>-1</sup>. Estes foram os maiores teores de nitrogênio foliar total encontrados em mudas de pracaxi avaliadas no presente estudo.

De maneira geral, verifica-se que os maiores valores de nitrogênio nas mudas de pracaxi foram observados nos tratamentos em que as plantas receberam efluente de fossa. Por outro lado, os menores valores foram sempre observados nas mudas que receberam adubação mineral com sulfato de amônio. Isso é coerente com o menor desenvolvimento das mudas nesse tratamento, indicando que pode ter havido salinização e interações negativas entre os elementos, que prejudicaram a absorção do nitrogênio.

### 7.3.3. Nitrogênio e o efeito residual no solo

Antes da aplicação das adubações nitrogenadas, a terra utilizada para o plantio das mudas de pracaxi e açai apresentava  $1,9 \text{ g kg}^{-1}$  de N total. Os teores de N total no solo após o experimento, encontram-se na tabela 5.

Tabela 5- Teores de nitrogênio na terra após 7 meses de cultivo em viveiro de mudas de pracaxi, sob diferentes fontes de adubação nitrogenada e condições de luminosidade.

Espécie e consórcio	Condição de luminosidade	Tratamento	N total no solo ( $\text{g kg}^{-1}$ )
Pracaxi	Sol	T1-sulfato de amônio	1,8
	Sol	T2-efluente de fossa	1,4
	Sol	T3-testemunha	1,8
Pracaxi	Sombra	T1-sulfato de amônio	1,8
	Sombra	T2-efluente de fossa	1,4
	Sombra	T3-testemunha	1,6
Pracaxi açai	Sol	T1-sulfato de amônio	1,9
	Sol	T2-efluente de fossa	2,3
	Sol	T3-testemunha	1,8
Pracaxi açai	Sombra	T1-sulfato de amônio	1,5
	Sombra	T2-efluente de fossa	1,2
	Sombra	T3-testemunha	1,7

Os resultados encontrados em todos as combinações de tratamento, consorcio e condição de luminosidade são considerados baixos, mostrando que a retenção deste nutriente no solo não foi satisfatória. Observa-se também a semelhança entre os valores absolutos nas diferentes condições de adubação, em que os teores de nitrogênio total no solo foram muito semelhantes entre o tratamento com sulfato de amônio e testemunha sem adubação nitrogenada. Outros parâmetros de avaliação de qualidade da terra residual precisam ser avaliados para verificar o efeito negativo no crescimento para mudas de pracaxi quando tratadas com sulfato de amônio.

O maior valor absoluto para nitrogênio total no solo foi o encontrado no tratamento com aplicação de efluente como biofertilizante com o plantio associado de mudas de pracaxi e açai.

Ao estudar nitrogênio e carbono em diferentes sistemas agropecuários, Pimentel (2012) encontrou cerca de  $1,11 \text{ g kg}^{-1}$  de nitrogênio total em um Latossolo vermelho

distrófico sobre plantio e adubação convencional de milho, valor semelhante aos encontrados no presente estudo. Pimentel também encontrou valores médios de 1,89 g kg<sup>-1</sup> de nitrogênio total para áreas de pastagens consorciadas com amendoim forrageiro, valor semelhante ao encontrado quando mudas de açaí foram plantadas com pracaxi em pleno sol.

#### 7.4. Conclusão

O efluente de fossa séptica digestora pode ser usado para substituir a adubação mineral nitrogenada na produção de mudas de pracaxi, contribuindo assim para a reciclagem e destinação final do resíduo.

O crescimento em altura de mudas de açaí é favorecido pela interação positiva entre a aplicação de efluente de fossa e a disposição das mudas a pleno sol.

O cultivo consorciado de mudas de pracaxi com mudas de açaí não prejudica o desenvolvimento do pracaxi. Isso é um indicativo de que não há competição entre as espécies e que seu cultivo consorciado pode ser interessante.

#### 7.5. Agradecimento

Ao Projeto Bem Diverso (GEF/PNUD, Embrapa), pelo fomento desta pesquisa e à Embrapa Amapá pela estrutura cedida. Ao CNPq, pela bolsa concedida ao primeiro autor, durante o curso de mestrado.

#### 7.6. Referencias

- Almeida, S. S., D. D. Amaral, and A. S. L. Silva. 2004. Análise florística e estrutura de florestas de várzea no estuário amazônico. *Acta Amazonica* 34:513–524.
- Barata, L. E. S. 2012 A economia verde: Amazônia. *Ciência e Cultura* 3135.
- Carim, M. D. J. V., Wittmann, F. K., Piedade, M. T. F., Guimaraes, J. R.S., Tostes, L. C. L. 2017. Composition, diversity and structure of tial "Várzea" and "Igapó" foodplain forests in eastern Amazonia, Brazil. *Bras. J. Bot* 40:115-124.
- Cravo, M. DA S.; Viégas, I. de J. M.; Brasil, E. C. 2010. Recomendação de adubação e calagem para o estado do Pará. Embrapa Amazônia Oriental. 262.
- Duarte, R. F., Sampaio, R. A., Junior, D. da S. B., Silva, H. P., Parreiras, N. de S., Neves, J. M. G. 2011. Crescimento inicial de mudas de *acacia mangium* cultivadas em

mantas de fibra de coco contendo substrato de lodo de esgoto. *Revista Árvore* 35:69-76.

Eaton, W. D., C. Anderson, E. F. Saunders, J. B. Hauge, and D. Barry. 2012. The impact of *Pentaclethra macroloba* on soil microbial nitrogen fixing communities and nutrients within developing secondary forests in the Northern Zone of Costa Rica. *Tropical Ecology* 53:207–214.

EMBRAPA. 2011. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Page (F. C. Silva, Ed.) Embrapa Solos.

Espindola, J.A.A.; Guerra, J.G.M.; Almeida, D.L. de; Teixeira, M.G.; Urquiaga, S. 2006a Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeiras. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 30:321-328.

Funasaki, M., S. Barroso, V. Lia, A. Fernandes, and I. Sabino. 2016. *Quim. Nova*, 39:194–209.

INMET. Instituto nacional de meteorologia. 2018. Normais Climatológicas do Brasil. <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>>.

Novaes, A. P. de, M. L. Simões, L. M. Neto, N. E. Henrique, P. E. Cruvinel, E. H. Novotny, G. Santiago, and A. rita de A. Nogueira. 2002. Utilização de uma fossa séptica biodigestora para melhoria do saneamento rural e desenvolvimento da agricultura orgânica:5.

Palheta, R. A. and Wandelli, E. V. 2002. Nodulação de *Gliricidia sepium* e *Inga edulis* em sistemas agroflorestais implantados em áreas degradadas por pastagem na Amazônia Central. IV Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais.

