

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

**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)**

**SÔNIA MARIA FIGUEIREDO ALBERTINO**

**MANAUS  
2011**

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

**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 apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Agronomia Tropical, área de concentração Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. José Ferreira da Silva  
Co-Orientador: Dr. Firmino José do Nascimento Filho

MANAUS  
2011

*“... Àquele que é capaz de fazer infinitamente mais do que tudo quanto pedimos ou pensamos, conforme o seu poder que opera em nós, a Ele seja a glória...*

*Aos meus filhos, Lorena e Roger, pelo carinho e compreensão quando não pude dar-lhes a atenção merecida.*

*À minha mãe, aos meus irmãos e sobrinhos pelas orações, apoio e encorajamento.*

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTO ESPECIAL**

*Ao professor Dr. José Ferreira da Silva, exemplo de seriedade e dedicação ao ensino e à pesquisa, meu muito obrigada pela orientação, paciência e disponibilidade nas correções, pelo apoio constante e pela valiosa contribuição para minha formação acadêmica e profissional.*

*Ao Dr. Firmino José do Nascimento Filho, que com sua sabedoria e simplicidade me ensinou grandes lições de vida, obrigada pela orientação, presença constante na instalação e condução do experimento de campo, pela confiança depositada e pela oportunidade de convívio.*

## AGRADECIMENTOS

À Deus de quem veio a força, sabedoria e entendimento para a realização desse trabalho.

À Universidade Federal do Amazonas pela minha formação, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical pela oportunidade de realização do curso.

À Embrapa Amazônia ocidental pela parceria e pela concessão de sua infraestrutura para a execução da pesquisa.

A FAPEAM e a CAPES, pela concessão da bolsa.

Ao Dr. André Luiz Atroch, pela valiosa contribuição nas análises estatísticas e pela disponibilidade e paciência nessa difícil etapa.

À Dra. Eva Atroch, pelas sugestões e apoio fundamental nas análises de carboidratos. Pela infraestrutura e apoio logístico durante as análises.

Aos professores da Pós-Graduação pelos ensinamentos transmitidos, em especial ao professor Antenor Francisco de Figueiredo com quem tenho aprendido desde a graduação.

Ao professor Carlos Alberto Franco Tucci por ceder o laboratório de solos para análise de carboidratos e ao técnico Victor Repolho, pelo auxílio nas análises.

À competente equipe do Laboratório de Ciência das Plantas Daninhas da Ufam, Ana Marta, Anísia, Daniel, Danilo, Gilcimar, Giancarlo, Jeferson, Laysa, Líbia, Luana, Luciana, Nailson, Odiluzia, pela ajuda na instalação e condução dos experimentos.

Aos funcionários da Embrapa pela colaboração nos experimentos de campo e de viveiro, em especial ao competente Luciano Simões Malcher, com quem aprendi muito, obrigada pela disponibilidade, seriedade e eficiência nas atividades desenvolvidas.

Aos colegas de turma do doutorado, agora meus grandes amigos Aildo, Albejamere, Ângela, Anísia, Beth, Glória e Nailson, obrigada pela amizade e apoio durante essa jornada.

À querida Odi, que sempre arranjou tempo em sua atarefada jornada para me ajudar.

À minha filha Lorena, pelas traduções de inglês, regras de português, pelo carinho e incentivo e pelos cafés feitos durante as madrugadas de estudo.

Ao meu filho Roger por esperar pacientemente pelo fim do doutorado, para obter mais atenção.

À minha família, pelas orações apoio e incentivo.

Este trabalho foi fruto da colaboração de diversas pessoas, desde sua elaboração até a finalização, principalmente nos experimentos de campo e de viveiro. Gostaria de registrar minha gratidão e carinho a todos vocês que foram imprescindíveis: Ana Marta, Anísia, Aramis, Bruna, Bruno, Daniel, Danilo, Evandro, Giancarlo, Greice, Jeferson, José Aelson Júnior, Laysa, Líbia, Lorena, Luana, Luciana, Lúcio Igor, Manoel, Maycon, Nailson, Rafael...

## RESUMO

O guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke) é uma cultura de grande interesse para a região Amazônica, mas sua produtividade é ainda baixa. A disponibilidade de material vegetal geneticamente uniforme, precoce e produtivo é fundamental para a expansão e melhoria da cultura na região. Para isso, recomenda-se a propagação vegetativa, no entanto algumas cultivares apresentam problemas de enraizamento. Esse trabalho teve como objetivo avaliar o enraizamento de estacas de guaranazeiro provenientes de plantas adubadas e não adubadas, submetidas à níveis crescentes de irradiância, com e sem aplicação de AIB e, correlacionar as reservas dos ramos e das estacas com as características de enraizamento. O delineamento adotado foi inteiramente casualizado, em arranjo fatorial de 6x4x2x2. Os fatores estudados foram: cinco cultivares e um genótipo de guaranazeiro, quatro níveis de irradiância, presença e ausência de adubação e aplicação ou não de AIB. A unidade experimental continha 10 estacas com 4 repetições. As plantas matrizes receberam ou não adubação, no campo, durante dez anos e foram submetidas a níveis crescentes de irradiância por 60 dias. As estacas foram retiradas dessas plantas e permaneceram em viveiro por 120 dias para enraizamento. Após este período foram avaliados o número de estacas enraizadas, com calos e mortas, número de raiz, volume, comprimento e peso da matéria seca das raízes. Os teores de carboidratos foram determinados nos ramos e nas estacas enraizadas no momento do desmonte da pesquisa. O enraizamento das estacas foi maior no tratamento com adubação para as cultivares BRS-Maués, CMU 381 e BRS-CG 882. A redução da irradiância sobre as plantas matrizes favoreceu o enraizamento. O maior percentual de enraizamento e o menor de mortalidade das estacas foram obtidos no tratamento sem AIB, independente, da cultivar. A cv. BRS-Maués expressou o maior potencial de enraizamento, enquanto BRS-CG882 apresentou o menor enraizamento de estacas. BRS-Maués foi mais eficiente em acumular amido que a BRS-CG 882 e o potencial de enraizamento das duas cultivares apresentou correlação positiva com o teor de amido acumulado em cada uma. Quanto aos açúcares solúveis totais nos ramos, para BRS-CG 882 não houve correlação e para BRS-Maués foi negativa em relação ao enraizamento dessas duas cultivares.

**Palavras-chave:** Propagação vegetativa, estaquia, sombreamento, fitohormônio, carboidratos.

## ABSTRACT

### **Fertilization, increasing levels of irradiance and IBA on rooting cultivars of guarana (*Paullinia cupana* var. *Sorbilis* (Mart.) Ducke)**

Although guarana (*Paullinia cupana* var. *Sorbilis* (Mart.) Ducke) is a culture of great interest to the Amazon region, its productivity is still low. The availability of plant material that is genetically uniform, precocious and productive is the key for expanding and improving the culture in the region. To achieve this, it is recommended to do vegetative propagation, although some cultivars have rooting problems. This study aimed to evaluate the rooting of guarana from fertilized and unfertilized plants submitted to increasing levels of irradiance, with and without application of IBA. It also aimed to correlate the reserves of the branches and cuttings with rooting characteristics. The design was completely randomized in factorial arrangement of 6x4x2x2. The factors studied were the following: (i) five cultivars and one genotype of guarana, (ii) four levels of irradiance, (iii) with and without fertilization and (iv) application of IBA or not. The experimental unit contained 10 cuttings with four repetitions. The mother plants received or did not received fertilizer in the field for ten years and were subjected to increasing levels of irradiance for 60 days. The cuttings were taken from these plants and remained in the nursery for 120 days for rooting. After this period we evaluated the number of rooted cuttings with calluses and dead, root number, volume, length and dry weight of roots. The carbohydrate content was determined from the branches and rooted cuttings at the time of the dismantling of the research. The rooting of cuttings was higher for the fertilization treatment for BRS-Maues, CMU-CG 381 and BRS 882. The reduction of irradiance on the mother plant favored rooting. The highest percentage of rooting and lower mortality were obtained from cuttings without IBA treatment, independently of cultivar. The cv. BRS-Maués showed the highest rooting potential, while BRS-CG882 had the lowest rooting. BRS-Maués was more efficient in accumulating starch than the BRS- 882 CG and the rooting potential of both cultivars was positively correlated with the starch accumulated in each one. Regarding the total soluble sugars in the branches, there was no correlation for BRS-882 CG. For BRS-Maués the correlation was negative in relation to rooting of these twocultivars.

**Key words:** vegetative propagation, cuttings, shading, phytohormone carbohydrates.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Médias diárias de máxima, mínima e temperatura média durante os períodos de condução do experimento, Manaus, 2009/2010.....26
- Figura 2.** Médias de precipitação diária durante os períodos de condução do experimento, Manaus, 2009/2010. ....27
- Figura 3.** Médias de brilho solar durante os períodos de condução do experimento, Manaus, 2009/2010.....27
- Figura 4.** Cobertura das plantas matrizes de guaranazeiro, com tela de polipropileno, no campo experimental da Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, 2010.....30
- Figura 5.** Porcentagem de estacas enraizadas (A), com calo (B), e mortas (C) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, submetidos à níveis crescentes de irradiância, Manaus-2009/2010.....41
- Figura 6.** Comprimento (A), volume (B), e peso da matéria seca das raízes (C) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, submetidos à níveis crescentes de irradiância, Manaus-2009/2010.....46
- Figura 7.** Porcentagem de estacas enraizadas de guaranazeiro, independente da cultivar, submetidas à níveis crescentes de irradiância, com e sem adubação, Manaus-2009/2010.....48
- Figura 8.** Porcentagem de estacas enraizadas (A), com calo (B) e mortas (C) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, submetidos à níveis crescentes de irradiância com adubação, Manaus-2009/2010.....49
- Figura 9.** Porcentagem de estacas enraizadas (A), com calo (B) e mortas (B) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, submetidos à níveis crescentes de irradiância sem adubação, Manaus-2009/2010 .....49
- Figura 10.** Comprimento (A) e número de raiz (B) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, submetidos à níveis crescentes de irradiância, com adubação, Manaus-2009/2010.....51
- Figura 11.** Comprimento (A) e número de raiz (B) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, submetidos à níveis crescentes de irradiância, sem adubação, Manaus-2009/2010.....51
- Figura 12.** Porcentagem de estacas enraizadas de guaranazeiro, independente da cultivar, submetidas à níveis crescentes de irradiância, com e sem AIB, Manaus-2010 .....58
- Figura 13.** Porcentagem de estacas mortas de guaranazeiro, independente da cultivar, submetidas à níveis crescentes de irradiância, com e sem AIB, Manaus-2010 .....59
- Figura 14.** Porcentagem de estacas enraizadas (A) e mortas (B) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, submetidos à níveis crescentes de irradiância com aplicação de AIB, Manaus-2009/2010 .....61
- Figura 15.** Porcentagem de estacas enraizadas (A) e mortas (B) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, submetidos à níveis crescentes de irradiância sem aplicação de AIB, Manaus-2009/2010.....61



- Figura 16.** Número (A), volume (B) e peso da matéria seca das raízes (C) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, submetidos à níveis crescentes de irradiância com aplicação de AIB, Manaus-2009/2010 ..... 64
- Figura 17.** Número (A), volume (B) e peso da matéria seca das raízes (C) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, submetidos à níveis crescentes de irradiância sem aplicação de AIB, Manaus-2009/2010 ..... 64

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Características morfológicas e agronômicas de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro recomendados para plantio no Estado do Amazonas, Manaus, 2011 .....	28
<b>Tabela 2.</b> Composição química das amostras de solo, na profundidade de 0-20 cm, dos plantios de guaraná, Embrapa Amazônia ocidental, Manaus-AM .....	28
<b>Tabela 3.</b> – Adubação recomendada para o guaranazeiro no Estado do Amazonas, Embrapa Amazônia ocidental, Manaus-AM .....	29
<b>Tabela 4.</b> Porcentagem de estacas enraizadas (EE), com calo (EC), e mortas (EM) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, com e sem adubação, Manaus-2009 .	35
<b>Tabela 5.</b> Porcentagem de estacas enraizadas (EE), com calo (EC) e mortas (EM) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, com e sem adubação, Manaus-2010 .	36
<b>Tabela 6.</b> Porcentagem de estacas enraizadas (EE) e mortas (EM) de guaranazeiro, independente da cultivar, com e sem adubação, Manaus-2009-2010 .....	38
<b>Tabela 7.</b> Médias de comprimento (CR), número (NR), volume (VR) e matéria seca das raízes (MSR) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, com e sem adubação, Manaus-2009-2010.....	39
<b>Tabela 8.</b> Equações de regressão, coeficientes de determinação ( $R^2$ ), ponto de máximo e ponto de mínimo, para estacas enraizadas (EE), com calo (EC) e mortas (EM) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, submetidos a quatro níveis de irradiância, Manaus, 2009/2010 .....	42
<b>Tabela 9.</b> Equações de regressão, coeficientes de determinação ( $R^2$ ), ponto de máximo e ponto de mínimo, para comprimento da raiz (CR), volume da raiz (VR) e peso da matéria seca da raiz (MSR) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, submetidos a quatro níveis de irradiância, Manaus, 2009/2010.....	47
<b>Tabela 10.</b> Equações de regressão, coeficientes de determinação ( $R^2$ ), ponto de máximo e ponto de mínimo, para estacas enraizadas (EE), independente da cultivar, submetidas à níveis crescentes de irradiância, com e sem adubação, Manaus-2010 .....	48
<b>Tabela 11.</b> Equações de regressão, coeficientes de determinação ( $R^2$ ), ponto de máximo e ponto de mínimo, para estacas enraizadas (EE), com calo (EC) e mortas (EM) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, submetidos a quatro níveis de irradiância, com e sem adubação Manaus, 2009/2010.....	50
<b>Tabela 12.</b> Equações de regressão, coeficientes de determinação ( $R^2$ ), ponto de máximo e ponto de mínimo para comprimento (CR) e número de raízes (NR) de cinco cultivares e um genótipo(1) de guaranazeiro submetidos a quatro níveis de irradiância, com e sem adubação Manaus, 2009/2010.....	52
<b>Tabela 13.</b> Porcentagem de estacas enraizadas (EE), com calo (EC), e mortas (EM) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, tratadas ou não com AIB, Manaus-2009-2010.....	54

<b>Tabela 14.</b> Comprimento (CR), número (NR), volume (VR) e matéria seca das raízes (MSR) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, tratadas ou não com AIB, Manaus- 2009-2010.....	55
<b>Tabela 15.</b> Equações de regressão, coeficientes de determinação ( $R^2$ ), ponto de máximo e ponto de mínimo, para estacas enraizadas (EE), e mortas (EM), independente da cultivar, submetidas à níveis crescentes de irradiância, com e sem aplicação de AIB, Manaus-2010 .....	59
<b>Tabela 16.</b> Equações de regressão, coeficientes de determinação ( $R^2$ ), ponto de máximo e ponto de mínimo, para estacas enraizadas (EE) e mortas (EM) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, submetidos a quatro níveis de irradiância, com e sem aplicação de AIB Manaus, 2009/2010 .....	62
<b>Tabela 17.</b> Equações de regressão, coeficientes de determinação ( $R^2$ ), ponto de máximo e ponto de mínimo para número (NR), volume (VR) e peso da matéria seca das raízes (MSR) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, submetidos a quatro níveis de irradiância, com e sem aplicação de AIB Manaus, 2009/2010.....	65
<b>Tabela 18.</b> Porcentagem de amido em ramos de duas cultivares de guaranazeiro submetidas à quatro níveis de irradiância no campo e em estacas enraizadas dos mesmos ramos, sob condições de viveiro, Manaus-2010 .....	66
<b>Tabela 19.</b> Porcentagem de amido nos ramos e nas estacas enraizadas dentro do mesmo nível de irradiância para cada cultivar de guaranazeiro, Manaus-2010 .....	67
<b>Tabela 20.</b> Porcentagem de açúcares solúveis totais em ramos de duas cultivares de guaranazeiro e em estacas enraizadas dos mesmos ramos, sob condições de viveiro, Manaus-2010 .....	68
<b>Tabela 21.</b> Coeficiente de correlação de Pearson entre os teores de carboidratos em ramos (R) e em estacas enraizadas (EE) de guaranazeiro cultivar BRS-Maués e as características <sup>1</sup> referentes ao sistema radicular, Manaus-2010 .....	69
<b>Tabela 22.</b> Coeficiente de correlação de Pearson entre os teores de carboidratos em ramos (R) e em estacas enraizadas (EE) de guaranazeiro cultivar BRS-CG 882 e as características <sup>1</sup> referentes ao sistema radicular, Manaus-2010 .....	71

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1</b>	<b>OBJETIVO GERAL .....</b>	<b>5</b>
<b>2.2</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>6</b>
<b>3.1</b>	<b>Considerações sobre a cultura do guaraná .....</b>	<b>6</b>
3.1.1	Importância econômica .....	6
3.1.2	Taxonomia e origem.....	8
3.1.3	Propagação .....	8
<b>3.2</b>	<b>Propagação vegetativa.....</b>	<b>10</b>
3.2.1	Anatomia do enraizamento adventício.....	11
3.2.2	Fitohormônios e cofatores do enraizamento .....	12
3.2.2.1	Auxinas.....	12
3.2.2.2	Citocininas.....	14
3.2.2.3	Giberilinas .....	15
3.2.2.4	Etileno .....	15
3.2.2.5	Compostos fenólicos .....	15
3.2.2.6	Carboidratos .....	16
3.2.3	Fatores que afetam o enraizamento.....	17
3.2.3.1	Tipos de ramos e de estacas .....	17
3.2.3.2	Época de coleta das estacas.....	19
3.2.3.3	Pré-tratamento da planta matriz .....	20
3.2.3.4	Estado nutricional da planta matriz.....	22
3.2.3.5	Fatores do ambiente .....	24
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>26</b>
<b>4.1</b>	<b>Experimento de campo.....</b>	<b>26</b>
4.1.1	Preparo das estacas em viveiro.....	30
4.1.2	Determinação dos teores de carboidratos.....	32
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>34</b>
<b>5.1</b>	<b>Efeito da adubação no enraizamento de estacas de guaranazeiro .....</b>	<b>34</b>
<b>5.2</b>	<b>Efeito dos níveis crescentes de irradiância no enraizamento de estacas de guaranazeiro .....</b>	<b>40</b>
<b>5.3</b>	<b>Desdobramento da interação adubação x irradiância no enraizamento de estacas de guaranazeiro .....</b>	<b>47</b>
<b>5.4</b>	<b>Efeito da aplicação de AIB no enraizamento de estacas de guaranazeiro.....</b>	<b>53</b>

<b>5.5</b>	<b>Desdobramento da interação irradiância x AIB no enraizamento de estacas de guaranazeiro .....</b>	<b>58</b>
<b>5.6</b>	<b>Determinação do teor de carboidratos em estacas de guaranazeiro.....</b>	<b>66</b>
<b>5.7</b>	<b>Correlação entre o teor de carboidratos e o enraizamento de estacas de guaranazeiro .....</b>	<b>69</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>72</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>73</b>
	<b>APÊNDICE .....</b>	<b>85</b>

# 1 INTRODUÇÃO

O guaranazeiro (*Paullinia cupana*, var. *sorbilis*, (Mart.)Ducke) representa grande potencial sócio-econômico para a agricultura no Estado do Amazonas. O contingente de mão-de-obra envolvido na produção e a crescente demanda pelo produto o caracterizam como importante alternativa para os setores agrícola e industrial no Estado e na região Amazônica.

O cultivo comercial do guaraná tem sido incentivado por meio de práticas agrícolas e novas tecnologias geradas pelas pesquisas. Evoluiu, consideravelmente, o conhecimento sobre a cultura nos últimos anos, mas muito ainda necessita ser feito.

Um dos problemas enfrentado nos plantios tradicionais relaciona-se com a baixa qualidade das mudas, as quais normalmente são obtidas de sementes (CORREA, 1984; ARRUDA et al., 2007).

Com este tipo de muda, a sobrevivência das plantas no campo é inferior a 80%. O problema se agrava ainda mais quando as sementes são obtidas de materiais genéticos não selecionados, devido à infestação por antracnose, principal doença do guaranazeiro, chegando a índices alarmantes que levam à perda de até 100% da produção e conseqüente morte da planta (NASCIMENTO FILHO e ATROCH, 2005).

Além disso, o guaranazeiro apresenta mecanismos morfológicos favoráveis à alogamia o que dificulta a manutenção da integridade dos caracteres desejados, devido á segregação dos genes, quando propagado por sementes (ATROCH et al., 2009). Portanto, a disponibilidade de material vegetal geneticamente uniforme, precoce e produtivo é fundamental para a expansão e melhoria da cultura do guaraná na região.

Com o objetivo de atingir essa meta o programa de melhoramento genético do guaranazeiro coordenado pela Embrapa Amazônia Ocidental implantou um programa de seleção de genótipos superiores quanto a produtividade, resistência à doenças e qualidade de frutos para serem recomendados para plantio comercial no Estado do Amazonas (NASCIMENTO FILHO, 2003).

As pesquisas com a cultura do guaraná tiveram início na década de 1960, na Embrapa, Campo Experimental de Maués, onde se iniciaram as coletas dos primeiros genótipos para formar o Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Amazônia Ocidental. Hoje a instituição é responsável pela conservação dos recursos genéticos do guaranazeiro no Brasil e, por meio da seleção de plantas matrizes e da técnica de propagação vegetativa, já desenvolveu 280 cultivares com potencial produtivo e resistência à antracnose, desse total, 55 estão sendo

testadas, 12 já foram lançadas e recomendadas para a região (ESCOBAR, 1986; NASCIMENTO FILHO, 2003; ATROCH, 2009).

Sendo assim, a produção de mudas de alta qualidade desses germoplasmas se faz necessária para o sucesso dos plantios comerciais, no entanto alguns desses materiais apresentam problemas de enraizamento. Costa Júnior et al. (2003) afirmam que o comportamento de estacas dentro da mesma espécie pode não ser o mesmo, pois as diferenças muitas vezes ocorrem entre cultivares.

De acordo com Atroch et al., (2007), existe um forte componente genético com relação à capacidade e/ou habilidade para o enraizamento entre as diferentes cultivares de guaranazeiro, o que pode inviabilizar a multiplicação de determinado material em larga escala, mesmo que tenha bom potencial produtivo.

Neste contexto, para a manutenção das características desejáveis de materiais genéticos selecionados com qualidade superior, o estudo dos fatores que influenciam o enraizamento de estacas assume papel fundamental para produção de mudas por meio da propagação vegetativa, permitindo o acesso de maior número de agricultores a essa tecnologia.

O método de propagação assexuada ou vegetativa é bastante utilizado na produção comercial de diversas culturas ornamentais e frutíferas tendo como vantagens a reprodução de todas as características da planta matriz, uniformidade nas populações, e facilidade na propagação (HARTMANN et al., 2002), além do rápido incremento no número de plantas, podendo reproduzir elevado número de mudas a partir de uma única planta matriz (FERRI, 1997). Dentre estes métodos, a estaquia destaca-se como técnica economicamente viável para produção de novos indivíduos em um curto período de tempo (PAIVA e GOMES, 1993).

A propagação de plantas por meio de estaquia depende de diversos fatores determinantes no desenvolvimento e na diferenciação das raízes tais como influência das espécies, balanço hormonal entre indutores e inibidores de enraizamento, estado nutricional da planta matriz e o ambiente de enraizamento (HIGASHI et al., 2000; HARTMANN et al., 2002; BASTOS et al., 2009).

A qualidade e o desenvolvimento do sistema radicular influenciam, não somente na habilidade das plantas em absorverem nutrientes, mas também na capacidade de crescerem e de se estabelecerem no campo, podendo não ser limitante durante o enraizamento, e sim após o transplântio para o campo (HAMILTON et al., 1981).

A malformação do sistema radicular impede a absorção de água e nutrientes em quantidades suficientes para atender às necessidades da planta, resultando em um quadro sintomatológico típico de deficiência hídrica e nutricional, em consequência do desequilíbrio entre raiz e parte aérea. Esse problema está geralmente associado à deformação do sistema radicular de mudas na fase de viveiro (MAFIA, et al., 2005).

Segundo Sant'ana et al. (2003), em condição de baixa disponibilidade de nutriente, é vantajoso para a planta ter um sistema radicular com maior número de raízes, o que permite explorar o solo com maior eficiência. Entretanto, em condições de maior disponibilidade de nutrientes no solo, raízes mais longas possibilitam a planta extrair, além de nutrientes, água das camadas mais profundas.

Em relação ao peso da matéria seca da raiz, Santantonio et al. (1977) afirmam que pode ser considerado como uma medida fundamental de estoque de fotossintatos na planta. Sendo considerado o melhor critério de avaliação para espécies cuja produtividade é determinada em órgãos subterrâneos.

O volume de raiz é pouco citado na literatura como parâmetro de avaliação, sendo mais usado para suplementar outros parâmetros. Segundo Bohm (1979), isso se deve ao fato de que o volume de raízes das espécies com poucas raízes grandes, pode ser igual ao de espécies com grande quantidade de pequenas raízes fibrosas.

Atualmente, algumas espécies de difícil emissão de raízes têm sido enraizadas com a ajuda de um conjunto de técnicas modernas como estiolamento, estrangulamento e injúrias mecânicas. Estas técnicas possibilitam uma alteração do balanço hormonal, citoquímico e nutricional do ramo, aumentando assim a probabilidade de enraizamento (NAGESWARA RAO et al., 1988; BASTOS et al., 2009).

O uso de estiolamento e da aplicação de reguladores de crescimento, ou o sinergismo das duas técnicas, tem apresentado bons resultados para espécies de difícil enraizamento.

O estiolamento vem a ser a emissão de brotos, ramos ou parte de ramos em ausência ou em baixo nível de irradiância, esse processo reduz a lignificação dos tecidos, aumenta o acúmulo de auxina na região estiolada e diminui o conteúdo de co-fatores negativos ao enraizamento, especialmente AIA-oxidase (HARTMANN et al., 2002).

Uma das formas mais comuns de favorecer o balanço hormonal para o enraizamento é a aplicação exógena de reguladores de crescimento. O grupo de reguladores usado com maior frequência é o das auxinas. Essas substâncias aceleram a iniciação de raízes adventícias,



aumentam o número e a qualidade das raízes formadas e uniformizam o enraizamento (HINOJOSA, 2000; FACHINELLO et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2010).

Dentre as auxinas sintéticas, o Ácido Indol Butírico (AIB) parece ser a mais eficaz para estimular o enraizamento de estacas, por se tratar de uma substância fotoestável, de ação localizada e menos sensível à degradação biológica, em comparação às demais (OLIVEIRA et al., 2010).

Para a cultura do guaraná, a aplicação de AIB mostrou-se uma técnica promissora na obtenção de mudas por estaquia (CORREA e STOLBERG, 1981). Em estudos realizados por Rodrigues e Lucchesi (1987), a utilização desse fitohormônio aumentou o número de raízes das estacas, porém a maior porcentagem de enraizamento foi obtida com estacas herbáceas capeadas sem a utilização de AIB. Já, Atroch et al. (2007) constataram que a porcentagem de enraizamento foi reduzida com o aumento da concentração do AIB de 0 para 10000 mg.L<sup>-1</sup>.

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. Portanto, é necessário que se estude esses fatores, tendo em vista que a identificação e controle daqueles determinantes, poderá viabilizar a propagação vegetativa de espécies difíceis de enraizar.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar o enraizamento de estacas provenientes de ramos de seis cultivares de guaranazeiro, adubadas e não adubadas, submetidas a diferentes níveis de irradiância, com e sem AIB.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Avaliar o enraizamento das estacas de cultivares de guaranazeiro retiradas de plantas-matrizes adubadas e não adubadas.

Estudar o efeito de níveis crescentes de irradiância sobre a planta-matriz, no enraizamento de estacas de cultivares de guaranazeiro.

Avaliar o enraizamento de estacas de guaranazeiro sem e com adição exógena de AIB.

Correlacionar reservas dos ramos e das estacas com as características de enraizamento de duas cultivares de guaranazeiro.

### **3 REVISÃO DE LITERATURA**

#### **3.1 Considerações sobre a cultura do guaraná**

##### **3.1.1 Importância econômica**

O Brasil é o único país produtor comercial de guaraná, e durante muito tempo sua produção concentrou-se no estado do Amazonas, em função de ser uma espécie nativa dessa região. Pequenas áreas não comerciais são também encontradas no Peru e Venezuela.

Atualmente o guaraná é cultivado em seis Estados brasileiros (Bahia, Amazonas, Mato Grosso, Rondônia, Pará e Acre), ocupando uma área de 15.278 ha, com uma produção de 4.604 toneladas/ano e uma receita em torno de 29,5 milhões de reais (IBGE, 2009).

No Estado do Amazonas a guaranaicultura é praticada em 24 dos 62 municípios, com predominância, em termos de área plantada, para os municípios de Maués, Presidente Figueiredo, Boa Vista do Ramo, Urucará e Parintins (IBGE, 2009).

O município de Maués no Amazonas foi o maior produtor de guaraná do Brasil ao longo da maior parte do século XX. Entretanto, problemas fitossanitários, e o envelhecimento dos guaranazais fizeram com que a produção diminuísse, ano após ano, até perder o posto para a Bahia, no final da década de 1980, (ATROCH, 2009).

Essa diferença de produtividade também é decorrente das condições climáticas favoráveis à cultura na Bahia. Os produtores deste estado utilizam a combinação de grandes áreas de monocultivo e irrigação, sem a ocorrência de Pragas (Tripes) e doenças (Antracnose), que limitam o cultivo no Amazonas, com 80% das plantas infestadas com a doença, ocasionando perdas de até 100% da produção.

Em função disso, a produtividade dos guaranazais baianos é de 1 a 2 kg de sementes seca planta<sup>-1</sup>, enquanto que no Amazonas, é 0,20 kg de semente seca planta<sup>-1</sup>.

No entanto, o preço de comercialização da semente do guaraná na Bahia é menor (R\$ 5,90 kg<sup>-1</sup>) em relação ao Amazonas (R\$ 7,45 kg<sup>-1</sup>) (IBGE, 2009). Isso se deve, em grande parte, à comercialização direta da produção do guaraná amazonense com grandes indústrias de refrigerantes localizadas no Estado, as quais não adquirem o produto da Bahia, devido ao alto custo com transporte e encargos. Além do apoio do Governo do Amazonas que, por meio de incentivos fiscais, motiva essas indústrias locais a consumirem matéria-prima produzida no próprio Estado.

Hoje a produção de guaraná no Amazonas mostra sinais de recuperação. Em 2008 o Amazonas produziu 751 ton. de sementes secas, enquanto que em 2009 essa produção subiu para 1.659 ton., gerando renda de R\$ 5,7 milhões e 12,3 milhões, respectivamente (IBGE, 2008; 2009). Segundo Atroch (2009), esse crescimento é resultado da renovação dos guaranazais antigos por materiais genéticos com potencial produtivo de 1,5 kg de sementes secas planta<sup>-1</sup> e resistência à doenças.

No Amazonas, cerca de 8.000 ha são cultivados com guaraná. Desse total, apenas duas propriedades utilizam áreas maiores que 400 ha. O que significa que os pequenos produtores são responsáveis pela maior parte da área plantada, possuindo em média de um a três ha cultivados com guaraná (PEREIRA, 2007).

O produtor de guaraná, de um modo geral, é o proprietário da terra, e em sua maioria organiza-se em sistemas de cooperativas agrícolas.

Em Urucará as cooperativas beneficiam 116 famílias e 480 pessoas, gerando desenvolvimento para o município e incentivos ao setor agrícola, em especial aos pequenos produtores, que de forma organizada são responsáveis por boa parte da movimentação financeira do município, cuja produção em 2009 foi de 90 ton. de sementes de guaraná (CARDOSO, 2010; IBGE, 2009).

Urucará é também o município que se destacou como pioneiro na certificação orgânica do guaraná para atender as exigências do mercado internacional. Atualmente, cerca de 30% do guaraná de Urucará recebe certificação orgânica, cuja divulgação na Europa beneficiou o município com a exportação do produto na forma de pó para a Itália e França (CARDOSO, 2010).

Portanto, o guaraná é uma cultura que oferece oportunidades de negócios para as indústrias, remuneração para os produtores e, ainda contribui para a fixação do homem no meio rural, destacando-se como um dos produtos de alto potencial econômico e de grande significado social no meio rural amazônico (CRAVO, 2001).

