



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE JURUTI
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

JOSIEL PEREIRA LIMA

**AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE CULTIVAR DE
MARACUJAZEIRO AMARELO (*Passiflora edulis*) COM DIFERENTES
DOSES DE ESTRUVITA EXTRAÍDA DO EFLUENTE BRUTO DA
PISCICULTURA**

JURUTI - PARÁ
2023



JOSIEL PEREIRA LIMA

**AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE CULTIVAR DE
MARACUJAZEIRO AMARELO (*Passiflora edulis*) COM DIFERENTES
DOSES DE ESTRUVITA EXTRAÍDA DO EFLUENTE BRUTO DA
PISCICULTURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para a obtenção do grau de Bacharel em Agronomia, no Campus Universitário de Juruti, na Universidade Federal do Oeste do Pará.

Área de concentração: Ciências Agrárias

Orientadora: Dayse Drielly Souza Santana Vieira

Coorientadora: Celeste Queiroz Rossi

**JURUTI - PARÁ
2023**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA**

L732a Lima, Josiel Pereira
Avaliação do desenvolvimento inicial de cultivar de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis*) com diferentes doses de estruvita extraída do efluente bruto da piscicultura / Josiel Pereira Lima – Juruti, 2023.
40 p. : il.
Inclui bibliografias.

Orientador: Dayse Drielly Souza Santana Vieira
Coorientador: Celeste Queiroz Rossi
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Campus Universitário de Juruti, Bacharelado em Agronomia.

1. maracujá. 2. biofertilizante. 3. fósforo. I. Vieira, Dayse Drielly Souza Santana, *orient.*
II. Rossi, Celeste Queiroz, *coorient.* III. Título.

CDD: 23 ed. 634.425

Bibliotecária - Documentalista: Maria de Nazaré Eleutério de Brito – CRB/2 1244


JOSIEL PEREIRA LIMA

**AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE CULTIVAR DE
MARACUJAZEIRO AMARELO (*Passiflora edulis*) COM DIFERENTES
DOSES DE ESTRUVITA EXTRAÍDA DO EFLUENTE BRUTO DA
PISCICULTURA**


Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para
obtenção do grau de Bacharel em Agronomia, no
Campus Universitário de Juruti, na Universidade
Federal do Oeste do Pará.

Conceito: **APROVADO**


Data da Aprovação: **19/01/2023**

Documento assinado digitalmente
 DAYSE DRIELLY SOUZA SANTANA VIEIRA
Data: 02/02/2023 22:17:28-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof^a. Dr^a. Dayse Drielly Souza Santana Vieira - Orientadora
Universidade Federal do Oeste do Pará - Campus Universitário de Juruti (UFOPA/CJUR)

Documento assinado digitalmente
 MICHELLY RIOS AREVALO
Data: 03/02/2023 10:02:47-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. Michelly Rios Arévalo
Universidade Federal do Oeste do Pará - Campus Universitário de Juruti (UFOPA/CJUR)

Documento assinado digitalmente
 FABIO DE LIMA GURGEL
Data: 03/02/2023 09:52:17-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Dr. Fábio de Lima Gurgel
Embrapa Amazônia Oriental

Este trabalho dedico à minha avó que me ensinou a ler; aos meus pais por todo incentivo, dedicação e amor; aos meus amigos, de forma particular ao Rubens (*in memória*); e a todos que de alguma maneira contribuíram para a minha formação.

AGRADECIMENTOS

A DEUS, que em seu infinito amor e misericórdia, deu-me força e coragem para superar todos os obstáculos e dificuldades enfrentadas durante o curso e, que nos momentos mais difíceis, me socorreu espiritualmente, dando-me serenidade e forças para continuar.

A minha orientadora, Professora Dr^a Dayse Drielly, que se dispôs a me guiar na execução desse trabalho e que incansavelmente ficou ao meu lado, sanando minhas dúvidas, dando sugestões e me encorajando nos momentos em que o esgotamento estava para me vencer.

A minha Co-orientadora, Professora Dr^a Celeste Rossi, que não mediu esforços para ajudar na execução do experimento e, mesmo cansada, estava sempre pronta a ajudar nas fases do trabalho.

A Prof^a Dr^a Rose Meira (ICTA/UFOPA) pela disponibilização do material da estruvita utilizado no experimento e a toda sua equipe pela ajuda. Vale ressaltar, que esse trabalho é fruto do Projeto integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão (PEEX/UFOPA - 2021), desenvolvido em parceria da Prof^a Dr^a Rose Meira (ICTA/UFOPA), e das professoras Dr^a Celeste Rossi e Dr^a Dayse Drielly Vieira, ambas do CJUR/UFOPA.

A minha família, minhas irmãs, meu irmão e de modo particular aos meus pais, seu José e dona Shirlei, que sempre estiveram ao meu lado, sempre me incentivaram a estudar “para ser alguém na vida” e, se isso fiz, foi para poder retribuir tudo o que sacrificaram em suas vidas para que eu pudesse chegar até aqui.

A Universidade Federal do Oeste do Pará, que mesmo em meio as inúmeras dificuldades, trouxe um Campus Universitário para esta cidade, dando possibilidade a filhos de agricultores realizarem um curso de graduação.

Aos ilustres e corajosos professores e professoras, que aceitaram o desafio de vir trabalhar no interior da Amazônia e aqui desempenharam o trabalho de nos formar com total maestria.

A Joelma e Ozilene, que foram minhas parceiras na execução do experimento e que, sem elas, seria mais difícil obter êxito neste trabalho.

A Yves Caroline, que sempre me ajudou com as disciplinas que eu tive dificuldade, eterna gratidão por toda ajuda.

Aos meus colegas de turma, que estiveram sempre presentes durante esses 5 anos, de modo particular ao Iago e a Andreysse que, nesse período, tornaram-se mais que amigos... com vocês foi mais leve todo esse tempo.

Aos meus amigos Paulo's, Paula, Ana, Dhey, Rary, Whitalo, Diego, Beбето, Miller que, desde o momento em que recebi a notícia de minha aprovação no processo seletivo, me apoiaram e sempre me fizeram acreditar que eu era capaz, saibam que essa conquista é nossa.

Rubens, meu amigo, eu não poderia deixar de agradecer você, por ter vibrado muitas vezes comigo e que, se ainda estivesse neste mundo, certamente estaria comemorando mais essa conquista. Te levarei pra sempre (em meu coração) e, mesmo você não estando fisicamente aqui, vou acreditar que você estará ao meu lado em espírito.

Agradecer se torna difícil de escrever, não por ser difícil expressar o ato de agradecer, mas sim pela busca das palavras certas para expressar toda a gratidão àqueles que nos acompanharam em nossa caminhada.

Assim finalizo agradecendo a todos que de alguma forma fizeram parte dessa jornada.

RESUMO

De acordo com dados da ONU (2019), a população mundial continuará crescendo, e até 2050 atingirá 9,7 bilhões de pessoas, e a produção de alimentos suficiente para todos continua sendo uma das preocupações centrais. Dessa forma, são necessários o desenvolvimento de mecanismos que viabilizem uma produção capaz de suprir a necessidade populacional, associado a preservação ambiental. Nesse contexto, a estruvita extraída do efluente oriundo da piscicultura, é uma alternativa para fornecer fósforo às plantas, sem que haja esgotamento das reservas minerais usadas na fabricação de fertilizantes. Além disso, é necessário o incentivo à produção de culturas que viabilizem a manutenção do homem no campo, gerando emprego e renda durante quase todo o ano, a exemplo do maracujá. Assim sendo, o presente estudo teve como objetivo avaliar o desenvolvimento inicial de mudas de maracujazeiro submetidas a diferentes doses de estruvita extraída da piscicultura. Esta pesquisa é do tipo exploratória e experimental, sendo o primeiro teste agrônômico realizado com o material extraído da piscicultura. A precipitação da estruvita foi realizada no laboratório de Química Aplicada à Toxicologia Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos da UFOPA, em Santarém. O experimento agrônômico ocorreu na casa de vegetação II, no Campus Universitário de Juruti (CJUR/UFOPA), em DIC, com 5 tratamentos e 6 repetições cada. A cultivar de maracujá utilizada foi o híbrido BRS Gigante Amarelo, e os tratamentos seguiram a recomendação de adubação do estado do Pará para a cultura: T1 - 100% da dose de estruvita; T2 - 50% da dose de estruvita; T3 - 100% da dose de NPK (com as mesmas proporções de fósforo da estruvita); T4 - 50% da dose de NPK; e T5 - testemunha (sem aplicação de adubação). As plantas foram avaliadas semanalmente durante 45 dias, quanto a altura, o número de folhas e o diâmetro do caule. Aos 44 dias foram mensuradas as trocas gasosas (A, Gs e E). E, aos 45 dias, utilizando metodologia destrutiva, foram mensuradas a massa fresca e seca da parte aérea e da raiz, o volume da raiz e o número de brotações laterais. Os dados foram submetidos à análise de variância, e a comparação das médias foi realizada pelo teste Tukey, no software SISVAR. De modo geral, os resultados obtidos mostram que a estruvita oriunda da piscicultura, é uma alternativa viável para o fornecimento de fósforo para a cultura do maracujá, visto que apresentou resultados satisfatórios relacionados ao desenvolvimento das plantas. Contudo, os tratamentos T1 e T2, com 100% e 50% de estruvita, apresentaram um maior número de brotações, clorose foliar e maior quantidade de fósforo disponível no solo. Ao associar estas variáveis, é possível que tenha ocorrido um excesso de fósforo nas plantas, provocando tais

sintomas. Diante disso, testes adicionais com menores proporções da estruvita extraída da piscicultura são necessários para avaliar o tipo de fósforo disponível para às plantas, bem como a dosagem adequada para cultura do maracujá.

Palavras-chave: Maracujá. Biofertilizante. Fósforo. Produção de Mudas.

ABSTRACT

According to UN data (2019), the world population will continue to grow, and by 2050 it will reach 9.7 billion people, and the production of enough food for everyone remains one of the central concerns. Thus, it is necessary to develop mechanisms that enable production capable of meeting population needs, associated with environmental preservation. In this context, struvite extracted from the effluent from fish farming is an alternative to supply phosphorus to plants, without depleting the mineral reserves used in the manufacture of fertilizers. In addition, it is necessary to encourage the production of crops that make it possible for people to remain in the countryside, generating jobs and income throughout most of the year, such as passion fruit. Therefore, the present study aimed to evaluate the initial development of passion fruit seedlings submitted to different doses of struvite extracted from psiculture. This research is exploratory and experimental, being the first agronomic test carried out with material extracted from psiculture. The precipitation of struvite was carried out at the laboratory of Chemistry Applied to Toxicology, Environmental Sanitation and Water Resources of UFOPA, in Santarém. The agronomic experiment took place in the greenhouse II, at the University Campus of Juruti (CJUR/UFOPA), in DIC, with 5 treatments and 6 repetitions each. The passion fruit cultivar used was the hybrid BRS Gigante Amarelo, and the treatments followed the fertilization recommendation of the state of Pará for the crop: T1 - 100% struvite dose; T2 - 50% of struvite dose; T3 - 100% of the NPK dose (with the same struvite phosphorus proportions); T4 - 50% of the NPK dose; and T5 - witness (without application of fertilizer). Plants were evaluated weekly for 45 days, regarding height, number of leaves and stem diameter. At 44 days, gas exchanges (A, Gs and E) were measured. And, at 45 days, using destructive methodology, the fresh and dry mass of the shoot and root, the root volume and the number of lateral shoots were measured. Data were submitted to analysis of variance, and comparison of means was performed using the Tukey test, in the SISVAR software. In general, the results obtained show that struvite derived from psiculture is a viable alternative for the supply of phosphorus for the passion fruit crop, since it presented satisfactory results related to the development of the plants. However, treatments T1 and T2, with 100% and 50% struvite, showed a greater number of shoots, leaf chlorosis and a greater amount of phosphorus available in the soil. By associating these variables, it is possible that there was an excess of phosphorus in the plants, causing such symptoms. In view of this, additional tests with smaller proportions of struvite extracted from

fish farming are necessary to evaluate the type of phosphorus available to the plants, as well as the appropriate dosage for the passion fruit crop.

