

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA TROPICAL**

**AMBIENTES E ÉPOCAS PARA ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE  
GUARANAZEIRO NO ESTADO DO AMAZONAS**

**KARLA GABRIELLE DUTRA PINTO**

**MANAUS**

**2023**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA TROPICAL**

**AMBIENTES E ÉPOCAS PARA ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE  
GUARANAZEIRO NO ESTADO DO AMAZONAS**

**KARLA GABRIELLE DUTRA PINTO**

**Orientadora: Dra. Sônia Maria Figueiredo Albertino**

**Coorientador: Dr. André Luiz Atroch**

**MANAUS**

**2023**

## Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

P659a Pinto, Karla Gabrielle Dutra  
Ambientes e épocas para enraizamento de estacas de  
guaranazeiro no estado do Amazonas / Karla Gabrielle Dutra Pinto .  
2023  
91 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Sônia Maria Figueiredo Albertino  
Coorientador: André Luiz Atroch  
Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal  
do Amazonas.

1. Guaraná. 2. Estaquia. 3. Raízes adventícias. 4. Produção de  
mudas. 5. Período de coleta. I. Albertino, Sônia Maria Figueiredo. II.  
Universidade Federal do Amazonas III. Título

KARLA GABRIELLE DUTRA PINTO

AMBIENTES E ÉPOCAS PARA ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE  
GUARANAZEIRO

Tese de Doutorado a ser apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em  
Agronomia Tropical como parte dos  
requisitos para obtenção do título de  
Doutor em Agronomia Tropical, área  
de concentração Produção Vegetal

Aprovada em 07 de novembro de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Sônia Maria Figueiredo Albertino - Presidente  
(Faculdade de Ciências Agrárias - FCA/UFAM)

Dr. Firmino José do Nascimento Filho  
(Embrapa Amazônia Ocidental)

Prof. Dr. Ari de Freitas Hidalgo  
(Faculdade de Ciências Agrárias - FCA/UFAM)

Profa. Dra. Luciana Souza de Aguiar e Souza  
(Faculdade de Ciências Agrárias - FCA/UFAM)

Profa. Dra. Odiluzia Maria Saldanha de Oliveira  
(Instituto Federal do Amazonas - IFAM)

*“Só Deus não passará, só Deus permanecerá, só Deus.. Seu amor que vive em mim”*

*Dedico primeiramente a **Deus** por nunca desistir de mim e estar sempre ao meu lado*

*À minha amada mãe, meu pai (in memoriam), minha irmã e minha afilhada, por toda compreensão, orações, atenção, dedicação, carinho, cuidado, paciência, suporte, constante carinho e amor que nos une para que eu pudesse chegar até aqui.*

***Dedico de todo meu coração.***

*A minha amada mãe, Ocinete, pelos conselhos, amor, paciência e total dedicação durante essa jornada.*

*À minha amada irmã Giselle, pela eterna compreensão e companheirismo.*

*À minha doce afilhada Vitória, por cada sorriso e abraço a renovar minhas forças.*

*À minha sobrinha Sophia e ao meu irmão Gabriel, por cada aprendizado.*

*À minha família amada, por todo incentivo e amor.*

*Aos meus verdadeiros, sinceros e seletos amigos que confiam e torcem por mim.*

***Ofereço.***

*Seja você quem for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá*

*Ayrton Senna*

## **Agradecimento especial**

*À professora Dra. **Sônia Maria Figueiredo Albertino**, sábia, singular, exemplo de mulher e profissional. Prof, muito obrigada pelos longos anos de orientação, paciência, respeito, confiança depositada, alegria do convívio, por toda sua contribuição para minha formação acadêmica, profissional e pessoal, pois a senhora ajudou a formar esse ser humano livre capaz de encontrar propósito e direção para sua vida! Se hoje sei o caminho, devo à senhora, muito obrigada!*

*Ao Prof. Dr. **André Luiz Atroch**, muito obrigado professor, por todo respeito e admiração, pela orientação, simplicidade, paciência e por toda a dedicação em transmitir seus conhecimentos. Agradeço pelos ensinamentos, incentivos, pela disponibilidade, pelo apoio constante, pela valiosa contribuição profissional e por sempre ter acreditado em minha capacidade, muito obrigada!*

*Ao Sr. **Roque de Jesus**, com quem pude contar integralmente no período de condução do experimento em campo, obrigada pela disponibilidade, apoio e seriedade, sem o senhor, não seria possível chegar até aqui! O senhor proporcionou as melhores condições possíveis de trabalho, apesar das limitações, o senhor permitiu que nada me faltasse! Aprendi muito e sou eternamente grata.*

## **Agradecimentos**

À Deus por ter permitido que eu chegasse até aqui, para a realização de um grande sonho e por estar no controle da minha vida, sempre.

À Prof. Dra. Sônia Maria Figueiredo Albertino, pela orientação, apoio, amizade, estímulo e, principalmente, pelo privilégio de fazer parte de sua equipe de pesquisa.

Ao Prof. Dr. André Atroch pela orientação, apoio, agradável convivência, auxílio na condução e desenvolvimento deste trabalho.

Ao Dr. Firmino José do Nascimento Filho pela gratificante amizade, paciência, dedicação, apoio em campo na implantação, condução e desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. Dr. José Ferreira da Silva, pela amizade, paciência, apoio e oportunidade do desenvolvimento deste trabalho no Laboratório de Ciências de Plantas Daninhas – LCPD/UFAM.

Ao Prof. Dr. Adolfo Mota por toda ajuda e disponibilidade durante as análises laboratoriais realizadas na UFAM.

À Universidade Federal do Amazonas pela minha formação, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical, professores, técnicos, colaboradores e colegas.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa pelo apoio técnico e espaço cedido para a condução do experimento.

Aos meus pais, Ocinete e Carlos (*in memoriam*), por todo amor e apoio, alicerces fundamentais para que eu pudesse em todas as etapas da vida me desenvolver.

Ao meu avô, Omar da Silveira Dutra (*in memoriam*) por todo apoio emocional e financeiro, amor e carinho dedicado para mim durante toda sua vida.

Aos meus amados irmãos Giselle e Gabriel, por estarem incondicionalmente ao meu lado em todos os momentos.

Às minhas sobrinhas Vitória e Sophia, pelos ensinamentos diários: amor e simplicidade.

Às minhas tias amadas Oceania Dutra, Ocilene Dutra, Clarícia, Ângela Maria e ao meu tio Ocilon Dutra, por todo apoio e amor.

Aos meus primos Daniel Lúcio, Rafael Victor, Vinicius Dutra, André, Andrew Carlos pelo incentivo de sempre e inspiração. À toda minha família, base da minha vida, por tudo. Sou eternamente grata a todos.

Às minhas amigas Rocinádia Franco, Naara Leite, Letícia Neves, pela amizade, incentivo, apoio técnico e colaboração durante diversas etapas do desenvolvimento deste trabalho, sem vocês não seria possível, muito obrigada.

Aos meus amigos Bruna Nogueira Leite, Kédima Sarmento, Géssica Nogueira, Macaulay Souza, Osvaldo Neto, Mauro Alves, Daniel Oscar, Francisco Castro, Laís Alves, Anselmo Santos, Mauro Alves, pela amizade, apoio, incentivo, pelas construtivas "discussões de corredor" e agradável convivência.

Ao Sr. Roque de Jesus, Sr. Orbélio Mota, Sr. Auri Santana, Sr. Galúcio, Sr. Alexsandro Moreira de Lima, Sr. Benaion, Sr. João Batista, Sr. Amaral Sá, Sr. Pedro Paulo, Sr. Dantas, Sr. Carlos da Silva, Sr. Adanilo Lima, Sr. Renaldo Silva, Sr. Bruno Carneiro, Sr. Manoel Raniel, Sr. Francisco Vieira, Sr. James de Souza, Sr. Luiz Alberto, Sr. Suriman Freitas, Sr. Anderson Wolf, Sr. Dirceu Jesus, Sr. Ernani de Almeida, por todo apoio e ajuda na condução do experimento, compreensão e ensinamentos de vida, serei eternamente grata a cada um de vocês.

Aos meus amigos Daniela Silva, Waleska Larissa, Rafael Moreira, Edevani Mello, João Almeida, Erica Melo, Beatriz Trajano, Aline Brilhante, Kerolin Pimentel, Kharmem Marques, Acácio Tavares, Emilly Andrade, Wellington Rafael, Ajax Ferreira, Karla Kelcy, Laura Katharina, Ivaldo Maranhão, Thiago Santos, Daniely Cunha, Sindy Valleta, Jordana Garcia e Diego Reis por todo apoio, carinho, respeito, admiração, incentivo, torcida, ajuda e orações ao longo da nossa trajetória.

À senhora Maria Augusta, Natália Viviane, Silene Bandeira, Sumara Enes, Manoel Júnior, por todo apoio e ajuda.

À Dra. Maria do Rosário Lobato Rodrigues e ao Me. Gilvan Coimbra por toda a paciência, apoio, ajuda e conversas construtivas em momentos difíceis dessa caminhada.

Aos meus companheiros de Embrapa Juliane, Douglas, Ítalo, Diego e Ismael, que proporcionaram agradável convivência durante essa jornada.

Ao Nascimento por sempre oferecer um sorriso e resolver situações burocráticas da melhor forma possível com muita paciência e seriedade.

Aos motoristas da linha de ônibus 430 que inúmeras vezes pararam o coletivo (mesmo muito lotado, enquanto muitos passavam direto pela parada) para que pudesse chegar à Embrapa e retornar a minha casa, muita gratidão.

A loja Samu do notebook por todo suporte e apoio em momentos cruciais dessa jornada.

A toda equipe do Laboratório de Ciências de Plantas Daninhas – LCPD, pelo apoio, convivência agradável e incentivo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) pelo auxílio financeiro do Programa Amazônidas – Mulheres e Meninas na Ciência.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

## Resumo

O guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*) é uma planta nativa da região Amazônica, cujo fruto é conhecido como guaraná. Apesar da grande importância da cultura do guaranazeiro, ainda são necessárias pesquisas que busquem solucionar os problemas que afetam principalmente o seu desenvolvimento na agricultura familiar. Para que a produção de mudas clonais seja eficiente e de baixo custo aos pequenos produtores, a época de coleta das estacas e novas tecnologias para o sistema de produção de mudas devem ser estudadas. Um sistema simples com disponibilidade de água de qualidade, denominado câmara úmida de enraizamento, demonstrou-se promissor no enraizamento de estacas de guaranazeiro. Portanto, foi instalado um experimento com o objetivo de estudar o potencial de enraizamento de estacas herbáceas de cultivares de guaranazeiro, submetidas a diferentes ambientes de enraizamento e épocas do ano. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com três épocas de coleta de estacas nos meses de abril, julho e setembro, três cultivares de guaranazeiro BRS Maués, BRS CG 611 e BRS Luzeia, com quatro repetições e quatro ambientes de enraizamento, o viveiro convencional, câmara úmida sem nebulização, câmara úmida com nebulização e câmara úmida em sub-bosque, com quatro repetições. O maior índice de enraizamento das estacas foi obtido no mês de abril, período que compreende o inverno amazônico e, fenologicamente, o estágio vegetativo da planta do guaranazeiro. A câmara úmida de enraizamento com nebulização apresentou melhores condições dentre os ambientes testados para o enraizamento de estacas de guaranazeiro.

**Palavras-chave:** guaraná, estaquia, raízes adventícias.

## **Abstract**

The guarana tree (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*) is a plant native to the Amazon region, whose fruit is known as guaraná. Despite the great importance of guaraná culture, research is still needed to solve the problems that mainly affect its development in family farming. For the production of clonal seedlings to be efficient and low-cost for small producers, the time for collecting cuttings and new technologies for the seedling? production system must be studied. A simple system that provides quality water, called a humid rooting chamber, has been tested and approved in several species. Therefore, an experiment was set up with the objective of studying the rooting potential of herbaceous cuttings of guaraná cultivars, subjected to different rooting environments and times of the year. The experimental design was randomized with three cuttings collection times in the months of April, July and September, and three guaraná cultivars BRS Maués, BRS CG 611 and BRS Luzeia, with four replications and four rooting environments, the conventional nursery, humid chamber without misting, humid chamber with misting and humid chamber in the understory, with four replications. The highest rooting rate of the cuttings was obtained in the month of April, a period that encompasses the Amazonian winter and, phonologically, the vegetative stage of the guaraná plant. The humid chamber with nebulization presented the best conditions among the environments tested for rooting guaraná cuttings.

**Keywords:** guarana, cuttings, adventitious roots.

## Lista de figuras

### Capítulo I

- Figura 1.** Localização do experimento, Embrapa Amazônia Ocidental. Manaus, AM. 30
- Figura 2.** Umidade relativa máxima e mínima (%) e valores de temperatura máxima e mínima, em três épocas distintas de enraizamento de estacas de guaranazeiro. Manaus, AM, 2022..... 38
- Figura 3.** Raízes de guaranazeiro da cultivar BRS Maués, em três épocas distintas de enraizamento. A – Mês de Abril; B- Mês de Julho e C- Mês de Setembro. Manaus, AM, 2022. .... 41

### Capítulo II

- Figura 4.** Estrutura da câmara úmida para enraizamento experimental de estacas de guaranazeiro. Manaus, AM, 2023. .... 55
- Figura 5.** Câmara úmida sem nebulização para enraizamento de estacas de guaranazeiro: A- canaletas preenchidas com água; B- Câmara em funcionamento: gotículas saturadas. Manaus, AM, 2023. .... 56
- Figura 6.** Câmara úmida com nebulizador: A- Nebulizadores e mudas de guaranazeiro; B-Gotículas precipitadas em câmara úmida. Manaus, AM, 2023. .... 57
- Figura 7.** Câmara úmida em sub-bosque: A- Preenchimento das canaletas de PVC; B- Ambiente de sub-bosque em que a câmara permaneceu instalada. Manaus, AM, 2023.58
- Figura 8.** Viveiro convencional para enraizamento de estacas de guaranazeiro: A- Mudas de guaranazeiro; B-Nebulização intermitente no viveiro. Manaus, AM, 2023. .... 59
- Figura 9.** Porcentagem de umidade relativa máxima e mínima, valores de temperatura máxima e mínima, em quatro ambientes distintos para enraizamento de estacas de guaranazeiro. Manaus, AM, 2023. .... 61
- Figura 10.** Diferença entre raízes submetidas a dois ambientes de enraizamento de guaranazeiro: ambiente de viveiro convencional (A); ambiente de câmara úmida com nebulização. Manaus, AM, 2023. .... 71

## Lista de tabelas

### Capítulo I

<b>Tabela 1.</b> Resumo da análise de variância para percentual de estacas enraizadas (EE), de estacas com calo (EC), de estacas mortas (EM), comprimento de raízes (CR), número de raízes (NR), volume de raízes (VR) e peso da matéria seca das raízes (PS), de três cultivares de guaranazeiro, submetidas a três épocas de enraizamento. Manaus, AM, 2022. ....	34
<b>Tabela 2.</b> Percentual de estacas enraizadas (EE), estacas com calo (EC), médias do comprimento de raízes (CR), número de raízes (NR), volume de raízes (VR) e peso da matéria seca de raízes (PS), de estacas de guaranazeiro, submetidas a três diferentes épocas de enraizamento, independente da cultivar. Manaus, AM, 2022.....	35
<b>Tabela 3.</b> Percentual de estacas enraizadas de guaranazeiro (EE) e estacas com calo (EC), médias para as características comprimento de raízes (CR) (cm), número de raízes (NR), volume de raízes (VR) (ml) e peso da matéria seca das raízes (PS) (g) de três cultivares de guaranazeiro, independente da época de enraizamento. Manaus, AM, 2022. ....	40
<b>Tabela 4.</b> Desdobramento da interação dos genótipos de guaranazeiro x épocas do ano para a característica percentual de estacas mortas. Manaus, AM, 2022.....	42
<b>Tabela 5.</b> Resumo da análise de variância para teor de açúcares solúveis totais (%) e teor de amido (%), de três cultivares de guaranazeiro, submetidas a três épocas de enraizamento. Manaus, AM, 2022.....	43
<b>Tabela 6.</b> Teor de açúcares solúveis totais (AST) e teor de amido, de três diferentes épocas do ano, independente da cultivar de guaranazeiro. Manaus, AM, 2022.....	43
<b>Tabela 7.</b> Teor de açúcares solúveis totais (AST) e teor de amido, submetidas a diferentes épocas do ano, independente da cultivar de guaranazeiro. Manaus, AM, 2022.....	44
<b>Tabela 8.</b> Teor de açúcares solúveis totais (AST) e teor de amido, de três cultivares de guaranazeiro, independente da época do ano. Manaus, AM, 2022. ....	45

### Capítulo II

<b>Tabela 9.</b> Resumo da análise de variância para percentual de estacas enraizadas (EE), de estacas com calo (EC) e de estacas mortas (EM), comprimento de raízes (CR), número de raízes (NR), volume de raízes (VR) e peso da massa seca de raízes (PS), de três	
--	--

cultivares de guaranazeiro, submetidas a dois ambientes de enraizamento. Manaus, AM, 2023. ....	63
<b>Tabela 10.</b> Médias para as características percentuais de estacas de guaranazeiro mortas (EM) (%) e percentual de estacas de guaranazeiro com calo (EC) (%) e volume de raízes (VR) (ml) em diferentes ambientes para o enraizamento de estacas de guaranazeiro. Manaus, AM, 2023. ....	64
<b>Tabela 11.</b> Médias dos genótipos de guaranazeiro para as características percentual de estacas mortas (EM) (%) e percentual de estacas com calo (EC) (%), e volume de raízes (VR) (ml) independentes dos ambientes estudados para o enraizamento de estacas de guaranazeiro. Manaus, AM, 2023. ....	64
<b>Tabela 12.</b> Desdobramento da interação cultivar x ambiente para percentual de estacas enraizadas de guaranazeiro. Manaus, AM, 2023. ....	66
<b>Tabela 13.</b> Desdobramento da interação dos genótipos de guaranazeiro x ambientes para a característica comprimento de raízes (CR) (cm). Manaus, AM, 2023. ....	68
<b>Tabela 14.</b> Desdobramento da interação dos genótipos de guaranazeiro x ambientes para a característica número de raízes (NR). Manaus, AM, 2023. ....	69
<b>Tabela 15.</b> Desdobramento da interação dos genótipos de guaranazeiro x ambientes para a característica peso da matéria seca de raízes (PS) (g). Manaus, AM, 2023. ....	70
<b>Tabela 16.</b> Resumo da análise de variância para teor de açúcares solúveis totais (%) e teor de amido (%), de três cultivares de guaranazeiro, submetidas a diferentes ambientes de enraizamento. Manaus, AM, 2023. ....	72
<b>Tabela 17.</b> Teor de açúcares solúveis totais (AST) e teor de amido submetidas a três diferentes épocas do ano, independente da cultivar de guaranazeiro. Manaus, AM, 2023. ....	73
<b>Tabela 18.</b> Teor de açúcares solúveis totais (AST) e teor de amido, de três cultivares de guaranazeiro, independente do ambiente. Manaus, AM, 2023. ....	74

## Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	4
2. OBJETIVOS.....	6
Objetivo geral .....	6
Objetivos específicos.....	6
3. REVISÃO DE LITERATURA .....	7
3.1 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E SOCIAL DO GUARANAZEIRO.....	7
3.2 PROPAGAÇÃO DO GUARANAZEIRO.....	9
3.2.1 RAÍZES ADVENTÍCIAS .....	10
3.2.2 AUXINAS .....	12
3.2.3 CARBOIDRATOS .....	13
3.4 ÉPOCA DE COLETA DE RAMOS PARA ESTACAS DE GUARANAZEIRO..	15
3.5 CULTIVARES DE GUARANAZEIRO .....	16
3.6 VIVEIRO DE MUDAS DE GUARANAZEIRO.....	17
3.7 CÂMARA ÚMIDA PARA ENRAIZAMENTO.....	18
4. REFERÊNCIAS .....	20
CAPÍTULO I.....	27
ÉPOCAS PARA O ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE GUARANAZEIRO NO ESTADO DO AMAZONAS .....	27
INTRODUÇÃO.....	29
MATERIAL E MÉTODOS.....	30
BIOMETRIA .....	32
TEOR DE CARBOIDRATOS .....	33
ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	33
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	33
CONCLUSÃO.....	46
REFERÊNCIAS .....	47
CAPÍTULO II.....	50
AMBIENTES PARA O ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE GUARANAZEIRO NO ESTADO DO AMAZONAS .....	50
INTRODUÇÃO.....	52
MATERIAL E MÉTODOS.....	54
Condução em câmara úmida sem nebulização .....	55

Condução em câmara úmida com nebulizador.....	56
Condução em câmara úmida sub-bosque .....	57
Condução em viveiro convencional .....	58
BIOMETRIA .....	59
TEOR DE CARBOIDRATOS .....	60
ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	60
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	61
CONCLUSÃO.....	75
REFERÊNCIAS .....	76

## 1. INTRODUÇÃO

O guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke) é uma planta nativa da região amazônica e em função do elevado teor de cafeína encontrado em suas sementes possui potencial econômico (HENMAN, 1982; TORRES, 2022).

O guaranazeiro é uma planta que pode ser propagada pelas vias sexuada e assexuada, sendo a propagação vegetativa, mais vantajosa devido às suas características de alta produtividade, menor tempo de formação da muda, precocidade no início da produção, estabilidade da produção comercial, alta taxa de sobrevivência das plantas no campo, obtenção de muitas plantas a partir de uma única matriz e resistência à antracnose. Por outro lado, as plantas propagadas por sementes possuem maior tempo de formação de mudas, demoram para iniciar a produção e ainda possuem menor taxa de sobrevivência em campo (ATROCH; NASCIMENTO FILHO, 2005).

Uma boa produção de mudas assegura a qualidade e o sucesso de uma boa implantação agrícola. No entanto é necessário conhecer os efeitos dos fatores que afetam a formação das raízes. Para uma estaca emitir raízes são necessários fatores endógenos e condições ambientais adequadas (ATROCH et al., 2007), assim o entendimento sobre esse processo é fundamental para que a produção de mudas seja eficiente.