### 3.1.2 Taxonomia e origem

O guaranazeiro (*Pallinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke) é uma dicotiledônea da família Sapindaceae, que possui cerca de 130 gêneros e 2000 espécies distribuídas em árvores, arbustos e cipós (TROPICOS, 2010). O gênero *Paullinia* é predominantemente americano, estendendo-se desde o México e sul dos Estados Unidos até a Argentina, possui cerca de 195 espécies distribuídas pela América Tropical e Subtropical, nove dessas ocorrem na Amazônia Brasileira (LLERAS, 1984).

A espécie *Paullinia cupana* H.B.K., é dividida em duas variedades botânicas; *Paullinia cupana* var. *typica* de ocorrência na Venezuela e Colômbia, relíquia etnobotânica não encontrada no Brasil, e *Paullinia cupana* var. *sorbilis*, originária do baixo Amazonas, sendo o município de Maués seu centro de cultivo, onde os Sateré-Mawé a transformaram, de uma trepadeira silvestre, a arbusto cultivado, introduzindo seu plantio e beneficiamento. A partir de então, este município tornou-se o centro de distribuição do guaraná para outras áreas de clima favorável, cuja produção e comercialização se difundiu pra outras regiões (ATROCH, 2009; LORENZ, 2000).

### 3.1.3 Propagação

O guaranazeiro pode ser propagado por sementes e por estacas. A formação de mudas a partir de sementes constitui o método mais antigo usado comercialmente. Este tipo de propagação tem o inconveniente de se obter uma alta variabilidade nas características qualitativas e quantitativas, como teor de cafeína, diversidade de tamanho, forma e coloração nas folhas, frutos e sementes, além de variações de resistência a doenças, índice de sobrevivência no campo e maior período para iniciar a produção (ATROCH, 2009; PEREIRA, 2007).

A propagação sexuada do guaranazeiro também é dificultada em função de suas sementes apresentarem características de perder rapidamente a viabilidade, não suportando desidratação acentuada nem baixa temperatura, o que as classificam como sementes recalcitrantes (ATROCH et al., 2007).

Além do mais, em plantios tradicionais onde as plantas são originadas de sementes, o tempo para formação de mudas é de 12 meses com produção inicial tardia e instável, atingindo em torno de  $60 \text{ kg ha}^{-1}$ , o que corresponde a  $150 \text{ g}$  de semente seca planta<sup>-1</sup>.

A propagação vegetativa no guaranazeiro, quando aplicada sobre materiais promissores apresenta vantagens em relação às plantas originadas de sementes, tais como: manutenção das características superiores da planta matriz, resistência à doenças, alta produtividade ( $1,5 \text{ kg}$  sementes secas planta<sup>-1</sup>), menor tempo de formação da muda (7 meses), precocidade no início da produção (2 anos após plantio definitivo), estabilidade da produção comercial (3 anos) e alta taxa de sobrevivência das plantas no campo (maior que 90%) (NASCIMENTO FILHO e ATROCH, 2005).

A renovação dos antigos guaranazais com esses materiais significaria uma expressiva contribuição ao aumento da produtividade e da qualidade da cultura nas regiões produtoras.

Estudos preliminares sobre o a propagação vegetativa do guaranazeiro, datam de 1977. Nestes estudos foram constatados baixos percentuais de enraizamento das estacas (NASCIMENTO FILHO, 1988). Após uma série de dificuldades na definição do método mais adequado, Corrêa e Estolberg (1981) aumentaram o índice de enraizamento das estacas com a utilização de AIB e nebulização intermitente. Neste estudo também definiram que as estacas herbáceas, e semi-lenhosas foram as mais promissoras.

Esses resultados comprovaram que o guaranazeiro poderia ser propagado vegetativamente pelo método da estaquia. No entanto, Atroch et al. (2007) afirmam que pesquisas com uso de AIB na propagação vegetativa do guaranazeiro, são poucas e não conclusivas.

Sob o ponto de vista do melhoramento genético, a propagação vegetativa possibilita a seleção de genótipos que apresentem características superiores originando clones elites para o plantio comercial, implicando em melhorias para a cadeia produtiva do guaraná na Região.

Assim, por meio da seleção de plantas matrizes e da técnica da propagação vegetativa, a Embrapa Amazônia Ocidental colocou em competição e avaliação, 201 clones entre 1982 e 1985 (NASCIMENTO FILHO, 1988). No entanto, as avaliações mostraram uma ampla variação na adaptação desses materiais onde os níveis de sobrevivência variaram de 0,0% a 100% (ESCOBAR, 1986).

A viabilidade do uso da propagação de plantas por meio de estaquia depende da capacidade de formação de raízes adventícias de cada espécie e ou cultivar, da qualidade do

sistema radicular formado e do desenvolvimento posterior da planta na área de produção (FACHINELLO et al., 1995).

Para germoplasmas de alto padrão genético que apresentam dificuldades de enraizamento, a propagação vegetativa torna-se um processo oneroso para multiplicação em larga escala, por ocuparem grandes áreas em viveiros comerciais para uma baixa produtividade e exigirem a implantação e manutenção de elevado número de matrizes no campo para coleta de estacas (ARRUDA et al., 2007).

Considerando a necessidade de geração e transferência de tecnologias para o cultivo do guaranazeiro, estudos que envolvam fatores extrínsecos à planta na tentativa de melhorar a capacidade de enraizamento das diferentes cultivares, são importantes e podem contribuir para a melhoria do desempenho da cultura aumentando a renda do produtor rural.

### **3.2 Propagação vegetativa**

A propagação vegetativa permite a multiplicação de progênies idênticas à planta-matriz visando a multiplicação de variedades de importância econômica, fixando características agronômicas desejáveis de forma eficiente (EHLERT et al., 2004).

Essa técnica tem sido largamente utilizada pela capacidade de utilização rápida dos ganhos genéticos obtidos nos programas de melhoramento e por manter uma população de plantas uniforme, além de diminuir o tempo para início da produção pela antecipação do período de florescimento da planta, em função da redução do seu período juvenil, o que implica em redução de custos com a produção de mudas (HARTMANN et al., 2002).

Esta pode ser uma boa alternativa para a reprodução de espécies que possuem alta variabilidade genética, para aquelas cujas sementes germinam com dificuldade ou ainda para as que produzem poucas sementes.

A propagação vegetativa pode se dar por técnicas como enxertia, mergulhia, alporquia ou estaquia, sendo esta última, um dos processos mais importantes, que se destaca como método economicamente viável para produção de novos indivíduos (BASTOS et al., 2005).

A estaquia consiste na indução do enraizamento adventício em segmentos destacados da planta-mãe que, uma vez submetidos a condições favoráveis, originam um novo indivíduo com características idênticas às de seu genitor, melhorando e conservando clones, cultivares ou variedades de importância agronômica (FACHINELLO et al., 2005).

A formação de raízes em estacas é um processo anatômico e fisiológico complexo, associado à desdiferenciação e ao redirecionamento de células vegetais totipotentes para a formação de meristemas que darão origem a raízes adventícias (ALMEIDA, 2006).

Um dos principais desafios para a propagação vegetativa por estaquia é estabelecer as condições ideais para o bom enraizamento de cada espécie, de maneira a permitirem sua propagação em larga escala e com bons rendimentos (HARTMANN et al., 2002).

Sendo assim, é importante se conhecer os fatores que afetam a formação de raízes e suas implicações, tendo em vista que esse conhecimento está diretamente relacionado com o sucesso ou fracasso na produção de mudas por estaquia (CUNHA et al., 2009a).

### **3.2.1 Anatomia do enraizamento adventício**

O sistema radicular na propagação por estaquia é denominado adventício, pois a raiz formada na estaca foi induzida em um local diferente daquele onde normalmente se formaria ou se desenvolveria uma raiz, podendo ser originada de células epidérmicas, câmbio, floema, córtex, periciclo e cilindro vascular, nas proximidades do tecido vascular diferenciado ou na base da estaca, com variação entre espécie, cultivar, ou mesmo com a idade ou natureza da estaca (XAVIER, 2002).

Em espécies lenhosas perenes, as raízes originam-se, geralmente do tecido jovem do floema secundário, mas também podem originar-se dos raios vasculares, câmbio, ou dos calos produzidos na base das estacas, levando a acreditar que os calos são essenciais no processo de enraizamento adventício dessas espécies. Em estacas de plantas herbáceas, a formação de raízes é independente da formação de calos e têm sua origem próximo, ou entre os feixes vasculares (ROSSAL, 2006).

Em estacas de guaraná tratadas com AIB, as raízes surgem de uma formação calosa. Os calos são formados na base da estaca, próximo à aplicação do fitohormônio, revestindo toda sua extremidade. Desse tecido caloso surgem os primórdios de raiz que, após diferenciações progressivas, constituem a raiz e posteriormente o sistema radicular da estaca, (MENDONÇA, 1991). Segundo esta autora, nos primeiros estágios da rizogênese já se observa as estruturas periféricas e central das raízes, no entanto a organização só ocorre no início da emergência.

As raízes adventícias podem ser de dois tipos, raízes pré-formadas e raízes induzidas por lesões no tecido. As raízes pré-formadas originam e permanecem dormentes dentro dos



ramos, quando as estacas são cortadas, tratadas e colocadas em um ambiente favorável, iniciam o processo de formação dos primórdios de raízes. Já as raízes induzidas por lesões no tecido, iniciam o desenvolvimento somente após o preparo das estacas, devido ao processo de desdiferenciação e rediferenciação que sofrem (HARTMANN et al., 2002; ROSSAL, 2006).

A formação de raízes ocorre em resposta ao traumatismo produzido pelo corte durante a confecção da estaca gerando lesão nos tecidos do xilema e floema. Em seguida há a formação de uma placa de suberina que reduz a desidratação da área danificada. Após algum tempo, as células por trás da placa de suberina iniciam o processo de divisão celular formando calo. Após a formação do calo, células próximas ao cambium vascular e floema começam a se dividir formando as raízes adventícias (FACHINELLO et al., 1995; HARTMANN et al., 2002).

### **3.2.2 Fitohormônios e cofatores do enraizamento**

Hormônio vegetal ou fitohormônio é um composto natural produzido pela planta que em baixas concentrações promove, inibe ou modifica processos morfofisiológicos do vegetal (CASTRO e VIEIRA, 2001). Os reguladores de crescimento mais conhecidos e de interesse na propagação de plantas são as auxinas, citocininas, giberilinas, ácido abscísico e o etileno. Em determinadas situações, a aplicação de algumas dessas substâncias pode promover ou inibir a iniciação de raízes adventícias (HARTMANN, et al., 2002; XAVIER, 2002).

Cofatores do enraizamento são todos os fatores químicos e físicos que atuam direta ou indiretamente no processo de enraizamento adventício. Portanto, são substâncias químicas que atuam sinergisticamente às auxinas, aumentando o espectro de ação destas. Possuem função antioxidante, se ligando à radicais livres, impedindo que tais radicais sofram oxidação e formem substâncias tóxicas que afetam negativamente o processo de enraizamento adventício (DAVIS e HAISSIG, 1989).

#### **3.2.2.1 Auxinas**

A propriedade de promover o enraizamento foi aplicada às auxinas, em especial o enraizamento adventício de estacas. A indução do sistema radicular é provocada pela a ação

do ácido indol acético (AIA), uma auxina natural que atua em conjunto com carboidratos, compostos nitrogenados e vitaminas (ALMEIDA, 2006).

A concentração endógena de auxina no vegetal, em geral é muito baixa e varia conforme a velocidade das reações de síntese, destruição e inativação.

A biossíntese de AIA está associada aos tecidos com rápida divisão celular e crescimento. Os principais locais de síntese desse hormônio são os meristemas apicais, frutos e sementes em desenvolvimento e folhas jovens. Pode ser degradado por meio da foto-oxidação, e pela oxidação enzimática mediada pelas peroxidases e AIA-oxidase. Também podem sofrer degradação sem a participação de enzimas. Neste caso, a degradação é causada por pigmentos presentes nos vegetais como a riboflavina, quando exposto a alta densidade luminosa (WACHOWICZ e CARVALHO, 2002; TAIZ e ZEIGER, 2008).

As auxinas podem ser encontradas naturalmente nos vegetais sob a forma livre ou conjugada. AIA na forma livre é a forma biologicamente ativa do hormônio cujas concentrações mais altas estão nos meristemas apicais da parte aérea e folhas jovens, mas a grande parte da auxina das plantas é encontrada na forma conjugada, que é considerada hormônio inativo. O metabolismo da auxina conjugada pode ser o principal fator contributivo dos níveis de auxina livre, funcionando como reserva e proteção contra a degradação oxidativa (TAIZ e ZEIGER, 2008).

A descoberta da auxina natural, ácido indol acético (AIA) e das auxinas sintéticas, como o ácido indol butírico (AIB) e ácido naftaleno acético (ANA) estimulou a maior produção de enraizamento adventício em estacas e foi um marco na história da propagação vegetativa (HARTMANN et al., 2002). Além destas, outras auxinas sintéticas têm sido utilizadas com êxito no enraizamento de estacas, como o ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4 D) e o ácido naftoxiacético (NOA).

A aplicação de reguladores de crescimento no enraizamento torna-se necessária quando o balanço hormonal citocinina/auxina encontra-se muito alto. É necessário que haja concentração adequada entre promotores e inibidores do enraizamento, especialmente auxinas, giberilinas e citocininas. (TORRES, 2003).

Tratar as estacas com auxinas, além de estimular a iniciação radicular promove o aumento da porcentagem de estacas enraizadas, acelera o tempo de formação das raízes e conseqüentemente diminui a permanência das estacas no leito de enraizamento (MIRANDA et al., 2004).

O AIB é a principal auxina sintética, não é destruído pelo sistema AIA-oxidase, tem boa estabilidade à luz, com ação localizada e não é tóxico, enquanto que o ANA é um composto mais tóxico, tendo que ser utilizado em concentrações menores (PASCAL et al., 2001; HARTMANN et al., 2002).

Resultados bastante satisfatórios já foram obtidos com uso de AIB. Em nectarineira obteve-se 75% de enraizamento, utilizando-se concentração média de 1500 mg L<sup>-1</sup> desse hormônio (BIASE et al., 2000). Concentração de 100 mg L<sup>-1</sup> foi eficiente para estimular o enraizamento, bem como aumentar o peso da matéria seca tanto das raízes quanto da parte aérea para esta espécie. Em pessegueiro, a porcentagem de estacas enraizadas aumentou até a concentração de 2000 mg.L<sup>-1</sup> de AIB e promoveu 83,7 % e 91,2 % de enraizamento das estacas para as cultivares Coral e Ouro, respectivamente (DUTRA et al., 1999).

No entanto, em algumas cultivares de guaranazeiro a porcentagem de estacas enraizadas diminuiu com o aumento das doses de AIB e altas dosagens inibiram o enraizamento (ATROCH et al., 2007). O mesmo foi observado por Paula et al. (2009) em estacas herbáceas de figueira, neste estudo o percentual de estacas enraizadas tratadas com AIB variou de 80% a 0% entre as concentrações de 0 a 3.000 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente.

### **3.2.2.2 Citocininas**

As citocininas são substâncias que estimulam a divisão e alongação celular e a formação de gemas, mas geralmente tem um efeito inibitório sobre a rizogênese adventícia, atuando como antagonista da auxina, pois estimulam o crescimento vegetativo, competindo com a formação das raízes. Sendo assim, é necessário que haja um equilíbrio entre promotores e inibidores do processo de iniciação radicular (HARTMANN et al., 2002).

O equilíbrio entre auxinas e citocininas é frequentemente necessário para a formação de gemas adventícias e meristemas de raiz. A concentração necessária para cada tipo de regulador varia conforme a espécie e compostos utilizados. Em geral, altas concentrações de auxinas e baixos níveis de citocinina promovem a formação de raízes adventícias, e baixas taxas de auxinas e altas de citocinina favorecem as brotações laterais (HARTMANN et al., 2002). De acordo com esses autores, espécies com altos níveis de citocininas naturais apresentam dificuldades na formação de raízes adventícias em relação àquelas com baixas concentrações.

Em eucaliptos, foi comprovado que alta concentração de citocinina e baixo teor de auxina promoveram o desenvolvimento de brotações, inibindo a formação de raízes, (PAIVA et al., 1996).

### **3.2.2.3 Giberilinas**

As giberilinas constituem um grupo de fitohormônios que, dentre outras funções, promovem a alongação do sistema caulinar, sendo de grande importância nos processos de crescimento e desenvolvimento do vegetal (TAIZ e ZAIGER, 2008).

As giberilinas ocorrem naturalmente nas plantas, sendo o ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) a primeira delas a ser isolada. Experimentos comparando o GA<sub>3</sub> e auxinas mostraram que o enraizamento adventício é induzido por auxinas e inibido por GA<sub>3</sub>, em função do estímulo ao crescimento vegetativo que compete com a formação das raízes (PAIVA et al., 1996).

### **3.2.2.4 Etileno**

O etileno é conhecido por promover senescência, abscisão e amadurecimento de frutos. No entanto, seu efeito na formação de raiz adventícia é variável, dependendo da espécie, do ambiente, do balanço hormonal e das condições fisiológicas da planta.

Como a auxina estimula a síntese de etileno em muitos tecidos vegetais, sugere-se que a ação da auxina leve também a indução, por parte do etileno na formação de raízes adventícias, mas dependendo da fase de formação das raízes em que o etileno atua, o resultado pode ser diferente. Estudos mostraram que a aplicação de etileno de aproximadamente 10 mg L<sup>-1</sup> leva à formação de raízes em estacas caulinares e foliares (HARTMANN et al., 2002).

### **3.2.2.5 Compostos fenólicos**

As Plantas superiores produzem várias substâncias, denominadas metabólitos secundários, cuja função é a defesa do vegetal e em sua maioria, são de natureza fenólica. A ocorrência de compostos fenólicos pode estar ligada a processos de regulação de crescimento,

especialmente com as auxinas que, dependendo da concentração endógena no tecido, resulta na indução desses compostos (THOMAS E RAVINDRA, 1997).

Apesar de a oxidação de compostos fenólicos ser prejudicial às estacas pelo escurecimento dos tecidos, essas substâncias são essenciais às plantas pela importante função em regular a oxidação do AIA (HARTMANN et al.; 2002).

Vários estudos foram realizados com a finalidade de encontrar possíveis relações entre o potencial rizogênico dos propágulos e os compostos fenólicos. No início, ressaltava-se o efeito inibitório dos fenóis sobre a formação de raízes. Com o avanço das pesquisas, foi descoberto que a formação de primórdios radiculares estava relacionada com a formação de conjugados AIA-fenóis, sintetizados com a participação de enzimas como polifenol oxidases e peroxidases (KEFELI e KADYRON, 1971; HAISSIG, 1974; GOULART, et al., 2010).

Outras pesquisas têm indicado que, os monofenóis e m-difenóis estimulam a oxidação do AIA enquanto que os polifenóis inibem essa ação, promovendo a indução do enraizamento (MAYNARD e BASSUK, 1988).

Wilson e Van Staden (1990) constataram que a capacidade de alguns compostos fenólicos em estimular a formação de raízes adventícias se deve a uma possível ação protetora que exercem sobre o AIA, em consequência da inibição da AIA-oxidase, e de reações de oxidação em geral, que mantém a célula em estado reduzido, permitindo a divisão celular. Portanto, o tipo e a quantidade desses cofatores determinam, parcialmente, se as estacas possuem maior ou menor facilidade para induzir os primórdios radiculares (GOULART, et al., 2010).

### **3.2.2.6 Carboidratos**

Os carboidratos produzidos na fotossíntese e armazenados sob a forma de grãos de amido são considerados a principal fonte de energia e de carbono estrutural durante a rizogênese, fornecendo energia para os processos biossintéticos necessários para o enraizamento, tais como, biossíntese de ácidos nucléicos, formação de enzimas, de material para a construção de estruturas celulares para o desenvolvimento do vegetal e divisão celular (TAIZ e ZAIGER, 2008).

Para Malavasi (1997), existe uma relação entre a concentração de carboidratos e o enraizamento de estacas, haja vista que os açúcares exercem funções estruturais relevantes ao

processo bioquímico, durante a expansão celular, formação de novos tecidos e iniciação de raízes adventícias. Segundo Hartmann et al. (2002), os carboidratos não possuem função reguladora direta no enraizamento, mas são fontes de energia e de carbono para síntese de outras substâncias essenciais na a formação de raízes.

Malavasi (1997) explica que 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.

Estacas com maiores concentrações de carboidratos normalmente apresentam melhor enraizamento em comparação àquelas de menor teor (HARTMANN et al., 2002).

Frasetto (2007) afirma que a aplicação de substâncias reguladoras de crescimento, em especial as auxinas, melhora a mobilização dos carboidratos em folhas e ramos superiores, aumentando o transporte para a zona de enraizamento.

### **3.2.3 Fatores que afetam o enraizamento**

O enraizamento de estacas pode ser influenciado pela constituição genética da espécie, pelo estágio fenológico do ramo, posição da estaca no ramo, balanço hormonal, presença de indutores e inibidores e condições nutricionais da planta doadora das estacas (ALFENAS et al., 2004).

#### **3.2.3.1 Tipos de ramos e de estacas**

O processo de enraizamento de estacas varia em função da capacidade de desdiferenciação que algumas células possuem em condições satisfatórias para expressão gênica. Em espécies de difícil enraizamento, normalmente as estacas herbáceas possuem maior capacidade de enraizamento do que as lenhosas, em função da menor resistência mecânica em tecidos menos lignificados como os de ramos herbáceos. Enquanto que em algumas espécies de fácil enraizamento, estacas com diâmetro maior apresentam melhor rizogênese. Provavelmente, pelo maior acúmulo de reservas (OLIVEIRA et al., 2002).

As estacas são classificadas quanto à posição no ramo, em apicais, medianas e basais e, quanto ao estágio de desenvolvimento, em lenhosas, herbáceas e semilenhosas ou semi-herbáceas (SOUZA, 1977).

Estacas lenhosas possuem tecidos fortes, endurecidos e resistentes. Já nas herbáceas, esses tecidos têm aspecto suculento, pouco consistente. As semilenhosas ou semi-herbáceas apresentam um intermediário entre os dois extremos (HARTMANN et al., 2002).

A escolha do ramo e a posição de retirada da estaca no ramo são fatores que promovem grande variação no desenvolvimento de mudas, tendo em vista que a rizogênese encontra-se estreitamente ligada à fase juvenil de crescimento. Portanto, quanto mais juvenil for o material vegetativo e quanto menor a lignificação dos propágulos, maior será o sucesso do enraizamento (BONGA, 1982).

Ramos maduros apresentam dificuldades de enraizamento devido ao balanço hormonal diferente daquele apresentado no seu estado juvenil e ao maior grau de lignificação dos tecidos, resultando em concentrações inadequadas de promotores e inibidores de enraizamento e resistência mecânica à emissão das raízes (HIGASHI et al., 2000).

A condição fisiológica da estaca possui grande importância no processo de rizogênese. Estacas obtidas de diferentes porções do ramo tendem a diferir quanto ao potencial de enraizamento, pois ao longo do ramo o conteúdo de carboidratos e de substâncias reguladoras do crescimento apresenta variação nos tecidos (FACHINELLO et al. 1995).

Em geral, ramos laterais enraízam mais rápido que os ramos apicais, em virtude de contarem com uma maior disponibilidade de carboidratos; fato similar ocorre com a porção basal de ramos em relação à porção terminal (SILVA, 1998).

Estudos sobre a influência da posição da estaca no ramo de *Pfaffia glomerata* mostraram que as estacas das porções basal e mediana, apresentaram potencial de enraizamento superior às estacas da porção apical (NICOLOSO et al., 1999).

Em guaranazeiro, estacas com um par de meio folíolos, retiradas de ramos novos, herbáceos, não lignificados, lançados no ano da coleta, cujas extremidades verduengas são descartadas, apresentam melhor índice de enraizamento e geram mudas mais vigorosas (PEREIRA, 2005).

Estacas com folhas, em geral, respondem melhor ao enraizamento, apresentando maior percentual de estacas enraizadas, número de raízes formadas e comprimento das raízes, tendo em vista que as substâncias produzidas nas folhas, ou as reservas destas nas estacas, são necessárias para estimular a formação de raízes. (XAVIER et al., 2003).

### 3.2.3.2 Época de coleta das estacas

Em linhas gerais, as estacas podem ser coletadas em qualquer época do ano, porém o enraizamento é determinado pelo estágio fisiológico da planta matriz e pelas condições climáticas durante a retirada do material a ser utilizado. Espécies que apresentam vários estádios de desenvolvimento durante o ano, a coleta de estacas deve ser realizada em função dos fluxos de crescimento vegetativo das plantas matrizes. Portanto, a época de estaquia varia de acordo com a espécie (HARTMANN et al., 2002).

Essa variação na capacidade de enraizamento é atribuída às fases de crescimento da planta e ao estado bioquímico das estacas. As variações sazonais modificam o estágio morfofisiológico da planta matriz, com conseqüente alteração dos níveis hormonais e nutricionais, favorecendo o enraizamento (TORRES, 2003).

Para Hartmann et al. (2002), o preparo e o plantio de estacas na época adequada, maximizam o processo de enraizamento e facilitam a produção das mudas. Em condições climáticas ideais ou utilizando-se ambientes com temperatura e umidade controladas, o tipo de material propagativo a ser utilizado passa a ser um dos principais fatores limitantes do processo de enraizamento.

Pereira e Nachtigal relatam que o enraizamento de estacas é também dependente da fotossíntese e a melhor época para o plantio das estacas é aquela em que se tem maior irradiância (primavera-verão) e temperaturas mais elevadas (18 a 32 °C), resultando em maior produção de fotoassimilados, conseqüentemente, mais eficiência nos processos fisiológicos que envolvem o enraizamento.

Em estudo sobre o efeito da variação sazonal no enraizamento de estacas jovens e maduras de ficus (*Ficus pumila*), tratadas ou não com ácido indolbutírico, foi constatado que as estacas juvenis quando não tratadas com o fitorregulador, apresentaram alta variação do processo de enraizamento em relação aos diferentes meses do ano, variando de 0% em janeiro a 60% em julho. Quando estas mesmas estacas foram tratadas com AIB, a variação no processo de enraizamento deixou de existir, passando a índices de 80 a 100% em todos os meses do ano (DAVIES, 1984).

No entanto, estacas maduras não tratadas com AIB, praticamente não enraizaram, sem muita variação no percentual de enraizamento. Porém, quando tratadas com AIB, além de



aumentar os índices de enraizamento, atingindo 100% em julho, a influência das diferentes épocas de coleta de estacas foi bastante acentuada, com 40% de enraizamento em janeiro, 20% em fevereiro e a partir de março, este percentual variou de 58% a 98% (DAVIES, 1984).

No enraizamento de estacas de goiabeiras, retiradas nos meses de fevereiro, abril, julho e outubro, foi constatado que as épocas de estaquia influenciaram significativamente a porcentagem de estacas enraizadas, com calo, brotadas e o peso de matéria seca das raízes. A melhor porcentagem de enraizamento (51,51%) ocorreu para estacas retiradas em fevereiro (TAVARES et al., 1995). Os autores atribuíram o melhor resultado desta época, às condições de temperatura adequadas e à qualidade dos ramos crescidos após a poda realizada no inverno.

Em guaranazeiro, recomenda-se coletar as estacas no período de lançamento dos ramos, que no Estado do Amazonas, ocorre nos meses de março a maio. Antes da coleta das estacas, é feita uma poda de limpeza, logo após o término da colheita, entre janeiro e fevereiro (Embrapa, 2005).

### **3.2.3.3 Pré-tratamento da planta matriz**

No contexto da produção de mudas, algumas técnicas destinadas à propagação vegetativa têm sido desenvolvidas, e o avanço no conhecimento e identificação dos processos que acompanham e controlam a rizogênese são de vital importância na obtenção de material apto para enraizar (HARTMANN et al., 2002).

Assim, diversas formas para aumentar a eficiência no enraizamento de estacas estão sendo utilizadas, dentre as quais, destaca-se o pré-tratamento das plantas-matrizes visando a obtenção de material propagativo com estágio fisiológico apropriado e concentrações endógenas adequadas de substâncias promotoras e inibidoras do enraizamento.

Para Hartmann et al., (2002), devem-se cultivar as plantas matrizes e efetuar o enraizamento das estacas sob baixa irradiância, principalmente em espécies de difícil emissão de raízes. A baixa incidência de luz provoca o estiolamento dos ramos favorecendo a indução e a formação de raízes.

Embora o estiolamento seja definido pela total exclusão da luz, na propagação de plantas também pode ser caracterizado pelo crescimento de brotações em condições de sombreamento parcial (DAVIS et al., 1988).

Os efeitos morfológicos mais evidentes do estiolamento incluem o alongamento dos internódios e formação de tecidos mais suculentos com menor resistência mecânica, devido a menor lignificação, suberização e espessura das paredes celulares. Desta forma, a explicação anatômica para o efeito do estiolamento, parte do princípio de que a redução das propriedades mecânicas dos tecidos é responsável pela facilidade de enraizamento nos ramos estiolados (MAYNARD e BASSUK, 1988).

O estiolamento também provoca alterações fisiológicas, envolvendo o metabolismo e transporte de auxinas, alterações na sensibilidade dos tecidos à auxina e nos conteúdos dos compostos fenólicos (BASSUK e MAYNARD, 1987).

O efeito inibidor da luz na formação de raízes está relacionado a inadequada concentração de AIA, o qual pode ser degradado na planta por meio da foto-oxidação e oxidação enzimática realizada pelo sistema AIA-oxidase (WACHOWICZ e CARVALHO, 2002). Estudos afirmam que a degradação do AIA é maior na presença de luz, onde cerca de 80% do conteúdo é destruído após 24 horas de iluminação, enquanto apenas 56% é degradado após 48 horas no escuro (ECONOMOU e READ, 1987).

Segundo Biase (1996), a eficiência do enraizamento pode ser potencializada, combinando o estiolamento com o anelamento ou aplicação de auxinas na base das estacas.

A prática do anelamento consiste na remoção de um anel de casca na base do ramo antes de separá-los da planta-matriz. Como resultado, promove a alteração dos níveis endógenos dos componentes químicos envolvidos no processo de enraizamento adventício pelo o bloqueio do movimento basípeto dos fotoassimilados produzidos nas folhas, causando a retenção e acúmulo de carboidratos, auxinas e outros possíveis compostos que promovem o enraizamento, ao mesmo tempo em que impede o fluxo acrópeto de substâncias inibidoras do enraizamento como as citocininas que são produzidas nas raízes (FACHINELLO, 1986).

As auxinas são biossintetizadas nos meristemas apicais da parte aérea e apresentam movimento básipeto até a raiz. Por sua vez, as citocininas que são produzidas, principalmente nas raízes, apresentam movimento acrópeto até o ápice dos ramos (TAIZ e ZAIGER, 2008).

Assim, a aplicação do anelamento aumenta a concentração de auxina no ramo que vai dar origem às estacas, acompanhado pela redução da concentração de citocininas, uma vez que o transporte dessas substâncias é interrompido pela retirada do anel, causando um desbalanço citocinina/auxina favorável a emissão de raízes.

### **3.2.3.4 Estado nutricional da planta matriz**

O estado nutricional da planta matriz é fator determinante no sucesso da propagação vegetativa por estaquia. A condição fisiológica da planta doadora de estacas, aliada a nutrição equilibrada, determinará a concentração de carboidratos, substâncias nitrogenadas, aminoácidos, auxinas, compostos fenólicos, entre outras substâncias promotoras do enraizamento (MALAVASI, 1994; HIGASHI et al., 2004).

Dessa forma, o fator nutricional influencia diretamente no enraizamento de estacas, uma vez que os nutrientes estão envolvidos nos processos bioquímicos e fisiológicos da planta (PAULA, et al., 2000). Na formação de raízes, a auxina requer fonte de carbono para biossíntese de ácidos nucléicos e proteínas (FACHINELLO et al., 2005). Além do mais, o estado nutricional da planta pode também atuar em sinergia com vários fatores que induzem o enraizamento e afetam o crescimento e vigor pós-propagação (MALAVASI, 1994).

Apesar da reconhecida significância da relação entre a nutrição mineral e o enraizamento, a importância de vários nutrientes nesse processo não é claramente conhecida. Para Assis e Teixeira (1998), os maiores obstáculos ao conhecimento dos fenômenos envolvidos no processo de formação de raízes são relativos à dificuldade de isolar e caracterizar os fatores que os controlam, em virtude de sua complexidade e da grande interação entre eles. Entre esses fatores, o autor destaca a nutrição mineral.

Segundo Haissig (1986), a aplicação de nutrientes minerais na base das estacas, geralmente não é necessária durante a fase de indução de raízes, visto que os fotoassimilados produzidos pelos brotos são translocados basipetamente. Para Blazich (1988), a mobilização de nutrientes para a base da estaca é forte indício de que a nutrição mineral é fundamental nessa fase do processo.