Pesce, C. 2009. Oleaginosas da Amazônia. *Museu Paraense Emílio Goeldi* 334

Queiroz, J. A. L., Mochiutti, S., Machado, S. A., Galvão, F. 2005. Composição florística e estrutura de floresta em várzea alta estuarina amazônica. *Floresta* 35: 41-46.

Santos, V. S. dos., Batista, A. P. B., Aparício, P. da S., Aparício, W. C. da, Lira-Guedes, A. C. 2012. Dinâmica folrestal de espécies arbóreas em uma floresta de várzea na cidade de Macapá, AP, Brasil. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento*

Sustentável 7:207-213.

- Schiavo, J. M., Martins, M. A., Rodrigues, L. A. 2010. Crescimento de mudas de *Acacia mangium*, *Sesbania virgata* e *Eucalyptus camaldulensis*, inoculadas com fungos micorrízicos, em casa-de-vegetação e em cava-de-extração de argila. *Acta Sci., Agron.* 32:171-178.
- Schumacher, M. V., Viera, M., Londero, E. L., Calil, F. N., Lopes, V. G., Witschoreck, R. 2013. Crescimento da acácia-negra em resposta a aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio. *Cerne* 19:51-58.
- Souza, L. A. G., Neto, E. B., Santos, C. E. de R. S., Stamford, N. P. 2007. Desenvolvimento e nodulação natural de leguminosas arbóreas em solos de Pernambuco *Pesq. agropec. bras.* 42:207-217.
- Tavares, J. P. N. Características da climatologia de Macapá-AP. *Caminhos de geografia.* Macapá, v. 15. n. 50. p.38-151, 2014.
- Vieira, R. F. 2017. *Ciclo do Nitrogênio.* Page (EMBRAPA, Ed.).
- Viera, M., Schumacher, M. V., Liberalesso, E. 2011. Crescimento e produtividade de povoamentos monoespecíficos e mistos de eucalipto e acácia-negra *Pesq. Agropec. Trop., Goiânia* 41:415-421.

## **8. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Para as condições particulares das várzeas estuarinas, a implantação da fossa séptica biodigestora e, o consequente uso do efluente como adubo nitrogenado é uma alternativa sustentável para o tratamento de resíduos domésticos e produção de biofertilizantes. O uso do efluente de fossa é uma alternativa para a nutrição nitrogenada de mudas de açaí e pracaxi que estão em constante associação nesses ambientes, podendo influenciar o aumento de sua biomassa e, consequente crescimento.

As respostas negativas no desenvolvimento das mudas de açaí e pracaxi no tratamento com adubação mineral, indicam que as mudas dessas espécies podem ter problemas com o excesso de sais minerais na solução do solo. Portanto, recomenda-se

cautela no planejamento de adubações minerais com adubos sintéticos prontamente solúveis para essas espécies.

Novos estudos precisam ser realizados para o melhor entendimento da ação do efluente em solos alagados como os da várzea e em plantas adultas, afim de inferir sobre a resposta do uso deste biofertilizante na produção e na produtividade desses produtos florestais não madeireiros.

## Artigo Submetido – Pesquisa Agropecuária Brasileira

---

● Fw: Pesquisa Agropecuária Brasileira - Manuscript ID PAB-1014 2

Yahoo/Enviados ★



● **Edemar Corazza** <onbehalf@manuscriptcentral.com>  
Para: ana\_carolina\_maciel@yahoo.com.br  
Cc: ana\_carolina\_maciel@yahoo.com.br,  
mateus.santana19@hotmail.com, henrique26rd@gmail.com  
, danielealencarap@gmail.com,  
leonardopires87@hotmail.com e 3 mais...



30 de ago às 11:11 ★

30-Aug-2018

Dear Mrs. Braga:

Your manuscript entitled "The use of septic tank effluent as biofertilizer in açai seedlings under different conditions of light" has been successfully submitted online and is presently being given full consideration for publication in the Pesquisa Agropecuária Brasileira.

Your manuscript ID is PAB-1014.

Please mention the above manuscript ID in all future correspondence or when calling the office for questions. If there are any changes in your street address or e-mail address, please log in to ScholarOne Manuscripts at <https://mc04.manuscriptcentral.com/pab-scielo> and edit your user information as appropriate.

You can also view the status of your manuscript at any time by checking your Author Center after logging in to <https://mc04.manuscriptcentral.com/pab-scielo>.

Thank you for submitting your manuscript to the Pesquisa Agropecuária Brasileira.

Sincerely,  
Pesquisa Agropecuária Brasileira Editorial Office

**The use of septic tank effluent as biofertilizer in açai seedlings under different conditions of light**

Ana Carolina Maciel Braga<sup>(1)</sup>, Mateus Santana Ramos<sup>(2)</sup>, Rosinaldo Novais Rodrigues<sup>(2)</sup>, Daniele Alencar Gonçalves<sup>(2)</sup>, Hugo Leonardo Pires e Pires<sup>(1)</sup>, Davi Silva Dalberto<sup>(1)</sup>, Ana Claudia Lira Guedes<sup>(3)</sup> and Marcelino Carneiro Guedes<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>Universidade Federal do Amapá, Rodovia Juscelino Kubtscheck, km 2 Jardim Marco Zero, CEP 68903419 Macapá, Amapá, Brazil. Email: ana\_carolina\_maciel@yahoo.com.br, leonardopires87@hotmail.com, biodavi@gmail.com <sup>(2)</sup>Universidade do Estado do Amapá, Av, Presidente Vargas, 650, Centro, CEP 68900070 Macapá, Amapá, Brazil. Email: mateus.santana19@hotmail.com, henrique26rd@gmail.com, danielealencarap@gmail.com <sup>(3)</sup>EMBRAPA Amapá, Laboratório de Recursos Florestais Não Madeireiros, Rodovia Juscelino Kubtscheck, km 5, 2600, CEP 68903419 Macapá, AP, Brazil. Email: ana-lira.guedes@embrapa.br, marcelino.guedes@embrapa.br

**Abstract-** Açai has become the main non-wood forest product in the Amazon, leading to demands for seedlings. With densification, nitrogen (N) deficiency has been observed. This N can be supplied by biofertilizers as alternative to mineral manures. Thereby, it was evaluated the development and nitrogen nutrition of Açai seedlings, isolated or planted along with Pracaxi, under different sources of nitrogen and light conditions. This study was conducted in Embrapa Amapá's nursery, in a complete factorial. Shaded seedlings presented greater height, but the ones planted with other species, which received effluent, have grown more on the sun light. For the diameter, those that received effluents presented an average of 15 mm at 7 months, higher than species who received mineral manure. The N in leaves was higher in shaded plants than in plants under full sun light. The soil content was lower in shaded vessels than under full sun light, exposing the negative relation between the absorbed N and the residual in the soil. The effluent has nutritionally supplied the seedlings. Açai seedlings grew better shaded, however, the

posterior development is larger under sun light and when planted along with Pracaxi seedlings.