Apesar da grande importância da cultura do guaranazeiro, faltam pesquisas que busquem solucionar os problemas que afetam principalmente o seu desenvolvimento na agricultura familiar, como estudos referentes ao manejo e propagação da espécie, que ainda estão abaixo do esperado, principalmente em se tratando da produção de mudas.

Vários fatores podem influenciar a produção de mudas enraizadas a partir de estacas, tanto os intrínsecos, relacionados à própria planta, como os extrínsecos, ligados às condições ambientais que interferem no vingamento das plantas, acarretando desuniformidade no pomar, com prejuízos ao produtor.

A formação de mudas é vital para o bom desenvolvimento dos plantios, bem como para sua produção. No Amazonas a maioria dos produtores é caracterizada como pequeno ou médio e se organizam em unidades familiares, no entanto carecem de tecnologias acessíveis e recomendações de manejo que sejam simples e de baixo custo, visando facilitar os processos no campo. Em geral, as tecnologias e o manejo desenvolvidos pelas

instituições competentes destinam-se principalmente aos produtores com melhor poder aquisitivo, mantendo os pequenos agricultores fora do alcance das novas tecnologias e dos produtos gerados por estas instituições.

Contudo, para que a propagação de mudas seja efetiva, a qualidade do sistema radicular formado e o desenvolvimento posterior da planta, são fatores determinantes no sucesso ou fracasso do processo de formação de mudas de guaranazeiro. Nesse sentido, o conhecimento sobre esses fatores é importante e muitas pesquisas já foram realizadas (ATROCH et al., 2007; ALBERTINO et al., 2012; GAMA et al., 2019; PINTO et al., 2020), porém estudos com época e ambiente de enraizamento são inexistentes.

Portanto, para que a produção de mudas clonais seja eficiente e de baixo custo para pequenos produtores, novas tecnologias devem ser estudadas. Um sistema simples que disponha de água de qualidade, denominado câmara úmida de enraizamento, vem sendo testado e aprovado para várias espécies, como café (SILVEIRA; FONSECA, 1995), maracujá (CAVICHOLI et al., 2009), mandioca (FUKUDA et al., 2007), entre outras.

A tecnologia da câmara úmida de enraizamento pode ser aplicada na agricultura familiar pois é mais acessível, quando comparada ao viveiro convencional para a produção de mudas de guaranazeiro, surgindo como uma alternativa para que dentro das propriedades rurais sejam implementadas pequenas unidades de reprodução de mudas com baixo custo.

Na produção de mudas de guaranazeiro, um fator determinante é a época de coleta dos ramos, esse fator tem grande influência no enraizamento das estacas. Estudos recomendam que a coleta deve ser realizada no período de lançamento dos ramos, que no Estado do Amazonas, ocorre nos meses de março a maio e estes ramos, lançados no ano da coleta, são utilizados para a formação de mudas (PEREIRA, 2005). Mesmo sendo uma recomendação técnica, ainda falta aprofundamento científico sobre a época ideal para coleta de ramos do guaranazeiro.

Os fatores que influenciam o enraizamento de estacas são bastante variáveis e sua atuação pode se dar de maneira isolada ou por interação com os demais. Acredita-se que uma pequena alteração no processo de produção de mudas, como proposto nesta pesquisa, pode potencializar o enraizamento de estacas, viabilizando aos agricultores a confecção de suas próprias mudas, tornando o processo mais econômico.

## **2. OBJETIVOS**

### **Objetivo geral**

Estudar o potencial de enraizamento de estacas herbáceas de três cultivares de guaranazeiro, submetidas a diferentes ambientes de enraizamento e épocas do ano.

### **Objetivos específicos**

Avaliar a produção de mudas de três cultivares de guaranazeiro, sob condições controladas de viveiro e de câmara úmida;

Quantificar a porcentagem de enraizamento das estacas em diferentes épocas do ano;

Relacionar o teor de carboidratos nas raízes das estacas com as características de enraizamento das cultivares de guaranazeiro.

### **3. REVISÃO DE LITERATURA**

#### **3.1 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E SOCIAL DO GUARANAZEIRO**

O Brasil é o único produtor comercial de guaraná do mundo, atendendo tanto à demanda nacional quanto internacional (ATROCH; NASCIMENTO FILHO, 2018), havendo também registros de pequenas áreas plantadas na Venezuela e no Peru (CONAB, 2019). A espécie é cultivada nos estados do Amazonas, Bahia, Mato Grosso, Rondônia, Pará, Acre e Santa Catarina, totalizando uma área colhida de 10.097 ha, com produção de 2.732 toneladas/ano de semente seca e produtividade média de 271 kg ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2022). A Bahia é o maior produtor de guaraná (60,00% da produção nacional), seguido por: Amazonas (27,7%), Mato Grosso (5,8%) (CONAB, 2019).

O guaraná é um produto certificado pela Associação de Certificação do Instituto Biodinâmico - IBD, possui certificação de padrões internacionais e aceitação no mercado americano, europeu e asiático, com crescimento em cerca de 20% ao ano (SEBRAE, 2019), atualmente exporta-se 300 a 500 toneladas de guaraná, por ano, representando cerca de US\$ 15 milhões/ano (AGROSPICE, 2019).

O consumo de guaraná no mercado vem crescendo ano a ano, principalmente devido às propriedades de elevado teor de cafeína e propriedades estimulantes, assim sendo, o mercado é promissor, porém o consumo nacional é alto, com 90% da produção total absorvida pelo mercado interno (CONAB, 2019).

O principal produtor de guaraná é o estado da Bahia, com 60 % da produção nacional, produzindo 283 kg ha<sup>-1</sup> de sementes, sendo os guaranazais baianos considerados altamente produtivos em virtude das condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da cultura e os produtores que fazem adoção do processo de modernização dos sistemas de cultivo. Já no Amazonas, segundo maior produtor, a produção é de 183kg ha<sup>-1</sup> de sementes e o preço de comercialização da semente torna-se mais elevado (CONAB, 2023).

A semente de guaraná experimentou uma trajetória firme de valorização dos preços pagos ao produtor nos dois estados produtores, Bahia e Amazonas. Em 2023, a

média dos preços pagos ao produtor no primeiro semestre, no estado da Bahia, eram 89,9% acima do preço médio para o mesmo período nos anos de 2018 a 2022, em torno de R\$ 37,27/ kg da semente enquanto no Amazonas o preço médio era de R\$ 41,50/ kg da semente (CONAB, 2023).

O cultivo do guaraná possui importância socioeconômica, em virtude de ser explorado por pequenas propriedades e ser atividade típica de agricultura familiar. Do total dos produtores de guaraná, 88,7% pertenciam à categoria de produtores familiares e 11,3% a de produtores não familiares. Do total de produtores familiares, 71,1% encontravam-se no estado da Bahia; 24,7% no Amazonas e 0,8% no Mato Grosso (CONAB, 2019).

O atrativo comercial do guaranazeiro está nas suas sementes, que após secas, dão origem a um produto comercial com alto teor de cafeína (2,5 a 6%). Após o processo de beneficiamento, as sementes são transformadas em pó, xarope ou extrato, usados em suplementos alimentares, produtos farmacêuticos, cosméticos e na indústria de refrigerante. Ainda possui características que conferem ação tônica cardiovascular ação diurética e febrífuga, além de outros ingredientes bioativos, que podem melhorar o desempenho cognitivo (SCHIMPL et al., 2013; CERVIERI JUNIOR et al., 2014; HACK et al., 2023).

Devido às características atrativas encontradas nas sementes e a crescente busca pelo produto, as perspectivas de mercado são favoráveis, porém carecem de produção. Diante desse cenário promissor, o Amazonas, tem empregado esforços para melhorar a cadeia produtiva do guaranazeiro, por meio de pesquisas e parcerias com programas governamentais, empresas de fomento, instituições de pesquisa e universidades, além de ações como, distribuição de mudas resistentes a doenças e implantação de projetos empresariais de cultivo que tendem a adotar padrões agrícolas tecnificados.

No Amazonas o guaraná representa uma grande fonte de renda para alguns municípios do estado, sendo cultivado por pequenos e grandes produtores, em 24 dos 62 municípios, com predominância em Presidente Figueiredo, Boa Vista do Ramos, Urucará, Parintins e Maués. Este último já foi o maior produtor do Brasil e possui o Selo de Indicação Geográfica para o guaraná produzido na região, considerada centro de tradição do guaraná (CONAB, 2019), porém devido a problemas de manejo e não adoção de novas tecnologias, a produtividade em Maués declinou (ATHOCH, 2009; ALBERTINO et al., 2012).

Mas os esforços continuam para que o guaraná siga se desenvolvendo no estado. Novas tecnologias e conhecimentos obtidos nas pesquisas como: efeito de plantas de cobertura no guaranazal (GAMA et al., 2020), interferência das plantas daninhas no período crítico no cultivo de guaranazeiro (SOARES et al., 2019), enraizamento de mudas sem adição de reguladores vegetais (PINTO et al., 2020; LEMOS, 2020). Esses estudos potencializam o cultivo do guaraná para os amazonenses, pela oportunidade de agronegócios, gerando renda para a população rural, possibilitando a sua permanência em seu local de origem (CRAVO, 2001; ALBERTINO et al., 2012).

### **3.2 PROPAGAÇÃO DO GUARANAZEIRO**

O guaranazeiro pode ser propagado por semente (sexuada) ou por estaquia (assexuada). A reprodução sexuada possui desvantagem devido à rápida perda de viabilidade das sementes, visto que estas são recalcitrantes, não suportando desidratação intensa ou baixa temperatura. A produção e formação da muda possui um período longo de 12 meses, há alta variabilidade e baixo índice de sobrevivência no campo, além da susceptibilidade a doenças e baixa produtividade, cerca de 150 g de semente seca planta<sup>-1</sup> (ATROCH et al., 2007; ALBERTINO et al., 2012).

Já a propagação vegetativa, quando comparada à propagação por sementes, é vantajosa, pois são usados materiais de propagação melhorados capazes de resistir a doenças, com produtividade em torno de 1,5 kg de sementes secas planta<sup>-1</sup>. Também possuem maior taxa de sobrevivência no campo e o período para formação da muda menor, cerca de sete meses (ATROCH; NASCIMENTO FILHO, 2005).

No entanto, a reprodução por sementes também apresenta vantagens, tais como, reproduzir plantas mais vigorosas, com um sistema radicular abundante e profundo e consequentemente, com maior longevidade. Proporciona também a obtenção de novas variedades e formação de bancos de germoplasma (ATROCH; NASCIMENTO FILHO, 2005), como a nova cultivar BRS Noçoquém, resistente a antracnose e superbrotamento, com alta produtividade, lançada e recomendada para o Amazonas (ATROCH; NASCIMENTO FILHO, 2021).

No entanto, a estaquia é a técnica de maior viabilidade econômica para o estabelecimento de plantios clonais, pois plantas inicialmente bem desenvolvidas e de rápido estabelecimento podem reduzir custos e maximizar o sistema produtivo (DOS

SANTOS SILVA, 2018), portanto a renovação dos guaranazais por meio de materiais obtidos por estaquia vem ganhando destaque e sendo utilizada nos plantios comerciais.

A formação de raízes em estacas de guaranazeiro inicia com o intumescimento da extremidade basal da estaca com a formação de tecido caloso. As células desse tecido sofrem diferenciações progressivas e constituem a raiz e, posteriormente, o sistema radicular da estaca (MENDONÇA, 1991). A capacidade de cada espécie e/ou cultivar de formar raízes adventícias, a qualidade do sistema radicular formado e o desenvolvimento posterior da planta no plantio definitivo são fatores que determinam o sucesso ou fracasso da produção de mudas por estacas (FACHINELLO et al., 1995; DE ALMEIDA et al., 2017).

Estudos sobre a propagação vegetativa do guaranazeiro vêm progredindo ao longo dos anos. As primeiras pesquisas realizadas já apontavam altos percentuais de estacas enraizadas, confirmando que o guaranazeiro pode ser propagado pelo método da estaquia com resultados satisfatórios. Porém, esses estudos recomendam a adição do fitormônio ácido indol-3-butírico (AIB) e nebulização intermitente para o enraizamento das estacas (CORRÊA; ESTOLBERG, 1981).

Já os estudos mais recentes demonstraram que a utilização do AIB pode ser dispensada, visto que o enraizamento das estacas de guaranazeiro ocorreu sem a utilização do fitormônio (ATROCH et al., 2007; ALBERTINO et al., 2012; PINTO et al., 2020), facilitando assim o processo de propagação da espécie, pois o uso do produto onera o processo e exige conhecimento técnico.

Dessa forma, estudos que envolvam fatores extrínsecos e intrínsecos à planta de guaranazeiro devem ser intensificados, buscando melhorar a capacidade de enraizamento das diferentes cultivares e contribuir para o desenvolvimento do cultivo e o aumento da renda do produtor rural.

### **3.2.1 RAÍZES ADVENTÍCIAS**

A estaquia é o processo de propagação com base na indução de raízes adventícias em estacas destacadas da planta mãe (GOMES et al., 2002), sendo um processo de multiplicação que ocorre através da divisão e diferenciação celular por meio da regeneração de partes da planta mãe, que submetidas a condições favoráveis dão origem a uma nova planta.

Para que ocorra a formação de raízes adventícias é necessário a desdiferenciação, que é a capacidade das células diferenciadas de iniciar divisão celular e formar novos pontos de crescimento meristemáticos (XAVIER et al., 2021).

Esse processo é dividido em três fases básicas fisiológicas e bioquímicas da formação da raiz adventícia: a) indução – fase das primeiras modificações moleculares e bioquímicas, antes das alterações anatômicas; b) iniciação – início da multiplicação celular e estabelecimento dos meristemas, onde surgem os primórdios radiculares; c) expressão – fase em que há emergência e crescimento das raízes na estaca (GOULART et al., 2014).

Ainda existem dois tipos de raízes adventícias: induzidas por lesões no tecido e as do tipo pré-formadas. As induzidas, iniciam o desenvolvimento após o preparo das estacas, em decorrência ao processo de desdiferenciação e rediferenciação que sofrem, já as do tipo pré-formadas, se originam e permanecem dormentes dentro dos ramos, quando as estacas são cortadas, tratadas e colocadas em um ambiente favorável (HARTMANN et al., 2018).

Há uma classificação para as plantas, conforme a sua capacidade de enraizamento, podendo ser em três grupos:

1. Plantas de fácil enraizamento: possuem em seus tecidos substâncias endógenas necessárias à iniciação radicial e não é necessária a aplicação de substância exógena para que as estacas formem raízes;

2. Plantas relativamente fáceis de enraizar: possuem em seus tecidos os cofatores necessários, mas não possuem auxinas suficientes. Neste caso, com a aplicação de auxinas exógenas, obtém sucesso no enraizamento das estacas;

3. Plantas de difícil enraizamento: não apresentam um ou mais cofatores, independentemente da quantidade de auxinas endógenas. Neste caso, somente a aplicação de auxinas exógenas não é suficiente para o enraizamento das estacas.

A potencialidade de uma estaca formar raízes é variável com a espécie, e também, com a cultivar, a idade da estaca e a natureza também influenciam o potencial e onde será a formação das raízes (ALTMANN et al., 2023). Em plantas herbáceas, são originadas independente da formação de calos, próximas ou entre os feixes vasculares. Em lenhosas, ocorre por formação direta de raízes, nas espécies que são fáceis para enraizar nas células próximas ao sistema vascular e por formação indireta, em espécies com maior dificuldade

de enraizamento a divisão celular originam tecidos chamados de calos antes da organização para iniciar o primórdio radicular (ROSSAL, 2006).

Quanto ao enraizamento, algumas cultivares de guaranazeiro possuem facilidade e outras têm dificuldade de emitir raízes. Nas estacas de guaranazeiro que tiveram adição de AIB, as raízes surgem de uma formação calosa, na base da estaca, próximo à aplicação do fitormônio, cobrindo sua extremidade. Dos calos, surgem os primórdios de raiz que, após diferenciações progressivas, constituem a raiz e o sistema radicular da estaca (MENDONÇA, 1991).

### **3.2.2 AUXINAS**

A auxina foi o primeiro hormônio vegetal descoberto e os primeiros estudos fisiológicos sobre expansão celular vegetal foram focalizados na ação desse hormônio. As auxinas estimulam a síntese de etileno, favorecendo a emissão de raízes e é considerada a principal substância indutora do enraizamento adventício (HARTMANN et al., 2018).

As auxinas estão envolvidas em várias atividades da planta, como formação de raízes adventícias, ativação das células cambiais (BRONDANI, 2012), alongamento celular, fototropismo, geotropismo, dominância apical, diferenciação dos tecidos vasculares, extensibilidade da parede celular, embriogênese, síntese de etileno, desenvolvimento das gemas florais e dos frutos, partenocarpia, abscisão e indução de rizogênese (TAIZ; ZIEGER, 2009; HARTMANN et al., 2018).

Os tipos os mais utilizados por estimular maior produção de enraizamento adventício em estacas são a auxina natural, ácido indol acético (AIA) e as auxinas sintéticas: ácido indol-3-butírico (AIB) e ácido naftaleno acético (ANA); a descoberta dessas auxinas representou um marco na história da propagação vegetativa (HARTMANN et al., 2018).

As auxinas são largamente utilizadas na indução do enraizamento, porém pouco se sabe sobre a sua ação específica ou a sua interação com outros compostos endógenos (DIAS, 2020) e por estarem envolvidas em diferentes processos bioquímicos, a quantificação de auxina tem sido investigada (DE SOUSA et al., 2020).

A aplicação de auxinas pode promover ou inibir a iniciação de raízes adventícias, dependendo da espécie, do clone, do estado de maturação, do tipo de material e da época do ano, e ainda algumas espécies podem apresentar uma barreira anatômica no material

vegetal (ZOTTELE et al., 2020), sobretudo em espécies lenhosas, podendo ser resultante da rápida perda de capacidade de enraizamento dos propágulos (SANT'ANA et al., 2023), por isso o seu uso requer conhecimento específico.

As auxinas podem ser utilizadas de formas e quantidades diferentes nas estacas caulinares, sendo por meio de imersão em solução concentrada, ou imersão em pó, cujo concentrado é misturado com talco inerte favorecendo o enraizamento, uma das formas mais utilizadas (XAVIER et al., 2021).

Quanto à utilização das auxinas, podem ser benéficas ou tóxicas ao material vegetativo (ONO; RODRIGUES, 1996), visto que as concentrações exatas não são claras, porém doses abaixo dos níveis críticos são ineficientes e doses acima desse nível impedem a formação de raízes e gemas (JANICK, 1966).

Já existem estudos sobre auxinas exógenas em cultivares de guaranazeiro, que apontam ser possível a obtenção de mudas de guaraná pelo processo de estaquia, tratando estacas por via seca, com uma mistura de Seradix (com 2 % do ácido 4 - indo1 - 3 butírico) e Captan 50% em proporção de 1 :2 e irrigação por nebulização automática (CÔRREA; STOLBERG, 1981).

Também há pesquisas que demonstram que a porcentagem de estacas de guaranazeiro enraizadas diminuiu com o aumento das doses de AIB (ATROCH et al., 2007; ALBERTINO et al., 2012).

Há ainda estudos em guaranazeiro mostrando que as doses de AIB não elevaram o percentual de enraizamento, porém incrementaram a qualidade do sistema radicular de estacas de guaranazeiro (PINTO et al., 2020). Segundo Lemos (2020), indicam-se o AIB e ANA para tratamento de estacas de guaranazeiro, na concentração de 2.000 mg L<sup>-1</sup>, pois proporcionaram as melhores condições de enraizamento.

### **3.2.3 CARBOIDRATOS**

Os carboidratos são compostos formados por carbono, hidrogênio e oxigênio, constituem o grupo de nutrientes mais abundantes em plantas. Estão envolvidos em vários processos da planta, como crescimento, regulação osmótica e metabolismo secundário (HURA et al., 2016), influenciam na resposta de enraizamento, atuam como fonte de carbono e de energia para a biossíntese de ácidos nucléicos, proteínas e outras substâncias essenciais à formação de raízes (LIMA et al., 2011).

Logo, o desenvolvimento de raízes e de parte aérea são dependentes das reservas da estaca, principalmente de carboidratos (DAVIES JR. et al., 2017), visto que durante o enraizamento, as taxas de fotossíntese são baixas ou nulas, sendo uma alternativa para o fornecimento de energia, a quebra de amido armazenada nas estacas (DE CAMPOS, 2021).

Portanto, os carboidratos são considerados cofatores do enraizamento pois não possuem função reguladora direta no enraizamento e pesquisas indicam relações favoráveis entre a formação, quantidade e produção de carboidratos nas estacas com a possibilidade de enraizamento (DIAS et al., 2011), destacando Ochoa et al. (2004) em estacas de *Nerium oleander* L. e Ferriani et al. (2008) em estacas de *Piptocarpha angustifolia*.

Em várias espécies ocorre aumento da concentração de carboidratos totais após as estacas serem tratadas com auxina, seguido de um gradual decréscimo durante os estágios de desenvolvimento das raízes (BASAK et al., 1995). Logo, os teores de carboidratos e de auxina endógena possuem uma estreita relação e, portanto, podem promover um maior desenvolvimento do sistema radicular (DOS SANTOS et al., 2020). Vários estudos relatam as relações positivas entre indutores comerciais e a produção de carboidratos nas estacas com a possibilidade de enraizamento, como o de Dias, Ono e Rodrigues (2011).

Existe um limite mínimo abaixo do qual o crescimento e desenvolvimento do vegetal cessam, se as plantas doadoras de estacas apresentarem baixas concentrações de carboidratos e se as estacas forem enraizadas sob condições restritas de fotossíntese líquida haverá pouca energia disponível para suportar o enraizamento (MALAVASI, 1994). Portanto, o esgotamento das reservas de carboidratos e compostos nitrogenados necessários para sustentar o seu desenvolvimento podem acarretar em mortalidade das estacas (SOARES et al., 2020).