Os nutrientes minerais possuem funções essenciais e específicas no metabolismo vegetal. Podem agir como constituintes da estrutura orgânica, ativadores de reações enzimáticas, carreadores de cargas e osmorreguladores

O nitrogênio é essencial para síntese de proteínas, ácidos nucléicos e outros constituintes celulares. Considerando que as células dos primórdios radiculares sintetizam DNA, RNA e proteínas, substâncias que interferem ou causam modificações na síntese dessas moléculas podem bloquear a iniciação dos primórdios de raízes. Além disso, sua influência no enraizamento de estacas pode ser manifestada em função da relação do nutriente no

metabolismo de carboidratos, que é fonte de energia para a formação de raiz (HARTMANN et al., 2002; SOUZA e FERNANDES, 2006).

No entanto, resultados sobre o efeito do nitrogênio no enraizamento são divergentes. Cunha et al. (2009a), obtiveram correlações positiva e negativa entre o aumento de doses de N e o percentual de enraizamento nos diversos clones de eucalipto estudados. Em macieira, estacas com baixos teores de nitrogênio enraizaram com mais facilidade (FACHINELLO, 1988). Oliveira et al. (2010) recomendam fertilizantes orgânicos que não contenham nitrogênio em sua composição para que não haja acidificação do substrato de enraizamento. Schwambach et al. (2005) constataram que o amônio apresentou efeito tóxico, e sua substituição por nitrato proporcionou melhora ao enraizamento de microestacas de *Eucalyptus globulus*. Essa diferença entre correlações positivas e negativas dentro de um nível semelhante de nutrição pode ser atribuída à influência do material genético (CUNHA et al. 2009a).

O potássio é importante em muitos processos fisiológicos, dentre os quais se destacam a manutenção do turgor celular, regulação da abertura e fechamento dos estômatos, transporte e armazenamento de carboidratos e síntese de proteínas e amido (MALAVOLTA, 2006; TAIZ e ZAIGER, 2008). Essas funções conferem ao nutriente significativa importância na fase de indução das raízes, pois a perda de água pode ser prejudicial ao processo de enraizamento, podendo ocasionar a morte das estacas antes mesmo do enraizamento, e o controle da abertura estomática também influencia na manutenção de um estado hídrico desejável ao enraizamento (CUNHA et al., 2009b).

Malavolta (2006) menciona que em plantas deficientes de potássio ocorre diminuição no movimento de açúcares nos tecidos, haja vista que a produção do ATP, energia necessária para o transporte de açúcares no floema, é mediada pelo potássio.

O cálcio é requerido na elongação e divisão celular, no entanto as altas concentrações observadas nos brotos de estacas de eucalipto produziram efeitos negativos significativos para o enraizamento, em alguns dos clones estudados (CUNHA et al., 2009).

Os efeitos positivos do boro em relação ao enraizamento podem estar relacionados ao fato de que este nutriente faz parte da síntese do RNA e atua no processo de divisão celular (MALAVASI, 1994).

O ferro está relacionado à atividade de peroxidases, enzimas envolvidas no crescimento e expansão celulares, diferenciação e desenvolvimento, catabolismo de auxina e lignificação (FANG e KAO, 2000).

O balanço hormonal das plantas doadoras de propágulos é importante, pois desse balanço depende a adequada concentração de AIA para o processo de enraizamento. O zinco é requerido na síntese do triptofano, um precursor do AIA. Portanto, o aumento dos níveis endógenos de AIA pode ser favorecido por este nutriente (HARTMANN et al., 2002). Nicoloso et al. (1999) ressaltam a importância do zinco no enraizamento, afirmando que o referido nutriente pode substituir a utilização de auxinas sintéticas.

### **3.2.3.5 Fatores do ambiente**

A luz influencia em qualquer tipo de crescimento das plantas, pois é fonte de energia na realização da fotossíntese. A irradiância, o fotoperíodo e a qualidade da luz, cujas necessidades são variáveis segundo a espécie, devem ser adequados para a manutenção de uma taxa fotossintética que garanta suficiente suprimento de carboidratos para a sobrevivência das estacas e a iniciação radicular (XAVIER, 2002). Entretanto, muitos estudos mostram que estacas retiradas de plantas matrizes cultivadas sob menores intensidades de luz apresentaram maiores índices de enraizamento (JOHNSON e HAMILTON, 1977; ELIASSON e BRUNES, 1980; STRONQUIST e HANSEN, 1980).

Para Hansen (1987), a formação de raízes em estacas é influenciada pela condição de luz a que está submetida a planta matriz. Este autor afirma que a redução da irradiância incidente sobre as brotações antes da propagação, estimula a formação de raízes em estacas de espécies lenhosas, enquanto que Hartman et al. (2002) afirmam que o manejo dos níveis de irradiância sobre as plantas matrizes pode ter efeito positivo, negativo ou nulo no enraizamento de estacas.

No entanto, há consenso entre estes autores, de que os níveis de irradiância sobre as plantas matrizes de diferentes espécies promovem mudanças direta ou indiretamente no metabolismo de auxinas e ou carboidratos, sendo os resultados influenciados pelo genótipo, nutrição e fatores do ambiente.

A temperatura tem importante função reguladora no metabolismo das plantas e afeta o enraizamento das estacas, se conduzida de maneira inadequada, oferecendo grandes limitações ao enraizamento (XAVIER, 2002).

Temperaturas altas aumentam a respiração dos tecidos, provocando esgotamento das reservas nutricionais, enquanto que baixas temperaturas reduzem o processo de fotossíntese e diminuem o metabolismo das estacas, levando maior tempo para o enraizamento ou, mesmo

proporcionando condições inadequadas para a indução, desenvolvimento e crescimento radicular (CARREIRA, 1977; XAVIER, 2002).

A umidade é um dos fatores mais relevantes para o processo de enraizamento de estacas, pois tanto o excesso quanto a insuficiência de umidade poderá causar a morte das mesmas (HARTMANN et al., 2002).

A perda de água é uma das principais causas de morte de estacas antes da formação das raízes, pois para que haja divisão celular é necessário que as células do tecido da estaca estejam túrgidas.

O potencial de perda de água em uma estaca é muito grande, seja por meio das folhas ou das brotações em desenvolvimento, considerando que as raízes ainda não estão formadas. Esse quadro se agrava quando se trabalha com espécies que exigem longo tempo para formar raízes e que são utilizadas estacas com folhas e/ou de consistência herbácea (NORBERTO, 1999), como é o caso do guaraná.

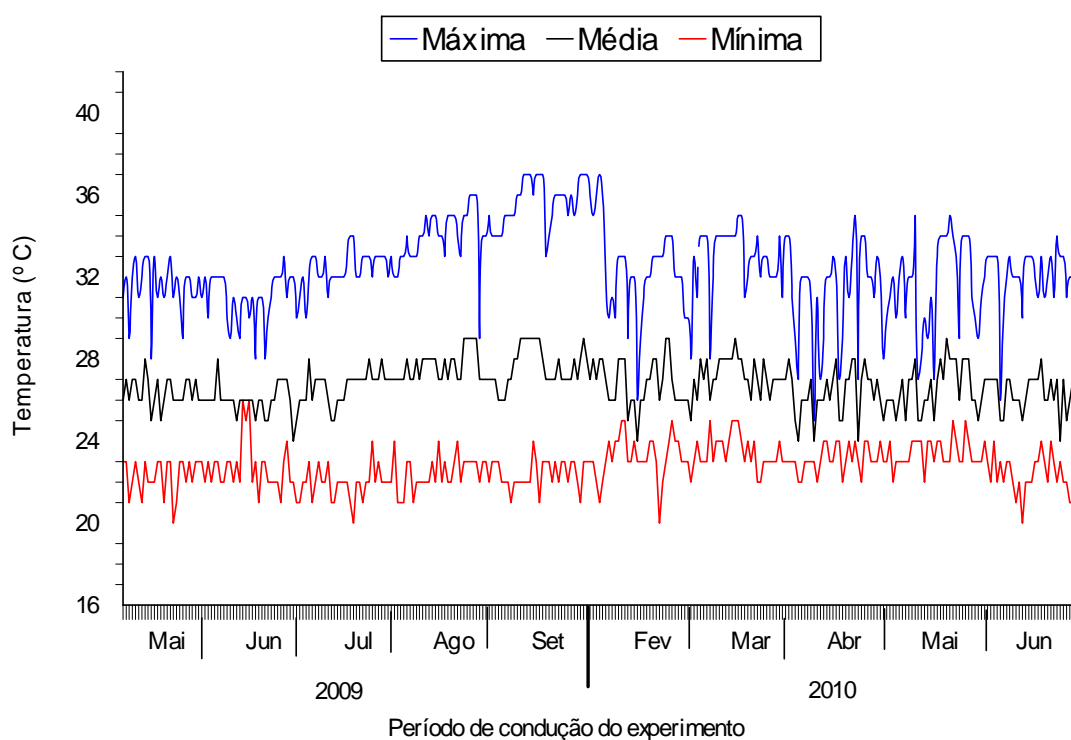
## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Experimento de campo

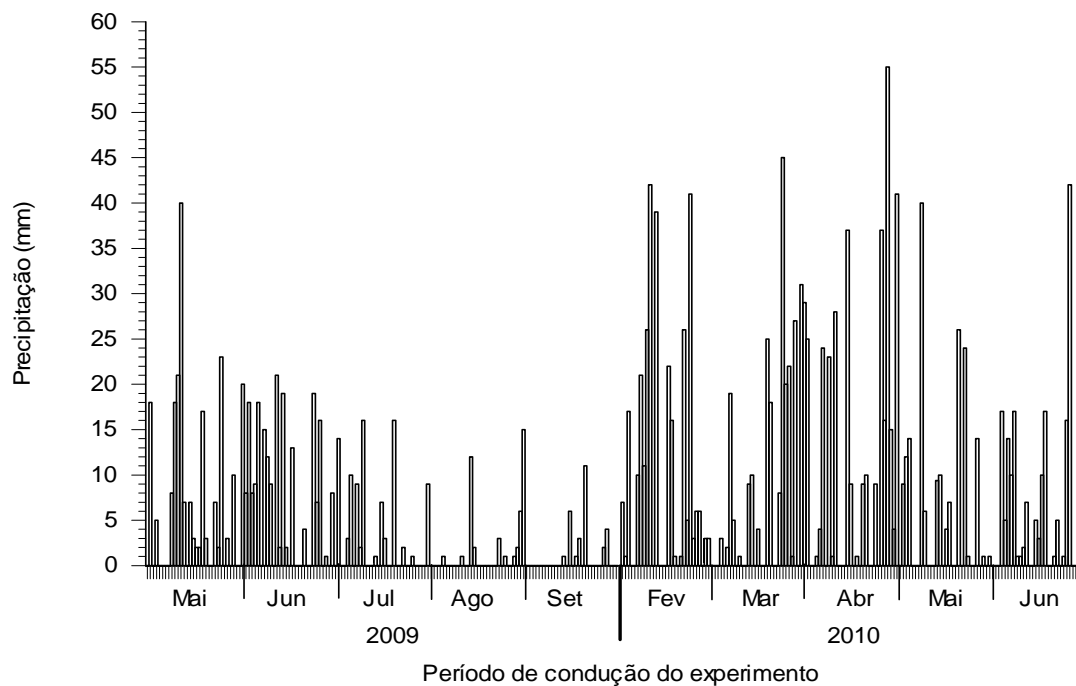
O experimento foi conduzido no ano de 2009 e repetido em 2010, no campo experimental da Embrapa Amazônia Ocidental, km 29 da rodovia AM-010, latitude 02° 55'S e longitude 59° 59' W, no município de Manaus, AM.

O clima da região é do tipo Af, caracterizado por temperatura média do ar elevada, com média mensal superior a 18° C e pela alta pluviosidade (precipitação anual superior a 2.000 mm), segundo a classificação de Köppen.

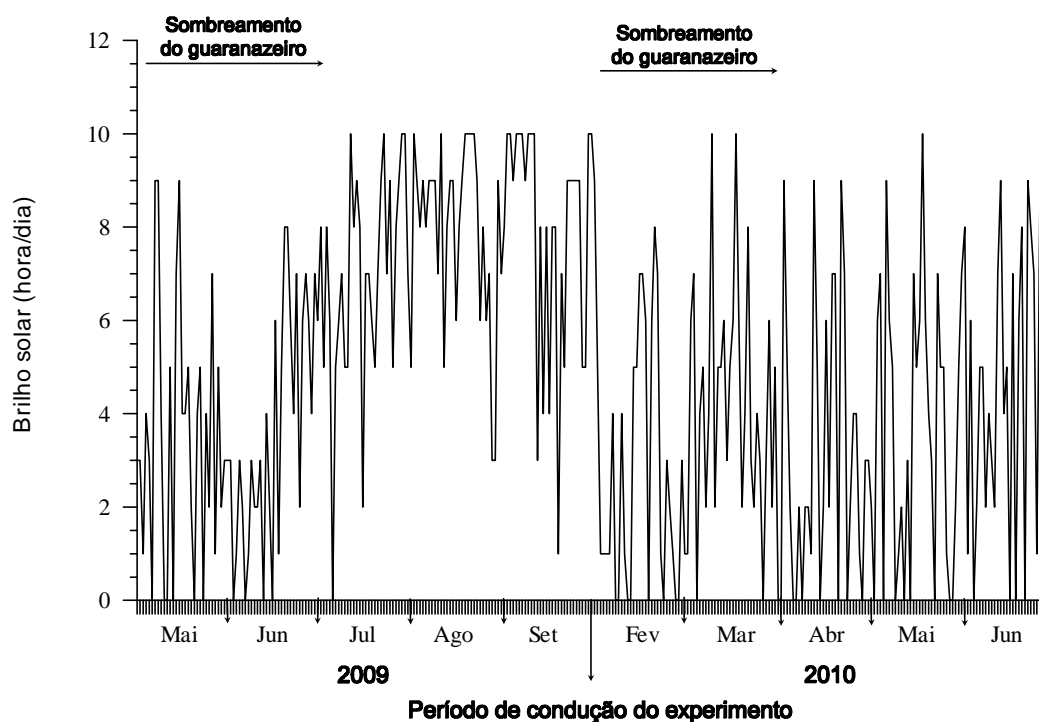
Durante o pré-tratamento das plantas matrizes (maio a junho de 2009 e fevereiro a março de 2010) as condições climatológicas foram consideradas satisfatórias para o desenvolvimento normal dos ramos de guaranazeiro, com temperatura mínima não inferior a 16°C, e máxima não ultrapassando os 39°C, chuvas bem distribuídas e boa disponibilidade de luz (Figuras 1, 2 e 3). Os dados foram obtidos a partir do Boletim Agrometeorológico (2009/2010) do laboratório de Agroclimatologia da Embrapa Amazônia Ocidental.



**Figura 1.** Médias diárias de máxima, mínima e temperatura média durante os períodos de condução do experimento, Manaus, 2009/2010



**Figura 2.** Médias de precipitação diária durante os períodos de condução do experimento, Manaus, 2009/2010



**Figura 3.** Médias de brilho solar durante os períodos de condução do experimento, Manaus, 2009/2010



O estudo foi realizado em cinco cultivares e um genótipo de guaranzeiro, classificados como de baixo enraizamento (13% a 30%); enraizamento intermediário (em torno de 50%) e de fácil enraizamento, (acima de 80%) (ATROCH et al., 2007).

Esses materiais foram avaliados quanto a produtividade e resistência à doenças, e recomendados para plantio comercial no Estado do Amazonas pela Embrapa Amazônia Ocidental, suas características morfológicas e agronômicas encontram-se na tabela 1.

**Tabela 1.** Características morfológicas e agronômicas de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranzeiro recomendados para plantio no Estado do Amazonas, Manaus, 2011

Cultivares/Genótipo	Produtividade de sementes secas (kg planta <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	% de enraizamento das estacas	Reação à Antracnose
BRS-CG882	1,09	13% a 30%	Resistente
CMU 381 (1)	1,13		
BRS-CG611	1,39	50%	
BRS-Mundurucânia	1,40		
BRS-Maués	1,49	80%	
BRS-Amazonas	1,55		

Fonte: EMBRAPA, 2008; NASCIMENTO FILHO et al., 1999; 2000; 2001; PEREIRA, 2005.

O critério de seleção foi baseado no potencial produtivo, resistência a doença e índice de enraizamento de estacas das cultivares e do genótipo.

As plantas matrizes pertencem aos experimentos de avaliação de clones em diferentes condições de ambiente no estado do Amazonas, o qual constitui um plano de ação do programa de melhoramento genético do guaranzeiro desenvolvido pela Embrapa Amazônia Ocidental. Essas plantas são conduzidas em área adubadas e não adubadas.

Os solos do local do experimento foram classificados como Latossolo Amarelo, profundo. A análise química das amostras desses solos revelou a composição apresentada na tabela 2.

**Tabela 2.** Composição química das amostras de solo, na profundidade de 0-20 cm, dos plantios de guaraná, Embrapa Amazônia ocidental, Manaus-AM

Local	pH H <sub>2</sub> O	mg/dm <sup>3</sup>			Cmolc/dm <sup>3</sup>				g/kg			mg/dm <sup>3</sup>			
		P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	N	C	MO <sup>(1)</sup>	Fe	Zn	Mn	Cu
Área adubada	4,40	12	22	4	0,14	0,09	1,17	7,64	1,69	20,10	34,57	262	1,06	2,54	1,00
Área não adubada	4,41	7	18	4	0,31	0,08	1,18	6,93	1,62	18,39	31,64	261	0,49	2,48	0,59

Fonte: Laboratório de análise de solos e plantas da Embrapa Amazônia Ocidental.

(1) matéria orgânica.

A adubação é realizada anualmente há quatorze anos. Os adubos foram distribuídos ao redor da planta, na projeção da copa, logo após a poda de limpeza. As quantidades, fontes e épocas de aplicação dos fertilizantes encontram-se na tabela 3.

**Tabela 3.** – Adubação recomendada para o guaranazeiro no Estado do Amazonas, Embrapa Amazônia ocidental, Manaus-AM

Época de aplicação	Adubo (g planta <sup>-1</sup> )					
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Mg	B	Zn
Janeiro	18	50	-	10	-	-
Abril	18	-	24	-	1	1
Mai	36	-	48	-	-	-

Fonte: PEREIRA, 2005.

Na poda de limpeza eliminaram-se os restos florais, frutos remanescentes, ramos secos, quebrados, doentes e também aqueles que produziram no ano anterior.

Após os tratos culturais e adubação, as plantas matrizes foram submetidas aos tratamentos de irradiância de 30%, 50%, 70% e 100% como controle.

Para o sombreamento das plantas foram confeccionadas coberturas com telas de polipropileno (sombrite), as quais foram instaladas sobre estruturas de madeira, de modo a cobrir completamente a planta matriz (Figura 4).

As medições dos níveis de irradiância incidentes sob as coberturas foram realizadas em dias parcialmente nublados, e as leituras foram tomadas na parte da manhã, entre 9 e 10 horas, utilizando fotômetro modelo Weston illumination meter 765 viscor filter, medindo a irradiância no interior da cobertura das plantas matrizes e fora dela, como controle, anotando-se os valores de três repetições. A média de irradiância obtida na parte externa da cobertura das plantas matrizes foi de 471,68  $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ , no interior das coberturas de 30%, 50% e 70%, os valores médios foram de 363,36  $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ , 264,00  $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ , 165,33  $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ , respectivamente.

Após 60 dias da instalação dos tratamentos foi feito a seleção e corte dos ramos para confecção das estacas.



**Figura 4.** Cobertura das plantas matrizes de guaranazeiro, com tela de polipropileno, no campo experimental da Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, 2010

#### **4.1.1 Preparo das estacas em viveiro**

Este experimento foi complementar ao de campo, instalado no viveiro da Embrapa Amazônia Ocidental. As estacas foram preparadas a partir de ramos herbáceos, saudáveis, lançados nos anos das coletas (2009 e 2010), retirados das plantas matrizes do experimento anterior.

Cada estaca continha uma gema vegetativa e um par de folíolos cortado ao meio, para reduzir a transpiração. Metade das estacas foi tratada com ácido indol butírico (AIB) na concentração de  $2.000 \text{ mg kg}^{-1}$  misturado com talco inerte, essa concentração de AIB é recomendada pela Embrapa Amazônia Ocidental para produção de mudas de guaranazeiro (Embrapa, 2005).

As estacas foram plantadas em sacos de polietileno, com perfurações na porção inferior, medindo  $23 \times 18 \text{ cm}$ , com  $0,15 \text{ mm}$  de espessura, contendo como substrato, uma mistura de terriço e areia, na proporção 4:1 + 3 kg de superfosfato simples para cada  $\text{m}^3$  da mistura (PEREIRA, 2005).

Para o enraizamento, as estacas foram mantidas em viveiros com temperatura ambiente, irradiância reduzida em 50 % e sob nebulização intermitente, controlada por uma balança de evaporação, onde a superfície dos meios folíolos recebia uma fina camada de água distribuída de maneira uniforme e em sincronia com a taxa de transpiração para evitar a desidratação dos tecidos e garantir os processos fisiológicos do enraizamento das estacas.

O delineamento adotado foi o inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 6x4x2x2. Os tratamentos aplicados foram cinco cultivares e um genótipo de guaranazeiro (BRS-CG882, BRS-CG611, BRS Mundurucânia, BRS-Amazonas, BRS-Maués e CMU 381), 4 níveis de irradiância (30%, 50%, 70% e 100%), presença e ausência de adubação e aplicação ou não de AIB, totalizando 96 tratamentos em cada ano, com 4 repetições e 10 estacas por unidade experimental.

Após 150 dias de enraizamento, as estacas foram separadas do substrato por dispersão em água corrente e agitação manual, obtendo-se o sistema radicular intacto para anotação das seguintes características: 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 apresentavam 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 com auxílio de régua e paquímetro digital, calculando-se a média por estaca.

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 por meio da secagem das raízes em estufa à 70°C até peso constante, utilizou-se para pesagem, uma balança digital de precisão.

Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Os dados em porcentagem foram transformados para  $\sqrt{x + 0,5}$ , para efeito de análise de variância.

As interações significativas para os níveis de irradiância foram submetidas à análise de regressão, adotando-se os modelos linear e quadrático. Para a seleção da equação, considerou-se a significância do teste F, o valor do coeficiente de determinação e a equação de melhor ajuste aos dados originais combinados à explicação biológica da característica.

As equações significativas foram plotadas e os modelos correspondentes foram registrados em tabelas próximos às suas respectivas figuras. Nestas mesmas figuras, também foram plotados os dados originais não significativos para simples efeito comparativo.

Os resultados foram apresentados e discutidos de forma isolada, para cada fator, e posteriormente, com suas interações significativas.

O *software* utilizado para a análise de variância foi Statistical Analysis System – SAS; Gennes para comparar médias nas interações duplas e triplas e Assistat para a seleção da equação de regressão.

#### **4.1.2 Determinação dos teores de carboidratos**

Segmentos de ramos das plantas de guaranazeiro submetidas a níveis crescentes de irradiância e segmento das hastes das estacas após o enraizamento foram amostrados para a quantificação de carboidratos. As cultivares selecionadas para a análise foram BRS-Maués e BRS-CG 882. O critério de seleção das cultivares foi o maior e o menor desempenho no enraizamento de suas estacas. Três amostras foram coletadas em plantas e em estacas distintas de cada tratamento e levadas para estufa de circulação forçada até peso constante.

Para a extração de açúcares solúveis totais, as amostras foram moídas e 0,1 g dessas amostras foram maceradas com pistilo adicionando-se 10 mL da mistura de metanol – cloroformio – água, na proporção de 120:50:30, aquecida à 60 °C. O produto da maceração foi transferido quantitativamente para tubos plásticos e centrifugado a 2000 g, por 15 min. Os sobrenadantes tiveram seu volume anotados e foram armazenados sob refrigeração para posteriormente, serem 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 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 eram 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, procedeu-se à determinação da absorbância no comprimento de onda de 625 nm, 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%, que permaneceu reagindo por 20 min. e em seguida, foi centrifugado a 2000 g, por 10 min. Alíquotas de 0,1 mL foram tomadas e colocadas em tubos de ensaio rosqueados para a quantificação do amido, por reação com antrona (McCready et al 1950), conforme foi descrito para a quantificação dos açúcares solúveis totais.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1 Efeito da adubação no enraizamento de estacas de guaranazeiro**

A porcentagem de enraizamento foi superior no tratamento com adubação para CMU 381 e BRS-Mundurucânia em relação ao tratamento sem adubação em 2009 (Tabela 4). Segundo classificação de Atroch et al. (2007), que agrupa os clones de guaranazeiro em 4 classes, conforme a capacidade de enraizamento das estacas, CMU 381 com 28,75% de enraizamento no tratamento sem adubação, estaria classificada como de difícil enraizamento. No entanto, com adubação esse índice passou para 65%, elevando sua classificação para cultivar de enraizamento mediano.

No tratamento com adubação, também foi registrado o maior percentual de estacas enraizadas (81%) para a cv. BRS-Maués, não diferindo de CMU 381 e da BRS-Mundurucânia (Tabela 4). Esse percentual de enraizamento da cultivar BRS-Maués foi superior ao encontrado por Arruda et al. (2007), que registrou 75,7 % de enraizamento para mesma cultivar.

**Tabela 4.** Porcentagem de estacas enraizadas (EE), com calo (EC), e mortas (EM) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, com e sem adubação, Manaus-2009

ESTACAS ENRAIZADAS			
Cultivares/Genótipo	Adubação		Médias de Cultivares
	Com	Sem	
BRS-Amazonas	54,37 cdA	56,87 bcA	55,62 bc
CMU 381 (1)	65,00 abcA	28,75 dB	46,87 c
BRS-Mundurucânia	75,62 abA	51,25 bcB	63,43 b
BRS-CG611	59,37 cdA	58,75 abA	59,06 b
BRS-Maués	81,25 aA	73,75 aA	77,50 a
BRS-CG882	45,62 dA	45,00 cdA	45,31 c
Médias de Adubação	63,54 A	52,39 B	57,96
EC			
Cultivares/Genótipo	Adubação		Médias de Cultivares
	Com	Sem	
BRS-Amazonas	22,50 a A	23,12 a A	22,81 a
CMU 381 (1)	0,62 b A	1,25 b A	0,93 b
BRS-Mundurucânia	0,00 b A	0,62 b A	0,31 b
BRS-CG611	6,25 b A	3,75 b A	5,00 b
BRS-Maués	3,75 b A	1,87 b A	2,81 b
BRS-CG882	0,62 b A	0,00 b A	0,31 b
Médias de Adubação	5,62 A	5,10 A	5,36
EM			
Cultivares/Genótipo	Adubação		Médias de Cultivares
	Com	Sem	
BRS-Amazonas	12,50 d A	6,25 d A	9,35 d
CMU 381 (1)	34,37 ab B	70,00 a A	52,18 a
BRS-Mundurucânia	24,37 bc B	48,12 b A	36,25 b
BRS-CG611	33,75 b A	37,50 bc A	35,62 b
BRS-Maués	15,00 cd A	23,12 c A	19,06 c
BRS-CG882	53,75 a A	55,00 ab A	54,37 a
Médias de Adubação	28,95 B	40,00 A	34,47

Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

No experimento realizado, em 2010, houve a mesma tendência, com maior percentual de enraizamento para BRS-Maués com adubação, diferindo apenas para BRS-CG882 que apresentou o menor índice (Tabela 5). A adubação também aumentou o percentual de estacas enraizadas para CMU 381, BRS-Maués e BRS-CG882 (Tabela 5). Esses materiais mostraram influência da adubação, apresentando melhor desempenho em seu enraizamento quando adubados. O benefício da adubação torna-se mais evidente para o genótipo CMU 381, cujos percentuais de enraizamento apresentaram diferenças significativas nos dois anos de estudo (Tabelas 4 e 5).



**Tabela 5.** Porcentagem de estacas enraizadas (EE), com calo (EC) e mortas (EM) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, com e sem adubação, Manaus-2010

ESTACAS ENRAIZADAS			
Cultivares/Genótipo	Adubação		Médias de Cultivares/Genótipo
	Com	Sem	
BRS-Amazonas	70,41 a A	62,50 a A	66,45 a
CMU 381 (1)	70,43 a A	56,95 a B	64,16 a
BRS-Mundurucânia	69,13 a A	60,77 a A	65,04 a
BRS-CG611	68,75 a A	62,50 a A	65,62 a
BRS-Maués	76,25 a A	64,17 a B	70,34 a
BRS-CG882	53,26 b A	45,41 b B	49,25 b
Médias de Adubação	68,12 A	58,70 B	63,47
EC			
Cultivares/Genótipo	Adubação		Médias de Cultivares/Genótipo
	Com	Sem	
BRS-Amazonas	22,91 a B	31,25 a A	27,08 a
CMU 381 (1)	3,65 b A	0,43 c A	2,04 b
BRS-Mundurucânia	2,17 b A	0,86 c A	1,52 b
BRS-CG611	1,66 b B	6,66 b A	4,16 b
BRS-Maués	2,08 b A	3,79 bc A	2,93 b
BRS-CG882	1,75 b A	2,08 c A	1,91 b
Médias de Adubação	5,74 A	7,61 A	6,67
EM			
Cultivares/Genótipo	Adubação		Médias de Cultivares/Genótipo
	Com	Sem	
BRS-Amazonas	6,66 c A	6,25 c A	6,45 c
CMU 381 (1)	25,91 ab B	42,55 ab A	33,65 b
BRS-Mundurucânia	28,69 ab A	37,73 ab A	33,21 b
BRS-CG611	29,58 ab A	30,83 b A	30,20 b
BRS-Maués	21,66 b A	31,86 ab A	26,66 b
BRS-CG882	44,91 a A	52,50 a A	48,78 a
Médias de Adubação	26,09 B	33,34 A	29,68

Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Bergo (1998) em estudos de enraizamento de estacas de cafeeiro oriundas de matrizes adubadas e não adubadas, onde registrou maior percentual de enraizamento (78%) para o tratamento com adubação enquanto sem adubação esse percentual foi de 65%.

A porcentagem de enraizamento encontrado para a cultivar BRS-CG611 de 68,75% (Tabela 5) é semelhante ao registrado por Atroch et al. (2007), com 67,89% de estacas enraizadas para essa cultivar. Porém difere dos resultados de Arruda, et al, (2007), onde apenas 41,70 % das estacas enraizaram.

Essa variabilidade genética para o caráter porcentagem de enraizamento no guaranazeiro é confirmada por diversos autores. Corrêa e Stolberg (1981) registraram

variação de 14,3% a 100% para diferentes cultivares. Arruda et al., (2007) e Atroch et al. (2007) obtiveram resultados semelhante com porcentagem de enraizamento de 15% a 88,5% para 12 cultivares e de 16,5% a 85,2% para 11 cultivares testadas, respectivamente.

BRS-Amazonas foi a cultivar que apresentou maior percentual de estacas com calo (Tabelas 4 e 5), possivelmente esta é uma cultivar tardia e o tempo para avaliação de seu enraizamento foi curto em relação às demais.

De acordo com Mendonça (1991) a formação de raízes em estacas de guaranazeiro tratadas com fitohormônio, inicia com o intumescimento da extremidade basal da estaca pela formação de um tecido caloso, as células desse tecido sofrem diferenciações progressivas e constituem a raiz e posteriormente o sistema radicular da estaca. No entanto, Para Rossal (2006) a formação de raízes em estacas de plantas herbáceas é independente da formação de calos.

Em relação ao percentual de estacas mortas, o maior índice (70,00%) foi registrado para CMU 381 sem adubação (Tabelas 4), no entanto, com adubação, essa porcentagem baixou para 34,37%. No segundo experimento realizado em 2010 esses percentuais para o mesmo genótipo foram menores; 42,55% e 25,91% nos tratamentos sem e com adubação, respectivamente. O segundo maior índice de mortalidade das estacas foi para cultivar BRS-CG882, em torno de 50% de estacas mortas, não diferindo significativamente em relação à adubação (Tabela 4 e 5).

O genótipo CMU 381 mostrou elevada influência da adubação em seu potencial rizogênico, com redução em torno de 50% de mortalidade das estacas e aumento na porcentagem de enraizamento quando as plantas matrizes foram adubadas (Tabela 4). No entanto, para cv. BRS-CG882 a adubação não alterou o comportamento da cultivar em relação ao percentual de estacas mortas (Tabelas 4 e 5). Tal fato é atribuído por Atroch et al., (2007), a existência de um forte componente genético com relação à capacidade e/ou habilidade para o enraizamento entre as diferentes cultivares de guaranazeiro.

