

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE MESTRADO

BIOINSUMOS NA QUALIDADE DE MUDAS DE *Artocarpus heterophyllus* Lam. E *Carica papaya* L.

Claudemir Santos da Silva

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
MAIO – 2023**

BIOINSUMOS NA QUALIDADE DE MUDAS DE *Artocarpus heterophyllus* Lam. E *Carica papaya* L.

Claudemir Santos da Silva
Tecnólogo em Agroecologia, UFRB, 2019

Dissertação apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Agrárias (Área de Concentração: Agricultura Tropical).

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Rafaela Simão Abrahão Nóbrega
Coorientador: Dr. Ewerton Gonçalves de Abrantes

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
MAIO – 2023**

FICHA CATALOGRÁFICA

S586b	<p>Silva, Claudemir Santos da. Bioinsumos na qualidade de mudas de <i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam. e <i>Carica papaya</i> L. / Claudemir Santos da Silva. Cruz das Almas, BA, 2023. 68f.; il.</p> <p>Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Mestrado em Ciências Agrárias.</p> <p>Orientadora: Prof. Dra. Rafaela Simão Abrahão Nóbrega. Coorientador: Prof. Dr. Ewerton Gonçalves de Abrantes.</p> <p>1.Frutas tropicais – Cultivo – Mudas. 2.Frutas tropicais – Crescimento. 3.Qualidade – Análise. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD: 634.6</p>
-------	--

Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas - UFRB. Responsável pela Elaboração Antonio Marcos Sarmiento das Chagas (Bibliotecário - CRB5 / 1615).

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE MESTRADO**

BIOINSUMOS NA QUALIDADE DE MUDAS DE *Artocarpus heterophyllus* Lam. E *Carica papaya* L.

**Comissão Examinadora da Defesa de Dissertação de
Claudemir Santos da Silva**

Aprovada em 31 de maio de 2023

Documento assinado digitalmente
 **RAFAELA SIMÃO ABRAHÃO NOBREGA**
Data: 29/08/2023 18:42:40-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Prof^a. Dr^a.Rafaela Simão Abrahão Nóbrega
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB
Orientadora**

Documento assinado digitalmente
 **ELTON DA SILVA LEITE**
Data: 29/08/2023 15:03:36-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Prof. Dr. Elton da Silva Leite
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB
Examinador Interno**

Documento assinado digitalmente
 **CINTIA ARMOND**
Data: 28/08/2023 17:18:28-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Prof^a. Dr^a.Cintia Armond
Universidade Federal do Reconcavo da Bahia - UFRB
Examinadora Externo**

DEDICATÓRIA

A ancestralidade e espiritualidade, por nunca me deixar desistir nos momentos de desânimo e autossabotagem, dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradecer primeiramente à Deus e os Orixás pela força nos momentos necessários, à minha mãe Maria Augusta dos Santos por todo o apoio e ao meu pai José Marcelino da Silva por ter sido apoio apesar das nossas diferenças. À equipe da APAEB - Araci (Associação dos Pequenos Agricultores do Estado da Bahia), principalmente Lidia Maria *in memoria* pelo acolhimento no início do mestrado em uma fase difícil da minha vida. Ao Ilê Axé Jitolobi, em nome de Geovane Silva (Pai Geo) por ser a casa que tem me acolhido e ponto de apoio para o fortalecimento do meu axé. À Maria da Conceição minha madrinha Conce, que tornou-se uma segunda mãe para mim. À Marcia Cristina, que para além de amiga, tornou-se uma irmã e à sua família por todo carinho e acolhimento em Cruz das Almas, BA. Às amigas Clara Cordeiro e Helen Samara por estarem sempre juntas neste processo e me acolherem nos momentos de angústia. À toda equipe do laboratório de Biologia do Solo, por todo apoio na execução deste trabalho, principalmente a Caliane, Ewerton, Andreza, Cyndi e Larissa. A Professora Dra. Rafaela Simão Abrahão Nóbrega pelas orientações e paciência em meus momentos de dificuldade. Aos professores pesquisadores Dr. Onildo de Jesus e Dr. Carlos Ledo da Embrapa Mandioca e Fruticultura, pelo fornecimento das sementes de mamão Ruby utilizadas nas duas etapas do experimento com mamoeiro. Ao apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código de Financiamento 001 pela concessão da bolsa de pesquisa, que permitiu que eu pudesse cumprir esta etapa em minha vida. À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia pela oportunidade de cursar a pós-graduação pública.

EPÍGRAFE

A vida em seus métodos diz calma
Vai com calma, você vai chegar
Se existe desespero é contra a calma, é
E sem ter calma nada você vai encontrar

Canção de Di Melo

BIOINSUMOS NA QUALIDADE DE MUDAS DE *Artocarpus heterophyllus* Lam. E *Carica papaya* L.

RESUMO GERAL

O aproveitamento de resíduos orgânicos através da compostagem pode gerar um fertilizante orgânico, que pode ser adicionado a um meio mineral para a formulação de substratos para cultivo de frutíferas. Estudos também indicam que bactérias diazotróficas podem estimular o crescimento de mudas de espécies vegetais, mesmo não sendo espécies leguminosas. Neste contexto, objetivou-se avaliar a qualidade de mudas de jaqueira e de mamoeiro inoculadas com bactérias diazotróficas em substratos organominerais. Para ambas as espécies, os substratos foram formulados com fertilizante orgânico produzido no NUMAM (Núcleo de Meio Ambiente) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), oriundo da compostagem de poda de árvores da UFRB, acrescido de esterco bovino e caprino e a amostras de subsolo de Latossolo amarelo distrocoeso. Para a cultura da jaqueira os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 5 x 5 (cinco substratos formulados com proporções de fertilizante orgânico x cinco fontes de N). No experimento com mamoeiro, o esquema fatorial foi 6 x 4 (seis fontes de N x quatro substratos formulados com fertilizante orgânico, pó de rocha e terra de subsolo). As fontes de N no tratamento com jaqueira foram: a estirpe autorizada como inoculante para feijão-caupi, UFLA 03-84 – SEMIA 6461 (*Bradyrhizobium viridifuturi*); três isolados em fase de teste, UFRB FA34C2-2, UFRB NA32B1, UFRB FA72A2-1, um tratamento com cada proporção sem a aplicação de fontes de N, e um tratamento controle com aplicação de ureia. As proporções de fertilizante orgânico e amostra de subsolo foram de 0, 15, 30, 45 e 60% (v:v). No ensaio com mamoeiro, as fontes de N foram as mesmas do ensaio com a jaqueira e formulado o substrato com: estirpe bacteriana + pó de rocha + composto orgânico + solo; estirpe bacteriana + composto + solo; estirpe bacteriana + pó de rocha + solo; estirpe bacteriana + solo. Nas formulações com composto orgânico e solo a proporção utilizada foi 50:50% (v:v). Nas mudas de jaqueira as variáveis analisadas foram: altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), comprimento da raiz (CR), massa da parte aérea seca (MSPA), massa da raiz seca (MSR), massa total seca (MST), relação parte aérea raiz (RMS) e índice de qualidade de Dickson (IQD) e teor de macronutrientes. Nas mudas de mamoeiro as variáveis foram clorofilas *a*, *b* e total, AP, CR, DC, MSPA, MSR, MST, RMS e IQD. Os substratos organominerais proporcionam melhor qualidade das mudas de jaqueira e de mamoeiro e podem ser recomendados para o cultivo dessas espécies, principalmente aos agricultores familiares. O uso do substrato na proporção de 60:40 (v:v), com inoculação bacteriana, revela-se uma estratégia eficaz para promover o desenvolvimento morfofisiológico das mudas de jaqueira. Na cultura do mamoeiro, as bactérias diazotróficas não promoveram efeitos superiores nas médias de atributos biométricos avaliados, em relação ao tratamento não inoculado. Na formação das mudas de mamoeiro, o substrato formulado apenas com fertilizante orgânico na proporção 50:50 (fertilizante orgânico: solo; v/v) pode ser utilizado sem a necessidade de adubação mineral.

Palavras-chave: Fertilizante orgânico, pó de rocha, substratos organominerais, bactérias promotoras de crescimento vegetal, inoculação.

BIOINSUTS ON THE QUALITY OF SEEDLINGS OF *Artocarpus heterophyllus* Lam. and *Carica papaya* L.

GENERAL ABSTRACT

The utilization of organic waste through composting can generate organic fertilizer, which can be added to a mineral medium for the formulation of substrates for fruit cultivation. Studies also indicate that diazotrophic bacteria can stimulate the growth of plant seedlings, even for non-leguminous species. In this context, the objective was to evaluate the quality of jackfruit and papaya seedlings inoculated with diazotrophic bacteria in organomineral substrates. For both species, the substrates were formulated with organic fertilizer produced at NUMAM (Núcleo de Meio Ambiente) of the Federal University of Recôncavo da Bahia (UFRB), derived from composting UFRB tree pruning waste, along with bovine and goat manure, and samples of subsurface Yellow Latosol. For jackfruit cultivation, the treatments were arranged in a 5 × 5 factorial design (five substrates formulated with different proportions of organic fertilizer × five N sources). In the papaya experiment, the factorial design was 6 × 4 (six N sources × four substrates formulated with organic fertilizer, rock powder, and subsurface soil). The nitrogen (N) sources in the jackfruit treatment included: the strain authorized as an inoculant for cowpea, UFLA 03-84 – SEMIA 6461 (*Bradyrhizobium viridifuturi*); three isolates in the testing phase, UFRB FA34C2-2, UFRB NA32B1, UFRB FA72A2-1; one treatment with each proportion without the application of N sources; and a control treatment with urea application. The proportions of organic fertilizer and subsurface soil samples were 0, 15, 30, 45, and 60% (v:v). In the papaya experiment, the N sources were the same as in the jackfruit experiment, and the substrate was formulated with: bacterial strain + rock powder + organic compost + soil; bacterial strain + compost + soil; bacterial strain + rock powder + soil; bacterial strain + soil. In formulations with organic compost and soil, the proportion used was 50:50% (v:v). For the jackfruit seedlings, the analyzed variables were: plant height (PH), stem diameter (SD), number of leaves (NL), root length (RL), dry shoot mass (DSM), dry root mass (DRM), total dry mass (TDM), shoot-root ratio (SRR), Dickson's quality index (DQI), and macronutrient content. For papaya seedlings, the variables were chlorophylls a, b, and total, PH, SD, DSM, DRM, TDM, SRR, DQI. Organomineral substrates provide better seedling quality for both jackfruit and papaya and can be recommended for the cultivation of these species, especially for family farmers. The use of substrate in the 60:40 (v:v) ratio, with bacterial inoculation, proves to be an effective strategy to promote the morphophysiological development of jackfruit seedlings. In papaya cultivation, diazotrophic bacteria did not promote superior effects on the average biometric attributes evaluated, compared to the non-inoculated treatment. In papaya seedling formation, the substrate formulated solely with organic fertilizer in the 50:50 (organic fertilizer: soil; v/v) proportion can be used without the need for mineral fertilization.

Key words: Organic fertilizer, rock powder, organomineral substrates, plant growth-promoting bacteria.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1. Caracterização física e química dos substratos formulados com fertilizante orgânico e solo. 33

Tabela 2. Resumo da análise de variância para os valores de altura (AL), número de folhas (NF), comprimento da raiz (CR), diâmetro do caule (DC), massa seca da parte aérea (MSPA), de raiz (MSR) e total (MST), relação parte aérea/raiz (RPAR), Índice de qualidade de Dickson (IQD) e teores de nitrogênio (N), fosforo (P) e potássio (K) de mudas de *Artocarpus heterophyllus* Lam., no primeiro [exp.1] e segundo [exp.2] ensaios cultivadas com tratamentos de inoculação em substratos organominerais..... 36

Tabela 3. Contrastes das variáveis analisadas com a testemunha com adubação química em comparação com os tratamentos avaliados em mudas *Artocarpus heterophyllus* Lam., aos 60 e 90 dias cultivadas com bactérias diazotróficas em substratos organominerais..... 37

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Resumo da análise de variância para os caracteres biométricos de mudas de *Carica papaya* L., aos 50 dias cultivadas em bioinsumo formulado com bactérias diazotróficas, pó de rocha, NPK e composto orgânico..... 57

Tabela 2. Médias das variáveis diâmetro do caule, comprimento radicular, massa seca da raiz, massa seca da parte aérea, massa seca total em mudas de *Carica papaya*, aos 50 DAE, sob diferentes fontes de nitrogênio (inoculação bacteriana) e substratos (solo – S; solo + fertilizante orgânico – SCO; solo + fertilizante orgânico + pó de rocha – SCOPR; solo + pó de rocha – SPR).....58

Tabela 3. Comparação de médias obtidas para RPAR e Índice de qualidade de Dickson (IQD) em mudas de *Carica papaya*, aos 50 DAE, sob diferentes fontes de nitrogênio (inoculação bacteriana) e substratos (solo – S; solo + fertilizante orgânico – SCO; solo + fertilizante orgânico + pó de rocha – SCOPR; solo + pó de rocha – SPR).....60

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1. Temperaturas durante o ensaio experimental de mudas de *Artocarpus heterophyllus* Lam., cultivadas nas épocas chuvosa e seca (abril a junho e setembro a dezembro de 2022) com substratos organominerais formulados com fertilizante orgânico e amostra de Latossolo amarelo distrocoeso.....32

Figura 2. Altura (AL), a [exp.1] e b [exp.2] de mudas de *Artocarpus heterophyllus* Lam., cultivadas nas épocas chuvosa [exp.1] e seca [exp.2] em função de substratos organominerais e inoculação..... 38

Figura 3. Diâmetro do caule (DC), f e g [exp.2] de mudas de *Artocarpus heterophyllus* Lam., cultivadas nas épocas chuvosa [exp.1] e seca [exp.2] em função de substratos organominerais e inoculação.....39

Figura 4. Número de folhas (NF), f [exp.1] e g [exp.2] e comprimento radicular (CR), h [exp.2] de mudas de *Artocarpus heterophyllus* Lam., cultivadas nas épocas chuvosa [exp.1] e seca [exp.2] em função de substratos organominerais e inoculação.....41

Figura 5. Massa seca da parte aérea (MSPA), [exp.1] (a) e [exp.2] (b); massa seca de raiz (MSR), [exp.1] (c) e [exp.2] (d); massa seca total (MST), [exp.1] (e) e [exp.2] (f) de mudas de *Artocarpus heterophyllus* Lam., cultivadas nas épocas chuvosa [exp.1] e seca [exp.2] em substratos organominerais formulados com fertilizante orgânico e Latossolo amarelo distrocoeso.....43

Figura 6. Relação parte aérea raiz (RPAR), [exp.1] (g e h) e índice de qualidade de Dickson (IQD) [exp.2] (i) de mudas de *Artocarpus heterophyllus* Lam., cultivadas nas épocas chuvosa [exp.1] e seca [exp.2] em substratos organominerais formulados com fertilizante orgânico e Latossolo amarelo distrocoeso.....44

CAPÍTULO 2

Figura 1. Índices de clorofila a, b e clorofila total em mudas de *Carica papaya* L., aos 50 DAE, cultivadas sob diferentes fontes de nitrogênio (inoculação bacteriana) e substratos (solo – S; solo + fertilizante orgânico – SCO; solo + fertilizante orgânico + pó de rocha – SCOPR; solo + pó de rocha – SPR).....57

Figura 2. Número de folhas (NF) de mudas de *Carica papaya* L., aos 50 DAE, cultivadas sob diferentes fontes de nitrogênio (inoculação bacteriana) e substratos (solo – S; solo + composto orgânico – SCO; solo + composto orgânico + pó de rocha – SCOPR; solo + pó de rocha – SPR)..... 58

Figura 3. Altura de plantas (AL) de mudas de *Carica papaya* L., aos 50 DAE, cultivadas sob diferentes fontes de nitrogênio (inoculação bacteriana) e substratos (solo – S; solo + composto orgânico – SCO; solo + composto orgânico + pó de rocha – SCOPR; solo + pó de rocha – SPR)..... 60

SUMÁRIO

1.0 INTRODUÇÃO GERAL	14
2.0 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 Importância socioeconômica e cultivo da jaqueira.....	16
2.2 Importância socioeconômica da cultura do mamoeiro.....	18
2.3 Potencial e uso de bioinsumos na produção de mudas.....	20
3.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
CAPÍTULO 1 - Bioinsumos na qualidade de mudas de <i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.	27
RESUMO	28
ABSTRACT	29
1.0 INTRODUÇÃO	30
2.0 MATERIAIS E MÉTODOS	31
2.1 Local e clima	31
2.2 Extrutura e delineamento experimental.....	31
2.3 Variáveis analisadas.....	34
2.4 Análise estatística.....	35
3.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.0 CONCLUSÕES	46
5.0 REFERÊNCIAS	46
CAPÍTULO 2 - Promoção de crescimento de bactérias diazotróficas em mudas de <i>Carica papaya</i> cultivadas em substratos organominerais	49
RESUMO	50
ABSTRACT	51
1.0 INTRODUÇÃO	52
2.0 MATERIAL E MÉTODOS	53
3.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
4.0 CONCLUSÃO	63
5.0 REFERÊNCIAS	64

1. INTRODUÇÃO GERAL

A produção de frutas desempenha um papel fundamental globalmente, movimentando anualmente mais de US\$230 bilhões e resultando em mais de 800 milhões de toneladas de frutas cultivadas em uma área de aproximadamente 60 milhões de hectares (FAO, 2021). Nesse cenário, o Brasil se destaca como o terceiro maior produtor mundial, com uma colheita que ultrapassa 40 milhões de toneladas, distribuídas em cerca de 2 milhões de hectares, e gerando um valor anual superior a US\$6 bilhões (FAO, 2021).

Um dos maiores desafios da agricultura moderna reside na busca por manter ou aumentar os padrões de produtividade, sem prejudicar ainda mais os sistemas naturais, especialmente o solo (KOPITTKKE et al., 2019). A crescente dependência de variedades de alto rendimento, que respondem cada vez mais à aplicação de fertilizantes sintéticos, especialmente nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) (JONES et al., 2013), apenas agrava esse problema. Uma alternativa viável, econômica e ambiental para a redução ou substituição de fertilizantes minerais são os biofertilizantes.

Nesse sentido, destaca-se o uso de compostos orgânicos, os quais têm sido amplamente reconhecidos pelos benefícios que proporcionam no crescimento morfofisiológico e nutricional das mudas (MOREIRA et al., 2018; BRAULIO et al., 2019), sendo a obtenção de substratos de qualidade considerado um fator crucial. Ao empregar tecnologias que permitem a produção de substratos a partir de materiais de baixo custo e amplamente disponíveis, como resíduos orgânicos agrícolas, torna-se viável não apenas a redução dos custos de produção, mas também a mitigação dos impactos ao meio ambiente (COSTA et al., 2015). Essas abordagens tecnológicas oferecem uma solução economicamente vantajosa e ecologicamente sustentável para a produção de substratos, demonstrando o potencial de conciliar eficiência econômica com responsabilidade ambiental.

Uma estratégia promissora para reduzir a dependência de insumos químicos na produção agrícola é o uso da adubação orgânica e de microrganismos promotores de crescimento de plantas (MPCPs), especialmente os endofíticos. A combinação destes fatores têm o potencial de fornecer uma abordagem ambientalmente segura para aumentar a produtividade e mitigar os diversos

estresses enfrentados pelas plantas, especialmente visando aprimorar a qualidade das mudas e reduzir o tempo de produção no viveiro (GOPALAKRISHNAN et al., 2015; MATSUMURA et al., 2015; BAHULIKAR et al., 2020; MOREIRA et al., 2021).

A inoculação das plantas com MPCPs tem demonstrado respostas no aspecto morfofisiológico. Assim, diversos estudos têm se concentrado no uso de bactérias endofíticas capazes de fixar N_2 , sobretudo em plantas não-leguminosas (DARTORA et al., 2013; ANDRADE et al., 2014; BAHULIKAR et al., 2020). Além de sua capacidade de fixar nitrogênio, essas bactérias benéficas possuem outras habilidades específicas (MOREIRA et al., 2010), como a solubilização de fosfato inorgânico e a síntese de reguladores vegetais, como auxina, giberelina e citocinina (ANDRADE et al., 2014; ZHANG et al., 2007; SOUZA et al., 2016; MOREIRA et al., 2021). Essa diversidade de habilidades as posiciona como potenciais insumos biológicos, fornecendo um conjunto de benefícios para o desenvolvimento e crescimento das plantas.

