

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

DISSERTAÇÃO

AVALIAÇÃO DA TOLERANCIA AO
ALUMÍNIO EM PLÂNTULAS DE
MARACUJAZEIRO E MAMOEIRO

ALDIR CARLOS SILVA

2009



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

**AValiação DA TOLERANCIA AO ALUMÍNIO EM PLÂNTULAS DE
MARACUJAZEIRO E MAMOEIRO**

ALDIR CARLOS SILVA

Sob a Orientação do Professor
Jorge Jacob Neto

e Co-orientação do Professor
Marco Antônio da Silva Vasconcellos

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, Área de concentração em Fisiologia da Produção.

Seropédica, RJ
Março 2009

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

ALDIR CARLOS SILVA

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, Área de concentração em Fisiologia da Produção.

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APROVADA EM 06/03/2009

Dr. Jorge Jacob Neto (UFRuralRJ)
(Orientador)

Dr. Almy Junior Cordeiro de Carvalho (UENF)

Dr. Roberto Oscar Pereira Rossiello (UFRuralRJ- IA)

“A mente que se abre para uma nova
ideia jamais conseguirá voltar
a sua forma original.”

Daniel Musse Guimarães.

DEDICATÓRIA.

A Deus, por sempre estar comigo.

A meus Pais: Aldomiro e Sebastiana que sempre me apóiam.

A Luciene e Francisco, que são minha vida e souberam entender as ausências.

A Meus Irmãos Lica, Cido, Cau e Sanja.

A Andrea e Cícero, pelos sonhos e trabalhos a espera deste dia.

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Jorge Jacob Neto, pela orientação para a pesquisa e para a vida.
- Ao Prof. Marco Antonio S. Vasconcellos, pelos ensinamentos profissional e pessoal.
- Aos meus amigos, Andre e Vânia, Fernanda, Dionísio e todos ..., que na verdade são verdadeiros irmãos.
- Ao Ricardo, Joice, Jeferson, Carlos, Mayara, Ana Karen e Karolina membros do Laboratório de Química da rizosfera pela grande ajuda.
- Aos professores do Instituto de Agronomia.
- Aos funcionários do departamento de fitotecnia: Silvana, Graça, Agnaldo, Cida, Genésio, Moraes, Cristiane. E todos que contribuíram para a logística deste trabalho.
- Ao CNPQ e a CPGFitotecnia, pela auxílio financeiro para viabilizar a execução deste projeto.
- Ao Instituto Agrônomo de Campinas por fornecer as sementes das cultivares
- A Pesquisadora Laura Maria Molina Melletti, por entender a importância do nosso estudo e fornecer os materiais genéticos de maracujá.
- Ao Senhor Juarez Orletti, por fornecer as sementes mamão para este estudo.

RESUMO

SILVA, Aldir Carlos. Avaliação da tolerância ao alumínio em plântulas de maracujazeiro e mamoeiro. 2009. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Palavras chaves: toxidez de alumínio, maracujá, mamão, plântulas.

Os estudos da tolerância ao alumínio em plântulas de maracujá (cvs. IAC-273/277, IAC-Paulista, IAC-275, FB-100) e mamão (cvs. Tainug, Golden, Gran Golden, Baixinho de Santa Amália) foram realizados, em câmara de crescimento nos Laboratórios de Química da Rizosfera e Laboratório de Análise de Sementes, Departamento de Fitotecnia, Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural Rio de Janeiro. Foram realizados experimentos com diferentes concentrações de alumínio em solução nutritiva simples (com cálcio) e completa, para análise do crescimento radicular utilizando os parâmetros comprimento radicular, taxa de crescimento radicular, alongação radicular relativa, diâmetro do colo, diâmetro de ápice da raiz principal bem como testes com corantes. Foi também realizado estudos do efeito da embebição das sementes com soluções de alumínio para verificar o efeito na porcentagem de germinação, plântulas normais e anormais, e não germinadas. O uso da solução nutritiva simples para realizar testes de curta duração de contacto ao alumínio, não foi satisfatório para mamão, sendo mais adequado o uso de solução nutritiva completa. Em maracujá, ambas as soluções podem ser utilizadas. As plântulas de maracujá crescidas em solução simples com o aumento do tempo de contacto com alumínio na solução, as raízes ficaram endurecidas. Em concentrações acima de $160\mu\text{M}$ de alumínio, ocorreu efeito fitotóxico, contudo em concentrações menores que $80\mu\text{M}$ ocorreu até aumento do crescimento radicular para mamão e maracujá. O comprimento radicular foi o mais eficiente parâmetro indicador da tolerância ao alumínio. A embebição das sementes em alumínio não afetou a germinação a emissão da raiz principal e o crescimento da plântula até a concentração da solução de embebição de $1280\mu\text{M}$, mas a medida que aumentou o tempo de contato e a concentração de alumínio, as raízes recém emitidas sofreram danos, principalmente as de plântulas de mamão. O uso dos corantes químicos violeta de pirocatecol e hematoxilina foram eficiente na determinação da tolerância ao alumínio em maracujá e mamão, mais somente o violeta de pirocatecol permitiu comparar as doses entre si, gerando um gradiente de coloração com o aumento da concentração de alumínio, com o uso da hematoxilina só foi possível separar as concentrações altas das concentrações baixas de alumínio. As melhores cultivares nas condições testadas foi a IAC 273/277 de maracujá e a cv Tainung de mamão.

ABSTRACT

SILVA, Carlos Aldir. Evaluation of aluminum tolerance in seedlings of Passion fruit and *Carica papaya*. 2009. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Institute of Agronomy, Department of Crop, Rural Federal University of Rio de Janeiro.

Keywords: toxicity of aluminum, seedlings, Passion fruit, *Carica papaya*.

Aluminum tolerance studies in seedlings of Passion fruit (cvs. IAC-273/277, IAC-Paulista, IAC-275, FB-100) and *Carica papaya* (cvs. Taiung, Golden, Gran Golden, Baixinho de Santa Amalia) were performed in a growth chamber at the Laboratories of Chemistry of the Rhizosphere and Seeds of the Department of Fitotecnia, of University Federal Rural of Rio Janeiro, Institute of Agronomy. Experiments with different concentrations of Al were conducted in nutrient solution simple (with Ca) and complete, with the aims to analyze the tap root length, ratio of root lengths, relative root elongation, diameter of root and stem and effect of stains. Also were conducted experiments with seeds soaked in different concentration of Al to verify the percentage of germination, seedlings normal and abnormal. The use of simple nutrient solution was not satisfactory to shown the performance of seedlings of papaya. In passion fruit both nutrient solutions can be used in short term experiment. Over the concentration of 160 μ M of Al occurred effect of toxicity in root of seedlings of passion fruit and papaya, but at concentrations lower that 80 μ M there were stimulus of growth. The tap root length was the more efficient parameter to compare root toxicity. The soaking of seeds in the solution of aluminum did not affect the germination, root tap emission and the growth of seedlings until 1280 μ M. With the increased of time of contact with the Al solution, the young roots have been injured especially in papaya seedlings. The use of stains pyrocatechol violet and hematoxylin were both efficient to determinate the aluminum tolerance in papaya and passion fruit, but just pyrocatechol violet could compare the doses used, produced a color gradient with increasing concentration of aluminum. With the use of hematoxylin was only possible to separate the high concentrations of low concentrations of aluminum. The best passion fruit cultivar was IAC 273/277 and papaya was Taiung.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Dados do crescimento radicular de plantas de maracujá amarelo cv FB 100, em solução nutritiva simples com diferentes concentrações de alumínio. Do primeiro ao décimo dia foi utilizada uma solução com 0; 20; 40; 80 e 160 μM de alumínio e do décimo primeiro dia ao décimo oitavo uma solução mais concentrada com 0; 80; 160; 320 e 640 μM de alumínio

Figura 2: Plântulas de maracujá cv. FB 100 após 10 dias de permanência em solução nutritiva simples, em diferentes concentrações de alumínio.

Figura 3: Dados do comprimento radicular de plântulas de mamão cv Golden, em solução nutritiva simples com diferentes concentrações de alumínio.

Figura 4: Dados do comprimento radicular de plantas de mamão var Tainung, em solução nutritiva simples com diferentes doses de alumínio.

Figura 5: Dados da taxa de crescimento radicular de plantas de maracujá cv. FB100, durante 18 dias de crescimento em solução nutritiva simples com diferentes doses de alumínio.

Figura 6: Dados da taxa de crescimento de raízes de plantas de mamão cv Golden em solução nutritiva simples com diferentes doses de alumínio.

Figura 7: Dados da taxa de crescimento diário de raízes de plantas de mamão cv Tainung em solução nutritiva simples com diferentes concentrações de alumínio.

Figura 8: Dados de alongação radicular relativa (ERR %) de plantas de maracujá cv FB 100, após 10 dias em solução nutritiva simples com doses baixas de alumínio.

Figura 9: Dados de alongação radicular relativa (ERR%), de plantas de mamão cv. Golden e cv. Tainung, em solução nutritiva simples com diferentes doses de alumínio.

Figura 10: Dados de alongação radicular relativa (ERR%), de plantas de mamão cv. Golden (crescimento até o sexto dia) e cv. Tainung (crescimento até o quinto dia), em solução nutritiva simples com diferentes doses de alumínio.

Figura 11: Dados de comprimento radicular da cv FB 100 (A), IAC 275 (B), IAC 273/277 (C) e IAC Paulista (D), após 27 dias de permanência em solução nutritiva completa com diferentes concentrações de alumínio.

Figura 12: Alongação radicular relativa dos genótipos de maracujá amarelo – *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*:: FB 100 Seleção Maguary, Híbridos IAC 273/277, IAC Paulista e IAC 275 aos 27 dias de crescimento em solução nutritiva nas diferentes concentrações de alumínio.