A maior fonte de carboidratos para a indução da formação radicial é o amido (WIESMAN; LAVEE, 1995) e pode estar associado ao enraizamento de estacas. O consumo de amido e acúmulo ou manutenção de açúcar solúvel são importantes para fornecer carbono para a manutenção dos processos celulares e sobrevivência (MITCHELL et al., 2013). Mayer et al. (2008) estudaram a espécie *Calliandra brevipes* Beth. a qual armazena grânulos de amido na medula, e verificaram maior porcentagem de enraizamento quando comparada à *Calliandra tweedii* Benth.

Os principais carboidratos estudados são os teores de açúcares solúveis totais (AST) e de amido, pois são os principais carboidratos não estruturais presentes nas plantas. Portanto, são estudados como indicadores de respostas fisiológicas de culturas agrícolas submetidas a diferentes tipos de estresses ambientais. Isto porque sob condições de estresse, no processo de ajustamento osmótico, as plantas tendem a acumular solutos em suas células, especialmente os hidratos de carbono (SOARES, 2017).

### **3.4 ÉPOCA DE COLETA DE RAMOS PARA ESTACAS DE GUARANAZEIRO**

O enraizamento, neste processo de propagação, é dependente de muitos fatores, tanto internos quanto externos, possuindo destaque: a condição nutricional e fitossanitária da planta matriz, o potencial genético, o balanço hormonal, a época de realização, a temperatura e umidade (HARTMANN et al., 2018).

A época do ano em que a estaquia é realizada é fator determinante de sucesso, pois está relacionada com o estágio do ramo e com o grau de atividade dos processos fisiológicos das plantas. Portanto, algumas plantas são propagadas na estação de crescimento e outras durante o repouso (LATOY et al., 2018).

Para as espécies de difícil enraizamento, a época indicada para a coleta de ramos é aquela que coincide com o repouso vegetativo ou com a estação de crescimento, enquanto para as espécies de fácil enraizamento, os propágulos podem ser coletados em qualquer época do ano (PAIVA; GOMES, 1995).

Para cada espécie é recomendado que se determine a época ideal para coleta, a qual está diretamente relacionada à condição fisiológica da planta mãe (HARTMANN et al., 2018). A época ótima para a propagação de cada planta, em especial, deve ser determinada regionalmente e experimentalmente (PITA JÚNIOR, 2010).

Quanto ao guaranazeiro, é recomendado coletar as estacas no período de lançamento de ramos, que no estado do Amazonas, ocorre nos meses de março a maio. Essa atividade deve ser feita preferencialmente nas primeiras horas da manhã (5 h – 7 h), para diminuir a perda de água do material a ser propagado (PEREIRA, 2005).

A época de coleta das estacas está estreitamente relacionada com sua consistência, sendo que aquelas coletadas no período de crescimento vegetativo intenso

(primavera/verão) se apresentam mais herbáceas e, de modo geral, com maior capacidade de enraizamento, em comparação com as lenhosas, que já se apresentam lignificadas (DUTRA et al., 2002).

De acordo com Taiz et al. (2017), a temperatura tem efeito direto sobre o metabolismo da planta, sendo que, quanto maior, mais aceleradas serão as reações químicas, aumento da divisão celular, o que pode favorecer o desenvolvimento radicular. Sob condições apropriadas (alta umidade e calor), o enraizamento de estacas é fácil e atinge altas porcentagens (HARTMANN et al., 2018).

Ao propagar hibisco em diferentes épocas do ano, Pizzato et al. (2011) observaram que estacas obtidas na época de coleta em setembro, onde as temperaturas foram mais elevadas, houve maior comprimento de raízes. Já Leonel e Rodrigues, (1993) verificaram que a maior porcentagem de enraizamento de videira, correspondeu ao mês de julho (inverno).

Cada espécie e cada variedade têm seu ciclo, portanto as suas datas de brotação, florescimento e dormência, não são forçosamente as mesmas nas diferentes regiões do país (SOUZA et al., 1969). Dessa forma, são necessários trabalhos que procurem identificar a melhor época para o enraizamento das estacas de guaranazeiro, visto que esses são escassos.

### **3.5 CULTIVARES DE GUARANAZEIRO**

Atualmente, existem 18 cultivares lançadas pela Embrapa Amazônia Ocidental propagadas por estaquia, com características como alta produtividade e resistência à antracnose, sendo a sua utilização recomendada para elevar a produtividade média do guaranazeiro no Amazonas.

Essas cultivares são classificadas em três tipos, conforme o critério de seleção baseado no percentual de estacas enraizadas: fácil enraizamento (acima de 80%), enraizamento intermediário (em torno de 50%) e de baixo enraizamento (13% a 30%) (ATROCH et al., 2007).

Existe também uma cultivar lançada pela Embrapa, a BRS Noçoquém que é propagada via sementes. Essa cultivar destaca-se por sua alta produtividade, com média de 2,3 kg de sementes secas por planta/ano, o que representa uma produtividade de 920 kg/ha/ano de sementes secas, ou 600% superior à produção média regional de 200g de

sementes por planta. A BRS Noçoquém possui resistência estável à antracnose e ao superbrotamento (ATROCH, NASCIMENTO FILHO; PEREIRA, 2015).

Quanto às cultivares estudadas nessa pesquisa, a cultivar de guaraná BRS Maués, é uma das 5 cultivares mais recomendadas entre as 18 cultivares desenvolvidas pela Embrapa, apresenta tolerância à antracnose, suas mudas ficam prontas para o plantio em sete meses, produzem com dois anos, possuem alta produtividade (1,55 kg/planta/ano) e alto teor de cafeína 4,04% (NASCIMENTO FILHO et al., 1999).

A cultivar BRS-CG 611 é tolerante à antracnose, possui uma alta produtividade em torno de 1,39 kg/planta/ano (ATROCH; NASCIMENTO FILHO, 2005).

Por sua vez, a cultivar BRS Luzeia, também é tolerante à antracnose, principal doença do guaranazeiro, causada pelo fungo *Colletotrichum guaranicola*. Com uma alta e precoce produção em torno de 1,60 kg/planta/ano e em dois anos após o plantio, além de um teor de cafeína elevado 4,06%. Também é precoce no tempo de formação de mudas com sete meses. É recomendado o plantio em cultivos multiclonais com outras cultivares da espécie (NASCIMENTO FILHO et al., 2007).

### **3.6 VIVEIRO DE MUDAS DE GUARANAZEIRO**

Viveiro é o ambiente onde as mudas serão cuidadas até adquirir idade e tamanho suficientes para serem levadas ao local definitivo para plantio. Os viveiros contam com diferentes tipos de infraestrutura, as quais vão depender do seu tamanho e de suas características (OLIVEIRA et al., 2016). Também se considera a quantidade de mudas que será produzida e a capacidade (mão de obra) de plantio e manutenção.

Quanto ao tipo, os viveiros podem ser classificados como permanentes, onde são produzidas mudas de maneira contínua e por tempo indeterminado, e viveiros temporários, que produzem mudas para uma determinada área e por um período limitado (OLIVEIRA et al., 2016).

Para produzir mudas de guaranazeiro, o viveiro utilizado é o permanente e deve ser construído em local próximo a uma fonte de água, em terreno plano, com uma leve inclinação, facilitando a drenagem e evitando que haja encharcamento (PEREIRA, 2005).

O material utilizado para sua construção pode ser com madeira de lei ou tratada, estacas de concreto ou pilares feitos com tubos de PVC preenchidos com concreto, com no mínimo 3,0 m de comprimento, sendo 2,2 m de altura após enterrados. Na parte

superior, arame ovalado de aço zincado com bitola de 2,4 x 3,0 mm, em linhas verticais são fincados, para alicerçarem o sombrite, cobrindo a estrutura, com 70% de sombreamento em cima e nas laterais 40% a 50% de sombra. Também servirão de quebra-vento e impedem a entrada de animais. É indicado plantar espécies arbustivas da região, funcionando como quebra-vento natural (PEREIRA, 2005).

Há muitos tipos de irrigação utilizados em viveiros, porém a nebulização intermitente é o que proporciona os melhores resultados na propagação vegetativa do guaranazeiro. Consiste em um dispositivo de admissão de água acoplado a um dispositivo disparador (tanque rompe-carga e balança de evaporação). Esse sistema proporciona umidade necessária para o bom desempenho do enraizamento das estacas, promovendo uma proteção eficiente da superfície foliar dos meios folíolos, através de uma fina camada de água distribuída de maneira uniforme e em sincronia com a taxa de transpiração que esteja ocorrendo durante o dia (PEREIRA, 2005). Os sacos com o substrato são dispostos entre as linhas dos tubos de nebulização para evitar o gotejamento dos nebulizadores sobre as mudas.

A Embrapa (PEREIRA, 2005) também recomenda nos primeiros 90 dias após o plantio das estacas, um estande de aproximadamente 80 mudas por metro quadrado. Após esse tempo, o estande é reduzido para cerca de 50 mudas por metro quadrado, diminuindo a competição por luz entre as plantas.

### **3.7 CÂMARA ÚMIDA PARA ENRAIZAMENTO**

O enraizamento de estacas utilizando estrutura de nebulização intermitente e ambientes protegidos ou telados, proporcionou avanços na propagação de inúmeras espécies vegetais, porém são necessários investimentos iniciais altos, com a construção de instalações apropriadas, o que pode dificultar a adoção desta tecnologia por muitos viveiristas ou pequenos agricultores (OLIVEIRA et al., 2009).

Visando a autonomia dos agricultores e a redução da dependência de insumos externos e um sistema de cultivo voltado para as questões mais sustentáveis, a câmara úmida aparece como uma alternativa viável para o enraizamento de estacas, desde que seja eficiente quanto ao percentual de estacas enraizadas.

Pesquisas foram realizadas e observou-se que leitos de enraizamento protegidos com plástico transparente, juntamente com um sistema de aquecimento do substrato, para

determinadas espécies, proporcionam o enraizamento de estacas com percentuais satisfatórios, próximos ou superiores aos alcançados em câmara de nebulização intermitente (JACOBONI et al., 1976).

O uso de algumas tecnologias pode melhorar tanto a qualidade da muda quanto a porcentagem de enraizamento e qualidade das estacas enraizadas. Estudos científicos com câmara úmida foram realizados com mudas clonais de café conilon, onde foram obtidos 90% de pagamento (SILVEIRA; FONSECA, 1995). A partir das recomendações básicas preparadas por estes autores, a tecnologia foi difundida e utilizada com pequenas modificações na propagação de diferentes plantas cultivadas.

Para as estacas de difícil enraizamento, como é o caso de algumas cultivares de guaranazeiro, é preciso se observar o ambiente onde as mesmas são dispostas para enraizar. É recomendada a nebulização intermitente, que mantém sobre as folhas uma película de água que tende a reduzir a temperatura do ar e a taxa de transpiração, além de manter as estacas em locais com luminosidade média e temperatura ambiente entre 15 e 25°C (ALMEIDA et al., 2008).

Entre os métodos de propagação vegetativa recomendados às espécies tropicais destaca-se o enraizamento em câmara úmida (DE MIRANDA; DE MIRANDA, 2000). Diante da importância do guaranazeiro, sobretudo para os guaranaicultores do Amazonas, esses estudos com o objetivo de desenvolver um método prático de propagação vegetativa, para estabelecer uma estratégia de propagação mais viável são significativos.

O ambiente de câmara úmida possui as características para produzir mudas por estaquia de qualidade e quantidade desejável. Consiste em um sistema simples e aplicado a pequenas propriedades, podendo ser usado na agricultura familiar, em especial na guaranaicultura para o estado do Amazonas, servindo como uma tecnologia simples, de baixo custo e acessível.

A câmara úmida deve ser revestida com plástico transparente fino (polietileno), de cor azul, o qual possibilita a passagem de determinados comprimentos de onda que a planta precisa para promover o enraizamento e a brotação (SODRÉ; MARROCOS, 2009).

O plástico recobre o canteiro para não haver troca de umidade entre o ambiente interno e externo. Depósitos de água (confeccionados com garrafas pets, canos de PVC ou materiais equivalentes), com a finalidade de manter elevada a umidade relativa do ar são conservados no interior do ambiente (BERGO; MENEZES, 1999).

O substrato das mudas é saturado antes do plantio e após o estaqueamento, não havendo necessidade de realizar irrigação, pois a umidade no interior da câmara é suficiente para que as estacas completem total enraizamento, nesse período a câmara úmida é molhada externamente para que a temperatura interna seja inferior a 35°C. Passado esse período, a câmara é aberta e as mudas prosseguem com condução de cultivo (SODRÉ; MARROCOS, 2009).

Portanto, é necessário investigar a propagação do guaranazeiro em sistema de câmara úmida, visto as vantagens e possibilidades que este sistema oferece, podendo contribuir para que o estado do Amazonas desenvolva ainda mais o cultivo de guaraná.

#### 4. REFERÊNCIAS

AGROSPICE BRASIL – Informativo do guaraná. Disponível em: [http://www.agrospice.com.br/ver\\_produto.asp?cod=47](http://www.agrospice.com.br/ver_produto.asp?cod=47). Acesso em setembro de 2023.

ALBERTINO, S. M. F et al. Enraizamento de estacas de cultivares de guaranazeiro com adubação de plantas matrizes. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 47, p:1449-1454, 2012.

ALMEIDA, E.F.A. et al. Diferentes substratos e ambientes para enraizamento de mini-ixora (*Ixora coccinea*'Compacta'). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, p. 1449-1453, 2008.

ALTMANN, T. et al. Enraizamento adventício e desenvolvimento vegetativo de citrandarinhos (*Citrus sunki* hort. ex Tan. x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.) e progenitores propagados por estaquia. **DELOS: DESARROLLO LOCAL SOSTENIBLE**, v. 16, n. 46. 2023.

ATROCH, A., & DO NASCIMENTO FILHO, F. J. Cultivar BRS Noçoquém: principais características e recomendações básicas para plantio no Amazonas. 2021.

ATROCH, A.L.; DO NASCIMENTO FILHO, F. J. Guarana—*Paullinia cupana* Kunth var. *sorbilis* (Mart.) Ducke. In: **Exotic Fruits**. Academic Press, p. 225-236. 2018.

ATROCH, A. L.; DO NASCIMENTO FILHO, F. J.; PEREIRA, J. C. R. BRS Noçoquém: primeira cultivar de guaranazeiro de reprodução via sementes para cultivo no estado do Amazonas. **Comunicado técnico**. 2015.

ATROCH, A. L. Avaliação e seleção de progênies de meios irmãos de guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke) utilizando caracteres morfoagronômicos. **Tese de**

Doutorado em Genética – Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia – INPA, Manaus, 72 p. 2009.

ATROCH, A.L; CRAVO. M. S. DA.; SANTOS, J. A. Enraizamento de clones de guaranazeiro tratados com ácido Indol-3-Butírico (AIB). *Revista de Ciências Agrárias*, Belém, n. 47, p. 103-111, 2007.

ATROCH, A.L; DO NASCIMENTO FILHO, F.J Classificação do coeficiente de variação na cultura do guaranazeiro. *Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, Belém, n. 43, p. 43-48, 2005.

BASAK, U. C.; DAS, A. B.; DAS, P. Metabolic changes during rooting in stem cuttings of five mangrove species. *Plant Growth Regulation*. Dordrecht, v.17, p.141-148, 1995.

BERGO, C. L., MENEZES, W. P. D. Propagação vegetativa do cafeeiro (*Coffea canephora*) por meio de enraizamento de estacas nas condições climáticas de rio branco-acre. Embrapa- Acre **Comunicado Técnico** nº 105, 1999.

BRONDANI, G.E.; BACCARIN, F.J.B.; WIT ONDAS, H.W. de; GONÇALVES, A.N.; ALMEIDA, M. de. Avaliação morfológica e produção de minijardim clonal de *Eucalyptus benthamii* em relação a Zn e B. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v.32, p.151-164, 2012.

CAVICHIOLO, J.C. et al. Uso de câmara úmida em enxertia hipocotiledonar de maracujazeiro-amarelo sobre três porta-enxertos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 31, p. 532-538, 2009.

CERVIERI JÚNIOR, Osmar et al. **O setor de bebidas no Brasil**. 2014.

CRAVO, M. S. DA. Programa de pesquisa com a cultura do guaraná da Embrapa Amazônia Ocidental. In: **Reunião Técnica da cultura do guaraná**, Manaus, 2000. Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos. p. 16-42, 2001.

CONAB – Companhia nacional de abastecimento, **Guaraná- Análise Mensal** junho 2023. Acesso em 15 de setembro 2023. Disponível em [www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br)

CONAB – Companhia nacional de abastecimento, **Guaraná- Análise Mensal** outubro 2019. Acesso em 11 de junho 2023. Disponível em [www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br)

CORRÊA, M. P. F.; ESTOLBERG, A. G. Z. Propagação vegetativa do guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart. Ducke). Manaus, **Embrapa – UEPAE**, 4p,1981.

DAVIES JR., F. et al. **Plant propagation: principles and practices**. 9. ed. London: Pearson, 1004p. 2017.

DE ALMEIDA, J. P. N. et al. Concentrações de AIB e substratos no enraizamento e vigor de estacas lenhosas de cajaraneira. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal f Agricultural and Environmental Sciences**, v. 60, n. 1, p. 11-18, 2017.

DE CAMPOS, Arnaldo Gonçalves et al. Propagação por estaquia de Sangra-d'Água (*Croton urucurana* BAILL.). **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 15, n. 1, p. 65-75, 2022.

DE MIRANDA, E. M.; DE MIRANDA, K. R. Propagação vegetativa do mogno (*Swietenia macrophylla* King) por enraizamento de estacas semilenhosas em câmara úmida. 2000.

DE SOUSA, B.T; ZUCARELI, V; MARTINS, A. P. c. Quantificação de açúcares e auxina e desenvolvimento inicial de mini-toletes de cana-de-açúcar. In: **Colloquium Agrariae**. p. 94-103, 2020.

DIAS, J. P. T., ONO, E. O., RODRIGUES, J. D. IBA e carboidratos no enraizamento de brotações procedentes de estacas radiciais de *Rubus spp*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 666-671, 2011.

DOS SANTOS SILVA, A.M. et al. Propagação vegetativa de *Tithonia diversifolia* com ácido indolbutírico. **Livestock Research for Rural Development**, v. 30, p. 5, 2018.

DOS SANTOS, R. J. N. et al. Propagação por estaquia de *Polyscias guilfoylei* e substrato a base de caule decomposto de babaçu e casca de arroz carbonizada. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, 2020.

DUTRA L.F, KERSTEN E FACHINELLO J.C. Época de coleta, ácido indolbutírico e triptofano no enraizamento de estacas de pessegueiro. **Scientia Agrícola**, 59:327-333, 2002.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C.; KERSTEN, E.; FORTES, G. R. L. DE. **Propagação de Plantas Frutíferas de Clima Temperado**. Pelotas: UFPel, 2a ed., 178 p. 1995.

FERRIANI, A. P. et al. Estaquia e anatomia de vassourão-branco. **Scientia Agraria**, 9(2), 159-166, 2008.

FUKUDA, W. M. G.; DE CARVALHO, H. W. L. Propagação rápida de mandioca no nordeste brasileiro. **Circular técnica**, ISSN 1678-1945. 2007.

GAMA, L. A. et al. Rizobacteria isolated in the Amazon and its influence on the growth of guarana seedlings. **Journal of Agricultural Science Chem.**, Columbus, v. 40, n. 5, p. 801-805. 2019.

GAMA, L.A. et al. Phytosociology and cover analysis in the suppression of weeds from an Amazonian agrosystem. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 15, n. 4, p. 1-9, 2020.

GOMES, G.A.C. et al. Propagação de espécies lenhosas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, V. 23, n. 216, p.12-12, 2002.

GOULART, P. B. et al. Morfoanatomia da rizogênese adventícia em miniestaca de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 3, p. 521-532, 2014.

HACK, B. et al. Effect of Guarana (*Paullinia cupana*) on Cognitive Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Nutrients**, v. 15, n. 2, p. 434, 2023.

HARTMANN, H. T., KESTER, D., DAVIES, F., GENEVE, R., WILSON, S. **Plant propagation: principles and practices**. 9th ed. New York: Pearson. 2018.

HENMAN, A.R. Guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*): ecological and social perspectives on an economic plant of the central Amazon basin. **Journal of ethnopharmacology**, v. 6, n. 3, p. 311-338, 1982.

HURA, T. et al. Different allocation of carbohydrates and phenolics in dehydrated leaves of triticale. **Journal of Plant Physiology**, v.202, n.1, p.1–9, 2016

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - **IBGE**. Levantamento da produção nacional de guaraná, safra 2021-2009. 2022. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 05 de junho de 2023.

JACOBONI, N.; BATTAGLINI, M.; PERZIOSI, P. Propagación del olivo. In: **Olivicultura moderna** Madrid: FAO-INIA, cap. 6, p. 150-169. 1976

JANICK, J. **A ciência da horticultura**. Rio de Janeiro: USAID. 1966.

LATOH, L. P.; DALLAGRANA, J. F.; PORTES, D. C.; MAGGIONI, R. A.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. Propagação vegetativa via estaquia caulinar de espécies do gênero *Tibouchina* spp. nas estações do ano. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, v. 4, n. 1, p. 17-41, 2018.

LEMOS, M. S. D. S. Efeito das soluções enraizadoras AIB, 2, 4-D e ANA em estacas de guaranazeiro. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus. 83 f. 2020.

LEONEL, S; RODRIGUES, J. D. Efeito da época de estaquia, fitorreguladores e ácido bórico no enraizamento de estacas de porta-enxertos de videira. **Scientia Agricola**, v. 50, n. 1, p. 27-32, 1993.

LIMA, D. M. et al. Capacidade de enraizamento de estacas de *Maytenus muelleri* Schwacke com a aplicação de ácido indol butírico relacionada aos aspectos anatômicos. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 13, n. 4, p. 422-438, 2011.

MALAVASI, U. C. Macropropagação vegetativa em coníferas: perspectivas biológicas e operacionais. **Floresta e Ambiente**, v. 1, p. 131-135, 1994.

MAYER, J. L. S. et al. Formação de raízes em estacas de duas espécies de *Calliandra* (Leguminosae - Mimosoideae). **Rodriguésia**, v. 59, n. 3, p. 487-495, 2008.

MENDONÇA, M. S. DE. Sistema radicular do guaraná (***Paullinia cupana*** var. *Sorbilis* (Mart.) Ducke): Origem, estrutura e desenvolvimento. **Tese** (Doutorado em Ciências Biológicas) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Manaus, 129 p. 1991.