Keywords: Passion fruit. Biofertilizer. Phosphor. Seedling production.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 Importância da produção de maracujá	13
2.2 Necessidades nutricionais das plantas de maracujá	14
2.3 Crescimento populacional e esgotamento das reservas minerais.....	15
2.4 Adubação alternativa	17
3 CAPÍTULO 1	19
3.1 Introdução	21
3.2 Material e Métodos	22
3.3 Resultados e discussão	25
3.4 Conclusão	32
REFERÊNCIAS.....	33
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	36
REFERÊNCIAS.....	36

1 INTRODUÇÃO

Maracujá é uma denominação geral dada ao fruto e à planta de várias espécies do gênero *Passiflora* (FALEIRO *et al.*, 2016). Apesar do vasto número de espécies de maracujá, os cultivos para fins comerciais no Brasil baseiam-se em uma única espécie, o maracujá-amarelo ou azedo (*Passiflora edulis*), que corresponde mais de 95% dos pomares dentro do território nacional brasileiro, e isso se dá devido a qualidade dos frutos, o vigor da espécie, a produtividade e rendimento em suco (MELETTI; BRÜCKNER, 2001).

Segundo PIRES *et al.* (1993), somente no ano de 1870 a exploração econômica do maracujá no Brasil se intensificou, com a comercialização do fruto. Já RIZZI *et al.* (1998), diz que a cultura adquiriu expressão econômica a partir de 1986, quando a ampliação significativa na área cultivada e na produção conduziu à profissionalização da atividade.

Apesar da diferença de anos relatadas pelos autores, observa-se que o cultivo do maracujá no Brasil cresceu significativamente, colocando o país na primeira posição do ranking mundial de produção e comercialização do fruto. Este fato continua sendo comprovado por meio do levantamento realizado em 2020, onde os dados mostram que foi colhido no território nacional mais de 46 mil hectares, com uma produção de mais de 690 mil toneladas, com destaque para a região Nordeste do país, que possui a maior produção (IBGE, 2020). Além disso, o cultivo do maracujá apresenta grande importância social e econômica, devido sua produção proporcionar oportunidade de empregos no campo, tornando-se uma alternativa de geração de renda para a agricultura familiar (FALEIRO *et al.*, 2016).

A cultura do maracujá é exigente quanto aos seguintes macronutrientes: nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca), enxofre (S), fósforo (P) e magnésio (Mg) (BORGES *et al.*, 2016). Alguns desses são extraídos de reservas finitas, como por exemplo, o fósforo (P), que segundo Dawson e Hilton (2010) estimam que suas reservas acabariam em 400 anos.

Considerando que, a população mundial até 2050 atingirá 9,7 bilhões de pessoas no planeta, a produção de alimentos suficiente para todos, continua sendo uma das preocupações centrais (ONU, 2019). Dessa forma, são necessárias alternativas que viabilizem a produção de alimentos suficiente para suprir a necessidade populacional, sem que haja esgotamento das reservas minerais usadas na fabricação de fertilizantes, uma vez que, a necessidade destes aumenta quando ocorre maior demanda da produção (BRUINSMA *et al.*, 2012).

Nesse contexto, a produção de fertilizantes fosfatados é proveniente de reservas minerais não renováveis, podendo assim se esgotar. À vista disso, a diminuição da necessidade de fertilizantes oriundos de tais fontes se torna uma questão estratégica, visando que poucos são os países que possuem reservas de rochas fosfáticas (RECH, 2017). Existe uma preocupação não apenas com as fontes de fósforo (P) para produção de fertilizantes, mas também com soluções para melhorar a eficiência de uso deste nutriente pelas plantas. As fontes de fósforo que são usadas na agricultura oferecem baixa eficiência de aproveitamento pelas plantas devido a sua interação com o solo, envolvendo as reações de adsorção e precipitação (NOVAIS *et al.*, 2007). É importante observar que essas preocupações são bastantes pertinentes também para a região amazônica, pois os solos da região são ácidos e pobres em nutrientes (VIEIRA & SANTOS, 1987).

Com base na problemática apresentada, embora ainda não sejam consideradas a dimensão exata dela, já estão surgindo algumas pesquisas para o desenvolvimento eficiente na recuperação de fósforo (P). Alguns estudos estão cada vez mais focados em achar soluções, inclusive, tendo potencial promissor, que é a recuperação de estruvita (cristais de fosfato de amônio e magnésio ricos em P) de águas residuais urbanas e de gado (REINDL, 2007; ESCOPO, 2004). A cristalização e recuperação de estruvita é um processo tecnológico promissor que tem o potencial para remover o fósforo de subprodutos de águas residuais de forma mais eficiente e fornecer uma fonte alternativa de fertilizante fosfatado (JAFFER *et al.*, 2002).

Uma das fontes da produção de estruvita a ser considerada, é a de dejetos oriundos da piscicultura, que é um dos ramos da aquicultura que vem ganhando destaque no Brasil nos últimos anos. Segundo a FAO (2016), no ano de 2014 a produção mundial de pescado chegou a, aproximadamente, 167 milhões de toneladas, sendo que 73,8 milhões de toneladas foram provenientes da aquicultura. O Brasil produziu cerca de 561 mil toneladas (ocupando a 13ª posição no ranking geral), o que evidencia o grande potencial deste sistema no que se refere a reciclagem de fósforo (P) por meio de seus resíduos.

Neste sentido, o objetivo principal deste trabalho é avaliar a potencialidade da estruvita, oriunda do tratamento dos efluentes da piscicultura, como fertilizantes para o desenvolvimento inicial de mudas de maracujazeiro.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Importância da produção de maracujá

Segundo Campos *et al.* (2014), o maracujá é originário da América Tropical, provavelmente o país de origem seja o Brasil (EMBRAPA, 2022). As primeiras citações referentes ao gênero *Passiflora*, foi feita lá no século XVI, citações estas que podem ser encontradas na obra “Tratado descritivo do Brasil”, do ano de 1587, na qual o autor português Gabriel Soares de Sousa fez menção ao maracujá, descrevendo algumas características da planta, descritas por ele como exóticas, com diversas potencialidades alimentares, ornamentais e medicinais.

Em um livro elaborado pelo Instituto Cepa/SC, Reiter (1998) escreve sobre a caracterização do maracujazeiro, como uma planta trepadeira vigorosa da família das passifloráceas, que pode chegar a atingir de cinco a dez metros de comprimento. A propagação do maracujazeiro pode ser dada de forma assexuada, por meio da estaquia e enxertia. Entretanto, desde a década de 1970 a forma de propagação mais utilizada é por meio de sementes, haja vista que apresenta menores custos de produção e menor tempo para a formação e plantio das mudas (PIRES; JOSÉ; CONCEIÇÃO, 2011). No Brasil, das inúmeras espécies conhecidas, apenas três são cultivadas: o maracujá amarelo (*Passiflora edulis*), o doce (*Passiflora alata*) e o roxo (*Passiflora edulis* Sims). Dessas, somente o maracujá amarelo tem expressão comercial (REITER, 1998). Campos *et al.* (2007) dizem que, mais de 150 espécies são nativas do Brasil e, dentre essas, o maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis*) é a mais importante, representando 95% dos pomares comerciais.

A cultura é uma das frutíferas que ganhou destaque no decorrer dos anos e se tornou uma cultura de grande importância econômica e social no Brasil. Este ocupa o primeiro lugar no ranking mundial de países produtores de maracujá, sendo que a cultura continua em expansão, tanto para a produção do fruto para ser consumido “*in natura*”, como para a produção de suco e para o uso na área de cosméticos, farmacêutica e paisagismo (EMBRAPA, 2022).

De acordo com dados fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020), o Brasil colheu em 2020 uma área de aproximadamente 46.436 hectares, com uma produção por volta de 690.364 toneladas, destacando a região Nordeste como a maior produtora. Em meados dos anos 90, o Pará alcançou destaque como um dos maiores estados

produtores de maracujá do país, com uma produção que atingia percentuais superiores a 30%. No ano de 1992 chegou a produzir aproximadamente 200.000 t, representando 48% da produção nacional naquele ano (PIRES *et al.*, 2011).

Pires *et al.* (2011) relatam que mesmo o estado tendo potencial produtivo para a cultura, a partir do ano de 1992 houve ano a ano a redução do volume de produção no estado e que em 2009, a representou cerca de 4% do total brasileiro apenas. Segundo dados colhidos pelo IBGE no ano de 2020, a região Norte representa 5,2% da produção de maracujá do Brasil, e o estado do Pará teve uma área colhida de 1.611 hectare, com uma produção de 15.105 toneladas do fruto.

No livro “maracujá 500 perguntas e 500 respostas”, elaborado pela Embrapa, Faleiro *et al.* (2016) relatam a grande importância social do maracujá, pois devido ao grande cultivo da cultura, é possível gerar inúmeros empregos no campo, além de movimentar o setor de venda de insumos agrícolas, e ser uma importante opção na geração de renda para micro, pequenos, médios e grandes fruticultores.

2.2 Necessidades nutricionais das plantas de maracujá

Borges *et al.* (2016) falam sobre as exigências nutricionais da cultura do maracujá e elencam de forma decrescente a ordem a necessidade dos macronutrientes: (N) nitrogênio, (K) potássio, (Ca) cálcio, (S) enxofre, (P) fósforo e (Mg) magnésio. Elencam ainda os micronutrientes exigidos pela cultura, que são: manganês (Mn), ferro (Fe), zinco (Zn), boro (B), cobre (Cu), além do cloro (Cl) e do molibdênio (Mo).

Nesse contexto, Borges *et al.* relataram a importância do fósforo (P) para a cultura, mostrando que ele trabalha diretamente na estimulação para o desenvolvimento do sistema radicular do maracujazeiro. Mesmo que a exigência seja relativamente menor comparado com o N e o K, esse nutriente é de crucial importância na etapa inicial do pomar, que é quando o sistema radicular da planta se encontra em desenvolvimento inicial. Por esse motivo, a adubação fosfatada no início do desenvolvimento da muda é fundamental para o plantio de uma muda de qualidade, visando o desenvolvimento e o estabelecimento do pomar.