Figura 13: Dados de alongação radicular relativa de raízes de mamão cv. Tainung após 25 dias em solução nutritiva completa com diferentes doses de alumínio.

Figura 14: Plântulas de mamão cv. Tauning crescidas por 25 dias em solução nutritiva completa

Figura 15: Plântulas de maracujá cv. IAC Paulista, germinadas em papel germiteste embebido com diferentes concentrações de alumínio

Figura 16: Plântulas de mamão germinadas em papel germiteste embebido com diferentes concentrações de alumínio e coloridas com corante hematoxilina.

Figura 17: Dados de coloração de raízes de maracujá amarelo cv. FB 100 com corante violeta de pirocatecol aos 20 e 25 dias, crescidas em solução nutritiva completa com diferentes concentrações de alumínio por 25 dias.

Figura 18: Dados de coloração de raízes com uso do corante violeta de pirocatecol em plântula de cultivares de maracujá amarelo aos 27 dias de crescimento em solução nutritiva completa em diferentes concentrações de alumínio.

Figura 19: Dados de comprimento radicular de mamão híbrido Tainung, associado ao uso de corante violeta de pirocatecol, crescidas por 25 dias em solução nutritiva completa com diferentes concentrações de alumínio.

Figura 20: Dados de coloração de raízes com uso do corante violeta de pirocatecol em plântula de maracujá aos 15 dias após embebição das sementes crescidas em papel germiteste em água destilada com diferentes concentrações de alumínio.

Figura 21: Dados de coloração de raízes de mamão com corante violeta de pirocatecol PVC1 aos 15 dias após a germinação em papel germiteste

Figura 22: Dados de coloração de raízes com uso do corante hematoxilina em plântula de maracujá amarelo aos 27 dias de crescimento em solução nutritiva simples em diferentes concentrações de alumínio

Figura 23: Dados de coloração de raízes com uso do corante hematoxilina em plântula de maracujá aos 15 dias após embebição das sementes em água destilada com diferentes concentrações de alumínio.

Figura 24: Dados de coloração de raízes de cultivares de mamão com corante hematoxilina aos 15 dias após a germinação em papel germiteste.

Foto 25: Plântulas de maracujá cv. FB 100, crescidas por 18 dias em solução simples e coloridas com corantes violeta de pirocatecol

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1: Comprimento radicular (cm) das plântulas de maracujá e mamão antes de serem transferidas para as diferentes concentrações de alumínio – solução simples.

Tabela 2: Efeito das concentrações de alumínio no comprimento radicular (cm) de plântulas de maracujá cv. FB 100 crescidas por dez dias em uma solução com 0, 20, 40, 80 e 160 μ M Al e pro mais oito dias em 0, 80, 160, 320 e 640 μ M Al.

Tabela 3: Quadro de análise de variância de quatro cultivares de maracujá, crescidas por 27 dias em solução nutritiva com cinco concentrações de alumínio.

Tabela 4: Dados da análise variância de comprimento radicular de plântulas mamão cv Tainung, crescidas por 25 dias em solução nutritiva completa.

Tabela 5: Dados de porcentagem de plântulas normais aos 15 dias e 30 dias após semeadura, de maracujá amarelo embebidas em solução com diferentes concentrações de alumínio.

Tabela 6: Dados de porcentagem de germinação total (Somatório de plântulas normais de 15 e 30 dias), Plântulas anormal e sementes não germinadas de plântulas de maracujá amarelo embebidas em solução com diferentes concentrações de alumínio.

Tabela 7: Dados aos 15 dias de avaliação de crescimento radicular, diâmetro do colo, diâmetro do ápice de plântulas cultivares de maracujá amarelo, germinadas em papel gerimteste saturado com diferentes concentrações de alumínio.

Tabela 8: Dados aos 30 dias de avaliação de crescimento radicular, diâmetro do colo e diâmetro do ápice de plântulas cultivares de maracujá amarelo, germinadas em papel germiteste saturado com diferentes concentrações de alumínio.

Tabela 9: Dados aos 15 dias de avaliação de crescimento radicular, diâmetro do colo e diâmetro do ápice de plântulas cultivares de mamão, germinadas em papel germiteste saturado com diferentes concentrações de alumínio.

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO	1
2 – REVISÃO DE LETERATURA	3
2.1 – Botânica.....	3
2.1.1 - Maracujá.....	3
2.1.2 - Mamão.....	4
2.2 - Características da produtividade.....	5
2.2.1 - Maracujá.....	5
2.2.2 - Mamão.....	6
2.3 - Algumas considerações sobre o crescimento e função do sistema radicular.....	7
2.4 - Problema do alumínio no Brasil e no Mundo.....	11
2.5 - Interação do maracujá e mamão, e outros vegetais com alumínio.....	11
2.6 - Comportamento do alumínio em solução nutritiva.....	13
2.7 - Uso da embebição como tratamento pré-germinativo de sementes.....	14
2.8 – Produção de mudas de maracujá e mamão.....	17
2.8.1 - Maracujá.....	17
2.8.2 – Mamão.....	18
2.9 - Testes rápidos para verificação da tolerância ao alumínio.....	20
2.10 - Justificativa.....	21
3 – MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1 - Local de realização dos experimentos.....	22
3.2 – Algumas características das cultivares avaliadas no estudo.....	22
3.2.1 – Cultivares de maracujá.....	22
3.2.2 – Cultivares de mamão.....	23
3.3 – Parâmetros avaliados.....	25
3.4 – Procedimento para verificar a presença do alumínio na rizosfera das plântulas com uso de corantes químicos.....	26
3.5 – Soluções nutritivas utilizadas.....	27
3.5.1 – Solução simples.....	27
3.5.2 – Solução completa.....	27
3.6 – Preparação da solução estoque de alumínio.....	27
3.7 – Experimentos realizados para avaliação da tolerância ao alumínio em plântulas de fruteiras.....	27
3.7.1 – Análise estatística dos dados.....	27
3.7.2 – Experimento 1: Avaliação do crescimento radicular de plântulas de mamoeiro e maracujazeiro em solução nutritiva simples.....	28

3.7.3 - Experimento 2: Avaliação do desenvolvimento de plântulas de mamoeiro e maracujazeiro em solução nutritiva completa com diferentes concentrações de alumínio.....	28
3.7.4 – Experimento 3: Avaliação da germinação de sementes de maracujazeiro e mamoeiro embebidas em soluções com diferentes concentrações de alumínio.....	29
4 – RESULTADOS.....	31
4.1 - Experimento 1: Avaliação do crescimento radicular de plântulas de mamoeiro e maracujazeiro em solução nutritiva simples.....	31
4.1.1 – Avaliação do Comprimento Radicular Inicial (CRI) das plântulas antes de serem transferidas para a solução.....	31
4.1.2 - Efeito do alumínio no comprimento radicular das plântulas de maracujá e mamão em solução simples.....	32
4.1.2.1 - Maracujá cv. FB100.....	32
4.1.2.2. - Mamão - cultivares Golden e Tainung.....	35
4.1.3 - Efeito do alumínio na Taxa do Crescimento Radicular (TAR) das plântulas de maracujá e mamão plântulas crescidas em solução simples.....	37
4.1.3.1. Taxa de crescimento radicular – Maracujá.....	37
4.1.3.2. Taxa do crescimento radicular – Mamão.....	38
4.1.4 - Elongação Radicular Relativa (ERR) das plântulas crescidas em solução simples.....	40
4.1.4.1 - Elongação radicular relativa – Maracujá.....	40
4.1.4.2 - Elongação radicular relativa - Mamão.....	41
4.2 - Experimento 2: Avaliação do desenvolvimento de plântulas de mamoeiro e maracujazeiro em solução nutritiva completa com diferentes concentrações de alumínio.....	43
4.2.1 – Avaliação do comprimento radicular inicial das plântulas.....	43
4.2.2 - Efeito do alumínio no comprimento radicular das plântulas.....	43
4.2.2.1 - Maracujá cv. FB100, IAC-275, IAC-273/277 e IAC-Paulista.....	43
4.2.2.2. Mamão cv. Tainung.....	47
4.2.3 – Efeito do alumínio na Elongação Radicular Relativa.....	48
4.2.3.1 - Maracujá cv. FB100, IAC-275, IAC-273/277 e IAC-Paulista.....	48
4.2.3.2 – Mamão cv. Tainung.....	49
4.3 - Experimento 3: Avaliação da germinação de sementes de maracujazeiro e mamoeiro embebidas em soluções com diferentes concentrações de alumínio.....	52
4.3.1 – Avaliação de quatro cultivares de maracujá amarelo FB100, IAC 275, IAC 273/277, IAC Paulista em diferentes concentrações de alumínio.....	52
4.3.2 – Avaliação dos genótipos de mamão do grupo solo Golden, Gran-Golden e Baixinho de Santa Amália.....	61
4.4- Experimento 4: Uso de corantes químicos para determinação da tolerância ao alumínio em plântulas de mamoeiro e maracujazeiro.....	65
4.4.1 - Corante Violeta de Pirocatecol.....	65
4.4.2 - Corante Hematoxilina.....	69

5 – DISCUSSÃO.....	72
5.1 – Efeito do alumínio no comprimento radicular.....	72
5.2 – Efeito do alumínio na taxa de crescimento radicular.....	74
5.3 – Efeito do alumínio na elongação radicular relativa.....	75
5.4 – Efeito do alumínio na embebição de sementes.....	76
5.5 – Uso de corantes químicos na avaliação da toxidez por alumínio em plântulas de mamão e maracujá.....	79
5.6 – Considerações finais.....	80
6 – CONCLUSÕES	81
7 - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
8 – ANEXOS.....	91

1 - INTRODUÇÃO

A produção de frutas nos últimos anos vem alcançando novas áreas de cultivo, melhorando a qualidade da produção das antigas áreas e conseqüentemente aumentando a produção nacional. Da mesma maneira o mercado consumidor de frutas também sofreu um aumento tanto nacional como internacional, proporcionando melhores preços aos produtos gerados (frutos). Este aumento de área plantada e aumento de produção gera um impacto direto na utilização de mão de obra, pois a produção de frutas requer um cuidado quase individual com as fruteiras e desta forma o homem será fixado ao campo, sendo esta a principal característica desta atividade agrícola.