Terms for indexing: *Euterpe oleraceae*, nitrogen fertilization, residue reuse

### **Introduction**

The Açai palm tree has natural occurrence in the estuarine floodplain soils of Amazon River and can colonize higher or lower areas, with or without deposition of sediments by the tides (Freitas et al. 2015). This species is a characteristic palm tree of the Amazon rainforest, which belongs to the Arecaceae family (Oliveira et al. 2008). Açai has high importance in the region due the fact it is a source of food and income for the most part of the riverside population of the Amazon River estuary. Such species is the most frequent and explored from the floodplain ecosystem due its pulp, which has become the main non-wood product of the amazon floodplains (Azevedo 2005). The products provided by Açai palm tree, specially pulp and palm heart, are traditionally consumed in the Amazon estuary region and assists on the local riverside population's survival (Oliveira et al. 2008).

With the Açai pulp appreciation in the national and international market, it has been observed an excessive densification of Açai palm trees managed empirically by riversides, causing a gradual dicotyledonous replacement, mainly of nitrogen-fixing species, bringing about a great pressure on phytodiversity (Freitas et al. 2015). The expansion of Açai palm tree empirically managed in floodplain, without following any technical criteria and the trend to monoculture, has caused the appearance of problems not observed on natural conditions. In these areas, for example, there have been symptoms of lack of nitrogen in the Açai palm trees, which can lead to a decrease in development and production.

Another issue directly affected by changes caused by the advancement of Açai palm trees cultivation, is the luminosity, or the solar radiation available for plants.

Naturally, Açai palm trees keep shaded in floodplain forest understory, but with cultivation the availability of solar radiation enlarges several times. Soil is the source of energy that supplies the living systems of biota and is the energetic basis for biochemical processes. It is from it that life begins through photosynthesis. Photosynthesis is the process which makes use of sunlight to synthesize carbon compounds that would not be synthesized without the presence of light (Taiz and Zeiger 2004).

The enrichment of Açai plantings in the floodplain, and the large-scale crops on drylands has led to a rising demand for Açai seedlings. Apart from this, it also becomes necessary building knowledge about nutritional demands and disorders that may affect Açai palm trees. Before production and productivity are compromised, is necessary return the attention to the lack or excess of nutrients in these species seedlings (Viégas et al. 2008).

To expand a better performance, both in vegetative state and in production, nitrogen fertilizations have been a mandatory component to improve the main food crops yield (Fabio & Smart, 2018), among them, the Açai. Nitrogen is the most required macronutrient by plants after oxygen, carbon and hydrogen. It is considered essential as in its absence the plant cannot fulfill its life cycle (Malavolta, 2006), being absorbed from the soil solution by plant roots in the mineral form of nitrate and ammonium, mediated by specific carriers (Bredemeier & Mundstock, 2000).

However, it is necessary the careful use of nitrogen mineral fertilization, which can increase production, costs and cause soil acidity through nitrification, which releases  $H^+$  (Rosolem et al., 2003). The application of some readily soluble fertilizers under certain soil conditions may favor nitrate formation and its exchange to soil solution and water table. When it is excessively applied, this anion which is weakly retained in the ground, undergoes leaching, leading to a substantial increase in superficial or deep waters nitrate

concentration. It results in environmental impact and contamination and it may cause digestive system cancer when ingested in excess (Resende, 2002).

The use of biofertilizers generated from sewage treatment residue, in which prevail ammoniacal nitrogen, can be an alternative to the mineral manure problems (Faustino, 2007). Therefore, the safe use of anaerobic origin biofertilizers, coming from biodigestive septic tanks, can be a sustainable alternative to promote Açai nitrogen nutrition, as other species like Pracaxi. Promoting the septic tank effluent use as nitrogen biofertilizer, other than stimulate the work and acceptance of this technology for the riverside population's sewage treatment, can provide a suitable destination and use for the residue previously discarded in environment.

Thus, this study aims to evaluate the development and nitrogen nutrition of Açai seedlings, isolated or consorted with Pracaxi seedlings, in function of the nitrogen source e different light conditions.

### **Material and methods**

This study was carried out in Embrapa Amapá forest nursery, in the municipality of Macapá. According to Köppen's classification, the climate is Equatorial, type Am, with well-defined dry and rainy seasons (Tavares, 2014). The average annual temperature of the region is 27.7 °C, with annual heat stroke of 2,335.2 hours. The relative average annual humidity is 80% and the average annual precipitation is above 2,500 mm (INMET, 2018).

The forest nursery is placed near a native vegetation of Cerrado, on Juscelino Kubitscheck highway, km 05, where the headquarters of Embrapa Amapá is located. The nursery is fenced and partially covered with black screen allowing the entrance of 50% of solar radiation.

The seedlings were planted in 8 liters capacity vessels, in a 3x2x2 complete factorial scheme (3 nitrogen sources x 2 species arrangement x 2 luminosity conditions)

and eight repetitions with arrange completely randomized. Thereby, it was a total of 96 pots, each one being an experimental unit.

The land for planting was collected on EMBRAPA/AP experimental center, in Fazendinha district, located 13 km from Macapá, at a depth of 0-30 cm, air-dried and sifted for the removal of the thickest vegetable residues. A composite sample was withdrawn, after sieving, for chemical analysis performed at Embrapa/AP Soil Laboratory. The initial characterization results are arranged in table 1.

After this phase, a correction fertilization for phosphor, potassium and micronutrients was applied in all vessels according to Cravo et al (2010) recommendation for Açaí seedlings (table 2).

For the treatment implantation regarding the nitrogen source, three different conditions of nitrogen nutrition were applied (ammonium sulphate  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , pit effluent and control – without addition of nutrients). The ammoniacal source of nitrogen was chosen in order to decrease losses by denitrification and for being the main form in the pit effluent (table 3). Açaí seedlings were planted isolated or sharing the vessel with Pracaxi seedlings, in two luminosity conditions (full sun and under 50% black screen).

It was decided to apply the treatments in nurseries and in vessels, in order to control variables and mainly to avoid the leaching of ammonium sulphate and pit effluents, achieving the purpose to isolate fertilization and light incidence effects. The benches with the vessels were covered with transparent plastic used for the greenhouse construction, thus avoiding the entrance of water via precipitation.

The seedlings were collected in the floodplain forest of EMBRAPA/AP experimental center, in the municipality of Mazagão, located 30 km from Macapá. The collected seedlings standardizing was executed through height and quantity of leaves. It

was selected for transplant, seedlings around 30 cm height and with two open leaves, for Açaí, or three leaves, for Pracaxi.