A fim de assegurar um estabelecimento dos pomares com boas produtividades, as muitas fases de desenvolvimento da cultura, exigem o suprimento de nutrientes em dosagens suficientes e formas assimiláveis pelas plantas (MARSCHNER, 2005). O suprimento de P à

cultura é de fundamental importância para que se alcance produtividades economicamente rentáveis (ARAÚJO NETO *et al.*, 2005). Ele é um elemento de grande importância no crescimento inicial das plantas por atuar no processo de armazenamento e transferência de energia, estando diretamente envolvido na absorção ativa de nutrientes (MARSCHNER, 2005), apesar de as quantidades de P requeridas pelo maracujazeiro amarelo sejam de modo relativamente pequenas, em relação aos principais macronutrientes, N e K (BRASIL; NASCIMENTO, 2010; CAVALCANTE *et al.*, 2012).

Um dos principais fatores que pode causar baixa produtividade do maracujazeiro é a não utilização de tecnologias do sistema de produção, como a adequada correção da acidez e da fertilidade do solo onde será implantada a cultura, podas, adubação de cobertura, polinização adequada, irrigação ou fertirrigação, e o controle fitossanitário (FALEIRO *et al.*, 2016)

2.3 Crescimento populacional e esgotamento das reservas minerais

A população mundial continua a crescer, embora em um ritmo mais lento, se comparado a qualquer momento desde 1950, devido aos níveis reduzidos de fecundidade. Havia uma estimativa de 7,7 bilhões de pessoas em todo o mundo no ano de 2019, a projeção de variação média indica que a população global pode crescer para cerca de 8,5 bilhões em 2030, 9,7 bilhões em 2050, atingindo 10,9 bilhões em 2100 (ONU, 2019). Esse crescimento populacional vem acompanhado da necessidade de um aumento na produção de alimentos para suprir a necessidade da população dos países e, conseqüentemente, prever-se que haverá um crescimento na demanda do uso de fertilizantes (BRUINSMA *et al.*, 2012).

A produção de alimentos requer a aplicação de fertilizantes contendo fósforo, nitrogênio e potássio em campos agrícolas para sustentar o rendimento das culturas. No entanto, a agricultura moderna depende do fósforo derivado da rocha fosfática e, devido a isso, surge uma preocupação, pois segundo previsões feitas por Dawson e Hilton (2010) as reservas de rochas fosfatadas durariam por apenas mais 400 anos. Eles tiveram como embasamento uma grande revisão dos recursos globais de minério de rocha fosfática (RP) e fosfato, que foi realizada pelo Centro Internacional de Desenvolvimento de Fertilizantes (IFDC) e publicada em setembro de 2010 (IFDC, 2010).

Stolzenngurg *et al.* (2015) vem nos dizer que, a agricultura moderna é extremamente dependente do fósforo. A reutilização de nutrientes precipitados é vista como uma solução

estratégica para solucionar problemas ambientais em escala mundial. Uma agricultura mais sustentável reduziria significativamente os impactos ao meio ambiente tais como a eutrofização, o esgotamento de recursos e a redução da biodiversidade, tais como ocorre em sua maioria com às práticas agrícolas atuais. Nesse ponto, o escoamento agrícola e a remoção de nutrientes ineficientes durante o tratamento de águas residuais podem levar a um aumento das concentrações de nutrientes dos corpos aquáticos (NANCHARAIHA, 2016).

Vale ressaltar, que não existe uma solução única e rápida para a atual dependência da rocha fosfática para fertilizantes fosfatados. Embora ainda que poucas, já existem tecnologias e opções de políticas que atualmente estão em diferentes estágios de desenvolvimento, desde pesquisa à demonstração e implementação, que podem atender às necessidades futuras de fertilizantes fosfatados para a produção global de alimentos. A implementação dessas medidas exigirá inevitavelmente uma abordagem integrada que vá além do foco atual na redução do vazamento de fósforo agrícola nas vias navegáveis (CORDELL *et al.*, 2009).

Cordell *et al.* (2009) falam ainda que apesar do aumento da demanda global por rocha fosfática não renovável e do papel crítico da rocha fosfática na produção de alimentos, a escassez global de fosfato está ausente dos debates dominantes sobre segurança alimentar global e mudança ambiental global. Assim sendo, à medida que aprendemos com as mudanças climáticas e a escassez global de água, é necessário um prazo maior para lidar com a escassez de fosfato. Assim, as organizações globais, de modo geral, precisam considerar os próximos 50 a 100 anos, ao invés de apenas os anos mais próximos, visto que alguns problemas ambientais globais ocorrem devido à falta de ajuste entre ecossistemas e tais instituições IHDP (2002). Com relação ao fósforo, os arranjos institucionais internacionais existentes são inconsistentes com o ciclo natural do fósforo. Isso é mais evidente na divisão entre o setor agrícola, onde o fósforo é percebido como um fertilizante, e o setor de água e saneamento, onde o fósforo é percebido como um poluente nas águas residuais.

Nesse contexto, essas diferentes visões de um mesmo mineral (fósforo), pode dificultar as oportunidades de encontrar soluções integradas para o problema da escassez, uma vez que é necessário o envolvimento de vários setores. No caso de escassez de fósforo, parte dos recursos e estratégias alternativas estão localizados no setor de saneamento (por exemplo, reaproveitamento de nutrientes), enquanto outros estão localizados no setor

doméstico (por exemplo, redução do desperdício de alimentos, redução do consumo de carne e laticínios etc.) (CORDELL, 2007).

Portanto, apesar de existirem algumas semelhanças significativas na forma como as questões contemporâneas de mudança climática, escassez de água e escassez de fósforo são discutidas e abordadas nos diferentes setores da sociedade, a partir dessas discussões surgem soluções potenciais. Tais soluções podem surgir com base em um esforço conjunto da comunidade global, associado aos levantamentos realizados juntos à comunidade, e integrando tais conhecimentos com os estudos desenvolvidos nas universidades e instituições de pesquisa.

2.4 Adubação alternativa

Pires *et al.* (2008) falam que ao decorrer dos últimos anos, o cultivo do maracujá-amarelo é trabalhado principalmente por pequenos agricultores, especialmente aqueles ligados à agricultura familiar que, de modo geral, dispõe de poucos recursos financeiros para investir na cultura. Nesse sentido, alternativas para diminuir o custo de produção são essenciais para torná-la uma cultura viável. Tratando-se da parte nutricional, uma opção seria a substituição do adubo mineral, que são caros e continuam aumentando o custo devido às questões globais específicas, por produtos de origem vegetal e animal disponíveis nas propriedades ou proximidades. Estes produtos, os biofertilizantes, além de terem preços mais acessíveis ao pequeno produtor, influenciam positivamente com a matéria orgânica nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (PIRES *et al.*, 2008).

Nesse contexto, a utilização de biofertilizantes, seria uma alternativa viável para os produtores da região amazônica, que ao tentarem implantar uma determinada cultura em suas propriedades, deparam-se com solos ácidos, pobres em nutrientes, com teores relativamente altos de Al trocável, baixos valores de soma de bases e de capacidade de troca de cátions (FALESI, 1986a; VIEIRA e SANTOS, 1987).

Uma das opções potenciais para utilização de biofertilizantes, mas que ainda necessita de mais estudos, é a técnica de se obter nutrientes por reciclagem, onde se destaca a formação de estruvita. Esta é considerada uma das estratégias promissoras para a recuperação do fósforo (P) com fertilizante de liberação lenta (YAN e SHIH, 2016). As fontes recicladas de P, como a estruvita adquirida de águas residuárias, têm potencial para

substituir fertilizantes convencionais, ajudando, a longo prazo, a combater a ameaça à segurança alimentar no mundo (TALLBOYS *et al.*, 2016).

A estruvita ($\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) é um composto que provavelmente aumentará em importância nos próximos anos como fertilizante agrícola. As preocupações sobre a contribuição do fósforo (P) para a eutrofização de corpos d'água estão agora resultando em regulamentações mais rígidas de uso e liberação de P para o meio ambiente (CAREY e MIGLIACCIO, 2009) e remoção de águas residuais. Recursos globais limitados de P também favorecem políticas de recuperação de P para reutilização. A recuperação de P por reatores de precipitação para formar estruvita é uma maneira de realizar a remoção de P em uma forma fácil de reutilizar (DURRANT *et al.*, 1999; JAFFER *et al.*, 2002; de-BASHAN e BASHAN, 2004). Esses fatores se traduzem em quantidades crescentes de estruvita de várias qualidades voltando para a cadeia de abastecimento agrícola, visto que o setor que atualmente consome 90% do P extraído (CORDELL *et al.*, 2009; VACCARI, 2009).

A baixa solubilidade da estruvita tem atributos de “liberação lenta” que podem ser vantajosos em comparação com fertilizantes comerciais solúveis, visto que a liberação lenta de nutrientes é benéfica para o sucesso de uma cultura, visto que promove uma baixa toxicidade para raízes de plantas e possibilita uma aplicação única para uma estação de crescimento (BRIDGER *et al.*, 1962). Uma fonte de liberação lenta de P, com uma duração de liberação compatível com a absorção da cultura, também pode ser menos propensa a perdas por escoamento e lixiviação em condições de campo que, embora pequenas demais para serem agronomicamente importantes, podem se tornar um problema ambiental.

3 CAPÍTULO 1

AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE CULTIVARES DE MARACUJAZEIRO AMARELO COM DIFERENTES DOSES DE ESTRUVITA EXTRAÍDA DO EFLUENTE BRUTO DA PISCICULTURA

EVALUATION OF THE INITIAL DEVELOPMENT OF YELLOW PASSION FRUIT CULTIVARS WITH DIFFERENT DOSES OF STRAUVITE EXTRACTED FROM FISH FARMING RAW EFFLUENT

Devido ao processo de patente em andamento, o presente estudo não possui uma data específica para submissão do manuscrito.

RESUMO: Com a crescente demanda por alimentos, mecanismos que viabilizem a produção, sobretudo, de forma sustentável, são necessários. Nesse contexto, a estruvita extraída do efluente da piscicultura, é uma alternativa para fornecer fósforo às plantas. Associados a isso, é necessário o incentivo à produção de culturas que viabilizem a manutenção do homem no campo, gerando emprego e renda durante quase todo o ano, a exemplo do maracujá. Assim sendo, o presente estudo teve como objetivo avaliar o desenvolvimento inicial de mudas de maracujazeiro submetidas a diferentes doses de estruvita extraída do efluente da piscicultura, sendo o primeiro teste agrônômico realizado com este material. A cultivar de maracujazeiro utilizada foi a BRS Gigante Amarelo, com aplicação de 5 tratamentos (100% estruvita, 50% estruvita, 100% NPK, 50% NPK, e testemunha), com 6 repetições cada. O experimento foi implantado em DIC, e as plantas foram avaliadas durante 45 dias, sendo mensurados: altura da planta, número de folhas, diâmetro caulinar, número de brotações laterais, trocas gasosas (A, Gs e E), massa seca e fresca de raiz e parte aérea, volume de raiz e nível de fósforo disponível no solo. Foi observado que os tratamentos T1 e T2, que receberam 100% e 50% da dose de P_2O_5 com estruvita, obtiveram melhores médias nas variáveis nº de folhas, diâmetro do caule, e massa fresca e seca da parte aérea. Contudo, apresentaram um maior número de brotações laterais, menores valores em altura, presença de clorose foliar, e maiores teor de fósforo disponível no solo, o que pode ter gerado um excesso desse nutriente (P) para as plantas. Diante disso, testes adicionais com menores proporções da estruvita extraída do efluente da piscicultura

são necessários para avaliar o tipo de fósforo disponível para às plantas, bem como a dosagem adequada para cultura do maracujá e/ou de outras com interesse agrônômico.