Mas para manter a produtividade e a qualidade, novas tecnologias devem ser empregadas e também pesquisadas. Pois a cada dia novos entraves surgem no campo e estes aumentam o custo de produção ou até mesmo podem afetar o processo de produção, como por exemplo as pragas e doenças que afetam as lavouras. Assim uma alternativa importante é a diversidade genética encontrada presente em materiais silvestres. Tanto o maracujazeiro como o mamoeiro podem ser encontrados naturalmente nas áreas do continente americano, o primeiro possui uma grande diversidade de espécies em todo o Brasil nos mais variados tipos de solos e climas e o segundo mesmo restrito a algumas regiões apresenta grande quantidade de genótipos de silvestres adaptados a várias condições edáficas e climáticas.

Essa diversidade genética destas fruteiras, que aqui serão estudadas, torna-se de fundamental importância para a busca de alguma característica que possa ser expressa geneticamente, possibilitar adaptação ao clima e ao ambiente e principalmente ser transferida para cultivares comerciais, pois nestas estas características foram suprimidas durante o processo de melhoramento genético. Melhoramento este que durante muito tempo selecionou somente plantas responsivas, para uma determinada característica. Exemplo disto são pesquisas avaliando o comportamento do sistema radicular, que são pouco realizadas por exigirem maior tempo e dificuldade de avaliação. Desta forma a criação e manutenção de bancos de germoplasma para estas fruteiras, permitirá o acompanhamento destas plantas e para avaliar se suas características possam ser usadas agronomicamente.

O estudo do comportamento do sistema radicular em condições de estresse é de grande importância, pois as raízes ao entrarem em contato com o solo para absorver nutriente e água, são afetadas por vários efeitos causados por estresse que podem ser de

origem biótica ou abiótica. Estes efeitos podem e vão afetar seu crescimento e desenvolvimento, diminuindo sua capacidade de absorção de nutrientes e água e até mesmo a fixação da planta ao substrato. Assim outro fator que reforça uma maior atenção para o sistema radicular, são os fatores relacionados às características da composição química e física dos solos, que em sua maioria são ácidos e pobres em nutrientes. O desenvolvimento da planta nestas condições citadas acima para ter produtividade satisfatória e garantir retorno econômico, torna-se muitas vezes inviável para a maioria dos projetos de produção agrícola.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1- Botânica.

2.1.1 – Maracujá.

O maracujá pertence a família das Passifloraceae, da ordem das Violales (Cronquist, 1988), que no Brasil é representada por quatro Gêneros: *Dilkea*, *Mitostema*, *Passiflora* e *Tetrasylis*. De acordo com Lopes (1994) somente existem no Brasil os gêneros *Dilkea* e *Passiflora spp*, sendo que este último é composto por 24 subgêneros e 465 espécies. Mesmo com esta grande variabilidade genética somente 70 espécies apresentam frutos comestíveis (Pereira 1971). Os cultivos comerciais no país se baseiam principalmente, nas espécies de *Passiflora alata Curtis* (maracujá doce) e *Passiflora edulis f flavicarpa* (maracujá amarelo) responsáveis por 95% da área plantada (Meletti, 1999).

O maracujazeiro é uma planta trepadeira glabra. As raízes são do tipo axial e 73 a 85 % de todas as suas ramificações estão concentradas entre 15 e 45 cm de profundidade, o caule é cilíndrico ou angulado, raramente quadrangular, em geral estriado longitudinalmente. As gavinhas são modificações foliares, que servem para prender a planta a suportes, e que em algumas espécies, são ausentes. As folhas são alternas, geralmente simples, inteiras ou lobadas, raramente compostas, os pecíolos podem ou não apresentar glândulas nectaríferas que variam de tamanho, número e forma. Esta glândula ocorre na margem da bráctea ou na parte dorsal da folha, sendo uma característica importante para a classificação taxonômica. As estípulas são variáveis quanto a forma e bordo e também são úteis para classificar espécie. As flores reúnem-se em inflorescências e são hemafroditas, actinomorfas, geralmente isoladas ou aos pares nas axilas foliares. O fruto apresenta pericarpo carnoso, indisciente e várias sementes que caracteriza uma baga, não dividido em lóculos. As sementes são compridas lateralmente, com testa reticulada ou verrucosa, cobertas por arilo saciforme, suculento e colorido, de origem funicular (Vanderplank, 1996).

2.1.2 – Mamão.

O mamão pertence à classe Dicotyledoneae, subclasse archichlamydeae, ordem Violales, subordem Caricineae, família Caricaceae e genero *Carica*. A família Caricaceae consiste de 31 espécies agrupadas em 4 gêneros, dos quais três são americanos e um é africano. O gênero *Carica* é melhor conhecido por causa do mamoeiro (*Carica papaya L*), e das 22 espécies descritas do gênero só *Carica papaya* tem importância comercial, a maioria produzindo frutos pequenos (Melchior, 1964). Algumas espécies tem, entretanto, uso local restrito, o que não exclui a possibilidade de virem a ser utilizadas como fonte de germoplasma, por possuírem caracteres valiosos como resistência ao vírus do mosaico (Malaguti, 1957).

A espécie *Carica papaya L* caracteriza-se por plantas sempre verdes, de crescimento rápido e com 3 a 8 m de altura. Tronco até 30cm de diâmetro, geralmente indiviso, herbáceo-lenhoso, fistuloso, suculento, com látex ralo e leitoso, ereto, marcado por grandes cicatrizes foliares largas e horizontais, e encimado por um coroa de grandes folhas. As folhas são alternas, grandes, longo-pecioladas, as superiores eretas e expandidas; pecíolos fistulosos, cilíndricos, geralmente de 50 a 70 cm de comprimento, às vezes até 1m, verde-pálidos, às vezes vermelho-vinosos (Badillo, 1993). O sistema radicular é pivotante, apresentando ramificações radiais, enquadrando-se no tipo de raiz principal denominada napiforme.

As inflorescências masculinas axilares, em racimo laterais, cimeiras ou panículas pendula, geralmente longo pedunculadas, multifloras. Flores masculinas pedunculadas, branco-cremosas, verde amareladas ou amarelas, corola tubulosa ou ligeiramente afunilada, curta, 5-lobada, 10 estames amareltos. Inflorescências femininas axilares, unifloras ou em cimeiras curto-pedunculadas paucifloras. Flores femininas grandes, campanuladas, curto-pediceladas, branco-cremosas, amarelo-palidas ou evidentemente amareladas; corolas profundamente 5-partidas, pétalas carnosas, lanceoladas, pistilo amarelo pálido, com ovário grande, elíptico ou redondo, unilocular, multiovalado. Frutos em forma de baga, ovóide, esférico-piriforme, desde pequeno até muito grande, de polpa amarela, alaranjada ou avermelhada, suculenta, macia, aromática doce ou ligeiramente insípida, contendo numerosas sementes nigrescentes, de 5-7mm de comprimento; sarcotesta mucilaginosa, lisa, picante; esclerotesta com numerosas protuberâncias irregulares dentadas dispostas longitudinalmente (Badillo, 1993)

2.2 - Características da produtividade.

2.2.1 – Maracujá.

A produção de maracujá vem ganhando grande importância no Brasil, notadamente, a partir das últimas três décadas, o que coloca o país numa situação de destaque no ranking mundial (Ferreira 2005). De acordo com estimativas, a produção mundial é de 640.000 toneladas por ano, sendo o Brasil, o primeiro produtor, respondendo por aproximadamente 70% desse total (IBGE - 2008). O maracujá é plantado em quase todos os estados brasileiros, proporcionando economia e renda em inúmeros municípios, com forte apelo social, pois a cultura precisa de uso intenso da mão de obra em seu cultivo. Nos últimos anos a cultura, especialmente o maracujá amarelo, ganhou impulso no Brasil, com expansão do plantio em diversas regiões, como nos Cerrados. A produtividade brasileira situa-se numa ampla faixa desde 6 até 45 toneladas por hectare, entretanto a média nacional é considerada baixa, em torno de 8 a 10 t/ha, em função da inadequada utilização de práticas culturais: tais como adubação, pragas, doenças, polinizadores, entre outros (São José, 1986).

Tem-se verificado que o maracujazeiro vem se desenvolvendo bem em uma grande amplitude de diferentes tipos de solo, desde os vulcânicos no Havaí, aos solos de cerrado do Estado de Goiás. Com relação a profundidade do sistema radicular observa-se que mais da metade das raízes localizam-se nos primeiros 30cm do solo, enquanto que de 60 a 80 % delas encontram-se a menos de 50cm do tronco (Piza Junior, 1975). Todavia, espera-se que a distribuição das raízes se modifique substancialmente sob diferentes condições de solos e manejo da cultura, sendo necessário mais estudos nessa área.

Dados de distribuição do sistema radicular também propiciam um manejo adequado da cultura, em relação ao local de aplicação dos adubos, controle de plantas daninhas, espaçamento de plantio e irrigação. A penetração das raízes no solo pode também ser afetada pela presença de camadas compactadas, excesso de acidez e/ou alumínio, deficiência de nutrientes, principalmente cálcio e fósforo ou excesso de água (Piza Junior, 1991).

2.2.2 – Mamão.