Na análise conjunta do percentual de estacas enraizadas e mortas nos dois anos de experimento (Tabela 6) o efeito da adubação sobre o enraizamento das estacas foi significativo tanto em 2009 quanto em 2010, com valores superiores a 60% de estacas enraizadas no tratamento com adubação, enquanto que a ausência de adubação resultou em maior mortalidade das estacas, independente da cultivar. A nutrição da planta matriz no enraizamento adventício, sugere que a formação de raízes é altamente dependente

dos níveis iniciais de nutrientes dentro da porção da estaca onde as raízes serão formadas.

**Tabela 6.** Porcentagem de estacas enraizadas (EE) e mortas (EM) de guaranazeiro, independente da cultivar, com e sem adubação, Manaus-2009-2010

ESTACAS ENRAIZADAS			
Ano	Adubação		Médias de Anos
	Com	Sem	
2009	63,54 a A	52,39 bB	57,96 b
2010	68,12 a A	58,70 a B	63,47 a
Médias de Adubação	66,26 A	56,17 B	61,22
EM			
Ano	Adubação		Médias de Anos
	Com	Sem	
2009	28,95 b B	40,00 a A	34,47 a
2010	26,09 a B	33,34 a A	29,68 a
Médias de Adubação	27,53 B	36,07 A	31,63

Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Em estudos sobre a dinâmica de nutrientes e enraizamento de estacas de *Celtis* sp., foi observado que as maiores concentrações de nutrientes nas estacas traduziram-se em aumento das porcentagens de enraizamento (DIAS et al., 2002). Fachinello (1986) também constatou que estacas provenientes de plantas de macieira bem nutridas enraizaram com maior facilidade.

Para o comprimento da raiz (Tabela 7) não houve diferença entre os tratamentos de adubação para nenhuma das cultivares. No entanto, entre cultivares, o genótipo CMU 381 e a cv. BRS-Amazonas apresentaram os maiores comprimentos médios de raízes, tanto na presença quanto na ausência de adubação.

**Tabela 7.** Médias de comprimento (CR), número (NR), volume (VR) e matéria seca das raízes (MSR) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, com e sem adubação, Manaus-2009-2010

CR (cm)			
Cultivares/Genótipo	Adubação		Médias de Cultivares/Genótipo
	Com	Sem	
BRS-Amazonas	14,21 a A	14,97 a A	14,59 a
CMU 381 (1)	16,03 a A	15,77 a A	15,90 a
BRS-Mundurucânia	8,75 c A	9,06 c A	8,91 c
BRS-CG611	11,88 b A	11,58 b A	11,73 b
BRS-Maués	11,71 b A	11,64 b A	11,68 b
BRS-CG882	11,20 b A	10,32 bc A	10,76 b
Médias de Adubação	12,30 A	12,22 A	12,26

NR			
Cultivares/Genótipo	Adubação		Médias de Cultivares/Genótipo
	Com	Sem	
BRS-Amazonas	5,42 c A	4,04 c A	4,73 c
CMU 381 (1)	11,14 b A	7,92 b B	9,53 b
BRS-Mundurucânia	18,80 a A	13,12 a B	15,96 a
BRS-CG611	8,43 b A	8,22 b A	8,33 b
BRS-Maués	9,37 b A	9,01 b A	9,19 b
BRS-CG882	16,63 a A	13,42 a B	15,02 a
Médias de Adubação	11,63	9,29 B	10,46

VR (mL)			
Cultivares/Genótipo	Adubação		Médias de Cultivares/Genótipo
	Com	Sem	
BRS-Amazonas	2,69 cd A	2,58 a A	2,64 bc
CMU 381 (1)	3,57 ab A	2,41 a B	2,99 ab
BRS-Mundurucânia	3,68 a A	2,83 a B	3,26 a
BRS-CG611	2,44 d A	2,46 a A	2,45 c
BRS-Maués	2,72 cd A	2,33 a A	2,75 bc
BRS-CG882	3,68 a A	2,94 a B	3,31 a
Médias de Adubação	3,19 A	2,61 B	2,90

MSR (g)			
Cultivares/Genótipo	Adubação		Médias de Cultivares/Genótipo
	Com	Sem	
BRS-Amazonas	0,41 cd A	0,37 b A	0,39 c
CMU 381 (1)	0,55 b A	0,42 ab B	0,49 b
BRS-Mundurucânia	0,48 bc A	0,39 b B	0,44 bc
BRS-CG611	0,38 d A	0,40 b A	0,39 c
BRS-Maués	0,45 cd A	0,43 ab A	0,44 bc
BRS-CG882	0,64 a A	0,50 a B	0,57 a
Médias de Adubação	0,49 A	0,42 B	0,45

Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Quanto ao número, volume e matéria seca das raízes (Tabela 7), o efeito da adubação foi significativo para CMU 381, cv. BRS-Mundurucânia e cv. BRS-CG882, demonstrando a exigência nutricional desses materiais para a formação de seu sistema

radicular. O maior número de raízes foi encontrado na cv. BRS-Mundurucânia com média de 18,80 raízes por estaca, não diferindo da BRS-CG882. Para estas duas cultivares, também foram registrados os maiores volumes de raízes com 3,68 mL em cada, sem diferença significativa para CMU 381.

O peso médio da matéria seca das raízes da cv. BRS-CG882 com adubação foi superior aos demais valores encontrados para as outras cultivares. No entanto, na ausência de adubação, não diferiu da cultivar BRS-Maués nem do genótipo CMU-381.

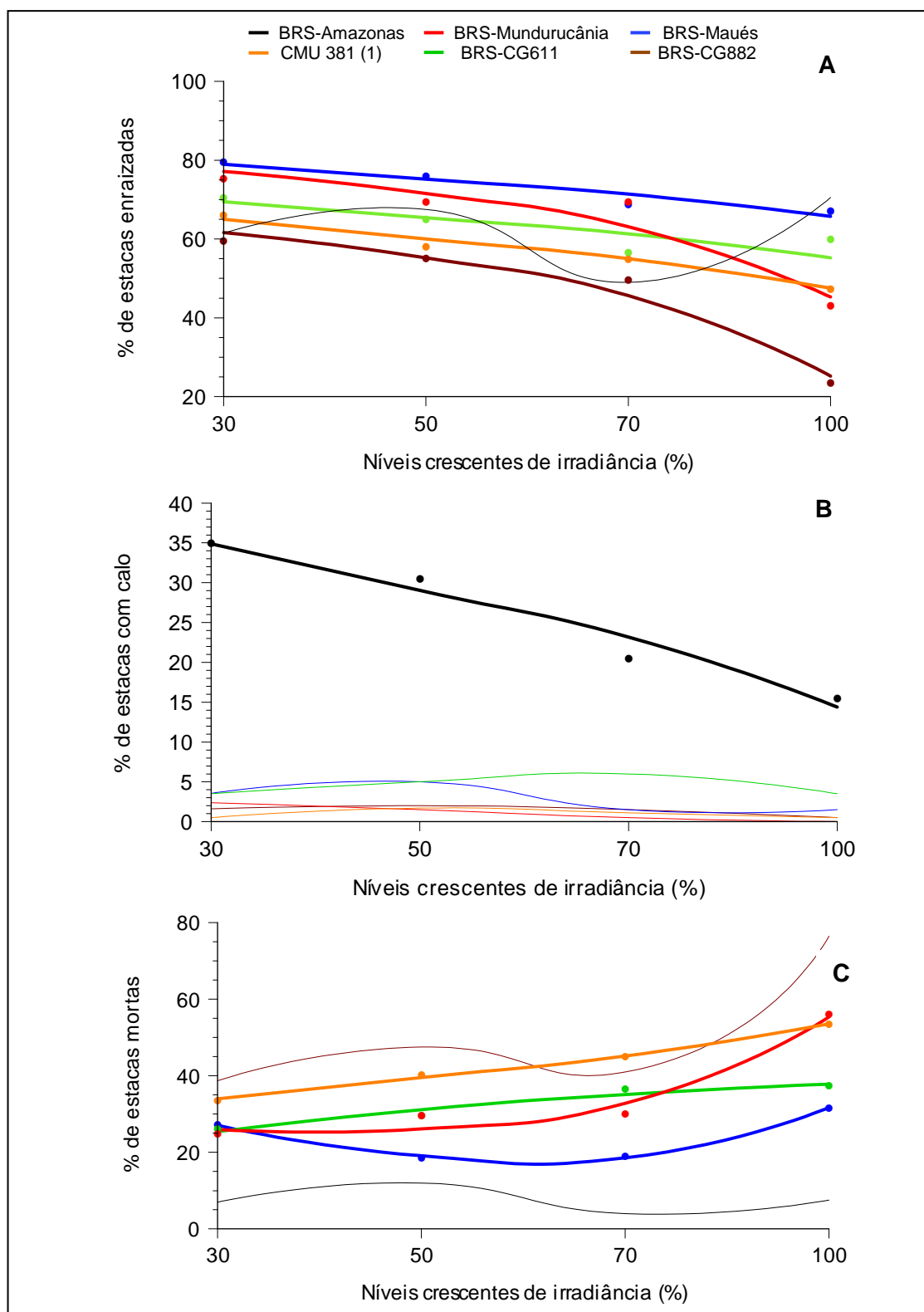
A qualidade e o desenvolvimento do sistema radicular influenciam na habilidade das plantas em absorverem nutrientes e na capacidade de crescerem e de estabelecerem-se no campo. Um eficiente sistema radicular é caracterizado, não só pela quantidade de raiz formada, mas também pelo tamanho, volume e peso da matéria seca de suas raízes. Estes atributos justificam o uso de adubação nas plantas matrizes como forma de atender as necessidades nutricionais dessas cultivares que responderam bem a adubação, refletida na melhoria da qualidade de seu sistema radicular.

Segundo Cunha et al. (2009a), a nutrição mineral é considerada fator determinante para a predisposição ao enraizamento, desencadeando respostas morfogenéticas das plantas, tais como a formação de raízes adventícias, quantidade, comprimento e densidade das mesmas.

O guaranazeiro responde prontamente à adubação nitrogenada e fosfatada, bem como à correção da acidez do solo (ARRUDA e PEREIRA, 2006). Segundo estes autores, a necessidade de adubação nas plantas de guaraná é justificada pelo acúmulo anual de um grande volume de copa para a produção de frutos e ramos, os quais são exportados na colheita e na produção de mudas por estaquia.

## **5.2 Efeito dos níveis crescentes de irradiância no enraizamento de estacas de guaranazeiro**

A redução da irradiância incidente sobre as plantas matrizes favoreceu o enraizamento (Figura 5A). Quanto menor o nível de luz, maior foi o percentual de enraizamento, para todas as cultivares, exceto BRS-Amazonas que não apresentou significância.



**Figura 5.** Porcentagem de estacas enraizadas (A), com calo (B), e mortas (C) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, submetidos à níveis crescentes de irradiância, Manaus-2009/2010

Os maiores índices de enraizamento foram obtidos com 30% de luz e os menores com 100% para todas cultivares, exceto a cv. BRS-CG611 que teve o menor percentual de enraizamento com 81,95 % de irradiância (Tabela 8).

**Tabela 8.** Equações de regressão, coeficientes de determinação ( $R^2$ ), ponto de máximo e ponto de mínimo, para estacas enraizadas (EE), com calo (EC) e mortas (EM) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, submetidos a quatro níveis de irradiância, Manaus, 2009/2010

Características	Equações de regressão estimadas	Coeficiente de terminação ( $R^2$ )	Ponto de mínimo		Ponto de máximo	
			X	Y	X	Y
EE	Figura 5					
	CMU 381 (1): $Y=72,5-0,25x$	0,97	100,00	47,01	30,00	64,85
	BRS-Mundurucânia: $Y=80,28+0,0035x$	0,91	100,00	45,52	30,00	77,15
	BRS-CG 611: $Y=75,53-0,20x$	0,96	81,95	56,24	30,00	71,18
	BRS-Maués: $Y=84,62-0,189x$	0,90	100,00	65,69	30,00	78,94
	BRS-CG 882: $Y=65,22-0,0040x^2$	0,97	100,00	25,19	30,00	61,61
EC	BRS-Amazonas: $Y=43,68-0,29x$	0,95	100,00	14,38	30,00	34,89
EM	CMU 381 (1): $Y=25,56+0,28x$	0,99	30,00	34,03	100,00	53,78
	BRS-Mundurucânia: $Y=38,25-0,65x+0,01x^2$	0,96	37,35	24,91	100,00	54,08
	BRS-CG 611: $Y=13,52+0,46x-0,002191x^2$	0,94	30,00	25,41	100,00	37,81
	BRS-Maués: $Y=53,05-1,14x+0,009x^2$	0,99	61,51	17,84	100,00	31,61

Com redução da irradiância, Rodrigues e Lucchesi (1987) obtiveram o maior percentual de enraizamento (91,70%) usando ramos estitolados de guaranazeiro por meio de capeamento com fita preta na base da futura estaca.

Entre as cultivares, a BRS-Maués expressou o maior potencial de enraizamento, enquanto BRS-Mundurucânia, BRS-GC611 e o genótipo CMU 381 apresentaram enraizamento intermediário. Entretanto, a BRS-Mundurucânia respondeu melhor à redução da irradiância, com incremento de 31,6% no enraizamento de suas estacas em relação aos valores de máximo e mínimo das curvas de regressão (Figura 5A e Tabela 8).

A cultivar BRS-CG882 apresentou o menor percentual de estacas enraizadas. No entanto, o nível de 30% de irradiância aumentou esse percentual de 25,19% para 61,61%, comparado ao controle a pleno sol, o que corresponde a um incremento de 36,4% no enraizamento de suas estacas (Figura 5A e Tabela 8).

Ao comparar a capacidade de enraizamento das cultivares, os resultados confirmaram a variação genética citada por Atroch et al. (2007) para o caráter porcentagem de enraizamento em estacas de guaranazeiro. Pelos critérios propostos por estes autores, houve troca de classe quanto ao enraizamento entre as cultivares. O enraizamento de 71,18% obtido com 30% de irradiância, para a cultivar BRS-CG611 (Tabela 8) foi superior ao registrado por Atroch et al. (2007), que avaliaram doses de

AIB e por Arruda et al. (2007) com diferentes substratos, os quais citaram 67,89% e 41,4% de estacas enraizadas, respectivamente, para a mesma cultivar.

Para a cultivar BRS-Maués com 30% de irradiância, os valores de 78,94% de estacas enraizadas são concordantes com os encontrados por Arruda et al. (2007) que registraram 75,70%, porém para BRS-CG882 com o mesmo nível de irradiância, a porcentagem de enraizamento das estacas (61,61%) foi superior aos 23,3% encontrados por esses autores.

Os resultados encontrados para o guaranazeiro estão de acordo com os relatados por diversos autores para outras culturas: Costa Junior et al. (2003) estudaram as cultivares de goiabeira Rica e Kumagai e registraram os melhores resultados para as estacas das plantas tratadas com 30% de irradiância, as quais atingiram 89,71 e 71,09 % de enraizamento, respectivamente. Heller et al. (1994) afirmaram que a redução de 50% da luz incidente sobre a planta matriz proporcionou 90% de enraizamento das estacas da ornamental *Coleonema aspalathoides*, enquanto as estacas de plantas conduzidas com 100% de irradiância apresentaram 30% de enraizamento. Maynard e Bassuk (1992) em estudo com plantas matrizes de *Carpinus betulus* L. sob 0, 50, 75 e 95% de sombreamento obtiveram aumento na porcentagem de enraizamento de 11% para 98% com níveis de sombreamento de 0 e 95%, respectivamente, por 25 dias.

No entanto, Wang e Andersen (1989) obtiveram maior porcentagem de enraizamento (80% a 100%) em plantas matrizes de *Hibiscus rosa-sinensis* cultivadas sob maior irradiância e atribuíram esta relação positiva, ao fato destas plantas terem produzido e armazenado maior conteúdo de carboidratos.

Por isso, Alfenas et al. (2004) afirmaram que se deve fornecer luminosidade satisfatória, sendo essa variável entre espécies, variedades e cultivares, de modo a obter níveis adequados de fotossíntese e, conseqüentemente, acúmulo de reservas e substâncias indutoras de enraizamento.

O comportamento diferenciado no enraizamento de estacas, proporcionado pela redução da radiação natural sobre as plantas matrizes, pode estar relacionado à mudança nos níveis endógenos de reguladores de crescimento (HANSEN, 1987; HARTMAN et al., 2002) e mudanças nos conteúdos de carboidratos, compostos fenólicos e outros co-fatores do enraizamento (JOHNSON e ROBERTS, 1971).

Voltolini e Fachinello (1997) atribuíram o aumento na eficiência de enraizamento desse tipo de estaca aos adequados níveis endógenos de ácido indolacético (AIA), devido à baixa atividade do complexo enzimático AIA-oxidase que



atua na degradação do AIA e na formação de outros compostos, o que altera o status do processo rizogênico.

Este complexo enzimático tem sua atividade aumentada por monofenóis. Como o metabolismo de fenóis pode ser induzido pela luz (SIERRALTA et al., 1997) e alguns tipos de fenóis podem se complexar com o AIA causando sua inativação (HARTMANN et al., 2002), é possível que o maior potencial rizogênico obtido para este tipo de estaca, seja devido à baixa atividade da AIA-oxidase. Além do mais, os compostos fenólicos oxidam-se em contato com o oxigênio, esta reação causa a necrose dos tecidos, dificultando o enraizamento.

Em estudos sobre o manejo de plantas matrizes de goiabeira quanto ao nível de irradiância incidente, o sombreamento das plantas promoveu a redução no conteúdo de fenóis, expressos em ácido tânico SIERRALTA et al. (1997). O teor de compostos fenólicos nas folhas e caules diminuiu significativamente no nível de 30% de irradiância, em comparação com a testemunha a pleno sol, em estacas semilenhosas de araçazeiro (CASAGRANDE JUNIOR, et al., 1999).

Em relação ao conteúdo de carboidratos, o aumento da atividade fotossintética pode resultar no acúmulo desses compostos. A implicação deste acúmulo, associado a baixa irradiância pode gerar uma condição fisiológica que melhore a resposta rizogênica das estacas, com um conteúdo de carboidratos menor, mas em uma forma mais prontamente utilizável, para os processos de multiplicação e organização celular envolvidos na formação de raízes (DAVIS et al., 1989). Além disto, ramos estiolados apresentam diferenças anatômicas favoráveis à formação de raízes tais como tecidos menos lignificados, com menor resistência mecânica e maior quantidade de células parenquimáticas, tornando-os mais sensíveis à ação das auxinas (COSTA JUNIOR et al., 2003; HARTMANN et al., 2002; WACHOWICZ e CARVALHO, 2002). Esta menor lignificação pôde ser comprovada pelo menor percentual de lignina encontrado nas estacas de *Pyrus calleryana* cujas plantas matrizes foram submetidas à 70% de sombra e bandagem dos ramos com fita preta (REIS et al., 2000).

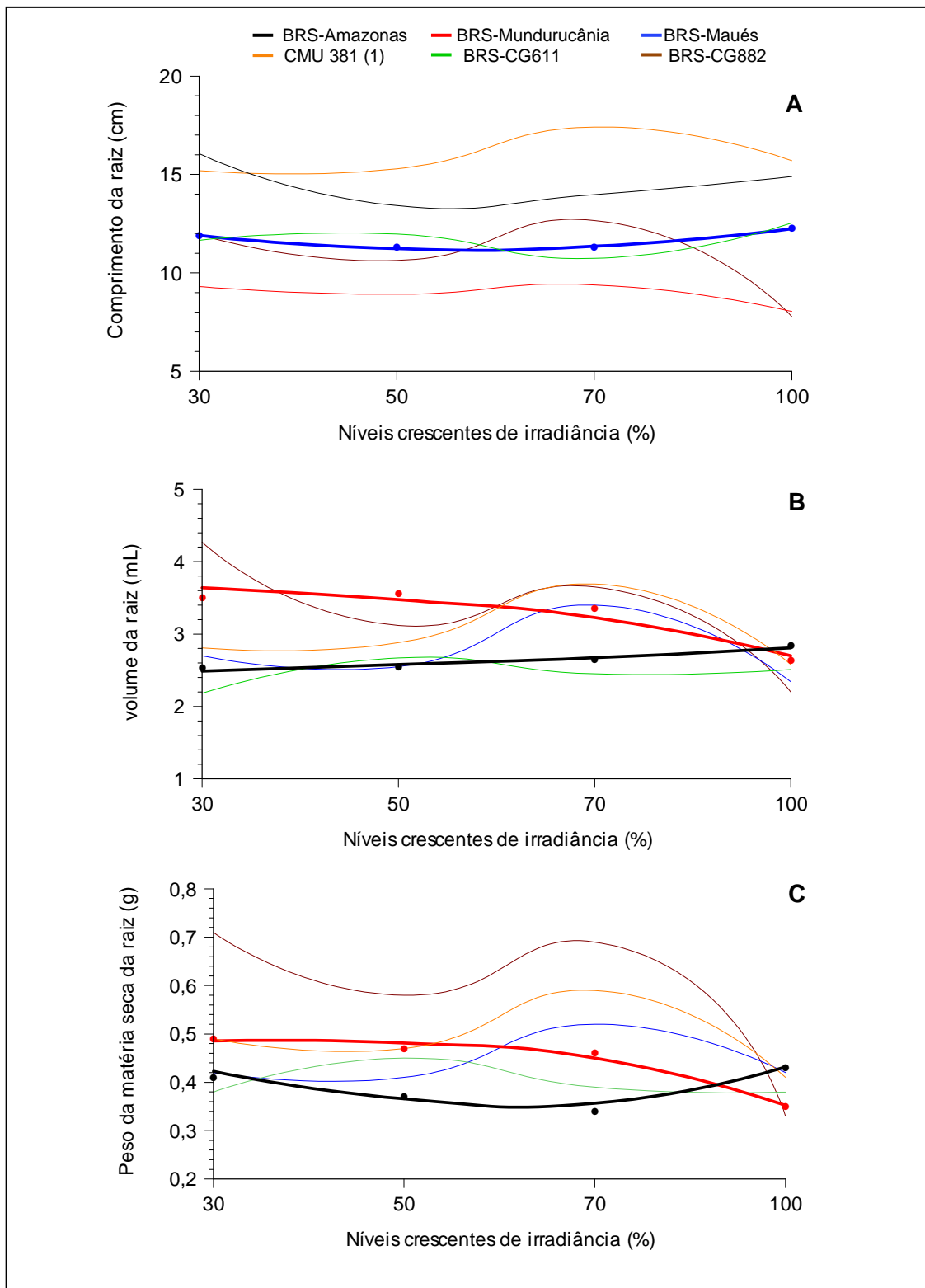
Para a porcentagem de estacas com calo (Figura 5B), os níveis crescentes de irradiância ajustaram-se a uma equação de regressão linear apenas para BRS-Amazonas, cujo maior percentual (34,89%) foi registrado no tratamento com 30% de irradiância (Tabela 8). Levando-se em consideração que em estacas de guaraná as raízes surgem de uma formação calosa (MENDONÇA, 1991), é possível que a tendência de melhor

enraizamento dessa cultivar, seja quando o nível de irradiância for reduzido para 30% no pré tratamento da planta matriz.

Em relação ao percentual de estacas mortas (Figura 5C), o comportamento da curva foi inverso ao observado para estacas enraizadas. Quanto menor o nível de luz, menor foi a mortalidade das estacas, o que reforça a premissa de que a redução no nível de irradiância sobre a planta matriz aumentou a indução rizogênica e reduziu o índice de mortalidade das estacas de guaranazeiro.

Para os mesmos níveis de luz e período de tempo, também foram registrados maiores percentuais de enraizamento e menores índices de mortalidade quando a luz incidente sobre as plantas matrizes de araçazeiro foi de 30% (VOLTOLINI, 1996).

Para o comprimento da raiz a análise de regressão foi significativa apenas para a cultivar BRS-Maués, ajustando-se a uma equação quadrática (Figura 6A). O menor comprimento de raiz foi com 60,92% de irradiância e o maior com 100% os quais apresentaram variação de 11,22 cm a 12,25 cm, respectivamente (Tabela 9).



**Figura 6.** Comprimento (A), volume (B), e peso da matéria seca das raízes (C) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guarapeiro, submetidos à níveis crescentes de irradiância, Manaus-2009/2010

**Tabela 9.** Equações de regressão, coeficientes de determinação ( $R^2$ ), ponto de máximo e ponto de mínimo, para comprimento da raiz (CR), volume da raiz (VR) e peso da matéria seca da raiz (MSR) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, submetidos a quatro níveis de irradiância, Manaus, 2009/2010

Características	Equações de regressão estimadas	Coeficiente de terminação ( $R^2$ )	Ponto de mínimo		Ponto de máximo	
			X	Y	X	Y
CR	Figura 6	0,98	60,92	11,22	100,00	12,25
	BRS-Maués: $Y=13,72-0,082x+0,00067x^2$					
VR	BRS-Amazonas: $Y=2,35+0,0046x$	0,91	30,00	2,48	100,00	2,81
	BRS-Mundurucânia: $Y= 3,73-0,0001x^2$	0,91	100,00	2,69	30,00	3,63
MSR	BRS-Amazonas: $Y=0,60-0,0076x+0,00006x^2$	0,98	64,16	0,35	100,00	0,42
	BRS-Mundurucânia: $Y=0,44+0,002x-0,003x^2$	0,97	100,00	0,35	36,92	0,48

Quanto ao volume e peso da matéria seca das raízes (Figura 6 e Tabela 9), a resposta parece estar relacionada com a cultivar. Para BRS-Amazonas, o maior volume e maior peso da matéria seca da raiz, foram obtidos com o máximo nível de irradiância. Já para BRS-Mundurucânia, quanto menor o nível de luz, maiores foram os valores encontrados para essas características.

Em estudos de propagação com irradiância controlada, é necessário determinar o nível para cada sistema em particular, pois o ótimo nível de luz está associado ao requerimento nutricional e fisiológico envolvido no processo rizogênico que varia conforme a espécie ou cultivar (HARTMANN et al., 2002).

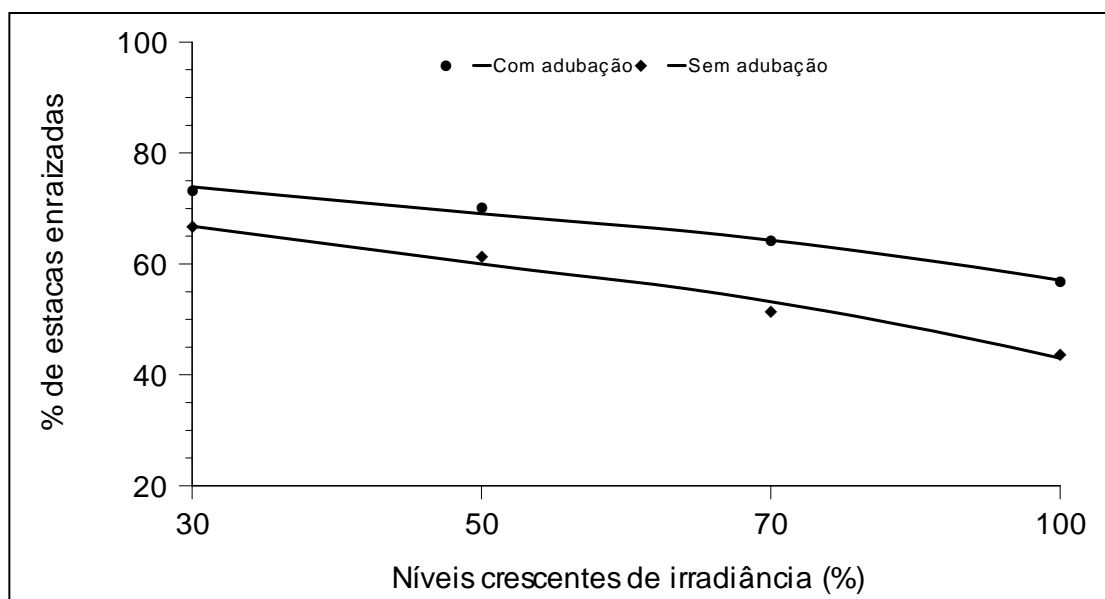
Os resultados encontrados para BRS-Mundurucânia mostra haver relação positiva entre a capacidade de enraizamento e os baixos níveis de irradiância, tendo em vista que o tratamento que proporcionou maior porcentagem de enraizamento também foi o que favoreceu o maior volume e peso da matéria seca de suas raízes .

Diferenças quanto ao comprimento, volume e matéria seca das raízes entre cultivares, também podem estar relacionadas à características anatômicas da cultivar (DAVIES e HARTMANN, 1988); bem como às diferenças quanto a capacidade de mobilização de reserva da estaca ou da disponibilidade de material translocável (PEREIRA et al., 1991).

### **5.3 Desdobramento da interação adubação x irradiância no enraizamento de estacas de guaranazeiro**

A análise da interação adubação irradiância repete o mesmo comportamento observado para esses fatores quando analisados isoladamente. Os baixos níveis de

irradiância associado ao tratamento com adubação promoveram os maiores percentuais de enraizamento das estacas (Figuras 7).

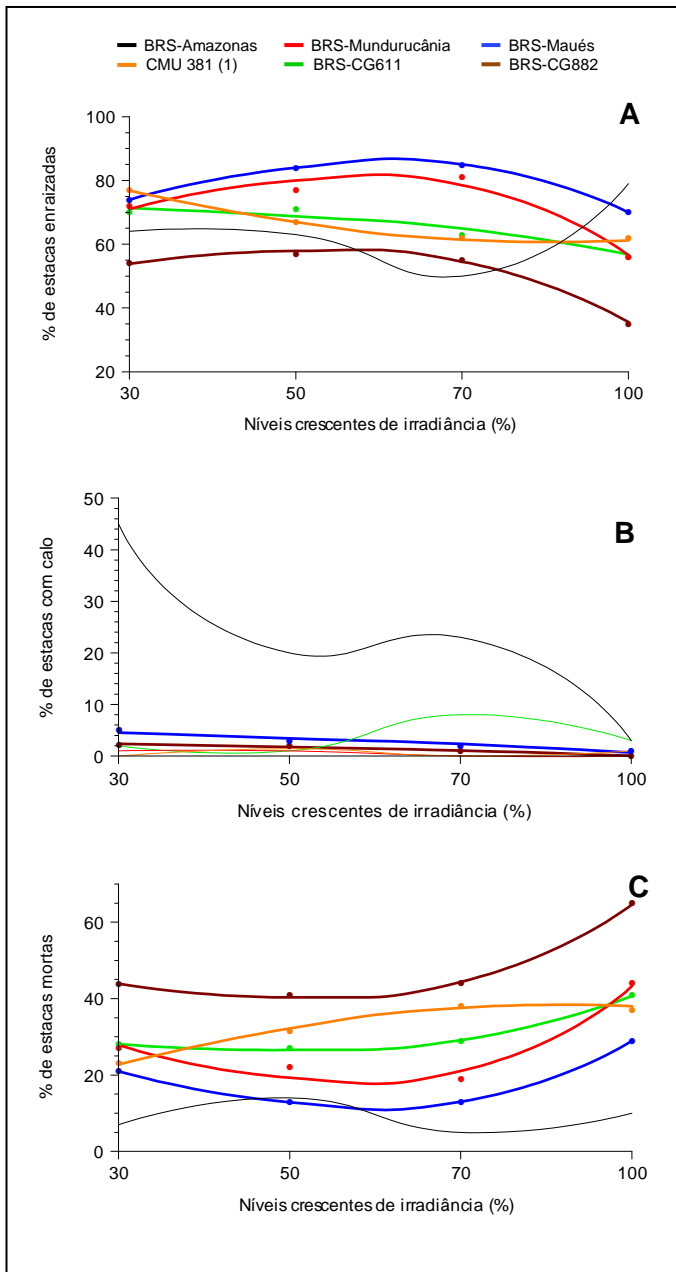


**Figura 7.** Porcentagem de estacas enraizadas de guaranazeiro, independente da cultivar/genótipo, submetidas à níveis crescentes de irradiância, com e sem adubação, Manaus-2009/2010

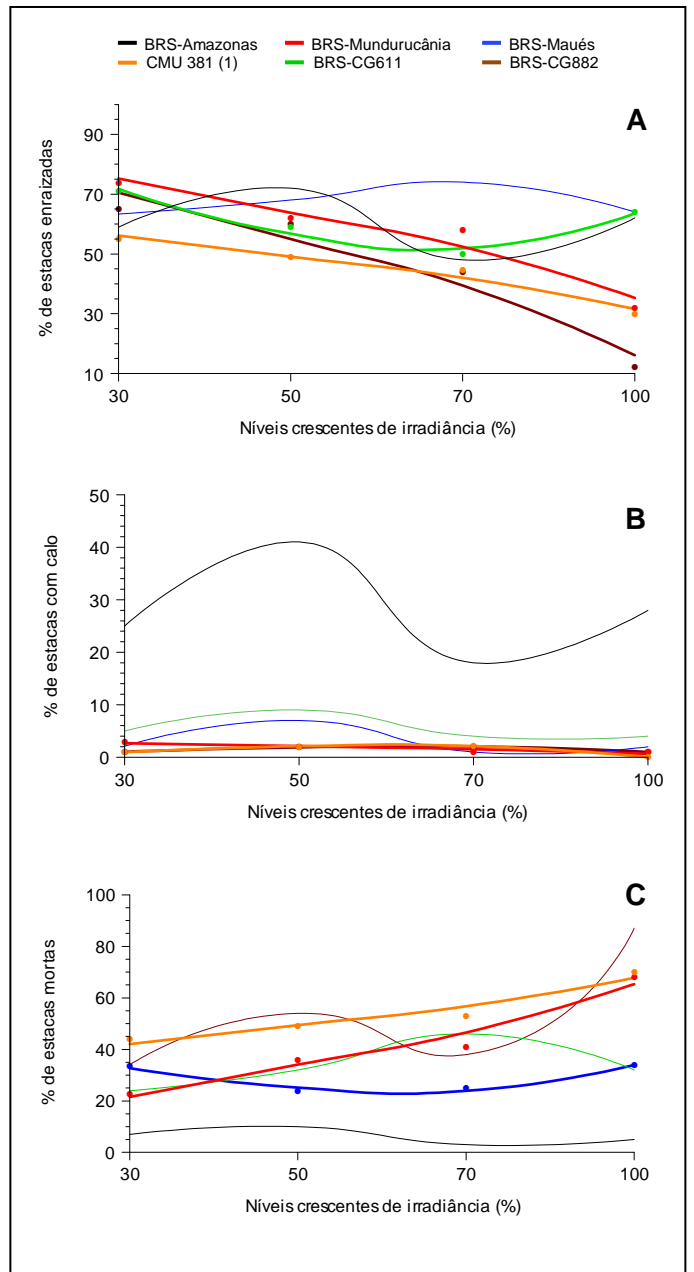
**Tabela 10.** Equações de regressão, coeficientes de determinação ( $R^2$ ), ponto de máximo e ponto de mínimo, para estacas enraizadas (EE), independente da cultivar/genótipo, submetidas à níveis crescentes de irradiância, com e sem adubação, Manaus-2010

Características	Equações de regressão	Coeficiente de terminação ( $R^2$ )	Ponto de mínimo		Ponto de máximo	
			X	Y	X	Y
EE	Com adubo: $Y=76,71-0,34x$	0,99	100,00	43,05	30,00	66,61
	Sem adubo: $Y=81,09-0,24x$	0,98	100,00	57,07	30,00	73,88

Com baixos níveis de irradiância e adubação, BRS-Maués atingiu maior índice de enraizamento, seguida de BRS-Mundurucânia, as quais apresentaram 85,67% e 80,66% de estacas enraizadas, respectivamente (Figura 8A e Tabela 11). Na interação irradiância sem adubação (Figura 9A e Tabela 11), BRS-Maués não apresentou regressão significativa e BRS-Mundurucânia teve 75,08% de suas estacas enraizadas com 30% de irradiância.