Açaí and Pracaxi seedlings were transplanted into the pots with treated soil. For the establishment of transplanted seedlings, there was manual irrigation twice a day with 500 ml of water in each pot. All were kept in shadow until full establishment. As there was mortality in some seedlings, the planting process was repeated in the same vessels. After 60 days of planting, those seedlings referring to “full sun” treatment were taken to the benches located outside the nursery. From this moment, it has started the effluent application.

The pit effluent was collected from a domestic biodigester septic tank with over 10 years use, constructed according to Novais et al (2002) model proposition, and applied manually in each vessel of this treatment. An effluent sample was collected for characterization and chemical analysis of the nitrogen contents (table 3). The amount of effluent to be applied in each pot was calculated to match the amount of nitrogen that has entered with mineral fertilization, dividing the effluent application throughout time.

The vessels with the other treatments which did not advocate the application of the effluent, has received the same amount of water, serving as control to avoid a possible effect on soil humidity.

The parameters for evaluation of the Açaí and Pracaxi seedlings development were height, diameter at the soil height (DSH), fresh mass and dry mass of the aerial part, fresh mass and dry mass of the roots. The seedlings were measured after the establishment in the vessels, before starting the experiment. After this initial measurement, all seedlings were evaluated, initially every 15 days, and after three months, every 30 days approximately, totalizing 10 measurements. The monitoring has started on November

2017. The height (h) was measured from the ground up to the apical meristem, with the assistance of a millimeter ruler and the DSH with the assistance of a caliper.

After seven months of cultivation, half of the experimental units (4 repetitions per treatment) were thinned to obtain biomass values. The seedlings were harvested, and the aerial part was separated from the root. The samples were packed in paper bags and were then oven-dried at 65°C until constant weight, for the dry mass determination.

The leaves samples were shredded in the knife mill and subjected to chemical analysis. Total nitrogen determination was carried out at Embrapa/Ap Soil Laboratory according to Kjeldal's method, with digestion by sulfuric acid (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), seized by boric acid (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) and titration with hydrochloric acid (HCl) (EMBRAPA 2011).

The residual soil, after the collection of the aerial part and roots of the seedlings, was also subjected to chemical analysis, following the methods described in Embrapa (2011).

Data were submitted to exploratory analysis, to verify the variance homogeneity (Hartley Fmax test, Cochran), independence (graphic analysis of residue) and residue normality (Kolmogorov Smirnov test). As these assumptions were satisfied, a variance analysis (F test) with repeated measures throughout time was performed with three factors (nitrogen source, consortium and luminosity conditions) for Açaí seedlings responses. In the analysis, the software Statistica trial 10.0 was used.

Isolated seedlings were compared to seedlings consorted with other species, in order to verify the effect of the nitrogen source (ammonium sulphate, pit effluent and control – without addition of nutrients), luminosity (full sun and 50% black screen) and also interactions between factors. In the case of nitrogen and growth time, which has more than two levels, possible differences between levels were analyzed comparing the confidence intervals, consisting of 95% of certainty, or averages by the Tukey test.

Regression models have been adjusted for the height and diameter growth curve of the seedlings over time, in function of the amount of days passed after planting.

### **Results and Discussion**

Data presented a normal distribution ( $k = 0.006$ ;  $p = 0.54$ ) and constant homogeneity ( $v = 0.98$ ;  $p = 0.569$ ) for the height dependent variable. Results for the evaluation of Açai seedlings growth in height were not significant for consortium ( $p = 0.405$ ), nitrogen sources ( $p = 0.787$ ) and light condition ( $p = 0.631$ ) when these factors were evaluated separately, considering the average of growth during cultivation time. The time factor significantly influenced growth in height ( $p < 0.01$ ). The interaction of time with consortium and luminosity was also significant to less than 1% of probability ( $p = 0.003$ ) and can be viewed in figure 1.

For Açai seedlings planted isolatedly, the shading favored the growth in height when compared to those planted in full sun. The average height after 210 days for shaded plants was 376 mm whereas for plants under full sun was 346 mm. Native açai seedlings in the Amazon floodplain can grow in understory with less incidence of light, however plants may have different physiological responses depending on their adaptative capacity to tolerate high levels of light.

In studying the growth of young Açai palm trees in agroforestry systems, Sampaio (2003) reported higher heights when the cultivation was done between 20 to 70% light incidence and lower values when the cultivation was done under full sun. Uzzo (2008), when studying the effect of shading on Açai seedlings also obtained the highest height values in half shade conditions (60%) when compared to plants in full sun.

The highest growth in height of shaded seedlings can be explained by the induced etiolation caused by the low light incidence. It is possible that the phototropism has had stimulated phytohormones on the seedlings apical gem, which led to a height increase.

As for the Açai seedlings planted along with Pracaxi, there was an interaction with the time factor of cultivation. At the beginning, it was observed the same trend of greater development whilst shaded, but from day 150, this trend was reversed. From this measurement on, it was observed the highest height values for seedlings under full sun when compared to 50% of shading. At the end of the experiment, a higher average height was observed in Açai planted together with Pracaxi under full sun than in seedlings planted alone in the shade.

According to Sampaio (2003) the growth of Açai seedlings increased when luminosity had an availability maximum of 80%. Açai seedlings may have been benefited from the shading provided by the Pracaxi, since the leaves of this species must have shaded the Açai seedlings, occurring a benefit relationship between both species. Even when the treatment was “full sun”, partial shading may have occurred in the vessels with both species.

In addition, there was a significant interaction ( $p = 0.040$ ) between time, nitrogen source and luminosity condition that can be observed in figure 2. The greatest height developments occurred in Açai seedlings planted in full sun and treated with pit effluent as nitrogen manure when compared to seedlings treated with ammonium sulphate or the control treatment (without nitrogen fertilization).

The pit effluent treatment was the only one that seedlings presented a better height development under full sun conditions. This happened from 120 days of cultivation. Even with the excess of light that could hinder the continuous height growth, due to the high incidence of light, the seedlings were able to assimilate the nitrogen from the pit effluent and, at the end of the experiment, were the ones that grew the most when compared to all other treatments or specific conditions.

The worst growth in height of the Açaí seedlings occurred in the treatment with ammonium sulphate as nitrogen fertilizer, in full sun, with average height of 309 mm. The most concentrated mineral fertilization, along with direct solar radiation, had a negative effect upon the height growth in seedlings. The saline effect of mineral fertilizers on guava seedlings also retards the growth in height when compared to seedlings planted with cattle manure (Cavalcante et al., 2010).

The heights for the treatment without nitrogen fertilizer (control) presented a medium performance when compared to the other treatments of this survey. The soil used in the experiment had average values of organic matter. This, associated with high levels of temperature and humidity presented in the nursery, may have mineralized for the soil solution interesting amounts of nitrogen to supply the seedlings needs regarding to growth in height.