No Brasil, o cultivo do mamoeiro destina-se basicamente à produção de frutos visando seu consumo como fruta fresca, tanto no mercado nacional como no internacional. Entretanto, vários produtos ou subprodutos podem ser obtidos a partir dos frutos ou da planta de mamoeiro, como doces, compotas, geléias, néctar e papaína, os quais, infelizmente, muito pouco, são explorados.

O cultivo do mamoeiro no Brasil, além de sua grande importância econômica, deve ser ressaltado o aspecto social, como gerador de emprego e renda, absorvendo mão de obra durante o ano todo, pela constante necessidade de manejo, tratamentos culturais, colheita e comercialização, efetuadas de maneira contínua nas lavouras, além dos plantios serem renovados, em média, a cada três anos. Na última década, o cultivo mundial de mamão registrou acréscimo, tanto na produção, quanto na área colhida. Em 1995 a produção mundial foi de 4.556.497 toneladas, numa área colhida de 269.851 hectares, enquanto que, no ano de 2005 a produção foi de 6.810.727 toneladas em uma área colhida de 387.467 ha, representando um incremento de 50 % na produção e cerca de 44 % na área colhida (Costa et al. 2005).

No Brasil, a produção e a área colhida de mamão, apresentaram crescimento na última década. Em 1995 a produção foi de 827,33 mil toneladas em uma área colhida de 32,93 mil hectares, enquanto, em 2004, a produção foi cerca de, 1.264,17 mil toneladas, em uma área colhida de 34,45 mil hectares, representando um incremento de 52,8%, enquanto que, a área colhida cresceu apenas 4,62% Food and Agriculture Organization – FAO. No ano de 2003, os maiores produtores de mamão foram os estados de: Bahia, Espírito Santo, Ceará, Paraíba, Rio Grande do Norte, Minas Gerais, Pará, Sergipe, Pernambuco e São Paulo (IBGE).

A produção nacional do mamão está baseada em dois grupos: o Formosa, que se destina principalmente ao mercado interno, e o Havaí, tanto para o mercado interno como o externo (Ministério Agricultura Pecuária e Abastecimento, 2008). Durante muitos anos, as exportações brasileiras de mamão foram inviabilizadas pelas barreiras impostas no mercado americano, face ao receio daquele país com introdução da mosca das frutas. Entretanto, após a adoção do Sistema Integrado de Medidas para a Diminuição de Risco “*System Approach*” em plantios do grupo Havaí, algumas empresas do Espírito Santo, como a Caliman Agrícola, a Gaia e, mais recentemente, a

Agra Produção e Exportação, obtiveram licença para exportar para aquele mercado, a partir de 1998 (SECEX/MIDIC, 2008).

2.3 - Algumas considerações sobre o crescimento e função do sistema radicular.

A formação do sistema radicular, inicia com o embrião (esporófito jovem) formado por um eixo caulinar (hipocótilo e epicótilo), uma a duas folhas embrionárias (cotiledones) e por uma raiz embrionária (radícula). Com a germinação da semente, a radícula sofre divisões e alongamentos celulares até seu desenvolvimento total (raiz principal), originando raízes laterais de primeira, segunda e terceira e ordens superiores (Zonta et al, 2006)

O desenvolvimento das raízes laterais é um processo multifásico, que inclui pelo menos a iniciação, emergência dos primórdios da raiz e a ativação dos meristemas das raízes laterais. Estas raízes se originam do periciclo, onde células quiescentes individuais são estimuladas a se diferenciar e proliferar para formar primórdios de raízes laterais. Os primórdios crescem via divisão e expansão celular, a emergência dos primórdios a partir das raízes parentais ocorre primariamente por expansão celular. Imediatamente após a emergência, o primórdio fica ativado para formar um sistema meristemático funcional da raiz lateral, que direciona o crescimento deste estágio em diante (Zonta et al, 2006).

O crescimento das raízes ocorre quando as células da região meristemática dividem-se, alongam-se e levam a ponta da raiz através do material adjacente. A pressão de turgor nas células que se alongam é direcional, o que deve ser suficiente para se sobrepor à resistência da parede celular ou às demais resistências externas do meio. Assim, a pressão de turgor celular e a resistência da parede, somadas às resistências do meio à deformação, são fatores importantes para avaliação do crescimento radicular no solo (Camargo & Alleoni, 1997).

As raízes crescem e se desenvolvem a partir de sua extremidade distal. Embora o comprimento que alcançam no solo é indeterminado. Segundo Taiz & Zeiger (2004), quatro zonas de desenvolvimento podem ser distinguidas na extremidade da raiz: a coifa, a zona de crescimento, a zona de alongamento e a zona de maturação. A coifa – protege o meristema apical da lesão mecânica, quando as raízes abrem seu caminho pela massa porosa do solo. Células da coifa formam por especialização, células-tronco da coifa. Conforme as células-tronco da coifa produzem novas células, células mais velhas

são progressivamente deslocadas para as extremidades, onde são eventualmente descartadas. Como as células da coifa se diferenciam, podem adquirir a habilidade de perceber o estímulo gravitacional e secretar mucopolissacarídeos que auxiliam na penetração do solo. A zona meristemática – localiza-se justamente abaixo da coifa, e o meristema da raiz origina apenas um órgão, a raiz primária. E também não produz apêndices. A zona de alongamento – é o local de rápido e extensivo alongamento celular, embora algumas células possam continuar a se dividir enquanto se alongam nessa zona, a taxa de divisão celular diminui progressivamente com o aumento da distância do meristema. A zona de maturação - é a região na qual as células adquirem sua diferenciação característica. As células entram na zona de maturação após divisões e o alongamento terem cessado. A diferenciação pode se iniciar muito cedo, porém as células não adquirem estado maduro até alcançarem essa zona.

A rizosfera é uma região do solo que merece atenção especial, pois ela sofre influência direta da raiz, sendo um dos microhabitats mais abundantes, e onde ocorre a maior parte das interações entre diferentes microrganismos e entre microrganismos e plantas (Foster, 1986). A rizosfera apresenta grande variabilidade temporal e espacial, sendo que a sua composição química e as estruturas das comunidades de microrganismos nela presentes são determinadas principalmente pelo crescimento vegetal. Os exsudados radiculares contêm uma miscelânea de açúcares, ácidos orgânicos, aminoácidos, vitaminas e outros compostos biologicamente ativos que podem servir de fontes de carbono e/ou energia para os microrganismos (Mench et al., 1988)

Quando a raiz para de crescer, o ápice dela pode ser protegido por suberização das suas células externas. Essa metacutinização, que é uma modificação das pontas raízes dormentes por suberização de uma ou mais camadas de células de coifa (Zonta et al 2006). Nas plantas cultivadas, as raízes podem crescer até 1cm ou mais por dia, enquanto raízes de plantas em ecossistemas naturais podem crescer 1mm ou menos por dia (Russel, 1977). A maior parte do crescimento e desenvolvimento ocorre após a embriogênese, por meio das atividades de seus meristemas, os quais continuam formando órgãos ao longo de todo o ciclo de vida. Sendo esta uma característica das plantas fixas em substrato (Zonta et al, 2006).

O crescimento radicular pode ser afetado por fatores abióticos e bióticos. Os fatores abióticos que influenciam a fisiologia das raízes e, por consequência, o crescimento e desenvolvimento das culturas, podem ser classificados quanto a sua

natureza em: químicos (pH, concentração de elementos tóxicos e nutrientes), físicos e físico-hídricos (oxigenação, temperatura, umidade, textura, densidade/porosidade). Os fatores bióticos, como interação das raízes com microrganismos (Fungos micorrizicos e a fixação biológica do nitrogênio – FBN) geralmente estão interagindo com os fatores abióticos para se manifestarem (Zonta et al, 2006).

O sistema radicular, além de fixar a planta tem como função, independente de seu desenvolvimento a capacidade de absorver água e nutriente, que são funções primárias. Mas com o processo evolutivo, houve a necessidade das raízes cumprirem outras funções, em parte moduladas pelo ambiente a que estavam submetidas como: dreno final no armazenamento de substâncias de reserva, propagação e dispersão da espécie, nicho ecológico para simbioses e organismos livres associados à rizosfera, produção de metabolitos secundários, aeração da rizosfera e síntese de reguladores de crescimento (Raven et al., 1996), e também a extrusão de prótons e exsudação radicular.

A extrusão de prótons ou efluxo ativo de prótons, realizada pela planta, por H^+ -ATPases ligadas à membrana plasmática, é de importância fundamental pois participa do processo de absorção de nutrientes, geração de turgescência celular, acidificação externa para relaxamento da parede celular e desenvolvimento de polaridade em células radiculares (França, 2006).

A exsudação radicular de compostos pela raiz acrescenta quantidades significativas de carbono ao solo, em suas mais diversas formas, independente da quantidade estocada nos seus tecidos. O carbono acrescentado à rizosfera, durante o crescimento ativo da raiz, raramente excede 1% de peso de tecido seco sob condições normais de crescimento. No entanto, essas taxas podem ser duas a quatro vezes maiores sob condições de estresse, em que dependendo da espécie e das condições ambientais, até 40% do carbono fixado pelas plantas pode ser depositado na rizosfera. Exemplos típicos de exsudações radiculares são os ácidos orgânicos, por estarem diretamente envolvidos na tolerância das plantas ao Al (Zonta, 2003). Os ácidos orgânicos tem relação especial com a toxicidade por Al e outros metais e com a nutrição da planta, participando como componente chave no sistema operacional da interface solo-raiz (Lopes Buçio et al, 2000).