PALAVRAS-CHAVES: Maracujá. BRS Gigante Amarelo. Fósforo. Biofertilizantes. Sustentabilidade.

ABSTRACT: With the growing demand for food, mechanisms that enable production, especially in a sustainable way, are necessary. In this context, struvite extracted from fish farming effluent is an alternative to supply phosphorus to plants. Associated with this, it is necessary to encourage the production of crops that make it possible for people to remain in the countryside, generating jobs and income throughout most of the year, such as passion fruit. Therefore, the present study aimed to evaluate the initial development of passion fruit seedlings submitted to different doses of struvite extracted from the effluent of fish farming, being the first agronomic test carried out with this material. The passion fruit cultivar used was BRS Gigante Amarelo, with the application of 5 treatments (100% struvite, 50% struvite, 100% NPK, 50% NPK, and control), with 6 replications each. The experiment was implanted in DIC, and the plants were evaluated during 45 days, being measured: plant height, number of leaves, stem diameter, number of lateral shoots, gas exchanges (A, Gs and E), dry and fresh mass of root and shoot, root volume and level of available phosphorus in the soil. It was observed that treatments T1 and T2, which received 100% and 50% of the P₂O₅ dose with struvite, obtained better averages in the variables number of leaves, stem diameter, and fresh and dry mass of the aerial part. However, they had a greater number of lateral shoots, lower values for height, presence of leaf chlorosis, and higher levels of available phosphorus in the soil, which may have generated an excess of this nutrient (P) for the plants. In view of this, additional tests with smaller proportions of struvite extracted from the effluent from pisciculture are necessary to evaluate the type of phosphorus available to the plants, as well as the adequate dosage for passion fruit and/or other crops of agronomic interest.

KEYWORDS: Passion fruit. BRS Gigante Amarelo. Phosphor. Biofertilizers. Sustainability.

3.1 Introdução

O Brasil é atualmente o maior produtor e consumidor de maracujá do mundo onde foi colhido no território nacional mais de 46 mil hectares, com uma produção de mais de 690 mil toneladas, com destaque para a região Nordeste, maior produtora (IBGE, 2020). Associado a isso, o cultivo do maracujá apresenta grande importância social e econômica, devido sua produção proporcionar oportunidade de empregos no campo, tornando-se uma alternativa de geração de renda para a agricultura familiar; e também nas cidades, devido a movimentação das lojas de insumos agrícolas e das indústrias de processamento de alimentos, cosméticas e farmacêuticas (FALEIRO *et al.*, 2016).

A cultura do maracujá é exigente quanto aos seguintes macronutrientes: nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca), enxofre (S), fósforo (P) e magnésio (Mg) (BORGES *et al.*, 2016). Considerando o aumento da população mundial até 2050, quando o planeta atingirá 9,7 bilhões de pessoas, a produção de alimentos suficiente para todos continua sendo uma das preocupações centrais (ONU, 2019). Nesse contexto, o desenvolvimento de mecanismos que viabilizem a produção de alimentos suficiente para suprir a necessidade populacional crescente, sem que haja esgotamento das reservas minerais usadas na fabricação de fertilizantes, se torna necessário (BRUINSMA *et al.*, 2012).

Partindo desse ponto, e dando um destaque para adubação fosfática, poucos são os países que possuem reservas de rochas (RECH, 2017) e as fontes de fósforo que são usadas na agricultura oferecem baixa eficiência de aproveitamento pelas plantas devido a sua interação com o solo, envolvendo as reações de adsorção e precipitação (NOVAIS *et al.*, 2007). Diante dessa questão, estudos focados em encontrar soluções viáveis, com potencial promissor, trabalharam com a recuperação de estruvita (cristais de fosfato de amônio e magnésio ricos em P) de águas residuais urbanas e de gado (REINDL, 2007; ESCOPO, 2004).

A cristalização e recuperação de estruvita é um processo tecnológico promissor que tem o potencial para remover o fósforo de subprodutos de águas residuais de forma mais eficiente e fornecer uma fonte alternativa de fertilizante fosfatado (JAFFER *et al.*, 2002). Uma das fontes da produção de estruvita a ser considerada, é a de dejetos oriundos da piscicultura, que é um dos ramos da aquicultura que vem ganhando destaque no Brasil nos últimos anos. Segundo a FAO (2016), no ano de 2014 a produção mundial de pescado chegou a aproximadamente 167 milhões de toneladas, sendo que 73,8 milhões de toneladas

foram provenientes da aquicultura. Atualmente, o Brasil ocupa a 13^a posição no ranking geral, o que evidencia o grande potencial deste sistema no que se refere a reciclagem de fósforo (P) por meio de seus resíduos.

Nesse sentido, a Amazônia é uma região que possui abundância em recursos hídricos e grande biodiversidade de organismos aquáticos (BARBOSA, *et al.*, 2022), sendo a pesca (extrativista e/ou via aquicultura) fonte de renda para muitos ribeirinhos, e o pescado alimento para grande parte da população regional (LUIZ *et al.*, 2022). Em se tratando da região amazônica, a produção de maracujá se torna uma alternativa viável para os pequenos e médios produtores. Contudo, uma das questões preocupantes, são que a maioria dos solos da região são ácidos e pobres em nutrientes (VIEIRA e SANTOS, 1987).

Sabendo-se do potencial da bioeconomia do pescado na região amazônica via desenvolvimento da aquicultura (LUIZ *et al.*, 2022) o objetivo do presente estudo foi avaliar a potencialidade da estruvita oriunda do tratamento dos efluentes da piscicultura como biofertilizante para o desenvolvimento inicial de mudas de maracujá.

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Caracterização química da estruvita e do solo

A estruvita foi obtida a partir do resíduo de uma piscicultura comercial, localizada na cidade de Santarém. O processo de precipitação da estruvita ocorreu no laboratório de Química Aplicada à Toxicologia Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos da UFOPA – Campus Santarém, seguindo a metodologia descrita por Meira *et al.*, 2020. A caracterização química do material precipitado está descrita na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização química da estruvita (%) precipitada do efluente da piscicultura e utilizada no experimento agrônômico para produção de mudas de maracujá.

N total (%)	P ₂ O ₅ Total (%)	P ₂ O ₅ CNA*+Água (%)	P ₂ O ₅ (%)	Mg total (%)	K ₂ O (%)
4,03	28,54	28,38	2,93	9,13	0,71

*CNA: Citrato Neutro de Amônio

O solo utilizado para a montagem do experimento foi um Latossolo amarelo, com textura média, coletado na profundidade de 0-20 cm, na Comunidade de São Pedro, município de Juruti – PA. A caracterização química do solo utilizado no experimento foi realizada de acordo com a metodologia da Embrapa (2017). Na Tabela 2 está apresentado a caracterização química inicial do solo. Com base nos resultados obtidos, foi calculada a necessidade de calagem (NC = 5,64 Mg de calcário por ha) utilizando como referência o Manual de Calagem e Adubação do estado do Pará para a cultura do maracujazeiro para alcançar a saturação de bases de 70% (BRASIL *et al.*, 2020). O solo recebeu a calagem e foi acondicionado em vasos de plástico com capacidade de 5 litros. Após 30 dias da calagem ocorreu o transplântio das mudas de maracujazeiro.

Tabela 2. Resultado da análise da fertilidade do solo utilizado no experimento.

Profundidade	M.O	Ca+Mg	Ca	Al	H+Al	pH	Na	K	P
cm	dag/dm ³	-----Cmol _e /kg-----					(mg/kg)		
0-20	2,8	0,2	0,1	1,6	8,4	4,3	0,0	12,0	3,1

M.O: matéria orgânica.

3.2.2 Implantação e condução do experimento

As atividades foram desenvolvidas no Laboratório Solo-Planta e na casa de vegetação II no Campus Universitário de Juruti, da Universidade Federal do Oeste do Pará (CJUR/UFOPA). A cultivar de maracujá utilizada foi a BRS Gigante Amarelo, uma híbrida, obtida pelo Programa de Melhoramento Genético do Maracujazeiro da Embrapa.

As sementes da cultivar selecionada foram dispostas em sementeiras de plástico flexível, com 50 células e volume de 0,136 litros cada célula, contendo o substrato com mistura padrão de solo com esterco bovino na proporção de 4:1 (4 partes de solo para 1 parte de esterco). A irrigação foi realizada diariamente. Após 30 dias da semeadura, quando as plântulas apresentaram aproximadamente 10 cm de altura, foi realizado o transplântio para os vasos de 5 litros, montados da seguinte forma: i) uma fina camada de brita ao fundo (200 gramas), para evitar acúmulo de água; e ii) o solo calcareado (4,5 quilos).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com 5 tratamentos e 6 repetições cada, totalizando 30 unidades experimentais. Os tratamentos aplicados foram: i) T1 - aplicação de 100% da dose de P₂O₅ com estruvita; ii) T2 - aplicação 50% da dose de P₂O₅ com estruvita como adubação; iii) T3 - aplicação de 100% da dose de

P_2O_5 com NPK 10:28:10; iv) T4 - aplicação de 50% da dose de P_2O_5 com NPK 10:28:10; e v) T5: sem aplicação de adubação (tratamento testemunha). A dose de P_2O_5 utilizada nos tratamentos foi recomendada de acordo com o manual de calagem e adubação do estado do Pará para a cultura do maracujazeiro (BRASIL *et al.*, 2020).

Após aplicação dos tratamentos e transplântio das plântulas, a irrigação ocorreu diariamente. Ao longo dos 45 dias de avaliação do experimento, semanalmente, foram mensuradas as seguintes variáveis: i) Altura da planta (em centímetros) - determinada com o auxílio de uma trena, medindo-se a partir do nível do solo até a extremidade do ramo principal; ii) Diâmetro do caule (em milímetro) - medido através circunferência do caule com um paquímetro digital; e iii) Número de folhas (unidade) - mensurado via contagem manual.

Aos 44 dias de desenvolvimento das plantas após o transplântio, foram mensuradas as trocas gasosas (A – taxa fotossintética; Gs – condutância estomática; e E - transpiração) utilizando um IRGA portátil modelo LCI-T (ADC BioScientific Limited, Reino Unido) a $1000 \mu\text{mol f\acute{o}tons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ de radiação fotossinteticamente ativa (PAR), com temperatura foliar, umidade do ar e concentração de CO_2 ambientes. A medida foi realizada entre 7h:00 e 9h:00 em uma folha completamente expandida de cada planta, sendo 5 plantas por tratamento. A leitura foi gravada quando estavam estabilizados os valores observados.