Data of the dependent variable diameter at the soil height (DSH) also presented normal distribution ( $k = 0.07$ ;  $p = 0.23$ ) and variance homogeneity ( $v = 0.90$ ;  $p = 0.79$ ).

Unlike variable height, DSH presented a significant difference when it comes to isolated effect of the factors: Nitrogen source ( $p = 0.005$ ) and luminosity condition ( $p = 0.001$ ). This shows that is the diameter growth, not the height, that is more related to the differences on treatments tested. This was observed, as well, in experiment with Tachi Branco, where different kinds of alternative fertilizations and conventional manure were tested (data still not published). Interactions of N source factor ( $p = 0.001$ ) and luminosity conditions factor ( $p = 0.001$ ) with time factor ( $p = 0.001$ ) were highly significant. These interactions can be seen in figure 7.

Results showed that Açaí seedlings treated with pit effluent presented higher DSH growth when compared to the other treatments, reaching average values, with 210 days, of 15 mm. In an experiment on the use of different biofertilizer classes in banana trees

was evidenced that the greatest increase has happened when the species was treated with anaerobical biofertilizer, as those ones used in this study (Santos et al., 2017). This response can be linked to the nitrogen assimilation coming from the slow mineralization of the organic matters present in the effluent, since the effect was more evident 120 days from the cultivation.

The lowest growth in seedlings DSH occurred with ammonium sulphate fertilizer, confirming the hypothesis of salinity and toxicity discussed for height variable. Seedlings may have been affected by the quick solubilization of the high load of mineral fertilizers and could not develop themselves properly concerning to these two evaluated parameters.

As for time and luminosity conditions interactions, there was a higher enlargement of DSH for Açaí seedlings planted in full sun light. This response is closely related to the increase in liquid photosynthetic production, accumulation of nitrogen in photoassimilates and increase of seedlings DSH. This reinforces the idea that seedlings, when shaded, focus on height growth to quickly reach sunlight.

Data for the aerial dry biomass dependent variable presented, at 5% probability, normal distribution ( $p = 0.054$ ) and variance homogeneity ( $p = 0.058$ ). For root dry biomass, residue distribution was also normal ( $p = 0.063$ ) and the variance was constant ( $p = 0.06$ ). These responses (figure 8) presented significant differences between the factors: consortium planting ( $p = 0.012$ ;  $p = 0.001$ , respectively) and luminosity conditions ( $p < 0.001$ ;  $p = 0.035$ , respectively). There was no significant interaction between the factors.

In high temperatures conditions associated with high humidity, as occurs in floodplain, seedlings can develop better when planted along with Pracaxi or other species due to litter decomposition. On the rainy season, decomposition rate gets lower at the surface, which causes nutritional deficiencies in seedlings.

Studying the initial growth of *Euterpe edulis* in gaps and understories, Ribeiro et al (2011) noticed greater biomass increments in seedlings developed in gaps compared to understory, as occurred in the present study.

The variation in Açai biomass can be related to the different nitrogen sources (figure 9), especially concerning to fresh mass ( $p = 0.034$ ).

The same pattern of lower growth is observed in the seedlings that received nitrogen as mineral manure, also for the response in phytomass.

In general, the use of pit effluent as nitrogen biofertilizer, the association with Pracaxi and the planting in full sun were the conditions that, together, showed better results of development for the seedlings.

The N content in leaves was higher in shaded seedlings ( $16.3 \text{ g.kg}^{-1}$ ) than in full sun ( $12.6 \text{ g.kg}^{-1}$ ). This difference was statistically significant ( $T = -3.95$ ;  $GLR = 10$ ;  $p = 0.003$ ). The total nitrogen values (N) of the studied Açai seedlings foliar tissue are in table 4.

The greatest absolute values of total nitrogen on foliar tissue is presented in Açai seedlings consorted with Pracaxi, in the shade and treated with pit effluent ( $N = 18.3 \text{ g.kg}^{-1}$ ), while the lower value happened in seedlings planted isolated, without fertilizer and in full sun ( $N = 10.08 \text{ g.kg}^{-1}$ ). Viegas et al (2008) while studying the behavior of young plants under essential nutrients stress concluded that the total N content in foliar tissue was  $19 \text{ g.kg}^{-1}$  for plants without lack of deficiency and  $11 \text{ g.kg}^{-1}$  for plants with visual signs of lack of nitrogen. These data corroborate those found in the present study.

The use of pit effluent as a nitrogen source was able to supply the seedlings nutritional needs, reaching higher results if compared to the fertilization with ammonium sulphate that was carried out following the fertilization recommendation of the species.

This indicates that the seedlings are succeeding in absorbing and assimilating these nutrients in the leaf biomass.

These results confirm the adaptability of these seedlings to shading conditions for the assimilation of nitrogen in the biomass of the leaves and also go along with Sousa (2006) studies which evaluates the vegetative growth responses of Açaí seedlings under shading.

Before application of nitrogen manures, the soil used for planting the seedlings presented  $1.9 \text{ g.kg}^{-1}$  of total N. The residual content of N in the soil was lower in the shaded plants ( $1.6 \text{ g.kg}^{-1}$ ) than in the full sun ( $1.9 \text{ g.kg}^{-1}$ ). This difference was statistically significant ( $T = 2.43$ ;  $GLR = 10$ ;  $p = 0.035$ ). The total N content in the soil after the experiment is shown in table 5.

The difference between the average soil contents were observed just for luminosity condition. There was similarity between mean values in the different fertilization conditions, the total N content was similar in all treatments, however the highest absolute value for total nitrogen in the soil was found in the treatment with pit effluent as biofertilizer.

In the studying of nitrogen and carbon in different crop-pasture systems, Pimentel (2012) found approximately  $1.11 \text{ g.kg}^{-1}$  of total nitrogen in a dystrophic red latosol under conventional corn fertilization and planting, similar value to those found in this study. Pimentel also noticed mean values of  $1.89 \text{ g.kg}^{-1}$  of total nitrogen for pastures consorted with forage peanut, similar value to those found when Açaí seedlings were planted along with Pracaxi in full sun.

The Açaí seedlings presented higher absolute value for height increment when the treatment was the use of pit effluent as nitrogen source, the planting was associated with Pracaxi and under full sun, the increment was approximately of  $0.69 \text{ mm.day}^{-1}$ . The lower

increment value was of 0.19 mm.day<sup>-1</sup> for shaded seedlings, without nitrogen fertilization and planted together with Pracaxi.

For the DSH, the highest incremental value was the combination of planting consorted with Pracaxi, in full sun and the use of pit effluent, the increment was approximately of 0.05 mm.day<sup>-1</sup> and the lower increment was of 0.02 mm.day<sup>-1</sup> for combinations of ammonium sulphate as fertilizer, planting without consortium and shading.