MITCHELL, P. J. et al Drought response strategies define the relative contributions of hydraulic dysfunction and carbohydrate depletion during tree mortality. *New Phytologist*, v. 197, n. 3, p. 862-872. 2013.

NASCIMENTO FILHO, F. J. et al. BRS Luzéia: nova cultivar para o agronegócio do guaraná no Estado do Amazonas. Embrapa Amazônia Ocidental, **Circular técnica**, 2007.

NASCIMENTO FILHO, F. J. DO. et al. Guaraná: BRS-Amazonas e BRS-Maués-clones para o Estado do Amazonas. Embrapa Amazônia Ocidental-Fôlder/Folheto/Cartilha (**INFOTECA-E**), 1999.

OCHOA, J. et al. Rooting medium temperature and carbohydrates affected oleander rooting. **VII International Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter Climates: Production, Pest Management and Global Competition** 659 p. 239-244. 2004.

OLIVEIRA, A. F. et al. Estaquia de oliveira em diferentes épocas, substratos e doses de AIB diluído em NaOH e álcool. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, p. 79-85, 2009.

OLIVEIRA, M. C et al. Manual de viveiro e produção de mudas: espécies arbóreas nativas do Cerrado. Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária - **Embrapa Cerrados**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento 128 p, 2016.

ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. **Aspectos da fisiologia do enraizamento de estacas caulinares**. Jaboticabal: FUNEP. 83 p. 1996.

PAIVA, H. N., GOMES, J. M. Propagação vegetativa de espécies florestais. Viçosa, MG: UFV, 40 p. **Boletim**, 322. 1995.

PINTO, K. G. D. et al. 2020. Indole-3-butyric Acid Improves Root System Quality in Guarana Cuttings. **HortScience**; 55:10, 1670-1675. 2020.

PITA JÚNIOR, J.L. Propagação do rambutanzeiro (*Nephelium lappaceum* L.) **Dissertação** (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 37 p. 2010.

PIZZATTO, M. et al. Influência do uso de AIB, época de coleta e tamanho de estaca na propagação vegetativa de hibisco por estaquia. **Ceres**, v. 58, n. 4, 2011.

PEREIRA, J.C.R. (Ed.). Cultura do guaranazeiro no Amazonas. 4.ed. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental. Embrapa Amazônia Ocidental. **Sistemas de produção**, 40p, 2005.

ROSSAL, P. A. L. Qualidade da luz e ácido 4-(3-indolil) butírico na formação de raízes adventícias em estacas caulinares. **Tese** (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ, Piracicaba, 76 f. 2006.

SANT'ANA, B. T. et al. Produtividade de minicepas e enraizamento de miniestacas de sapucaia (*Lecythis lanceolata*). **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 43, 2023.

SCHIMPL, F. C. et al. Guarana: revisiting a highly caffeinated plant from the amazon. **Journal of Ethnopharmacology**. 150: 14-31p. 2013.

SILVEIRA, J.S.M.; FONSECA, A.F.A. **Produção de mudas de café conilon em câmara úmida sob cobertura de folhas de palmeira**. Vitória: EMCAPA. 15p. (EMCAPA. Documentos, 85) 1995.

SOARES, D. O. P. Período de interferência das plantas daninhas na cultura do Guaranazeiro. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Amazonas. 2017.

SOARES, D. O. P. et al. Period of weed interference in guarana crop. **Planta Daninha**, v. 37, 2019.

SOARES, F.S. et al. Aspectos anatômicos de impedimentos ao enraizamento em estacas caulinares de mangabeira. **Acta Iguazu**, v. 9, n. 1, p. 82-89, 2020.

SODRÉ, G. A.; MARROCOS, P. C. L. Manual da produção vegetativa de mudas de cacauzeiro. **Ilhéus: Editus**, 2009.

SOUZA, J.S.I; AMARO, A.A.; PINHEIRO, E. D. **Uvas para o Brasil**. São Paulo: Melhoramentos, 454p. 1969.

TAIZ, Lincoln et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 6ª edição. 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Auxina: o hormônio de crescimento. **Fisiologia vegetal**, v. 3, p. 449-484, 2009.

TORRES, E. A. et al. Effects of the consumption of guarana on human health: A narrative review. **Comprehensive Review in Food Science and Food Safety**, 21(1), 272-295. 2022.

WIESMAN, Z.; LAVEE, S. Relationship of carbohydrates sources and indole-3-butyric acid in olive cuttings. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 22, n. 5, p. 811-816, 1995.

XAVIER, A.; WENDLING, I. V. A. R.; SILVA, R. L. Silvicultura clonal: princípios e técnicas. Viçosa. **MG: Universidade Federal de Viçosa**, 3ª edição 2021.

ZOTTELE, L. et al. Influência dos diferentes tipos de estacas caulinares no enraizamento e morfoanatomia de *Aphelandra nitida* Ness & Mart. (Acanthaceae). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 49290-49309, 2020.

## **CAPÍTULO I**

### **ÉPOCAS PARA O ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE GUARANAZEIRO NO ESTADO DO AMAZONAS**

#### **RESUMO**

O guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *Sorbilis*) é uma espécie nativa da Amazônia, cujo atrativo comercial está nas suas sementes, que após secas, dão origem a um produto comercial com alto teor de cafeína, substância responsável pela atividade estimulante vinculada ao fruto do guaraná. O Brasil é o único produtor comercial de guaraná e este estudo traz uma contribuição para o avanço do conhecimento na propagação vegetativa de guaranazeiro. Estacas de guaranazeiro coletadas em épocas distintas, podem apresentar enraizamento diferenciado, o que propiciará, na prática, saber em qual época devem-se aproveitar as estacas para a produção de mudas. Objetivou-se, nesse trabalho, avaliar a época de coleta de estacas herbáceas de três cultivares de guaranazeiro. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com três épocas de coleta de estacas nos meses de abril, julho e setembro, três cultivares de guaranazeiro BRS Maués, BRS CG 611 e BRS Luzeia, com quatro repetições. A maior porcentagem de estacas enraizadas foi obtida no mês de abril, período do inverno amazônico e a planta de guaranazeiro se encontra no estágio vegetativo.

**Palavras chave:** guaraná, período de coleta, estaquia.

## **CHAPTER I**

### **TIMES FOR ROOTING GUARANAZEIRO CUTTINGS IN THE STATE OF AMAZONAS**

#### **ABSTRACT**

The guarana tree (*Paullinia cupana* var. *Sorbilis*) is a species native to the Amazon, whose commercial attraction lies in its seeds, which, after drying, give rise to a commercial product with a high caffeine content, a substance responsible for the stimulating activity linked to the guaraná fruit. Brazil is the only commercial producer of guaraná and this study makes a contribution to the advancement of knowledge in the vegetative propagation of guarana. Guarana tree cuttings collected at different times may show different rooting, which will allow, in practice, to know at which time the cuttings should be used to produce seedlings. The objective of this work was to evaluate the collection period for herbaceous cuttings of three guarana plant cultivars. The experimental design was completely randomized with three cuttings collection times in the months of April, July and September, three guarana cultivars BRS Maués, BRS CG 611 and BRS Luzeia, with four replications. The highest percentage of rooted cuttings was obtained in the month of April, the Amazon winter period and the guarana plant is in the vegetative stage.

**Keywords:** guarana, collection period, cuttings.

## INTRODUÇÃO

O guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*) é uma espécie nativa da região Amazônica, dicotiledônea pertencente à família das Sapindaceae e o valor comercial dessa planta está em suas sementes que após secas, dão origem a um produto comercial com alto teor de cafeína (SCHIMPELL, 2013). Devido as suas propriedades energéticas, a cultura apresenta potencial econômico e o Brasil é o único produtor mundial de guaraná (ATROCH; NASCIMENTO FILHO, 2018). Portanto possibilita gerar renda para a população, assim, o conhecimento sobre a cultura evoluiu nos últimos anos, mas ainda há a necessidade de realizar pesquisas que visem aumentar a produção de guaraná, principalmente em relação a produção de mudas de qualidade.

Um dos fatores que podem interferir para que o processo de produção de mudas seja eficiente, é a época para a coleta de propágulos. A época do ano em que as estacas são coletadas, segundo Fachinello et al. (1995), está relacionada à consistência da estaca. Por exemplo, estacas coletadas em um período de crescimento vegetativo intenso (primavera/verão), portanto mais herbáceas, tendem a enraizar mais, já estacas coletadas no inverno são mais lignificadas e possuem menor capacidade de enraizamento.

Para a produção de mudas de guaranazeiro, há uma recomendação técnica que a coleta deve ser realizada no período de lançamento dos ramos, que no Estado do Amazonas, ocorre nos meses de março a maio e estes ramos, lançados no ano da coleta, são utilizados para a formação de mudas (PEREIRA, 2005).

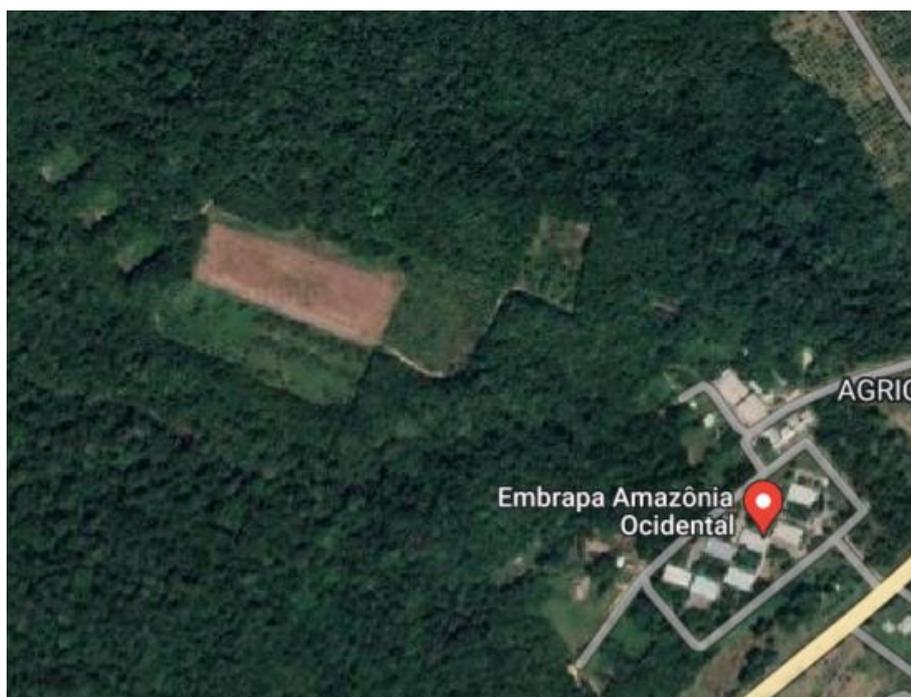
Tendo em vista que não existem aprofundamento científico sobre a época para coleta de ramos para confecção de estacas de guaranazeiro, e acreditando que haja relação direta com a capacidade de enraizamento das diferentes cultivares, procurou-se relacionar a época de coleta com a capacidade de enraizamento das cultivares de guaranazeiro.

Portanto, essa pesquisa busca adequar-se à fenologia da espécie, respeitando assim o seu comportamento em relação ao ambiente e ao próprio manejo realizado pelo produtor, tendo em vista, melhorar a qualidade das mudas conforme a variação do ambiente, do manejo e da disponibilidade tecnológica e monetária do produtor.

Dessa maneira, o objetivo desse trabalho é avaliar o potencial de enraizamento de estacas herbáceas de três cultivares de guaranazeiro, submetidas a diferentes épocas do ano.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campo experimental da Embrapa Amazônia Ocidental, km 29 da rodovia AM-010, latitude 02° 55' S e longitude 59° 59' W, no município de Manaus, AM (Figura 1). O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Af: temperatura média do ar elevada, com média mensal superior a 18° C e alta pluviosidade.



**Figura 1.** Localização do experimento, Embrapa Amazônia Ocidental. Manaus, AM.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com arranjo fatorial 3x3, formado por 3 cultivares de guaranazeiro BRS-Maués, BRS-Luzeia e BRS-CG 611, 3 épocas de coleta de ramos de guaranazeiro: abril, julho e setembro, com

4 repetições. A unidade experimental foi formada por 15 estacas herbáceas, totalizando assim, 540 estacas.

O critério de escolha das épocas do ano para a coleta de material vegetal foi: Abril - Recomendação do manual de produção de mudas do guaranazeiro (PEREIRA, 2005), mês que abrange o período do “inverno amazônico”, quando a temperatura encontra-se alta, mas as chuvas são constantes; julho – Período de redução das chuvas e final do estágio vegetativo do guaranazeiro; setembro - Pleno “verão amazônico”, meses mais quentes e secos, com temperaturas em torno dos 38°C e as plantas iniciam o estágio de floração.

O material utilizado e as etapas seguintes, seguiram a recomendação do manual de produção de guaranazeiro (PEREIRA, 2005). Sacos de polietileno de cor preta, medindo 23 x 18 cm, com 0,15 mm de espessura e 24 furos de 5 mm de diâmetro, para drenagem do excesso de água, foram utilizados como recipiente para plantio das estacas.

O substrato para o enchimento dos sacos foi composto por uma mistura de terriço da mata e areia, na proporção de 4:1. A cada 1 metro cúbico da mistura, foi adicionado 3 kg de superfosfato simples. Após preencher os sacos, uma fina camada de areia (1 a 2 cm de espessura) foi colocada na superfície para evitar a formação de crostas e reduzir a incidência de plantas invasoras (PEREIRA, 2005).

O critério da escolha das cultivares foi a classificação quanto ao enraizamento das estacas, segundo pesquisas exploratórias prévias já realizadas no manejo para produção de mudas de guaranazeiro, sendo BRS Maués de fácil enraizamento, BRS-CG611 de médio enraizamento e BRS-Luzeia considerada de difícil enraizamento. Esses materiais já foram avaliados e recomendados para plantio comercial no Estado do Amazonas pela Embrapa Amazônia Ocidental.

Os ramos coletados para confecção das estacas eram herbáceos, lançados no ano da coleta, retirados de plantas matrizes selecionadas, sem sintomas de deficiências nutricionais e/ou ataque de pragas e doenças, provenientes de jardins clonais da Embrapa.

A coleta dos ramos foi realizada nas primeiras horas da manhã de forma a reduzir a perda de água do material a ser propagado. Após o corte dos ramos, estes foram umedecidos e acondicionados para o transporte até o viveiro, onde as estacas foram confeccionadas (PEREIRA, 2005).

Cada estaca continha um par de folíolos cortado ao meio, para reduzir a transpiração. Com o auxílio de um pedaço de madeira roliço e pontiagudo, com diâmetro semelhante ao das estacas, foi feito um orifício central no substrato para facilitar o plantio.

Em seguida, as estacas foram plantadas nos sacos de polietileno e mantidas no viveiro convencional, utilizado para o enraizamento e formação de mudas de guaranazeiro (PEREIRA, 2005).

Em cada época as estacas foram mantidas em temperatura ambiente, irradiância reduzida em 70% e sob nebulização intermitente, controlada por uma balança de evaporação, onde a superfície dos meios folíolos ficou protegida por uma fina camada de água. O sistema de nebulização funcionava em sincronia com a taxa de transpiração para evitar a desidratação dos tecidos, promovendo umidade necessária para garantir os processos fisiológicos do enraizamento das estacas.

Os canteiros com as mudas tinham inclinação de 10% e uma camada de seixo de 10 cm de espessura, para facilitar a drenagem e evitar o encharcamento. Diariamente, a temperatura e a umidade foram registradas através do termo-higrômetro digital.

## **BIOMETRIA**

Após 90 dias de enraizamento, em cada época avaliada, as estacas foram separadas do substrato por dispersão em água corrente e agitação manual, obtendo-se o sistema radicular intacto para a avaliação de número de estacas com calos (estacas vivas, com formação de massa celular indiferenciada na base e sem raízes); número de estacas enraizadas (estacas com pelo menos uma raiz adventícia formada); número de estacas mortas (estacas que apresentarem tecidos necrosados); número de raízes formadas; comprimento das raízes; volume das raízes e peso da matéria seca das raízes.

Todas as raízes foram cortadas rente ao ponto de inserção na estaca e posteriormente, contadas e medidas. A medição do comprimento foi realizada com auxílio de régua.

O volume das raízes foi medido pelo deslocamento de água provocado pela introdução das raízes em uma proveta graduada.

O peso da matéria seca foi obtido por meio da secagem das raízes em estufa à 70°C até peso constante, para pesagem, a balança digital de precisão foi utilizada.

## **TEOR DE CARBOIDRATOS**

Para a extração de açúcares solúveis totais, as amostras das raízes foram moídas e 0,1 g dessas amostras maceradas com pistilo, adicionando-se 10 mL da mistura de metanol – clorofórmio – água, na proporção de 120:50:30, aquecida à 60° C. O produto da maceração foi transferido quantitativamente para tubos plásticos e centrifugado a 2.000 g, por 15 min. Os sobrenadantes tiveram seu volume anotados e foram armazenados sob refrigeração. Posteriormente, foram particionados em funil de separação com 15 mL de clorofórmio, para clarificação do extrato e remoção dos lipídios.

A quantificação dos açúcares solúveis totais foi realizada por reação com antrona, segundo metodologia preconizada por McCready et al., (1950). Alíquotas de 0,1 mL foram colocadas em tubos de ensaio rosqueados e o volume completado para 1 mL com água destilada. Os tubos foram mantidos em banho de gelo enquanto foram acrescentados 5 mL do reativo de antrona, depois foram tampados e colocados em água fervente por 10 min. A reação foi interrompida por meio da imersão em banho de gelo. Após estabilização da cor, a absorbância no comprimento de onda de 625 nm foi determinada em espectrofotômetro marca Micronal, modelo B580.

Para a extração do amido, o resíduo das extrações alcoólicas foi tratado com 10 mL de ácido perclórico 35%, permanecendo reagindo por 20 minutos e em seguida, foi centrifugado a 2.000 g, por 10 min. Alíquotas de 0,1 mL foram colocadas em tubos de ensaio rosqueados para a quantificação do amido, por reação com antrona (MCCREADY et al., 1950), conforme descrito para a quantificação dos açúcares solúveis totais.

## **ANÁLISES ESTATÍSTICAS**

Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. O software utilizado foi o programa R.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O resumo da análise de variância para as variáveis estudadas quanto à época de enraizamento de estacas de guaranazeiro, encontra-se na tabela 1. O fator época

isoladamente, foi significativo para o percentual de estacas enraizadas e estacas com calo, a mesma tendência seguiu para o fator cultivar isolado. Já para as características qualitativas do sistema radicular, a época influenciou significativamente o comprimento, volume e peso da matéria seca da raiz. Já para o fator cultivar, isoladamente, houve significância apenas para o número e volume de raiz. Quanto à interação dos fatores época x cultivar, houve significância apenas para o percentual de estacas mortas.

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância para percentual de estacas enraizadas (EE), de estacas com calo (EC), de estacas mortas (EM), comprimento de raízes (CR), número de raízes (NR), volume de raízes (VR) e peso da matéria seca das raízes (PS), de três cultivares de guaranazeiro, submetidas a três épocas de enraizamento. Manaus, AM, 2022.

FV	GL	Quadrados Médios						
		EE	EC	EM	CR	NR	VR	PS
Época	2	1527,15**	1304,65**	181,5 ns	865,85*	5769,5ns	3,084**	0,0775*
Cultivar	2	1916,05**	1097,55**	59,25 ns	506,50ns	13,452 *	1,338**	0,0405 ns
Época x cultivar	4	104,95ns	342,82ns	2751,68**	88,92ns	8,114ns	0,451 ns	0,0437 ns
Resíduo	27	130,86	249,38	563,37	173,48	4,194	0,179	0,0196
Total	35	309,7	368,96	762,857	222,41	5,261	0,442	0,268
C.V (%)		56,16	65,6	43,16	113,36	81,46	63,55	91,28

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

Apesar dos valores dos coeficientes de variação (CV) apresentarem-se elevados, os dados foram todos considerados normais dentro das análises realizadas. Segundo Atroch; Nascimento Filho (2005), em pesquisas com guaranazeiro, dependendo da variável avaliada, é comum encontrar um CV elevado. Provavelmente, isso está relacionado ao fato do guaranazeiro ser uma espécie com alta variabilidade genética, o que contribui para as características não possuírem um padrão uniforme nas avaliações. Além desses fatores, havia forte variação ambiental durante a condução desse estudo.

Não houve interação significativa entre os fatores época e genótipo para todas as variáveis estudadas, exceto para o percentual de estacas mortas, indicando que os fatores são independentes. A época do ano em que os testes foram conduzidos influenciou os

percentuais de estacas enraizadas e estacas com calo. As demais variáveis como comprimento médio de raízes, número médio de raízes por estaca, volume médio de raízes e massa seca média de raízes por estaca também foram influenciadas pela época em que o estudo foi realizado (Tabela 2).

**Tabela 2.** Percentual de estacas enraizadas (EE), estacas com calo (EC), médias do comprimento de raízes (CR), número de raízes (NR), volume de raízes (VR) e peso da matéria seca de raízes (PS), de estacas de guaranazeiro, submetidas a três diferentes épocas de enraizamento, independente da cultivar. Manaus, AM, 2022.

Época	EE (%)	EC (%)	CR (cm)	NR	VR (ml)	PS (g)
Abril	33,33 a	26,11 ab	8,46 ab	3,15 a	0,092 b	0,08 b
Julho	15,00 b	33,33 a	21,24 a	2,60 a	1,05 a	0,24 a
Setembro	12,70 b	12,77 b	5,15 b	1,77 a	0,85 a	0,12 ab

-Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A maior porcentagem de estacas enraizadas, independente da cultivar, foi observada em abril, época considerada “inverno amazônico” que é caracterizado por ser mais chuvoso, porém com temperaturas altas (DA SILVA LIMA et al., 2012), portanto, a influência da época de coleta das estacas no enraizamento pode ser atribuída às condições climáticas, especialmente temperatura e disponibilidade de água (FACHINELLO et al., 2005).