Ao final dos 45 dias após o transplântio, foi realizada a contagem do número de brotações laterais nas plantas. Além disso, utilizando a metodologia destrutiva, foram avaliadas: peso fresco e seco de parte aérea e raiz, e o volume da raiz. Os pesos fresco e seco foi realizado em balança digital com duas casas decimais. Para definição do peso seco, o material ficou em estufa, com temperatura de 65°C por 72 horas. Para determinação do volume do raiz, foi utilizado o método indireto com uma proveta graduada.

Para a caracterização dos teores de fósforo do solo após o experimento foi utilizado a solução extratora Mehlich 1, com leitura da intensidade da cor do complexo fosfomolibdico produzido pela reação do molibdato com o ácido ascórbico no espectrofotômetro UV-Vis, com comprimento de onda de 660nm (TEIXEIRA *et al.*, 2017).

3.2.3 Análises dos dados

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, utilizando o software SISVAR. Para as

variáveis altura da planta, diâmetro do caule, número de folhas, massa fresca da parte aérea, massa seca da parte aérea, massa fresca da raiz, massa seca da raiz, volume de raiz, número de brotações e teor de fósforo no solo, foram utilizadas 6 repetições por tratamento ($n = 6$). Para às variáveis taxa fotossintética, condutância estomática e transpiração, foram utilizadas 4 repetições por tratamento ($n = 4$).

3.3 Resultados e discussão

Os dados abaixo correspondem aos resultados obtidos no experimento agrônomo para verificação do potencial da estruvita extraída do efluente da piscicultura no desenvolvimento inicial do maracujá. A Figura 1 apresenta os valores médios do número de folhas, diâmetro do caule e altura da planta em 6 mensurações realizadas a cada 7 dias, durante a execução do experimento.

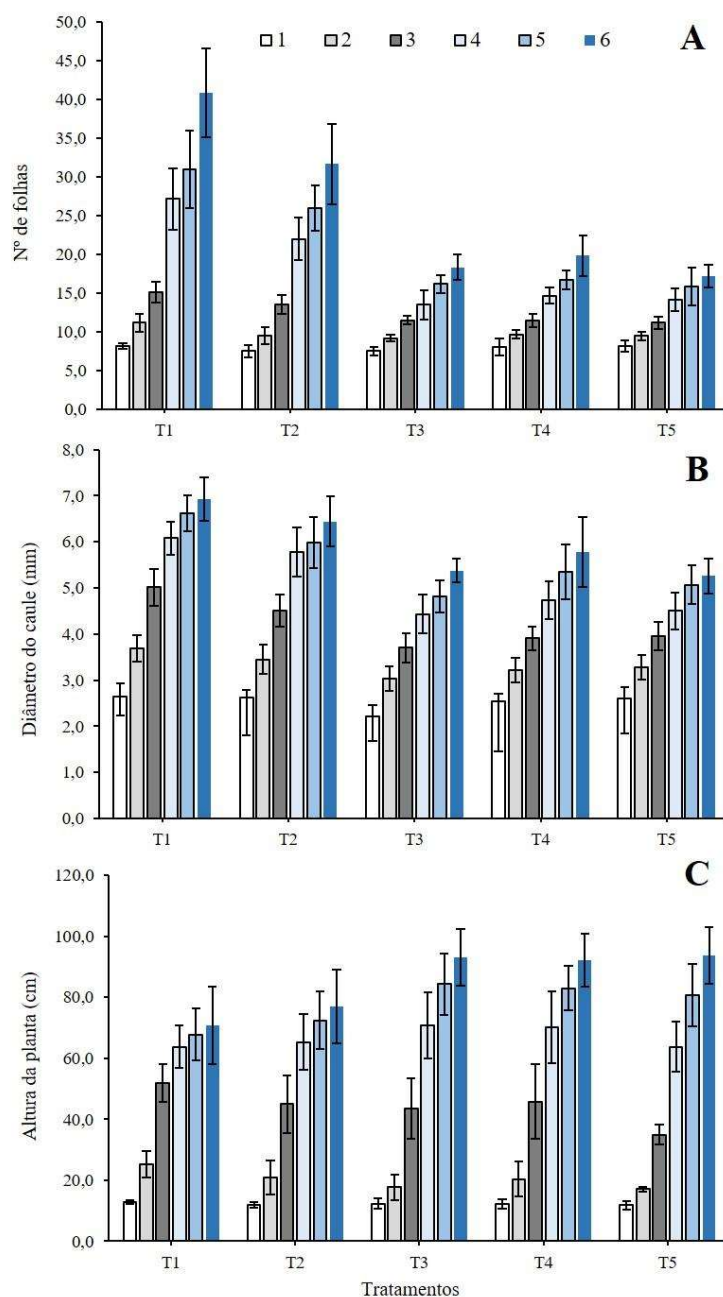
Com base nesses dados é possível observar que os tratamentos T1 e T2 se destacaram em relação ao número de folhas e diâmetro do caule, especialmente observando os dados da 4^a, 5^a e 6^a mensurações. Contudo, estes tratamentos apresentaram valores reduzidos de altura das plantas nas últimas 3 mensurações (4, 5 e 6), quando comparados aos tratamentos T3, T4 e T5.

Associado aos dados da Figura 1, estão apresentados na Tabela 3 os dados da altura, número de folhas, diâmetro do caule e número de brotações aos 45 dias após o transplântio (6^a mensuração), com aplicação do teste de médias. É possível observar que os tratamentos 1 e 2 apresentaram o melhor desempenho nas variáveis n^o de folhas e diâmetro do caule. Contudo, o T1 apresentou o pior desempenho em altura, sendo que o T2 não foi diferente estatisticamente dele, e nem dos demais avaliados (T3, T4, T5). Além disso, ambos, T1 e T2, apresentaram o maior número de brotações laterais, quando comparados aos outros tratamentos.

No trabalho realizado por Souza *et al.*, (2009), eles observaram que após a dose de $1,30 \text{ kg m}^{-3}$ de fósforo, houve um decréscimo na altura das mudas de uvaia, associado ao aumento das doses da adubação fosfatada. Dessa forma, uma das possíveis causas da redução da altura observada nas mudas de maracujá que receberam o tratamento de 100% e 50% da estruvita, T1 e T2, respectivamente, seria o excesso de fósforo presente. É importante também ressaltar, que o maior número de folhas observado nos tratamentos 1 e 2 estão

associados aos maiores números de brotações laterais, também obtidos nos mesmos tratamentos (Tabela 3).

Figura 1. Número de folhas (A), Diâmetro do caule (B) e Altura da planta (C) das mudas de maracujá mensuradas semanalmente, durante os 45 dias de execução do experimento. As barras correspondem aos valores médios ($n = 6$) e a barra de erro ao desvio padrão. Os tratamentos são: T1 = 100% estruvita; T2 = 50% estruvita; T3 = 100% NPK; T4 = 50% NPK; e T5 = testemunha (sem adubação). Os números 1, 2, 3, 4, 5 e 6 correspondem as medidas realizadas.



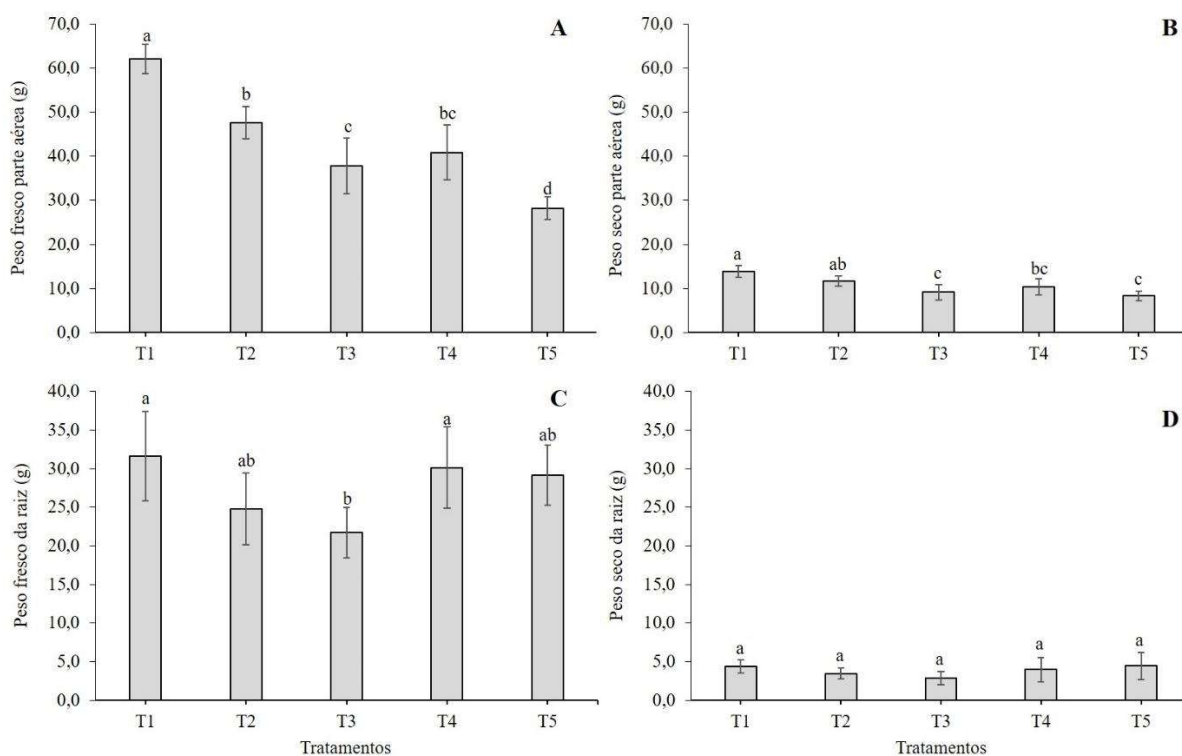
Além disso, no trabalho realizado por Santos *et al.*, (2014), que trabalharam com diferentes fontes e doses de adubação fosfática em maracujá, foi observado um aumento do diâmetro caulinar até a dose máxima estimada de 17,2 g de P_2O_5 cova⁻¹. Contudo, também relataram que ocorre progressiva redução caulinar quando a dose é superior a esta, o que pode ser atribuído ao excesso de fósforo, tendo um efeito deletério no desenvolvimento da planta. No presente estudo, não foi constatado redução do diâmetro caulinar, visto que foram avaliados somente os 45 primeiros dias de desenvolvimento da planta, após o transplantio.

Tabela 3. Altura, Número de folhas, Diâmetro do caule e Número de brotações aos 45 dias após o transplantio das mudas de maracujá. Os valores apresentados correspondem às médias (n = 6) mais ou menos o desvio padrão. Médias seguidas por letras distintas nas colunas, são diferentes estatisticamente pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Os tratamentos são: T1 = 100% estruvita; T2 = 50% estruvita; T3 = 100% NPK; T4 = 50% NPK; T5 = testemunha.