Essas pesquisas evidenciam a importância de explorar o potencial desses microrganismos como uma estratégia eficaz para promover o crescimento das plantas, reduzir a dependência de fertilizantes nitrogenados e impulsionar a sustentabilidade da agricultura. Nessa perspectiva, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade das mudas de jaqueira e mamoeiro quando inoculadas com bactérias diazotróficas em substratos organominerais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância sócio-econômica e cultivo da jaqueira

A jaqueira (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) é uma árvore frutífera pertencente à família Moraceae, subfamília Artocarpoideae e gênero *Artocarpus*. É amplamente conhecida no Brasil como jaqueira e representa uma das espécies mais difundidas e economicamente importantes do gênero *Artocarpus* (HAQ, 2006). Sua distribuição natural abrange o sudeste asiático e as ilhas do Pacífico (ELEVITCH; MANNER, 2006).

No Brasil, foi introduzida durante a colonização portuguesa no século XVIII (OLIVEIRA, 2009) e pode ser encontrada em toda a região Amazônica e na costa tropical brasileira, do estado do Rio de Janeiro até o Pará. Além disso, também é cultivada em regiões semiáridas e subtropicais, utilizando-se sistemas de irrigação, como é o caso do estado do Ceará (SOUZA et al., 2009).

A. heterophyllus é uma árvore de porte médio, podendo atingir alturas médias de 8 a 25 metros (GOSWAMI; CHACRABATI, 2016). É adaptada a altitudes de até 1600 metros e apresenta uma faixa média de precipitação de 1000 a 2400 mm, com pH do solo entre 5,0 e 7,5. Além de ser cultivada pelos seus frutos, a jaqueira também oferece diversos serviços ambientais, como proteção contra ventos fortes, devido à sua resistência, e pode ser utilizada em consórcios com pastagens, já que seus frutos são apreciados por bovinos, caprinos e ovinos (ELEVITCH; MANNER, 2006). Além disso, a madeira da jaqueira é considerada nobre e é explorada para a produção de móveis (ELEVITCH; MANNER, 2006). Há registros históricos que indicam o uso da madeira da jaqueira na produção de carvão na região do Rio Ganges, na Índia, no período entre 1330 e 700 a.C. (SARASWAT, 2004).

As folhas da jaqueira possuem formato oblongo, ou seja, nem arredondado nem quadrado, variando entre o oval e o elíptico. São mais compridas do que largas, medindo de 4 a 25 centímetros de comprimento e 2 a 12 centímetros de largura. A produção de frutos normalmente se inicia entre quatro e oito anos após o plantio (HAQ, 2006).

Há registro de que a jaqueira foi uma das primeiras espécies de plantas exóticas relatadas na Mata Atlântica brasileira (DEAN, 1996), porém não há dados sobre densidade populacional e sua distribuição nesse bioma. Embora apresente

grande ocorrência na região Nordeste do Brasil, o corte desordenado de árvores para a produção moveleira têm exaurido a espécie. O corte indiscriminado da jaqueira tem se tornado um problema significativo tanto do ponto de vista socioeconômico, quanto ambiental. A exploração intensiva da madeira para a produção de móveis e outros fins comerciais tem levado à redução das populações naturais da espécie, comprometendo sua capacidade de regeneração e ameaçando a biodiversidade local.

Além disso, pequenos agricultores de baixa renda, que dependem da venda dos frutos e do corte da madeira, têm enfrentado dificuldades econômicas devido à diminuição dos recursos disponíveis. Diante desse cenário, é fundamental que a pesquisa se direcione para o desenvolvimento de técnicas de cultivo sustentáveis, com enfoque na utilização de insumos e substratos alternativos e acessíveis. Essa abordagem permitiria viabilizar a produção da jaqueira de forma ambientalmente responsável, ao mesmo tempo em que oferece oportunidades econômicas para os pequenos agricultores. É necessário explorar soluções inovadoras que minimizem a dependência do corte em massa da árvore, promovendo o uso sustentável da espécie e garantindo a conservação de seus recursos genéticos.

O efeito do meio de cultivo na germinação e crescimento de mudas de *Artocarpus heterophyllus* foi investigado, revelando resultados significativos. Dentre as diversas combinações testadas, a mistura de solo + vermicomposto + casca de arroz + fibra de coco (na proporção 1:1:1:1) se destacou, apresentando os melhores índices de germinação (33,72), valor de germinação (18,58), índice máximo de vigor de plântulas (4,60), porcentagem mais elevada de plântulas enxertáveis (91,13%) e maior vigor de sementes (97,08). Por outro lado, constatou-se que a inclusão de pó de serra nos meios de cultivo teve um efeito inibitório em todos os aspectos analisados (GAWANKAR et al., 2019). Esses resultados ressaltam a importância de selecionar cuidadosamente os componentes do meio de cultivo.

Na produção de mudas de jaqueira, é notável a necessidade de adubação de cobertura com N mineral, uma vez que a espécie responde positivamente à adição de nitrogênio em sua fase inicial de crescimento (SILVA et al., 2014). No entanto, uma abordagem alternativa promissora é o uso de bactérias promotoras de crescimento vegetal, que pode ser uma opção viável para o desenvolvimento de

um bioinsumo específico para essa espécie, assim como para espécies florestais em geral.

Estudos realizados por Braulio et al. (2019) demonstraram resultados positivos da inoculação de bactérias diazotróficas no crescimento de mudas de *Bauhinia variegata* L., quando utilizadas em conjunto com composto orgânico. Além disso, observou-se que o uso de composto orgânico como componente do substrato de cultivo promoveu um melhor desenvolvimento das mudas em comparação com aquelas cultivadas apenas com solo.

Um estudo investigou a mistura ideal de solo e composto orgânico com *Bacillus* sp. e *Trichoderma asperellum* para otimizar o crescimento e o teor de nutrientes em mudas de bananeira. Aos 100 dias, o substrato na proporção 40:60 (composto orgânico: Latossolo) com a presença de *Bacillus* sp. ou *Trichoderma asperellum* proporcionou a melhor qualidade morfofisiológica nas mudas (MOREIRA et al., 2021).

As bactérias desempenham um papel fundamental no estímulo ao crescimento vegetal por meio de mecanismos diretos e indiretos. Mecanismos diretos incluem a síntese de substâncias ou a modulação de processos enzimáticos (CHEN et al., 2018), que facilitam a absorção de nutrientes específicos, a solubilização de fosfatos minerais (OTEINO et al., 2015), a fixação biológica de nitrogênio (PACHECO et al., 2020) e a produção de hormônios vegetais como ácido giberélico, citocininas, etileno e ácido indólico acético (MOLINA-ROMERO et al., 2017).

Esses mecanismos demonstram a capacidade das bactérias em promover o crescimento e desenvolvimento das plantas, destacando sua importância na agricultura e na busca por práticas mais sustentáveis. Assim, destaca-se o potencial das bactérias promotoras de crescimento e do composto orgânico como estratégias eficazes para o aprimoramento do processo de produção de mudas de *Artocarpus heterophyllus* e outras espécies.

2.2 Importância sócio-econômica e cultivo do mamoeiro

Pertencente à família *Caricaceae*, o mamoeiro (*Carica papaya* L.) está distribuído nos 26 estados e no Distrito Federal Brasileiro. De ocorrência na América tropical, sua altura varia de 3 m a 8 m e caule de 10 a 30 cm de diâmetro.

De porte ereto, composto por cicatrizes foliares, que se findam com grandes folhas na região apical, sendo também, indiviso, fistuloso nas regiões extremas e suculento (SILVA et al., 2021).

De acordo com o FAO (2021), o Brasil produz 1,257 milhões de toneladas de mamão em uma área de 28.495 hectares, isso representa 8,9% da produção mundial. De acordo com o IBGE, (2022), o Espírito Santo lidera o ranking com 439.550 toneladas produzidas, a Bahia em segundo lugar com 400.438 toneladas e o Ceará na sequência com 140.979 toneladas, os três estados juntos corresponderam a 80% da produção nacional no ano.

A cultura do mamoeiro é uma importante fonte de emprego e renda em muitas regiões do mundo. Por envolver diversas atividades que demandam mão de obra, como preparação do solo, plantio, tratamentos culturais (adubação, irrigação, controle de pragas e doenças), colheita e comercialização. Isso ajuda a sustentar a economia local e a proporcionar empregos regulares a muitas pessoas. Outra vantagem da cultura é os diferentes tipos de solo e condições climáticas que pode ser cultivada, além de ser uma fruta bastante consumida em todo o mundo, o que torna a produção com grande potencial de mercado (LUCENA et al., 2021).

A cultura apresenta alta demanda por nutrientes, o que muitas vezes não é suprido pelos solos, os quais geralmente não possuem reservas adequadas para essa cultura. Portanto, é comum o uso intensivo de fertilizantes minerais. Além disso, o mamoeiro requer solos com baixo teor de argila, boa drenagem, ricos em matéria orgânica e com pH variando entre 5,5 e 6,7. Solos argilosos que são manejados de maneira inadequada podem formar camadas compactadas, o que prejudica o desenvolvimento radicular do mamoeiro (OLIVEIRA, 2021).

A adubação orgânica tem demonstrado ser uma prática benéfica para o cultivo do mamoeiro. Por exemplo, Matias et al. (2019) obtiveram resultados positivos ao testar mudas do mamoeiro Havaí cultivadas em substrato composto por 20% de caule de Buriti decomposto, 40% de solo e 40% de esterco bovino, observando melhorias na altura, diâmetro do caule, massa fresca total, área foliar total, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz e massa seca total.

Em relação ao uso de biofertilizantes, o estudo de Mesquita et al. (2007) demonstraram que não houve diferença significativa entre os dois tipos de biofertilizantes testados (puro e enriquecido com macro e micronutrientes), quando aplicados a cada dois meses, em termos de produção e qualidade físico-química

dos frutos. No entanto, foram observadas diferenças significativas entre as doses aplicadas. As maiores produtividades foram alcançadas com doses de 1,6 L e 1,7 L para os biofertilizantes puro e enriquecido, respectivamente, resultando em produtividades de até 54 t ha⁻¹ e 50 t ha⁻¹.

Esses resultados destacam a importância do uso de adubação orgânica, especialmente quando combinada com a adubação mineral, para melhorar a produção de frutas. Além disso, ressaltam a relevância dos biofertilizantes como uma prática complementar à adubação mineral na agricultura.

2.3 Potencial e uso de bioinsumos na produção de mudas

A agricultura desempenha um papel essencial na sobrevivência humana, mas frequentemente causa danos ambientais significativos, como a degradação do solo e o aumento das emissões de gases de efeito estufa. Para mitigar esses impactos, a utilização de bioinsumos tem ganhado destaque como uma alternativa mais sustentável na produção agrícola.

Os bioinsumos são compostos por microrganismos ou substâncias orgânicas que promovem o crescimento e a saúde das plantas, além de auxiliar no controle de doenças e pragas. Esses produtos têm sido empregados em diversas culturas, abrangendo desde grãos e hortaliças até frutas e plantas ornamentais (WANG, YANG, TANG, 2012).

No contexto regulatório, o decreto 10.375 de 26 de maio de 2020 define bioinsumo como um produto, processo ou tecnologia de origem vegetal, animal ou microbiana destinado ao uso na produção, armazenamento e beneficiamento de produtos agropecuários, sistemas de produção aquáticos ou florestas plantadas.

Os bioinsumos têm um efeito positivo no crescimento, desenvolvimento e mecanismos de resposta de animais, plantas, microrganismos e substâncias derivadas, interagindo com processos físico-químicos e biológicos (BRASIL, 2020). De acordo com Baldas e Gerum (2021), nos últimos 21 anos, houve um crescimento de 15,85% no número de registros de bioinsumos.

No contexto agroecológico e da produção orgânica, a utilização de bioinsumos deve ser compreendida como um conjunto de estratégias para o desenvolvimento de alternativas de produção que buscam a adoção de práticas

sustentáveis. Essas estratégias envolvem o uso de tecnologias, produtos e processos desenvolvidos a partir de recursos renováveis (VIDAL; DIAS, 2023).

Dentro desse cenário, a utilização de bioinsumos formulados com bactérias diazotróficas tem se destacado como uma alternativa sustentável para melhorar o crescimento e a qualidade das mudas, além de reduzir a dependência de fertilizantes químicos. Essa abordagem também pode contribuir para a redução dos custos de produção, redução de impactos ambientais (EMBRAPA, 2017).

O uso de bactérias diazotróficas na agricultura é uma tecnologia já difundida e muito importante no contexto de produção brasileira, principalmente para as culturas da soja, feijão e o milho. As bactérias diazotróficas possuem a capacidade de realizar a fixação biológica de nitrogênio, podendo se associar às espécies vegetais ou de vida livre, ou até mesmo em simbiose com espécies leguminosas. As bactérias diazotróficas podem promover o crescimento vegetal também pela produção de substâncias que auxiliam o crescimento radicular. Assim, as bactérias diazotróficas associativas são consideradas rizobactérias promotoras do crescimento vegetal, assumindo papel importante na interação com raízes de plantas e ciclagem de nutrientes (MOREIRA et al., 2010).

Lima et al. (2023) constataram que a inoculação de *Azospirillum brasilense* em plântulas de *Coffea arabica* (café) promoveu um aumento significativo na altura, diâmetro do caule e produção de número de folhas por plântula, resultando em um incremento na produção de matéria seca das raízes. De maneira semelhante, Sousa et al. (2019) observaram que a inoculação de bactérias diazotróficas do gênero *Enterobacter* em mudas de *Calophyllum brasiliense* Cambess (guanandi) otimizou fatores de resposta fisiológica da planta, estimulando a produção de H⁺-ATPases, enzima responsável pela absorção de nutrientes pela planta. O número de raízes laterais para as mudas inoculadas 16,35% superior ao controle. Houve também um aumento na biomassa seca em comparação com as mudas não inoculadas, sendo esses efeitos desejáveis para a sobrevivência das plântulas em condições de estresse ambiental.

Ao quantificar o efeito da inoculação de bactérias nativas em mudas de *Eucalyptus urophylla*, Nascimento et al. (2021) verificaram que a interação entre as bactérias e a adição de nitrogênio foi significativa para as variáveis de crescimento, com resultados particularmente expressivos para as bactérias JM5R e JM1F na dose mais alta de nitrogênio, 90 kg ha⁻¹.

Esses estudos destacam a relevância da inoculação de bactérias benéficas como uma estratégia promissora para melhorar o crescimento e o desenvolvimento das mudas de diferentes espécies vegetais. A interação entre as bactérias e as plantas pode estimular respostas fisiológicas positivas, resultando em maior vigor, produção e adaptação a condições adversas (MOREIRA et al., 2021). No entanto, é necessário continuar a investigar a eficácia e a aplicabilidade dessas práticas em diferentes sistemas de produção, considerando a diversidade de espécies vegetais e condições ambientais específicas.

Assim, a incorporação de bioinsumos, especialmente aqueles contendo bactérias diazotróficas, na produção de mudas frutíferas representa uma abordagem promissora para alcançar uma agricultura mais sustentável. Essa prática contribui para a redução do uso de fertilizantes químicos, minimizando os impactos negativos no meio ambiente e proporcionando benefícios econômicos aos produtores. No entanto, são necessárias mais pesquisas para aprofundar nosso conhecimento sobre a eficiência e a viabilidade financeira desses bioinsumos, a fim de otimizar sua aplicação na produção de mudas frutíferas.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, L.F.; SOUZA, G.L.O.D.; NIETSCHE, S.; XAVIER, A.A.; COSTA, M.R.; CARDOSO, A.M.S.; PEREIRA, M.C.T.; PEREIRA, D.F.G.S. Analysis of the abilities of an endophytic bacterium associated with banana tree roots to promote plant growth. **Journal of Microbiology**, v.52, n.1, p.27-34, 2014.

BAHULIKAR, R.A.; CHALUVADI, S.R.; TORRES-JEREZ, I.; MOSALI, J.; BENNETZEN, J.L.; UDVARDI, M. Nitrogen fertilization reduces nitrogen fixation activity of diverse diazotrophs in switchgrass roots. **Phytobiomes Journal**, v.5, p.80-87, 2020.

BALDAS, M.A.S.; GERUM, A.F.A.A. Análise dos registros do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) de bioinsumos, agrotóxicos, componentes e afins em série histórica de 2000 a 2020. In: **15ª Jornada Científica – Embrapa Mandioca e Fruticultura**, Cruz das Almas, Bahia, 2021.

BRAULIO, C.S.B.; NÓBREGA, R.S.A.; MOREIRA, F.M.; ANJOS, Â.S.J.; SILVA, J.J.; ROCA BADO, J.M. A. Growth response of *Bauhinia variegata* L. to inoculation and organic fertilization. **Revista Árvore**, v.43, n.1, 2019.

BRASIL. **Decreto Nº 10.375 de 26 de maio de 2020**. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. Brasília, DF: Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2020.

BRASIL. **Instrução normativa nº 13, de 24 de março de 2011**. Anexo – protocolo oficial para avaliação da viabilidade e eficiência agrônômica de cepas, inoculantes e tecnologias relacionados ao processo de fixação biológica de nitrogênio em leguminosas. Brasília, DF: Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2011.

COSTA, E.; SANTO, T.L.E.; SILVA, A.P.; SILVA, L.E.; OLIVEIRA, L.C.; BENETT, C.G.S.; BENETT, K.S.S. Ambientes e substratos na formação de mudas e produção de frutos de cultivares de tomate cereja. **Horticultura Brasileira**, v.33, n.1, p.110-118, 2015.

DARTORA, J.; GUIMARÃES, V.F.; MARINI, D.; SANDER, G. Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasiliense* e *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.10, 2013.

DEAN, W. 1996. **A ferro e fogo: a história e a devastação da mata atlântica brasileira**. Companhia das Letras, São Paulo.

ELEVITCH, C. R.; MANNER, H.I. *Artocarpus heterophyllus* (jackfruit). **Species profiles for Pacific Island agroforestry**, v. 10, p. 1-25, 2006.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Fixação biológica de nitrogênio**. Nota técnica. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-fixacao-biologica-de-nitrogenio/nota-tecnica>. Acesso em: 15 dez. 2022.

FAOSTAT. **Crops and livestock products**. Disponível em: fao.org/faostat. Acesso em 18/08/2022.

FERREIRA, E.B.; CAVALCANTE, P. P.; NOGUEIRA, D. A. ExpDes: an R package for ANOVA and experimental designs. **Applied Mathematics**, v.5, n.19, p.2952, 2014.

GAWANKAR, M.; HALDANKAR, P.; HALDAVANEKAR, P.; SALVI, B.; JAMADAGNI, B. Studies on seed germination and seedling growth in Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) as influenced by media. **International Journal of Chemical Studies**, v.7, n.5, p.1699-1705, 2019.

GOPALAKRISHNAN, S.; SRINIVAS, V.; PRAKASH, B.; SATHYA, A.; VIJAYABHARATHI, R. Plant growth-promoting traits of *Pseudomonas geniculata* isolated from chickpea nodules. **Biotechnology**, v.3, n.5, p.653-661, 2015.

GOSWAMI, C.; CHACRABATI, R. "Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*)". In: **Nutritional composition of fruit cultivars**. E.U.A.: Elsevier, Cap.14, 2016, p.317-335.

HAQ, N. "Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*)". In: **Tropical fruit trees, southampton**, UK: Southampton Centre for Underutilised Crops, University of Southampton, 2006, 192p.

JONES, D.L.; CROSS, P.; WITHERS, P.J.; DELUCA, T.H.; ROBINSON, D.A.; QUILLIAN, R.S.; EDWARDS-JONES, G. REVIEW: Nutrient stripping: the global disparity between food security and soil nutrient stocks. **Journal of Applied**

Ecology, v.50, n.4, p.851-862, 2013.

KOPITTKE, P.M.; MENZIES, N.W.; WANG, P.; MCKENNA, B.A.; LOMBI, E. Soil and the intensification of agriculture for global food security. **Environment International**, v.132, p.105078, 2019.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017**. <https://censoagro2017.ibge.gov.br/>. Acesso em 19/08/2022.

KRAHL, L.L.; VALADARES, L.F.; SOUSA-SILVA, J.C.; MARCHI, G.; MARTINS, É. de S. Dissolution of silicate minerals and nutrient availability for corn grown successively. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.57, e01467, 2022.

LIMA, S.F.; PINTO, P.H.; SOARES, M.P.; ANDRADE, M.G.D.O; SIMON, C.A; VENDRUSCOLO, E. P.; ABREU, M.S. Nicotinamida e *Azospirillum brasilense* melhoram a qualidade de mudas de *Coffea arabica*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.27, n.4, p.264-271, 2023.

LUCENA, C.C.; GERUM, A.F.A.A.; SANTANA, M.A.; SOUSA, J.S. Aspectos socioeconômicos. In: **A cultura do mamoeiro**. 21 edição. Brasília, DF: Embrapa, 2021. p. 9-40.