Apesar de haver normalidade e consonância dos dados dessa pesquisa, os índices de enraizamento encontrados são considerados baixos, segundo Atroch et al. (2007). O baixo percentual de estacas enraizadas na época mais favorável ao enraizamento, pode estar relacionado ao vigor das plantas matrizes.

As matrizes receberam todos os tratamentos culturais recomendados, no ano anterior (2021) e no ano da condução do experimento (2022), porém devido as barreiras sanitárias impostas pela pandemia do covid-19, ocorrida no ano de 2020, essas plantas passaram dois ciclos consecutivos sem os referidos tratamentos culturais tais como podas, adubações, coroamentos. Esse fato pode ter contribuído para o baixo desenvolvimento das raízes adventícias, em decorrência do estado nutricional da planta matriz, essencial para o êxito na produção de mudas (ALTMANN et al., 2023).

A fenologia do material propagado também deve ser levada em consideração, pois varia de acordo com as características de cada espécie (ZEM et al., 2015). Para algumas espécies, qualquer época do ano pode ser favorável à retirada de estacas; para outras, a melhor época é quando as plantas se encontram em crescimento ativo (HARTMANN et al., 2018). Nesse estudo, a época em que a porcentagem de estacas enraizadas foi superior, coincide com o estágio vegetativo das plantas matrizes doadoras das estacas. Os mesmos resultados foram obtidos por Zem et al. (2015) para o enraizamento de cataia (*Drimys brasiliensis*). Em consonância a esse fato, Masiero et al. (2021) relatam que um bom enraizamento pode estar relacionado ao período de crescimento vegetativo, favorecendo assim o surgimento de raízes.

Logo, o sucesso do enraizamento está estreitamente relacionado à consistência da estaca, sendo aquelas coletadas em um período de crescimento vegetativo intenso, portanto mais herbáceas, tendem a enraizar melhor, enquanto aquelas coletadas na fase fenológica seguinte, são mais lignificadas e possuem menor capacidade de enraizamento (FACHINELLO et al., 2005).

Sendo assim, a estação do ano pode representar um fator decisivo no processo de enraizamento, haja visto que possui uma forte relação com a fenologia vegetal. Por exemplo, temperaturas mais altas, muitas vezes coincidem com grandes quantidades de luz e conseqüentemente, com o aumento da atividade de brotações, florescimento e maiores taxas de crescimento, bem como com um adequado nível hormonal na ocasião da coleta do material propagativo (TRACZ et al., 2014). Portanto, épocas do ano que apresentam maiores temperaturas, possivelmente, favoreçam a divisão celular e o processo de formação de raízes, garantindo melhor condição para o enraizamento (FACHINELLO et al., 2005).

Em todos os tratamentos avaliados havia estacas com calo, o que era esperado, visto que as raízes em estacas de guaranazeiro iniciam com a formação de um tecido caloso, as células desse tecido sofrem diferenciações progressivas e constituem a raiz (MENDONÇA, 1991). Sabe-se que em muitas espécies, a formação de raízes adventícias ocorre a partir do calo, porém, os calos que se desenvolvem na base da estaca, podem vir ou não a ser uma raiz (FOLADORI-INVERNIZZI, et al., 2021).

O percentual de estacas enraizadas e de estacas com calo apresentaram comportamento semelhante, sendo os melhores resultados obtidos no mês de abril, já para a época do mês de setembro os índices foram inferiores com apenas 12,77% de estacas

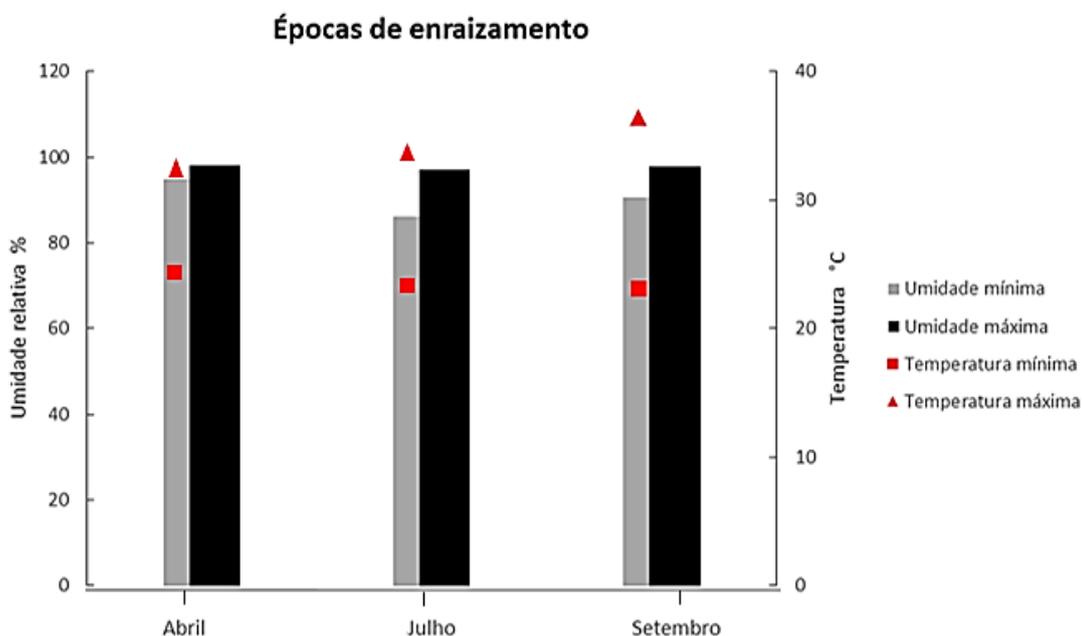
com calo (Tabela 2). Possivelmente, as condições que afetam ou favorecem o enraizamento sejam as mesmas que modificam aspectos como a formação de calo e sobrevivência das estacas (VIGNOLO et al., 2014).

Para o guaranazeiro, estacas que apresentaram calos, não necessariamente enraizaram, indicando que a formação de calo não é indício da formação de raiz, concordando com Hartmann et al. (2018). Esses autores afirmam que a formação de calo e de raízes são processos independentes para a maioria das plantas.

Quanto a temperatura durante a condução do experimento, não houve grandes variações entre as épocas estudadas, com mínimas de 23,1 °C, 23,2 °C e 23,1 °C nas épocas de abril, julho e setembro, respectivamente. As temperaturas máximas registradas foram 31,7 °C para a época de abril, 33,28 °C de julho e 36,39 °C de setembro (Figura 2). Esses valores estão acima do que é considerado como faixa média de temperatura ideal para o enraizamento de estacas da maioria das espécies, que é de 21,1 °C a 26 °C (HARTMANN et al., 2018).

Temperaturas excessivamente altas durante a fase de enraizamento não são aconselhadas devido ao aumento da transpiração e perda de água pelas folhas, provocando a necrose dos tecidos. Além disso, podem estimular o desenvolvimento de gemas laterais antes do aparecimento de raízes, ou ainda, baixar a atividade fisiológica e, conseqüentemente, afetar a formação das raízes.

Nos últimos anos grandes mudanças nos padrões de aquecimento vêm acontecendo. Estudos realizados em 2007 já previam aumento superior a 1,5 °C na temperatura média global entre 2023 e 2027, porém, esse aumento já foi constatado em 2022, quando a temperatura média global foi de 1,15°C acima dos registrados anteriormente (IPCC, 2007).



**Figura 2.** Umidade relativa máxima e mínima (%) e valores de temperatura máxima e mínima, em três épocas distintas de enraizamento de estacas de guaranazeiro. Manaus, AM, 2022.

Por outro lado, temperaturas baixas não proporcionam condições adequadas para a indução, desenvolvimento e crescimento radicular, pois diminuem o metabolismo das estacas, reduzindo as brotações e aumentando o tempo para o enraizamento (XAVIER et al., 2021).

Portanto, esse fator ambiental deve ser observado para a produção satisfatória de estacas, visto que a temperatura pode influenciar o enraizamento, atuando, sobretudo na absorção de nutrientes e no metabolismo (CORRÊA; FETT-NETO, 2004).

Quanto à umidade relativa do ar, foram registradas para o mês de abril a mínima de 94,73% e a máxima de 98,04%, sendo estes registros os maiores encontrados em todas as épocas avaliadas (Figura 2). Essa condição de alta umidade reduz os riscos de desidratação dos tecidos, visto que os tecidos desidratados podem causar a morte das estacas antes que as raízes se formem, principalmente em estacas com folhas, como é o caso do guaranazeiro.

Segundo Hartmann et al. (2018), a umidade relativa do ar ideal, na região das estacas, é de 80% a 100%. Nesse estudo, em todas as épocas avaliadas foram registradas

essa faixa considerada ideal (Figura 7). Porém, para o guaranazeiro apenas esse fator não foi suficiente para promover um enraizamento satisfatório.

Este trabalho confirma as diretrizes do sistema de produção de guaranazeiro, embora não haja estudos científicos publicados sobre as épocas adequadas para o enraizamento, a Embrapa recomenda a retirada das estacas no período de lançamento dos ramos, que geralmente ocorre entre março e maio (PEREIRA, 2005).

Apesar do rigor na seleção das plantas matrizes e da normalidade dos dados, em geral, os índices de enraizamento encontrados são considerados baixos quando comparado ao potencial de enraizamento das cultivares, segundo Atroch et al. (2007). Vários fatores podem ter afetado o enraizamento das estacas, e que podem estar relacionados ao clima, ou à planta, como os processos fisiológicos ligados à formação e emissão das raízes na estaca, ou ainda aqueles ligados à planta matriz. Segundo Trewavas; Cleland (1983) e Hartmann et al. (2018), plantas velhas perdem a capacidade de receber estímulo hormonal, levando à uma baixa concentração de auxina e, conseqüentemente, de formação de raízes, o que não parece ser a causa do baixo enraizamento nesta pesquisa, uma vez que os ramos usados como propágulos eram novos, lançados no ano da coleta da estaca.

Outro ponto a ser considerado é a auxina, um fitorregulador produzido endogenamente nas regiões de crescimento, esta substância indutora de raízes pode ser abundante, escassa ou mesmo ausente no interior da planta, conforme sua condição fisiológica e genética, por isso, para algumas espécies é comum a adição de auxinas exógenas, como o ácido indolbutírico (AIB) (PIZZATO et al., 2011).

Porém, mesmo com a utilização de AIB em guaranazeiro, Lemos (2020) obteve um índice de 40,00% de estacas enraizadas com a cultivar BRS Maués, enquanto Arruda (2007) obteve 75,7% para a mesma cultivar, com aplicação da auxina exógena, o que aponta haver variação até dentro da mesma cultivar.

Independente da época do enraizamento, houve diferença significativa entre as cultivares para a maioria das variáveis avaliadas (Tabela 3), mostrando que há um forte componente genético relacionado à capacidade e/ou habilidade para o enraizamento entre os diferentes genótipos de guaranazeiro, podendo viabilizar ou inviabilizar a reprodução de um material em larga escala, ainda que este tenha potencial produtivo (ATROCH et al., 2005).

Quando analisadas isoladamente, foi observada diferença significativa para as cultivares estudadas, independente da época em que a coleta de ramos foi realizada (Tabela 3).

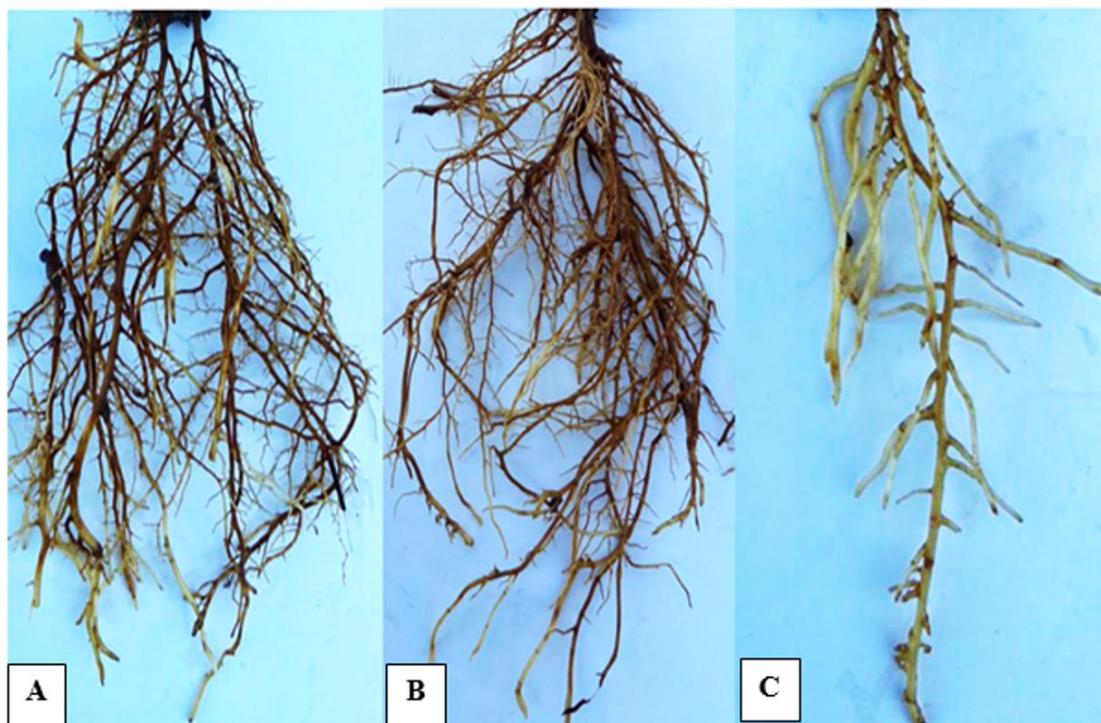
**Tabela 3.** Percentual de estacas enraizadas de guaranazeiro (EE) e estacas com calo (EC), médias para as características comprimento de raízes (CR) (cm), número de raízes (NR), volume de raízes (VR) (ml) e peso da matéria seca das raízes (PS) (g) de três cultivares de guaranazeiro, independente da época de enraizamento. Manaus, AM, 2022.

Cultivar	EE (%)	EC (%)	CR (cm)	NR	VR (ml)	PS (g)
BRS Maués	34,44 a	31,66 a	18,98 a	3,71 a	1,03 a	0,18 a
BRS CG 611	16,66 a	27,22 ab	9,17 a	2,11 ab	0,59 b	0,19 a
BRS Luzeia	10,00 b	13,33 b	6,69 a	1,71 b	0,37 b	0,08 a

-Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A variabilidade genética do guaranazeiro é discutida em vários trabalhos científicos (ARRUDA et al., 2007; ALBERTINO et al., 2012; PINTO et al., 2020) e seus autores atribuem as dificuldades na formação de raízes adventícias em suas estacas à essa característica genética da espécie, o que pode inviabilizar a recomendação de algumas cultivares, mesmo que possuam alta produtividade.

De acordo com os resultados obtidos, é possível afirmar que o enraizamento das estacas de guaranazeiro foi significativamente influenciado pelos genótipos, com variações entre eles. A cultivar BRS Maués não difere de BRS CG 611 e foi superior à BRS Luzeia na maioria das características estudadas (Tabela 3). Dentre as características superiores da BRS Maués, destaca-se o volume de raízes, que foi bem expressivo em todas as épocas avaliadas (Figura 3).



**Figura 3.** Raízes de guaranazeiro da cultivar BRS Maués, em três épocas distintas de enraizamento. A – Mês de Abril; B- Mês de Julho e C- Mês de Setembro. Manaus, AM, 2022.

A cultivar BRS Maués atende a demandas dos agricultores familiares e das empresas que se dedicam ao cultivo, como resistência à antracnose e ao superbrotamento, alta taxa de sobrevivência no campo e alta produtividade, sendo possível desenvolver cultivos com mais estabilidade de produção, garantindo rentabilidade. A utilização dessa cultivar representa entre 28% e 30% dos plantios comerciais de guaranazeiro no Amazonas (DE SOUSA SILVA et al., 2022).

Em se tratando das características qualitativas do sistema radicular, o número e o volume de raiz, possibilitam grande quantidade de raízes fisiologicamente ativas e maior área superficial radicular, conseqüentemente, o volume de solo a ser explorado aumenta. Logo, com o sistema radicular bem desenvolvido há maior capacidade de absorção de água e nutrientes, permitindo crescimento e desenvolvimento mais rápido e maior vigor à planta (DOS SANTOS et al., 2020).

Não houve significância na interação da época do ano e as cultivares para a porcentagem de estacas enraizadas e de estacas com calo. Porém, o percentual de estacas mortas foi influenciado por esses dois fatores (Tabela 4).

**Tabela 4.** Desdobramento da interação dos genótipos de guaranazeiro x épocas do ano para a característica percentual de estacas mortas. Manaus, AM, 2022.

Cultivar	Época			Média dos genótipos
	Abril	Julho	Setembro	
BRS Maués	38,33 Aa	43,33 Aa	76,66 Aa	52,77 a
BRS CG 611	48,33 Aa	60,00 Aa	63,33 Aa	57,22 a
BRS Luzeia	70,00 Aa	75,00 Aa	20,00 Bb	55,00 a
Média das épocas	52,22 A	59,44 A	53,33 A	54,99

-Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúscula na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A mortalidade das estacas das cultivares BRS Maués e BRS CG 611 não foi influenciada pelas épocas de enraizamento. Entretanto, BRS Luzeia, apresentou os maiores índices de mortalidade em abril e julho, sendo setembro a melhor época de sobrevivência, com apenas 20% das estacas mortas, apesar desta época compreender os meses mais quentes e secos do ano.

A resposta da cultivar BRS Luzéia em relação à sobrevivência das estacas em condições de verão amazônico, época de maior mortalidade para as demais cultivares (Tabela 4), demonstra que novos estudos devem ser realizados para compreender melhor o seu processo de enraizamento, uma vez que as plantas matrizes doadoras de propágulos para o enraizamento nas épocas anteriores apresentavam condição favorável à sobrevivência das estacas, tais como ramos herbáceos com alto vigor e em plena atividade vegetativa, portanto, aptos a sintetizar auxina, em relação às estacas em estádios mais avançados como as semilenhosas e lenhosas. Apesar da ótima condição das plantas matrizes e do clima amazônico mais ameno em abril e julho, comparado a setembro, nestas épocas ocorreram os maiores índices de mortalidade das estacas para BRS Luzéia.

Quanto à análise de carboidratos das estacas de guaranazeiro, devido ao baixo índice de enraizamento, a quantidade de material vegetal para a realização das análises era escassa, principalmente nos ensaios de abril e julho. De forma a padronizar os dados,

a análise estatística foi realizada com uma testemunha adicional. Assim, a análise de variância mostrou que houve significância do fator época, isoladamente, apenas para o teor de amido, não havendo interação dos fatores para nenhuma variável. Os açúcares solúveis totais não apresentaram significância quanto aos fatores estudados (Tabela 5).

**Tabela 5.** Resumo da análise de variância para teor de açúcares solúveis totais (%) e teor de amido (%), de três cultivares de guaranazeiro, submetidas a três épocas de enraizamento. Manaus, AM, 2022.

FV	GL	Quadrados Médios	
		AST	Amido
Época	1	779,008ns	2841,11**
Cultivar	2	32,396ns	187,108ns
Época x cultivar	2	148,087ns	380,033ns
Testemunha adicional vs Fatorial	1	716,061**	2,656ns
Resíduo	21	49,559	203,615
Total	27	107,28	305,70
C.V (%)		83,62	63,05

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

Os resultados demonstram que independente da cultivar, em abril o teor de açúcares solúveis totais foi superior, com 20,80 %, comparado às demais épocas (Tabela 6).

**Tabela 6.** Teor de açúcares solúveis totais (AST) e teor de amido, de três diferentes épocas do ano, independente da cultivar de guaranazeiro. Manaus, AM, 2022.

Época	AST	Amido
Testemunha adicional (abril)	20,80 a	23,38 a
Fatorial (julho x setembro)	6,35 b	22,50 a

-Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúscula na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os carboidratos atuam como fonte de carbono para a biossíntese de ácidos nucleicos e proteínas, substâncias utilizadas para produzir raízes e podem favorecer o aumento da relação C/N, que induz ao maior enraizamento (FACHINELLO et al., 2005).

Os açúcares solúveis e o amido são fontes de energia para a plântula. O primeiro está presente em maior quantidade nas raízes, hipocótilos e epicótilos. O amido é um carboidrato de reserva, insolúvel, que precisa ser transformado em substâncias de baixo peso molecular, como os açúcares solúveis que são prontamente assimiláveis e importante nos estádios iniciais de estabelecimento das plântulas.

Portanto, o momento de coleta das estacas é fator importante, pois reflete diretamente no enraizamento, já que a atividade cambial e o nível endógeno de auxina nos ramos podem variar em função da época do ano (NEGISHI et al., 2014), como comprovado nesse estudo, onde a maior formação de raízes coincidiu com a época de maior acúmulo de carboidratos nas estacas (Tabelas 2 e 6), da mesma forma, houve redução no teor de carboidrato nas épocas de julho e setembro que apresentaram uma quantidade menor de estacas formadas.

Assim sendo, a real importância dos carboidratos para formação de raízes é que a auxina requer fonte de carbono para a biossíntese de ácidos nucléicos e proteínas, levando à necessidade de energia e carbono para formação das raízes (HARTMANN et al., 2018).

As maiores porcentagens de enraizamento também foram observadas no inverno amazônico, o que pode ter ocorrido pelo fato de as plantas apresentarem altos teores de açúcares solúveis, devido às condições ambientais desta estação aumentarem a atividade das amilases e fosforilases, as quais promovem a hidrólise do amido para a formação de açúcares solúveis (OLIVEIRA et al., 2012).

Ainda houve a necessidade de aplicar uma segunda análise de dados entre as épocas, para observar se houve diferença entre as épocas de julho e setembro, devido a menor quantidade de materiais vegetais disponíveis, portanto, foi observado que na época de julho, houve maior quantidade de AST 12,05% e maior quantidade de amido, 33,38% (Tabela 7).

**Tabela 7.** Teor de açúcares solúveis totais (AST) e teor de amido, submetidas a diferentes épocas do ano, independente da cultivar de guaranazeiro. Manaus, AM, 2022.