There was higher growth in height where a greater nitrogen content was found in leaf tissue and a lowest on the ground, pointing that there was availability of this nutrient on the soil solution, the roots has absorbed it and the biomass has incorporated it, like shown in figure 10.

### Conclusions

- 1- The use of pit effluent as an anaerobic biofertilizer has managed to supply the nutritional needs of Açaí seedlings;
- 2- In the forest nursery, the seedlings in full sun obtained the highest increments in height, DSH and aerial and root biomass.

### Acknowledgement

The authors acknowledge the support provided by the Bem Diverso project (GEF/PNUD, Embrapa) and to Embrapa Amapá for given environment production. The first author also is grateful to Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) for the granted fellowship.

### References

- ALMEIDA, A. F.; JARDIM, M. A. G. A utilização das espécies arbóreas da floresta de várzea da Ilha de Sororoca, Ananindeua, Pará, Brasil por moradores locais. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v.23, p.48-54, 2012.
- AZEVEDO, J. R. **Tipologia do sistema manejo de açazais nativos praticados pelos ribeirinhos em Belém, Estado do Pará**. 2005. 113p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Pará, Belém.
- BREDEMEIER, C. & MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, 30:365–372. 2000.
- CAVALCANTE, L. F.; VIEIRA, M. S.; DOS SANTOS, A. F.; DE OLIVEIRA, W. M.; NASCIMENTO, J. A. M. Água salina e esterco bovino líquido na formação de mudas de goiabeira cultivar paluma. **Rev. Bras. Frutic.** 2010, vol.32, n.1, pp. 251-261. 2010.

- CRAVO, M. DA S.; VIÉGAS, I. DE J. M.; BRASIL, E. C. **Recomendação de adubação e calagem para o estado do Pará**. Embrapa Amazônia Oriental. 2010. 262p.
- DAPONT, E. C. **Aceleração da germinação e sombreamento na formação de mudas de açaí rio branco**. 2012. 74p. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal do Acre, Rio Branco.
- EATON, W. D.; ANDERSON, C.; SAUNDERS, E. F.; HAUGE, J. B.; BARRY, D. The impact of *Pentaclethra macroloba* on soil microbial nitrogen fixing communities and nutrients within developing secondary forests in the Northern Zone of Costa Rica. **Tropical Ecology**, v. 53, p. 207–214. 2012.
- EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Page (F. C. Silva, Ed.) Embrapa Solos, 2011. 230p.
- FABIO, E. S. & L. B. SMART, L.B. Effects of nitrogen fertilization in shrub willow short rotation coppice production – a quantitative review. **GCB Bioenergy**, v.10. p.548–564. 2018.
- FAUSTINO, A.S. **Estudos físico-químicos do efluente produzido por fossa séptica biodigestora e o impacto do seu uso no solo**. 2007. 122p. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- FREITAS, M. A. B.; VIEIRA, I. C. G.; ALBERNAZ, A. L. K. M.; MAGALHÃES, J. L. L.; LEES, A. C. Floristic impoverishment of Amazonian floodplain forests managed for açaí fruit production. **Forest Ecology and Management**, v.351, p. 20–27. 2015.
- INMET. Instituto nacional de meteorologia. 2018. **Normais Climatológicas do Brasil**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>>. Acesso em: 20 de julho de 2018.
- LIMA, F. A.; VIANA, T. V. A. V.; DE SOUSA, G. G.; MARTINS, L. F.; AZEVEDO, B. M. Yield of strawberry crops under different irrigation levels and biofertilizer doses. **Revista Ciência Agronômica**, v. 49, n. 3, p. 381-388, 2018.
- MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. 2006. 638p.
- NASCIMENTO, J. L. do. **Crescimento e assimilação de carbono em plantas jovens de *Atalea funifera* Mart. Submetida ao sombreamento e ao stress hídrico**. 2009. 110p. Dissertação (Mestrado) -Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilheus.
- NOVAES, A. P. DE; SIMÕES, M. L.; NETO, L. M.; HENRIQUE, N. E.; CRUVINEL, P. E.; NOVOTNY, E. H.; SANTIAGO, G.; NOGUEIRA, A. R. DE A. **Utilização de uma fossa séptica biodigestora para melhoria do saneamento rural e desenvolvimento da agricultura orgânica**. Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2002. 5p.
- OLIVEIRA, M. DO S. P. DE; DE CARVALHO, J. E. U.; DO NASCIMENTO, W. M. O. **Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.)** Embrapa Amazônia Oriental, 2008. 49p.
- PEREIRA, R.; TERESA, P.; BRAGA, M.; RONALDO, P.; EMMERSON, C.; ROBERTO, J. ; ADRIANO, L. Murumuru (*Astrocaryum murumuru* Mart.) butter and oils of buriti (*Mauritia flexuosa* Mart.) and pracaxi (*Pentaclethra macroloba* (Willd.) Kuntze) can be used for biodiesel production : Physico-chemical properties and thermal and kinetic studies. **Industrial Crops & Products**, v.97, p.536–544. 2017.
- PIMENTEL, R. M. **Propriedades físicas: carbono e nitrogênio do solo em sistemas agropecuários lavras**. 2012. 99p. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal de Lavras. Minas Gerais.
- QUEIROZ, J. A. L. de; MOCHIUTTI, S.; DO AMARAL, M. S.; GALVÃO, F. Composição florística e estrutura de floresta em várzea alta estuarina Amazônica. **Floresta**, p.35, v.1, 2005.
- RESENDE, A. V. de. **Agricultura e qualidade de água: Contaminação da água por nitrato**. EMBAPA, 2002.

- RIBEIRO, T. M.; MARTINS, S. V.; LANA, V. M.; SILVA, K. A. Sobrevivência e crescimento inicial de plântulas de *Euterpe edulis* Mart. Transplantadas para clareiras e sub-bosque em uma floresta estacional semidecidual, em viçosa, mg. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n.6, p.1219-1226, 2011.
- ROSOLEM, C. A.; FOLONI, J. S.; OLIVEIRA, R. H. de. Dinâmica do nitrogênio no solo em razão da calagem e adubação nitrogenada, com palha na superfície. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 38, n.2, p.301-309, 2003.
- SANTOS, E. O.; VIANA, T. V. A.; DE SOUSA, G. G.; CARVALHO, A. C. P. P.; AZEVEDO, B. M. Biomass accumulation and nutrition in micropropagated plants of the banana 'prata catarina' under biofertiliser. **Rev. Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 4, p. 901 – 911. 2017.
- SOUSA, L. A. S. **Desenvolvimento de plantas jovens de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) Plantado em área com vegetação secundária (capoeira) na localidade de benjamin constant, município de Bragança, estado do Pará, Belém – PA.** 2006. 62p. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém.
- SAMPAIO, L. S. **Radiação e crescimento de plantas jovens de açaizeiro em sistemas agroflorestais.** 2003. 59p. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo - Escola Superior Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- TAIZ, L. & ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal.** 2004. 918 p.
- TAVARES, J. P. N. Características da climatologia de Macapá-AP. **Caminhos de geografia.** Macapá, v. 15. n. 50. p.38-151, 2014.
- UZZO, R. P. **Resposta fisiológica e anatômica do açaizeiro e da palmeira real australiana ao sombreamento.** 2008. 70p. Tese (Doutorado) -Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura, Piracicaba.
- VIÉGAS, 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 em plantas de açaizeiro (*Euterpe oleracea*). **Rev. ciênc. agrár.**, Belém, n. 50, p. 129-141, jul./dez. 2008.