MATIAS, S.S.R.; SOUSA, E.D.S.C.J.; JUNIOR, C.; MORAIS, D.B.D.M.B.; SILVA, R.L.S.L.; JACOBINA, S.J.D.C.S. Substratos orgânicos na produção do mamoeiro havaí. **Magistra**, v.30, p.179- 188, 2019.

MATSUMURA, E.E.; SECCO, V.A.; MOREIRA, R.S.; SANTOS, J.A.P.; HUNGRIA, M.; OLIVEIRA, A.L.M. Composition and activity of endophytic bacterial communities in field-grown maize plants inoculated with *Azospirillum brasilense*. **Annals of Microbiology**, v.65, n 1, p.2187-2200, 2015.

MESQUITA, E.F.; CAVALCANTE, L.F.; GONDIM, S.C.; CAVALCANTE, I.H.L.; ARAÚJO, F.A.R.; BECKMANN-CAVALCANTE, M.Z. Produtividade e qualidade de frutos do mamoeiro em função de tipos e doses de biofertilizantes. **Semina: Ciências agrárias**, v.28, n.4, p.589-596, 2007.

MOLINA-ROMERO, D.; BAEZ, A.; QUINTERO-HERNÁNDEZ, V.; CASTAÑEDA-LUCIO, M.; FUENTES-RAMÍREZ, L.E.; BUSTILLOS-CRISTALES, M.D.R.; MUÑOZ-ROJAS, J. Compatible bacterial mixture, tolerant to desiccation, improves maize plant growth. **PloS one**, v.12, n.11, p. e0187913, 2017.

MOREIRA, F.M.; CAIRO, P.A.R.; BORGES, A.L.; SILVA, L.D.; HADDAD, F. Investigating the ideal mixture of soil and organic compound with *Bacillus* sp. and *Trichoderma asperellum* inoculations for optimal growth and nutrient content of banana seedlings. **South African Journal of Botany**, v.137, p.249-256, 1 mar. 2021.

MOREIRA, M.M.; NÓBREGA, R.S.A.; SANTOS, R.P.; SILVA, C.C.; NÓBREGA, J.C.A. Cultivation of *Caesalpinia pulcherrima* L. sw. in regional substrates. **Revista Árvore**, v.42, n.2, p.2-11, 2018.

MOREIRA, F. M.S.; SILVA, K.; NÓBREGA, R.S.A.; CARVALHO, F. Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações. **Comunicata Scientiae**, v.1, n.2, p.74-74, 2010.

NASCIMENTO, C.C.; FERREIRA, J.S.; SANTOS, R.K.A.; LIMA, M.C.D.; LADEIA, C.A.; ÁVILA, J.S.; ALMEIDA FILHO, R. L.S. Desenvolvimento de *Eucalyptus urophylla* submetido à inoculação de bactérias diazotróficas nativas. **Brazilian Journal of Development**, v.7, n.5, p.47287-47304, 2021.

PACHECO, R.S.; BODDEY, R.M.; ALVES, B.J.R.; FERREIRA, E.P.B.; STRALIOTTO, R.; ARAÚJO, A.P. Differences in contribution of biological nitrogen fixation to yield performance of common bean cultivars as assessed by the ¹⁵N natural abundance technique. **Plant Soil**, v.454, p.327-341, 2020.

OLIVEIRA, A.M.G. Calagem e adubação. In: **A cultura do mamoeiro**. 21 edição. Brasília, DF: Embrapa, 2021. p.191-212.

OLIVEIRA, L.F.; GODOY, R.L.O.; BORGES, S.V. Qualidade de jaca (*Artocarpus heterophyllus*, Lam.) desidratada sob diferentes condições de processo. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 14, p. 241-248, 2011.

OLIVEIRA, T.M.Q.; JUNIOR, A.F.S.; FARIAS, V.S.O.; MEDEIROS, R.A.; LIMA, A.R.N. Description of drying of jackfruit seed through diffusive models. **Journal of food Processing and Preservation**, v. 46, n. 3, p. e16389, 2022.

OTEINO, N.; LALLY, R.D.; KIWANUKA, S.; LLOYD, A.; RYAN, D.; GERMAINE, K.J.; DOWLING, D.N. Plant growth promotion induced by phosphate solubilizing endophytic *Pseudomonas* isolates. **Frontiers in Microbiology**, [s. l.], v.6, p.745, 2015.

R Core Team. R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2023. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.

SARASWAT, K.S. "Plant economy of early farming communities". In: **Early farming communities of the Kaimur (excavations at Senumar)**. Jaipur, Índia: Publication Scheme, 2004, p.416-535.

SILVA, C.; GARCIA, K.; TOSTA, M.; CUNHA, C.; NASCIMENTO, C.D. Adubação nitrogenada no crescimento inicial de mudas de jaqueira. **Enciclopédia biosfera**, v.10, n.18, 2014.

SILVA, D.R.G.; MARCHI, G.; SPEHAR, C.R.; GUILHERME, L.R.G.; REIN, T.A.; SOARES, D.A.; ÁVILA, F.W. Characterization and nutrient release from silicate rocks and influence on chemical changes in soil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.951-962, 2012.

SILVA, J.V.; OLIVEIRA, R.J.; SILVA-MATOS, R.R.S.S. Emergência de sementes de jaqueira (*Artocarpus integrifolia*) submetidas à secagem e armazenamento. **Revista Agrarian**, v.6, n.22, p.514-518, 2013.

SILVA, S.O.; NEPOMUCENO, C.F.; LEDO, C.A.S. Classificação botânica. In: **A**

cultura do mamoeiro. 21 edição. Brasília, DF: Embrapa, 2021. p. 41-50.

SOUZA, G.L.O.D.; SILVA, D.F.; NIETSCHE, S.; XAVIER, A.A.; PEREIRA, M.C.T. Endophytic bacteria used as bioinoculants in micropropagated banana seedlings. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.39, n.2, 2016.

SOUSA, B.R.; PEIXOTO, J.D.S.G.; MARINHO, S.D.A.S.; BRAGA, S.C.; ANTERO, R.V.P. Estímulo da atividade das H⁺-ATPases por *Enterobacter* sp. em mudas de *Calophyllum brasiliense* Cambess (guanandi). **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v.7, n.3, p.347, 2019.

SOUZA, T.S.; CHAVES, M.A.; BONOMO, R.C.F.; SOARES, R.D.; PINTO, E.G.; COTA, I.R. Desidratação osmótica de frutículos de jaca (*Artocarpus integrifolia* L.): aplicação de modelos matemáticos”, **Acta Scientiarum Technology**, v.31, n.2, 2009.

VIDAL, M.C.; DIAS, R.P. Bioinsumos a partir das contribuições da agroecologia. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.18, n.1, p.171-192, 2023.

WANG, D., YANG, S., TANG, F., ZHU, H. Symbiosis specificity in the legume: rhizobial mutualism. **Cell Microbiology**, v.14, n.3, p.334-342, 2012.

ZHANG, H.; KIM, M.S.; KRISHNAMACHARI, V.; PAYTON, P.; SUN, Y.; GRIMSON, M.; FARAG, M.A.; RYU, C.M.; ALLEN, R.; MELO, I.S. Rhizobacterial volatile emissions regulate auxin homeostasis and cell expansion in Arabidopsis. **Plant**, v.226, n.4, 2007.

Capítulo 1

Bioinsumos na qualidade de mudas de *Artocarpus heterophyllus* Lam.

Bioinsumos na qualidade de mudas de *Artocarpus heterophyllus* Lam.

RESUMO: A exploração desmedida da jaqueira tem ocasionado à derrubada de árvores com mais de 50 anos em todo o território do Recôncavo da Bahia. Neste contexto, o presente trabalho objetivou avaliar a qualidade de mudas da jaqueira produzidas com bioinsumos regionais. Dois experimentos denominados [exp. 1] e [exp. 2] foram realizados em um viveiro de produção de mudas com sombrite a 50%, conduzidos durante os períodos de abril a junho e setembro a dezembro de 2022, respectivamente. Os tratamentos em [exp.1] e [exp.2] foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado em um esquema fatorial 5×5 e um tratamento controle, com cinco repetições. O fator um foi composto por cinco proporções do fertilizante orgânico e o fator dois por cinco fontes de nitrogênio. As proporções de fertilizante orgânico e amostras de subsolo de Latossolo amarelo distrocoeso dos Tabuleiros Costeiros da Bahia utilizadas para compor os substratos organominerais foram: 0:100, 15:85, 30:70, 45:55 e 60:40 (v:v). Quanto às fontes de nitrogênio, foram utilizadas as seguintes: a estirpe UFLA 03-84; três isolados em fase de teste, UFRB FA34C2-2, UFRB NA32B1 e UFRB FA72A2-1 e uma testemunha sem inoculação e sem adubação nitrogenada mineral. O tratamento adicional foi composto por adubação química nitrogênio mineral utilizando 270 mg dm^{-3} de N fornecido pela aplicação de ureia, na dose de $600 \text{ mg dm}^{-3} \text{ planta}^{-1}$ para as mudas. Os experimentos foram desmontados quando as mudas atingiram a altura para expedição, sendo avaliadas as seguintes variáveis: altura da planta, diâmetro do caule, número de folhas, comprimento da raiz, massa da parte aérea seca, massa da raiz seca, massa total seca, relação parte aérea raiz, índice de qualidade de Dickson. As inoculações com as estirpes UFLA 03-84; UFRB FA34C2-2, UFRB NA32B1 e UFRB FA72A2-1 não foram capazes de melhorar a qualidade das mudas produzidas. Os resultados deste estudo demonstram que o uso do substrato na proporção de 60:40 (v:v), revela-se uma estratégia eficaz para promover o desenvolvimento morfofisiológico das mudas de jaqueira. Essa abordagem resulta em um aumento significativo em comparação com o tratamento sem inoculação. A composição adequada do substrato, com uma proporção de 60:40 (v:v) é uma estratégia eficaz para promover a melhor qualidade das mudas de jaqueira.

Palavras chave: inoculação, bactérias diazotróficas, substratos organominerais.

Bioinputs in quality of *Artocarpus heterophyllus* Lam. seedlings

ABSTRACT: The excessive exploitation of jackfruit trees has led to the felling of trees over 50 years old throughout the territory of the Recôncavo da Bahia. In this context, the present study aimed to evaluate the quality of jackfruit seedlings produced using regional bioinputs. Two experiments, referred to as [exp. 1] and [exp. 2], were conducted in a 50% shade nursery for seedling production, carried out during the periods from April to June and September to December 2022, respectively. The treatments in [exp. 1] and [exp. 2] were arranged in a completely randomized design in a 5 × 5 factorial scheme, along with a control treatment, all with five replications. Factor one consisted of five proportions of organic fertilizer, and factor two consisted of five nitrogen sources. The proportions of organic fertilizer and samples of subsurface soil from the Dystrophic Yellow Latosol of the Coastal Plateaus of Bahia used to compose the organomineral substrates were: 0:100, 15:85, 30:70, 45:55, and 60:40 (v:v). As for the nitrogen sources, the following were used: strain UFLA 03-84; three isolates in the testing phase, UFRB FA34C2-2, UFRB NA32B1, and UFRB FA72A2-1; and a control treatment without inoculation and without mineral nitrogen fertilization. The additional treatment consisted of mineral nitrogen chemical fertilization using 270 mg dm⁻³ of N supplied through urea application at a rate of 600 mg dm⁻³ plant⁻¹ for the seedlings. The experiments were dismantled when the seedlings reached the height for dispatch, and the following variables were evaluated: plant height, stem diameter, number of leaves, root length, dry shoot mass, dry root mass, total dry mass, shoot-root ratio, and Dickson's quality index. Inoculations with the strains UFLA 03-84, UFRB FA34C2-2, UFRB NA32B1, and UFRB FA72A2-1 were not able to improve the quality of the produced seedlings. The results of this study demonstrate that the use of substrate in the proportion of 60:40 (v:v) proves to be an effective strategy to promote the morphophysiological development of jackfruit seedlings. This approach results in a significant increase compared to the treatment without inoculation. The appropriate composition of the substrate, with a proportion of 60:40 (v:v), is an effective strategy to promote better quality of jackfruit seedlings.

Key words: inoculation, diazotrophic bacteria, organomineral substrates

1. INTRODUÇÃO

Artocarpus heterophyllus Lam., conhecida popularmente no Brasil como jaqueira, pertencente à família Moraceae é uma árvore frutífera que se destaca como a mais conhecida e economicamente importante do gênero *Artocarpus* (BAKEWELL-STONE, 2022). No Brasil, a jaqueira foi introduzida durante a colonização portuguesa no século XVIII e está presente na região Amazônica, na costa tropical brasileira, abrangendo desde o Rio de Janeiro até o Pará. Além disso, a jaqueira pode ser cultivada em regiões semiáridas e subtropicais, desde que haja irrigação adequada, como é o caso do estado do Ceará (SOUZA et al., 2009).

Na região do Recôncavo, no estado da Bahia, a jaqueira é amplamente cultivada em propriedades familiares, sendo aproveitada de diversas formas. Os frutos são vendidos em feiras livres e também são utilizados na produção de sorvetes e doces (YAHIA, 2011), além de ser uma fonte de alimentação para suínos e bovinos. A jaqueira desempenha um papel crucial na renda dos produtores locais, tanto pela comercialização da madeira, quanto dos produtos derivados nos comércios da região (BAKEWELL-STONE, 2022) como os móveis e a utilização para fogueiras nos festejos juninos. No entanto, aumento significativo da extração dessa madeira pode impactar negativamente a economia das famílias, em função da ausência de estratégias de reposição para essa espécie na região.

Visando buscar estratégias para a propagação de *A. heterophyllus* a utilização de bioinsumos pode ser uma alternativa bastante promissora na produção de mudas. Bioinsumos na produção agrícola engloba um conjunto de estratégias que visam priorizar a sustentabilidade no desenvolvimento de alternativas de produção (VIDAL & DIAS, 2023). Entre essas alternativas, destacam-se as bactérias diazotróficas, que têm a capacidade de promover o crescimento vegetal não apenas por meio da fixação biológica de nitrogênio, mas também pela produção de substâncias que estimulam o crescimento radicular (GUPTA et al., 2022), e atuam na ciclagem de nutrientes (GUPTA et al., 2022; MOLINA-ROMERO et al., 2021).

Em estudos realizados com as estirpes UFLA 03-84, UFRB FA34C2-2, UFRB NA32B1 e UFRB FA72A2-1 apresentam resultados positivos no crescimento e desenvolvimento de algumas espécies vegetais. A UFLA 03-84 é indicada como inoculante para feijão caupi (*Vigna unguiculata* L.) pelo MAPA (BRASIL, 2011). As

estirpes UFRB NA32B1 e UFRB FA72A2-1 ainda estão em fase de estudos para algumas espécies arbóreas, já a estirpe UFRB FA34C2-2 já foi testada na produtividade do feijão caupi (BRAULIO et al., 2021).

Apesar da existência de substratos comerciais recomendados para culturas específicas, é importante introduzir novas tecnologias sustentáveis que garantam uma boa produção, além da acessibilidade aos produtores (FERREIRA et al., 2018). Nesse sentido, utilizar substratos oriundos de resíduos alternativos de base agroecológica surge como fonte alternativa de produção. A utilização de substrato orgânico na produção de mudas demonstrou efeito positivo para diversas espécies, a exemplo de *Acacia mangium* (ARAUJO et al., 2018) e *Senna multijuga* (ARAUJO et al., 2021).

Hipotetiza-se que as estirpes UFLA 03-84, UFRB FA34C2-2, UFRB NA32B1 e UFRB FA72A2-1 estimulam o crescimento das mudas de jaqueira em substratos organominerais. Nesse contexto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a qualidade das mudas de jaqueira inoculadas com bactérias diazotróficas em substratos organominerais formulados com composto orgânico e solo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local e clima

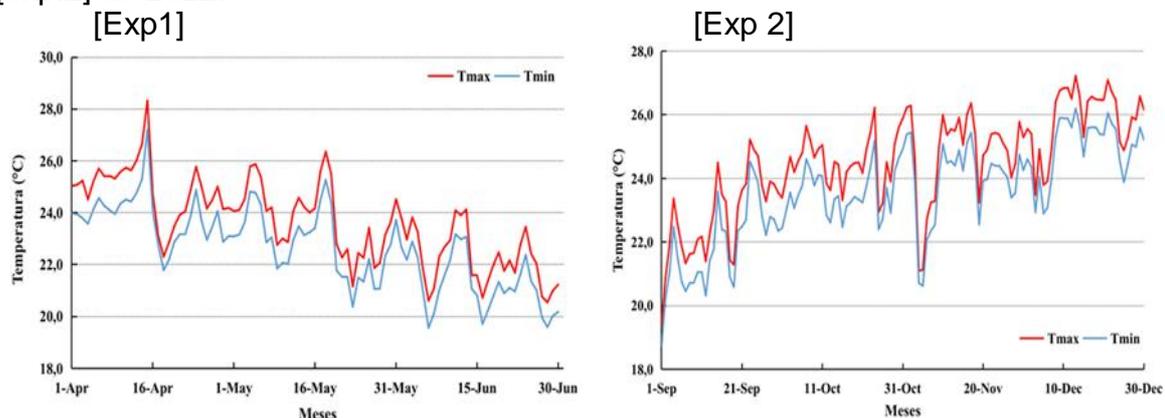
Dois experimentos [exp.1] e [exp.2] foram realizados em um viveiro de produção de mudas com sombrite a 50%, localizado na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), na cidade de Cruz das Almas, Bahia, Brasil. As coordenadas geográficas do local são -12.658354 de latitude e -39.081949 de longitude. Os experimentos foram conduzidos durante os períodos de abril a junho [exp.1] e setembro a dezembro de 2022 [exp.2]. Durante todo o período experimental (Figura 1), a temperatura média foi de $26,5 \pm 6,5^{\circ}\text{C}$, sendo o primeiro ensaio realizado no outono inverno, período de chuvas mais intensas e o segundo ensaio na primavera verão, período de menor índice pluviométrico e maior incidência solar.

2.2 Estrutura do delineamento experimental

Amostra de subsolo de Latossolo Amarelo distrocoeso e fertilizante orgânico foram utilizados para a composição dos substratos de cultivo. A coleta do

solo foi realizada em uma profundidade superior a 0,4 m, na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), no campus de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, localizado no município de Cruz das Almas - BA.

Figura 1. Temperaturas durante o ensaio experimental de mudas de *Artocarpus heterophyllus* Lam., cultivadas de abril a junho [exp.1] e de setembro a dezembro [exp.2] de 2022.



A caracterização química do solo foi realizada por meio de determinações de pH em H₂O e CaCl₂, os níveis de Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺ e H+Al. Na⁺ e de K⁺ foram extraídos utilizando o método Mehlich⁻¹ e quantificados por meio de fotometria de chama. Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ foram extraídos com KCl 1 mol L⁻¹ e determinados por titulometria. P disponível foi extraído utilizando Mehlich⁻¹, e o teor de carbono orgânico foi obtido por meio de digestão úmida. A partir desses valores, foram estimadas as seguintes características: soma de bases (SB), CTC efetiva (t), CTC potencial (T) e saturação por bases (V%).

O fertilizante orgânico utilizado foi oriundo de um lote produzido no Núcleo de Meio Ambiente (NUMAM) da UFRB, resultante da compostagem de podas de árvores do campus da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, enriquecido com esterco bovino e caprino que tem sido testado na síntese de substratos orgânominerias para várias espécies de interesse agrícola (BRAULIO et al., 2019). A caracterização química da amostra seca do lote que foi utilizada no presente estudo indicou teor de matéria orgânica por combustão de 12,1%; teor de carbono orgânico de 6,0%; relação média ponderada de 87%; relação média de 6,6%; relação média geométrica de 80,6%; nitrogênio total de 0,7%; fósforo total (P₂O₅) de 0,2%; potássio total (K₂O) de 0,3%; cálcio total de 0,6%; magnésio total de 0,1%; enxofre total de 0,02%; cobre de 15 mg kg⁻¹; manganês de 127 mg kg⁻¹; zinco de 35 mg kg⁻¹; boro 234 mg kg⁻¹; além do sódio de 824 mg kg⁻¹.

Tabela 1. Caracterizações física e química dos substratos organominerais formulados com fertilizante orgânico e solo.