Época	AST	Amido
Julho	12,05 a	33,38 a
Setembro	0,65 b	11,62 b

-Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúscula na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

De acordo com Gibson (2005), os açúcares solúveis podem aumentar o número de raízes e influenciar na formação de órgãos e tecidos. Isso sugere que, o fato de as estacas possuírem maior conteúdo de carboidratos de reserva, também ocorre a sua maior utilização na formação do sistema radicular e na brotação das gemas da parte aérea, corroborando com os resultados obtidos nessa pesquisa, em que a quantidade de raízes formadas foi superior na época de abril quando comparada à época de setembro (Tabela 2), os teores de amido e açúcares foram bem menores (Tabela 7).

A menor porcentagem de enraizamento das estacas de guaranazeiro foi observada na coleta realizada no verão amazônico, o que pode ser explicado devido a esta estação apresentar temperaturas mais elevadas, possibilitando intenso crescimento vegetativo das plantas e alto nível de ácido giberélico. O ácido giberélico bloqueia a atividade auxínica no desenvolvimento do primórdio radicular, inibindo a formação de raízes nos propágulos vegetativos de determinadas espécies (PIMENTEL et al., 2019).

Quanto ao teor de carboidratos entre as cultivares, independente da época, não houve diferença significativa, nem para o teor de açúcares solúveis totais e nem para o teor de amido (Tabela 8).

**Tabela 8.** Teor de açúcares solúveis totais (AST) e teor de amido, de três cultivares de guaranazeiro, independente da época do ano. Manaus, AM, 2022.

Cultivar	AST	Amido
BRS Maués	7,65 a	27,94 a
BRS-CG 611	4,03 a	20,87 a
BRS Luzeia	7,37 a	18,69 a

-Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúscula na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Nas pesquisas já realizadas, há variações em relação aos percentuais de amido encontrados no guaraná, sendo descritos valores de 9 até 60% (SOUSA, 2006; DALONSO, 2010; SOARES, 2019). Essa grande variação pode estar relacionada à elevada variabilidade genética da espécie (ATROCH; NASCIMENTO FILHO, 2005).

## CONCLUSÃO

A maior percentagem de enraizamento foi obtida na época do inverno amazônico, onde as estacas de guaranazeiro foram retiradas no mês de abril, no período vegetativo das plantas.

O menor enraizamento do guaranazeiro foi em setembro, verão amazônico, atribuído, provavelmente, pelo início do estágio de floração da planta.

Independente da cultivar, em abril o teor de açúcares solúveis totais encontrados nas estacas foi maior.

## REFERÊNCIAS

ALBERTINO, S. M. F et al. Enraizamento de estacas de cultivares de guaranazeiro com adubação de plantas matrizes. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 47, p:1449-1454, 2012.

ALTMANN, T. et al. Enraizamento adventício e desenvolvimento vegetativo de citrandaríneos (*Citrus sunki* hort. ex Tan. x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.) e progenitores propagados por estaquia. **DELOS: DESARROLLO LOCAL SOSTENIBLE**, v. 16, n. 46. 2023.

ARRUDA, M. R. e et al. Enraizamento de estacas herbáceas de guaranazeiro em diferentes substratos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, p. 236-241, 2007

ATROCH, A.L; CRAVO. M. S. DA.; SANTOS, J. A. Enraizamento de clones de guaranazeiro tratados com ácido Indol-3-Butírico (AIB). *Revista de Ciências Agrárias*, Belém, n. 47, p. 103-111, 2007.

ATROCH, A.L; DO NASCIMENTO FILHO, F.J Classificação do coeficiente de variação na cultura do guaranazeiro. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, Belém, n. 43, p. 43-48, 2005.

CORRÊA, L.R.; FETT-NETO, A.G. Effects of temperature on adventitious root development in microcuttings of *Eucalyptus saligna* Smith and *Eucalyptus globulus* Labill. **Journal of Thermal Biology**, v. 29, n. 6, p. 315-324, 2004.

DALONSO, N. Polissacarídeos das sementes de guaraná (*Paullinia cupana* kunth): análises estruturais, reológicas e atividade antioxidante. **Dissertação** (Ciências – Bioquímicas). Universidade Federal do Paraná. 110p. 2010.

DA SILVA LIMA, D.J. et al. Variação sazonal dos valores de bioquímica sérica de jiboias amazônicas (*Boa constrictor constrictor*) mantidas em cativeiro. **Revista Biotemas**, v. 25, p. 4, 2012.

DE SOUSA SILVA, L.J. et al. Cultivar de guaraná BRS Maués: contribuição da tecnologia agropecuária para o desenvolvimento e a sustentabilidade. **Conjecturas**, v. 22, n. 13, p. 983-1003, 2022.

DOS SANTOS, R. J. N. et al. Propagação por estaquia de *Polyscias guilfoylei* e substrato a base de caule decomposto de babaçu e casca de arroz carbonizada. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, 2020.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C.; KERSTEN, E.; FORTES, G. R. L. DE. **Propagação de Plantas Frutíferas de Clima Temperado**. Pelotas: UFPel, 2a ed., 178 p. 1995.

FOLADORI-INVERNIZZI, S. ALMEIDA-MAGGIONI, R.; ZUFFELLATO-RIBAS, K.C. Estaquia caulinar herbácea e semilenhosa de *Aegiphila brachiata* Vell.(Lamiaceae). **Revista Forestal Mesoamericana Kurú**, v. 18, n. 43, p. 71-78, 2021.

GIBSON, S. I. Control of plant development and gene expression by sugar signaling. **Current Opinion Plant Biology**, v. 8, n. 1, p. 93-102, 2005.

HARTMANN, H. T. et al. **Plant propagation: principles and practices**. 9th ed. New York: Pearson. 2018.

IPCC. 2007. Intergovernmental Panel of Climatic Change WGII, fourth assessment report. Disponível em: [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_and\\_data\\_reports.htm](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.htm) Acesso em 21/10/2023.

LEMOS, M. S. D. S. Efeito das soluções enraizadoras AIB, 2, 4-D e ANA em estacas de guaranazeiro. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus. 83 f. 2020.

McCREADY R. M.; GUGGOLZ J.; SILVEIRA V. OWENS H. S. Determination of starch and amylose in vegetables: applications to peas. **Journal Analytical Chemistry**, v. 22, p. 116-1158, 1950.

MENDONÇA, M. S. DE. Sistema radicular do guaraná (*Paullinia cupana* var. *Sorbilis* (Mart.) Ducke): Origem, estrutura e desenvolvimento. **Tese** (Doutorado em Ciências Biológicas) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Manaus, 129 p. 1991.

NEGISHI, N. et al. Hormone level analysis on adventitious root formation in *Eucalyptus globulus*. **New Forests**, v. 45, p. 577-587, 2014.

OLIVEIRA, R.J.P. de et al. Teores de carboidratos em estacas lenhosas de mirtilheiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, p. 1199-1207, 2012.

PEREIRA, J.C.R. (Ed.). Cultura do guaranazeiro no Amazonas. 4.ed. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental. Embrapa Amazônia Ocidental. **Sistemas de produção**, 40p, 2005.

PIMENTEL, N. et al. Produtividade de minicepas e enraizamento de miniestacas de clones de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.). **Ciência Florestal**, v. 29, p. 559-570, 2019.

PINTO, K. G. D. et al. 2020. Indole-3-Butyric Acid Improves Root System Quality in Guarana Cuttings. **HortScience**; 55:10, 1670-1675. 2020.

PIZZATTO, M. et al. Influência do uso de AIB, época de coleta e tamanho de estaca na propagação vegetativa de hibisco por estaquia. **Ceres**, v. 58, n. 4, 2011.

SOARES, D. O. P. et al. Period of weed interference in guarana crop. **Planta Daninha**, v. 37, 2019.

SOUSA, N. R. et al. Variação do teor de cafeína e associação com conteúdo químico nas sementes de guaranazeiro. In: SEMINÁRIO SOBRE PESQUISAS COM O GUARANAZEIRO NA AMAZÔNIA, 1. 2005, Manaus. **Anais**. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, p. 103-106, 2006.

TRACZ, V.; CRUZ-SILVA, C. T. A.; LUZ, M. Z. Produção de mudas de penicilina (*Alternanthera brasiliana* (L.) Kuntze) via estaquia. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, n. 3, supl. I, p. 644-648, 2014.

TREWAVAS, A. J.; CLELAND, R. E. Is plant development regulated by changes in the concentration of growth substances or by changes in the sensitivity to growth substances? **Trends in Biochemical Sciences**, v. 8, n. 10, p. 354-357, 1983.

VIGNOLO, G. K et al. Presença de folhas no enraizamento de estacas de amoreira-preta. **Ciência Rural**, v. 44, p. 467-472, 2014.

XAVIER, A.; WENDLING, I. V. A. R.; SILVA, R. L. Silvicultura clonal: princípios e técnicas. Viçosa. **MG: Universidade Federal de Viçosa**, 3ª edição 2021.

ZEM, L. M. et al. Estaquia caulinar herbácea e semilenhosa de *Drimys brasiliensis*. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 2, p.396-403, 2015.

## **CAPÍTULO II**

### **AMBIENTES PARA O ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE GUARANAZEIRO NO ESTADO DO AMAZONAS**

#### **RESUMO**

O guaranazeiro é uma espécie muito atrativa devido as suas propriedades estimulantes, sobretudo o alto teor de cafeína encontrado nas sementes, portanto o consumo de guaraná vem crescendo ano a ano e o mercado é promissor. O cultivo do guaraná possui importância socioeconômica, em virtude de ser explorado por pequenas propriedades e ser atividade típica de agricultura familiar no estado do Amazonas, principalmente no município de Maués, seu centro de origem. Um dos entraves para que a produção seja maior é a produção de mudas. Portanto, para que a produção de mudas clonais seja eficiente e de baixo custo para pequenos produtores, novas tecnologias devem ser estudadas. A técnica da câmara úmida de enraizamento pode resultar em mudas com o sistema radicular de qualidade. Sendo assim, objetivou-se com este trabalho avaliar diferentes ambientes de câmara úmida para o enraizamento de estacas de guaranazeiro. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com três cultivares de guaranazeiro BRS Maués, BRS CG 611 e BRS Luzeia, e quatro ambientes de enraizamento, o viveiro convencional, câmara úmida sem nebulização, câmara úmida com nebulização e câmara úmida em sub-bosque, com quatro repetições. A câmara úmida de enraizamento com nebulização apresentou melhores condições dentre os ambientes testados para o enraizamento de estacas de guaranazeiro.

**Palavras-chave:** guaraná, raízes adventícias, produção de mudas.

## **CHAPTER II**

### **ENVIRONMENTS FOR ROOTING GUARANAZEIRO CUTTINGS IN THE STATE OF AMAZONAS**

#### **ABSTRACT**

The guarana tree is a very attractive species due to its stimulating properties, especially the high caffeine content found in the seeds, therefore the consumption of guaraná has been growing year after year and the market is promising. The cultivation of guaraná has socioeconomic importance, as it is exploited by small properties and is a typical family farming activity in the state of Amazonas, mainly in the municipality of Maués, its center of origin. One of the obstacles to greater production is the production of seedlings. Therefore, for the production of clonal seedlings to be efficient and low-cost for small producers, new technologies must be studied. The moist rooting chamber technique can result in seedlings with a quality root system. Therefore, the objective of this work was to evaluate different humid chamber environments for rooting guarana tree cuttings. The experimental design was completely randomized with three guaranazeiro cultivars BRS Maués, BRS CG 611 and BRS Luzeia, and four rooting environments: the conventional nursery, a humid chamber without nebulization, a humid chamber with nebulization and a humid chamber in the understory, with four repetitions. The humid rooting chamber with nebulization presented the best conditions among the environments tested for rooting guaranazeiro cuttings.

**Keywords:** guaraná, adventitious roots, seedling production

## INTRODUÇÃO

O guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke) é uma planta nativa da Amazônia e possui alto potencial econômico em virtude do elevado teor de cafeína em suas sementes, que contém propriedades energéticas (HENMAN, 1982; MARQUES, 2016). O município de Maués é o seu centro de origem, onde o guaranazeiro foi transformado de uma trepadeira silvestre, em arbusto cultivado pelos índios Sateré-Mawé (TROPICOS, 2017).

Pelo fato do Brasil ser o único produtor em termos comerciais da cultura (ATROCH; NASCIMENTO FILHO, 2018), há carência de produção. Portanto, levando em consideração a demanda do guaraná e a mão de obra envolvida na produção, o cultivo no estado do Amazonas é uma alternativa para o desenvolvimento do setor agrícola e industrial do estado (CRAVO, 2001; ALBERTINO, et. al, 2012), principalmente no município de Maués, onde a guaranaicultura é a principal atividade agrícola.

O Amazonas já foi o principal produtor do país, hoje ocupa o segundo lugar e a Bahia é o estado que mais produz guaraná (CONAB, 2023). Os fatores que podem ter levado a baixa produtividade do guaranazeiro no estado do Amazonas são vários e podemos citar como principalmente a baixa fertilidade dos solos, problemas fitossanitários e guaranazais antigos.

Para a produção de mudas clonais de qualidade, a Embrapa (PEREIRA, 2005) recomenda uso de tela que proporcione 70% de sombreamento e nebulização intermitente, além do uso de AIB na dosagem de 2000 ppm, porém é um sistema oneroso e incompatível com a realidade da maioria dos pequenos produtores amazonenses, o que dificulta sua implementação.

A utilização do AIB no enraizamento do guaranazeiro requer técnica e precisão na dosagem correta, para que o hormônio haja como um indutor e não um inibidor do enraizamento, logo essa técnica torna-se inviável aos pequenos produtores.

Estudos importantes comprovaram que a utilização de auxina exógena é dispensável para o enraizamento de algumas cultivares de guaranazeiro (ATROCH et al., 2007; ALBERTINO, 2012; PINTO et al., 2020; LEMOS, 2020).

Devido ao elevado preço da muda, a renovação dos guaranazais não é realizada, portanto, pesquisas voltadas para a produção de mudas mais econômica e eficiente devem ser realizadas. Um sistema simples que disponha de água de qualidade, denominado câmara úmida de enraizamento, vem sendo testado e aprovado para várias espécies (BERGO; MENEZES;1999), sendo assim, uma alternativa na produção de mudas de guaranazeiro no Amazonas, em razão das semelhanças entre as espécies testadas.

Estudo realizado na Bahia, com estacas de cacauete colocadas sob o ambiente de câmara úmida obteve enraizamento de 80% (SODRÉ; MARROCOS, 2009), enquanto no Acre, estacas de cafeeiro, também enraizadas em câmara úmida, obtiveram índice de 78% de enraizamento (BERGO; MENEZES, 1999). Outra espécie que obteve sucesso com o sistema de câmara úmida de enraizamento foi a castanheira (WADT et al., 2023), que possui limitações relacionadas com a germinação.

Portanto, no Amazonas é possível atingir um bom resultado na produção de mudas de guaranazeiro, devido às semelhanças entre as espécies testadas e as condições ambientais dos locais cultivados.

Com a implementação da câmara úmida para o enraizamento de estacas de guaranazeiro, haverá benefício aos agricultores que possuem gastos na aquisição de mudas, seja no valor pago pela muda e/ou no transporte até a propriedade. As comunidades do município de Maués, em sua maioria tem o acesso via fluvial, dificultando a logística de transporte das mudas, tornando-a trabalhosa e onerosa, além do consumo de combustível, que gera impacto ambiental, os guaranaicultores também terão conhecimento da procedência da planta do início ao fim do processo, além de poupar gastos que podem ser investidos em outras etapas do cultivo. Os ganhos não são apenas econômicos. Produzir suas próprias mudas proporciona ao agricultor contato ainda maior com seu produto, valorizando a relação humana com a natureza de forma saudável e ecologicamente correta.

Assim, o objetivo dessa pesquisa é avaliar a produção de mudas de três cultivares de guaranazeiro, sob condições controladas de viveiro e de câmara úmida.

## MATERIAL E MÉTODOS

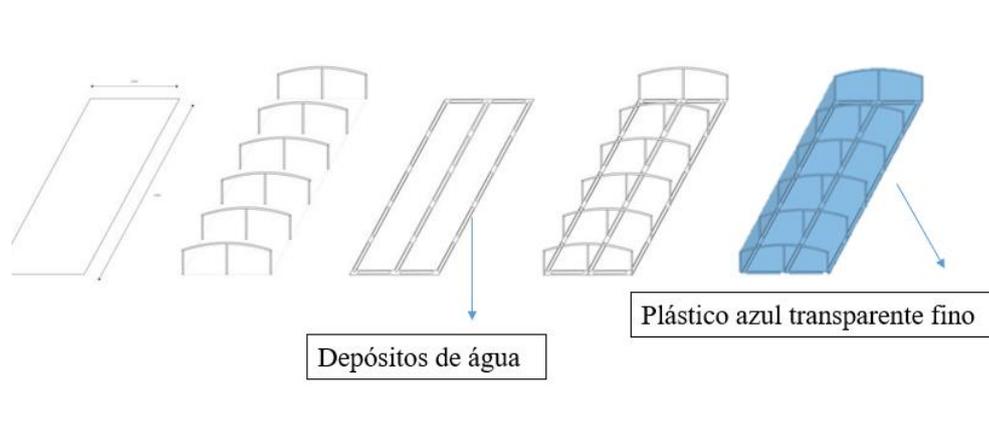
O experimento foi conduzido no campo experimental da Embrapa Amazônia Ocidental, km 29 da rodovia AM-010, latitude 02° 55' S e longitude 59° 59' W, no município de Manaus, AM (Figura 1). O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Af: temperatura média do ar elevada, com média mensal superior a 18° C e alta pluviosidade.

O experimento foi conduzido no mês de abril de 2023, por ter sido a melhor época para o enraizamento de estacas no experimento anterior. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, em um arranjo fatorial 3x4, formado por três cultivares de guaranazeiro (BRS-Maués, BRS-Luzeia e BRS-CG 611) e quatro ambientes de enraizamento: câmara úmida sem nebulização, câmara úmida com nebulizador, câmara úmida no sub-bosque e viveiro convencional, como tratamento controle, com 4 repetições. A unidade experimental foi formada por 15 estacas herbáceas, totalizando assim, 720 estacas, sendo 180 estacas por ambiente de enraizamento.

As câmaras úmidas foram construídas sob uma estrutura de madeira, recoberta com plástico em cinco camadas, antiestático, com proteção contra raios UVa/UVb, espessura de 120 micras, transmissão de Luz PAR: 88% e difusão de luz PAR: 58% (Fabricante: AGROESTUFA®).

No interior das câmaras úmidas foram montadas canaletas de PVC preenchidas com água, que, ao ser perdida por evaporação, mais água era adicionada para manter a umidade relativa do ar constante dentro da câmara (Figura 4).

Os procedimentos de coleta dos propágulos, preparo e plantio das estacas obedeceram às recomendações do sistema de produção do guaranazeiro, preconizadas pela Embrapa (PEREIRA, 2005).



**Figura 4.** Estrutura da câmara úmida para enraizamento experimental de estacas de guaranazeiro. Manaus, AM, 2023.

Os substratos contidos nos sacos foram saturados antes do plantio das estacas. As câmaras eram molhadas externamente, para evitar que a temperatura no seu interior ultrapassasse 35°C. A temperatura e a umidade, foram registradas diariamente por meio de um termo-higrômetro digital. Após 90 dias, as câmaras foram abertas e as estacas avaliadas quanto ao enraizamento.

#### **Condução em câmara úmida sem nebulização**

A câmara úmida sem nebulização, foi instalada sob telado com sombrite com redução de irradiância em 70%. As canaletas foram preenchidas com água (Figura 5), conforme a necessidade e a câmara foi molhada externamente para que a temperatura e a umidade no interior da câmara fossem mantidas nos níveis satisfatórios.

Nesse ambiente, foram registradas médias de 24,2°C de temperatura mínima e média de 33,6 °C de temperatura máxima. A umidade relativa mínima teve uma média de 79,27% e máxima de 90,92%.



**Figura 5.** Câmara úmida sem nebulização para enraizamento de estacas de guaranazeiro: A- canaletas preenchidas com água; B- Câmara em funcionamento: gotículas saturadas. Manaus, AM, 2023.

### **Condução em câmara úmida com nebulizador**

A câmara úmida com nebulizador foi instalada sob telado com 70% de sombreamento. E continha um sistema de nebulização composto por uma motobomba e uma mangueira com dez bicos de nebulização ligada a uma caixa de água (Figura 6).

Para evitar que a temperatura no seu interior ultrapassasse 35°C, o timer era acionado pela motobomba e a irrigação por nebulização promovia uma névoa dentro da câmara, semelhante ao sistema do viveiro.

As médias de temperaturas mínimas e máximas registradas nesse sistema foram de 23,7 °C e 34,08 °C, respectivamente. Os valores médios de umidade foram de 82,4% para a mínima e de 95,6% para a umidade máxima.



**Figura 6.** Câmara úmida com nebulizador: A- Nebulizadores e mudas de guaranazeiro; B- Gotículas precipitadas em câmara úmida. Manaus, AM, 2023.

### **Condução em câmara úmida sub-bosque**

A câmara úmida foi instalada em sub-bosque (Figura 7) onde as condições eram diversificadas devido ao ambiente, com menor irradiância e temperatura mais baixa, comparada aos demais ambientes avaliados. A condição de baixas temperaturas e irradiância do sub-bosque era proporcionada pela faixa diversificada dos estratos da vegetação (Arbóreo inferior, arbustivo e herbáceo).

A câmara foi molhada externamente apenas na ocorrência de chuvas, visto que a temperatura média da máxima registrada foi de 24°C. A umidade também se manteve satisfatória com média de 80,46% de umidade mínima e 92,97% de umidade máxima.



**Figura 7.** Câmara úmida em sub-bosque: A- Preenchimento das canaletas de PVC; B- Ambiente de sub-bosque em que a câmara permaneceu instalada. Manaus, AM, 2023.

### **Condução em viveiro convencional**

Um tratamento adicional em viveiro convencional foi realizado para efeito de testemunha.