**Figura 8.** Porcentagem de estacas enraizadas (A), com calo (B) e mortas (C) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, submetidos à níveis crescentes de irradiância com adubação, Manaus-2009/2010



**Figura 9.** Porcentagem de estacas enraizadas (A), com calo (B) e mortas (B) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, submetidos à níveis crescentes de irradiância sem adubação, Manaus-2009/2010

**Tabela 11.** Equações de regressão, coeficientes de determinação ( $R^2$ ), ponto de máximo e ponto de mínimo, para estacas enraizadas (EE), com calo (EC) e mortas (EM) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, submetidos a quatro níveis de irradiância, com e sem adubação Manaus, 2009/2010

Características	Equações de regressão	Coeficiente de terminação ( $R^2$ )	Ponto de mínimo		Ponto de máximo	
			X	Y	X	Y
EE	Figura 8					
	CMU 381 (1): $Y=99,77-0,92x+0,0054x^2$	0,99	84,40	60,70	30,00	76,93
	BRS-Mundurucânia: $Y=37,62+1,50X-0,01X^2$	0,95	100,00	56,56	57,20	80,66
	BRS-CG 611: $Y=72,76-0,001x^2$	0,93	100,00	55,79	30,00	71,23
	BRS-Maués: $Y=42,44+1,39x-0,011x^2$	0,99	100,00	69,99	62,41	85,67
	BRS-CG 882: $Y=33,71+0,94x-0,009x^2$	0,99	100,00	35,15	50,76	57,79
EC	BRS-Maués: $Y=6,20-0,055x$	0,92	100,00	0,68	30,00	4,54
	BRS-CG 882: $Y=3,38-0,33x$	0,96	100,00	0,05	30,00	2,38
EM	CMU 381 (1): $Y=0,87+0,89x-0,005x^2$	0,98	30,00	22,64	85,03	38,34
	BRS-Mundurucânia: $Y=60,36-1,48x+0,013x^2$	0,96	56,47	18,81	100,00	43,49
	BRS-CG 611: $Y=38,02-0,49x+0,005x^2$	0,99	47,16	26,61	100,00	40,93
	BRS-Maués: $Y=48,86-1,23x+0,010x^2$	0,99	59,94	11,94	100,00	28,98
	BRS-CG 882: $Y=63,57-0,93x+0,009x^2$	0,99	49,30	40,40	100,00	64,88
EE	Figura 9					
	CMU 381 (1): $Y=66,64-0,35x$	0,96	100,00	31,52	30,00	56,10
	BRS-Mundurucânia: $Y=92,29-0,56x$	0,94	100,00	34,90	30,00	75,08
	BRS-CG 611: $Y=113,40-1,77x+0,01x^2$	0,96	69,63	51,87	30,00	71,80
	BRS-CG 882: $Y=93,91-0,78x$	0,94	100,00	16,05	30,00	70,55
EC	CMU 381 (1): $Y=-2,90+0,17x-0,00x^2$	0,99	100,00	0,02	60,28	2,26
	BRS-Mundurucânia: $Y=3,57-0,02x$	0,81	100,00	0,66	30,00	2,69
	BRS-CG 882: $Y=-1,62+0,11x-0,0009x^2$	0,98	100,00	0,98	64,60	2,10
EM	CMU 381 (1): $Y=31,10+0,37x$	0,93	30,00	42,09	100,00	67,73
	BRS-Mundurucânia: $Y=2,77+0,62x$	0,96	30,00	21,54	100,00	65,36
	BRS-Maués: $Y=56,29-1,02x+0,008x^2$	0,96	63,74	23,68	100,00	34,22

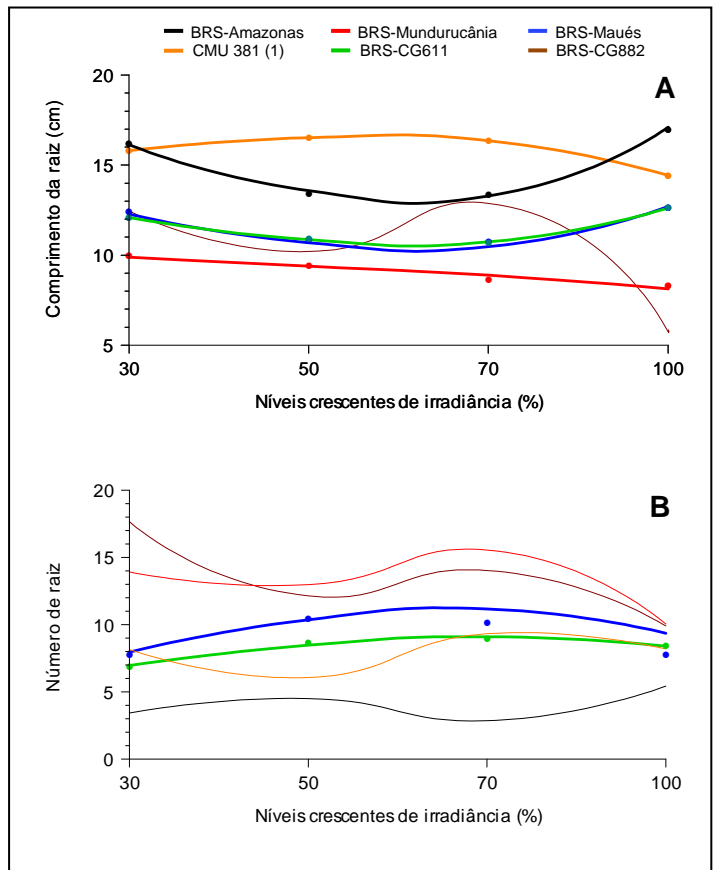
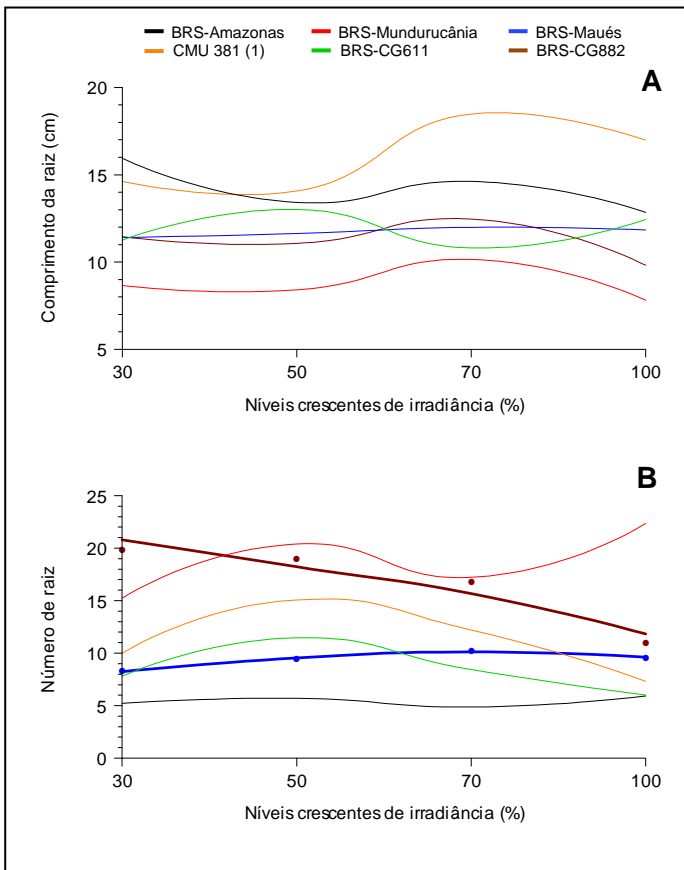
O menor índice de enraizamento foi para a cv. BRS-CG882. Sem adubação e a pleno sol esta cultivar apresentou 16,05% de estacas enraizadas, no entanto, com uso de adubação e redução da irradiância para 50,76%, seu percentual de enraizamento aumentou para 57,79%, o que representa um incremento de 41,74 % no enraizamento de suas estacas (Figura 8A e 9A, Tabela 11). Quanto à porcentagem de estacas mortas (Figura 8C e Tabela 11), a redução da irradiância de 100% para 49,30%, baixou de 64,88% para 40,40% a mortalidade das estacas de plantas adubadas desta cultivar.

No tratamento sem adubação, o maior índice de mortalidade das estacas (67,73%) foi registrado para CMU 381 com 100% de irradiância, porém este percentual baixou pra 42,09%, quando o nível de irradiância foi de 30% (Figura 9 C e Tabela 11).

Esses resultados reforçam as considerações de Arruda et al., (2007), os quais citam que algumas cultivares de guaranazeiro são mais influenciadas pelas condições edafoclimáticas e de manejo.

A rizogênese adventícia é influenciada por diversos fatores que podem atuar de maneira isolada ou por interação com os demais, por isso uma simples modificação em uma ou mais condições, pode melhorar o enraizamento das estacas, viabilizando a propagação vegetativa de espécies difíceis de enraizar.

Com adubação e irradiância não houve regressão significativa para o comprimento da raiz de nenhuma cultivar (Figura 10A). No entanto, nos tratamentos sem adubação houve resposta significativa para todas as cultivares, exceto para BRS-CG882 (Figura 11A).



**Figura 10.** Comprimento (A) e número de raiz (B) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guarazeiro, submetidos à níveis crescentes de irradiância, com adubação, Manaus-2009/2010

**Figura 11.** Comprimento (A) e número de raiz (B) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guarazeiro, submetidos à níveis crescentes de irradiância, sem adubação, Manaus-2009/2010



Para BRS-Amazonas, CMU 381, BRS-CG611 e BRS-Maués sem adubação, as respostas para comprimentos das raízes se ajustaram à equações do tipo quadrática. Nessas cultivares, com exceção do genótipo CMU 381, as menores raízes foram registradas com níveis de irradiância em torno de 63%, havendo crescimento das mesmas em níveis inferiores e superiores a este, com ponto de máximo comprimento em 100% de irradiância (Figura 11A e Tabela 12).

**Tabela 12.** Equações de regressão, coeficientes de determinação ( $R^2$ ), ponto de máximo e ponto de mínimo para comprimento (CR) e número de raízes (NR) de cinco cultivares e um genótipo(1) de guaranazeiro submetidos a quatro níveis de irradiância, com e sem adubação Manaus, 2009/2010

Características	Equações de regressão	Coeficiente de terminação ( $R^2$ )	Ponto de mínimo		Ponto de máximo	
			X	Y	X	Y
NR	Figura 10					
	BRS-Maués: $Y=4,93+0,14x-0,0009x^2$	0,98	30,00	8,23	75,82	10,14
	BRS-CG 882: $Y=24,63-0,13x$	0,93	100,00	11,82	30,00	20,79
CR	Figura 11					
	BRS-Amazonas: $Y=24,23-0,35x+0,0028x^2$	0,99	62,81	13,09	100,00	16,09
	CMU 381 (1): $Y=13,01+0,12x-0,001x^2$	0,99	100,00	14,41	56,26	16,56
	BRS-Mundurucânia: $Y=10,62-0,024x$	0,94	100,00	8,13	30,00	9,87
	BRS-CG 611: $Y=16,01-1,17x+0,001x^2$	0,99	62,29	10,65	100,00	12,61
NR	BRS-Maués: $Y=17,24-0,21x+0,001x^2$	0,95	63,22	10,39	100,00	12,70
	BRS-CG 611: $Y=3,02+0,16x-0,001x^2$	0,97	30,00	6,94	74,40	9,11
	BRS-Maués: $Y=1,36+0,28x-0,002x^2$	0,96	100,00	7,66	64,21	10,50

Quanto ao genótipo CMU 381, a elevação do nível de irradiância até 56,26% favoreceu o crescimento das raízes, as quais atingiram tamanho máximo de 16,56 cm. A partir deste nível de luz houve redução no tamanho dessas raízes cujo menor comprimento foi de 14,41 cm em 100% de irradiância (Tabela 12).

Já para a cv. BRS-Mundurucânia a curva resposta para essa variável foi do tipo linear, onde o aumento do comprimento foi inversamente proporcional à elevação dos níveis de irradiância (Figura 11A). A amplitude de variação no comprimento das raízes foi de 8,13 cm a 9,87 cm, registrados com 100% e com 30% de irradiância, respectivamente (Tabela 12).

A maior quantidade de raiz por estaca (20,79) foi registrado para BRS-CG 882 em plantas matrizes adubadas e conduzidas sob irradiância de 30%. Para essa cultivar, com adubação, houve redução no número de raiz com o aumento do nível de irradiância (Figura 10B e Tabela 12).

Já para BRS-Maués, com adubação, o número de raiz aumentou com o acréscimo dos níveis de irradiância, a amplitude foi de 8,23 a 10,14 raízes por estacas

em 30% e 75,82% de irradiância, respectivamente (Figura 10B e Tabela 12). Sem a adubação, o ponto de máximo número de raiz foi obtido com 64,21% de irradiância e sofreu redução com níveis de irradiância inferiores e superiores a este (Figura 11B e Tabela 12).

No geral, estacas de plantas conduzidas à pleno sol apresentaram menor quantidade de raiz para as cultivares com regressão significativa, em ambos os tratamentos de adubação (Figuras 10B e 11B).

Estudos de enraizamento com irradiância controlada apresentam resultados contraditórios quanto ao número de raiz. Em estacas de araçazeiro amarelo submetidas ao sombreamento de 0%, 30%, 50% e 70% não foi encontrado diferenças significativas quanto ao número de raízes formadas (VOLTOLINI e FACHINELLO, 1997). Em *Carpinus betulus*, o número de raízes em estacas de plantas estioladas aumentou até 25% de irradiância, nestas estacas foi constatado maior número de fendas no anel de esclerênquima, os quais foram relacionados à maior capacidade de formação de raiz (MAYNARD e BASSUK, 1996).

As cultivares de guaranazeiro apresentaram comportamentos diferentes em relação aos níveis crescentes de irradiância, adubação e a formação do sistema radicular. Resultados semelhantes, também foram encontrados por Costa Junior et al. (2003) em goiabeira e Reis et al. (2000) com pêra, tais resultados confirmam diferenças entre cultivares ou variedades quanto a rizogênese adventícia.

#### **5.4 Efeito da aplicação de AIB no enraizamento de estacas de guaranazeiro**

Quanto ao efeito do fitohormônio, independente da cultivar, as maiores porcentagens de estacas enraizadas (64,04%) e estacas com calo (10,19%), bem como o menor índice de mortalidade (25,16%) das estacas foram obtidos sem o uso de AIB. (Tabela 13).

**Tabela 13.** Porcentagem de estacas enraizadas (EE), com calo (EC), e mortas (EM) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, tratadas ou não com AIB, Manaus- 2009-2010

EE			
Cultivares/Genótipo	AIB		Médias de Cultivares/Genótipo
	Com	Sem	
BRS-Amazonas	66,96 ab A	50,83 c B	62,12bc
CMU 381 (1)	48,49 c B	76,77 a A	56,78c
BRS-Mundurucânia	66,50 ab A	59,39 bc B	64,37b
BRS-CG611	62,50 b A	64,16 ab A	63,00b
BRS-Maués	74,73 a A	69,60 ab A	73,24a
BRS-CG882	40,27 d B	64,58 ab A	47,65d
Médias de AIB	60,03B	64,04A	61,22
EC			
Cultivares/Genótipo	AIB		Médias de Cultivares/Genótipo
	Com	Sem	
BRS-Amazonas	12,08 a B	42,03 a A	27,08 a
CMU 381 (1)	3,47 b A	0,60 b A	2,04 b
BRS-Mundurucânia	1,73 b A	1,30 bc A	1,52 b
BRS-CG611	1,25 b B	7,08 b A	4,16 b
BRS-Maués	0,41 b B	5,45 b A	2,93 b
BRS-CG882	0,00 b B	3,83 bc A	1,91 b
Médias de AIB	3,16 B	10,19 A	6,67
EM			
Cultivares/Genótipo	AIB		Médias de Cultivares/Genótipo
	Com	Sem	
BRS-Amazonas	7,85 d A	7,08 c A	7,62 e
CMU 381 (1)	49,43 a A	22,59 b B	41,56 ab
BRS-Mundurucânia	32,57 bc A	38,70 a A	34,46 bc
BRS-CG611	33,92 b A	28,75 ab A	32,37 c
BRS-Maués	23,12 c A	24,69 b A	23,58 d
BRS-CG882	59,54 a A	31,58 ab B	51,05 a
Médias de AIB	34,20A	25,61B	31,63

Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A aplicação do fitohormônio foi prejudicial ou não apresentou resultados significativos para a maioria das características avaliadas e ocasionou variação de comportamento entre as cultivares (Tabelas 13 e 14).

**Tabela 14.** Comprimento (CR), número (NR), volume (VR) e matéria seca das raízes (MSR) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, tratadas ou não com AIB, Manaus- 2009-2010

CR			
Cultivares/Genótipo	AIB		Médias de Cultivares/Genótipo
	Com	Sem	
BRS-Amazonas	14,14 a B	15,64 b A	14,59 A
CMU 381 (1)	14,76 a B	18,57 a A	15,90 A
BRS-Mundurucânia	8,76 c A	9,25 d A	8,91 C
BRS-CG611	11,45 b A	12,37 c A	11,73 B
BRS-Maués	11,65 b A	11,74 c A	11,68 B
BRS-CG882	8,62 c B	15,74 b A	10,76
Médias de AIB	11,56 B	13,88 A	12,26

NR			
Cultivares/Genótipo	AIB		Médias de Cultivares/Genótipo
	Com	Sem	
BRS-Amazonas	5,04 c A	4,03 b A	4,73 c
CMU 381 (1)	11,46 b A	5,04 b B	9,53 b
BRS-Mundurucânia	18,69 a A	9,58 a B	15,96 a
BRS-CG611	9,70 b A	5,11 b B	8,33 b
BRS-Maués	10,61 b A	5,89 b B	9,19 b
BRS-CG882	20,12 a A	3,14 b B	15,02 a
Médias de AIB	12,60 A	5,46 B	10,46

VR			
Cultivares/Genótipo	AIB		Médias de Cultivares/Genótipo
	Com	Sem	
BRS-Amazonas	2,66 c A	2,58 abc A	2,64 bc
CMU 381 (1)	3,03 bc A	2,90 ab A	2,99 ab
BRS-Mundurucânia	3,32 ab A	3,11 a A	3,26 a
BRS-CG611	2,59 c A	2,14 c B	2,45 c
BRS-Maués	2,76 bc A	2,73 ab A	2,75 bc
BRS-CG882	3,71 a A	2,38 bc B	3,31 a
Médias de AIB	3,01A	2,64 B	2,90

MSR			
Cultivares/Genótipo	AIB		Médias de Cultivares/Genótipo
	Com	Sem	
BRS-Amazonas	0,39 c A	0,39 a A	0,39 c
CMU 381 (1)	0,51 b A	0,43 a B	0,49 b
BRS-Mundurucânia	0,44 bc A	0,42 a A	0,44 bc
BRS-CG611	0,40 c A	0,38 a A	0,39 c
BRS-Maués	0,45 bc A	0,41 a A	0,44 bc
BRS-CG882	0,63 a A	0,43 a B	0,57 a
Médias de AIB	0,47 A	0,41 B	0,45

Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Para a cv. BRS-Amazonas, o tratamento com AIB elevou o percentual de enraizamento de 50,83 % para 66,96 %, mas reduziu a formação de calos e o comprimento das raízes nas estacas. Enquanto para BRS-Mundurucânia, o incremento no percentual de estacas enraizadas com a aplicação do fitorregulador foi de apenas

7,11%. Porém, o número de raízes por estacas aumentou de 9,58 para 18,69 (Tabelas 13 e 14).

No entanto, para o genótipo CMU 381e para a cv. BRS-CG882 o fitohormônio teve efeito tóxico, conforme já relatado por Atroch et al. (2007) para 11 cultivares de guaranazeiro. O tratamento com AIB aumentou o índice de mortalidade das estacas e reduziu o percentual de enraizamento e o comprimento das raízes destes dois genótipos (Tabelas 13 e 14).

O AIB é considerado um dos reguladores menos tóxico às plantas (HARTMANN et al., 2002), favorecendo o enraizamento em muitas espécies. Porém, alguns autores obtiveram resultados negativos com sua utilização ou com aumento da concentração.

A porcentagem de estacas enraizadas de *Tibouchina sellowiana* foi reduzida de 39,1% para 4,7%, com o aumento da concentração do AIB de 0 para 3000 mg.L<sup>-1</sup>, respectivamente (NIENOW et al., 2010). Em estudos de enraizamento de estacas herbáceas de araçazeiro, o aumento das concentrações de AIB até 400 mg L<sup>-1</sup> provocou queda das folhas e posterior morte das estacas. Isto foi relacionado ao efeito fitotóxico do AIB (NACHTIGAL et al., 1994). Esta queda de folha, embora não avaliada neste trabalho com o guaranazeiro, também foi observada e esteve diretamente ligada à sobrevivência da estaca.

Quanto as cultivares BRS-CG611 e BRS-Maués, não houve diferença para as características percentagens de estacas enraizadas e mortas, comprimento das raízes e matéria seca das raízes, quanto à aplicação ou não de AIB, não havendo necessidade do tratamento com fitorregulador nas estacas dessas cultivares.

Em estudo de Correa et al. (1983) com enraizamento de guaranazeiro, não houve diferença significativa quanto ao comprimento de raiz e as doses de AIB em estacas com uma gema vegetativa, porém com duas gemas, a concentração de 6.000 mg kg<sup>-1</sup> promoveu o maior comprimento que atingiu 29,5 cm.

O tratamento com AIB aumentou o número de raízes por estaca em todas as cultivares, com exceção da BRS-Amazonas na qual não houve diferença significativa em relação ao tratamento sem AIB (Tabela 14).

Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Rodrigues e Lucchesi (1987) que registraram maior número de raízes em estacas herbáceas de guaranazeiro capeadas e tratadas com AIB. Em estudo de enraizamento do guaranazeiro com 2.000

mg kg<sup>-1</sup>; 4.000 mg kg<sup>-1</sup> e 6.000 mg kg<sup>-1</sup> de AIB, as estacas tratadas com a dose mais elevada apresentaram maior número de raiz (13,7) (CORRÊA et al., 1984).

O uso do fitohormônio também promoveu o aumento do volume de raiz nas estacas das cultivares BRS-CG611 e BRS-CG882 (Tabela 14).

O potencial genético de cada cultivar exerce influência no enraizamento, variando o comportamento e os requisitos para a formação de raiz (Trevisan, 2000). Alguns autores recomendam a aplicação exógena de regulador de crescimento para estimular a iniciação radicular e aumentar o percentual de enraizamento das estacas (MIRANDA et al., 2004; TORRES, 2003).

No entanto, para o guaranazeiro, Atroch, et al. (2007) não recomendam utilização de materiais genéticos que possuem dificuldades de enraizamento, mesmo submetidos a elevadas doses de fitohormônios para não inviabilizar o empreendimento do viveirista. Segundo esses autores, cultivares que apresentam dificuldades de enraizamento não respondem ao aumento da dosagem de AIB, e cultivares de fácil enraizamento dispensam a utilização do fitorregulador.

Este comportamento pode estar relacionado com o balanço hormonal de cada cultivar cujas estacas possuem concentrações endógenas de promotores ou inibidores de enraizamento, dispensando o fornecimento exógeno de auxina (FACHINELLO et al., 2005).

A anatomia da estaca também influencia na formação e emissão das raízes. Estruturas específicas como fibras no floema primário do caule formando um anel contínuo, funcionam como barreiras anatômicas ao enraizamento, pois bloqueiam os primórdios de raiz tornando-se um obstáculo para o desenvolvimento radicular (LOVELL e WHITE, 1986).

Em estacas de guaranazeiro, Mendonça (1991) mencionou a presença de um anel contínuo de esclerênquima formado por várias camadas celulares chegando a ocupar 1/3 do córtex. Embora, alguns autores não consideram essa estrutura como barreira mecânica ao enraizamento, se estiverem presentes substâncias como auxinas, carboidratos, nitrogênio e aminoácidos.

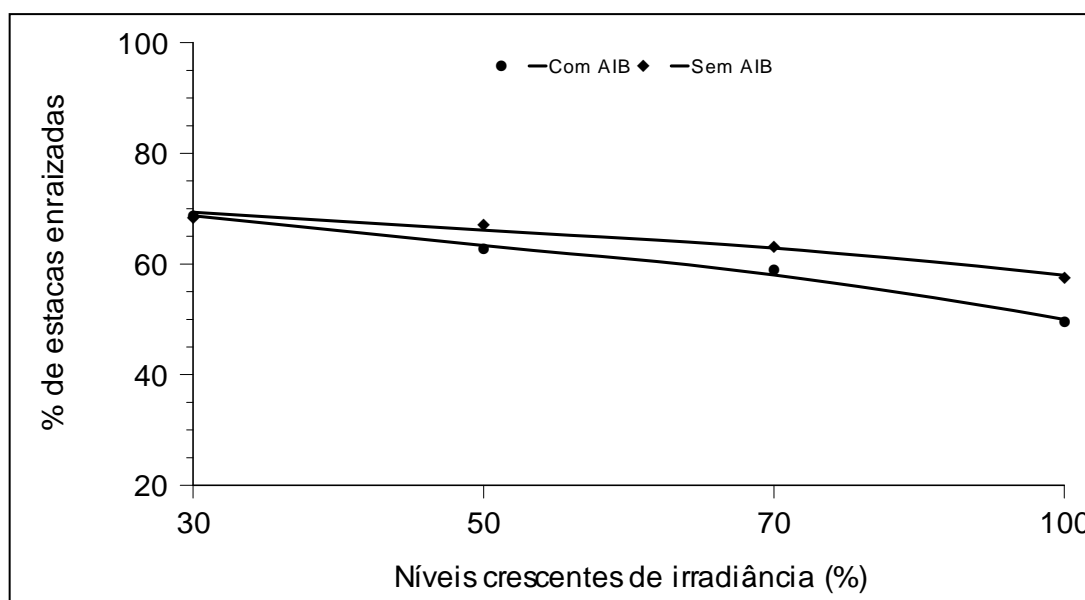
Essas substâncias aliadas à reações enzimáticas, promovem a expansão e proliferação das células do córtex, resultando na ruptura dos anéis contínuos de esclerênquima, abrindo espaço para o desenvolvimento dos primórdios radiculares (BLAZICH e HEUZER, 1979; HARTMANN e KESTER, 1990; WILLIAMS et al., 1984).

Em estudo sobre a formação de raízes adventícias em oliveira, foi observada variação na origem das raízes entre duas cultivares. Na cultivar Cobrançosa, as raízes adventícias tiveram sua origem no câmbio vascular ou nos tecidos adjacentes, característica comum em espécies de fácil enraizamento. Já na cultivar Galega vulgar, as raízes surgiram no tecido parenquimatoso do calo, situação comum em muitas espécies de difícil enraizamento (PEIXE et al., 2007).

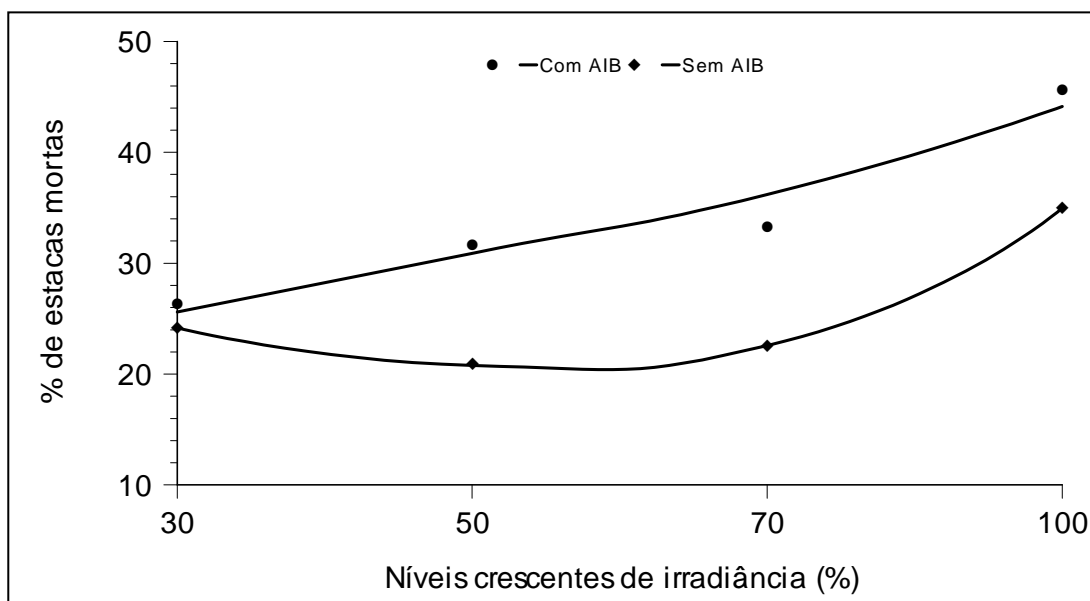
Portanto, a facilidade ou não na emissão de raízes em estacas tem haver com aspectos fisiológicos, embora os aspectos anatômicos não sejam descartados.

### 5.5 Desdobramento da interação irradiância x AIB no enraizamento de estacas de guaranazeiro

Na interação desses dois fatores, independente da cultivar, os maiores percentuais de estacas enraizadas foram registrados nos nível mais baixos de irradiância sem AIB, enquanto o uso do fitohormônio resultou em maior mortalidade das estacas em todos os níveis de irradiância (Figuras 12 e 13).