Variáveis	Proporções do substrato (fertilizante orgânico: solo, v:v)	
	0:100	60:40
DP (g cm ³)	2,58	2,40
DS (g cm ³)	1,13	0,99
AMG (%)	1,55	2,48
AG (%)	18,78	19,93
AM (%)	45,19	41,59
AF (%)	23,67	23,37
AMF (%)	10,81	12,63
Areia (g kg ⁻¹)	597,25	663,00
Silte (g kg ⁻¹)	277,75	247,00
Argila (g kg ⁻¹)	125,00	90,00
pH (H ₂ O)	5,25	6,81
pH (CaCl ₂)	4,57	6,10
CE(uS cm ⁻¹)	136,00	505,00
P (mg dm ⁻³)	5,09	184,40
K (mg dm ⁻³)	0,01	0,06
Na (cmol _c dm ⁻³)	0,17	0,64
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,10	0,00
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	2,38	1,85

DP = Densidade de partículas, DS= Densidade dos substratos, AMG = areia muito grossa, AG = areia grossa, AM = areia média, AF = areia fina e AMF = areia muito fina, CE = condutividade elétrica.

Os [exp.1] e [exp.2] foram realizados adotando um delineamento inteiramente casualizado em um esquema fatorial 5 × 5 e um tratamento controle, com cinco repetições. O fator um foi composto por cinco proporções do fertilizante orgânico e o fator dois por cinco fontes de nitrogênio. As proporções de fertilizante orgânico e amostras de subsolo de Latossolo amarelo distrocoeso utilizadas nos ensaios para a composição dos substratos organominerais foram: 0:100, 15:85, 30:70, 45:55 e 60:40 (v:v). Quanto às fontes de nitrogênio, foram utilizadas as seguintes: a estirpe bacteriana UFLA 03-84 (*Bradyrhizobium viridifuturi*) oriunda da Universidade Federal de Lavras, autorizada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 2011) como inoculantes para feijão-caupi (LARCEDA et al., 2004); três estirpes, UFRB FA34C2-2, UFRB NA32B1 e UFRB FA72A2-1 isoladas de uma área com histórico de manipueira por SOUSA, (2017) e adquiridos no laboratório de Biologia do Solo da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), além de um tratamento sem aplicação de fontes de nitrogênio para cada proporção de composto. O tratamento adicional foi composto por adubação química com nitrogênio mineral utilizando 270 mg dm⁻³ de N

fornecido pela aplicação de ureia, na dose de 600 mg dm⁻³ planta⁻¹ (SILVA et al., 2014) para as mudas. As características físicas e químicas dos substratos formulados com 0:100 e 60:40 (v:v) de fertilizante orgânico e solo são apresentadas na tabela 1.

A obtenção do inóculo das cepas bacterianas ocorreu por meio de cultivo YMA semisólido (FRED; WAKMAN, 1929), seguido de incubação em câmara de crescimento a 25°C por cinco dias, até que atingissem a fase logarítmica de crescimento. Em cada replicação, foi adicionado 1 mL do inoculante à semente com cerca de 10⁹ UFC mL⁻¹, enquanto para os tratamentos controle utilizou-se 1 mL do meio de cultura semisólido YMA, isento de inóculo.

As sementes de jaqueira utilizadas foram provenientes de aproximadamente dez matrizes localizadas no Recôncavo da Bahia. Nos [exp.1] e [exp.2] foram semeadas duas sementes de tamanho médio, selecionadas de acordo com SILVA et al. (2013), nos substratos contidos em sacos plásticos de 2 kg, totalizando 130. Após 30 dias da emergência (DAE), foi realizado o desbaste, eliminando-se a planta com menor desenvolvimento, e também foi feita a adição de nitrogênio mineral no grupo controle. Por fim, a irrigação das mudas foi feita adicionando-se um volume de 50 mL de água em cada saco, diariamente em período não chuvoso.

2.3 Variáveis analisadas

No [exp.1] as mudas foram coletadas para análise após 60 dias da emergência (DAE), e no [exp.2], aos 90 DAE em detrimento ao alcance da altura de expedição para campo. As seguintes variáveis foram avaliadas: altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), comprimento da raiz (CR), massa da parte aérea seca (MSPA), massa da raiz seca (MSR), massa total seca (MST) e a relação entre a massa seca da parte aérea e a massa seca da raiz (RPAR). Além disso, foi calculado o índice de qualidade de Dickson (IQD) a partir dos dados obtidos em laboratório, conforme mostrado na Equação 1:

$$IQD = \frac{MST(g)}{\frac{AL(cm)}{DC(mm)} + \frac{MSPA(g)}{MSR(g)}}$$

2.4 Análise estatística

Os dados dos [exp.1] e [exp.2] foram submetidos à análise de variância pelo teste F para verificar a presença de efeitos significativos dos fatores de variação, seja de forma isolada ou interativa. Quando identificado um efeito significativo, prosseguiu-se com a realização do teste de média. Em seguida, para avaliar as proporções de substrato, empregou-se a análise de regressão linear e quadrática. A escolha do melhor ajuste foi baseada no valor do R^2 e na significância do componente de maior grau do modelo. Quando necessário, foram realizados desdobramentos adicionais para uma compreensão mais aprofundada dos resultados. Todas as análises foram conduzidas utilizando o software R (R CORE TEAM, 2018) e foram aplicados os recursos disponíveis no pacote ExpDes.pt.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tratamentos demonstraram influência ($p < 0,05$) no desenvolvimento inicial das mudas de *A. heterophyllus*, tanto no [exp.1], quanto no [exp.2]. No [exp.1] observou-se uma interação dupla entre os fatores substrato e inoculação para o diâmetro do caule. No [exp.2], houve efeito na altura das plantas, comprimento das raízes, massa seca da parte aérea e matéria seca total (Tabela 2). Os substratos influenciaram com efeito simples as variáveis altura da parte aérea, número de folhas, massas seca da parte aérea, raiz e total e relação entre a massa seca da parte aérea e raiz no [exp.1].

A variável altura da planta (AL) apresentou um padrão de ajuste quadrático das médias, sendo a média estimada de 38,6 cm planta⁻¹ obtida no substrato com a proporção estimada de 46,7:53,3 (fertilizante orgânico:solo, v:v) [exp.1] (Figura 2a). Apesar de que a proporção de 60:40 de fertilizante orgânico apresentar maior disponibilidade de P e K, as mudas cultivadas em proporções superiores a 46,7:53,3 apresentaram menores médias. A maior altura estimada no [exp.2] (Figura 2b) foi obtida com o uso da maior proporção de fertilizante orgânico (60:40 v/v), o que sugere um melhor desempenho das mudas jovens de *A. heterophyllus* nos substratos formulados. As estirpes UFLA 03-84 e UFRB FA34C2-2 no [exp. 2] (Figura 2b) apresentaram interação significativa com o fertilizante orgânico, para estirpe UFLA 03-84 a altura máxima registrada foi de 36,04 cm planta⁻¹, na

proporção 45:55 (fertilizante orgânico:solo, v:v), valor 37% maior, em relação a dose 0:100 (fertilizante orgânico:solo, v:v), sem inoculação. Para UFRB FA34C2-2 a média máxima foi de 47,45 cm planta⁻¹, valor 81% maior, em relação ao substrato testemunha 0:100 (fertilizante orgânico:solo, v:v) sem inoculação.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para os valores de altura (AL), número de folhas (NF), comprimento da raiz (CR), diâmetro do caule (DC), massa seca da parte aérea (MSPA), de raiz (MSR) e total (MST), relação parte aérea/raiz (RPAR) e Índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Artocarpus heterophyllus* Lam., no primeiro [exp.1] e segundo [exp.2] ensaios cultivadas com tratamentos de inoculação e substratos organominerais.

Quadrado Médio [Exp1]							
FV	GL	AL	NF	CR	DC	MSPA	MSR
Inoculação (I)	4	39,75 ^{ns}	0,76 ^{ns}	10,41 ^{ns}	632,01 ^{**}	0,05 ^{ns}	0,04 ^{ns}
Substrato (S)	4	804,82 ^{**}	9,70 ^{**}	58,01 ^{ns}	58,23 ^{ns}	9,34 ^{**}	0,21 [*]
I x S	16	40,25 ^{ns}	0,98 ^{ns}	38,95 ^{ns}	61,35 [*]	0,36 ^{ns}	0,05 ^{ns}
Fat x Ad	1	226,19 [*]	11,70 ^{**}	1,69 ^{ns}	100,67 ^{ns}	2,17 ^{ns}	0,10 ^{ns}
CV%		20,22	20,25	23,45	11,81	33,09	35,1
FV	GL	MST	RPAR	IQD			
Inoculação (I)	4	0,08 ^{ns}	1,57 [*]	0,05 ^{ns}			
Substrato (S)	4	12,34 ^{**}	10,11 ^{**}	0,16 ^{ns}			
I x S	16	0,67 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,06 ^{ns}			
Fat x Ad	1	3,20 ^{**}	1,11 ^{ns}	0,08 ^{ns}			
CV%		31,98	24,72	35,29			
Quadrado Médio [Exp2]							
FV	GL	AL	NF	CR	DC	MSPA	MSR
Inoculação (I)	4	38,15 ^{ns}	2,89 ^{ns}	40,14 ^{ns}	0,026 [*]	0,83 ^{ns}	0,46 ^{ns}
Substrato (S)	4	351,66 ^{**}	11,73 ^{**}	568,34 ^{**}	0,08 ^{**}	13,73 ^{**}	2,73 ^{**}
I x S	16	95,62 [*]	3,44 [*]	80,27 [*]	0,014 ^{ns}	1,46 ^{ns}	0,25 ^{ns}
Fat x Ad	1	129,01 ^{ns}	1,15 ^{ns}	511,86 ^{**}	0,012 ^{ns}	1,86 ^{ns}	0,70 ^{ns}
CV%		25,57	25,22	21,43	18,77	35,62	36,79
FV	GL	MST	RPAR	IQD			
Inoculação (I)	4	2,42 ^{ns}	0,65 ^{ns}	0,0013 [*]			
Substrato (S)	4	28,64 ^{**}	0,56 ^{ns}	0,0069 ^{**}			
I x S	16	2,68 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,0004 ^{ns}			
Fat x Ad	1	4,86 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,0007 ^{ns}			
CV%		34,1	25,29	38,09			

FV: fonte de variação **Significativo a 1% de probabilidade, *Significativo a 5% de probabilidade, ^{ns}Não significativo).

No presente experimento, aos 60 dias, as plantas alcançaram uma altura média de 34,75 cm planta⁻¹, quando cultivadas no substrato com 15:85 (fertilizante

orgânico:solo, v:v) e 38,7 cm planta⁻¹ em proporção de 60:40 (fertilizante orgânico:solo, v:v). A altura é frequentemente utilizada como um dado morfológico importante pelas biofábricas na seleção de mudas adequadas para o plantio no campo (OLIVEIRA et al., 2014).

Nossos resultados indicam que o uso de proporções específicas de fertilizante orgânico para compor o substrato pode influenciar positivamente o crescimento das mudas de jaqueira, especialmente devido à melhoria das suas características químicas e físicas, especialmente fósforo e potássio e redução da densidade (Tabela 1).

Para o desdobramento dos contrastes entre o fatorial e o tratamento adicional houve interação significativa para NF no [exp.1] e para CR no [exp.2] (Tabela 3).

Tabela 3. Contrastes das variáveis analisadas com a testemunha com adubação química em comparação com os tratamentos avaliados em mudas *Artocarpus heterophyllus*, aos 60 [exp. 1] e 90 [exp. 2] dias cultivadas com bactérias diazotróficas em substratos organominerais.

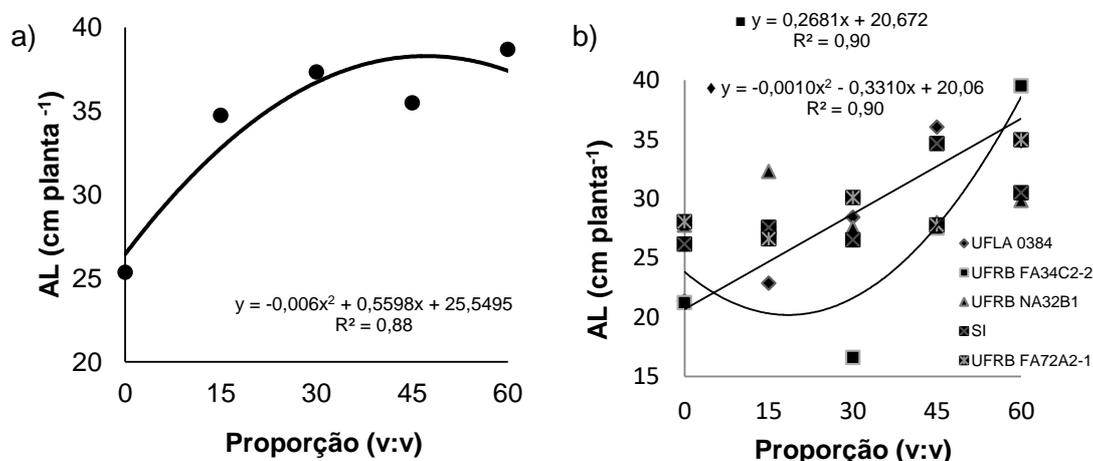
Contraste	Variável [exp. 1]	Estimativa
Fatorial vs. Adicional	AP	6,859 ^{ns}
Fatorial vs. Adicional	DC	0,458 ^{ns}
Fatorial vs. Adicional	CR	0,594 ^{ns}
Fatorial vs. Adicional	NF	1,560 ^{**}
Fatorial vs. Adicional	MSPA	0,672 ^{ns}
Fatorial vs. Adicional	MSR	0,141 ^{ns}
Fatorial vs. Adicional	RPAR	0,482 ^{ns}
Fatorial vs. Adicional	MST	0,816 ^{ns}
Fatorial vs. Adicional	IQD	0,133 ^{ns}
	[exp. 2]	
Fatorial vs. Adicional	AP	4,581 ^{ns}
Fatorial vs. Adicional	DC	0,048 ^{ns}
Fatorial vs. Adicional	CR	10,00 ^{**}
Fatorial vs. Adicional	NF	0,472 ^{ns}
Fatorial vs. Adicional	MSPA	0,497 ^{ns}
Fatorial vs. Adicional	MSR	0,292 ^{ns}
Fatorial vs. Adicional	MST	0,790 ^{ns}
Fatorial vs. Adicional	RPAR	-0,233 ^{ns}
Fatorial vs. Adicional	IQD	-0,007 ^{ns}

** , * e ^{ns}: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo Teste de Scheffe, respectivamente. Adicional: adubação química com 270 mg dm⁻³ de N mineral.

Quanto ao diâmetro do caule (DC) (Figura 3a) [exp.1] foi observado que a inoculação com a estirpe UFRB FA34C2-2 resultou em mudas com média estimada de 5,39 mm por planta⁻¹, na proporção 40,2:59,8 (fertilizante orgânico:solo, v:v), sendo esta 35% maior, em relação as mudas cultivadas com 0:100 (fertilizante orgânico:solo, v:v), sem inoculação. Para as mudas inoculadas com a UFRB

NA32B1, a média estimada foi de 5,57 mm por planta⁻¹, na proporção 35,3:64,70 (fertilizante orgânico:solo, v:v). O acréscimo foi de 40%, em relação às cultivadas com o substrato formulado com 0:100 (fertilizante orgânico:solo, v:v), sem inoculação. Com relação à estirpe UFLA 03-84, a média estimada foi de 5,24 mm por planta⁻¹, no substrato com 46:54 (fertilizante orgânico:solo, v:v). O incremento foi 31% em relação as mudas cultivadas com o substrato 0:100 (fertilizante orgânico:solo, v:v) sem inoculação.

Figura 2. Altura (AL), (a) [exp.1] e (b) [exp.2] de mudas de *Artocarpus heterophyllus* Lam., cultivadas nas épocas chuvosa [exp.1] e seca [exp.2] em função de substratos organominerais e inoculação.

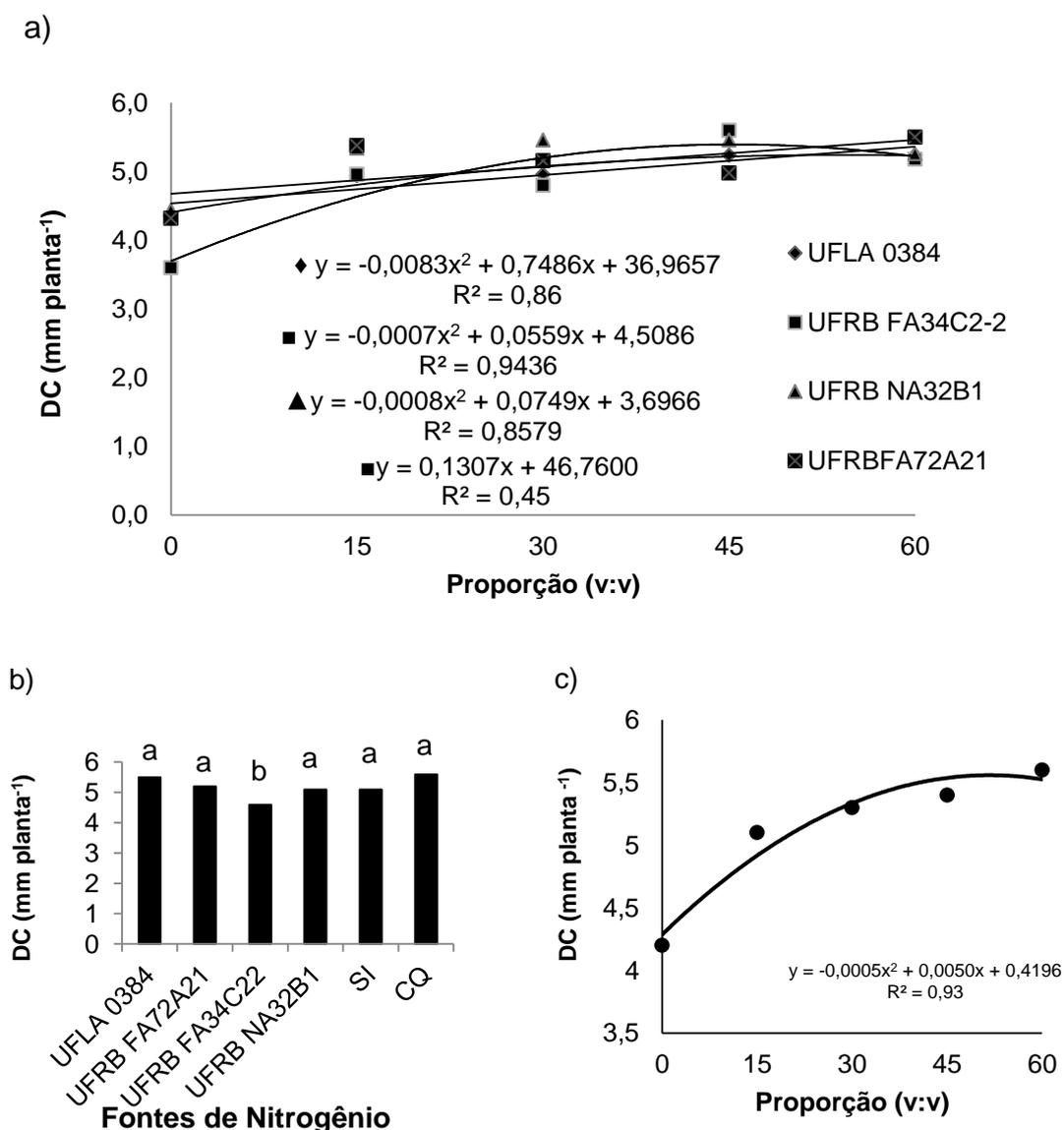


Quanto ao diâmetro do caule (DC) (Figura 3a) [exp.1] foi observado que a inoculação com a estirpe UFRB FA34C2-2 resultou em mudas com média estimada de 5,39 mm por planta⁻¹, na proporção 40,2:59,8 (fertilizante orgânico:solo, v:v), sendo esta 35% maior, em relação as mudas cultivadas com 0:100 (fertilizante orgânico:solo, v:v), sem inoculação. Para as mudas inoculadas com a UFRB NA32B1, a média estimada foi de 5,57 mm por planta⁻¹, na proporção 35,3:64,70 (fertilizante orgânico:solo, v:v). O acréscimo foi de 40%, em relação às cultivadas com o substrato formulado com 0:100 (fertilizante orgânico:solo, v:v), sem inoculação. Com relação à estirpe UFLA 03-84, a média estimada foi de 5,24 mm por planta⁻¹, no substrato com 46:54 (fertilizante orgânico:solo, v:v). O incremento foi 31% em relação as mudas cultivadas com o substrato 0:100 (fertilizante orgânico:solo, v:v) sem inoculação.

No desdobramento dos resultados para a interação ocorrida entre substratos organominerais e as fontes de N de acordo com cada proporção,

observa-se que a proporção 15:85 (fertilizante orgânico:solo, v:v) todas as estirpes bacterianas obtiveram valor superior ao tratamento sem inoculação para o DC (Figura 3a).