Nesse tratamento as estacas ficaram sob temperatura ambiente, irradiância reduzida em 70% e sob nebulização intermitente, controlada por uma balança de evaporação, onde a superfície dos meios folíolos ficou protegida por uma fina camada de água. O sistema de nebulização funcionava em sincronia com a taxa de transpiração para evitar a desidratação dos tecidos, promovendo umidade necessária para garantir os processos fisiológicos do enraizamento das estacas (Figura 8).

A temperatura e a umidade também eram anotadas diariamente por meio de um termo-higrômetro digital. Registrando média de 23,11°C de temperatura mínima e máxima de 31,73°C, e para a média de umidade obteve-se 95% de umidade mínima e 98% de umidade máxima



**Figura 8.** Viveiro convencional para enraizamento de estacas de guaranazeiro: A- Mudas de guaranazeiro; B-Nebulização intermitente no viveiro. Manaus, AM, 2023.

## BIOMETRIA

Após 90 dias de enraizamento, as estacas foram separadas do substrato por dispersão em água corrente e agitação manual, obtendo-se o sistema radicular intacto para a avaliação de número de estacas com calos (estacas vivas, com formação de massa celular indiferenciada na base e sem raízes); número de estacas enraizadas (estacas com pelo menos uma raiz adventícia formada); número de estacas mortas (estacas que apresentarem tecidos necrosados); número de raízes formadas; comprimento das raízes; volume das raízes e peso da matéria seca das raízes.

Todas as raízes foram cortadas rente ao ponto de inserção na estaca e posteriormente, contadas e medidas. A medição do comprimento foi realizada com auxílio de régua.

O volume das raízes foi medido pelo deslocamento de água provocado pela introdução das raízes em uma proveta graduada.

O peso da matéria seca foi obtido por meio da secagem das raízes em estufa à 70°C até peso constante, para pesagem, a balança digital de precisão foi utilizada.

## **TEOR DE CARBOIDRATOS**

Para a extração de açúcares solúveis totais, as amostras das raízes foram moídas e 0,1 g dessas amostras maceradas com pistilo, adicionando-se 10 mL da mistura de metanol – clorofórmio – água, na proporção de 120:50:30, aquecida à 60° C. O produto da maceração foi transferido quantitativamente para tubos plásticos e centrifugado a 2.000 g, por 15 min. Os sobrenadantes tiveram seu volume anotados e foram armazenados sob refrigeração. Posteriormente, foram particionados em funil de separação com 15 mL de clorofórmio, para clarificação do extrato e remoção dos lipídios.

A quantificação dos açúcares solúveis totais foi realizada por reação com antrona, segundo metodologia preconizada por McCready et al., (1950). Alíquotas de 0,1 mL foram colocadas em tubos de ensaio rosqueados e o volume completado para 1 mL com água destilada. Os tubos foram mantidos em banho de gelo enquanto foram acrescentados 5 mL do reativo de antrona, depois foram tampados e colocados em água fervente por 10 min. A reação foi interrompida por meio da imersão em banho de gelo. Após estabilização da cor, a absorbância no comprimento de onda de 625 nm foi determinada em espectrofotômetro marca Micronal, modelo B580.

Para a extração do amido, o resíduo das extrações alcoólicas foi tratado com 10 mL de ácido perclórico 35%, permanecendo reagindo por 20 minutos e em seguida, foi centrifugado a 2.000 g, por 10 min. Alíquotas de 0,1 mL foram colocadas em tubos de ensaio rosqueados para a quantificação do amido, por reação com antrona (MCCREADY et al., 1950), conforme descrito para a quantificação dos açúcares solúveis totais.

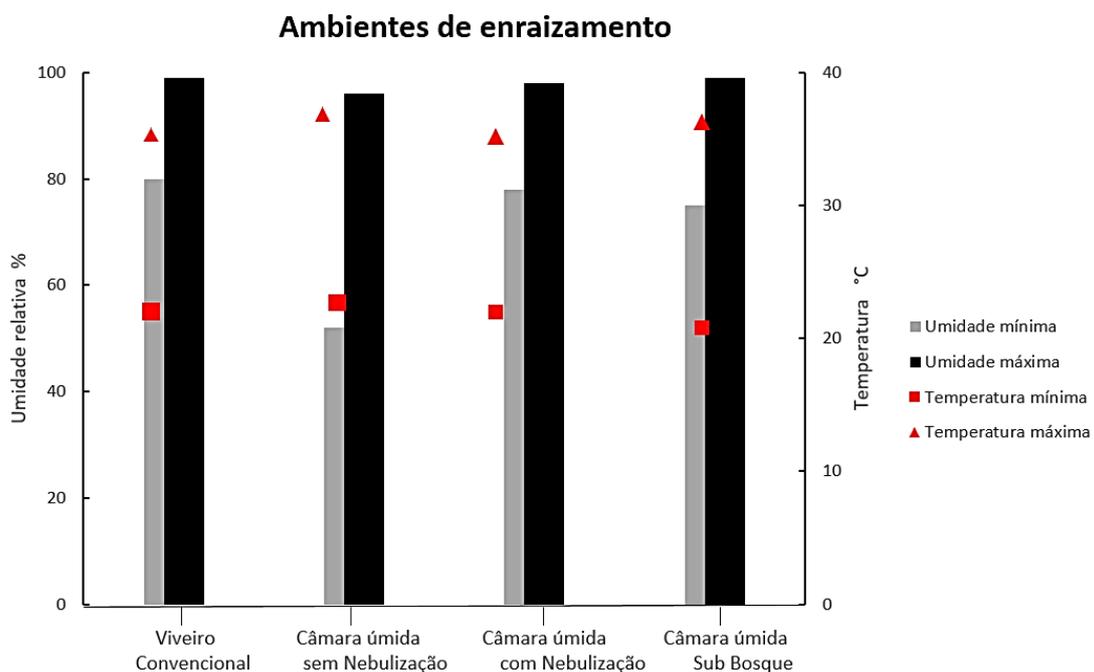
## **ANÁLISES ESTATÍSTICAS**

Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. O software utilizado foi o programa R.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos quatro ambientes iniciais colocados para avaliar o enraizamento das estacas de guaranazeiro, apenas dois foram possíveis de coleta de dados e avaliações: o viveiro convencional e a câmara úmida com nebulização. O ambiente de câmara úmida sem nebulização e câmara úmida em sub-bosque não tiveram estacas enraizadas, portanto, não houve coleta de dados.

A câmara úmida sem nebulização, teve após os 90 dias, apenas 10% das estacas estavam vivas, porém sem apresentar nenhuma raiz ou vestígio de radículas. No interior da câmara, a temperatura interna chegou a 39,9°C (Figura 9) e as estacas podem ter sofrido com as temperaturas altas. Conforme a irradiância e a temperatura aumentam, aumenta também a transpiração, assim, a perda de água por transpiração, desseca o tecido e leva à morte da estaca (NEVES et al., 2006).



**Figura 9.** Porcentagem de umidade relativa máxima e mínima, valores de temperatura máxima e mínima, em quatro ambientes distintos para enraizamento de estacas de guaranazeiro. Manaus, AM, 2023.

Durante o período de enraizamento também foi observada a presença de plantas daninhas na câmara, o que também pode ter afetado o enraizamento das estacas, visto que

essas plantas possuem alto potencial competitivo por fatores primordiais ao processo de formação de raízes, tais como luz, água, nutrientes e espaço.

Outro agravante no ambiente de câmara úmida sem nebulização, foi a umidade relativa do ar que atingiu 52%, muito distante da faixa considerada ideal para o enraizamento de estacas, que segundo Hartmann et al. (2018) deve ser de 80 a 100%. Dessa forma, é possível que a queda na capacidade de enraizamento do guaranazeiro nesse ambiente, esteja associada a essas variações de temperatura e umidade, sendo, portanto, esse sistema muito limitado e inviável para a propagação de estacas de guaranazeiro.

Em relação ao ambiente de câmara úmida em sub-bosque, aos 60 dias de avaliação já havia 100% de mortalidade das estacas, possivelmente, por conta da baixa luminosidade do ambiente. Apesar da recomendação para o enraizamento das estacas ser sob baixas radiações, um nível muito baixo pode ser prejudicial, como ocorreu em alguns períodos em que a luminosidade nesse ambiente ficou quase nula, o que pode ter afetado o enraizamento.

A luz é fundamental na formação de raízes pois atua como fonte de energia para a fotossíntese, porém há a necessidade de uma faixa adequada pois seu excesso ativo a enzima AIA-oxidase, degradadora de auxinas, que podem inibir o enraizamento (PAIXÃO et al., 2022).

É necessário equilíbrio na quantidade e qualidade espectral de luz, para manter um nível endógeno mínimo de auxinas, enquanto que níveis elevados podem causar sua foto destruição e efeitos adversos sobre as relações hídricas das plantas (TAIZ et al., 2017).

A temperatura oscilou dentro desse ambiente, algumas vezes esteve abaixo do recomendado, chegando a ficar em torno de 20,8 °C, diminuindo o metabolismo das estacas, dificultando a indução, desenvolvimento e crescimento radicular, conforme Xavier et al. (2021). Ou ainda, estava muito elevada, com cerca de 36,3 °C. Segundo Hartmann et al. (2018), a faixa média de temperatura ideal para o enraizamento de estacas da maioria das espécies é de 21,1 °C a 26 °C.

Houve ainda a ocorrência de problemas fitossanitários registrados nesse ambiente, devido as condições apropriadas para seu desenvolvimento, foi notada a presença de fungos nas estacas.

Em condições de elevada temperatura e umidade alta, o fungo desenvolve a doença de modo rápido e devastador, infectando e matando dezenas de estacas em poucos dias (FREIRE; VIANA; 2007). As estacas apresentaram lesões escuras nas folhas ou na base das estacas, uma teia do micélio fúngico cobriu a maioria das estacas e a infecção progrediu rapidamente, o que ocasionou escurecimento de toda a estaca e sua morte.

Portanto, o resumo da análise de variância para os dois diferentes ambientes de enraizamento de estacas de guaranazeiro avaliados, encontra-se na tabela 9. O fator ambiente de forma isolada, foi significativo para o percentual de estacas mortas, já para os percentuais de estacas com calos e mortas, não houve significância. Para as variáveis da qualidade do sistema radicular, para fator ambiente houve significância para comprimento, número e peso da massa seca de raízes. Já para o segundo fator, cultivar, houveram significância apenas para os percentuais de estacas enraizadas e com calo. Quanto à interação dos fatores Ambiente x cultivar, houve significância apenas para o percentual de estacas mortas e para as variáveis qualitativas comprimento, número e peso de raízes, apenas o volume não teve significância.

**Tabela 9.** Resumo da análise de variância para percentual de estacas enraizadas (EE), de estacas com calo (EC) e de estacas mortas (EM), comprimento de raízes (CR), número de raízes (NR), volume de raízes (VR) e peso da massa seca de raízes (PS), de três cultivares de guaranazeiro, submetidas a dois ambientes de enraizamento. Manaus, AM, 2023.

FV	GL	Quadrados Médios						
		EE	EC	EM	CR	NR	VR	PS
Ambiente	1	979,6ns	2140,7ns	5897,4**	135,58**	179,03**	0,0237ns	0,0699*
Cultivar	2	1035,20*	3190,75*	1516,65ns	15,64ns	16,16ns	0,0098ns	0,0254ns
Ambiente x cultivar	2	2312,95**	1612,95ns	168,5ns	170,375**	127,04**	0,0866ns	0,0961**
Resíduo	18	240,12	560,49	522,22	15,45	9,61	0,0364	0,0156
Total	23	521,66	949,43	807,73	34,07	27,76	0,0379	0,0257
C.V (%)		74,45	66,59	62,32	52,32	52,67	153,57	88,77

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

De acordo com a tabela 10 verifica-se que no ambiente de viveiro convencional, 52,22% de estacas morreram, enquanto que no ambiente de câmara úmida com nebulização a mortalidade foi apenas de 21,11%, portanto, as estacas tiveram maior índice

de mortalidade no viveiro convencional. No ambiente de câmara úmida por nebulização há maior controle e os agentes externos com vento, chuva, entre outros, não interferem, o que pode explicar a menor taxa de mortalidade das estacas.

**Tabela 10.** Médias para as características percentuais de estacas de guaranazeiro mortas (EM) (%) e percentual de estacas de guaranazeiro com calo (EC) (%) e volume de raízes (VR) (ml) em diferentes ambientes para o enraizamento de estacas de guaranazeiro. Manaus, AM, 2023.

Ambiente	EM (%)	EC (%)	VR (ml)
Viveiro convencional	52,22 a	26,11 b	0,09 b
Câmara úmida com nebulização	21,11 b	45,00 a	0,15 a

-Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Para as estacas com calo no ambiente de câmara úmida com nebulização foi superior a quantidade de calos, com 45% e 26,11% para o viveiro convencional. E, por fim, volume radicular foi de 0,09 ml para o viveiro convencional e 0,15 ml para a câmara úmida com nebulização, seguindo a tendência, o maior volume radicular foi encontrado na câmara com nebulização.

Quando comparados os fatores de forma isolada, os genótipos de guaranazeiro apresentaram médias semelhantes estatisticamente (Tabela 11), com 22,5% da BRS Maués, 37,5% da BRS CG 611 e 50% da BRS Luzeia para a variável de estacas mortas, tendo assim, portanto uma tendência já esperada segundo as pesquisas já realizadas (DE ARRUDA et al., 2007) em que BRS Maués teve 24,3% de estacas mortas e BRS CG 611 33,92 % de estacas mortas (ALBERTINO et al., 2012). As porcentagens de enraizamento variam bastante, segundo estudos de Corrêa & Stolberg (1981) o percentual de enraizamento de estacas de guaranazeiro variou de 14,3% a 100%.

**Tabela 11.** Médias dos genótipos de guaranazeiro para as características percentual de estacas mortas (EM) (%) e percentual de estacas com calo (EC) (%), e volume de raízes (VR) (ml) independentes dos ambientes estudados para o enraizamento de estacas de guaranazeiro. Manaus, AM, 2023.

Cultivar	EM (%)	EC (%)	VR (ml)
BRS Maués	22,5 a	47,5 a	0,13 a

BRS CG 611	37,5 a	46,66 a	0,15 a
BRS Luzeia	50,00 a	12,5 b	0,08 b

-Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Quanto a quantidade de calos, observou-se que a cultivar BRS Maués obteve percentual, de 47,5%, seguido de 46,66% com BRS-CG 611 e 12,5% para a cultivar BRS Luzeia. Quanto ao volume radicular, BRS Luzeia apresentou inferioridade com 0,08 ml de volume, enquanto BRS Maués e BRS - CG 611 obtiveram 0,13 e 0,15 respectivamente, o que garante que as cultivares com maior volume radicular podem ter melhor aporte nutricional e sustentação para a planta, visto a relação direta que o volume radicular apresenta com a área do solo explorada pelas raízes, tendo por consequência maior o volume de solo explorado (ARAÚJO DINIZ et al., 2009).

Além de a potencialidade de uma estaca formar raízes variar com a espécie e também com a cultivar, a planta matriz, a idade da estaca e a natureza também influenciam o potencial (ALTMANN et al., 2023) mas as plantas doadoras das estacas, nessa pesquisa, estavam sob as mesmas condições, receberam os mesmos tratamentos culturais, o que direciona os resultados para a interação ambiente x material genético.

Pelo desdobramento da interação ambiente x cultivar, verifica-se que houve variação de enraizamento dentro desses fatores (Tabela 12), havendo, portanto, uma relação conforme a cultivar e o ambiente testado. Dentro do ambiente do viveiro convencional, não houve diferença entre as cultivares estudadas, já para a câmara úmida com nebulização, a BRS Luzeia teve a maior porcentagem de estacas enraizadas.

A cultivar BRS Maués dentro do ambiente de viveiro convencional foi superior com 31,66%, quando comparada ao ambiente de câmara úmida com nebulização, que teve 15% das estacas enraizadas. Já a cultivar BRS CG 611 teve baixas porcentagens em ambos os ambientes avaliados, com 6,66% no viveiro e 11,66% na câmara úmida. E a cultivar BRS Luzeia teve maior enraizamento no ambiente de câmara úmida com 56,66% e no viveiro apenas 6,66% de estacas enraizadas.

A variabilidade genética para o caráter porcentagem de enraizamento já foi observada em vários trabalhos com o guaranazeiro. Atroch et al. (2005) verificaram que o índice de enraizamento de onze clones de guaranazeiro variou de 16,6% a 85,2%; Arruda et al. (2007) avaliaram doze genótipos e encontraram variação de 15% a 88,1%

Albertino et al. (2012) observaram variação de 28,75% a 73,75% em seis genótipos de guaranazerio.

**Tabela 12.** Desdobramento da interação cultivar x ambiente para percentual de estacas enraizadas de guaranazerio. Manaus, AM, 2023.

Cultivar	Ambiente		
	Viveiro convencional	Câmara úmida com nebulização	Média das cultivares
BRS Maués	31,66 Aa	15,00 Ab	23, 33 a
BRS CG 611	6,66 Aa	11,66 Ab	12,49 a
BRS Luzeia	6,66 Ba	56,66 Aa	31,66 a
Média dos ambientes	14,99 A	27,77 A	22,49

-Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúscula na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Devido aos resultados das pesquisas prévias, como projetos pilotos desse estudo, foi necessária uma adaptação da câmara úmida de enraizamento, portanto, também foi testado a câmara úmida com nebulização, que consiste em estrutura mais sofisticada que a câmara úmida e conta com programação eletrônica para acionamento do sistema de nebulização, controle de umidade, temperatura e luminosidade.

Assim sendo, os resultados desse trabalho, mostram que uma adaptação ao sistema de propagação convencional pode trazer maior taxa de enraizamento dependendo da cultivar, como visto anteriormente o efeito genético é determinante para o sucesso do enraizamento, mostrando grande efeito no pegamento de clones (DE ARRUDA et al., 2007). A cultivar BRS Luzeia na câmara úmida com nebulização proporcionou o enraizamento em 56,66% das estacas, comparando-a com os demais tratamentos para essa cultivar, constatou-se que as estacas dispostas na estufa de nebulização apresentaram mais de 50% de enraizamento e no enraizador tradicional (comumente utilizado pelos viveiristas) somente 6,66% das estacas enraizaram.

A BRS Luzeia impressiona pela alta produtividade, elevada resistência genética às doenças mais comuns a cultura do guaraná e alto teor de cafeína 4,6% (NASCIMENTO FILHO et al., 2007). Porém, segundo as pesquisas prévias, possui muita dificuldade ao ser propagada via estaquia no viveiro convencional, portanto a sua instalação para cultivos comerciais é limitada.

O enraizamento das estacas realizado em câmara úmida com nebulização, foi satisfatório para a BRS Luzeia, com cobertura de plástico de cor azul, visto que a cor azul está relacionada com a passagem de determinados comprimentos de onda luminosa que a planta necessita para estimular o enraizamento e brotação, com umidade relativa do ar de, aproximadamente, 82% a 95%, levando em consideração que a umidade do ar na região das estacas ideal é de 80% a 100%, o que permite a manutenção da turgescência dos tecidos e sobrevivência das mesmas (HARTMMAN et al., 2018). A irrigação fornecida por nebulização era automatizada, diferentemente do viveiro onde a nebulização é intermitente e controlada por balança de evaporação, que funcionava em sincronia com a taxa de transpiração (PEREIRA, 2005).

O baixo custo na condução inicial das mudas é a maior vantagem do método de câmara úmida por nebulização quando comparado ao viveiro convencional, porém a desvantagem é à grande variação na porcentagem de enraizamento e sobrevivência das mudas. No caso da BRS Maués apenas 15% foi enraizada, já a cultivar BRS CG 611 teve 11,66% e a BRS Luzeia 56,66%, o mesmo ocorreu com Cacaueiro, com clone CCN 51 foram encontrados resultados com mais de 80% de estacas enraizadas, já em outro experimento com o clone TSH 1188, apenas 30% das estacas conseguiram enraizar (SODRÉ; MARROCOS 2009).

Uma outra vantagem é que esse sistema permite otimizar a produção, principalmente para mudas de genótipos com dificuldade de enraizamento, como BRS Luzeia, devido a condição ambiental interna da câmara, sob controle rigoroso.

Quanto a qualidade do sistema radicular, também houve interação significativa entre os ambientes e as cultivares para as variáveis comprimento das raízes (Tabela 13), número de raízes (Tabela 14) e peso da massa seca de raízes (Tabela 15).

O comprimento de raízes observado no sistema de viveiro convencional foi para a BRS Maués com 9,30 cm, seguido de BRS CG 611 com 3,28 cm e BRS Luzeia com 2,87 cm, todos iguais estatisticamente. Já para o ambiente de câmara úmida, a BRS Luzeia teve o comprimento de raiz superior com 15,36 cm.

Porém quando comparado entre os ambientes avaliados, BRS Maués é superior no viveiro convencional quanto ao comprimento. Esses resultados demonstram que o ambiente influencia diretamente sob o quanto a raiz de determinada cultivar vai crescer, o que confirma os estudos de Ferrari et al. (2019), que confirma que o sistema radicular se modifica de acordo com a espécie, variedades dentro da espécie e outros fatores que

afetam o sistema radicular como níveis de nutrientes, preparo, tipo e umidade do solo e também infestação por doenças e pragas.

Quanto ao maior comprimento médio das raízes, 9,86 cm, obtido no ambiente de câmara úmida com nebulização, pode ser atribuído à questão ambiental de temperatura, que no ambiente de câmara úmida esteve mais controlada, propiciando melhor condição para o desenvolvimento das raízes (SANTOS, 2022), uma vez que o experimento foi realizado em sombreamento com temperaturas mínimas mais baixas, comparado ao viveiro convencional.

**Tabela 13.** Desdobramento da interação dos genótipos de guaranazeiro x ambientes para a característica comprimento de raízes (CR) (cm). Manaus, AM, 2023.

Cultivar	Ambientes		
	Viveiro Convencional	Câmara úmida com nebulização	Média das Cultivares
BRS Maués	9,30 Aa	3,81 Ab	6,55 a
BRS CG 611	3,28 Ba	10,43 Aab	6,85 a
BRS Luzeia	2,87 Ba	15,36 Aa	9,11 a
Média dos ambientes	5,15 B	9,86 A	7,50

-Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúscula na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

O comprimento da maior raiz foi positivamente influenciado pelo ambiente estudado aliado ao fator genético, possivelmente a antecipação na emissão das raízes, possibilitam maior período de crescimento, portanto o comprimento determina o crescimento e a densidade radicular (BENEDETTI et al., 2017).