TRATAMENTOS	Nº DE FOLHAS	DIÂMETRO	ALTURA	Nº DE BROTAÇÕES
T1	40,83 ± 5,71 a	6,92 ± 0,47 a	70,67 ± 12,71 b	8,17 ± 2,64 a
T2	31,67 ± 5,20 b	6,44 ± 0,54 ab	77,00 ± 12,03 ab	5,83 ± 1,17 a
T3	18,33 ± 1,63 c	5,38 ± 0,26 c	93,28 ± 9,30 a	1,50 ± 1,05 b
T4	19,83 ± 2,64 c	5,78 ± 0,76 bc	92,17 ± 8,66 a	1,17 ± 0,41 b
T5	17,17 ± 1,47 c	5,26 ± 0,38 c	93,83 ± 9,26 a	0,83 ± 0,75 b

Marschner, (2005) diz que o fósforo é um elemento de grande importância no crescimento inicial das plantas por atuar no processo de armazenamento e transferência de energia, estando diretamente envolvido na absorção ativa de nutrientes. Este fato também foi observado no início do experimento, até a terceira mensuração (Figura 1C), visto que logo após o transplantio das mudas, elas apresentaram um bom desenvolvimento inicial. No entanto, nas mensurações seguintes (4ª mensuração - 21 dias) começaram apresentar um retardo no desenvolvimento da altura, e o surgimento dos brotos nas laterais (associado ao maior nº de folhas – Figura 1A). Este “fenômeno”, possivelmente, pode estar associado ao excesso de P, e possivelmente de N, que já foi justificado em um estudo realizado por Weir & Cresswell (1993), que afirmam que o excesso desses nutrientes pode promover desenvolvimento vegetativo exagerado, como no caso das superbrotas observadas (Tabela 3). Além disso, o excesso de fósforo pode deprimir a fixação de CO₂ e a síntese de amido (MARSCHNER, 1986).

Figura 2. Peso fresco (A) e seco (B) da parte aérea; e Peso fresco (C) e seco (D) da raiz das plantas de maracujazeiro aos 45 dias após o transplântio. As barras correspondem aos valores médios ($n = 6$) e a barra de erro ao desvio padrão. Médias seguidas por letras distintas, são diferentes estatisticamente pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Os tratamentos são: T1= 100% estruvita; T2= 50% estruvita; T3= 100% NPK; T4= 50% NPK; T5= testemunha.

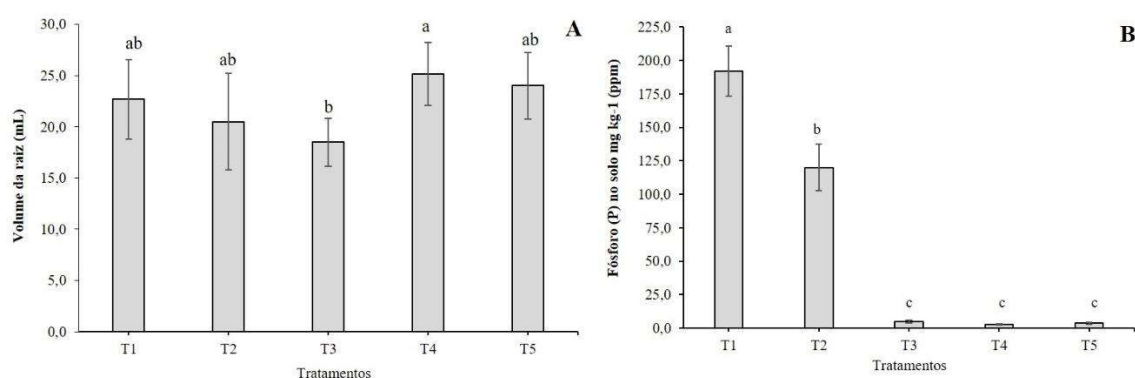


Na figura 2 (A-D) são apresentados os dados referentes ao peso fresco e seco da raiz e parte aérea das mudas de maracujá aos 45 dias após o transplântio. Relacionado ao peso fresco da parte aérea, observa-se que o T1 apresentou a maior média, seguido de T2, que não diferiu estatisticamente de T4, e este que também foi semelhante ao T3. O menor valor foi obtido pelo T5, que não utilizou nenhum tipo de adubação. Já relativo a massa seca da parte aérea, o T1 e T2 apresentaram as maiores médias, não diferindo entre si. Contudo, o T2 também não foi diferente estatisticamente do T4, e este por sua vez, não diferiu do T3 e T5. Em se tratando de alocação de biomassa aérea fresca ou seca, os tratamentos que com utilização da estruvita, apresentaram os melhores resultados.

Relacionado ao peso fresco da raiz (Figura 2C), não ocorreu diferença estatística entre T1, T2, T4 e T5. Entretanto, T2, T3 e T5, também não foram diferentes estatisticamente entre si. Esse mesmo padrão de resultado foi observado ao avaliar o volume de raiz das plantas (Figura 3A). Já observando os valores de peso seco da raiz (Figura 2D), todos os tratamentos foram semelhantes entre si. No estudo realizado por Silva *et al.* (2017),

trabalhando com doses crescentes de fósforo reativo na produção de mudas de maracujá, eles relataram crescimento da massa fresca e seca da raiz e da parte aérea com doses crescentes do adubo. Contudo, eles avaliaram o desenvolvimento por 90 dias, 45 dias a mais do que o avaliado no presente estudo. Apesar de ter sido observado um aumento da parte aérea fresca e seca, o mesmo padrão não foi observado para a raiz das plantas adubadas com a estruvita e/ou NPK, apresentando valores semelhantes ao tratamento testemunha (sem adubação).

Figura 3. Volume de raiz (A) das plantas de maracujazeiro aos 45 dias após o transplantio; e Níveis de fósforo (B) disponíveis no solo após os 45 dias do experimento. As barras correspondem aos valores médios ($n = 6$) e a barra de erro ao desvio padrão. Médias seguidas por letras distintas, são diferentes estatisticamente pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Os tratamentos são: T1= 100% estruvita; T2= 50% estruvita; T3= 100% NPK; T4= 50% NPK; T5= testemunha.

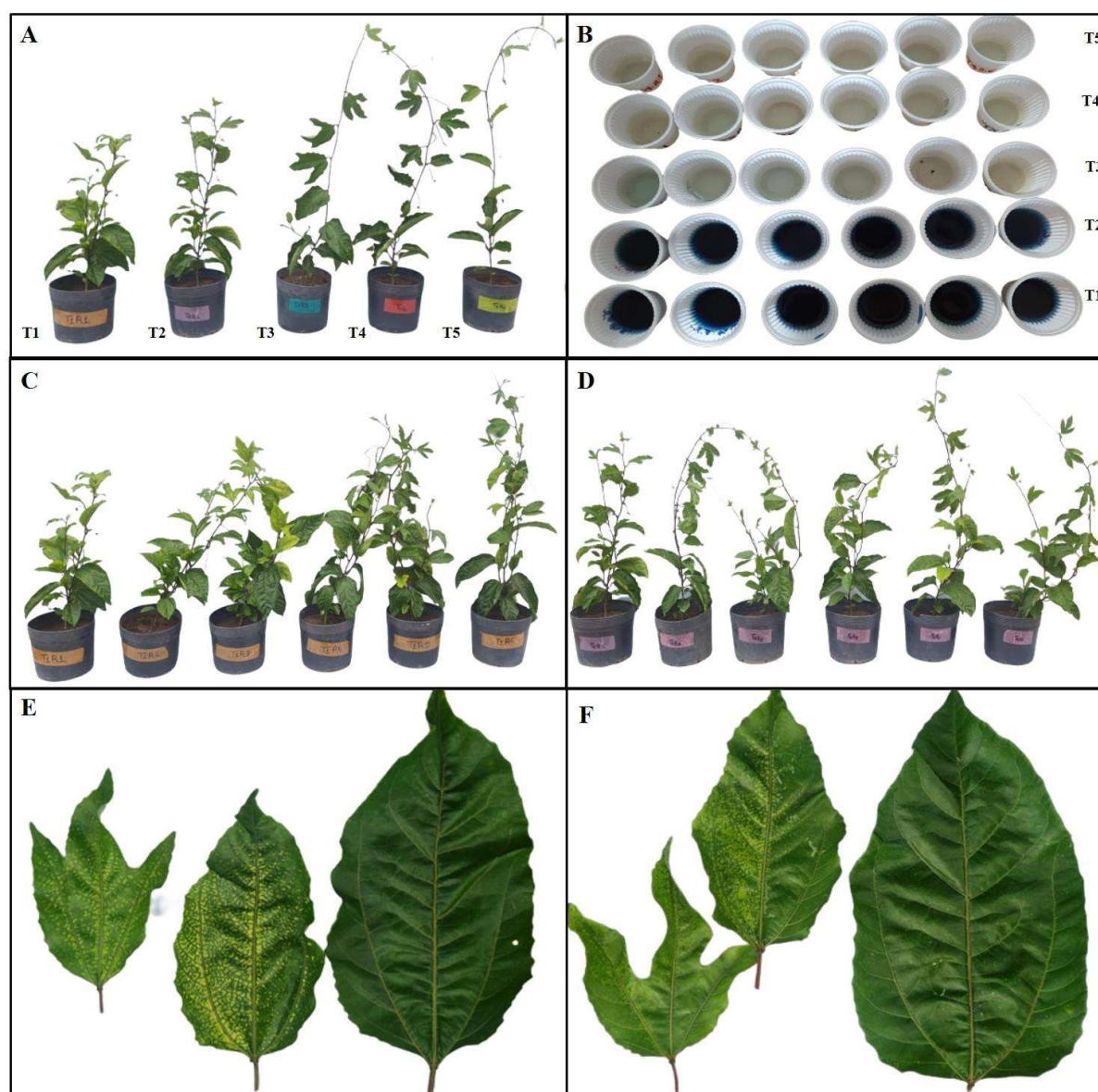


Na Figura 4B são apresentados os níveis de fósforo disponíveis no solo após os 45 dias de implantação do experimento. O T1 apresentou o maior valor, com 191,93 ppm; seguindo por T2, com 120,04 ppm; e T3, T4 e T5 com valores inferiores a 4,90 ppm. Assim sendo, os valores de fósforo disponíveis em T1 são, cerca de 39 vezes superiores aos valores disponíveis em T3, T4 e T5; enquanto T2, ficou cerca de 24,5 vezes em relação aos mesmos tratamentos.

Tais resultados podem justificar os dados anteriormente mostrados sobre superbrotações (Tabela 3), maior número de folhas (Figura 1A e Tabela 3), e peso fresco e seco da parte aérea (Figura 2A-B), visto que estes podem ter ocorrido devido a maior quantidade de fósforo nas plantas. Além desses resultados, na Figura 4 (A-F) apresenta alguns aspectos visuais importantes de serem destacados. Na figura 4A, observa-se que T1 e T2 apresentam menor porte (altura) e maior número de brotações, quando comparado a T3, T4 e T5. Já nas figuras 4C e 4D, que apresentam todas as unidades experimentais do T1

e T2, respectivamente, observa-se uma uniformidade da aplicação do tratamento, bem como uma maior quantidade das brotações. Além disso, é possível observar a presença de folhas com clorose (amareladas), colocadas em destaque nas figura 4E (T1) e 4F (T2).