**Table 1.** Soil analysis of Fazendinha experimental field, used in the experiment with Açaí and Pracaxi seedlings, at Embrapa Amapá nursery.

pH	OM	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> +AL <sup>3+</sup>	SB	CTC pH7	V	m
H <sub>2</sub> O	g/kg	mg/dm <sup>3</sup>				cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>				%	
5.9	31.03	12	0.14	6.1	4.7	0.1	5.6	6.2	11.8	53	2

OM: Organic Matter; SB: Sum of bases; CTC: Cation Exchange capacity; V: Base saturation; m: Aluminium saturation.

**Table 2-** Recommendation of fertilization for the treatments used in the experiment with Açaí and Pracaxi seedlings.

Fertilizer	% of nutrient	Nutrient recommendation g plant <sup>-1</sup>	Amount of fertilizer g vessel <sup>-1</sup>
Ammonium Sulphate (N)	20	45	225
Simple Superphosphate (P)	18	30	166.6
Potassium Chloride (K)	58	80	137.9
FTE Br12	-	-	10

**Table 3** – Biodigestive septic tank effluent chemical analysis, used in the experiment with Açaí and Pracaxi seedlings at Embrapa Amapá nursery.

Parameters	Units	Results
Temperature	°C	30.6
pH	-	7.6
OBD	mg/L	202.1
Apparent color	mg/L	3,017.0
Total coliforms	UFC/100 mL	< 2419.6
<i>E.coli</i>	UFC/100 mL	< 2419.6
Total solids	mg/L	818.0
Total fixed solids	mg/L	492.0
Total volatile solids	mg/L	326.0
Total dissolved solids	mg/L	1,293.0
Total suspended solids	mg/L	215.0
Ammoniacal nitrogen	mg/L	204.0
Nitrate	mg/L	1.9
Nitrite	mg/L	1
Phosphate	mg/L	143.0
Conductivity	uS/cm	1,840.0

OBD: Oxygen biochemical demand

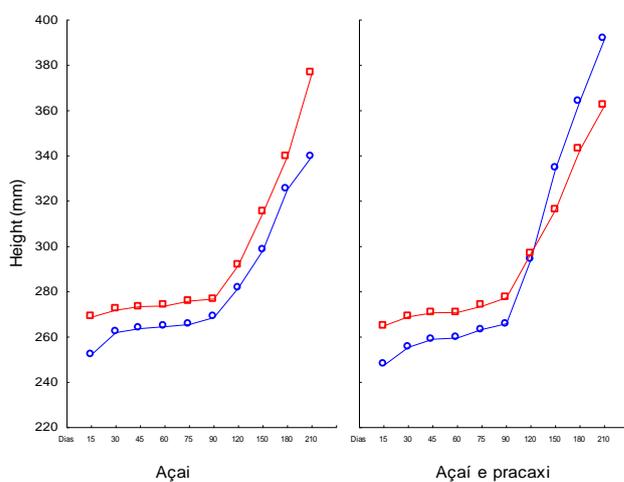
**Table 4**- Nitrogen contents in the leaf tissue in Açaí seedlings under different sources of nitrogen fertilization and luminosity conditions, planted in a forest nursery.

Species and Consortium	Luminosity conditions	Treatment	Total N in leaf (g kg <sup>-1</sup> )
Açaí	Sun	T1-ammonium sulphate	14.6
	Sun	T2-pit effluent	11.3
	Sun	T3-control	10.8
Açaí	Shadow	T1-ammonium sulphate	15.6
	Shadow	T2-pit effluent	16.9
	Shadow	T3-control	17.8
Açaí e Pracaxi	Sun	T1-ammonium sulphate	13.1
	Sun	T2-pit effluent	14.0
	Sun	T3-control	11.8
Açaí e Pracaxi	Shadow	T1-ammonium sulphate	14.0
	Shadow	T2-pit effluent	18.3
	Shadow	T3-control	15.0

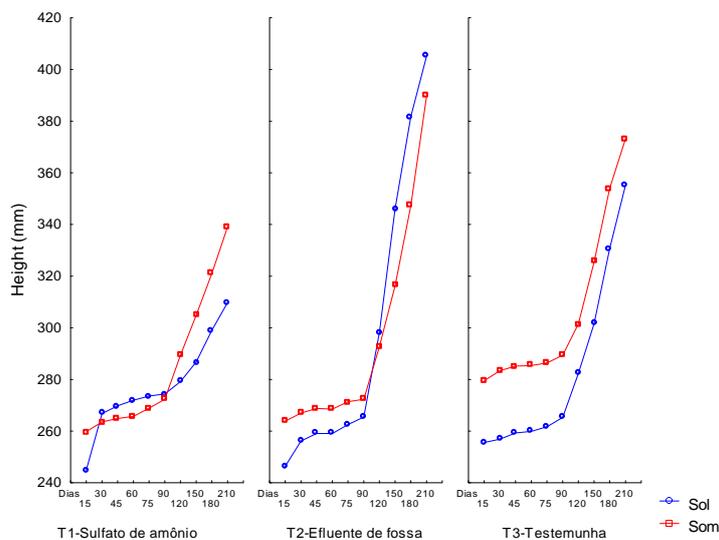
**Table 5**- Nitrogen content in the soil whose Açaí seedlings were planted, under different sources of nitrogen fertilization and light conditions in a forest nursery.