Figura 3. Diâmetro do caule (a) [exp.1], Diâmetro do caule (DC) (b) e (c) [exp.2] de mudas de *Artocarpus heterophyllus* Lam., cultivadas nas épocas chuvosa [exp.1] e seca [exp.2] em função de substratos organominerais e inoculação.



Houve efeito isolado das fontes de N para DC (Figura 3b) e a estirpe UFRB FA34C2-2 obteve menor média, desta forma, a estirpe não influencia no desenvolvimento do diâmetro do caule das mudas. No [exp. 2] (Figura 3c) verificou-se aumento máximo estimado de 5,4 mm por planta⁻¹, obtido no substrato formulado com a proporção 50:50 (fertilizante orgânico: solo, v:v), com valor igual a testemunha química e 32% maior em relação ao tratamento com proporção 0:100

(fertilizante orgânico:solo, v/v). Estudos anteriores ressaltaram a importância do diâmetro do caule e da altura como indicadores de qualidade das mudas (CUNHA et al., 2005), mudas com diâmetro do caule pequeno e alturas elevadas, ou vice-versa, são consideradas de baixa qualidade.

No que diz respeito ao número de folhas, observou-se um aumento linear em relação ao aumento do fertilizante orgânico na formulação do substrato de cultivo [exp.1]. A média máxima de 5,6 folhas por planta⁻¹ foi obtida no substrato com 60:40 (fertilizante orgânico:solo, v:v), independentemente da inoculação (Figura 4a).

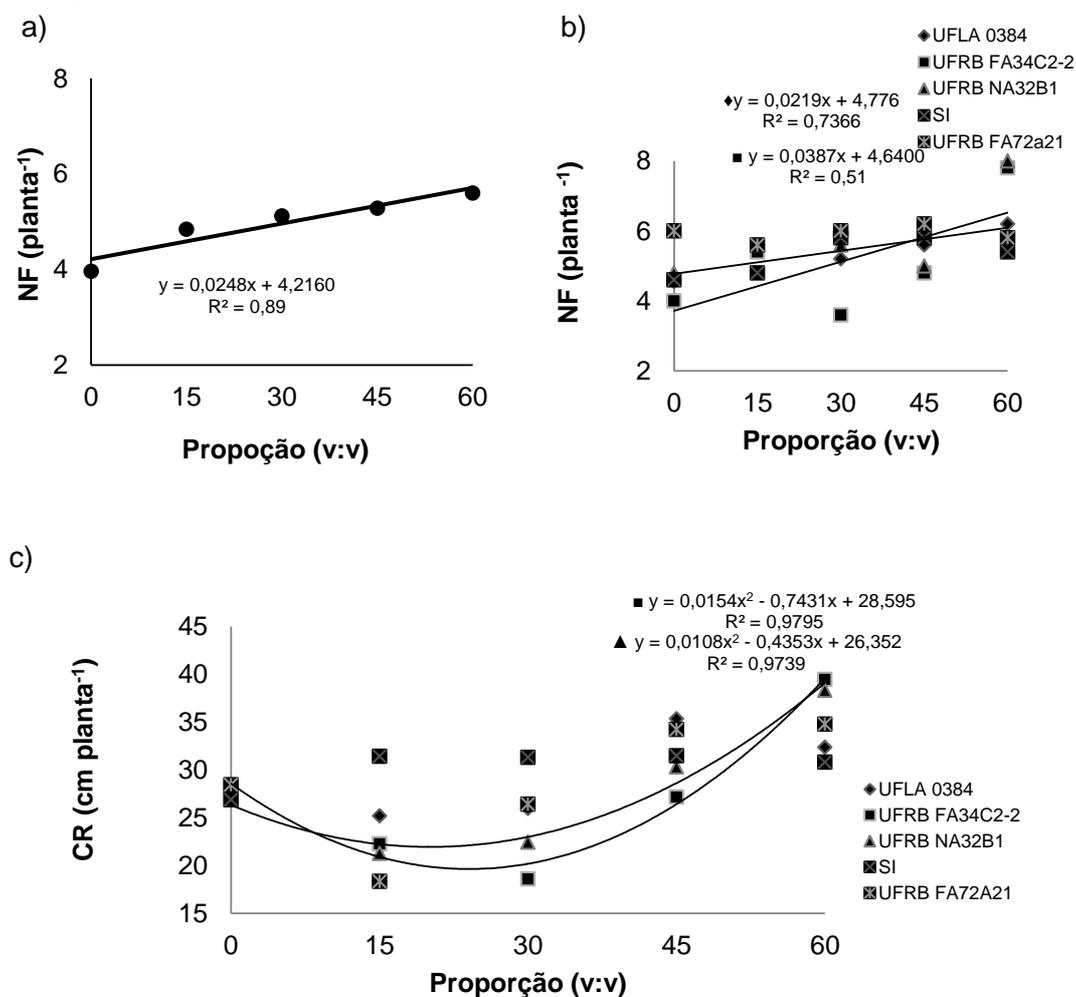
No [exp.2] (Figura 4b), foi observado interação entre o substratos e a inoculação. Houve resultado significativo apenas para as estirpes UFRB FA34C2-2 e UFRB NA32B1. Para estirpe UFRB FA34C2-2, a dose máxima estimada foi de 7,8 folhas por planta⁻¹ o que equivale a um aumento de aproximadamente 70%, em relação ao tratamento 0:100 (fertilizante orgânico:solo, v:v), sem inoculação. As mudas cultivadas com a estirpe UFRB NA32B1 obtiveram média estimada de 8 folhas por planta⁻¹, sendo essa 74% maior, em relação as cultivadas no substrato com 0:100 (fertilizante orgânico:solo, v:v), sem inoculação. No desdobramento das fontes de N, em cada proporção de fertilizante orgânico, para as proporções 0:100, 15:85, 30:70 e 45:55 (fertilizante orgânico:solo, v:v), não houve diferença significativa entre as fontes de N. Na proporção 60:40 (fertilizante orgânico:solo, v:v) houve diferença para as estirpes UFRB NA32B1 e UFRB FA34C2-2, que foram superiores a UFLA 03-84, UFRB FA72A21 e o tratamento sem inoculação.

Para o NF, o fatorial apresentou média superior (4,96a) entre o substrato e as fontes de N (3,4b) no [exp.1] (Tabela 3). Isto demonstra que a combinação entre o substrato e bactérias diazotróficas favorece o aumento do número de folhas das mudas de jaqueira em relação à adubação com nitrogênio mineral. Em estudos desenvolvidos por Silva et al. (2014), as mudas de jaqueira obtiveram 8,4 folhas planta⁻¹ aos 110 DAE até a dose 1402,0 mg dm⁻³ de N, sendo que doses maiores causaram efeito contrário.

Para o comprimento radicular (CR) houve interação ($p < 0,05$) entre o fatorial e a testemunha química no [exp.2] (Tabela 1), porém o a testemunha química apresentou resultado superior ao fatorial. Desta forma, a fertilização nitrogenada incrementa o comprimento radicular o que pode favorecer melhor crescimento das mudas quando comparada ao substrato orgânico e a inoculação com bactérias

diazotróficas. No [exp.2] (Figura 4c), houve interação entre os substratos e as estirpes bacterianas UFRB FA34C2-2 e a UFRB NA32B1.

Figura 4. Número de folhas (NF), (a) [exp.1] e (b) [exp.2] e comprimento radicular (CR), (c) [exp.2] de mudas de *Artocarpus heterophyllus* Lam., cultivadas nas épocas chuvosa [exp.1] e seca [exp.2] em função de substratos organominerais e inoculação.



As mudas inoculadas com UFRB FA34C2-2 [exp.2] apresentaram média máxima estimada de 19,63 cm planta⁻¹, na proporção 24,1:75:9 (fertilizante orgânico:solo, v/v), sendo 27,08% inferior as mudas cultivadas com 0:100 (fertilizante orgânico:solo, v/v) sem inoculação. Para as mudas inoculadas com UFRB NA32B1 a dose máxima estimada foi de 21,97 cm planta⁻¹ na proporção 20,2:79,8 (fertilizante orgânico:solo, v/v), valor menor 18,38% do que o encontrado na proporção 0:100 (fertilizante orgânico:solo, v/v) sem inoculação.

Para matéria seca da parte aérea [exp.1] (Figura 5a), houve um ajuste

quadrático, em que a maior média observada foi de 2,65 g planta⁻¹, obtida no substrato formulado com 56:44 (fertilizante orgânico: solo, v:v). O acréscimo foi de 159% em relação a proporção 0:100 (fertilizante orgânico: solo, v:v). No [exp.2] (Figura 5b) a produção máxima foi de 3,79 g planta⁻¹ obtida no substrato com 60:40, valor 100% maior em relação a proporção 0:100 (fertilizante orgânico: solo, v:v).

Para massa seca da raiz (MSR) notou-se um padrão de ajuste linear nos [exp.1] e [exp.2], com significância apenas para os substratos formulados. No experimento [exp.1] (Figura 5c), a média estimada foi de 0,79 g planta⁻¹ em 60:40, sendo 41,07% maior, do que nas mudas cultivadas em 0:100 (fertilizante orgânico: solo, v:v). No [exp.2] (Figura 5d) a média estimada foi de 1,79 g planta⁻¹ na proporção 60:40 sendo 86,5% maior em a encontrada na proporção 0:100 (fertilizante orgânico: solo, v:v).

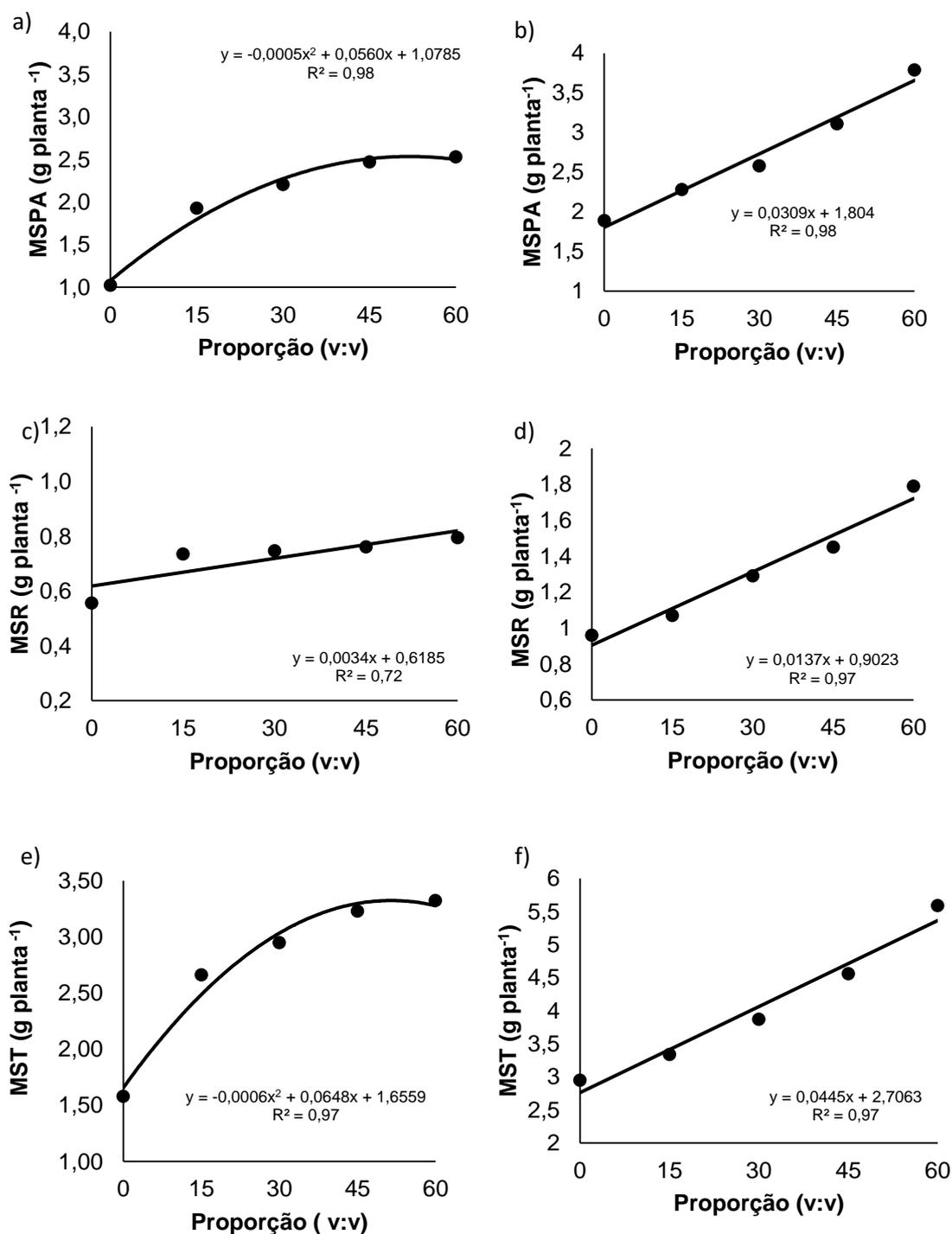
A massa seca total (MST) apresentou valores significativos apenas para os substratos no [exp. 1] (Figura 5e) com médias ajustadas no modelo quadrático, sendo a dose máxima estimada de 3,41 g planta⁻¹, na proporção 54:46 (fertilizante orgânico: solo, v/v), resultado 115,8% maior que o encontrado nas mudas cultivadas com 0:100 (fertilizante orgânico: solo, v:v).

No [exp.2] (Figura 5f) a MST apresentou um padrão de ajuste linear, atingindo valor máximo de 5,59 g planta⁻¹ na proporção 60:40 (fertilizante orgânico: solo, v:v). O resultado encontrado é 89,49% maior do valor encontrado na proporção 0:100 (fertilizante orgânico: solo, v:v).

Esses resultados indicam uma responsividade das mudas de jaqueira à formulação dos substratos organominerais conforme o ciclo, resultando em um maior acúmulo de massa nos tecidos vegetais e desenvolvimento radicular em busca de nutrientes. A resposta das mudas de jaqueira à fertilização orgânica demonstrou variações conforme a idade das plantas.

Aos 60 DAE [exp.1], observou-se um melhor desenvolvimento da massa vegetal em substratos com doses menores de fertilizante orgânico 48:52 (fertilizante orgânico: solo, v:v). Por outro lado, mudas mais maduras responderam positivamente a doses maiores (60:40, v:v), apresentando um bom crescimento e desenvolvimento.

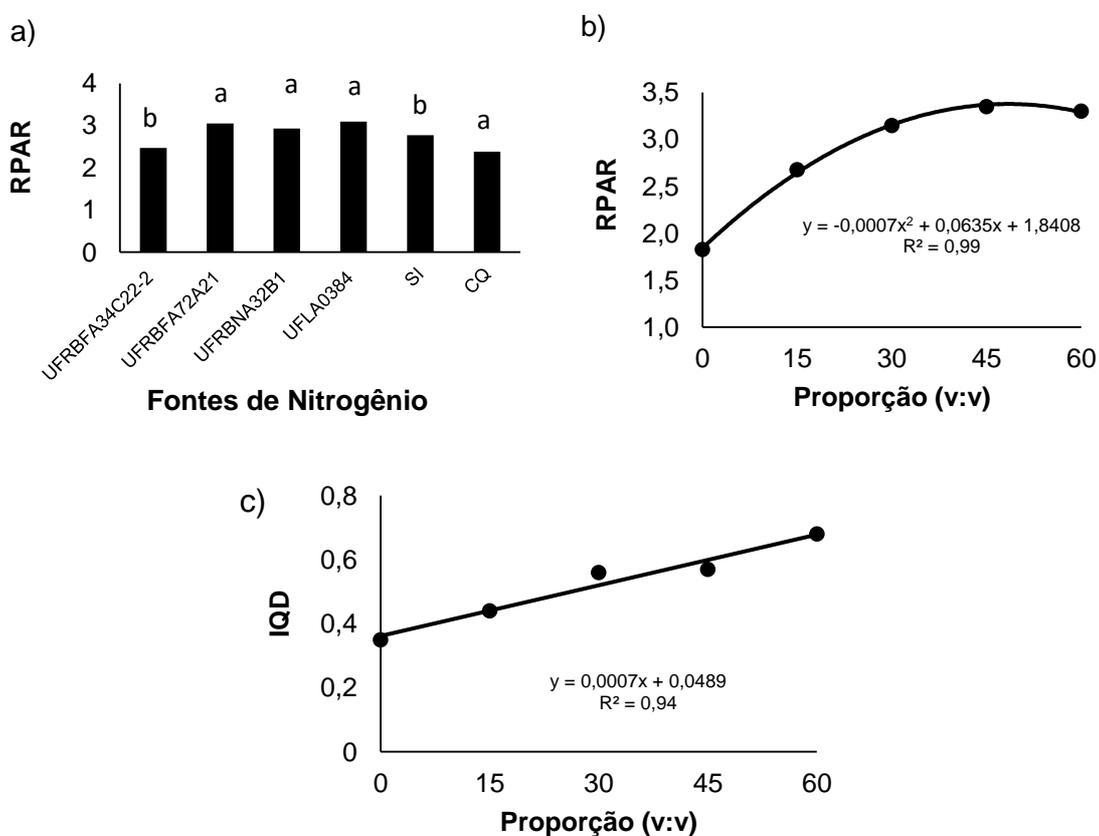
Figura 5. Massa seca da parte aérea (MSPA), [exp.1] (a) e [exp.2] (b); massa seca de raiz (MSR), [exp.1] (c) e [exp.2] (d); massa seca total (MST), [exp.1] (e) e [exp.2] (f) de mudas de *Artocarpus heterophyllus* Lam., cultivadas nas épocas chuvosa.



A relação da massa seca da parte aérea/raiz (RPAR) foi significativa apenas no [exp.1] (Figuras 6 a e b), tanto para as fontes de nitrogênio como para os substratos de forma isolada. Para as fontes de N (Figura 6a), as estirpes UFRB

FA72A21, UFRB NA32B1, UFLA 03-84 e o controle químico apresentaram maiores médias em relação aos tratamentos sem inoculação (SI), e a estirpe UFRB FA34C2-2. As proporções de fertilizante orgânico (Figura 6b), apresentou um ajuste quadrático, sendo a dose máxima estimada na proporção 45,4:54,6 (fertilizante orgânico: solo, v/v) com 3,28 de RPAR, este valor é 79,23% maior que a dose 0:100(fertilizante orgânico: solo, v/v). Os isolados UFRB NA32B1, UFRB FA72A2-1 e a estirpe UFLA 03-84 proporcionaram os maiores médias de RPAR no [exp.1], em relação aos tratamentos sem inoculação e aos inoculados com UFRB FA34C2-2.

Figura 6. Efeito individual da inoculação para a relação parte aérea raiz (RPAR) (a), [exp.1] e efeito individual dos substratos organominerais formulados com fertilizante orgânico e Latossolo amarelo distrocoeso (b) e efeito individual dos substratos formulados para o índice de qualidade de Dickson (IQD) [exp.2] (c) de mudas de *Artocarpus heterophyllus* Lam., cultivadas nas épocas chuvosa [exp.1] e seca [exp.2].



O índice de qualidade de Dickson (IQD) (Figura 6c) apresentou média

significativa no [exp.2] com ajuste linear, sendo a média máxima superior em 94,28% maior do obtido na proporção 0:100 (fertilizante orgânico:solo, v:v).

Nossos resultados demonstram a resposta positiva da inoculação na produção de mudas de jaca, e indicam a formulação de fertilizante orgânico: solo ideal para seu cultivo. Os contrastes para as variáveis CR, MSPA, MSR, MST, RPAR e IQD (Tabela 3) em comparação com a testemunha química não foi encontrado valor significativo no [exp. 1], assim como no [exp. 2]. Como não houve significância entre do contraste entre o fatorial e a testemunha para a maioria dos parâmetros biométricos avaliados indica-se que a combinação entre os substratos organominerais e da inoculação apresenta potencial para uso na produção de mudas de *A. heterophyllus*, dispensando o uso de fertilização mineral.

Na região do Recôncavo da Bahia o cultivo de mudas diretamente nas amostras do Latossolo amarelo distrocoeso foi prejudicial ao desenvolvimento inicial em função da acidez e baixa disponibilidade de nutrientes (Tabela 1). O substrato organomineral formulado com 60:40 (fertilizante orgânico:solo, v:v) proporcionou melhor IQD. Importante observar que houve no primeiro ensaio o substrato formulado com proporção 45:55 (fertilizante orgânico:solo) foi suficiente as mudas atingissem a altura de expedição. No [exp.2], executado durante a primavera verão pode-se observar uma necessidade maior de proporção de fertilizante (orgânico:solo), sendo o ideal na proporção 60:40.