Figura 4. Desenvolvimento das plantas de maracujazeiro aos 45 dias após o transplante, com os diferentes tratamentos aplicados (A); Reação para determinação dos teores de fósforo disponível no solo (B); Todas as unidades experimentais do tratamento T1 (C); Todas as unidades experimentais do tratamento T2 (D); Clorose nas folhas do tratamento T1 aos 45 dias (E); Clorose nas folhas do tratamento T2 aos 45 dias (F). Os tratamentos são: T1= 100% estruvita; T2= 50% estruvita; T3= 100% NPK; T4= 50% NPK; T5= testemunha.

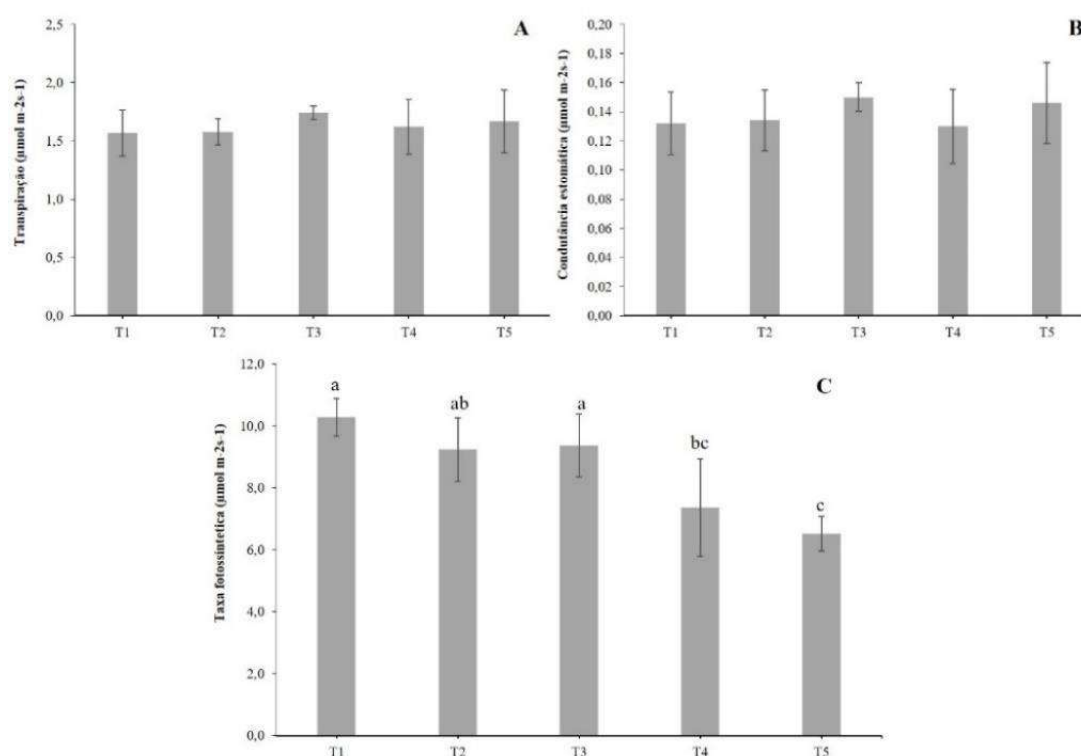


É importante destacar que, assim como o fósforo, o nitrogênio também é disponibilizado pela estruvita precipitada (Tabela 1). Filgueira (2000) diz que o nitrogênio é

o nutriente constituinte da proteína e das clorofilas e que, portanto, quando há um fornecimento adequado de nitrogênio favorece o crescimento vegetativo, expande a área fotossintética ativa e eleva o potencial produtivo da cultura, beneficiando especialmente hortaliças herbáceas por constituírem de folhas, hastes tenras e inflorescências.

Na Figura 5 são apresentados os dados relacionados as trocas gasosas (A – taxa fotossintética; Gs – condutância estomática; E – transpiração), das mudas de maracujazeiro aos 44 dias de desenvolvimento após o transplantio. Não ocorreram diferenças significativas entre Gs e E para os tratamentos avaliados. Contudo, para a taxa fotossintética, observou-se que T1, T2 e T3 apresentaram maiores médias, seguidos de T4, que não foi diferente estatisticamente de T2; e na sequência, T5, que se comportou semelhante a T4. Assim, em acordo ao que foi afirmado por Filgueira (2000), verifica-se que os tratamentos com a estruvita, com fornecimento de fósforo e nitrogênio (em menor quantidade), se comportou semelhante ao T3, com a dosagem de 100% NPK, no que se refere à taxa fotossintética, sendo este um indicativo da utilização benéfica desse biofertilizante.

Figura 5. Mensurações das trocas gasosas aos 44 dias de desenvolvimento das plantas de maracujá, após o transplantio. A: Transpiração (E); B: Condutância estomática; C: Taxa fotossintética. As barras correspondem aos valores médios (n = 4) e a barra de erro ao desvio padrão. Médias seguidas por letras distintas, são diferentes estatisticamente pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Os tratamentos são: T1= 100% estruvita; T2= 50% estruvita; T3= 100% NPK; T4= 50% NPK; T5= testemunha.



Diante dos dados obtidos nesse primeiro experimento agrônomico utilizando a estruvita extraída do efluente da piscicultura para avaliar o desenvolvimento inicial de mudas de maracujazeiro, pode-se sugerir que o material tem potencial para ser usado como biofertilizante, visto que promoveu resultados positivos para o crescimento das plantas, quando comparados com NKP. Contudo, se faz necessário estudos para refinamento da técnica de aplicação, visto que foram observados a presença de superbrotasções, cloroses e excesso dos níveis de fósforo nos tratamentos com estruvita (100% e 50%).

É importante ressaltar que Filgueira (2000), fala que em situações de excesso de nitrogênio (que também é fornecido pela estruvita) podem ocorrer queima das folhas, aumentar a suscetibilidade da planta a certas doenças fúngicas e bacterianas, e dificultar a absorção de outros nutrientes. Por sua vez, Weir e Cresswell (1993) dizem, o excesso de nitrogênio e/ou fósforo, pode prolongar o ciclo cultural da colheita, além de promover desenvolvimento vegetativo exagerado. Este último observado em algumas das variáveis avaliadas no presente estudo.

3.4 Conclusão

Este foi o primeiro experimento agrônomico realizado com o material extraído do efluente da piscicultura, avaliando a sua influência no desenvolvimento inicial de mudas de maracujá. Com base nos resultados, obtidos ao logo dos 45 dias de avaliação, verifica-se que a estruvita tem potencial para se tornar uma fonte fornecedora de fósforo para fins agrônomicos.

As doses de fósforo utilizadas no presente estudo influenciaram no desenvolvimento inicial das mudas de maracujazeiro. As plantas que receberam as doses de estruvita (T1 e T2), apresentaram maior número de folhas, maior diâmetro caulinar e maiores valores de massa fresca e seca (alocação de biomassa).

Contudo, foi observado altos teores de fósforo disponíveis no solo para os tratamentos com estruvita (T1 e T2), o que possivelmente, foi o responsável pelo surgimento de um maior número de brotações, redução da altura e presença de clorose foliar.

Diante disso, estudos complementares com a estruvita extraída do efluente da piscicultura, devem ser realizados para testar a quantidade adequada a ser aplicada para produção de mudas de maracujá e/ou outras culturas agrônomicas de interesse comercial.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, R. C.; OTANI, S. F.; CUNHA, T. F.; PANTOJA, C. de. J. Tecnologia do pescado como ferramenta para o desenvolvimento da aquicultura na região oeste do Pará.

Rev. Ext. Integrac. Amaz, Santarém-Pará, v. 03, n. 01, 2022. ISSN: 2675-1097. Disponível em:

<http://www.ufopa.edu.br/portaldeperiodicos/index.php/extensaodaintegracaoamazonica/article/view/2030> Acesso em: 20 dez. 2022.

BORGES, L.A.; ROSA, C.C.R. Importância Socioeconômica e Cultural do Maracujá. In: FALEIRO, G.F.; JUNQUEIRA, V.T.N. **Maracujá: O produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília-DF. EMBRAPA, 2016. p. 103-117.

BRASIL, C. E.; CARVALHO, de. U. E. J.; DOHARA. H. R. Maracujazeiro. In: BRASIL. C. E.; CRAVO. S. da. M.; VIÉGAS. M. J. de. I. **Recomendações de calagem e adubação para o estado do Pará**. 2. ed. rev. Brasília, DF: Embrapa, 2020. 419 p.; 18,5 cm x 25,5 cm. ISBN 978-85-7035-932-2. Disponível em:

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjH3_XGmbv8AhUFL7kGHfUqDsIQFnoECBIQAQ&url=https%3A%2F%2Fainfo.cnptia.embrapa.br%2Fdigital%2Fbitstream%2Fitem%2F216110%2F1%2F1V-RecomendacaoSolo-2020.pdf&usg=AOvVaw3wPOtwM9xjYU0PJGuLTvrX. Acesso em: 02 set. 2022.

FALEIRO, G.F.; JUNQUEIRA, V.T.N.; COSTA, A.M. Importância Socioeconômica e Cultural do Maracujá. In: FALEIRO, G.F.; JUNQUEIRA, V.T.N. **Maracujá: O produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília-DF. EMBRAPA, 2016. p. 15-21.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **The state of world fisheries and aquaculture: opportunities and challenges**. Rome: FAO, 2016. 243 p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agro tecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa: Empresa Júnior de Agronomia. 402 p.

IBGE. Produção de maracujá no Brasil. 2020. Disponível

em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/maracuja/br>> Acesso em: 29 Abr. 2022.

JAFFER Y. *et al.* Potential phosphorus recovery by struvite formation. **Water Research**, 36, p. 1834-1842, Jun 2001.

LUIZ, D. de B.; OLIVEIRA, I. S.; CAVALI, J.; LUNDSTEDT, L. M.; FLORES, R. M. V.; DANTAS FILHO, J. V. Caminhos para organização da cadeia da aquicultura da amazônia – perspectivas econômicas e relevância social e ambiental: potencialidades da bioeconomia do pescado na Amazônia. *In*: INSTITUTO FÓRUM DO FUTURO (org.). **As soluções sustentáveis que vêm dos trópicos: desenvolver sem desmatar por um novo pacto global do alimento**. Juiz de Fora, MG: Ed. Garcia, 2022. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1150197>. Acesso em: 15 dez. 2022

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. Orlando: Academic Press, 2005. 889p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1986.674p

MEIRA, R. C. DE. S.; PAZ, S. P. A. DA; CORRÊA, J. A. M.. **XRD-Rietveld analysis as a tool for monitoring struvite analog precipitation from wastewater: P, Mg, N and K recovery for fertilizer production**. Journal of Materials Research and Technology-JMR&T, v. 9, p. 15202-15213, 2020.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J.; NUNES, F.N. Fósforo. *In*: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa-MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

PAULO C. T. *et al.*, **Manual de métodos de análise de solo / editores técnicos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 574 p.: il. color. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1085209>. Acesso em: 20 dez. 2022.

PIRES, M. M.; JOSÉ, A. R. S.; CONCEIÇÃO, A. O. (Org.). **Maracujá: avanços tecnológicos e sustentabilidade**. Ilhéus: Editus, 2011.

RECH I. **ESTRUVITA: SINTESE, CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO PARA USO AGRÍCOLA**: 2017. 81p. Tese de Doutorado – USP/ Escola superior de agricultura “Luiz de Queiroz”, 2017.