Species and Consortium	Luminosity conditions	Treatment	Total N in leaf (g kg <sup>-1</sup> )
	Sun	T1-ammonium sulphate	1.7

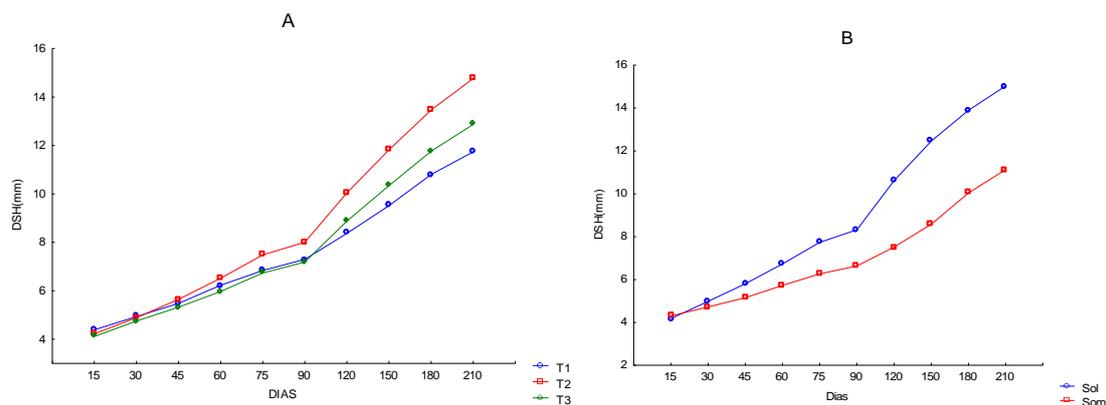
Açaí	Sun	T2-pit effluent	1.9
	Sun	T3-control	1.7
Açaí	Shadow	T1-ammonium sulphate	1.7
	Shadow	T2-pit effluent	1.7
Açaí e Pracaxi	Shadow	T3-control	1.7
	Sun	T1-ammonium sulphate	1.9
Açaí e Pracaxi	Sun	T2-pit effluent	2.3
	Sun	T3-control	1.8
Açaí e Pracaxi	Shadow	T1-ammonium sulphate	1.5
	Shadow	T2-pit effluent	1.2
	Shadow	T3-control	1.7



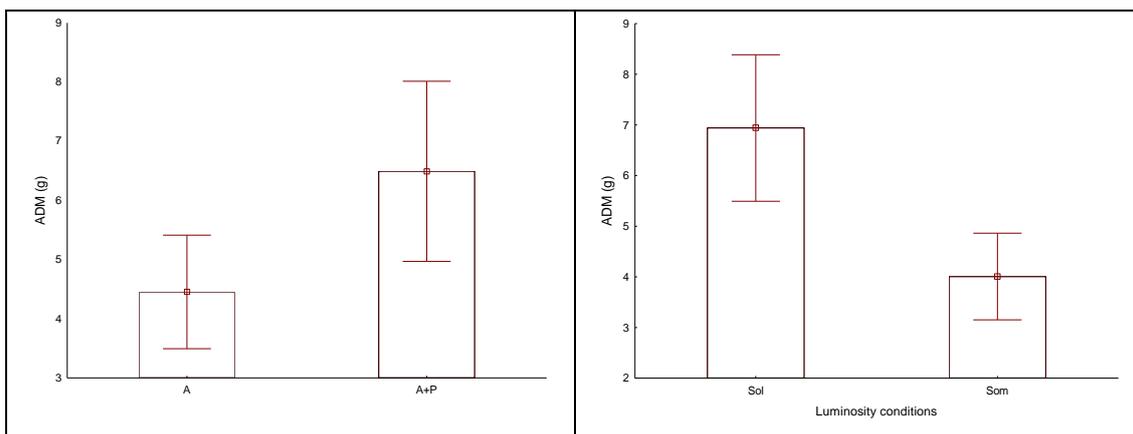
**Figure 1.** Açaí seedlings growth in height for 7 months, planted isolated or in consortium with Pracaxi seedlings, according to the interactions between the planting time and the different luminosity conditions (square = shadow, circle = sun).



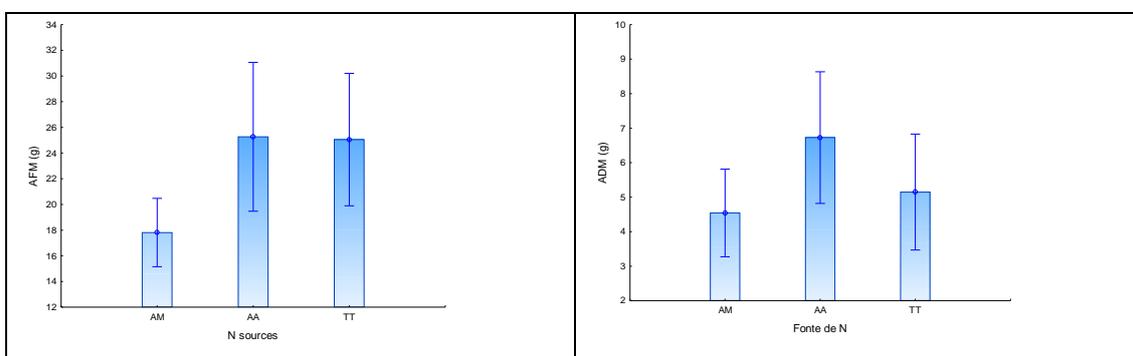
**Figure 2.** Açai seedlings growth in height for 7 months, according to the interactions between the planting time, the different nitrogen sources and luminosity conditions.



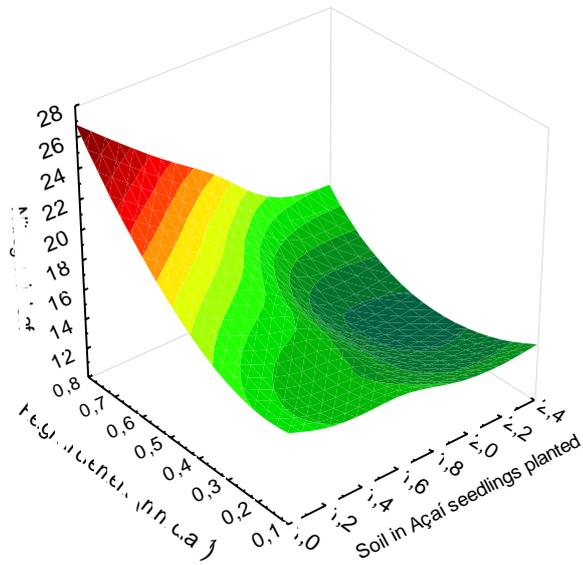
**Figure 3.** Increment of diameter at the soil height of Açai seedlings, according to the interactions between the planting time, the different sources of nitrogen fertilization (A) and luminosity conditions (B). T1 – Fertilization with ammonium sulphate; T2- Fertilization with pit effluent; T3- Control (without addition of nutrients).



**Figure 4.** Average values (n = 24) and 95% confidence intervals of Açai seedlings aerial dry mass with 7 months, planted isolatedly (A) and in consortium with Pracaxi (A+P) and in function of different luminosity conditions.



**Figure 5.** Average values (n = 16) and 95% confidence intervals of Açai seedlings aerial fresh mass and dry mass (PA PS) at 7 months, planted with different nitrogen sources (AM – Mineral fertilization with ammonium sulphate; AA- Alternative fertilization with pit effluent; TT – Control without addition of nutrient).



**Figure 6.** Response surface of height increment in relation to nitrogen in leaf tissue and soil in Açai seedlings planted in a forest nursery.