**Figura 12.** Porcentagem de estacas enraizadas de guaranazeiro, independente da Cultivares/Genótipo, submetidas à níveis crescentes de irradiância, com e sem AIB, Manaus-2010



**Figura 13.** Porcentagem de estacas mortas de guaranazeiro, independente da Cultivares/Genótipo, submetidas à níveis crescentes de irradiância, com e sem AIB, Manaus-2010

**Tabela 15.** Equações de regressão, coeficientes de determinação ( $R^2$ ), ponto de máximo e ponto de mínimo, para estacas enraizadas (EE), e mortas (EM), independente da Cultivares/Genótipo, submetidas à níveis crescentes de irradiância, com e sem aplicação de AIB, Manaus-2010

Características	Equações de regressão	Coeficiente de terminação ( $R^2$ )	Ponto de mínimo		Ponto de máximo	
			X	Y	X	Y
EE	Figura 12	0,99	100,00	49,97	30,00	68,71
	Com AIB: $Y=76,74-0,26x$					
	Sem AIB: $Y=74,22-0,16x$					
EM	Figura 13	0,94	30,00	25,60	100,00	44,13
	Com AIB: $Y=17,65+0,26x$					
	Sem AIB: $Y=38,97-0,69x+0,006x^2$					

A aplicação de AIB em estacas de guaranazeiro foi prejudicial, haja vista que o percentual de enraizamento sofreu decréscimo do menor para o maior nível de irradiância, em relação a não utilização do fitorregulador. No entanto, com a redução da irradiância para 30%, ponto de máximo enraizamento, este efeito foi menor, mantendo valores próximos entre os tratamentos com e sem AIB (Figura 12 e Tabela 15).

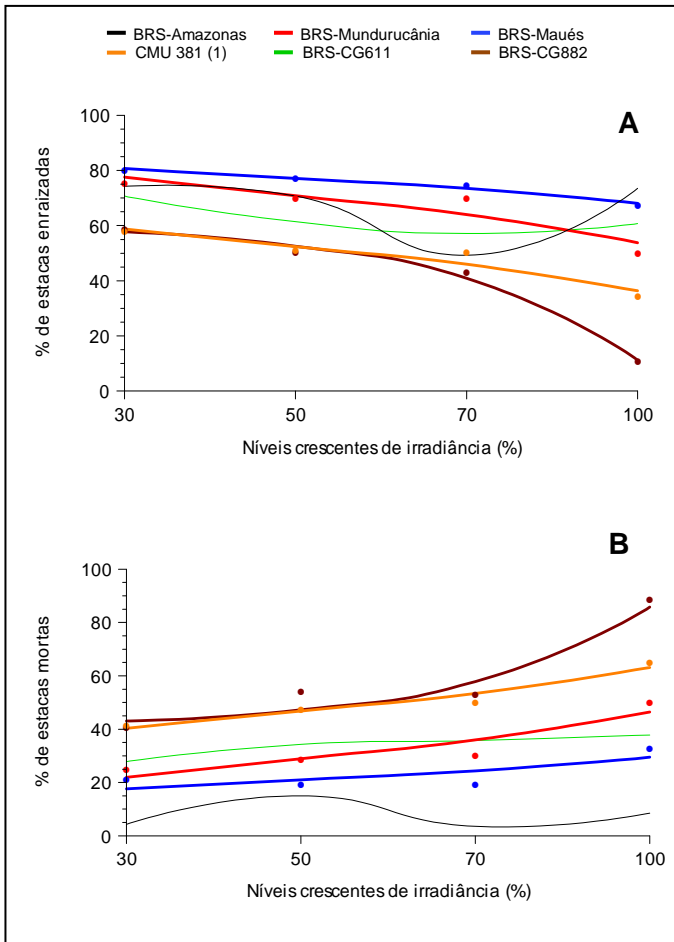
Resultados semelhantes foram obtidos por Rodrigues e Lucchesi (1987) com redução de irradiância em estacas herbáceas de guaranazeiro capeadas com fita isolante preta, tratadas ou não com AIB. Neste estudo os autores registraram percentuais de enraizamento de 29,20% e 91,70% com e sem aplicação de AIB, respectivamente.



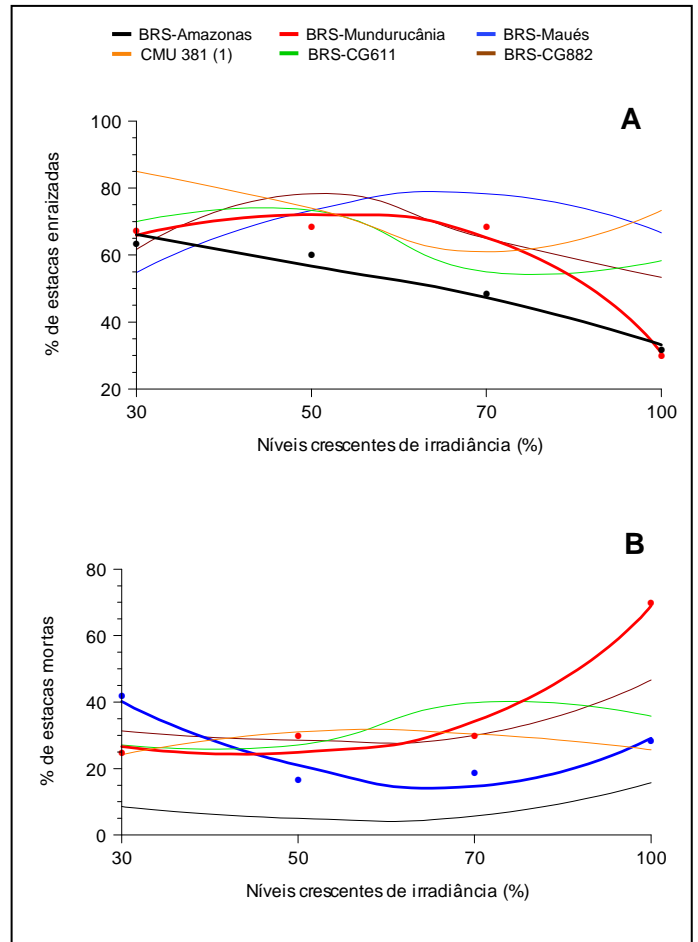
Corrêa e Stolberg (1981) obtiveram apenas 4,8% de enraizamento em estacas lenhosas de guaranazeiro tratadas com AIB.

O tratamento com AIB elevou a mortalidade das estacas de 25,60% para 44,13% sob 30% e 100% de irradiância, respectivamente. Enquanto que sem AIB, o percentual de estacas mortas foi de 20,72% sob 53,07% de irradiância e de 34,98% à pleno sol (Figura 13 e Tabela 15). O fornecimento exógeno de auxina pode promover alteração hormonal, favorecendo ou não o enraizamento, haja vista que essas substâncias possuem efeito estimulador de raízes até um valor máximo, a partir do qual, qualquer acréscimo passa a ter efeito tóxico (FACHINELLO et al., 2005).

A redução da irradiância para 30% associada à aplicação de AIB nas estacas proporcionou o maior percentual de enraizamento (80,64%) para a cv. BRS Maués. BRS-Mundurucânia, CMU 381 e BRS-CG882 também apresentaram maiores percentuais de enraizamento nas mesmas condições experimentais. Esses resultados mostraram relação positiva entre os tratamentos e o enraizamento dessas cultivares. No entanto, para BRS-Amazonas e BRS-CG611 não houve equação significativa na interação AIB e irradiância. (Figura 14A e Tabela 16).



**Figura 14.** Porcentagem de estacas enraizadas (A) e mortas (B) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranzeiro, submetidos à níveis crescentes de irradiação com aplicação de AIB, Manaus-2009/2010



**Figura 15.** Porcentagem de estacas enraizadas (A) e mortas (B) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranzeiro, submetidos à níveis crescentes de irradiação sem aplicação de AIB, Manaus-2009/2010

**Tabela 16.** Equações de regressão, coeficientes de determinação ( $R^2$ ), ponto de máximo e ponto de mínimo, para estacas enraizadas (EE) e mortas (EM) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, submetidos a quatro níveis de irradiância, com e sem aplicação de AIB Manaus, 2009/2010

Características	Equações de regressão	Coeficiente de terminação ( $R^2$ )	Ponto de mínimo		Ponto de máximo	
			X	Y	X	Y
EE	Figura 14					
	CMU 381 (1): $Y=68,40-0,32x$	0,91	100,00	36,33	30,00	58,77
	BRS-Mundurucânia: $Y=87,82-0,34x$	0,85	100,00	53,40	30,00	77,50
	BRS-Maués: $Y=86,10-0,18x$	0,97	100,00	67,90	30,00	80,64
	BRS-CG 882: $Y=53,40+0,39x-0,008x^2$	0,99	100,00	11,17	30,00	57,75
EM	CMU 381 (1): $Y=30,55+0,32x$	0,94	30,00	40,33	100,00	63,15
	BRS-Mundurucânia: $Y=11,40+0,351x$	0,93	30,00	23,18	100,00	48,31
	BRS-Maués: $Y=12,59+0,168x$	0,60	52,49	18,20	100,00	32,66
	BRS-CG 882: $Y=48,77-0,43x+0,008x^2$	0,93	30,00	43,98	100,00	87,28
EE	Figura 15					
	BRS-Amazonas: $Y=80,23-0,47x$	0,96	100,00	33,19	30,00	66,12
	BRS-Mundurucânia: $Y=32,43+1,60x-0,016x^2$	0,97	100,00	30,70	49,46	72,05
EM	BRS-Mundurucânia: $Y=50,05-1,19x+0,013x^2$	0,96	43,14	24,25	100,00	69,02
	BRS-Maués: $Y=92,91-2,237x+0,016x^2$	0,91	69,92	14,69	30,00	40,92

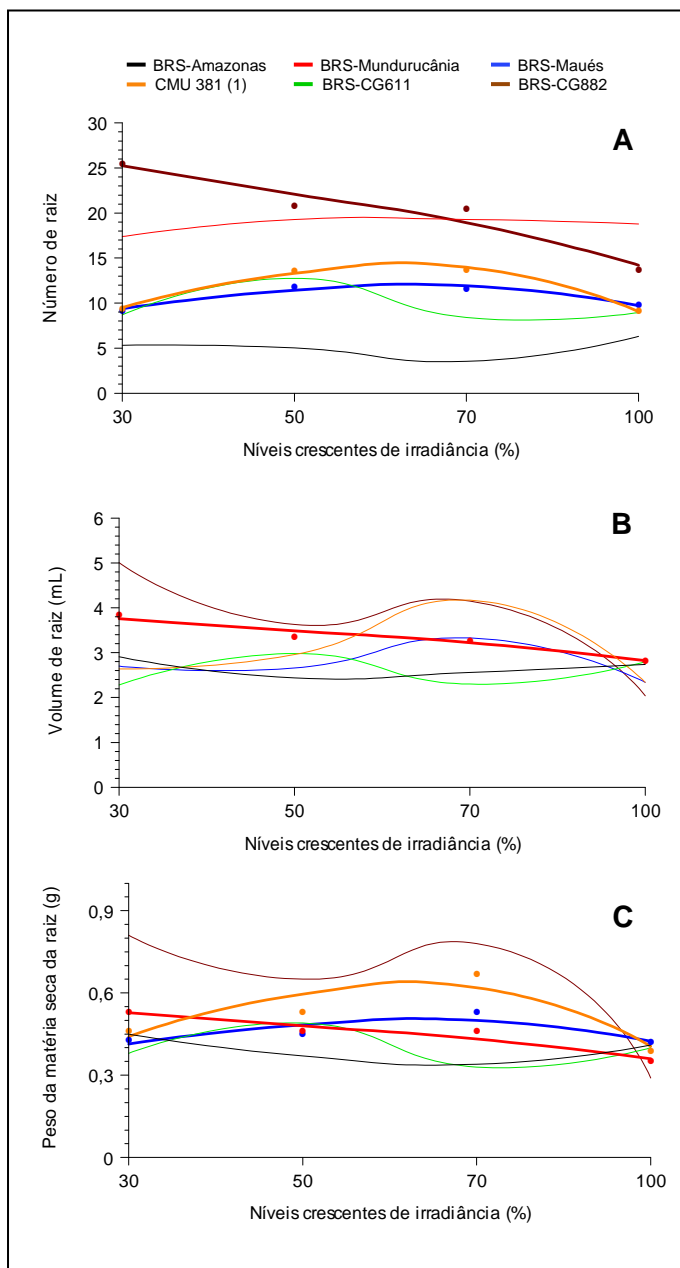
Para a cv. BRS-mundurucânia, tanto a redução da irradiância como a aplicação de AIB, favoreceu o enraizamento (Figura 14A e 15A). O percentual de enraizamento das estacas tratadas com AIB (Tabela 16) variou de 53,40% a 77,50%, em 100% e 30% de irradiância, respectivamente. Já, sem o uso do fitohormônio, houve a mesma tendência, mas os valores foram menores com 30,70% e 72,05%, de estacas enraizadas em 100% e 50% de irradiância, respectivamente. Para essa cultivar, em todos os níveis de irradiância, o percentual de enraizamento foi superior nas estacas tratadas com AIB em relação ao tratamento sem o fitohormônio (Figuras 14A e 15A e Tabela 16). Desse modo, a redução da irradiância pode ter contribuído com o aumento dos teores endógenos de auxina e também por causar alterações morfoanatômicas nos tecidos tornando-os mais sensíveis ao fitohormônio.

Sem AIB e a pleno sol, o percentual de enraizamento das cultivares BRS-Amazonas e BRS-Mundurucânia foi baixo, em torno de 30% de estacas enraizadas (Figura 15A). No entanto, a redução da irradiância para 30% e 49,46% elevou o enraizamento dessas cultivares para 66,12 e 72,5%, respectivamente (Tabela 16). O mesmo não ocorreu em porta-enxertos de macieira (*Malus domestica*, Borkn), onde a redução da irradiância sobre as plantas matrizes não influenciou o enraizamento de estacas na ausência de AIB (CHRISTENSEN et al., 1980).

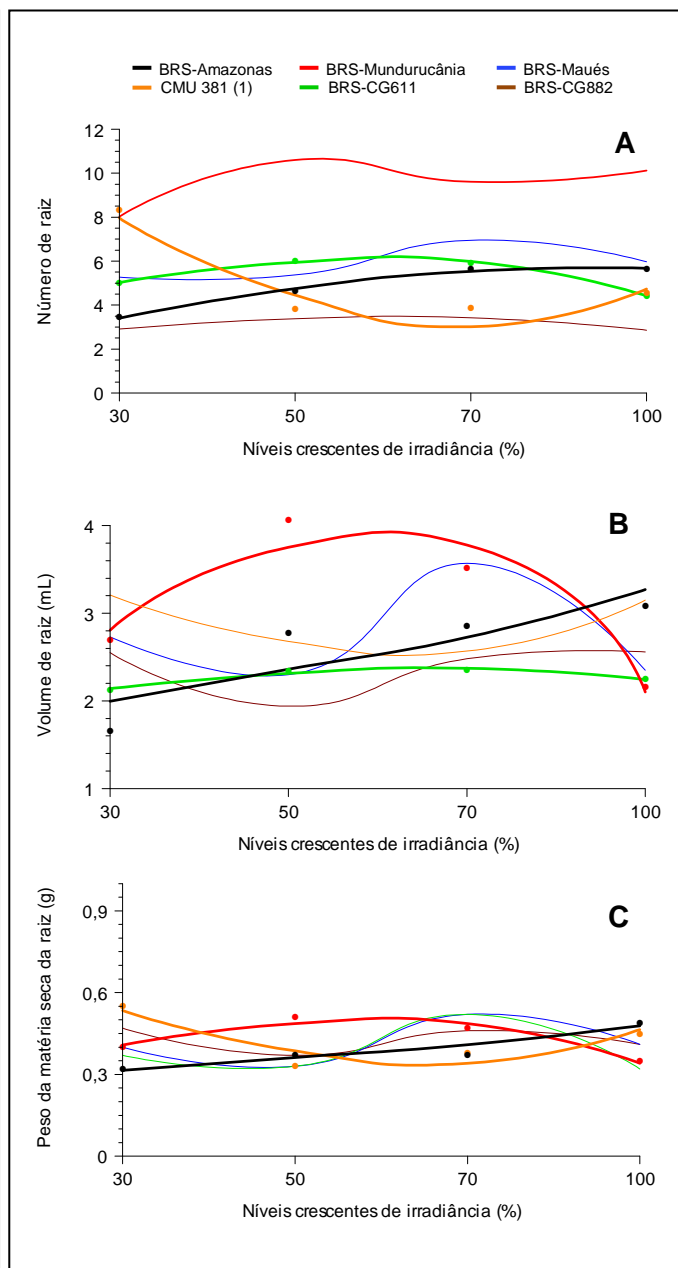
Quanto ao percentual de estacas mortas, o resultado foi inverso. Em geral, quanto maior o nível de irradiância, maior foi a mortalidade das estacas, com e sem AIB (Figuras 14 e 15 e Tabela 16).

Para as cvs. BRS-Mundurucânia e BRS-Maués, essa variável apresentou maior valor quando as plantas foram conduzidas a pleno sol. A mesma tendência foi observada com e sem AIB (Figuras 14B e 15B). Nos tratamentos com 50% de irradiância, o uso ou não de AIB, não alterou o percentual de estacas mortas dessas duas cultivares (Tabela 16). No entanto, para a cv. BRS-Mundurucânia em 100% de irradiância e ausência de AIB (Figuras 14 B e 15 B e Tabela 16), esse percentual foi maior (69,02%), comparado ao tratamento com o fitohormônio (48,31%).

Para o número de raiz, não houve efeito da aplicação de AIB nas estacas das cvs. BRS-Amazonas, BRS-Mundurucânia e BRS-CG 611 (Figura 16 A). O maior número de raiz (25,24) foi registrado para a BRS-CG 882 com AIB e 30% de irradiância. No entanto, esse valor diminuiu com os níveis crescentes de irradiância, cujo ponto de mínimo foi 14,21 em 100% de irradiância (Tabela 17).



**Figura 16.** Número (A), volume (B) e peso da matéria seca das raízes (C) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, submetidos à níveis crescentes de irradiância com aplicação de AIB, Manaus-2009/2010



**Figura 17.** Número (A), volume (B) e peso da matéria seca das raízes (C) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, submetidos à níveis crescentes de irradiância sem aplicação de AIB, Manaus-2009/2010

**Tabela 17.** Equações de regressão, coeficientes de determinação ( $R^2$ ), ponto de máximo e ponto de mínimo para número (NR), volume (VR) e peso da matéria seca das raízes (MSR) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, submetidos a quatro níveis de irradiância, com e sem aplicação de AIB Manaus, 2009/2010

Características	Equações de regressão	Coeficiente de terminação ( $R^2$ )	Ponto de mínimo		Ponto de máximo	
			X	Y	X	Y
NR	Figura 16					
	CMU 381 (1): $Y = -2,15 + 0,5x - 0,004x^2$	0,99	100,00	9,07	64,23	14,10
	BRS-Maués: $Y = 3,37 + 0,26x - 0,002x^2$	0,92	30,00	9,37	66,31	11,93
	BRS-CG 882: $Y = 29,97 - 0,15x$	0,93	100,00	14,21	30,00	25,24
VR	BRS-Mundurucânia: $Y = 4,16 - 0,01x$	0,94	100,00	2,82	30,00	3,75
MSR	CMU 381 (1): $Y = -0,41 + 0,021x - 0,001x^2$	0,81	100,00	0,40	63,49	0,62
	BRS-Mundurucânia: $Y = 0,60 - 0,002x$	0,92	100,00	0,36	30,00	0,52
	BRS-Maués: $Y = 0,21 + 0,009x - 0,00006x^2$	0,73	30,00	0,41	66,00	0,50
NR	Figura 17					
	BRS-Amazonas: $Y = 0,36 + 0,12x - 0,0007x^2$	0,99	30,00	3,41	88,45	5,77
	CMU 381 (1): $Y = 17,08 - 0,38x + 0,003x^2$	0,87	74,80	3,14	30,00	8,03
	BRS-CG611: $Y = 2,02 + 0,13x - 0,001x^2$	0,99	100,00	4,38	60,76	6,06
VR	BRS-Amazonas: $Y = 1,45 + 0,018x$	0,73	30,00	2,00	100,00	3,27
	BRS-Mundurucânia: $Y = -0,32 + 0,14x - 0,001x^2$	0,91	100,00	2,10	60,57	3,87
	BRS-CG611: $Y = 1,66 + 0,02x - 0,0001x^2$	0,95	30,00	2,13	70,23	2,37
MSR	BRS-Amazonas: $Y = 0,24 + 0,002x$	0,88	30,00	0,32	100,00	0,49
	CMU 381 (1): $Y = 0,94 - 0,002x + 0,0001x^2$	0,81	61,00	0,35	30,00	0,55
	BRS-Mundurucânia: $Y = 0,14 + 0,01x - 0,0001x^2$	0,92	100,00	0,34	60,40	0,49

Para o genótipo CMU 381 e para a cv. BRS-Maués com AIB, os dados se ajustaram a uma equação do tipo quadrática com pontos de máximo número de raiz em 64,23 e 66,31% de irradiância, respectivamente. Já no tratamento sem AIB, para o genótipo CMU 381, foi registrado o maior número de raiz em 30% de irradiância e o menor em 74,80% (Figura 16A e Tabela 17). Em araçazeiro, não foi obtido aumento significativo no número de raízes por estaca com a redução do nível de irradiância, porém o maior número de raiz (13,3), foi registrado sem aplicação de AIB (VOLTOLINI e FACHINELLO, 1997).

Em relação a cv. BRS-Mundurucânia, VR e MSR (Figuras 16B, 16C, 17B e 17C; Tabela 17) sofreram influência da interação AIB irradiância. O maior VR (3,87 mL) foi registrado em 67,57% de irradiância sem AIB, e o maior peso de MSR (0,52 g) foi encontrado em 30% de irradiância com AIB. Para o genótipo CMU 381, o maior MSR foi 0,62 g com AIB e 63,49% de irradiância.

Para a cv. BRS-Amazonas, a utilização de AIB não teve influência na quantidade de raízes formadas, tendo em vista que não houve equação significativa para NR, VR e MSR na interação irradiância com AIB (Figuras 16A, 16B e 16C). Porém, sem o fitohormônio, para todas essas características os valores aumentaram

proporcionalmente aos níveis crescentes de irradiância (Figuras 17A, 17B e 17C), o que indica que maiores níveis de irradiância promoveram maior emissão de raízes e conseqüentemente, maior volume e peso da matéria seca das raízes para essa cultivar.

Resultados semelhantes foram obtidos em estacas de araçazeiro, onde o maior número de raízes (15,4), comprimento da raiz (4,7 cm) e peso da matéria seca das raízes (175,4 mg) foram registrados com 30% de irradiância e sem aplicação de AIB (VOLTOLLINI, 1996).

## 5.6 Determinação do teor de carboidratos em estacas de guaranazeiro

O maior teor de amido foi registrado nos ramos da cv. BRS-Maués, em plantas conduzidas sob 70% de irradiância no campo (Tabela 18). Porém, depois do enraizamento, as estacas deste tratamento apresentaram o menor percentual de amido quando comparado ao nível de 30% de irradiância, não havendo diferença em relação aos níveis de 50 e 100%. Para a cv. BRS-CG 882, não houve diferença no percentual de amido entre os níveis de irradiância nos ramos e nas estacas enraizadas.

Estes resultados diferem dos encontrados em estudo de enraizamento do araçazeiro, onde houve aumento dos teores de carboidratos no caule com a elevação dos níveis de 30% à 100% de irradiância sob as plantas matrizes (CASAGRANDE JUNIOR et al., 1999).

**Tabela 18.** Porcentagem de amido em ramos de duas cultivares de guaranazeiro submetidas à quatro níveis de irradiância no campo e em estacas enraizadas dos mesmos ramos, sob condições de viveiro, Manaus-2010

Amido (%) <sup>1</sup>									
Cultivar	Condições pré e pós enraizamento								Média das cultivares
	Ramos				Estacas enraizadas <sup>2</sup>				
	Irradiância (%)								
	30	50	70	100	30	50	70	100	
BRS-Maués	1,81aB	2,95aB	5,03aA	2,43aB	4,17aA	3,77aAB	1,89aB	2,81aAB	3,11 a
BRS-CG882	2,58aA	1,78aA	2,03bA	1,99aA	0,64bA	1,09bA	1,46aA	1,49aA	1,63 b
Médias do período	2,58 A				2,17 A				2,37

<sup>1</sup> Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; <sup>2</sup> Estacas enraizadas sob 50% de irradiância.

Entre as cultivares, BRS-Maués foi mais eficiente em acumular amido que a BRS-CG 882 (Tabela 18). Sob 70% de irradiância, os ramos da cv. BRS-Maués acumularam 5,03% de amido e BRS-CG 882, apenas 2,03%. Após o enraizamento, os maiores teores de amido foram encontrados nas estacas da cv. BRS-Maués provenientes dos ramos tratados com os níveis mais baixos de irradiância.

Para as duas cultivares, apenas com 30% de irradiância houve diferença no percentual de amido entre ramos e estacas enraizadas (Tabela 19). Neste nível de irradiância, a quantidade de amido foi maior nas estacas enraizadas da cultivar BRS-Maués, enquanto que para a BRS-CG 882 este acúmulo foi maior nos ramos. Também houve diferença com 70% de irradiância entre ramos e estacas enraizadas da cv. BRS-Maués.

**Tabela 19.** Porcentagem de amido nos ramos e nas estacas enraizadas dentro do mesmo nível de irradiância para cada cultivar de guaranazeiro, Manaus-2010

Amido (%)					
Cultivar	Condições de pré e pós enraizamento	Irradiância (%)			
		30	50	70	100
BRS-Maués	Ramos	1,81 b	2,95 a	5,03 a	2,43
	Estacas enraizadas	4,17 a	3,77 a	1,89 b	2,81
BRS-CG 882	Ramos	2,58 a	1,78 a	2,03 a	1,99 a
	Estacas enraizadas	0,64 b	1,09 a	1,46 a	1,49

Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Assim como ocorreu com o teor de amido, a cv. BRS-Maués também acumulou maior porcentagem de açúcares solúveis totais nas estacas enraizadas independente do nível de irradiância, que não foi significativo para esta característica ao comparar se com BRS-CG 882 (Tabela 20).



**Tabela 20.** Porcentagem de açúcares solúveis totais (AST) em ramos de duas cultivares de guaranazeiro e em estacas enraizadas dos mesmos ramos, sob condições de viveiro, Manaus-2010

AST (%)			
Cultivar	Condições de pré e pós enraizamento		Média das cultivares
	Ramos	Estacas enraizadas	
BRS-Maués	1,94aB	5,41aA	3,67 a
BRS-CG882	1,81aA	1,23bA	1,52 b
Médias de AST	1,87 B	3,32 A	2,60

Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na comparação entre órgãos, a BRS-Maués acumulou mais AST nas estacas enraizadas (5,41%) que nos ramos (1,94%). Isto indica que este acúmulo de reserva ocorreu no viveiro durante o período de enraizamento da estaca. Já para BRS-CG882, os teores deste carboidrato não diferiram entre os ramos e as estacas enraizadas.

Entre as cultivares, o teor de AST não diferiu no ramo, porém nas estacas enraizadas o acúmulo foi maior para a BRS-Maués (Tabela 20).

O maior teor de amido encontrado nas estacas da cv. BRS-Maués, cujas plantas matrizes foram submetidas à 30% de irradiância (Tabela 18), justifica sua melhor resposta ao enraizamento com 78,94% das estacas enraizadas neste nível de irradiância (Figura 5, Tabela 8). No entanto, este amido e também os açúcares solúveis totais em maior quantidade para essa cultivar parece não terem sido acumulados no campo e sim no viveiro, tendo em vista que os teores de amido nas estacas foram maiores que nos ramos provenientes do campo.

Em estudos de enraizamento de estacas de abacateiro, o acúmulo de carboidratos na base das estacas ocorreu durante o período de enraizamento realizado em condições de câmara de nebulização. Os autores concluíram que o enraizamento dos diferentes clones foi correlacionado com o número de folhas remanescentes em suas estacas (REUVENI e RAVIV, 1980). Neste estudo, é possível que o mesmo tenha ocorrido, haja vista que as estacas permaneceram com um par de meio folíolo durante o enraizamento em viveiro sob 50% de irradiância e nebulização intermitente. Esta condição possibilitou a manutenção da fotossíntese neste período, garantindo fornecimento de carboidratos para a formação de raízes. Tal fato pode ter contribuído para o maior enraizamento nas plantas conduzidas com baixo nível de irradiância no campo.

A presença da folha nas estacas é muito importante onde juntamente com as gemas, constituem fontes de auxina, a qual é translocada para a base das estacas (HARTMANN et al., 2002). A contribuição das folhas no processo de enraizamento também é explicada pela continuação do processo de fotossíntese que leva à produção de carboidratos e sua acumulação no sentido basípeto das estacas (REUVENI e RAVIV, 1980).

## 5.7 Correlação entre o teor de carboidratos e o enraizamento de estacas de guaranazeiro

A concentração de amido na cv, BRS-Maués potencializou o enraizamento de suas estacas, o que pode ser constatado pelos altos valores de correlação do teor deste carboidrato no ramo com a porcentagem de estacas enraizadas (0,51), com o número de raízes (0,84) e com o peso da matéria seca das raízes (0,84). No entanto, para o amido acumulado nas estacas houve correlação positiva apenas para porcentagem de estacas enraizadas e comprimento da raiz (Tabela 21).

**Tabela 21.** Coeficiente de correlação de Pearson entre os teores de carboidratos em ramos (R) e em estacas enraizadas (EE) de guaranazeiro cultivar BRS-Maués e as características<sup>1</sup> referentes ao sistema radicular, Manaus-2010

	Amido R	Amido EE	AST R	AST EE	%EE	%EM	CR	NR	VR
Amido EE	-0,56**								
AST <sup>2</sup> R	0,55**	-0,56							
AST EE	-0,52**	0,27ns	-0,56**						
%EE	0,51*	0,48*	0,39ns	-0,44*					
%EM	0,59**	-0,55**	0,85**	-0,53**	0,36ns				
CR	-0,67**	0,46*	-0,70**	-0,72**	-0,55**	-0,67**			
NR	0,84**	-0,53**	0,62**	-0,51*	0,33ns	0,60**	-0,66**		
VR	-0,25ns	0,01ns	0,20ns	0,32ns	0,41ns	0,05ns	-0,02ns	-0,28ns	
MSR	0,84**	-0,66**	0,78**	-0,70**	0,62**	0,77**	-0,83**	0,74**	0,14ns

\* e \*\* = significativo a 5% e 1 % de probabilidade; ns = não significativo.

<sup>1</sup>Porcentagem de estacas enraizadas (%EE), porcentagem de estacas mortas (%EM), comprimento de raiz (CR), número de raízes (NR), volume de raiz (VR) e peso da matéria seca das raízes (MSR); <sup>2</sup>Açúcares solúveis totais.

Os açúcares exercem funções estruturais relevantes ao processo bioquímico durante a expansão celular, formação de novos tecidos e iniciação de raízes adventícias (HARTMANN et al., 2002). Portanto, teores mais elevados de carboidratos têm se correlacionado com maiores porcentagens de enraizamento, sobrevivência de estacas e comprimento das raízes (JANICK, 1966; PIO et al., 2008).

No entanto, Poulsen e Andersen (1989) afirmaram que existe uma exigência diferencial entre espécies quanto aos teores mínimos de carboidratos na estaca, para o sucesso do enraizamento. Veierskov e Andersen (1982) obtiveram maior conteúdo de amido em estacas de ervilha, com o incremento de irradiância sobre as plantas matrizes, porém o conteúdo de carboidratos não esteve correlacionado com o processo de diferenciação e iniciação de primórdios radiculares, mas sim com o desenvolvimento das raízes formadas.

O teor de açúcares solúveis totais nos ramos da cv BRS-Maués não apresentou correlação com o percentual de estacas enraizadas e com o volume de raiz, porém com a porcentagem de estacas mortas a correção foi alta (0,85) de forma que aumento nos teores de AST, possivelmente aumentaria o percentual de estacas mortas.

Resultado semelhante também ocorreu em estacas de *Pinus sylvestris* retiradas de plantas sob alta irradiância, onde a inibição do enraizamento das estacas apresentou correlação com a superprodução de carboidratos que se tornou muito elevada em comparação à taxa de auxinas endógenas (HANSEN et al., 1978).