REINDL, J. **Phosphorus Removal from Wastewater and Manure Through Struvite Formation: An Annotated Bibliography**. Dane County, Dept of Highway, Transportation and Public Works, 2007.

SANTOS, G. P. *et al.* **Crescimento e produção do maracujazeiro amarelo, sob diferentes fontes e doses de fósforo em cobertura.** Bioscience Journal. Uberlândia: Univ Federal Uberlândia, v.30, n.5, p.525-533, 2014. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/130332>. Acesso em: 29 dez. 2022.

SCOPE. **Estruvita: seu papel na recuperação e reciclagem de fósforo.** Conferência Internacional, 2004. Cranfield University, Grã-Bretanha. Relatório resumido no ESCOPO 57.

SILVA, da. R. R. M.; IGNACIO, P. A. L.; SILVA, da. A. G. Desenvolvimento de mudas de maracujá amarelo em função de diferentes doses fósforo reativo. **Revista de Agronegócio – Reagro**, Jales, v.6, n.1, p.41-50, jan./jun. 2017. Disponível em: https://www.fatecjjales.edu.br/revista-agro/images/artigos/1a_edicao/volume6/desenvolvimento-de-mudas-de-maracuja-amarelo-na-utilizacao-de-diferentes-doses-fosforo-reativo.pdf. Acesso em: 23 dez. 2022.

SOUZA, H. A. *et al.* **Adubação nitrogenada e fosfatada no desenvolvimento de mudas de uvaia** (Eugenia uvalha). Bioscience Journal. 25. 2009.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo.** 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 574 p.: il. color. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1085209/manual-de-metodos-de-analise-de-solo>. Acesso em: 02 set. 2022.

UNITED NATIONS. World Population Prospects 2019. Disponível em: https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Highlights.pdf > Acesso em: 30 Abr. 2022.

VIEIRA L.S, Santos P.C.T. **Amazônia: seus solos e outros recursos naturais.** São Paulo: Agronômica Ceres; 1987.

WEIR, R. G.; CRESSWELL, G. C. **Plant nutrient disorders 3. Vegetable crops.** Australia: Antak, 1993. 105 p.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando o objetivo do trabalho, que foi um experimento pioneiro, e visava avaliar o desenvolvimento inicial de mudas maracujazeiro (*Passiflora edulis*) submetidas a diferentes doses de estruvita extraída do efluente da piscicultura, é possível afirmar que os resultados obtidos foram satisfatórios e trouxeram novos horizontes que precisam ser lapidados.

É importante destacar, que a utilização desse biofertilizante, reduziria os impactos provenientes do descarte desses resíduos no meio ambiente, especialmente no que se refere a região amazônica.

Além disso, esse material tem potencial para ser tornar uma fonte viável de extração de fósforo para fins agrônômicos. Adicionalmente a isto, novos estudos são necessários para que sejam avaliadas diferentes dosagens e formas de aplicação, bem como a sua viabilidade para outras culturas de interesse.

REFERÊNCIAS

ALEXANDRATOS, N.; BRUINSMA, J. **World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision**. ESA Working paper No. Rome, FAO, 2012. Disponível em: <<https://www.fao.org/3/ap106e/ap106e.pdf>>. Acesso em: 30 Abr. 2022.

BARBOSA, R. C.; OTANI, S. F.; CUNHA, T. F.; PANTOJA, C. de. J. Tecnologia do pescado como ferramenta para o desenvolvimento da aquicultura na região oeste do Pará. **Rev. Ext. Integrac. Amaz**, Santarém-Pará, v. 03, n. 01, 2022. ISSN: 2675-1097. Disponível em:

<http://www.ufopa.edu.br/portaldeperiodicos/index.php/extensaodaintegracaoamazonica/article/view/2030> Acesso em: 20 dez. 2022.

BORGES, L.A.; ROSA, C.C.R. Importância Socioeconômica e Cultural do Maracujá. In: FALEIRO, G.F.; JUNQUEIRA, V.T.N. **Maracujá: O produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília-DF. EMBRAPA, 2016. p. 103-117.

BRASIL, C. E.; CARVALHO, de. U. E. J.; DOHARA. H. R. Maracujazeiro. In: BRASIL. C. E.; CRAVO. S. da. M.; VIÉGAS. M. J. de. I. **Recomendações de calagem e adubação para o estado do Pará**. 2. ed. rev. Brasília, DF: Embrapa, 2020. 419 p.; 18,5 cm x 25,5 cm. ISBN 978-85-7035-932-2. Disponível em:

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjH3_XGmbv8AhUFL7kGHfUqDsIQFnoECBIQAQ&url=https%3A%2F%2Fainfo.cnptia.embrapa.br%2Fdigital%2Fbitstream%2Fitem%2F216110%2F1%2FLV-RecomendacaoSolo-2020.pdf&usq=AOvVaw3wPOtwM9xjYU0PJGuLTvrX. Acesso em: 02 set. 2022.

CAMPOS, V. B. *et al.*, Caracterização física e química de frutos de maracujazeiro amarelo sob adubação potássica, biofertilizante e cobertura morta. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 9, n. 1, p. 59-71, 2007.

CAREY, R. O.; MIGLIACCIO K.W. "Contribuição de efluentes de estações de tratamento de águas residuais para a dinâmica de nutrientes em sistemas aquáticos: uma revisão." *Gestão ambiental* v.44. n.2. p. 205-217, 2009.

DAWSON, C. J. HILTON J. Fertilizer availability in a resource-limited world: production and recycling of nitrogen and phosphorus. *Food Policy*, v. 36, s. 1, p. 14 -22, 2011. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306919210001260>>. Acesso em: 30 Abr. 2022.

DURRANT A. E., SCRIMSHAW M. D., STRATFUL I., AND LESTER J. N. **Review of the feasibility of recovering phosphate from wastewater for use as a raw material by the phosphate industry** *Environ. Technol.* 1999 v. 20. p.749-758.

EMBRAPA. Maracujá. 2022. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura/cultivos/maracuja>>. Acesso em: 29 Abr. 2022.

ENGEPECA. Piscicultura: tudo que você precisa saber sobre criação de peixes, 2018. Disponível em: <https://www.engepesca.com.br/post/piscicultura-tudo-que-voce-precisa-saber-sobre-criacao-de-peixes>>. Acesso em: 01 Mai. 2022.

FALEIRO, G.F.; JUNQUEIRA, V.T.N.; COSTA, A.M. Importância Socioeconômica e Cultural do Maracujá. In: FALEIRO, G.F.; JUNQUEIRA, V.T.N. **Maracujá: O produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília-DF. EMBRAPA, 2016. p. 15-21.

FALESI I.C. **Estado atual de conhecimentos de solos da Amazônia brasileira**. Anais do 1º. Simpósio do Trópico Úmido. Belém. EMBRAPA-CPATU; 1986a. p.168-91.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **The state of world fisheries and aquaculture: opportunities and challenges**. Rome: FAO, 2016. 243 p.

IBGE. Produção de maracujá no Brasil. 2020. Disponível em:<<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/maracuja/br>> Acesso em: 29 Abr. 2022.

IBGE. Produção de maracujá no Pará. 2020. Disponível em:<<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/maracuja/pa>> Acesso em: 06 Mai. 2022.

JAFFER Y. *et al.* Potential phosphorus recovery by struvite formation. **Water Research**, 36, p. 1834-1842, Jun 2001.

LUIZ, D. de B.; OLIVEIRA, I. S.; CAVALI, J.; LUNDSTEDT, L. M.; FLORES, R. M. V.; DANTAS FILHO, J. V. Caminhos para organização da cadeia da aquicultura da Amazônia – perspectivas econômicas e relevância social e ambiental: potencialidades da bioeconomia do pescado na Amazônia. In: INSTITUTO FÓRUM DO FUTURO (org.). **As soluções sustentáveis que vêm dos trópicos: desenvolver sem desmatar por um novo pacto global do alimento**. Juiz de Fora, MG: Ed. Garcia, 2022. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1150197>. Acesso em: 15 dez. 2022

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2.ed. Orlando: Academic Press, 2005. 889p.

MELETTI, L.M.M.; BRÜCKNER, C.H. Melhoramento Genético. In: BRÜCKNER, C.H.; PICANÇO, M.C. **Maracujá: tecnologia de produção, pós-colheita, agroindústria, mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2001.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J.; NUNES, F.N. Fósforo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa-MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

PAULO C. T. *et al.*, **Manual de métodos de análise de solo / editores técnicos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 574 p.: il. color. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1085209>. Acesso em: 20 dez. 2022.

PIRES, A.A., *et al.* **Efeito da adubação alternativa do maracujazeiro-amarelo nas características químicas e físicas do solo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. v.32 n. 5 p.1997-2005, out. 2008.

PIRES, M. de M. *et al.* Custo de produção e rentabilidade da cultura do maracujazeiro. In: SÃO JOSÉ, A. R. **Maracujá: produção e comercialização**. Vitória da Conquista: UESB, 1993.

PIRES, M. M.; JOSÉ, A. R. S.; CONCEIÇÃO, A. O. (Org.). **Maracujá: avanços tecnológicos e sustentabilidade**. Ilhéus: Editus, 2011.

RECHI I. **ESTRUVITA: SINTESE, CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO PARA USO AGRÍCOLA**: 2017. 81p. Tese de Doutorado – USP/ Escola superior de agricultura “Luiz de Queiroz”, 2017.

REINDL, J. **Phosphorus Removal from Wastewater and Manure Through Struvite Formation: An Annotated Bibliography**. Dane County, Dept of Highway, Transportation and Public Works, 2007.

REITER J.M.W. *et al.* **Maracujá: Estudo de Economia e Mercado de Produtos Agrícolas**, 5. Florianópolis, 1998.

RIZZI, L.C.; RABELLO, L. A.; MOROZINI FILHO, W.; SAVASAKI, E.T.; KAVATI, R. **Cultura do maracujá azedo**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, SAA, 1998. (Boletim Técnico, 235).

RODRIGUES T.E. Solos da Amazônia. In: Alvarez V VH, Fontes LEF, Fontes MPF. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira das Ciências do Solo, 1996. p.19-60.

SCOPE. **Estruvita: seu papel na recuperação e reciclagem de fósforo**. Conferência Internacional, 2004. Cranfield University, Grã-Bretanha. Relatório resumido no ESCOPO 57.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 574 p.: il. color. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1085209/manual-de-metodos-de-analise-de-solo>. Acesso em: 02 set. 2022.

UNITED NATIONS. World Population Prospects 2019. Disponível em: https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Highlights.pdf > Acesso em: 30 Abr. 2022.

VACCARI, D. A. **Phosphorus: a looming**. Scientific American Journal, [S. l.], p. 54-59, Jun. 2009.

VIEIRA L.S, Santos P.C.T. **Amazônia: seus solos e outros recursos naturais**. São Paulo: Agronômica Ceres; 1987.

YAN, Hanlu; SHIH, Kaimin. Effects of calcium and ferric ions on struvite precipitation: A new assessment based on quantitative X-ray diffraction analysis. **Water research**, v. 95, p. 310-318, 2016.