As raízes são órgãos heterotróficos, por esse motivo os gastos com carbono no sistema radicular constituem-se em limitação primária para o crescimento em plantas cultivadas, comuns em solos de baixa disponibilidade de nutrientes (Nielsen et al, 1999), como os solos brasileiros. De modo geral, o crescimento é a atividade do sistema

radicular que apresentam custo metabólico significativo, principalmente quando a planta esta sob estresse (Lynch, 1995)

As raízes tem um grande consumo de fotoassimilados, que pode chegar até 44% do que a planta produz, sendo que $\frac{1}{4}$ desse valor é utilizado em crescimento e o restante é consumido na respiração de manutenção (Pimentel, 1998). As raízes que mais recebem fotoassimilados são as recém formadas, próximas a superfície do solo, e quanto mais escassos os recursos no meio maior o investimento em sistema radicular.

O sistema radicular sofre vários danos durante seu crescimento, mais os maiores efeitos são causados pela toxidez por (Zonta 2004). Ainda deve ser levado em consideração que este dois fatores estão de uma maneira geral associados, pois somente em condição de acidez do solo o alumínio fica disponível para causar toxidez a planta. Os sinais de toxicidade por alumínio na raiz inicia-se com a inibição do crescimento longitudinal, promovendo rapidamente atrofias e ou injurias no meristema radicular (Kochian, 1995), especificamente na parte distal da zona de transição no ápice das raízes, onde as células estão entrando em fase de alongamento, que é o sitio da ação tóxica do alumínio (Sivaguru & Horst, 1998)

O efeito da toxidez se manifesta, inicialmente, na redução da taxa de crescimento radicular, sendo um fenômeno muito rápido nos genótipos mais sensíveis (Barceló & Poschenreider, 2002). Poderá ter caráter reversível ou não dependendo da severidade do estresse, se for muito severo poderá causar a morte das células da zona meristemáticas ou de tecidos corticais (Siminocova et al. , 2004). Em níveis intermediários, pode ocorrer o aparecimento de áreas manchadas de cor marrom-castanho pouco atrás da região do meristema, assim como na epiderme da raiz, sendo estas machas indicativas de aparecimento de substancias polifenólicas (Richards et al., 1998). Estas substancias contribuem, pela sua oxidação, para a o aumento das chamadas espécies reativas de oxigênio, responsáveis pelas reações de peroxidação de lipídeos constituintes da membrana celular (Peixoto et al., 1999).

Os mecanismos causais da toxidez do Al resultam, na sua essência, da ligação do Al com substancias situadas na parede celular, na membrana plasmática ou no citoplasma, pois o alumínio possui forte afinidade por composta doadores de oxigênio, desde moléculas estruturalmente simples, como os fosfatos inorgânicos, até algumas bastante complexas como antocianinas e outros flavonóides (Tolrà et al., 2005)

Poucos estudos têm sido realizados para avaliar o efeito do alumínio no comprimento radicular maracujá e mamão, sendo inicialmente necessário obter mais informações da melhor fase do estudo de tolerância ao alumínio nestas fruteiras.

Mas o comprimento radicular é o parâmetro com maior quantidade de relatos como medida da tolerância ao alumínio, mas também é o que apresenta maiores dificuldades operacionais para ser avaliado (Foy et al., 1978; Vasconcelos, 1997; Zhang & Taylor, 1998)

2.4 - Problema do alumínio no Brasil e no Mundo.

No Brasil, a ocorrência de solos com problemas de toxidez por alumínio é de 60 %, tendo estas áreas potenciais agrícola (Abreu Jr, 2003). Deste modo à medida que os solos se acidificam, íons tocáveis da Al passam a ocupar as posições de troca catiônica, em superfície eletronegativas dos colóides. Por ser um cátion trivalente, o alumínio fica retido firmemente no colóide em baixas concentrações, que mesmo assim são tóxicas aos vegetais, podendo causar lesões nas raízes, inibindo o crescimento e aquisição de nutrientes e água pelas mesmas (Haynes & Mokolobate, 2001), podendo estes efeitos ser mais agravados em deficiência hídrica. Algumas espécies vegetais, como o chá e hortêncina, são capazes de acumular alumínio em suas folhagens sem apresentar dano. Mas a tolerância vegetal ao alumínio é uma característica multigênica que pode envolver vários mecanismos (Barceló & Poschenraider, 2002).

A toxidez provocada pelo Al pode ser minimizada com incorporação de calcário em camadas mais profundas do solo (Cassiolato, 2000; Hartwig, 2007), pois esta pratica da calagem visa, dentre outros, a correção da acidez do solo com elevação do pH do solo e com isso a imobilização do alumínio trocável no solo, além de fornecer o cálcio e o magnésio à planta (Kliemann, 1986). A sensibilidade do maracujazeiro e do momoeiro ao Al tem sido pouco estudada, pois muitos autores recomendam a calagem somente para elevar a saturação de bases no solo.

2.5 - Interação do maracujá, mamão e outros vegetais com alumínio.

A maioria das espécies vegetais cultivadas tem apresentado grande sensibilidade ao alumínio, sendo este elemento encontrado em grande quantidades nos solos, em razão de sua participação na constituição dos minerais primários, e esses efeitos são

mais marcantes quando o pH da solução do solo encontra-se menor ou igual a 5,5 (Kochian, 1995; Vale 1993).

O efeito primário do Al nas plantas é o bloqueio do crescimento radicular pela inibição da divisão e alongamento celular, tornando as raízes curtas, grossas e de cor marrom escura, impedindo a absorção de água e nutrientes (Clarkson, 1966; Fráguas 1993). A redução do crescimento radicular é um fenômeno rápido e em genótipos sensíveis acontece entre 30 minutos e 2 horas após a exposição em solução (Barceló & Poschenraider, 2002), este efeito também foi verificado por Mendonça et al (1999), quando avaliaram o comportamento do maracujazeiro em solução nutritiva contendo diferentes concentrações de Al. Sendo o ápice radicular, por acumular mais Al que os tecidos maduros, é o sítio primário da ação inibitória do Al no crescimento radicular (Fráguas et al., 1989; Delhaize & Ryan, 1995).

A taxa de redução do crescimento radicular poderá ter caráter reversível ou não dependendo da severidade do estresse, pois este pode ter níveis altos provocando morte as células da zona meristemática ou intermediários, causando aparecimento das áreas manchadas de cor marrom castanho próximo da região meristemática (Simonovicova et al., 2004). Segundo Tang Van Hai et al. (1989), baixas concentrações de Al em solução podem até estimular o crescimento radicular.

Estudos em videira com relação ao efeito fitotóxico de Al, realizados por Galet (1978) e Marcelin (1977), mostraram que os prejuízos são causados, quando a correção do solo não é realizada com qualidade. Em ensaios com trigo Parker et al, 1988 observaram que sempre que se aumentava atividade do Al^{3+} em solução o crescimento radicular diminuía. Mendonça et al (1999), em solução nutritiva com pH 4,2, verificaram que mudas jovens de maracujá amarelo demonstraram ser bastante sensíveis aos efeitos tóxicos desse elemento, estas plantas de maracujá no estágio de muda, submetidas a doses de 5, 15, 30 e 45 $mg.L^{-1}$ de Al em solução nutritiva apresentaram, após 42 dias de cultivo, redução no comprimento da haste principal e nas raízes principais, número de folhas, número de gavinhas e comprimento de internódios.

Em plantas de arroz também ocorreu redução do crescimento radicular quando expostas as concentrações crescentes de Al em solução nutritiva (Vasconcelos 1997), e também em feijão (Jacob-Neto, 1993). O mesmo também ocorreu em porta enxertos de videira quando estudadas em solo com altas concentrações de Al (Fráguas, 1993). Alguns sintomas na parte aérea são apresentados pelos vegetais quando expostos ao alumínio. Em videiras as folhas apresentam cloroses e pontuações marrons em suas

margens, enrolamento do limbo foliar e ou enrugamento do mesmo (Fráguas, 1996). Em arroz (Vasconcelos, 1997) e maracujá (Mendonça, 1999) as folhas apresentaram sintomas, mas não foi verificado uma relação com a toxidez por Al. Mas estes sintomas em parte aérea podem ser confundidos por estresses causados por pragas, doenças, variações climáticas e deficiência de Ca, Mg e P (Rossiello & Jacob Neto, 2006).

Com relação ao mamoeiro, nenhum estudo relata o efeito direto do alumínio nas raízes das plantas. Mas para que ocorra um bom desenvolvimento e produtividade a planta necessita de um solo com saturação de bases em torno de 60% e pH acima de 5,5 (Costa e Costa, 2003) e nestas condições o alumínio não está disponível na solução do solo.

Algumas espécies de plantas apresentam mecanismos de tolerância à toxidez de alumínio, como a imobilização nas paredes celulares, o aumento do pH na rizosfera, precipitando o alumínio em solução, o transporte ativo para fora do citoplasma celular e a liberação de exsudatos orgânicos radiculares (ácidos orgânicos), os quais formam complexos ou quelatos com o alumínio evitando assim a sua absorção pelas raízes (KOCHIAN, 1995; DELHAIZE & RYAN, 1995). A exsudação de ácidos orgânicos radiculares pode ser o mecanismo das plantas mais eficiente para controlar a toxidez de alumínio nas raízes (DELHAIZE & RYAN, 1995; KOCHIAN, 1995). São produzidos constantemente pelas raízes das plantas, são de baixo peso molecular e de baixa estabilidade no solo, mas, podem ser muito eficientes para complexar o alumínio, dependendo do tipo e quantidade de grupos funcionais (OH⁻ ou COOH⁻) na cadeia carboxílica, que determina o tipo de ácido orgânico (HORST et al., 1982; MIYAZAWA et al., 1992). A produção de exsudados é variável conforme a espécie de planta, condições de estresse e é estimulada por microorganismos que utilizam e produzem outros compostos orgânicos (JONES, 1998).

2.6 - Comportamento do alumínio em solução nutritiva.