Para o teor de AST nas estacas enraizadas da cv. BRS-Maués foram observadas correlações negativas em relação às características avaliadas, exceto para volume de raiz que não foi significativo. No entanto, em *Coffea canephora*, a maior quantidade de açúcares redutores e não-redutores, assim como açúcares totais, foi acumulada no verão, período de maior enraizamento das estacas, quando comparado com o inverno (PURUSHOTHAM et al., 1984).

Uma vez que os baixos níveis de irradiância no pré-tratamento das plantas matrizes promoveram maiores percentuais de enraizamento para cv. BRS-Maués, provavelmente pelo aumento nas taxas de auxina endógena, e que houve acúmulo de carboidratos nas estacas deste tratamento durante o processo de enraizamento no viveiro, é possível que fatores endógenos como a metabolização e a translocação dessas substâncias, tenham atuado sinergicamente criando condição fisiológica adequada para estimular o enraizamento desta cultivar.

Para a cv. BRS-CG 882 houve correlação positiva quanto a porcentagem de amido nos ramos e a maioria das características avaliadas no enraizamento (Tabela 22). Já para o amido encontrado nas estacas enraizadas, as correlações foram negativas em sua maioria. Tal fato indica que maiores teores de amido nos ramos seriam favoráveis ao enraizamento e que a redução deste nas estacas enraizadas implicaria em maiores percentuais de enraizamento, formação de raízes e peso de matéria seca das raízes.

Quanto aos açúcares solúveis totais nos ramos não houve correlação com o %EE, NR, VR E MSR. Quanto aos teores destes nas estacas após o enraizamento, a correlação foi negativa para todas as características avaliadas, exceto para CR onde foi encontrada alta correlação positiva (Tabela 22).

**Tabela 22.** Coeficiente de correlação de Pearson entre os teores de carboidratos em ramos (R) e em estacas enraizadas (EE) de guaranazeiro cultivar BRS-CG 882 e as características<sup>1</sup> referentes ao sistema radicular, Manaus-2010

	Amido R	Amido EE	AST R	AST ESTACAS ENRAIZADAS	%EE	%EM	CR	NR	VR
Amido EE	-0,75**								
AST <sup>2</sup> R	0,53*	-0,58*							
AST EE	-0,82**	0,85**	-0,60**						
%EE	0,62**	-0,59**	0,29ns	-0,65**					
%EM	0,66**	-0,65**	0,48*	-0,68**	0,55*				
CR	-0,76**	0,74**	-0,57*	0,79**	-0,60**	0,59**			
NR	0,73**	-0,59**	0,39ns	-0,62**	0,55**	0,50*	- 0,59**		
VR	0,03ns	-0,15ns	0,34ns	-0,32ns	-0,19ns	0,39ns	0,20ns	- 0,53ns	
MSR	0,82**	-0,76**	0,27ns	-0,77**	0,53*	0,41ns	- 0,82**	0,78**	0,01ns

\* e \*\* = significativo a 5% e 1 % de probabilidade; ns = não significativo.

<sup>1</sup> Porcentagem de estacas enraizadas (%EE), porcentagem de estacas mortas (%EM), comprimento de raiz (CR), número de raízes (NR), volume de raiz (VR) e peso da matéria seca das raízes (MSR); <sup>2</sup> Açúcares solúveis totais.

De acordo com Veiersov (1988), o teor de carboidratos é apenas um parâmetro que reflete a condição de desenvolvimento da planta matriz e pode mostrar correlação com a capacidade de enraizamento das estacas, sem ter nenhuma função reguladora no enraizamento. Em estacas de *Pyrus calleryana* os carboidratos não foram determinantes em promover ou melhorar a capacidade de enraizamento (REIS et al., 2000).

Estudo de enraizamento de estacas de *Tibouchina sellowiana* em diferentes épocas, comprovaram que na primavera e no verão ocorreu menor acúmulo de açúcares solúveis totais, porém, maior enraizamento (BORTOLINI, 2006).

Para a cv. BRS-CG 882, classificada como de baixo enraizamento, neste estudo houve aumento no percentual de enraizamento de suas estacas e na qualidade do sistema radicular. No entanto não houve troca de classificação quanto à habilidade de enraizamento em relação às outras cultivares. Isto pode estar relacionado à fatores genéticos inerentes à cultivar, tendo em vista que nas mesmas condições de experimento, não houve resposta satisfatória para o caráter enraizamento.

## 6 CONCLUSÕES

A adubação aumentou o percentual de enraizamento e reduziu a mortalidade das estacas;

Com adubação, as cvs. BRS-Maués, CMU 381 e BRS-CG 882 enraizaram melhor;

A redução da irradiância incidente sobre as plantas matrizes favoreceu o enraizamento;

Os maiores índices de enraizamento foram obtidos com 30% de irradiância e os menores com 100% para cinco das seis cultivares estudadas;

Na interação AIB x irradiância, independente da cultivar, a aplicação do fitohormônio resultou em maior mortalidade das estacas em todos os níveis de irradiância;

BRS-Maués expressou maior potencial de enraizamento, e BRS-CG 882 apresentou menor desempenho no processo rizogênico;

O maior teor de amido foi registrado nos ramos da cv. BRS-Maués, em plantas conduzidas sob 70% de irradiância no campo;

BRS-Maués foi mais eficiente em acumular amido que a BRS-CG 882;

Os teores de amido nos ramos das cv, BRS-Maués e BRS-Mundurucânia apresentaram correlações positivas com a porcentagem de estacas enraizadas dessas cultivares;

As cultivares apresentaram diferentes capacidades de enraizamento.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e doença do eucalipto**. Viçosa: UFV, 442 p. 2004.

ALMEIDA, F. D. **Propagação vegetativa de *Eucalyptus cloenziana* F. Muell. por estaquia e miniestaquia**. 2006. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

ARRUDA, M. R. DE.; PEREIRA, J. C. R.; MOREIRA, A. Enraizamento de estacas herbáceas de clones de guaranazeiro em diferentes substratos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 1, p. 236-241, 2007.

ARRUDA, M. R. DE; PEREIRA, J. C. R. Adubação do guaranazeiro do Amazonas. **Comunicado Técnico**, 43. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 3 p, 2006.

ATROCH, A. L. **Avaliação e seleção de progênies de meios irmãos de guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke) utilizando caracteres morfo-agronômicos**. 2009, 72 p. Tese (Doutorado em Genética) – Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia – INPA, Manaus, 2009.

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

BASSUK, N.; MAYNARD, B. Stock plant etiolation. **HortScience**, Alexandria, v. 22, n. 5, p. 749-750, 1987.

BASTOS, D. C.; SCAPARE FILHO, J. A.; LIBARDI, M. N.; PIO, R. Estiolamento, incisão na base da estaca e uso do ácido indolbutírico na propagação da caramboleira por estacas lenhosas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 313 – 318, 2009.

BASTOS, D. C.; SCARPARE FILHO, J. A.; FATINANSI, J. C.; PIO, R. Estiolamento, incisão na base da estaca e uso de AIB no enraizamento de estacas herbáceas de caramboleira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 281-284, 2005.

BERGO, C. L. **Propagação vegetativa do cafeeiro (*Coffea canephora*) por meio de enraizamento de estacas**. Rio Branco: Embrapa Acre-Centro de Pesquisa Agroflorestal do Acre. Pesquisa em Andamento, 128, p. 1-2, 1998.

BIASE, L. A. Emprego do estiolamento na propagação de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 309-314. 1996.

BIASE, L. A.; STOLTE, R. E.; SILVA, M. F. da. Estaquia de ramos semi-lenhosos de pessegueiro e nectarineira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.22, n.3, p.421-425, 2000.

BLAZICH, F. A. Mineral nutrition and adventitious rooting. In: DAVIES, T. D.; HAISSIG, B. E.; SANKHLA, N. (Ed.) **Adventitious root formation in cuttings**. Portland: Dioscorides Presss, p. 61-69, 1988.

BLAZICH, F. A.; HEUSER, C. W. A histological study of adventitious root initiation in mung bean cuttings. **Journal of the American Society of Horticulturæ Science**. v. 104, p. 63-67, 1979.

BOHM, W. **Methods of studying root systems**. New York: Springer-Verlag, 188p, 1979.

BONGA, J. M. Vegetative propagation in relation to juvenility, maturity and rejuvenation. In: BONGA, J. M.; DURZAN, D. J. **Tissue culture in forestry**. Martinus Nijhoff / Dr W. Junk Publishers, The Hague, p. 387-412, 1982.

BORTOLINI, M. F. **Uso de ácido indol butírico na estaquia de *Tibouchina sellowiana* (cham.) Cogn.** 2006. 85f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

CARDOSO, L. S. A força do guaraná em Urucará. **Afeam Informativo**, ano III, n. 25, Manaus, p. 8-9, 2010.

CARREIRA, M. V. S. La propagacion vegetativa em el genero Pinus. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.2, n.7, p.3-29, 1977.

CASAGRANDE JUNIOR, et al. Influência do sombreamento sobre os teores de carboidratos e fenóis em estacas semilenhosas de araçazeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.12, p.2219-2223, 1999.

CASTRO, A. M. G. DE; FERREIRA, M. A. **Enraizamento de estacas de guaraná**, Manaus – AM, Associação de Crédito e Assistência Rural do Amazonas – ACAR/AM, 21 p, il. 1973.

CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba, Agropecuária, 132 p. 2001.

CHRISTENSEN, M. V.; ERIKSEN, E. N.; ANDERSEN, A. S. Interaction of stock plant irradiance and auxin in the propagation of apple rootstocks by cuttings. **Scientia Horticulturæ**. v.12, n.1, p.11-17, 1980.

CORRÊA, M. P. F.; ESCOBAR, J. R.; FONSECA, C. E. L. **Propagação vegetativa do guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart. Ducke))** alguns resultados de pesquisa. In: 1º SIMPÓSIO BRASILEIRO DO GUARANÁ, 1983, Manaus. **Anais...** Embrapa-UEPAE, Manaus, p. 204-220, 1984.

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

COSTA, JR. W. H.; SCARPARE FILHO, J. A.; BASTOS, D. C. Estiolamento da planta matriz e uso de ácido indolbutírico no enraizamento de estacas de goiabeiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 301-304, 2003.

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.

CUNHA, A. C. M. C. M. da; PAIVA, H. N. DE; LEITE, H. G.; BARROS, N. F. DE; LEITE, F. P. Relação entre variáveis climáticas com produção e enraizamento de miniestacas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 2, p.195-203, 2009b.

CUNHA, A. C. M. C. M. da; PAIVA, H. N. DE; LEITE, H. G.; BARROS, N. F. DE; LEITE, F. P. Influência do estado nutricional de minicepas no enraizamento de miniestacas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v.33, n. 4, p. 607-615, 2009a.

CUNHA, A. C. M. C. M. da; PAIVA, H. N. DE; XAVIER, A.; OTONI, W. C. Papel da nutrição mineral na formação de raízes adventícias em plantas lenhosas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 58, p. 35-49, 2009.

DAVIES JUNIOR, F. T.; HARTMANN, H. T. The physiological basis of adventitious root formation. **Acta Horticulturae**. v. 227, p. 113-120, 1988.

DAVIES JUNIOR, F. T. Shoot RNA, cambial activity and indolebutyric acid effectively in seasonal rooting of juvenile and mature *Ficus pumila* cuttings. **Physiologia Plantarum**. Copenhagen, v. 62, n. 1-7, p. 571-575, 1984.

DAVIS, T. D.; HAISSIG, B. E.; SANKHLA, N. **Adventitious root formation in cuttings**. Portland: Dioscorides Press, v. 2, 315p, 1989.

DIAS, H. C. T.; ANDRADE, L. A.; MATIAS, S. S.; SATO, A. Y.; SOUZA, A. P. Dinâmica de nutrientes e enraizamento de estacas de *Celtis* sp. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 26, n. 1, p. 7-12, 2002.

DUTRA, L. F.; SCHWENGBER, J. E.; TONIETO, A. Enraizamento de estacas de pessegueiro (*Prunus persica* (L.) Batsch). **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 5, n. 2, p. 93-95, 1999.

ECONOMOU, A. S., READ, P. E. Light treatments to improve efficiency of in vitro propagation systems. **Hort Science**, Alexandria, v. 22, n. 5, p. 751-754, 1987.

EHLERT, P. A. D.; LUZ, J. M. Q.; INNECCO, R. Propagação vegetativa da alfavaca-cravo utilizando diferentes tipos de estacas e substratos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 10-13, 2004.

ELIASSON, L.; BRUNES, L. Light effects on root formation in aspen and willow cuttings. **Physiologia Plantarum**. Munksgaard, v. 48, n. 2, p. 261-265, 1980.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Embrapa Amazônia Ocidental. Sistema de produção para guaraná. **Documentos**, 13. Manaus, 4ª ed., 40 p, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Embrapa Amazônia Ocidental. Embrapa vai lançar quatro cultivares de guaranzeiro. Disponível em: <http://www.cpa.embrapa.br:8080/embrapa/transferencia-de-tecnologia/Embrapa->



amazonia-ocidental-se-prepara-para-lancar-quatro-cultivares-de-guaranazeiro. Acesso em: 03 mai. 2011.

ESCOBAR, J. R. **Relatório de atividade de pesquisa, convênio IICA-EMBRAPA/UEPAE de Manaus 1981-86**. Manaus: IICA/EMBRAPA, 117p, 1986.

ESCOBAR, J. R.; CORREA, M. P. F.; BARRETO, J. F.; DANTAS, J. C. R. Desenvolvimento e crescimento de mudas de guaraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 21, n. 4, p. 399-408, 1986.

FACHINELLO, J. C. **Efeitos morfo-fisiológicos do anelamento de estacas lenhosas de macieira cultivar malling-merton 106**. 1986, 93 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz – Esalq, Piracicaba, 1986.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C. **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília: Embrapa, 221 p, 2005.

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

FACHINELLO, J. C.; KERSTEN, E.; SILVEIRA JUNIOR, P. Efeito do ácido indolbutírico na percentagem de estacas lenhosas enraizadas e na obtenção de mudas de pessegueiro (*Prunus persica* (L.) Batsch). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 7., 1984, Florianópolis. **Anais...** Sociedade Brasileira de Fruticultura, [1984] p. 1088-1096.

FACHINELLO, J. C.; LUCCHESI, A. A.; GUTIERREZ, L. E. Influência do anelamento na nutrição e no enraizamento de estacas lenhosas do porta-enxerto (Malling-Merton 106). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 9, p. 1025-1031, 1988.

FANG, W. C.; KAO, C. H. Enhanced peroxidase activity in rice leaves in response to excess iron, copper and zinc. **Plant Science**, v. 158, n. 1, p. 71-76, 2000.

FERRI, C.P. Enraizamento de estacas de citrus. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Cruz das Almas, v. 19, n. 1, p. 113-121, 1997.

FRASSETTO, E. G. **Enraizamento adventício de estacas de *Sebastiania schottiana* Müll. Arg.** 2007. 115 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria, 2007.

GARCIA, T. B.; NASCIMENTO FILHO, F. J. DO; SILVA, S. E. L. DA. Propagação vegetativa do guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*). **EMBRAPA-CPAA. Circular Técnica** 4, 20 p, 1999.

GARDNER, F. E. Etiolation as a method of rooting apple variety stem cuttings. **Proceedings American Society for Horticultural Science**, St. Joseph, v. 34, p. 323-329, 1936.

GONÇALVES, J. R. C. A cultura do guaraná. Belém, IPEAN. **Culturas da Amazônia**, v. 2, n. 1. 13 p, 1971.

GOULART, P. B.; XAVIER, A.; DIAS, J. M. M. Efeito de antioxidantes no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis* X *E. urophylla*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n .6, p. 961-972, 2010.

HAINES, R. J. Mass propagation by cuttings, biotechnologies and capture of genetic gain. In: SYMPOSIUM IN IUFRO'S CENTENNIAL YEAR: mass production technology for genetically improved fast growing forest tree species. 1992, Bordeaux. **Syntheses...** Paris: Afocel/Iufro, p.128-144, 1992.

HAISSIG, B. E. 1986. Metabolic processes in adventitious rooting of cuttings. In HAMILTON, D. F.; GRAÇA, M. E. C.; VERKADE, S. S. 1981. Critical effects of fertility on root and shoot growth of selected landscape plants. **Journal of Arboriculture**, v. 7, n.11, p. 281-90.

HAISSIG, B.E. Influences as of auxins and auxin synergists on adventitious root primordium initiation and development. **New Zealand Journal of Forestry Science**, v.4, p.311-323, 1974.

HAMILTON, D. F.; GRAÇA, M. E. C.; VERKADE, S. S. Critical effects of fertility on root and shoot growth of selected landscape plants. **Journal of Arboriculture**, v. 7, n.11, p. 281-90, 1981.

HANSEN, J. Stock plant lighting and adventitious root formation. **Hortscience**. v. 22, n. 5, p. 746-749, 1987.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIS JUNIOR, F. T.; GENEVE, R. L. **Plant Propagation: principles and practices**. New York: Englewood Clippings, 7 ed. 880p, 2002.

HELLER, A.; BOROCHOV, A.; HALEVY, A. H. Factors affecting rooting ability of *Coleonema aspalathoides*. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 8, p. 335-341, 1994. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/030442389490103>. Acesso: 22 julho 2011.

HESS, C. E. Internal and external factors regulating root initiation. **Proceedings of the 15 th Easter Sch. Agriculture Science**, London, p. 42-53, 1968.

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; GONÇALVES, A. N. Nutritional monitoring and fertilization in clonal macro-, mini-, and microgardens. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETI, V. (Eds.). **Forest nutrition and fertilization**. Piracicaba: IPEF, p. 195-221, 2004.

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; GONSALVES, A. N. Propagação vegetativa de *Eucalyptus*: princípios básicos e sua evolução no Brasil. **Circular Técnica IPEF**, n. 192, p. 11, 2000.

HINOJOSA, G. F. Auxinas. In: CID, L. P. B. Introdução aos hormônios vegetais. Brasília, DF: Embrapa, 2000. p. 15-54.

HOWARD, B. H.; HARRISON–MURRAY, R. S.; MALKENZIE, K. A. D. Rooting responses to wounding winter cutting of “EM-26” Apple rootstock. **Journal of Horticultural Science, Ashford**, v. 59, n. 2, p. 131-139, 1984.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Levantamento da produção nacional de guaraná, safra 2008-2009**. 2009. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 14 de setembro de 2010.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO AGROPECUÁRIO - IDAM. Relatório de Atividades, **Quadro consolidado por atividade e produto**, Manaus, jan-jun. 86 p, 2006.

JACKSON, M. B. **New root formation in plants and cuttings**. Dordrecht: Martinus Nijhoff, p. 141- 189.

JANICK, J. **A ciência da horticultura**. 2 ed. Rio de Janeiro: F. Bastos, 485 p, 1966.

JOHNSON, C. R.; HAMILTON, D. F. Rooting of *Hibiscus rosasinensis* L. cuttings as influenced by light intensity and ethephon. **Hortscience**, v. 12, n.1, p. 39-40, 1977.

JOHNSON, C. R.; ROBERTS, A. N. The effect of shading rhododendron. Stock plants on flowering and rooting. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 96, n. 2, p. 166-168, 1971.

KEFELI, V. I.; KADYRON, C. Sh. Natural growth inhibitors, their chemical and physiological properties. **Annual Review of Plant Physiology**, v.57, p.185-196, 1971.

KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI, T. T. **Fisiologia das árvores**. Lisboa: Calouste Gulbenkian, 745 p, 1972.

LIMA, A. C. S.; ALMEIDA, F. A. C.; ALMEIDA, F. C. G. Estudos sobre o enraizamento de estacas de acerola (*Malpighia glabra* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 14, n. 1, p. 7-13, 1992.

LLERAS, E. Considerações sobre distribuição geográfica e taxonomia do guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*) e taxas afins na Amazônia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DO GUARANÁ, 1., 1983, Manaus. **Anais...** Manaus: EMBRAPA UEPAE. p. 281-292, 1984.

LORENZ, S. da S. 2000. **Os filhos do guaraná**. Centro de Trabalho Indigenista – CTI/SP. Disponível em: <http://pib.socioambiental.org/pt/povo/satere-mawe/968>. Acessado em: 05 mar. 2011.

LOVELL, J.; WHITE, P. H. Anatomical changes during adventitious root formation. In: JACKSON, M. B. **New root formation in plants and cuttings**, Dordrecht, Martinus Nijhoff Publishers, p. 111-140, 1986.

MAFIA, R. G.; ALFENAS, A. C.; SIQUEIRA, L. DE; FERREIRA, E. M.; LEITE, H. G.; CAVALLAZZI, J. R. P. Critério técnico para determinação da idade ótima de mudas de eucalipto para plantio. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 947-953, 2005.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo. Ceres. 2006. 638 p.

MALDINEY, R.; LEROUX, B.; SABBAGH, I.; SOTTA, B.; SOSSOUNTZOV, L.; MIGINIAC, E. A biotin-avidine enzyme immunoassay to quantify three phytohormones: auxin, abscisic acid and zeatin-riboside. **Journal Immunologia**, Meth. 90, p. 151-158, 1986.

MAYNARD, B.K.; BASSUK, N.L. Effects of stock plant etiolation, shading, banding, and shoot development on histology and cutting propagation of *Carpinus betulus* L. *fastigiata*. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.121, n.5, p.853-860,1996.

MAYNARD, B. K. e BASSUK, N. L. Stock plant etiolation, Shading and Banding effects on cutting propagation of *Carpinus betulus*. **Journal of the American Society for Horticultural Science**. v.117, n.5, p.740-744, 1992.

MAYNARD, B. K., BASSUK, N. L. Etiolation and banding effects on adventitious root formation. In: DAVIES, T. D., HAISING, B. E., SANKHLA, N. (Eds.). **Adventitious root formation in Biasi cuttings**. Portland, Dioscorides Press, v. 2, p. 29-46, 1988.

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. 1156-1158, 1950.

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

MIRANDA, C. S.; CHALFUN, N.J.; HOFFMANN, A.; DUTRA, L. F.; COELHO, G. V. A. Enxertia recíproca e AIB como fatores indutores do enraizamento de estacas lenhosas dos porta-enxertos de pessegueiro ‘Okinawa’ e umezeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 4, p. 778-784, 2004.

MITRA, S. K.; BOSE, T. K. Standardisation of propagation techniques by cutting of some tropical fruit crops. **Scientific-Horticulture**, n. 5, v. 1, p. 1-7, 1996.

NACHTIGAL, J. C.; HOFFMANN, A.; KLUGE, R. A. Enraizamento de estacas semilenhosas de araçazeiro (*Psidium cattleianum* Sabine) com o uso do ácido indolbutírico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 16, n. 1, p. 229-235, 1994.

NAGESWARARAO, M. B.; SATYANARAYA-NA, G.; SHIV RAJ, A.; GNANAKUMARJ, N.; PADMANABHAM, V. Influence of post-ringing period on cofactor activity and total phenol content in ringed shoot cuttings of cashew (*Anacardium occidentale* L.). **Tropical Agriculture**, Trinidad, v. 65, n. 4, p. 370-372, 1988.

NASCIMENTO FILHO, F. J. DO. **Interação genótipos x ambientes, adaptabilidade, estabilidade e repetibilidade em clones de guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke)**. 2003. 182 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

NASCIMENTO FILHO, F. J. DO. **Coefficientes de caminhamento entre caracteres da parte aérea e do sistema radicular em guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*)**. 1988. 101 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz- ESALQ, Piracicaba, 1988.

NASCIMENTO FILHO, F. J. DO; ATROCH, A. L.; SOUSA, N. R.; GARCIA, T. B.; CRAVO, M. DA S.; COUTINHO, E. F. Divergência genética entre clones de guaranazeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.16, n. 3, p. 501-506, 2001.

NASCIMENTO FILHO, F. J. DO; ATROCH, A. L. Desempenho de guaranazeiros clonados em relação aos plantios tradicionais. Manaus, **Embrapa Amazônia Ocidental**, folder, 1p, 2005.

NASCIMENTO FILHO, F. J. DO; ATROCH, A. L.; CRAVO, M. DA S.; GARCIA, T. B.; RIBEIRO, J. DE R. C.; LIMA, L. DOS P.; FERREIRA, J. O. Novos clones de guaranazeiro para o Estado do Amazonas. EMBRAPA-CPAA, **Comunicado Técnico 8**, 3 p, 2000.

NASCIMENTO FILHO, F. J. DO; ATROCH, A. L.; CRAVO, M. DA S.; MACÊDO, J. L. V. de; GARCIA, T. B.; COSTA JÚNIOR, R. C.; RIBEIRO, J. DE R. C. Clones de guaranazeiro para o Estado do Amazonas. EMBRAPA-CPAA, **Comunicado Técnico 1**, 3 p, 1999.

NAZARÉ, R. F. R. DE.; FIGUEIREDO, F. J. C. Contribuição ao estudo do guaraná. Belém, EMBRAPA-CPATU. **Documentos**, 4. 40 p, 1982.

NAZARÉ, R. F. R. DE.; O guaraná: histórico, composição e utilização do produto e subprodutos. **Foods food ingredients journal of Japan**, p. 45-52, 2002.

NICOLOSO, F. T.; FORTUNATO, R. P.; FOGAÇA, M. A. DE F. Influência da posição da estaca no ramo sobre o enraizamento de *pfaffia glomerata* (spreng.) Pedersen em dois substrates. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 2, p. 277-283, 1999.

NIENOW, A. A.; CHURA, G.; PETRY, C.; COSTA, C. Enraizamento de estacas de quaresmeira em duas épocas e concentrações de ácido indolbutírico. **Revista Brasileira Agrociência**, v.16, n.1-4, p.139-142, 2010.

NORBERTO, P. M. **Efeito da época de poda, cianamida hidrogenada, irrigação e Ácidoindolbutírico na colheita antecipada e enraizamento de estacas de figueira (*Ficus carica* L.)**. 1999. 89 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

NORBERTO, P. M.; CHALFUN, N. N. J.; PASQUAL, M.; VEIGA, R. D.; PEREIRA G. E.; MOTA, J. H. Efeito da época de estaquia e do IBA no enraizamento de estacas de figueira (*Ficus carica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 3, p. 533-541, 2001.

OLIVEIRA, J. A.; JUNQUEIRA, N. T. V.; PEIXOTO, J. R.; PEREIRA, A. V. Efeito dos substratos artificiais no enraizamento e no desenvolvimento de estacas de maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.), **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 2, p. 505-508, 2002.

OLIVEIRA, M. C. DE; VIERA NETO, J.; PIO, R.; OLIVEIRA, A. F. DE; RAMOS, J. D. Enraizamento de estacas de oliveira submetidas a aplicação de fertilizantes orgânicos e AIB. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 337-344, 2010.

ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. **Aspectos da Fisiologia do Enraizamento de Estacas Caulinares**. Jaboticabal: FUNEP, 83p, 1996.

PAIVA, H. N. DE; GOMES, J. M. **Propagação Vegetativa de Espécies Florestais**. Minas Gerais: Imprensa Universitária. 40 p, 1993.

PAIVA, H. N. DE; GOMES, J. M.; COUTO, L.; SILVA, A. R. DA. Propagação vegetativa de eucalipto por estaquia. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v. 18, n. 185, p. 23-29, 1996.

PASQUAL, M.; CHALFUN, N. N. J.; RAMOS, J. D.; VALE, M. R. DO; SILVA, C. R. **Fruticultura Comercial: propagação de plantas frutíferas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 137p, 2001.

PAULA, L. A.; CORRÊA, L. de S.; BOLIANI, A. C.; SANTOS, P. C. Efeito do ácido indolbutírico e épocas de estaqueamento sobre o enraizamento de estacas herbáceas de figueira (*Ficus carica* L.). **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 1 p. 87-92, 2009.

PAULA, T. A.; SILVEIRA, R. L. V. A.; RIGASHI, E. N.; GONSALVES, E. N. Efeito do potássio sobre a produção e enraizamento de estacas de *Eucalyptus*. In: REUNIÃO DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 2000. Santa Maria. **Resumos...** Santa Maria: SBCS/SBM, [2000] 25 p. CD-ROM.

PEIXE, A.; SERRAS, M.; CAMPOS, C.; ZAVATTIERI, M. A.; DIAS, M. A. S. Estudo histológico sobre a formação de raízes adventícias em estacas caulinares de oliveira (*Olea europaea* L.). **Revista de Ciências Agrárias**. v. 30, n. 1, p. 476-482, 2007.

PEREIRA J. C. R. **Pesquisa com Guaranazeiro na Embrapa Amazônia Ocidental: status atual e perspectivas**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental. p. 244-250, 2007.

PEREIRA, F. M.; NACHTIGAL, J. C. Propagação da goiabeira. In: PEREIRA, F. M. (Ed.). 1º Simpósio Brasileiro sobre a Cultura da Goiabeira. 1997, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal, p. 17-32, 1997.

PEREIRA, F. M.; PETRECHEN, E. H.; BENINCASA, M. M. P.; BANZATTO, D. A. Efeito do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas herbáceas de goiabeira (*Psidium guajava* L.) das cultivares rica e paluma, em câmara de nebulização. **Científica**. v. 19, n. 2, p. 199-206, 1991.

PERES, L. E. P.; MERCIER, H.; KERBAUY, G. B.; ZAFFARI, G. R. Níveis endógenos de AIA, citocininas e ABA em uma orquídea acaule e uma bromélia sem raiz, determinados por HPLC e ELISA. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. n. 9, p. 169-176, 1997.

PIO, R.; RAMOS, J. D.; CHALFUN, N. N. J.; CHAGAS, E. A.; DALASTRA, I. M.; CAMPAGNOLO, M. A.; CHALFUN, M. Z. H. Enraizamento de estacas apicais de

figueira e desenvolvimento inicial das plantas no campo. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 2, p. 147-152, 2008.

PIO, R.; RAMOS, J. D.; CHALFUN, N. N. J.; GONTIJO, T. C. A.; MENDONÇA, V.; ARRIJO, E. P.; CHAGAS, E. A. Propagação de estacas apicais de figueira: diferentes ambientes, ácido indolbutírico e tipo de estaca. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 5, p. 1021-1026, 2006.

POULSEN, A.; ANDERSEN, A. S. Propagation of *Hedera helix*. Influence of irradiance to stock plant, length of internode and topophysis of cuttings. **Physiologia Plantarum**, v. 49, p. 359-365, 1989.

PURUSHOTHAM, K.; SULLADMATH, U. V.; RAMAIAH, P. K. Seasonal changes in biochemical constituents and their relation to rooting of coffee (*Coffea canephora* Pierre) sucker cuttings. **Journal of Coffee Research**. Mysore, v.14, n. 3, p.117-130, 1984.

REIS, J. M. R.; CHALFUN, N. N. J.; LIMA, L. C. O.; LIMA, L. C. Efeito do estiolamento e do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas do porta-enxerto *Pyrus calleryana* Dcne. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 24, n. 4, p. 931-938, 2000.

REUVENI, O.; RAVIV, M. The importance of leaf number to rooting avocado cuttings. **Journal of the American Society for Horticultural Science**. v. 106, n. 2, p. 127-130, 1980.

RODRIGUES, J. E.; LUCHESI, A. A. Propagação vegetativa do guaranazeiro (*Paullinia cupana* (Mart.) Ducke) através de estacas induzidas (capeadas) e com ácido indolbutírico. In: ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA LUIZ DE QUEIROZ, 1987, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, v. 44, n. 1, p. 1-20, 1987.

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

SANT'ANA, E. P.; SANT'ANA, E. V. P.; FAGERIA, N. K.; FREIRE, A. B. Utilização de fósforo e características do sistema radicular e da parte aérea da planta de arroz. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 2, p. 370-381, 2003.

SANTANTONIO, D.; HERMANN, R. K.; OVERTON, W. S. Root biomass studies in forest ecosystems. **Pedobiologia**, n. 15, p. 1-31, 1977.

SANTOS, P. E. T. O uso da clonagem na silvicultura intensa. **Revista Silvicultura**. São Paulo, v. 15, p. 28-30, 1994.

SCHWAMBACH, J.; FADANELLI, C.; FETT-NETO, A. G. Mineral nutrition and adventitious rooting in microcuttings of *Eucalyptus globulus*. **Tree Physiology**, v. 25, n. 4, p. 487-494, 2005.

SCHWAMBACH, J.; FADANELLI, C.; FETT-NETO, A. G. Mineral nutrition and adventitious rooting in microcuttings of *Eucalyptus globulus*. **Tree Physiology**, v.25, n. 4, p. 487-494, 2005.

SIERRALTA, S. L.; MORENO, L. A.; VILORIA, Z. Efecto de la exposición solar de las plantas donantes en la indicación del cultivo in vitro de Guayabo (*Psidium guajava* L.). **Revista de la Facultad de Agronomía**. v.14, n.1, p. 47-53, 1997.