Embora a inoculação tenha favorecido alguns parâmetros biométricos (Figuras 2b, 3a, 3b, 4b, 4c e 6a) não se justifica sua recomendação, pois não foi capaz de melhorar o IQD das mudas no [exp.1] e [exp.2]. A combinação de substrato tem o potencial de melhorar a produção de mudas de jaqueira, oferecendo condições favoráveis para seu desenvolvimento, sem a necessidade de inoculação com as estirpes testadas. Essa abordagem pode ser considerada como uma alternativa viável e promissora para aprimorar as práticas de produção de mudas de jaqueira, contribuindo para o setor agrícola e o cultivo sustentável dessa espécie. No entanto, é importante ressaltar que estudos adicionais são necessários para avaliar aspectos específicos relacionados ao desempenho das mudas no campo. No presente estudo, embora tenha ocorrido um aumento no teor de sódio nos substratos formulados com fertilizante orgânico, esse acréscimo não alcançou um nível prejudicial capaz de comprometer a qualidade das mudas.

4. CONCLUSÕES

A inoculação com as estirpes UFLA 03-84; UFRB FA34C2-2, UFRB NA32B1 e UFRB FA72A2-1 não foi capaz de melhorar a qualidade das mudas produzidas. O cultivo no substrato organomineral formulado na proporção de 60:40 (fertilizante orgânico: amostra de Latossolo Amarelo distrocoeso , v:v) revelou-se uma estratégia eficaz para promover a melhor qualidade das mudas de jaqueira. A composição adequada do substrato, com uma proporção balanceada de fertilizante orgânico, desempenhou um papel crucial no estímulo ao crescimento das mudas de jaqueira.

5. REFERÊNCIAS

ARAÚJO, E. F.; ARAUCO, A. M. D. S.; DIAS, B. A. S.; SILVA, G. C. D.; NÓBREGA, R. S. A. Substrates of *Mauritia flexuosa* and wastewater from pig farming on growth and quality in seedlings of *Acacia mangium*. **Revista Ciência Agronômica**, v.49, p.298-306, 2018.

ARAÚJO, E. F.; SOUSA, L. B.; NÓBREGA, R. S. A.; NÓBREGA, J. C. A.; ARAUCO, A. M. D. S.; PEREIRA, R. R.; LUSTOSA FILHO, J. F. Organic residues improve the quality and field initial growth of *Senna multijuga* seedlings. **Journal of Sustainable Forestry**, v.40, n.3, p.249-262, 2021.

BAKEWELL-STONE, P. *Artocarpus heterophyllus* (jackfruit). **CABI Compendium**, [s. l.], v. CABI Compendium, 2022. Disponível em: <<http://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompendium.1832>>. Acesso em: 10 maio. 2023.

BRAULIO, CS.; NÓBREGA, R.S.A.; MOREIRA, F.M.; ANJOS, Â.S.J.C.; SILVA, J.J.; ROCA BADO, J.M.A. Growth response of *Bauhinia variegata* L. to inoculation and organic fertilization. **Revista Árvore**, v.43, n.1, p.e430104, 2019.

BRAULIO, C.S.; SILVA, L.F.L.; SILVA, C.S.; CORREIA, A.J.; ROCA BADO, J.M. A.; NÓBREGA, R. S. A. Can inoculation with diazotrophic bacteria decrease the productivity loss of defoliated *Vigna unguiculata* (L.) Walp? **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.25, n.3, p.189-196, 2021.

BRASIL. **Instrução normativa nº 13, de 24 de março de 2011**. Anexo – protocolo oficial para avaliação da viabilidade e eficiência agronômica de cepas, inoculantes e tecnologias relacionados ao processo de fixação biológica de nitrogênio em leguminosas. Brasília, DF: Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2011.

CUNHA, A. O.; ANDRADE, L. A.; LUCENA, R. DE; A., B.; SILVA, J. A. L. DA; CAMELO DE SOUZA, V. Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex D.C.) Standl. **Revista Árvore**, v.29 n.4, p.507-516, 2005.

FERREIRA, A. K. D.; DIAS, N. S.; SOUSA JUNIOR, F. S.; FERREIRA, D. A. C.; Fernandes, C. S.; Leite, T. S. Composting of household organic waste and its effects on growth and mineral composition of cherry tomato. **Revista Ambiente & Água**, v.13, n.3, p.1-11, 2018.

FRED, E. B.; WAKSMAN, S. A. Laboratory manual of general microbiology with special reference to the microorganisms of the soil. **Soil Science**, v. 27, n.3, p.247, 1929.

GUPTA, A.; MISHRA, R.; RAI, S.; BANO, A.; PATHAK, N.; FUJITA, M.; KUMAR, M.; HASANUZZAMAN, M. Mechanistic insights of plant growth promoting bacteria mediated drought and salt stress tolerance in plants for sustainable agriculture. **International Journal of Molecular Sciences**, v.23, n.7, p.3741, 2022.

LACERDA, A. M.; MOREIRA, F. D. S.; DE ANDRADE, M. J. B.; SOARES, A. D. L. Yield and nodulation of cowpea inoculated with selected rhizobia strains. **Revista Ceres**, v.51, n.293, p.67-82, 2004.

MOLINA-ROMERO, D.; JUÁREZ-SÁNCHEZ, S.; VENEGAS, B.; ORTÍZ-GONZÁLEZ, C. S.; BAEZ, A.; MORALES-GARCÍA, Y. E.; MUÑOZ-ROJAS, J. A bacterial consortium interacts with different varieties of maize, promotes the plant growth, and reduces the application of chemical fertilizer under field conditions. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v.4, p.616757, 2021.

OLIVEIRA, J. A. A.; PEREIRA, M. C. T.; NIETSCH, S.; SOUZA, V. N. R.; COSTA, I. J. S. Aclimatização de mudas micropropagadas de bananeira em diferentes substratos e recipientes. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.9, n.1, p.72–78, 2014.

R Core Team. R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2023. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.

SILVA, C.; GARCIA, K.; TOSTA, M.; CUNHA, C.; NASCIMENTO, C. D. Adubação nitrogenada no crescimento inicial de mudas de jaqueira. **Enciclopédia biosfera**, v.10 n.18, 2014.

SILVA, J. V.; OLIVEIRA, R. J.; SILVA-MATOS, R. R. S. S. Emergência de sementes de jaqueira (*Artocarpus integrifolia*) submetidas à secagem e armazenamento. **Revista Agrarian**, v.6, n.22, p.514-518, 2013.

SOUZA, T. S.; CHAVES, M. A.; BONOMO, R. C. F.; SOARES, R. D.; PINTO, E. G.; COTA, I. R. Desidratação osmótica de frutículos de jaca (*Artocarpus integrifolia* L.): aplicação de modelos matemáticos”. **Acta Scientiarum Technology**, v.31, n.2, p.225-230, 2009.

SOUSA, J.X. **Promoção do crescimento vegetal por bactérias diazotróficas no feijão-caupi**. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, Brasil. 2017. Dissertação (Mestrado em Solos e Qualidade de Ecossistemas). Disponível:

<https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/v>

iewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=6134874. Acesso em 15 abri. 2023.

VIDAL, M. C.; DIAS, R. P. Bioinsumos a partir das contribuições da agroecologia. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.18, n.1, p.171-192, 2023.

YAHIA, E. M. (Ed.). **Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits: fundamental issues**. Elsevier, 2011.

Capítulo 2

Promoção de crescimento de bactérias diazotróficas em mudas de *Carica papaya* cultivadas em substratos organominerais

Promoção de crescimento de bactérias diazotróficas em mudas de *Carica papaya* cultivadas em substratos organominerais

RESUMO: O mamão é amplamente comercializado tanto para consumo "in natura", quanto para fins industriais. Diante do potencial promissor dessa cultura, existe uma crescente busca por inovação tecnológica alternativas fundamentadas em processos biológicos, visando proporcionar benefícios tanto econômicos quanto ecológicos. Nesse sentido, objetivou-se avaliar a eficiência de bactérias diazotróficas associadas com pó de rocha e fertilização orgânica no desenvolvimento de mudas de mamoeiro. O ensaio experimental foi conduzido em viveiro e foi disposto em delineamento inteiramente casualizado, com um arranjo fatorial 6 x 4, consistindo de seis fontes de nitrogênio e quatro formulações de substratos organominerais, com dez repetições. As fontes de nitrogênio incluíram a estirpe UFLA 03-84, UFRB NA32B1, UFRB FA34C2-2 e UFRB FA72A2-1 e testemunhas: uma com adubação nitrogenada e outra sem adubação nitrogenada e inoculação. Os substratos organominerais apresentaram a seguinte constituição: substratos constituído apenas de solo (S); substrato constituído de 50:50 (v:v) de solo e fertilizante orgânico (SCO); substrato constituído de 50:50 (v:v) de solo e fertilizante orgânico + pó de rocha (SCOPR) e substrato constituído de solo + pó de rocha (SPR). Aos 50 dias da semeadura, foram avaliados altura, diâmetro do caule, número de folhas, massas da parte aérea seca (MSPA), da raiz (MSR), e total, relação MSPA/MSR e clorofilas *a*, *b* e total. As bactérias diazotróficas testadas não promovem efeitos superiores nas médias de atributos biométricos avaliados, em relação ao tratamento não inoculado. Dessa forma não se recomenda a sua utilização na composição de substratos para produção mamoeiro. Na formação das mudas de mamoeiro, o substrato formulado apenas com fertilizante orgânico na proporção 50:50 (fertilizante orgânico: solo; v/v) pode ser utilizado sem a necessidade de adubação mineral para o cultivo de mudas de mamoeiro.

Palavras chave: Pó de rocha, bioinsumos, inoculação, fertilizante orgânico.

Growth promotion of diazotrophic bacteria in *Carica papaya* seedlings grown in organomineral substrates

ABSTRACT: Papaya is widely marketed both for "in natura" consumption and industrial purposes. Given the promising potential of this crop, there is a growing search for alternative technological innovations grounded in biological processes, aiming to provide both economic and ecological benefits. In this context, the objective was to assess the efficiency of diazotrophic bacteria associated with rock dust and organic fertilization in the development of papaya seedlings. The experimental trial was conducted in a nursery and arranged in a completely randomized design, with a 6 x 4 factorial arrangement, consisting of six nitrogen sources and four organomineral substrate formulations, with ten repetitions. The nitrogen sources included strains UFLA 03-84, UFRB NA32B1, UFRB FA34C2-2, and UFRB FA72A2-1, along with controls: one with nitrogen fertilization and another without nitrogen fertilization and inoculation. The organomineral substrates had the following compositions: substrates consisting solely of soil (S); substrate consisting of 50:50 (v:v) soil and organic fertilizer (SCO); substrate consisting of 50:50 (v:v) soil, organic fertilizer, and rock dust (SCOPR); and substrate consisting of soil and rock dust (SPR). At 50 days after sowing, plant height, stem diameter, number of leaves, dry shoot mass (MSPA), dry root mass (MSR), total mass, shoot-root ratio, and chlorophylls a, b, and total were evaluated. The tested diazotrophic bacteria did not exhibit superior effects on the average biometric attributes, compared to the non-inoculated treatment. Therefore, their use is not recommended in substrate composition for papaya production. For papaya seedling formation, a substrate formulated with only organic fertilizer in the 50:50 ratio (organic fertilizer: soil; v/v) can be utilized without the need for mineral fertilization.

Key words: Rock powder, bioinputs, inoculation, organic fertilizer.

1. INTRODUÇÃO

Os estados brasileiros mais relevantes para a produção de mamão são a Bahia, com 9.942 hectares, e o Espírito Santo, com 7.247 hectares, representando cerca de 70,0% da produção nacional (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2021). O mamão é comercializado tanto para consumo "*in natura*" como para fins industriais, incluindo a extração de papaína e pectina. Embora o Brasil tenha sido líder na produção mundial de mamão em 2003, foi superado pela Índia 10 anos depois, devido a problemas relacionados ao manejo inadequado e à produtividade limitada (FAO, 2016). Dados da FAO (2021), o Brasil produziu 1,257 milhões de toneladas de mamão em uma área de 28.495 hectares, representando 8,9% da produção mundial.

Diante do potencial dessa cultura no Brasil e da demanda crescente por fertilizantes nitrogenados na produção de mudas para a renovação de pomares, há uma busca por inovação tecnológica no cultivo ou manejo baseadas em processos biológicos, que ofereçam benefícios econômicos e ecológicos. Além disso, o uso de adubação orgânica é recomendado na composição de substratos para a produção de mudas de mamoeiro, pois isso melhora as características físicas, químicas e biológicas do solo, proporcionando um ambiente propício para o desenvolvimento inicial das mudas e uma boa resposta do mamoeiro (BECKER et al., 2010; CANESIN; CORRÊA, 2006; SANTOS et al., 2012).

A combinação da fertilização orgânica com a inoculação de microrganismos pode potencializar ainda mais o desenvolvimento inicial das mudas (MOREIRA et al., 2021; NASCIMENTO; MOREIRA; HADDAD, 2021). A inoculação de bactérias diazotróficas em substratos organominerais como fonte de nitrogênio pode resultar em um ganho adicional, contribuindo na obtenção de mudas de maior qualidade em menos tempo (MOREIRA et al., 2021; NASCIMENTO; MOREIRA; HADDAD, 2021).

A utilização de substratos formulados com fertilizantes orgânicos produzidos a partir de insumos regionais pode ser uma alternativa econômica e sustentável para a produção de mudas. Esses substratos podem fornecer nutrientes essenciais as mudas (BRAULIO et al., 2019; MOREIRA et al., 2021), estimular o crescimento radicular (SILVA et al, 2014). Para melhorar a composição química desses substratos, a adição de pó de rocha na composição pode reduzir a

demanda por fertilizantes e, conseqüentemente, os custos de produção das culturas, um vez que para aquisição de pós de rochas são consideravelmente menores que os dos insumos convencionais (RAMOS et al., 2022). Diversas pesquisas têm mostrado que o pó de rocha pode liberar nutrientes de forma controlada às plantas, sendo capaz de elevar a CTC de solos de baixa fertilidade, os teores de cátions trocáveis e o pH (ABOU-EL-SEOUD; ABDEL-MEGEED, 2012; RAMOS et al., 2022; VAN STRAATEN, 2007).

Neste contexto o presente trabalho objetivou-se avaliar a qualidade de mudas de mamoeiro inoculado com bactérias diazotróficas e cultivadas em substratos organominerais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio experimental foi conduzido em viveiro na Fazenda experimental de Produção Vegetal da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas-BA, Brasil (12°40'39"S, 39°06'23" O, 226 m acima do nível do mar). O clima local é do tipo Af (floresta tropical chuvosa), segundo a classificação de Köppen e Geiger, com temperatura média anual de 23 °C. durante o período experimental a temperatura média foi de $26,5 \pm 6,5^{\circ}\text{C}$.

O solo utilizado para compor o substrato de cultivo das mudas foi Latossolo Amarelo distrófico coeso coletado da camada subsuperficial (> 40 cm de profundidade), sendo posteriormente seco e tamizado em malha de 4 mm. As caracterizações química e física da amostra de solo indicou: pH (H₂O): 5,0, pH KCl: 4,0, matéria orgânica (MO): 1,43 g kg⁻¹, P (Mehlich 1): 0,04 mg⁻³, K⁺: 39,01 mg dm⁻³, Ca²⁺: 0,7 cmol_c dm⁻³, Mg²⁺: 0,6 cmol_c dm⁻³, (H+Al): 1,9 cmol_c dm⁻³, Na: 0,17 cmol_c kg⁻¹, SB: 1,31 cmol_c dm⁻³, CTC efetiva: 1,81 cmol_c dm⁻³, CTC potencial: 3,21 cmol_c dm⁻³, V: 40,81%, areia: 514 g kg⁻¹, silte: 104 g kg⁻¹, argila: 382 g kg⁻¹, argila dispersa em água: 94 g kg⁻¹, grau de floculação: 193 g kg⁻¹, condutividade elétrica: 0,13 dS m⁻¹.

A caracterização físico-química do fertilizante orgânico elaborado a partir de esterco bovino, caprino e podas de árvore produzido pelo NUMAN (Núcleo do Meio Ambiente da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia) foi oriundo de um lote que também foi utilizado em outros experimentos cuja caracterização foi: pH: 7,6; umidade: 0,11%; matéria orgânica total: 13,96%; nitrogênio total: 0,60%;

fósforo total: 1,36%; potássio total: 0,75%; cálcio total: 0,98%; magnésio total: 0,21%; enxofre total: 0,07%; relação C/N: 9,0; cobre: 2 mg kg⁻¹; manganês: 200 mg kg⁻¹; zinco: 85 mg kg⁻¹; ferro: 10089 mg kg⁻¹; boro: 5 mg kg⁻¹; sódio: 1274 mg kg⁻¹. O pó-de-rocha utilizado foi adquirido no comércio, cuja caracterização indica em (%): SiO₂: 58,3; Al₂O₃: 13,3; Fe₂O₃: 7,15; CaO: 6,09; MgO: 4,36; TiO₂: 0,47; P₂O₅: 0,73; Na₂O: 1,36; K₂O: 5,44; MnO: 0,24; LOI: 3,04.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com arranjo fatorial 6 x 4, composto por 6 fontes de nitrogênio e 4 tipos de substratos, totalizando 10 repetições. As fontes de nitrogênio utilizadas a estirpe UFLA 03-84 – SEMIA 6461 (*Bradyrhizobium viridifuturi*), autorizada no Brasil para inoculante de *Vigna unguiculata* L. Walp (BRASIL, 2011) e oriunda do Laboratório de Microbiologia e Bioquímica do Solo da Universidade Federal de Lavras, as estirpes UFRB NA32B1, UFRB FA34C2-2 e UFRB FA72A2-1 oriundas do laboratório de Biologia do Solo e isoladas por (Souza, 2017). Duas testemunhas também foram incluídas: uma com adubação nitrogenada (0,019 mg de nitrogênio por tubete⁻¹) e outra sem adubação nitrogenada e sem inoculação. A fonte de nitrogênio utilizada foi a ureia (45% de N). As testemunhas com N mineral receberam adição de 0,020 g de P e 0,002 g de K.

Para a obtenção do inóculo, as bactérias foram cultivadas em meio de cultura 79 semissólido e à 25 °C por quatro dias, alcançando a fase logarítmica de crescimento (aproximadamente 10⁹ UFC mL⁻¹).

Os substrato organominerais apresentaram a seguinte constituição: substratos constituído apenas de solo (S); substrato constituído de 50:50 (v:v) de solo e fertilizante orgânico (SCO); substrato constituído de 50:50 (v:v) de solo e fertilizante orgânico + pó de rocha (SCOPR) e substrato constituído de solo + pó de rocha (SPR). Os substratos que tiveram adição do pó de rocha foram preparados com uma dose única de 0,48 g por tubete⁻¹. Para o preparo dos substratos os materiais foram homogeneizados de acordo com os tratamentos e acondicionados em tubetes com capacidade de 0,28 dm³ de solo.

As sementes de mamoeiro da variedade 'Ruby' foram adquiridas na Embrapa Mandioca e Fruticultura, em Cruz das Almas, BA. Após 50 dias da semeadura, foram avaliadas as seguintes variáveis clorofila *a* (CLA), clorofila *b* (CLB), clorofila total (CLT), altura (ALT), número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC), comprimento radicular (CR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca

da raiz (MSR), massa seca total (MST), relação parte aérea/raiz (RPAR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) conforme mostrado na Equação 1:

$$IQD = \frac{MST(g)}{\frac{H(cm) \cdot MSPA(g)}{DC(mm)} + MSR(g)} \quad (\text{Equação 1})$$

As biomassas das mudas foram mantidas em uma estufa com circulação de ar forçado a uma temperatura de 60°C até atingir massa constante. Os pigmentos fotossintéticos (clorofila *a* e *b*) foram determinados usando um clorofilômetro eletrônico (clorofiLOG CFL 1030) da marca Falker.

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk com nível de significância de 5%. Em seguida, foi realizada a análise de variância utilizando o programa estatístico "R" (R Development Core Team, 2018). Dependendo do nível de significância obtido, foram aplicados os testes de Skott Knott para duas amostras com uma probabilidade de 5%. Posteriormente, foi realizado o teste de contrastes ortogonais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou uma interação significativa entre as fontes de nitrogênio e os substratos para as variáveis diâmetro do caule ($p < 0,05$), comprimento de raiz ($p < 0,01$), massa seca da raiz ($p < 0,01$), da parte aérea ($p < 0,05$), massa seca total ($p < 0,01$), relação entre massa da parte aérea sobre a raiz ($p < 0,05$) e índice de qualidade de Dickson ($p < 0,05$). Além disso, tanto as fontes de nitrogênio, quanto os tipos de substrato tiveram efeitos individuais nas variáveis clorofilas *a*, *b* e total, número de folhas e altura (Tabela 2).