A ocorrência e as atividades das diversas formas de alumínio em solução estão reguladas, primariamente pela inter-relação das variáveis: pH, a composição e a força iônica total da solução. Deste modo o pH vai interferir na predominância ou não de determinada forma de alumínio em solução, sendo que em pH abaixo de 4,0 estão em maior predominância o alumínio trivalente (Al³⁺), pH neutro formas mononucleares (Al(OH)⁺²) e sob condições alcalinas formas anion aluminato (Al(OH)⁻⁴). A composição

da solução vai interferir na atividade fitotóxica dos íons de alumínio em solução devido sua interação com os radicais aniônicos, formando complexos solúveis. Deste modo com uso de soluções simples pode-se identificar melhor os efeitos da toxidez pois o alumínio estará mais disponível na solução (Rossiello & Jacob Neto, 2006).

Alem disso as soluções simples representam uma forma rápida de avaliar os efeitos da toxidez do Al sobre a elongação radicular (Kinraide et al., 1985), seleção de genótipos tolerantes ao Al (Hanson, 1991) e identificação dos mecanismos de toxicidade do Al nas plantas (Ischicawa et al, 1996). Estas avaliações são possíveis, pois em soluções simples somente uma espécie de Al é mantida na solução, devido ao pH baixo e a ausência de agentes complexantes (Hill et al., 1989).

Em solução completa, o Al pode ter formas insolúveis formando precipitados, que atenuaram o efeito tóxico deste na solução impedindo a avaliação dos resultados. Isto ocorre em presença de fósforo que na interface raiz-solução forma $AlPO_4$ insolúvel precipitado ou adsorvido por hidróxi-Al (Foy et al, 1978; Arruda et al, 1984), Si que forma complexos como $Al [O Si (OH)_3]^{2+}$ que co-precipita ou inativa o Al em solução com pH acima de 4,5 (Hodson & Evans, 1995; Corrales et al., 1997). A força iônica de uma solução aquosa quando reduzida aumenta o Al^{+3} livre em solução e ocorre diminuição do mesmo quando aumentada e esta força tem importância para avaliar o real efeito das atividades do alumínio (Rossiello & Jacob Neto, 2006).

Em soluções nutritivas ácidas pode ocorrer a formação de complexos polinucleares de Alumínio, com o aumento gradativo de pH ou da concentração do Al total em solução, esta forma de Al precipitada vai acumular no apoplasto, que dependendo do tempo de exposição pode resultar em elevação dos teores de Al em solução. Mas, ainda não está claro se o Al_{13} ocorre naturalmente nos solos ou se é formado, em condições adequadas no espaço livre radicular (Rossiello & Jacob Neto, 2006).

2.7 – Uso da embebição como tratamento pré-germinativo de sementes.

No conceito agrônomo ou tecnológico, considera-se germinação a emergência de parte da planta no solo ou a formação de uma planta vigorosa sobre algum tipo de substrato. No critério botânico considera germinada a semente em que uma das partes do embrião emerge de dentro dos envoltórios, acompanhando de algum sinal de metabolismo ativo, como por exemplo a curva da radícula (Borghetti, 2004)

De acordo com Castro & Hilhorst (2004), a água exerce grande influência sobre o processo germinativo, sendo observado que em sementes pré-embebidas em solução, a germinação acontece de maneira mais rápida e uniforme. Neste sentido, a água tem papel fundamental na compreensão da biologia da semente, particularmente nos processos de germinação e desenvolvimento (Villega, 1998). A germinação, segundo Bewley e Black (1994) e Castro et al. (2004) é um processo composto por três fases que consistem da embebição (fase I), ativação dos processos metabólicos requeridos para o crescimento do embrião (fase II) e iniciação do crescimento do embrião (fase III).

A duração de cada fase da germinação depende de propriedades inerentes à semente, como a permeabilidade do tegumento, composição química e tamanho das sementes e, também das condições durante a embebição, como temperatura, composição do substrato e presença de reguladores vegetais (Carvalho e Nakagawa, 2000). Estudos de Ferreira (2001) observaram que o maracujá amarelo não apresenta impermeabilidade a água, assim a ocorrência de sementes dormentes deve estar ligada a outros fatores.

O processo de embebição é puramente físico e depende somente da ligação da água a matriz da semente, ocorrendo em qualquer material, morto ou vivo, que contem sítios de ligação ou afinidade pela água (Castro & Hilhorst, 2004). Com a absorção de água, o potencial hídrico da semente aumenta, reduzindo o gradiente com o substrato úmido, desse modo, o fluxo hidráulico da semente aumenta e tende a se igualar ao substrato (Shioga, 1990). A embebição ocorre gradativamente com o umedecimento inicial dos tecidos mais próximos da superfície e o estabelecimento de uma frente de hidratação, à medida que a água caminha para a interior da semente. Conseqüentemente, é possível identificar uma fronteira nítida se deslocando para as partes secas, ao mesmo tempo em que ocorre aumento contínuo da quantidade de água nas partes já umedecidas (Marcos Filho, 2005).

As complexas transformações metabólicas iniciadas com a embebição são finalizadas com o crescimento da radícula através das estruturas envoltórias da semente, marcando, em nível fisiológico. O final da germinação propriamente dita e o início do crescimento da plântula. Dependendo da espécie, pode haver um período considerável de crescimento intra-seminal, antes de a radícula (ou outro órgão, como o hipocótilo ou coleóptilo) ultrapassar a barreira do tegumento. Essa expansão da radícula pode em poucas sementes, envolver a divisão celular, embora, na grande maioria as mitoses ocorram predominantemente após a protrusão ou germinação visível (Cardoso, 2004).

Os reguladores vegetais que controlam o metabolismo e as respostas das sementes ao ambiente, são fatores que controlam a germinação. Essas substâncias, mediadoras dos processos fisiológicos da germinação, transformam sinais ambientais específicos em respostas bioquímicas, produzindo modificações no estado fisiológico da semente, através da transcrição diferencial, repressão e desrepressão gênica ou ativação do RNA mensageiro ou ainda, por alteração da permeabilidade da membrana. Modificações nas propriedades físicas das membranas afetam diretamente a taxa de hidratação, liberação de enzimas, transporte iônico, pH e o conteúdo de inibidores, situações estas que interferem na germinação das sementes (Davies, 1994).

Substâncias inorgânicas como os íons, podem influenciar a germinação das sementes. Quando em excesso, os íons podem alterar ou inibir a germinação. Normalmente, pelo fato das sementes se apresentarem supridas de íons, sua dependência de minerais para a germinação não chega a ser muito grande, dependendo, obviamente, do conteúdo de reservas na semente madura. Uma exceção pode ser feita ao nitrato, que além de ser largamente usado como promotor da germinação em inúmeras espécies, parece atuar, juntamente com a luz e a temperatura como um sinal do microambiente onde a semente está situada (Cardoso, 2004).

O pH também pode influenciar a germinação de sementes, principalmente em ensaios de laboratório, onde se recomenda o uso de um pH na faixa de 6,0 a 7,5; o que pode ser conseguido através do uso de tampões no meio (; Custódio 2002Cardoso, 2004). Em campo, como nos cerrados em que o pH dos solos é baixo, a germinação de algumas espécies pode ser afetada, mas também pode favorecer a germinação atuando na quebra da dormência de sementes de algumas espécies (Perez, 1993)

Muitos estudos foram realizados com uso de hormônios para acelerar e homogeneizar a germinação de espécies e cultivares de maracujá Coneglian et al (2000), Fogaça (2001), Zucareli (2007) e genótipos de mamão (Chacko e Singh, 1966), Tokuhisa (2006). E estudos com alumínio na germinação foram observados a redução das taxas de germinação em concentrações mais elevadas (Marin, 2004; Macedo, 2008).

A propagação do maracujazeiro pode ser feita através de sementes, estacas e enxertia, porém o método predominante é a produção de mudas por meio de sementes. Contudo, o período de germinação de sementes de maracujazeiro é extremamente irregular, podendo oscilar entre 10 dias a três meses (Luna, 1984). Existem relatos dos efeitos da embebição das sementes de maracujazeiro em água (Wagner Júnior et al., 2003), água de coco (Wagner Júnior et al., 2006), água aquecida (Meletti et al., 2002) e

em ácido giberélico (Galdino et al., 2003), porém, não foram encontrados informações a respeito do efeito pH da água de embebição sobre os processos de germinação do maracujazeiro amarelo.

A germinação das sementes de mamão é lenta e irregular (Chacko e Singh, 1966), podendo levar de 4 a 8 semanas para o processo se completar, o que tem sido atribuído tanto à presença da sarcotesta, um envelope mucilaginoso que envolve externamente a semente, como à ocorrência de dormência pós-colheita. Para alguns autores (Reyes et al., 1980; Chow e Lin, 1991; Schmildt et al., 1993), a presença da sarcotesta pode resultar em germinação lenta e desuniforme que, segundo Reyes et al. (1980) e Chow e Lin (1991), deve-se à presença de inibidores neste envelope mucilaginoso. Viggiano et al. (2000) observaram dormência em sementes desprovidas de sarcotesta. A falta de sincronismo na germinação das sementes de mamão pode, realmente, ser atribuída à presença de inibidores, principalmente compostos fenólicos, presentes na sarcotesta e esclerotesta (Reyes et al., 1980; Chow e Lin, 1991). Segundo Carvalho e Nakagawa (2000), estes inibidores podem restringir a entrada de oxigênio no interior da semente, impedindo, portanto, a germinação. Em sementes de diversas espécies, a dormência é ocasionada por um balanço hormonal desfavorável entre promotores, como as giberelinas (GA), e inibidores da germinação, como o ácido abscísico (ABA) (Bewley e Black, 1994).

2.8 – Produção de mudas de maracujá e mamão.

2.8.1 – Maracujá.