SILVA, O. R. **Enraizamento de estacas de *Eucalyptus grandis* via sistema hidropônico**. 1998. 142 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa. 1998.

SOTTA, B.; PILATE, G.; PELESE, F.; SABBAGH, I.; BONNET, M.; MALDINEY, R. An avidine biotin solid phase ELISA for fentomole isopentenyladenine and isopentenyladenosine measurements in HPLC purified plant extracts. **Plant Physiol.** n. 84, p. 571-573, 1987.

SOUZA, H. M. Os tipos de estacas. **Suplemento Agrícola**, n. 141, p.7, 1977.

SOUZA, S. R.; FERNANDES, M. S. Nitrogênio. In: FERNANDES, M. S. (Ed.) **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, p. 215-252, 2006.

STRONQUIST, L. H.; HANSEN, H. Effects of auxin and irradiance on the rooting of cuttings of *Pinus silvestris*. **Physiologia Plantarum**, v. 49, n. 4, p. 346-350, 1980.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. (Ed.) **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed. 4 ed. 820 p. 2008.

TAVARES, M. S. W.; KERSTEN, E.; SIEWERDT, F. Efeitos do ácido indolbutírico e da época de coleta de enraizamento de estacas de goiabeira (*Psidium guajava* L.). **Scientia Agrícola**. v. 52, n. 2, p. 310-317, 1995.

THOMAS, P.; RAVINDRA, M. B. Shoot tip culture in mango: influence of medium, genotype, explants factors, season and decontamination treatments on phenolic exudation explants survival and axemic culture establishment. **Journal of horticulture science**, Bangalore, v. 72, n. 5, p. 713-722, 1997.

TORRES, A. G. M. **Relação entre sazonalidade, desrama e carboidratos no crescimento do eucalipto na propagação vegetativa por miniestaqueia**. 2003. 79 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ, Piracicaba, 2003.

TREVISAN, R.; SCHWARTZ, E.; KERSTEN, E. Capacidade de enraizamento de estacas de ramos de pessegueiro (*Prunus persica* (L.) Batsch) de diferentes cultivares. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 5, n. 1, p. 29-33, 2000.

Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. Acesso em: 14 set 2010. Disponível em: <<http://www.tropicos.org>>.

VEERARAGAVATHATHAM, D.; MADHAVA RAO, V.N.; SHANMUGAVELU, K.G. Effect of etiolation in rooting of stem cuttings jasminae. **Indian Journal of Horticulture**, Bangalore, v. 42, n.3/4, p. 287-289, 1985.



VEIERSKOV, B.; ANDERSEN, S. A. Dynamics of extractable carbohydrates in *Pisum sativum*. III. The effect of IAA on content and translocation of carbohydrates in pea cuttings during rooting. **Physiology Plant**. 55:179-182, 1982.

VOLTOLINI, J. A. Influência do sombreamento, AIB e época na produção de mudas de araçazeiro (*Psidium cattleianum* Sabine). Pelotas, 1996, 61p. Dissertação (mestrado em Agronomia). Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel/Universidade Federal de Pelotas, 1996.

VOLTOLINI, J.; FACHINELLO, J. Effect of shading *Cattleya guava* stock plant (*psidium cattleianum* sabine) on propagation by cuttings. **Acta Horticulturae**, (ISHS) 452, p. 59-62, 1997. Disponível em: [http://www.actahort.org/books/452/452\\_9.htm](http://www.actahort.org/books/452/452_9.htm), acesso em: 20 julho 2011.

WACHOWICZ, C. M.; CARVALHO, R. I. N. **Fisiologia Vegetal: Produção e pós-colheita**. Curitiba: Editora Universitária Champagnat, 424 p, 2002.

WANG, Q.; ANDERSEN, A. S. Propagation of *Hibiscus rosa-sinensis*: relations treatments. **Acta Horticulturae**. v. 251, p. 289-309, 1989.

WEAVER, R.J. **Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura**. México: Editorial Trillas, S.A., 622 p, 1976.

WILLIAMS, R. R.; TAJI, A. M.; BOLTON, J. A. Suberizations and adventitious rooting in Australian plants. **Australian Journal of Botany**. Stanford, v. 32, p. 363-366, 1984.

WILSON, P. J.; van STADEN, J. Rhizocaline, rooting co-factors and the concept of promoters and inhibitors of adventitious rooting – a review. **Annals of Botany**, v.66, n.4, p.479-490, 1990.

XAVIER, A. **Silvicultura clonal I: Princípios e técnicas de propagação vegetativa**. Viçosa: UFV, 64 p, 2002.

XAVIER, A.; SANTOS, G. A. DOS; OLIVEIRA, M. L. DE. Enraizamento de miniestaca caulinar e foliar na propagação vegetativa de cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.) **Revista Árvore**. Viçosa, v. 27, n. 3, p. 351-356, 2003.

## **APÊNDICE**

**Apêndice A** – Resumo da Anova para estacas enraizadas (EE), com calo (EC) e mortas (EM) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, submetidos a quatro níveis de irradiância, com e sem adubação, Manaus, 2009

FV	GL	QM		
		EE	EC	EM
Adubação	1	43,0828 **	0,1050 ns	37,9051 **
Cultivar	5	24,7413**	45,0662 **	110,1063 **
Irradiância	3	25,2640 **	10,5302 **	25,8985 **
Adubação x Cultivar	5	10,9116 **	0,8083 ns	12,5464 **
Adubação x irradiância	3	9,9617 **	5,2204 **	7,9411 *
Cultivar x irradiância	15	10,2978 **	11,5308 **	6,9952 **
Adubação x Cultivar x irradiância	15	3,0197 *	2,2817 *	4,0690 ns
Resíduo	144	1,4927	1,1754	2,4394
C. V. (%)		16,53	69,05	29,3275

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

**Apêndice B** – Resumo da Anova para comprimento das raízes (CR), número de raízes (NR), volume das raízes (VR) e matéria seca das raízes (MSR) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, submetidos a quatro níveis de irradiância, com e sem adubação, Manaus-2009

FV	GL	QM			
		CR	NR	VR	MSR
Adubação	1	23,8924 ns	338,7781 **	21,5271 **	0,4351 **
Cultivar	5	204,9956 **	1505,1618 **	18,3507 **	0,4972 **
Irradiância	3	12,7170 ns	42,8596 ns	8,2724 **	0,2101 **
Adubação x Cultivar	5	3,7754 ns	75,5701 *	3,8805 **	0,0621 **
Adubação x irradiância	3	15,9893 ns	32,1730 ns	3,5206 **	0,1146 **
Cultivar x irradiância	15	25,1550 **	45,3141 ns	3,3162 **	0,0955 **
Adubo x Cultivar x irradiância	15	15,2562 *	61,1672 **	0,9267 ns	0,0351 *
Resíduo	144	8,1430	26,3344	0,8407	0,0175
C. V. (%)		25,81	41,20	31,84	30,59

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

**Apêndice C** – Resumo da Anova para estacas enraizadas (EE), com calo (EC) e mortas (EM) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, submetidos a quatro níveis de irradiância, com e sem adubação, tratadas ou não com AIB, Manaus -2010

FV	GL	QM		
		EE	EC	EM
Adubação	1	34,7847**	184426**	15,0792*
Cultivar	5	18,9858**	96,5920**	109,0723**
AIB	1	1,2973ns	101,4837**	49,0710**
Irradiância	3	19,5496**	3,7163*	20,8968**
Adubação x Cultivar	5	0,4836ns	2,7689ns	1,9923ns
Adubação x AIB	1	5,2030ns	1,1781ns	1,7298ns
Adubação x irradiância	3	1,1367*	1,5435ns	0,7809ns
Cultivar x AIB	5	35,9224**	14,0269**	23,9189**
Cultivar x irradiância	15	6,8758**	1,6881ns	6,0217**
AIB x irradiância	3	7,0206**	2,0178ns	8,0423*
Adubo x Cultivar x AIB	5	1,5838ns	1,3207ns	4,6697ns
Adubação x Cultivar x irradiância	15	3,3075**	2,4910*	6,1556**
Cultivar x AIB x irradiância	15	5,3994**	1,2396ns	6,0032**
Resíduo	192	1,4920	1,2523	2,6200
C. V. (%)		15,76	63,18	32,14

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

**Apêndice D** – Resumo da Anova para comprimento médio da raiz (CR), número de raízes (NR), volume das raízes (VR) e matéria seca das raízes (MSR) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, submetidos a quatro níveis de irradiância, com e sem adubação, tratadas ou não com AIB, Manaus -2010.

FV	GL	QM			
		CR	NR	VR	MSR
Adubação	1	8,8130ns	327,4453**	20,1189**	0,1696**
Cultivar	5	331,3773**	485,3396**	5,0181**	0,0520*
AIB	1	191,8514**	3878,2358**	21,8350**	0,9975**
Irradiância	3	14,1926ns	71,5016**	2,9689**	0,1150**
Adubo x Cultivar	5	10,6754ns	40,8984*	1,6802ns	0,0482ns
Adubo x AIB	1	0,4917ns	220,1326**	7,4498**	0,2128**
Adubo x irradiância	3	20,7040ns	36,6081ns	0,7321ns	0,0258ns
Cultivar x AIB	5	132,3586**	203,0576**	2,2398ns	0,0139ns
Cultivar x irradiância	15	18,8845*	43,4685**	2,9446**	0,0685**
AIB x irradiância	3	21,0372ns	34,6543ns	1,9625ns	0,1134**
Adubo x Cultivar x AIB	5	6,2367ns	25,4699ns	0,5408ns	0,0177ns
Adubo x Cultivar x irradiância	15	11,6903ns	18,8756ns	0,7854ns	0,0209ns
Cultivar x AIB x irradiância	15	19,1047*	74,1930**	2,3209**	0,0746**
Resíduo	192	10,9037	13,9123	0,7485	0,2162
C. V. (%)		25,25	40,81	29,63	31,09

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

**Apêndice E** – Resumo da Anova para estacas enraizadas (EE), com calo (EC) e mortas (EM) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, submetidos a quatro níveis de irradiância, com e sem adubação, tratadas ou não com AIB, Manaus 2009-2010.

FV	GL	QM		
		EE	EC	EM
Ano	1	6,9376*	12,6912**	1,2330ns
Adubação	1	81,7033**	10,4512**	49,7931**
Cultivar	5	23,5911**	152,9210**	172,1410**
AIB	1	1,2973ns	101,4837**	49,0710**
Irradiância	3	30,7359**	10,1442**	38,2282**
Ano x adubação	1	5,5870ns	3,7151ns	7,0643ns
Ano x cultivar	5	14,4577**	1,7307ns	6,6608*
Ano x irradiância	3	5,1367*	2,9322ns	1,6749ns
Adubação x cultivar	5	6,4636**	1,8904ns	10,4814**
Adubação x AIB	1	5,2030ns	1,1781ns	1,7298ns
Adubação x irradiância	3	7,9893**	3,0382*	3,7847*
Cultivar x AIB	5	35,9224**	14,0269**	23,9189**
Cultivar x irradiância	15	12,2434**	6,8117**	10,3131**
AIB x irradiância	3	7,0206**	2,0178ns	8,0423*
Ano x adubação x cultivar	5	5,0293**	1,0543ns	5,2806ns
Ano x adubação x irradiância	3	4,6174*	4,3394*	6,1333ns
Ano x cultivar x irradiância	15	4,2554**	4,9948**	7,0036**
Adubação x cultivar x AIB	5	1,5838ns	1,3207ns	4,6697ns
Adubação x cultivar x irradiância	15	3,1676**	3,7318**	4,5872*
Cultivar x AIB x irradiância	15	5,3994**	1,2396ns	6,0032**
Resíduo	336	1,4923	1,2194	2,5426
C. V. (%)		16,06	65,38	30,95

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

**Apêndice F** – Resumo da Anova para comprimento da raiz (CR), número de raízes (NR), volume das raízes (VR) e matéria seca das raízes (MSR) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, submetidos a quatro níveis de irradiância, com e sem adubação, tratadas ou não com AIB, Manaus, 2009-2010

FV	GL	QM			
		CR	NR	VR	MSR
Ano	1	118,9409**	10,2628ns	8,1909**	0,8120**
Adubação	1	0,4979ns	447,1932**	30,5714**	0,3615**
Cultivar	5	512,9116**	1138,5395**	9,2704**	0,3214**
AIB	1	191,8514**	3878,2358**	21,8350**	0,9975**
Irradiância	3	16,4690ns	54,5916*	8,6859**	0,2333**
Ano x adubação	1	19,4652ns	30,8420ns	0,6708ns	0,0012ns
Ano x cultivar	5	22,1183*	231,4402**	9,9823**	0,0949**
Ano x irradiância	3	10,8276ns	28,2818ns	0,9333ns	0,0298ns
Adubação x cultivar	5	5,9160ns	74,5203**	3,4859**	0,0799**
Adubação x AIB	1	0,4917ns	220,1326**	7,4498**	0,2128**
Adubação x irradiância	3	17,4183ns	57,5745*	3,4804**	0,1299**
Cultivar x AIB	5	132,3586**	203,0576**	0,2398ns	0,0139ns
Cultivar x irradiância	15	25,1572**	32,1267ns	2,3230**	0,0767**
AIB x irradiância	3	21,0372ns	34,6543ns	1,9625ns	0,1134**
Ano x adubação x cultivar	5	6,8268ns	22,2285ns	0,8433ns	0,0323ns
Ano x adubação x irradiância	3	18,4733ns	10,7131ns	1,2552ns	0,0260ns
Ano x cultivar x irradiância	15	21,8145**	59,5144**	1,2257ns	0,0335ns
Adubação x cultivar x AIB	5	6,2367ns	25,4699ns	0,5408ns	0,0177ns
Adubação x cultivar x irradiância	15	17,7189*	48,7447**	0,9310ns	0,0202ns
Cultivar x AIB x irradiância	15	19,1047*	74,1930**	2,3209**	0,0746**
Resíduo	336	9,7205	19,2361	0,7880	0,0198
CV (%)		25,41	41,91	30,57	30,85

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

**Apêndice G** – Resumo da Anova para percentagem de amido e de açúcares solúveis totais em estacas, antes e depois do enraizamento, de duas cultivares de guaranazeiro submetidas a quatro níveis de irradiância, Manaus, 2010

FV	GL	QM	
		Amido	Açúcares solúveis totais
Cultivar	1	26,0927**	55,7067**
Período do enraizamento	1	2,0213ns	24,9841**
Irradiância	3	0,3879ns	4,5729ns
Cultivar x período do enraizamento	1	3,1981ns	49,3899**
Cultivar x irradiância	3	0,6144ns	3,2936ns
Período do enraizamento x irradiância	3	2,8053ns	4,0408ns
Cultivar x período do enraizamento x irradiância	3	5,9595*	2,4916ns
Resíduo	30	1,7568	2,1200
CV (%)		55,85	55,99

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

**Apêndice H** – Resumo da análise de regressão para estacas enraizadas (EE), com calo (EC) e mortas (EM) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, submetidos à níveis crescentes de irradiância, Manaus, 2009/2010

Características	BRS-Amazonas			CMU 381 (1)			BRS-Mundurucânia			BRS-CG 611			BRS-Maués			BRS-CG 882		
	Modelo	GL	Quadrado Médio	Modelo	GL	Quadrado Médio	Modelo	GL	Quadrado Médio	Modelo	GL	Quadrado Médio	Modelo	GL	Quadrado Médio	Modelo	GL	Quadrado Médio
EE	Linear	1	72,25ns	Linear	1	4174,25*	Linear	1	8977,56*	Linear	1	1600,00*	Linear	1	2009,28*	Linear	1	12922,00**
	Quadrática	1	1201,25ns	Quadrática	1	1,85ns	Quadrática	1	1950,31*	Quadrática	1	405,00ns	Quadrática	1	16,65ns	Quadrática	1	2327,40*
Resíduo	554,01			608,23			346,10			313,81			304,76			506,37		
EC	Linear	1	46,92**	Linear	1	0,30ns	Linear	1	58,14ns	Linear	1	1,00ns	Linear	1	93,12ns	Linear	1	28,09ns
	Quadrática	1	1,25ns	Quadrática	1	16,40ns	Quadrática	1	3,82ns	Quadrática	1	80,00ns	Quadrática	1	10,51ns	Quadrática	1	18,05ns
Resíduo	547,17			15,75			21,95			72,23			27,35			19,31		
EM	Linear	1	42,25ns	Linear	1	4250,64**	Linear	1	8868,93**	Linear	1	1560,25*	Linear	1	173,58ns	Linear	1	201,74ns
	Quadrática	1	11,25ns	Quadrática	1	7,23ns	Quadrática	1	2263,12*	Quadrática	1	101,25ns	Quadrática	1	2263,12**	Quadrática	1	83,93ns
Resíduo	105,19			594,25			383,12			360,59			279,69			9,59		

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

**Apêndice I** – Resumo da análise de regressão para comprimento da raiz (CR), volume (VR) e peso da matéria seca da raiz (MSR) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, submetidos à níveis crescentes de irradiância, Manaus, 2009/2010

Características	BRS-Amazonas			CMU 381 (1)			BRS-Mundurucânia			BRS-CG 611			BRS-Maués			BRS-CG 882		
	Modelo	GL	Quadrado Médio	Modelo	GL	Quadrado Médio	Modelo	GL	Quadrado Médio	Modelo	GL	Quadrado Médio	Modelo	GL	Quadrado Médio	Modelo	GL	Quadrado Médio
CR	Linear	1	8,45ns	Linear	1	12,98ns	Linear	1	11,11ns	Linear	1	1,97ns	Linear	1	1,31ns	Linear	1	109,66ns
	Quadrática	1	63,58ns	Quadrática	1	16,24ns	Quadrática	1	4,52ns	Quadrática	1	10,94ns	Quadrática	1	12,11*	Quadrática	1	63,65ns
Resíduo	14,40			26,60			5,42			5,20			5,86			20,99		
VR	Linear	1	1,09*	Linear	1	0,01ns	Linear	1	7,89ns	Linear	1	0,57ns	Linear	1	0,05ns	Linear	1	32,54ns
	Quadrática	1	0,18ns	Quadrática	1	6,96ns	Quadrática	1	3,06*	Quadrática	1	0,87ns	Quadrática	1	4,09ns	Quadrática	1	0,45ns
Resíduo	0,81			1,64			1,27			0,49			0,60			2,65		
MSR	Linear	1	0,00ns	Linear	1	0,01ns	Linear	1	0,04ns	Linear	1	0,002ns	Linear	1	0,009ns	Linear	1	1,05ns
	Quadrática	1	0,08*	Quadrática	1	0,12ns	Quadrática	1	0,19*	Quadrática	1	0,03ns	Quadrática	1	0,05ns	Quadrática	1	0,26ns
Resíduo	0,01			0,04			0,01			0,01			0,01			0,07		

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

**Apêndice J** – Resumo da análise de regressão para estacas enraizadas (EE) de guaranazeiro, independente da cultivar, submetidas à níveis crescentes de irradiância, com e sem adubação, Manaus, 2009/2010

Característica	Modelo	GL	Quadrado Médio
EE com adubação	Linear	1	11979,56**
	Quadrática	1	18,67,6*
Resíduo			391,19
EE sem adubação	Linear	1	21646,70*
	Quadrática	1	574,52ns
Resíduo			533,43

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



**Apêndice K** – Resumo da análise de regressão para estacas enraizadas (EE), com calo (EC) e mortas (EM) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, submetidas à níveis crescentes de irradiância, com e sem adubação, Manaus, 2009/2010

Características	BRS-Amazonas			CMU 381 (1)			BRS-Mundurucânia			BRS-CG 611			BRS-Maués			BRS-CG 882		
	Modelo	GL	Quadrado Médio	Modelo	GL	Quadrado Médio	Modelo	GL	Quadrado Médio	Modelo	GL	Quadrado Médio	Modelo	GL	Quadrado Médio	Modelo	GL	Quadrado Médio
EE (ca) <sup>1</sup>	Linear	1	512,00ns	Linear	1	446,60ns	Linear	1	968,00ns	Linear	1	1250,00*	Linear	1	60,50ns	Linear	1	1316,75ns
	Quadrática	1	2250,00ns	Quadrática	2	1846,26*	Quadrática	1	2250,00**	Quadrática	1	160,00ns	Quadrática	1	1562,50**	Quadrática	1	1749,36*
Resíduo	570,22			403,09			247,22			242,77			170,27			315,31		
EE (sa) <sup>2</sup>	Linear	1	112,50ns	Linear	1	250,00*	Linear	1	8333,40**	Linear	1	450,00ns	Linear	1	31,60ns	Linear	1	15312,5**
	Quadrática	1	2,50ns	Quadrática	1	1250,00ns	Quadrática	1	511,22ns	Quadrática	1	1690,00*	Quadrática	1	536,55ns	Quadrática	1	1822,50*
Resíduo	543,61			3858,72			404,51			367,22			400,00			429,16		
EC (ca)	Linear	1	7564,50ns	Linear	1	1,28ns	Linear	1	8,00ns	Linear	1	50,00ns	Linear	1	84,50*	Linear	1	28,88*
	Quadrática	1	62,50ns	Quadrática	1	0,40ns	Quadrática	1	0,00ns	Quadrática	1	40,00ns	Quadrática	1	2,50ns	Quadrática	1	1,60ns
Resíduo	463,05			7,40			5,00			61,66			25,27			17,93		
EC (sa)	Linear	1	98,00ns	Linear	1	3,85ns	Linear	1	75,03*	Linear	1	32,00ns	Linear	1	19,85ns	Linear	1	60,5ns
	Quadrática	1	90,00ns	Quadrática	1	5,96*	Quadrática	1	1,40ns	Quadrática	1	40,00ns	Quadrática	1	38,02ns	Quadrática	1	1562,50
Resíduo	485,00			24,85			42,10			78,33			28,80			170,27		
EM (ca)	Linear	1	0,00ns	Linear	1	1171,28*	Linear	1	1152,00*	Linear	1	840,50ns	Linear	1	288,00ns	Linear	1	2227,78*
	Quadrática	1	10,00ns	Quadrática	1	230,40ns	Quadrática	1	2250,00*	Quadrática	1	422,50ns	Quadrática	1	1440,00ns	Quadrática	1	1410,15ns
Resíduo	163,88						258,33			259,72			138,88			645,51		
EM (sa)	Linear	1	84,50ns	Linear	1	3361,50*	Linear	1	9989,91**	Linear	1	722,00ns	Linear	1	2,76ns	Linear	1	10224,50ns
	Quadrática	1	2,50ns	Quadrática	1	360,36ns	Quadrática	1	459,00ns	Quadrática	1	1210,00ns	Quadrática	1	60,25*	Quadrática	1	2102,50ns
Resíduo	51,94			594,30			381,20			444,44			389,42			462,50		

\* e \*\* significativo a 5% e 1 % de probabilidade, respectivamente; ns = não significativo; <sup>1</sup> com adubação; <sup>2</sup> sem adubação

**Apêndice L** – Resumo da análise de regressão para número (NR) e comprimento de raiz com calo (CR) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, submetidas à níveis crescentes de irradiância, com e sem adubação, Manaus, 2009/2010

Características	BRS-Amazonas			CMU 381 (1)			BRS-Mundurucânia			BRS-CG 611			BRS-Maués			BRS-CG 882		
	Modelo	GL	Quadrado Médio	Modelo	GL	Quadrado Médio	Modelo	GL	Quadrado Médio	Modelo	GL	Quadrado Médio	Modelo	GL	Quadrado Médio	Modelo	GL	Quadrado Médio
NR (ca) <sup>1</sup>	Linear	1	0,88ns	Linear	1	58,67ns	Linear	1	165,02ns	Linear	1	35,89ns	Linear	1	11,12ns	Linear	1	58,55ns
	Quadrática	1	0,79ns	Quadrática	1	148,26ns	Quadrática	1	0,00ns	Quadrática	1	92,22ns	Quadrática	1	7,75*	Quadrática	1	2,55*
Resíduo	6,05			33,67			49,54			18,51			18,51			125,86		
NR (sa) <sup>2</sup>	Linear	1	9,53ns	Linear	1	5,75ns	Linear	1	40,81ns	Linear	1	12,23ns	Linear	1	0,09ns	Linear	1	229,62ns
	Quadrática	1	5,45ns	Quadrática	1	2,22ns	Quadrática	1	51,91ns	Quadrática	1	24,94*	Quadrática	1	63,28*	Quadrática	1	90,50ns
Resíduo	3,21			24,07			33,95			15,87			14,82			172,94		
CR (ca)	Linear	1	32,94ns	Linear		66,14ns	Linear	1	0,30ns	Linear	1	0,94ns	Linear	1	1,36ns	Linear	1	1,36ns
	Quadrática	1	1,44ns	Quadrática		2,22ns	Quadrática	1	10,82ns	Quadrática	1	0,03ns	Quadrática	1	0,34ns	Quadrática	1	0,34ns
Resíduo	9,59			9,17			2,21			3,84			5,51			5,51		
CR (sa)	Linear	1	2,64ns	Linear		9,22ns	Linear	1	17,30ns	Linear	1	1,03ns	Linear	1	0,20ns	Linear	1	151,73ns
	Quadrática	1	101,50*	Quadrática		7,71*	Quadrática	1	0,07ns	Quadrática	1	13,77*	Quadrática	1	30,32ns	Quadrática	1	59,31ns
Resíduo	18,22			44,40			8,50			6,43			6,34			24,09		

\* e \*\* significativo a 5% e 1 % de probabilidade, respectivamente; ns = não significativo; <sup>1</sup> com adubação; <sup>2</sup> sem adubação

**Apêndice M** – Resumo da análise de regressão para estacas enraizadas (EE) e mortas (EM) de guaranazeiro, independente da cultivar, submetidas à níveis crescentes de irradiância, com e sem aplicação de AIB, Manaus, 2010

Característica	Modelo	GL	Quadrado Médio
EE com AIB	Linear	1	16865,67**
	Quadrática	1	235,00ns
Resíduo			520,86
EE sem AIB	Linear	1	2944,35**
	Quadrática	1	222,50ns
Resíduo			396,62
EM com AIB	Linear	1	13874,75**
	Quadrática	1	987,42ns
Resíduo			587,46
EM sem AIB	Linear	1	3770,07**
	Quadrática	1	5643,01*
Resíduo			421,39

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

**Apêndice N** – Resumo da análise de regressão para estacas enraizadas (EE) e mortas (EM) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranazeiro, submetidas à níveis crescentes de irradiância, com e sem aplicação de AIB, Manaus, 2009/2010

Características	BRS-Amazonas			CMU 381 (1)			BRS-Mundurucânia			BRS-CG 611			BRS-Maués			BRS-CG 882		
	Modelo	GL	Quadrado Médio	Modelo	GL	Quadrado Médio	Modelo	GL	Quadrado Médio	Modelo	GL	Quadrado Médio	Modelo	GL	Quadrado Médio	Modelo	GL	Quadrado Médio
EE (ch) <sup>1</sup>	Linear	1	388,92ns	Linear	1	3600,05*	Linear	1	4016,64**	Linear	1	822,85ns	Linear	1	1180,80*	Linear	1	15953**
	Quadrática	1	2716,07ns	Quadrática	1	292,57ns	Quadrática	1	761,46ns	Quadrática	1	578,57ns	Quadrática	1	75,44ns	Quadrática	1	1962,36**
Resíduo	481,73			530,77			410,60			304,67			222,07			264,62		
EE (sh) <sup>2</sup>	Linear	1	3413,33*	Linear	1	692,01ns	Linear	1	3746,41*	Linear	1	853,33ns	Linear	1	861,35ns	Linear	1	440,83ns
	Quadrática	1	266,66ns	Quadrática	1	818,65ns	Quadrática	1	2330,51*	Quadrática	1	563,33ns	Quadrática	1	429,26ns	Quadrática	1	1204,16ns
Resíduo	425,00			322,01			340,17			368,33			491,59			660,00		
EM (ch)	Linear	1	1,42ns	Linear	1	3744,91**	Linear	1	4169,57**	Linear	1	691,42ns	Linear	1	875,08*	Linear		1599,97ns
	Quadrática	1	114,28ns	Quadrática	1	292,57ns	Quadrática	1	916,11ns	Quadrática	1	64,28ns	Quadrática	1	825,44ns	Quadrática		19,38*
Resíduo	118,95			520,55			421,59			349,17			216,92			292,24		
EM (sh)	Linear	1	187,50ns	Linear	1	653,05ns	Linear	1	5508,07**	Linear	1	1020,83ns	Linear	1	446,60ns	Linear	1	93,63ns
	Quadrática	1	104,15ns	Quadrática	1	450,14ns	Quadrática	1	1820,04*	Quadrática	1	37,50ns	Quadrática	1	1846,26*	Quadrática	1	1980,16ns
Resíduo	49,16			286,52			289,54			389,16			403,09			601,66		

\* e \*\* significativo a 5% e 1 % de probabilidade, respectivamente; ns = não significativo; <sup>1</sup> com AIB; <sup>2</sup> sem AIB

**Apêndice O** – Resumo da análise de regressão para número de raiz (NR), volume de raiz (VR) e matéria seca das raízes (MSR) de cinco cultivares e um genótipo (1) de guaranzeiro, submetidos à níveis crescentes de irradiância, com e sem aplicação de AIB, Manaus, 2009/2010

Características	BRS-Amazonas			CMU 381 (1)			BRS-Mundurucânia			BRS-CG 611			BRS-Maués			BRS-CG 882		
	Modelo	GL	Quadrado Médio	Modelo	GL	Quadrado Médio	Modelo	GL	Quadrado Médio	Modelo	GL	Quadrado Médio	Modelo	GL	Quadrado Médio	Modelo	GL	Quadrado Médio
NR (ch) <sup>1</sup>	Linear	1	1,45ns	Linear	1	0,27ns	Linear	1	12,64ns	Linear	1	0,74ns	Linear	1	1,54ns	Linear	1	893,54**
	Quadrática	1	32,94ns	Quadrática	1	272,42**	Quadrática	1	20,02ns	Quadrática	1	3,66ns	Quadrática	1	67,29*	Quadrática	1	14,30ns
Resíduo			4,17			28,22			44,58			11,85			13,64			113,50
NR (sh) <sup>2</sup>	Linear	1	11,29ns	Linear	1	35,84*	Linear	1	8,44ns	Linear	1	1,12ns	Linear	1	4,06ns	Linear	1	0,003ns
	Quadrática	1	31,16ns	Quadrática	1	46,18*	Quadrática	1	6,48ns	Quadrática	1	9,36*	Quadrática	1	1,78*	Quadrática	1	2,29ns
Resíduo			4,51			7,21			17,32			1,60			6,03			0,70
VR (ch)	Linear	1	0,10ns	Linear	1	0,07ns	Linear	1	6,69*	Linear	1	0,52ns	Linear	1	0,58ns	Linear		201,74ns
	Quadrática	1	1,47ns	Quadrática	1	16,37ns	Quadrática	1	0,006ns	Quadrática	1	0,14ns	Quadrática	1	0,62ns	Quadrática		83,93ns
Resíduo			0,78			1,88			1,31			0,43			5,11			9,59
VR (sh)	Linear	1	5,72**	Linear	1	0,02ns	Linear	1	1,38ns	Linear	1	7,14ns	Linear	1	0,00ns	Linear	1	0,09ns
	Quadrática	1	1,12ns	Quadrática	1	1,85ns	Quadrática	1	11,12**	Quadrática	1	14,46ns	Quadrática	1	0,92ns	Quadrática	1	0,70ns
Resíduo			0,67			0,57			0,94			4,04			0,54			0,49
MSR (ch)	Linear	1	0,02ns	Linear	1	0,00ns	Linear	1	0,20**	Linear	1	0,00ns	Linear	1	0,00ns	Linear	1	6,64ns
	Quadrática	1	0,08ns	Quadrática	1	0,42**	Quadrática	1	0,00ns	Quadrática	1	0,00ns	Quadrática	1	0,06*	Quadrática	1	0,32ns
Resíduo			0,02			0,05			0,02			0,01			0,01			6,30
MSR (sh)	Linear	1	0,08*	Linear	1	0,01ns	Linear	1	0,01ns	Linear	1	0,00ns	Linear	1	0,01ns	Linear	1	0,00ns
	Quadrática	1	0,00ns	Quadrática	1	0,12*	Quadrática	1	0,08*	Quadrática	1	0,03ns	Quadrática	1	0,00ns	Quadrática	1	0,00ns
Resíduo			0,01			0,01			0,01			0,01			0,00			0,02

\* e \*\* significativo a 5% e 1 % de probabilidade, respectivamente; ns = não significativo; <sup>1</sup> com AIB; <sup>2</sup> sem AIB