As bactérias diazotróficas não induziram índices de clorofilas *a*, *b* e total superiores aos das mudas cultivadas sem inoculação. Todos os tratamentos apresentaram níveis inferiores à testemunha que recebeu fertilização mineral de nitrogênio e foram estatisticamente semelhantes à testemunha sem nenhuma fonte de nitrogênio (Figuras 1A; C; e E). As mudas cultivadas nos substratos formulados com solo + fertilizante orgânico (SCO) e solo + pó de rocha (SPR) apresentaram médias de CIA e CIT semelhantes às da testemunha cultivada apenas em solo, independentemente da inoculação (Figuras 1B; D; e F).

Vale ressaltar que, as mudas cultivadas nos substratos constituídos de solo

+ fertilizante orgânico + pó de rocha (SCOPR) apresentaram médias mais baixas de CIA, CIB e CIT em comparação com todos os outros tratamentos avaliados.

Estudos prévios investigaram a relação entre as leituras fornecidas pelo índice de clorofila e a concentração foliar de nitrogênio em mudas de *C. papaya*, aos 120 dias utilizando doses crescentes de fertilizantes nitrogenados. Os resultados dessas pesquisas indicaram correlações altamente positivas (CAVALCANTE et al., 2016). De acordo com esses autores, mudas de *C. papaya* que apresentam valores de CIA entre 35,0 e 36,0, CIB entre 11,0 e 12,0, e CIT entre 47,0 e 48,0 estão adequadamente supridas com N. Isso sugere que os tratamentos aplicados neste estudo, embora tenham fornecido menos nitrogênio às mudas de mamão aos 50 DAE, por serem formulados partir de bioinsumos regionais, são capazes de promover acréscimos nessa variável. A testemunha que recebeu fertilização mineral de nitrogênio e apresentou valores próximos aos indicados acima.

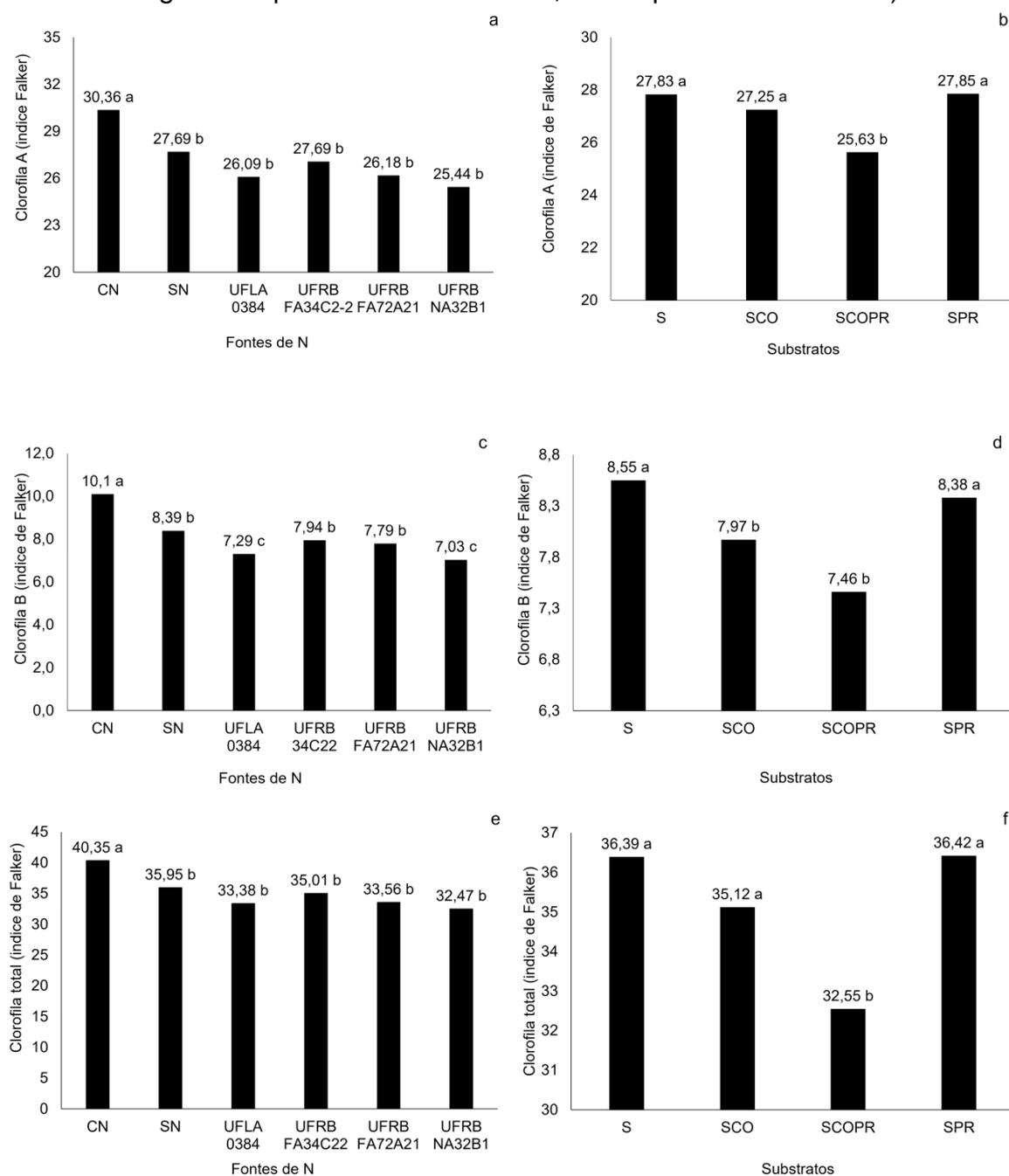
Tabela 1. Resumo da análise de variância para os caracteres biométricos de mudas de *Carica papaya*, aos 50 dias cultivadas em substratos organominerais e inoculação com estirpes de bactérias diazotróficas.

	GL	CIA	CIB	CIT	NF	DC	CR
FV		Quadrado médio					
Fonte de N (N)	5	124,81**	48,09**	324,28**	18,52**	0,02**	19,67**
Substrato (S)	3	65,78*	14,20*	197,67**	79,11**	0,80**	14,67*
N x S	15	0,21 ^{ns}	8,02 ^{ns}	73,13 ^{ns}	1,17 ^{ns}	0,002*	14,19**
CV%		18,27	27,15	19,05	19,95	11,40	11,15
	GL	ALT	MSR	MSPA	MST	RPAR	IQD
FV		Quadrado médio					
Fonte de N (N)	5	9,36**	0,002*	0,02**	0,04**	0,14 ^{ns}	0,002**
Substrato (S)	3	536,62**	0,56**	0,98**	2,98**	0,39**	0,19**
N x S	15	0,93 ^{ns}	0,002**	0,004*	0,01**	0,35*	0,0009*
CV%		14,18	23,69	30,12	23,19	24,91	29,63

FV: fonte de variação, (CIA) clorofila a; (CIB) clorofila b; (CIT) clorofila total; (NF) número de folhas; (DC) diâmetro do caule; (CR) comprimento da raiz; (ALT) altura; (MSR) da raiz; (MSPA) matéria da parte aérea seca; (MST) massa seca total; relação entre a parte aérea seca e raiz (RPAR) (IQD) índice de qualidade de Dickson; ¹inoculação, ²substrato. (**significativo a 1% de probabilidade, *significativo a 5% de probabilidade, ^{ns}não significativo).

Uma parte significativa do nitrogênio presente no tecido foliar é alocada no aparato fotossintético e utilizada na produção de clorofila (ZHANG et al., 2008). Consequentemente, níveis mais elevados de nitrogênio promovem um melhor desempenho fotossintético e desempenham um papel crucial na capacidade das plantas de desencadear mecanismos de aclimação (PAIXÃO et al., 2019).

Figura 1. Índices de clorofila *a*, *b* e clorofila total em mudas de *Carica papaya*, aos 50 DAE, cultivadas sob diferentes fontes de nitrogênio (inoculação bacteriana) e substratos (solo – S; solo + fertilizante orgânico – SCO; solo + fertilizante orgânico + pó de rocha – SCOPR; solo + pó de rocha – SPR).

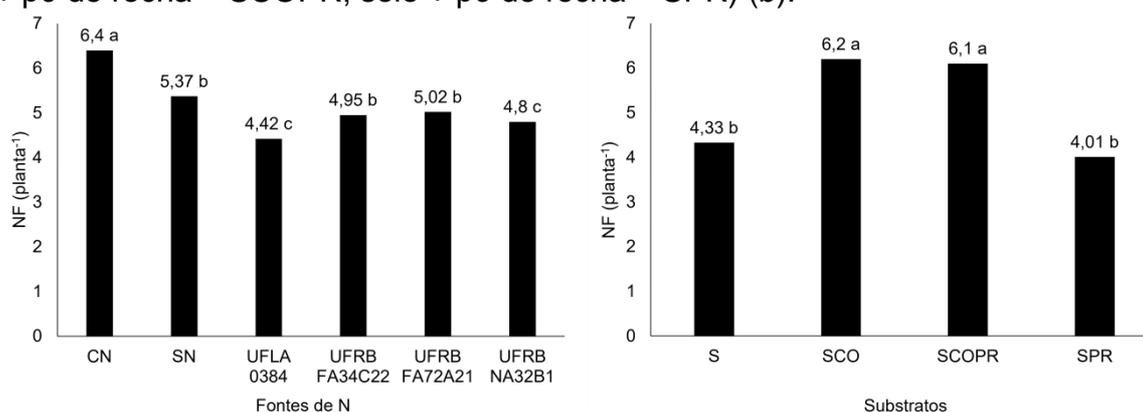


Esses mecanismos são essenciais para que as mudas jovens tenham sucesso ao serem transplantadas para o campo, proporcionando uma adaptação eficiente ao ambiente externo. Dessa forma, a reduzida concentração de N nas folhas de mamão pode ter um impacto negativo na capacidade fotossintética dessas plantas, resultando em um comprometimento do seu crescimento e

produtividade (PAIXÃO et al., 2019).

Os resultados obtidos em relação ao número de folhas (NF) foram consistentes com os índices de clorofila observados. De maneira semelhante, as inoculações com as estirpes UFLA 03-84, UFRB FA34C22, UFRB FA72A21 e UFRB NA32B1 não resultaram em aumento no número de folhas (Figura 1 A). As plantas fertilizadas com N mineral, por outro lado, apresentaram um maior número de folhas (6,4 folhas planta⁻¹). No entanto, os substratos formulados SCO e SCOPR mostraram-se superiores à testemunha com apenas solo resultando em mudas com 6,2 e 6,1 folhas planta⁻¹, respectivamente (Figura 2 B). Isso indica que o fertilizante orgânico presente nos substratos exerceu um efeito maior do que o pó de rocha, uma vez que a adição deste componente não resultou em um aumento significativo no número de folhas. Além disso, a média estimada de número de folhas nas mudas cultivadas nos substratos SCO foi semelhante à média resultante da fertilização com N mineral. Assim, substratos elaborados com esterco bovino, caprino e podas de árvore podem fornecer nutrientes suficientes (Tabela 1) para o crescimento das mudas de mamoeiro.

Figura 2. Número de folhas (NF) de mudas de *Carica papaya*, aos 50 DAE, cultivadas sob diferentes fontes de nitrogênio (inoculação bacteriana) (a) e substratos (solo – S; solo + fertilizante orgânico – SCO; solo + fertilizante orgânico + pó de rocha – SCOPR; solo + pó de rocha – SPR) (b).



Canesin et al. (2006) investigou a interação do esterco de curral em conjunto ou não com fertilizante mineral no substrato de cultivo de mudas de mamoeiro conclui-se que o esterco de curral pode ser utilizado de forma isolada dispensando a necessidade de adubação mineral.

No ensaio realizado a fertilização orgânica foi suficiente para ofertar às mudas de mamoeiro os nutrientes N, P, K, Ca, Mg e Cu essenciais para o

crescimento, até o momento de serem levadas ao campo. Os materiais orgânicos atuam de maneira importante na nutrição das plantas, além de melhorarem as condições físicas e biológicas do meio, pois ofertam nutrientes essenciais, como N e P, em sua composição (MALAVOLTA, 2006). É consenso que a adubação nitrogenada tem uma ação categórica na produtividade do mamão. Entre os macronutrientes, mais requeridos pela cultura, estão o K, o N e o Ca (CRUZ; DE OLIVEIRA; PIRES, 2017). Assim, a utilização de substratos organominerais pode representar uma abordagem promissora para a produção das mudas de mamoeiro, contribuindo para reduzir a dependência de insumos químicos.

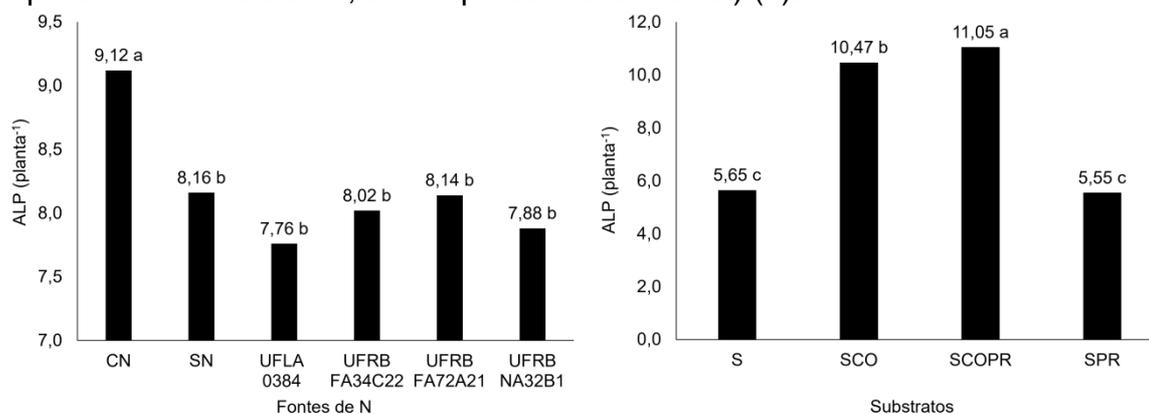
As características morfológicas, como altura da planta, diâmetro do caule e número de folhas, são frequentemente afetadas pela disponibilidade de N. Estudos anteriores têm explorado o impacto de diferentes concentrações de N na produção de mudas de mamoeiro, revelando efeitos positivos em várias características. Por exemplo, observou-se um aumento na altura, comprimento da raiz, número de folhas e massa seca da parte aérea e raiz, à medida que a concentração de N aumentava (MENDONÇA et al., 2006). No presente estudo, tanto a testemunha com fertilizante nitrogenado mineral quanto os substratos formulados com solo e fertilizante orgânico demonstraram resultados promissores (Figuras 3 A e B).

Estudos têm demonstrado que o pó de rocha pode liberar de forma lenta nutrientes para as plantas, além de elevar a capacidade de troca de cátions (em solos de baixa fertilidade, bem como os teores de cátions trocáveis e o pH (ABOU-EL-SEOUD; ABDEL-MEGEED, 2012; RAMOS et al., 2022).

No geral, as mudas cultivadas com os tratamentos sem inoculação em substratos formulados com fertilizante orgânico (SCO) e com fertilizante orgânico acrescido de pó de rocha (SCOPR) proporcionaram médias similares a testemunha com adubação química. Contudo, as estirpes UFRB FA34C2-2, UFRB FA72A21 e UFRB NA32B1 não induziram vantagem para justificar sua utilização na cultura, embora para a variável diâmetro do caule estirpe UFLA 03-84 tenha se destacado. Esse padrão de comportamento foi similar ao observado por Lima et al. (2011), que constataram as inoculações das bactérias diazotróficas *Stenotrophomonas maltophilia* (NCBI J293470) e *Azospirillum* sp. TS 15 (NCBI AB114194) em plantas de mamoeiro não proporcionaram aumento na altura de planta e diâmetro do caule (DC). Ao que podemos indicar, as plantas de mamoeiro não são responsivas as

estirpes testadas.

Figura 3. Altura de plantas (ALP) de mudas de *Carica papaya*, aos 50 DAE, cultivadas sob diferentes fontes de nitrogênio (inoculação bacteriana) (a) e substratos (solo – S; solo + fertilizante orgânico – SCO; solo + fertilizante orgânico + pó de rocha – SCOPR; solo + pó de rocha – SPR) (b).



Além disso, não foi observada diferença estatística entre o substrato formulado SPR sem fonte de nitrogênio e o tratamento com solo puro, assim como o tratamento SCO não apresentou diferença estatisticamente significativa em relação ao tratamento SCOPR quando ambos receberam fonte de N mineral (Tabela 3). Contudo, o DC das mudas diferiu nestes substratos quando a fertilização com N mineral não foi aplicada, sendo que os substratos SCO promoveram os maiores ganhos na ausência de N. Esses resultados ressaltam a importância de considerar as diferentes fontes de nitrogênio na formulação de substratos para o cultivo de *C. papaya*. Além disso, indicam que o uso de pó de rocha pode não resultar em diferenças significativas quando comparado ao solo puro, e a combinação de pó de rocha e fertilizante orgânico pode não fornecer benefícios adicionais. No entanto, são necessárias mais pesquisas para uma compreensão mais aprofundada desses resultados e sua aplicabilidade prática na fertilização e nutrição de plantas de mamão.

No que diz respeito ao comprimento radicular, os substratos formulados com solo puro (S) e com pó de rocha (SPR) demonstraram ser estatisticamente superiores em relação aos substratos formulados com fertilizante orgânico mais pó de rocha (SCOPR). No entanto, é importante destacar a relação positiva observada entre o substrato SCOPR e a estirpe bacteriana UFLA 03-84, que proporcionou a maior média de comprimento radicular, quando comparado as diferentes fontes de N. O comprimento radicular não foi significativamente influenciado pelos substratos

formulados ou pelas fontes de nitrogênio, uma vez que os substratos contendo apenas solo, sem nenhuma fonte de nitrogênio, também resultaram nas maiores médias.

A massa seca da raiz (MSR) foi significativamente influenciada pelos substratos formulados com fertilizante orgânico mais pó de rocha (SCOPR) em combinação com qualquer uma das fontes de nitrogênio (FN). Observou-se que a menor média de MSR foi obtida no tratamento sem adição de FN dentro da formulação SCOPR. No entanto, nesse mesmo tratamento, tanto a adição da fonte mineral de nitrogênio quanto das estirpes bacterianas UFRB FA34C22, UFRB NA32B1, UFRB FA72A21 e UFLA 0384 resultaram em ganhos semelhantes de MSR (Tabela 3). Por outro lado, as demais FN foram estatisticamente inferiores, independentemente do substrato utilizado, com exceção do substrato formulado apenas com fertilizante orgânico (SCO), que apresentou médias igualmente superiores mesmo sem a adição de FN.

Esses resultados indicam que não é viável a utilização das estirpes bacterianas, nitrogênio mineral ou pó de rocha, uma vez que o fertilizante orgânico foi capaz de suprir as necessidades nutricionais da planta. A matéria seca da parte aérea MSPA e total (MST) também obtiveram resultados semelhantes, sendo que o substrato SCO sem nenhuma fonte de N resultou nas melhores médias ou em médias igualmente superiores aos demais substratos com adição de N (Tabela 3).

O fertilizante orgânico utilizado na formulação do substrato foi eficiente na promoção do crescimento e desenvolvimento das mudas aos 50 DAE, independentemente da presença de outras fontes de nitrogênio. Além disso, as estirpes bacterianas testadas e o pó de rocha não forneceram benefícios adicionais em relação ao uso exclusivo do substrato SCO.

No geral para a produção de massas observa-se que as mudas cultivadas com SCO e SCOPR apresentaram as maiores médias e que os tratamentos não inoculados promoveram efeito similar ao adubado quimicamente e superaram a inoculação com as estirpes. Considerando a MST, é possível verificar que a média das mudas cultivadas apenas com SCO, sem inoculação foi superior aos demais tratamento.

Com relação a razão parte aérea raiz e IQD observa-se que na formulação SCO sem inoculação apresentou as maiores médias para o IQD. Para o RPAR, o tratamento SCO sem inoculação se igualou ao tratamento com N mineral.

Tabela 2. Médias das variáveis diâmetro do caule, comprimento radicular, massa seca da raiz, massa seca da parte aérea, massa seca total em mudas de *Carica papaya*, aos 50 DAE, sob diferentes fontes de nitrogênio (inoculação bacteriana) e substratos (solo – S; solo + fertilizante orgânico – SCO; solo + fertilizante orgânico + pó de rocha – SCOPR; solo + pó de rocha – SPR).