O maracujazeiro encontra condições favoráveis ao seu desenvolvimento em regiões tropicais e subtropicais. Devido à industrialização de seus frutos e ao bom preço do suco tem-se verificado aumento em sua produção no Brasil (Suzuki, 1987). Sua propagação pode ser feita por diferentes processos: sexuada, pelo emprego de sementes, e assexuada, pela propagação vegetativa empregando-se a estaquia ou a enxertia (Steinberg, 1988).

. Considera-se que 60% do sucesso de uma cultura está em implantá-la com mudas de alta qualidade (Minami *et al.*, 1994). Para obtenção de mudas saudáveis e de boa qualidade é necessário escolher um substrato que permita o bom desenvolvimento das plântulas. Na escolha do material para o substrato deve ser levado em consideração o

tamanho da semente, sua exigência com relação à umidade, sensibilidade ou não à luz e ainda, a facilidade que este oferece para o desenvolvimento e avaliação de plântulas (Fanti & Perez, 1999).

O recipiente é outro fator que exerce influência significativa no desenvolvimento de mudas. Vários tipos e tamanhos de recipientes podem ser utilizados na produção de mudas de plantas frutíferas. O mais utilizado é a sacola plástica. Pode-se ainda se dispor de tubetes ou de bandejas de poliestireno expandido (isopor) para a formação das mudas, o que tem sido utilizado principalmente por grandes empresas produtoras de mudas (Verdial *et al.*, 2000). A semeadura pode ser feita diretamente no campo, em recipientes individuais ou em bandejas. As bandejas são geralmente constituídas de isopor, sendo possível a sua reutilização. Além disso, permitem economia de espaço e de substrato a ser utilizado. A produção de mudas de alta qualidade é uma das estratégias usadas para quem deseja produzir e exportar (Oliveira, 1993). Os sacos plásticos comportam um volume de substrato que permite a obtenção de mudas vigorosas e de qualidade adequada para o plantio. Por outro lado, contribuem para o aumento da área requerida para o viveiro e a elevação do custo de produção, de transporte e plantio da muda (Melo, 1999). A produção de mudas de maracujazeiro em tubetes surge da busca de inovações técnicas que visam à melhoria do sistema de produção, com melhor qualidade da muda e redução nos custos. Segundo Lima (1986), esse sistema facilita sobremaneira o isolamento de viveiro, a proteção contra nematóides e outras doenças do solo, pois apresenta maior facilidade no controle de pragas e doenças da parte aérea e preserva a integridade do sistema radicular durante a fase de produção da muda.

2.8.2 – Mamão.

A muda é um dos insumos mais importantes para a formação de um pomar de mamão, tendo-se em vista o curto período de exploração da cultura (2 a 3 anos) e a elevada densidade de plantio utilizada. A importância da muda está no fato de que o potencial máximo de produtividade e de qualidade das frutas está diretamente relacionada à origem e obtenção do material de propagativo (semente) e somente será revelado 8 a 10 meses após o plantio, no início do florescimento e frutificação (Zanetti 2003).

Entre as formas de propagação do mamoeiro (*Carica papaya* L.), a mais utilizada é aquela por sementes (Drew, 1987). Entretanto, nos mamoeirais formados por sementes, em vista de se tratar de uma espécie de fecundação cruzada, observa-se segregação nas progênes obtidas.

A propagação é feita comercialmente via sementes, apesar de haver uma tendência de se obter o material propagativo por meios vegetativos (São José & Marin, 1988). Mas a estaquia e a enxertia não são métodos eficientes para sua propagação em larga escala (Winnaar, 1988). O mamoeiro apresenta início de frutificação precoce e ciclo de vida curto, quando comparado com outras frutíferas. Devido a esse fato, a cada 3 ou 4 anos é necessário remover todas as plantas do pomar. Obviamente, este fato acarreta grande demanda de sementes ou mudas. (Manica, 1982)

Estima-se em cerca de 20.000 ha plantados com mamão nos estados da Bahia e Espírito Santo (IBGE 2008). Partindo do princípio que um hectare de lavoura é formado com cerca de 200 gramas de semente, verifica-se uma demanda de aproximadamente 4,0 toneladas de sementes para a renovação da área inteira; que ocorre a cada 2-4 anos. Assim, existe uma necessidade enorme de bons produtores de sementes, para que a cultura do mamoeiro possa cada vez mais ser melhorada no país (São José & Marin, 1988).

Na produção de mudas, a semeadura das sementes pode ser realizada em diversos tipos de recipientes, sendo os mais comuns, sementeiras, canteiros e diretamente no campo (Ruggiero, 1980; Manica, 1982), bandejas de polítileno (Zanetti, 2003) Mas um grande número dos produtores de mamão utilizam o processo de formação de mudas em viveiros rústicos, de baixo custo, protegidos por tela, palhas de palmáceas ou qualquer outra cobertura que permita a passagem de 50% da luz solar. Esta cobertura é retirada ou raleada de acordo o desenvolvimento das mudas; que geralmente ficam sombreadas por aproximadamente três semanas. Apesar da melhoria constatada no sistema de produção de mudas em tubetes; tanto os viveirista como os produtores de mamão carecem de novas pesquisas e desenvolvimento de protocolos para propagação assexuada da espécie, e ou a adoção de técnicas de enxertia ou estaquia viável economicamente, com a finalidade de solucionar inúmeros problemas genéticos que a espécie apresenta no campo (Zanetti, 2003).

2.9 – Testes rápidos para verificação da tolerância ao alumínio.

O desenvolvimento de um método rápido de seleção de espécies para tolerância ao Al requer a escolha correta dos fatores que afetam a toxicidade desse elemento, bem como de parâmetros de avaliação fáceis de serem determinados e suficientemente sensíveis para discriminar as diferenças de tolerância entre as cultivares (Cambraia et al., 1991). Além de rápidos estes métodos devem ser eficientes e de baixo custo operacional, para acelerar os programas de melhoramento genético (Furlani e Hanna, 1984; Little, 1988).

Parâmetros morfológicos têm sido usados por diversos autores para seleção de plantas tolerantes ao Al. Mas apenas um parâmetro isolado pode não apresentar significância para indicar tolerância (Costa de Macedo et al., 1997). Dentre os parâmetros usados estão: a alongação radicular relativa (Vasconcelos, 2002), massa fresca relativa de parte aérea (Jan e Petersson, 1989), massa seca de parte aérea (Foy e Silva, 1991), massa seca de raízes (Jan e Petersson, 1989), comprimento radicular (Fageria et al, 1988).

O uso de corantes químicos é outro método rápido e barato para avaliar a tolerância de vegetais ao Al, que para ter eficiência deve ser considerado a razão H^+/OH^- , estágio de crescimento das raízes e sua coloração natural (Rossiello & Jacob Neto, 2006), o Alumínio ter alta afinidade por substâncias liberadas pela planta (Tolrá et al., 2005). Deve também ser considerado o provável local de exclusão do Al, se o mecanismo da tolerância da espécie é baseado na exclusão externa ou interna na raiz ou se ocorre na parte aérea (Jacob- Neto et al., 1991; Jacob- Neto, 1993; Barceló & Poschenraider, 2002). Vários corantes têm sido utilizados, como a hematoxilina (Kinraide, 1988; Massot et al., 1991; Vasconcelos, 1997), quinalizarina (Kalovoulos & Misopolinos, 1993), azul de metileno (Wagatsuma et al., 1988), violeta de pirocatecol (Jacob-Neto, 1993, Vasconcelos, 1997).

2.10 – Justificativa.

Durante a revolução verde nos anos 50 e 60, o melhoramento vegetal tradicional não buscou plantas com o sistema radicular muito desenvolvido, pois nem água, nem nutrientes eram limitantes na maioria dos cultivos, hoje em dia tal pensamento já se modificou mesmo em relação ao clima temperado (Schrader, 1985), buscando-se plantas mais eficientes no uso de nutrientes (Duncan & Baligar, 1991). Em clima tropical, no entanto, grande parte da agricultura para produção de alimentos é feita com baixa tecnologia, em regiões de alta evapotranspiração, sem irrigação e visto o alto custo da aplicação fertilizante, conduzida com baixa disponibilidade de nutrientes (Norman et al, 1995). Portanto, a seleção de plantas com sistema radicular bem desenvolvido, para profundidade e área radicular, apesar de ser um órgão não colhido para a maioria das culturas, permitirão aumentos de produtividade (Pugnaire et al., 1994).

O objetivo deste estudo foi avaliar o desenvolvimento do sistema radicular de cultivares de maracujazeiro e mamoeiro observando os efeitos ocorridos sob condições de estresse com alumínio na fase de plântula em solução nutritiva simples e completa. E no período de germinação em substrato embebido com diferentes concentrações de alumínio. Para verificar se as cultivares testadas são tolerantes ao alumínio.

3 - MATERIAL E MÉTODOS.

3.1 – Local de realização dos experimentos.

Os experimentos de avaliação de tolerância ao alumínio em solução nutritiva foram realizados em câmara de crescimento com temperatura controlada, sendo a diurna de 27° C e noturna de 18° C em media e luminosidade media de 400 Lux, localizada no Laboratório de Química da Rizosfera. O experimento de embebição das sementes foi realizado no laboratório de Análise de Sementes em câmara de germinação com temperatura de 30° e 20°C durante o dia e a noite respectivamente. Os laboratórios estão localizados no Departamento de Fitotecnia, Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

3.2 – Algumas características das cultivares avaliadas no estudo.

3.2.1 - Cultivares de Maracujá (*Passiflora. edulis f. flavicarpa* Deg).

- **FB 100 - Seleção comercial de Maracujá Amarelo da Maguari do Viveiro Flora Brasil:** Principal destinação: indústria Variedade com 20 anos de melhoramento genético. Rústica, de boa qualidade produtiva; frutos desuniformes em tamanho, forma e cor; Alto rendimento de suco (cerca de 42%); Cor da polpa amarelo-alaranjado; Brix: média de 15,0°; Potencial produtivo: em média 50 ton/ha/ano; Peso do fruto: média de 120 gramas (Viveiro Flora Brasil, 2007).