O ambiente mais uma vez, aliado ao genótipo teve efeito expressivo, sendo que no viveiro convencional não houve diferença e na câmara úmida com nebulização, BRS Maués teve inferioridade (Tabela 13).

O maior número de raízes foi obtido no ambiente de câmara úmida com nebulização, onde a cultivar BRS Luzeia teve um número médio de 12,08 raízes, enquanto que essa mesma cultivar obteve no ambiente de viveiro convencional apenas 1,25 de raízes formadas, ou seja, apenas 10% quando comparado ao outro ambiente avaliado.

Embora verificadas diferenças no número de raízes por estaca pelo efeito de cultivares e ambiente de enraizamento, praticamente o comprimento da maior raiz não foi afetado, o que poderia ser esperado. Segundo Nachtigal (1999), a redução do comprimento pode ocorrer devido à competição existente entre as raízes pelas reservas da estaca, provocando uma relação inversamente proporcional ao número de raízes, porém o comprimento não foi afetado, onde há maior comprimento de raízes há também maior número de raízes, ainda segundo esse autor, não existe uma referência ao número e comprimento adequado de raízes.

Pelo fato de a irrigação no ambiente de câmara úmida ser em menor escala, quando comparada ao outro sistema, pode também ter favorecido o crescimento radicular, pois em situações de estresse de água, o sistema radicular compete em condições mais favoráveis com a parte aérea da planta, ocorrendo a limitação do crescimento da parte aérea e um maior crescimento do sistema radicular, aumentando assim a área de absorção (DE SOUSA SILVA, et al., 2020).

**Tabela 14.** Desdobramento da interação dos genótipos de guaranazeiro x ambientes para a característica número de raízes (NR). Manaus, AM, 2023.

Cultivar	Ambientes		
	Viveiro convencional	Câmara úmida com nebulização	Média das Cultivares
BRS Maués	6,09 Aa	2,40 Ab	4, 24 a
BRS CG 611	2,12 Ba	11,37 Aa	6,74 a
BRS Luzeia	1,25 Ba	12,08 Aa	6,66 a
Média dos ambientes	3,15 B	8,61 A	5,88

-Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúscula na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tão importante e necessário quanto o enraizamento, é o crescimento de várias raízes na planta, portanto para a produção de mudas, além da porcentagem de estacas enraizadas, o número e comprimento de raízes formadas nas estacas são as variáveis mais significativas (RIBEIRO et al., 1996).

Quanto maior o número de raízes formadas na estaca, maior será o volume de solo explorado, possibilitando uma maior absorção de nutrientes, esse maior número de raízes fisiologicamente ativas simultaneamente a área superficial radicular também é uma

relação benéfica quanto a produtividade, visto que há maior capacidade de adaptação das plantas ao ambiente sob condições adversas (BORCIONI et al., 2016).

Outro ponto importante da propagação é a sobrevivência das mudas e mais uma vez, o número de raízes recebe maior relevância, comparado ao comprimento de raízes. Quanto mais raízes, maior a área de absorção e melhor desenvolvimento, já raízes muito compridas podem ter maior chance de perda ou ainda danos no transplante de mudas (LIMA, 2018), por isso a variável número de raiz é mais expressiva.

Novamente, o fator genético está aliado aos resultados encontrados, visto que o comportamento de cada cultivar diferencia conforme o ambiente em que foram submetidas (Figura 10). Apesar disso, para o peso da massa seca de raízes, as cultivares dentro do mesmo ambiente tiveram comportamento semelhante (Tabela 15).

A interação ocorreu com BRS Luzeia, que obteve maior peso da massa seca de raízes no ambiente de câmara úmida com nebulização com 0,33 g de raízes, quando comparado ao ambiente de viveiro convencional, onde esse valor foi reduzido para 0,13 g.

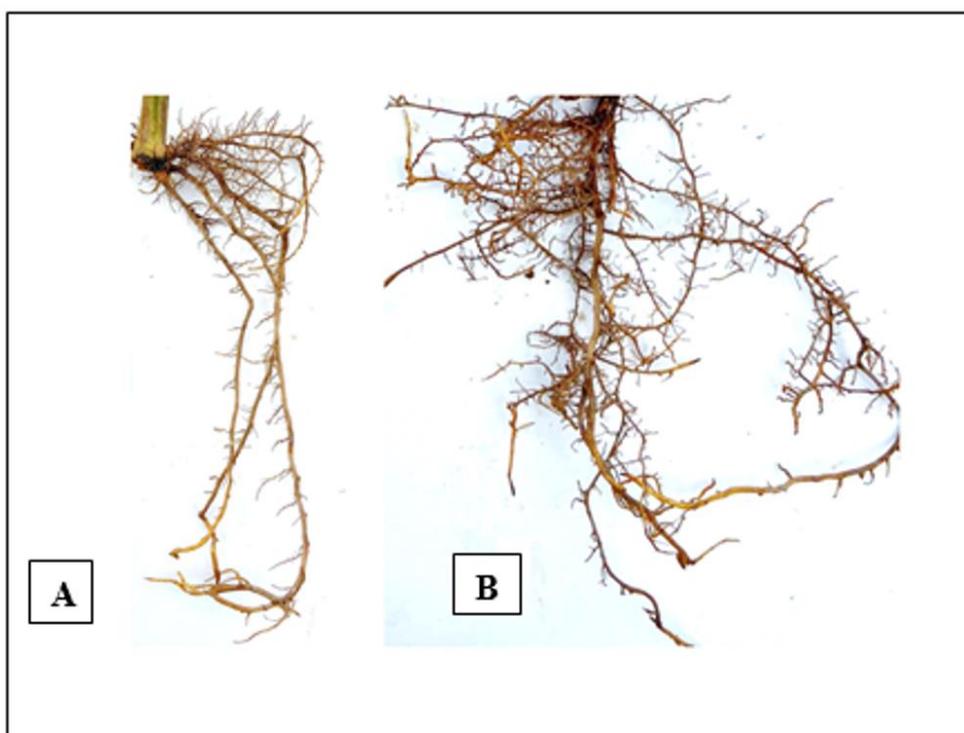
**Tabela 15.** Desdobramento da interação dos genótipos de guaranazeiro x ambientes para a característica peso da matéria seca de raízes (PS) (g). Manaus, AM, 2023.

Cultivar	Ambientes		
	Viveiro convencional	Câmara úmida com nebulização	Média das Cultivares
BRS Maués	0,11 Aa	0,23 Aa	0,17a
BRS CG 611	0,13 Aa	0,15 Aa	0,14a
BRS Luzeia	0,13 Ba	0,33 Aa	0,23a
Média dos ambientes	0,12B	0,23a	0,18

-Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúscula na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Para que um sistema radicular seja eficiente é necessário que além de bom número de raízes formadas também variáveis como volume e massa de matéria seca de suas raízes seja satisfatório e para que isso ocorra é necessária atenção aos fatores ambientais como temperatura, luminosidade e água, pois estes podem interagir e interferirem no desenvolvimento da planta, conseqüentemente refletindo na sua biometria e matéria seca (DA GUIRRA BERNARDO, et al., 2021).

Portanto, o ambiente a que as estacas foram submetidas determinou a quantidade da biomassa formada pelas raízes, visto que as maiores médias foram obtidas no sistema de câmara úmida sob nebulização para a BRS Luzeia com 0,33g de raízes. Resultados semelhantes foram encontrados por Albertino et al. (2012) que avaliando diferentes genótipos de guaranazeiro, obtiveram 0,38 g de matéria seca de raízes para a cultivar BRS CG 611.



**Figura 10.** Diferença entre raízes submetidas a dois ambientes de enraizamento de guaranazeiro: ambiente de viveiro convencional (A); ambiente de câmara úmida com nebulização. Manaus, AM, 2023.

Além dos fatores fisiológicos, morfológicos ambientais, o substrato utilizado é importante no desenvolvimento de mudas, pois é o meio em que as raízes se proliferam para fornecer suporte estrutural à parte aérea da planta, nutrientes, oxigênio e água. Para ser considerado ideal, deve apresentar baixa densidade, ser rico em nutrientes, ter composição química e física uniformes, elevada capacidade de troca iônica e boa capacidade de retenção de umidade (DE MELO ALMEIDA, et al., 2020).

Assim, os resultados obtidos na presente pesquisa podem estar relacionados ao substrato, que apesar de ser o mesmo utilizado inicialmente nos ambientes, estava

disposto de forma diferente. Enquanto que no ambiente de viveiro estava sujeito ao desgaste de agentes externos, como chuva, vento e sol, dentro da câmara úmida com nebulização, havia maior controle, possibilitando maior espaço poroso, maior crescimento, influenciando na aeração das raízes e maior peso da massa seca de raízes.

Elevada porosidade, possibilita o escoamento rápido da água de irrigação ou de nebulização, impedindo que as raízes e/ou radículas sejam submetidas à baixa oxigenação. Essa baixa oxigenação acarreta em modificações fisiológicas e anatômicas nas células do parênquima, predispondo-as ao ataque de fitopatógenos e reduzindo a seletividade da membrana citoplasmática, provocando necroses nas raízes e radículas (AGUILAR et al., 2000), esse substrato também possibilita um maior índice de enraizamento das raízes, já que sob as condições adequadas diminui a quantidade de estacas mortas.

Quanto as análises químicas, os resultados demonstraram que não houveram diferenças significativas do teor de amido entre os ambientes avaliados (Tabela 16).

**Tabela 16.** Resumo da análise de variância para teor de açúcares solúveis totais (%) e teor de amido (%), de três cultivares de guaranazeiro, submetidas a diferentes ambientes de enraizamento. Manaus, AM, 2023.

FV	GL	Quadrados Médios	
		AST	Amido
Ambiente	1	88,7785**	0,1458ns
Cultivar	2	59,9685**	12,1753**
Resíduo	12	43,3975	16,5921
Total	15	178,1643	41,6483
C.V (%)		9,93	5,10

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

Porém quanto ao teor de açúcares solúveis totais, o ambiente de viveiro convencional apresentou superioridade, com um teor de 20,80%, enquanto que no ambiente de enraizamento de câmara úmida, o AST obtido foi de 18,58% (Tabela 17).

**Tabela 17.** Teor de açúcares solúveis totais (AST) e teor de amido submetidas a três diferentes épocas do ano, independente da cultivar de guaranazeiro. Manaus, AM, 2023.

Ambiente	AST	Amido
Viveiro convencional	20,80 a	23,38 a
Câmara úmida com nebulização	18,58 b	22,90 a

-Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúscula na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Todas as estacas enraizadas permaneceram com os folíolos cortados ao meio, os carboidratos presentes nas folhas são transloucados em direção à base da estaca, atuando como importantes fontes de energia, macromoléculas e elementos estruturais para a formação das raízes (HARTMANN et al., 2018).

Dada a relação entre as estacas que mantiveram folhas e as estacas enraizadas é possível a suposição de que uma maior porcentagem de estacas com folhas levaria a melhores resultados de enraizamento, esse fato poderia ocorrer, pois as folhas são fontes de auxina, cofatores e foto assimilados necessários à rizogênese (FOLADORI-INVERNIZZI, et al., 2021), porém nas estacas que estavam sob o ambiente de câmara úmida com nebulização houveram a emissão de novas gemas.

Há uma relação entre enraizamento e número de gemas nos ramos. A presença de gemas afeta o enraizamento e a eliminação destas pode favorecer o enraizamento. Quando a concentração de auxinas é relativamente alta ocorre um favorecimento na formação de raízes adventícias, impedindo a formação de gemas, porém quando as cinetinas e adeninas encontram-se em níveis altos, acontece a formação de gemas e há emissão de brotações, inibindo a formação de raízes (TAVARES et al., 1995).

As plantas apresentam altos teores de açúcares solúveis conforme às condições ambientais em que estavam submetidas, no ambiente de câmara úmida por nebulização. Os baixos teores de AST podem ser explicados devido ao fato de que dentro desse ambiente a oscilação de temperatura era restringida, não havendo a necessidade de os propágulos vegetativos manterem os altos níveis de açúcares para suportar os períodos de oscilações. Assim, provavelmente, as plantas reconstituíram os açúcares solúveis em grânulos de amido (PIMENTEL et al., 2019).

Já para as cultivares utilizadas, houveram diferenças significativas no teor de açúcares solúveis totais e quanto no teor de amido, sendo a cultivar BRS Luzeia a que teve os maiores valores encontrados 20,23% de AST e 24,14% de amido (Tabela 18).

**Tabela 18.** Teor de açúcares solúveis totais (AST) e teor de amido, de três cultivares de guaranazeiro, independente do ambiente. Manaus, AM, 2023.

Cultivar	AST	Amido
BRS Maués	17,48 b	23,52 a
BRS CG 611	21,35 a	20,90 b
BRS Luzeia	20,23 ab	24,14 a

-Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúscula na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Esses resultados demonstram que o fator genético influencia o teor de carboidratos que por consequência, influencia o enraizamento das estacas, pois os carboidratos disponibilizam o amido para degradação em açúcares solúveis para a manutenção das atividades metabólicas das estacas (DE AQUINO ARANTES et al., 2021).

Logo, a BRS Luzeia além de apresentar teores elevados também teve a maior porcentagem de estacas enraizadas e na mesma proporção ocorreu o inverso, onde a BRS CG 611 teve um menor teor de amido e um menor índice de enraizamento avaliado.

Como já mencionado anteriormente, em guaranazeiro os conteúdos de carboidratos presentes nas estacas são variados, conforme a cultivar estudada, há uma quantidade de reserva presente, mas a relação é direta, quanto maior o teor de açúcares solúveis totais e de amido, maior é o enraizamento. Albertino (2011) avaliou seis cultivares de guaranazeiro e a cultivar BRS Maués obteve maior índice de enraizamento 74,73% e maiores índices de reservas quando comparada as demais, nesse trabalho a tendência seguiu a mesma, porém a cultivar foi para a BRS Luzeia.

O sucesso de enraizamento de estacas está condicionado a vários fatores e a modificação de um desses fatores pode trazer benefícios as espécies ou cultivares de difícil enraizamento, esse trabalho demonstrou ser possível a propagação da cultivar de guaranazeiro BRS Luzeia, altamente produtiva, mas com limitações de propagação

devido ao baixíssimo índice de enraizamento das pesquisas prévias, portanto o ambiente de câmara úmida com nebulização pode ser uma alternativa para a sua propagação.

## **CONCLUSÃO**

A câmara úmida com nebulização foi eficiente no enraizamento da cultivar BRS Luzeia, considerada de difícil enraizamento.

A cultivar BRS Luzeia teve os maiores valores de açúcares solúveis totais e amido nos ambientes avaliados.

Novos experimentos com outras cultivares são necessários para validar a recomendação da técnica de câmara úmida para o enraizamento do guaranazeiro em nossa região.

## REFERÊNCIAS

AGUILAR, E. A.; TURNER, D. W.; SIVASITHAMPARAM, K. Mecanismos propuestos acerca de la predisposición de los bananos Cavendish al marchitamiento por *Fusarium* durante la hipoxia. **Infomusa**, [S.l.], v. 9, n. 2, p. 9-13, 2000.

ALBERTINO, S. M. F et al. Enraizamento de estacas de cultivares de guaranazeiro com adubação de plantas matrizes. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 47, p:1449-1454, 2012.

ALBERTINO, S. M. F. **Adubação, níveis crescentes de irradiância nas plantas matrizes e uso do AIB nas estacas para o enraizamento de cultivares de guaranazeiro (*Paullinia cupana*, var. *sorbilis*, (Mart.) Ducke)**. Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 95 p, 2011.

ALTMANN, T. et al. Enraizamento adventício e desenvolvimento vegetativo de citrandarineiros (*Citrus sunki* hort. ex Tan. x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.) e progenitores propagados por estaquia. **DELOS: DESARROLLO LOCAL SOSTENIBLE**, v. 16, n. 46. 2023.

ARAUJO DINIZ, A. Biomassa do maracujazeiro-amarelo em função da aplicação de biofertilizante e matéria orgânica no solo. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, n. 1,2009.

ARRUDA, M. R. e et al. Enraizamento de estacas herbáceas de guaranazeiro em diferentes substratos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, p. 236-241, 2007.

ATROCH, A.L; DO NASCIMENTO FILHO, F.J Classificação do coeficiente de variação na cultura do guaranazeiro. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, Belém, n. 43, p. 43-48, 2005.

BENEDETTI, E. L. et al. Alumínio estimula o crescimento radicular de erva-mate? **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.37, n 90, p. 139-14. 2017.

BERGO, C. L., MENEZES, W. P. D. Propagação vegetativa do cafeeiro (*Coffea canephora*) por meio de enraizamento de estacas nas condições climáticas de rio branco-acre. Embrapa- Acre **Comunicado Técnico** n° 105, 1999.

BORCIONI, E., MÓGOR, A. F., PINTO, F. Aplicação de ácido fúlvico em mudas influenciando o crescimento radicular e produtividade de alface americana. **Revista Ciência Agronômica**, 47(3), 509-515. 2016.

CRAVO, M. S. DA. Programa de pesquisa com a cultura do guaraná da Embrapa Amazônia Ocidental. In: **Reunião Técnica da cultura do guaraná**, Manaus, 2000. Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos. p. 16-42, 2001

CORRÊA, M. P. F.; ESTOLBERG, A. G. Z. Propagação vegetativa do guaranzeiro (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart. Ducke). Manaus, **Embrapa – UEPAE**, 4p,1981.

DA GUIRRA BERNARDO, F. et al. Biometria e matéria seca de plântulas de pau formiga quando submetidas a diferentes substratos Biometry and dry matter of ant stick seedlings when submitted to different substrates. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 8, p. 79487-79498, 2021.

DE AQUINO ARANTES, C.R. et al. Propagação vegetativa de *Talinum triangulare* em função de diferentes épocas de coleta, tipos de estacas e substratos. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 14, n. 3, p. 1-17, 2021.

DE MELO ALMEIDA, Débora et al. Efeito de diferentes substratos no desenvolvimento inicial de mudas de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 24619-24631, 2020.

DE SOUSA, B.T; ZUCARELI, V; MARTINS, A. P. c. Quantificação de açúcares e auxina e desenvolvimento inicial de mini-toletes de cana-de-açúcar. In: **Colloquium Agrariae**. p. 94-103, 2020.

FERRARI, R. B. et al. Crescimento de raiz e parte aérea de plantas de cafeeiro enxertadas, cultivadas em vaso. 2019.

FOLADORI-INVERNIZZI, S. ALMEIDA-MAGGIONI, R. ; ZUFFELLATO-RIBAS, K.C. Estaquia caulinar herbácea e semilenhosa de *Aegiphila brachiata* Vell.(Lamiaceae). **Revista Forestal Mesoamericana Kurú**, v. 18, n. 43, p. 71-78, 2021.

FREIRE, F.; VIANA, FMP. Podridões em estacas de roseira, minirrosas e mussaendras no Estado do Ceará. **Comunicado técnico**. 2007.

HARTMANN, H. T. et al. **Plant propagation: principles and practices**. 9th ed. New York: Pearson. 2018.

HENMAN, A.R. Guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*): ecological and social perspectives on an economic plant of the central Amazon basin. **Journal of ethnopharmacology**, v. 6, n. 3, p. 311-338, 1982.

LIMA, C.C; OHASHI, S.T; SILVEIRA, A.S.=. Efeito de diferentes concentrações de AIB e procedências geográficas no enraizamento de estacas de paricá. **Ciência Florestal**, v. 28, p. 1282-1292, 2018.

McCREADY R. M.; GUGGOLZ J.; SILVEIRA V. OWENS H. S. Determination of starch and amylose in vegetables: applications to peas. **Journal Analytical Chemistry**, v. 22, p. 116-1158, 1950.

NASCIMENTO FILHO, F. J. et al. BRS Luzéia: nova cultivar para o agronegócio do guaraná no Estado do Amazonas. Embrapa Amazônia Ocidental, **Circular técnica**, 2007.

NEVES, T.S. et al. Enraizamento de corticeira-da-serra em função do tipo de estaca e variações sazonais. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 41, p. 1699-1705, 2006.

PAIXÃO, M.V.S. et al. Espectro de luz e ácido indol butírico na rizogênese em estacas herbáceas de goiabeiras. **Concilium**, v. 22, n. 4, p. 556-566, 2022.

PEREIRA, J.C.R. (Ed.). Cultura do guaranazeiro no Amazonas. 4.ed. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental. Embrapa Amazônia Ocidental. **Sistemas de produção**, 40p, 2005.

PIMENTEL, N. et al. Produtividade de minicepas e enraizamento de miniestacas de clones de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.). **Ciência Florestal**, v. 29, p. 559-570, 2019.

RIBEIRO, M. M. A.; ANTUNES, A.; VIEIRA, S. Enraizamento de estacas de azevinho (*Ilex aquifolium* L.): uma metodologia possível para a produção de plantas. **Agroforum: revista da Escola Superior Agrária de Castelo Branco**, p. 9-14, 1996.

SANTOS, C.C. **Manejo e Produção Sustentável** Volume II. Editora Pantanal. 2022.

SODRÉ, G. A.; MARROCOS, P. C. L. Manual da produção vegetativa de mudas de cacaueteiro. **Ilhéus: Editus**, 2009.

TAIZ, Lincoln et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 6ª edição. 2017.

TAVARES, M. S. W.; KERSTEN, E.; SIEWERDT, F. Efeitos do ácido indolbutírico e da época de coleta no enraizamento de estacas de goiabeira (*Psidium guajava* L.). **Scientia agrícola**, v. 52, p. 310-317, 1995.

TROPICOS.ORG. **Missouri Botanical Garden**. Acesso em: 17 de setembro de 2023. Disponível em: <<http://www.tropicos.org>>.

WADT, LH de O. et al. Castanha-da-amazônia: estudos sobre a espécie e sua cadeia de valor. 2023.

XAVIER, A.; WENDLING, I. V. A. R.; SILVA, R. L. Silvicultura clonal: princípios e técnicas. Viçosa. **MG: Universidade Federal de Viçosa**, 3ª edição 2021.