Fontes de N	Substratos			
	S	SCO	SCOPR	SPR
Diâmetro de caule (mm planta ⁻¹)				
CN	2,54 Ab	4,41 Aa	4,38 Aa	2,20 Ac
UFRBFA34C22	1,82 Bb	3,53 Ca	3,78 Ba	1,85 Ab
UFRBFA72A21	2,01 Bb	3,94 Ba	3,97 Ba	2,03 Ab
UFRBNA32B1	1,89 Bc	4,01 Ba	3,66 Bb	1,90 Ac
SN	2,04 Bc	4,24 Aa	3,92 Bb	2,00 Ac
UFLA 03-84	1,95 Bc	3,97 Ab	4,31 Aa	1,82 Ac
Comprimento radicular (cm planta ⁻¹)				
CN	19,91 Aa	16,96 Bb	17,78 Cb	19,33 Aa
UFRBFA34C22	16,81 Bb	19,00 Aa	19,80 Ba	19,83 Aa
UFRBFA72A21	20,18 Aa	20,04 Aa	20,65 Ba	19,01 Aa
UFRBNA32B1	19,06 Aa	18,26 Ba	19,54 Ba	17,72 Aa
SN	19,88 Aa	19,47 Aa	19,98 Ba	19,83 Aa
UFLA0384	18,32 Bc	20,45 Ab	22,46 Aa	18,80 Ac
Massa seca de raiz (g planta ⁻¹)				
CN	0,079 Ab	0,198 Ba	0,214 Aa	0,055 Ab
FA34C22	0,028 Bb	0,193 Ba	0,207 Aa	0,032 Ab
FA72A21	0,039 Bb	0,212 Ba	0,226 Aa	0,041 Ab
NA32B1	0,027 Bc	0,246 Aa	0,191 Ab	0,034 Ac
SN	0,048 Bb	0,226 Aa	0,207 Aa	0,049 Ab
UFLA0384	0,034 Bb	0,199 Ba	0,207 Aa	0,036 Ab
Massa seca de parte aérea (g planta ⁻¹)				
CN	0,067 Ab	0,327 Aa	0,333 Aa	0,057 Ab
FA34C22	0,040 Ab	0,223 Ba	0,214 Ba	0,041 Ab
FA72A21	0,043 Ab	0,259 Ba	0,232 Ba	0,039 Ab
NA32B1	0,034 Ac	0,291 Aa	0,227 Bb	0,043 Ac
SN	0,054 Ac	0,317 Aa	0,266 Bb	0,046 Ac
UFLA0384	0,044 Ab	0,269 Ba	0,236 Ba	0,043 Ab
Massa seca total (g planta ⁻¹)				
CN	0,164 Ab	0,526 Aa	0,547 Aa	0,111 Ab
FA34C22	0,069 Bb	0,371 Ca	0,420 Ba	0,073 Ab
FA72A21	0,082 Bb	0,488 Ba	0,452 Ba	0,079 Ab
NA32B1	0,066 Bc	0,567 Aa	0,430 Bb	0,077 Ac
SN	0,102 Bb	0,521 Aa	0,473 Ba	0,105 Ab
UFLA	0,075 Bb	0,468 Ba	0,454 Ba	0,079 Ab

Letras iguais maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem entre si, pelo Teste de Skott-Knot, a 5% de probabilidade.

Os substratos SCOPR, com ou sem FN, também apresentaram bons resultados nesse índice. Vale ressaltar que a formulação SCO é composta apenas por solo e fertilizante orgânico, dispensando a necessidade de fertilização nitrogenada ou inoculação com bactérias diazotróficas. Essa simplicidade torna essa formulação mais interessante do ponto de vista econômico e prático, uma vez

que produtores podem obter bons resultados sem a necessidade de custos adicionais ou procedimentos mais complexos.

Tabela 3. Comparação de médias obtidas para RPAR e Índice de qualidade de Dickson (IQD) em mudas de *Carica papaya*, aos 50 DAE, sob diferentes fontes de nitrogênio (inoculação bacteriana) e substratos (solo – S; solo + fertilizante orgânico – SCO; solo + fertilizante orgânico + pó de rocha – SCOPR; solo + pó de rocha – SPR).

Fontes de N	Substratos			
	S	SCO	SCOPR	SPR
Relação parte aérea e raiz (RPAR)				
CN	0,254 Ab	0,441 Aa	0,438 Aa	0,220 Ac
UFRBFA34C22	0,182 Bb	0,353 Ca	0,378 Ba	0,185 Ab
UFRBFA72A21	0,201 Bb	0,394 Ba	0,397 Ba	0,203 Ab
UFRBNA32B1	0,189 Bc	0,401 Ba	0,366 Bb	0,190 Ac
SN	0,204 Bc	0,424 Aa	0,392 Bb	0,200 Ac
UFLA 03-84	0,195 Bc	0,397 Ab	0,431 Aa	0,182 Ac
Índice de qualidade de Dickson (IQD)				
CN	0,045 Ab	0,124 Ba	0,127 Aa	0,029 Ab
UFRB FA34C22	0,015 Bb	0,100 Ba	0,108 Ba	0,018 Ab
UFRB FA72A21	0,021 Bb	0,117 Ba	0,125 Aa	0,022 Ab
UFRB NA32B1	0,018 Bc	0,143 Aa	0,104 Bb	0,020 Ac
SN	0,026 Bb	0,139 Aa	0,122 Aa	0,029 Ab
UFLA 0384	0,018 Bb	0,119 Ba	0,128 Aa	0,019 Ab

Letras iguais maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem entre si, pelo Teste de Skott-Knot, a 5% de probabilidade.

Esses achados sugerem que o uso da formulação SCO pode ser uma estratégia viável na produção de mudas de *Carica papaya*, resultando em mudas de boa qualidade com menor investimento de recursos. No entanto, é importante destacar que outros fatores, como o manejo adequado e as condições de cultivo, também podem influenciar a qualidade das mudas. Assim, estudos adicionais são necessários para validar esses resultados e investigar o desempenho dessas mudas em condições de campo.

4. CONCLUSÃO

As bactérias diazotróficas não promoveram efeitos superiores nas médias de atributos biométricos avaliados, em relação ao tratamento não inoculado. Dessa forma não recomenda a utilização na composição de substratos para produção de mamoeiro. Na formação das mudas de mamoeiro, o substrato formulado apenas

com fertilizante orgânico na proporção 50:50 (fertilizante orgânico: solo; v/v) pode ser utilizado sem a necessidade de adubação mineral.

5. REFERÊNCIAS

ABOU-EL-SEOUD, I.I.; ABDEL-MEGEED, A. Impact of rock materials and biofertilizations on P and K availability for maize (*Zea mays*) under calcareous soil conditions. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v.19, n.1, p.55-63, 2012.

BECKER, S.J.; EBRAHIMZADEH, A.; PLAZA, B.M.; LAO, M.T. Characterization of compost based on crop residues: changes in some chemical and physical properties of the soil after applying the compost as organic amendment. **Communications in soil science and plant analysis**, v.41, n.6, p.696-708, 2010.

BRAULIO, C.S.; NÓBREGA, R.S.A.; MOREIRA, F.M.; ANJOS, Â.S.J.C.; SILVA, J.J.; ROCABADO, J.M.A. Growth response of *Bauhinia variegata* L. to inoculation and organic fertilization. **Revista Árvore**, v.43, 2019.

BRASIL. **Instrução normativa nº 13, de 24 de março de 2011**. Anexo – protocolo oficial para avaliação da viabilidade e eficiência agrônômica de cepas, inoculantes e tecnologias relacionados ao processo de fixação biológica de nitrogênio em leguminosas. Brasília, DF: Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2011.

CANESIN, R.C.F.S.; CORRÊA, L.D.S. Uso de esterco associado à adubação mineral na produção de mudas de mamoeiro (*Carica papaya* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, n.3, p.481-486, 2006.

CARNEIRO, J.G.A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Editora UFPR/FUPEF, Curitiba, Brasil, 1995, 451p.

CAVALCANTE, Í.H.L.; SILVA JÚNIOR, G.B.; SANTOS, E.M.; LIMA, A.M.N. Relationship between chlorophyll meter readings and leaf nitrogen concentration in papaya (*Carica papaya* L.). **Philippine Journal of Crop Science**, v.41, n.1, p.75-79, 2016.

CHEN, Y.; ZHOU, D.; QI, D.; GAO, Z.; XIE, J.; LUO, Y. Growth promotion and disease suppression ability of a *Streptomyces* sp. CB-75 from banana rhizosphere soil. **Frontiers in Microbiology**, v.8, p.2704, 2018.

COSTA, E.M.; CARVALHO, T.S.; GUIMARÃES, A.A.; LEÃO, A.C.R.; CRUZ, L.M.; BAURA, V.A.; LEBBE, L.; WILLEMS, A.; MOREIRA, F.M.S. Classification of the inoculant strain of cowpea UFLA03-84 and of other strains from soils of the Amazon region as *Bradyrhizobium viridifuturi* (symbiovar tropici). **Brazilian Journal of Microbiology**, v.50, p.335-345, 2019.

CRUZ, A.F.; OLIVEIRA, B.F.; PIRES, M.C. Optimum Level of nitrogen and phosphorus to achieve better papaya (*Carica papaya* var. Solo) seedlings growth and mycorrhizal colonization. **International Journal of Fruit Science**, v.17, n.3, p. 259-268, 2017.

CUNHA, A.O.; ALVES DE ANDRADE, L.; DE LUCENA, R.; BRUNO, A.; SILVA,

J.A.L.; SOUZA, V. C. Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex D.C.) Standl. **Revista Árvore**, v.29, n.4, p.507-516, 2005.

DAVARI, M.; SHARMA, S.N.; MIRZAKHANI, M. Residual influence of organic materials, crop residues, and biofertilizers on performance of succeeding mung bean in an organic rice-based cropping system. **International Journal Of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, v.1, n.1, p.1-9, 2012.

AZEVEDO, I.M.G.; DE ALENCAR, R.M.; BARBOSA, A.P.; ALMEIDA, N.O. Estudo do crescimento e qualidade de mudas de marupá (*Simarouba amara* Aubl.) em viveiro. **Acta Amazonica**, v.40, n.1, p.157-164, 2010.

DEER, W.A.; HOWIE, R.A.; ZUSSMAN, J. An introduction to the rock-forming minerals. **Mineralogical Society of Great Britain and Ireland**, 2013.

DELARMELINA, W.M.; VINICIUS, M.; CALDEIRA, W.; CÉZAR, J.; FARIA, T.E.; GONÇALVES, O. Uso de lodo de esgoto e resíduos orgânicos no crescimento de mudas de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. **Revista Agro@ambiente On-line**, v.7, n.2, p.184-192, 2013.

DELARMELINA, W. M.; VINICIUS, M.; CALDEIRA, W.; CÉZAR, J.; FARIA, T.; DE OLIVEIRA GONÇALVES, E.; LUIZ, R.; ROCHA, F. Different substrates for the production of *Sesbania virgata* seedlings Artigo Original. **Floresta e Ambiente**, v.21, n.2, p.224-233, 2014.

FAOSTAT. **Crops and livestock products**. Disponível em: fao.org/faostat. Acesso em 18/08/2022.

FYFE, W.S.; LEONARDOS, O.H.; THEODORO, S.H. Sustainable farming with native rocks: the transition without revolution. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.78, n.4, p.715-720, 2006.

GAWANKAR, M.; HALDANKAR, P.; HALDAVANEKAR, P.; SALVI, B.; JAMADAGNI, B. Studies on seed germination and seedling growth in Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) as influenced by media. **International Journal of Chemical Studies**, v.7, n.5, p.1699-1705, 2019.

GUPTA, A.; MISHRA, R.; RAI, S.; BANO, A.; PATHAK, N.; FUJITA, M.; KUMAR, M.; HASANUZZAMAN, M. Mechanistic insights of plant growth promoting bacteria mediated drought and salt stress tolerance in plants for sustainable agriculture. **International Journal of Molecular Sciences**, v.23, n.7, p.3741, 2022.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal, 2021**. Censo Brasileiro de 2010. Espírito Santo: IBGE, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/15/11985?localidade1=32&localidade2=29>. Acesso em: 11 mar 2023.

JALA, I.; SILVA, C.; FILHO, J.; OLIVEIRA, E.; NÓBREGA, R.S.A. Seedlings of cassava varieties are responsive to organic fertilization. **Semina: Ciências Agrárias**, v.40, p.2151, 2019.

JONES, D.L.; CROSS, P.; WITHERS, P.J.A.; DELUCA, T.H.; ROBINSON, D.A.; QUILLIAM, R.S.; HARRIS, I.M.; CHADWICK, D.R.; EDWARDS-JONES, G. REVIEW: Nutrient stripping: the global disparity between food security and soil nutrient stocks. **Journal of Applied Ecology**, v.50, n.4, p.851-862, 2013.

KHAN, M.S.; ZAIDI, A.; AHMAD, M.; OVES, M.; WANI, P.A. Plant growth promotion by phosphate solubilizing fungi – current perspective. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v.56, n.1, p.73-98, 2010.

LAWLOR, D.W. Carbon and nitrogen assimilation in relation to yield: mechanisms are the key to understanding production systems. **Journal of Experimental Botany**, v.53, n.370, p.773-787, 2002.

LIMA, K.B.; MARTINS, M.A.; FREITAS, M.S.M.; OLIVARES, F.L. Fungos micorrízicos arbusculares, bactérias diazotróficas e adubação fosfatada em mudas de mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, p.932-940, 2011.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres. **Embrapa Acre; Embrapa Meio Ambiente; Embrapa Semiárido**. p.638p, 2006.

MENDONÇA, V.; PEDROSA, C.; FELDBERG, N.P.; ABREU, N.A.A.D.; BRITO, A. P.F.D.; RAMOS, J.D. Doses de nitrogênio e superfosfato simples no crescimento de mudas de mamoeiro'Formosa'. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, p.1065-1070, 2006.

MOLINA-ROMERO, D.; BAEZ, A.; QUINTERO-HERNÁNDEZ, V.; CASTAÑEDA-LUCIO, M.; FUENTES-RAMÍREZ, L.E.; BUSTILLOS-CRISTALES, M.R.; RODRÍGUEZ-ANDRADE, O.; MORALES-GARCÍA, Y.E.; MUNIVE, A.; MUÑOZ-ROJAS, J. Compatible bacterial mixture, tolerant to desiccation, improves maize plant growth. **PLOS ONE**, v.12, n.11, p.e0187913, 2017.

MOLINA-ROMERO, D.; JUÁREZ-SÁNCHEZ, S.; VENEGAS, B.; ORTÍZ-GONZÁLEZ, C.S.; BAEZ, A.; MORALES-GARCÍA, Y.E.; MUÑOZ-ROJAS, J.A. Bacterial consortium interacts with different varieties of maize, promotes the plant growth, and reduces the application of chemical fertilizer under field conditions. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v.4, 2021.

MOREIRA, F.M.; BRAULIO, C.S.; ANJOS, Â.S.J.C.; SILVA, J.J.; ROCABADO, J. M.A.; NÓBREGA, R.S. A. Seed emergence and development of *Caesalpinia pulcherrima* L. SW. and *Cassia grandis* L. F. in organic substrates. **Revista Árvore**, v.46, p.e4634, 2022.

MOREIRA, F.M.; CAIRO, P.A.R.; BORGES, A.L.; SILVA, L.D.; HADDAD, F. Investigating the ideal mixture of soil and organic compound with *Bacillus* sp. and *Trichoderma asperellum* inoculations for optimal growth and nutrient content of banana seedlings. **South African Journal of Botany**, v.137, p.249-256, 2021.

MOREIRA, F.M.; NÓBREGA, R.S.A.; SANTOS, R.P.; SILVA, C.C.; NÓBREGA, J. C.A. Cultivation of *Caesalpinia pulcherrima* L. sw. in regional substrates. **Revista Árvore**, v.42, 2018.

NASCIMENTO, L.R.; MOREIRA, F.M.; HADDAD, F. Adubação orgânica e inoculação de *Trichoderma asperellum* no crescimento de mudas de bananeira 'brs princesa'. In: **Terra: A Saúde Ambiental para a Vitalidade do Planeta**. Ituiutaba: Barlavento, 2021. p.1307-1320.

OLIVEIRA, J.A.A.; PEREIRA, M.C.T.; NIETSCHE, S.; SOUZA, V.N.R.; J.S. COSTA, I. Aclimatização de mudas micropropagadas de bananeira em diferentes substratos e recipientes. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.9, n.1, p. 72-78, 2014.

OTEINO, N.; LALLY, R.D.; KIWANUKA, S.; LLOYD, A.; RYAN, D.; GERMAINE, K. J.; DOWLING, D. N. Plant growth promotion induced by phosphate solubilizing endophytic *Pseudomonas* isolates. **Frontiers in Microbiology**, v.6, p.745, 2015.

PACHECO, R.S.; BODDEY, R.M.; ALVES, B.J.R.; BRITO FERREIRA, E.P.; STRALIOTTO, R.; ARAÚJO, A.P. Differences in contribution of biological nitrogen fixation to yield performance of common bean cultivars as assessed by the ¹⁵N natural abundance technique. **Plant and Soil**, v.454, n.1, p. 327-341, 2020.

PAIXÃO, J.S.; SILVA, J.R.; RUAS, K.F.; RODRIGUES, W.P.; FILHO, J.A.M.; BERNADO, W.P.; ABREU, D.P.; FERREIRA, L.S.; GONZALEZ, J.C.; GRIFFIN, K. L.; RAMALHO, J.C.; CAMPOSTRINI, E. Photosynthetic capacity, leaf respiration and growth in two papaya (*Carica papaya*) genotypes with different leaf chlorophyll concentrations. **AoB PLANTS**, v.11, n.2, p.plz013, 2019.

RAMOS, C.G.; HOWER, J.C.; BLANCO, E.; OLIVEIRA, M.L.S.; THEODORO, S. H. Possibilities of using silicate rock powder: An overview. **Geoscience Frontiers**, v.13, n.1, p.101185, 2022.

TEAM, R.C.A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. **Available online: [www. R-project. org/](http://www.R-project.org/)** (acesso em 11 julho 2023), 2018.

SANTOS, R.F.; ISOBE, M.T.C.; LALLA, J.G.; HABER, L.L.; MARQUES, M.O.M.; MING, L. C. Composição química e produtividade dos principais componentes do óleo essencial de *Baccharis dracunculifolia* DC. em função da adubação orgânica. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.14, p.224-234, 2012.

SAYRE, R.; BEECHING, J.R.; CAHOON, E.B.; EGESI, C.; FAUQUET, C.; FELLMAN, J.; FREGENE, M.; GRUISSEM, W.; MALLOWA, S.; MANARY, M.; MAZIYA-DIXON, B.; MBANASO, A.; SCHACHTMAN, D.P.; SIRITUNGA, D.; TAYLOR, N.; VANDERSCHUREN, H.; ZHANG, P. The BioCassava plus program: biofortification of cassava for sub-Saharan Africa. **Annual review of plant biology**, v.62, p.251-272, 2011.

SHI, C.H.; WANG, X.Q.; JIANG, S.; ZHANG, L.Q.; LUO, J. Revealing the role of the rhizosphere microbiota in reproductive growth for fruit productivity when inorganic fertilizer is partially replaced by organic fertilizer in pear orchard fields. **Microbial Biotechnology**, v.16, n.6, p.1373-1392, 2023.

SOUSA, J.X. **Promoção do crescimento vegetal por bactérias diazotróficas no**

feijão-caupi. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, Brasil. 2017. Dissertação (Mestrado em Solos e Qualidade de Ecossistemas). Disponível:

https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=6134874. Acesso em 15 abri. 2023.

TIAN, S.; ZHU, B.; YIN, R.; WANG, M.; JIANG, Y.; ZHANG, C.; LI, D.; CHEN, X.; KARDOL, P.; LIU, M. Organic fertilization promotes crop productivity through changes in soil aggregation. **Soil Biology and Biochemistry**, v.165, p.108533, 2022.

TUTEJA, N. Mechanisms of High Salinity Tolerance in Plants. **Methods in Enzymology**, v.428, p.419-438, 2007.

STRAATEN, P.V. **Agrogeology: the use of rocks for crops**. Ontario, CA: Enviroquest, 2007.

ZHANG, X.; WOLLENWEBER, B.; JIANG, D.; LIU, F.; ZHAO, J. Water deficits and heat shock effects on photosynthesis of a transgenic *Arabidopsis thaliana* constitutively expressing ABP9, a bZIP transcription factor. **Journal of Experimental Botany**, v.59, n.4, p.839-848, 2008.