- **IAC 275:** Seus frutos são ovais, de casca fina, com cavidade interna completamente preenchida e sólidos solúveis com média de 15° Brix. A polpa representa mais de 50% do fruto, e na maioria dos frutos é de coloração alaranjado-intenso, extremamente atrativa e aromática. A produtividade média obtida foi de 45-50 t/ha/ano, com polinização manual complementar. Cerca de 65% desses frutos atingiram a melhor classificação do mercado, principalmente aqueles colhidos entre março e maio

- **IAC 273/277:** Esta cultivar foi lançada em todo o Brasil pelo Instituto Agrônomo de Campinas no ano de 1999. Os frutos de alta qualidade para o mercado de frutas frescas, maiores e mais pesados que os atualmente obtidos na maioria dos pomares; Polpa

bastante suculenta, de cor alaranjada, representando cerca de 47% do fruto; Principal vantagem: alta produtividade média, 2 a 3 vezes superior à média nacional. A IAC-277 produz em torno de 40-45 t/ha/ano, em condições de sequeiro, com polinização manual complementar, que aumenta o enchimento dos frutos, o peso e o tamanho; A associação de alta produtividade com padrão superior de frutos permite agregar maior valor ao produto e reduzir o custo de produção por caixa; Dupla finalidade: cultivar desenvolvida para o mercado de frutas frescas, mas por ter casca menos espessa, elevado rendimento em polpa e alto teor de sólidos solúveis (15 a 17 °Brix), pode ser utilizada também na agroindústria, como uma segunda opção de comercialização.

- **IAC Paulista:** Para a diversificação dos pomares nacionais ou para exportação. Frutos de coloração roxo-avermelhada, com peso de 100 a 160 g, geralmente com pintas brancas características na casca. Dimensões médias do fruto: 7,6 cm de diâmetro longitudinal por 7,0 cm de diâmetro transversal. Produtividade média de 25 t/ha/ano, em condições de sequeiro, com polinização manual complementar; Indicado para o mercado de frutas frescas, por apresentar frutos diferenciados, para comercialização no varejo de grandes redes de supermercados ou exportação. Polpa bastante suculenta, de cor amarelo-alaranjada, representando cerca de 47% do fruto. Teor de sólidos solúveis de 13 a 18 °Brix, com acidez inferior ao maracujá-amarelo. Pode ser utilizado também na agroindústria. Indicado para produção no Centro-Sul do país, porque prefere clima ameno. Em regiões com inverno bem definido, o maracujá-roxo é um pouco mais precoce, mas sua safra também é interrompida pelo inverno, por falta de luminosidade suficiente para o florescimento.

As informações sobre as cultivares de maracujá IAC 275, 273/277 e Paulista, foram obtidas na página da internet do Instituto Agrônomo de Campinas

3.2.2 – Cultivares de Mamão (*Carica papaya* L).

A - Grupo Solo.

Gran Golden: Esta cultivar foi selecionada a partir da cultivar Golden, por pesquisadores do estado do Espírito Santo, seguindo observações dos produtores que já vinham realizando seu cultivo. Apresenta boa produtividade, mais ainda não foi utilizada em outros estados.

Golden: Mutação da 'Sunrise Solo', foi selecionada pela empresa Caliman Agrícola S/A, no município de Linhares-ES. A característica mais marcante desta variedade é a coloração verde-clara das plantas, acentuadamente aclorofiladas. Este fato expõe uma importante limitação que é a baixa produtividade em relação às demais cultivares do grupo "Solo", provavelmente pela menor fotossíntese das plantas desta cultivar conferindo menor rusticidade em termos de exigências em tratos culturais (Marin et al., 2000). Segundo Marin (Comunicação pessoal), esta variedade tem produzido 40 a 50% menos, em relação a "Sunrise Solo", na região de Linhares-ES. Embora a produtividade seja inferior, as características de qualidade de fruto são superiores, como casca lisa e coloração verde-clara e tolerante à "mancha fisiológica do mamoeiro" proporcionando melhor aceitação no mercado externo, permitindo assim um aumento de divisas ao país associado a uma melhor remuneração ao produtor (Marin et al., 2000).

Baixinho da Santa Amália: Cultivar regional, resultante, muito provavelmente, de mutação dentro da variedade "Sunrise Solo". Foi selecionado em 1978, na Fazenda Santa Amália, Linhares – ES, e introduzido em 1986, por fruticultores no norte do estado do Espírito Santo. Floração inicial de três a quatro meses após o plantio. Possui altura de inserção da primeira flores em torno de 50 a 70 cm, com início da produção ao oitavo mês após o plantio. Devido ao menor porte (2,77 m de altura) em relação à 'Sunrise Solo' (4,14 m) aos 2 anos após o plantio, esta variedade possibilita a irrigação por aspersão sobrecopa (pivo central). Os frutos são maiores em relação à variedade citada anteriormente, com média de 550 g, polpa vermelho-alaranjada, mas pouco consistente, característica que restringe a aceitação tanto no mercado interno quanto no externo (Marin et al., 1995; Marin et al., 2000).

B - Grupo Formosa.

Tainung 01: Híbrido F1, bastante produtivo, desenvolvido pela Estação experimental de Fengshan, em Formosa, China, resultante do cruzamento entre "Sunrise Solo" e uma seleção da Costa Rica, de polpa vermelha. Os frutos são alongados, nas plantas hermafroditas, e oblongo-obovados (redondo e alongados), nas femininas. Apresentam casca de coloração verde-clara e cor de polpa laranja – avermelhada. O peso dos frutos varia de 900 a 1.100g, tem ótimo sabor, possui boa durabilidade e resistência ao

transporte e pouca resistência ao frio. Segundo Marin et al (2000) tem grande aceitação no mercado interno.

3.3 – Parâmetros Avaliados.

- A) Comprimento da haste principal (CHP) da plântula: medição do caule da plântula com régua graduada em centímetro a partir do colo;
- B) Taxa de crescimento radicular (TCR), realizada através da equação :

$$TCR = (Cf. - Ci) \times 100$$

Sendo:

TCR = Avaliação da medição do dia da coleta (Cf) menos a avaliação da medição do dia anterior a coleta (Cf-1).

Cf. – comprimento radicular final; Ci - comprimento radicular inicial

- C) Caracterização do estágio visual das folhas, realizada diariamente avaliando as características morfológicas surgidas nas folhas após o início do tratamento em solução nutritiva contendo Al.
- D) Diâmetro do colo: medição do colo das plântulas, com uso de paquímetro digital.
- E) Diâmetro do ápice da raiz: realizado através da medição do ápice da raiz principal, com uso de paquímetro digital
- F) Elongação radicular relativa: (ERR%) calculada de acordo com a equação proposta por Vasconcelos et al, (2002).

$$ERR = \frac{(Cf_{Alx} - Ci_{Alx})}{(Cf_{Al0} - Ci_{Al0})} \times 100$$

Onde:

- ERR: elongação radicular relativa
- Ci_{Alx} : comprimento radicular inicial da raiz principal (cm) medido antes da exposição à solução nutritiva no nível de “ x” de Al;
- Cf_{Alx} : comprimento radicular final da raiz principal (cm) medido após n dias de exposição à solução nutritiva no nível “ x “ de Al;
- Ci_{Al0} : Comprimento radicular inicial da raiz principal (cm) antes da exposição à solução sem Al;

●Cf_{A10}: Comprimento radicular final da raiz principal (cm) medido após n dias de exposição à solução nutritiva no nível “ x “ de Al;

3.4 – Procedimento para verificar a presença de Al na rizosfera com uso de corantes.

Para avaliar a tolerância ao alumínio das cultivares de maracujá e mamão foi utilizado na coloração das raízes das plantulas os corantes químicos PVC – 1 (Jacob-Neto, 1993) e hematoxilina (Polle et al., 1978)

A avaliação da eficiência dos corantes na coloração das raízes das fruteiras foi realizada nas plântulas da maracujá e mamão do experimento 2 de solução nutritiva completa após o período de 20, 25 e 27 dias de permanência em contato com alumínio e no experimento 3 que as plântulas germinaram em papel germiteste embebido com alumínio a avaliação foi realizada aos 15 dias após a semeadura.

A solução estoque de violeta de pirocatecol foi preparada com a concentração de 1,1 mM. L⁻¹. A solução estoque de hematoxilina foi preparada pela dissolução de 2 g de hematoxilina e 0,2 g de KNO₃ em 1 L de água deionizada , além de uma gota de KOH 0,1 mol.L⁻¹ para facilitar a dissolução do corante. As soluções para coloração das raízes das plântulas foram preparadas pela diluição de 5ml da solução estoque de hematoxilina em 20mL de água deionizada e 1mL da solução estoque de violeta de pirocatecol em 24 mL de água deionizada.

Antes da coloração visual foi realizado a medição do comprimento final das raízes. Para avaliar a coloração das raízes as plântulas foram colocadas em água deionizada por 30 minutos para retirar o excesso de alumínio e depois colocadas por 15 minutos na solução do corante, a avaliação da coloração ocorreu 20 minutos após a retirada da mesma, onde as plântulas foram colocadas sobre papel branco a temperatura ambiente e a cada avaliação eram novamente colocadas na solução para não ocorrer a desidratação das raízes. A avaliação da coloração foi realizada por análise visual da tonalidade de azul que foi realizada através de notas que variaram de 1 a 5 sendo 1 raízes sem cor e 5 o tom de azul mais intenso entre as raízes e 2, 3 e 4 as intensidades medianas de azul. As notas foram obtidas através da média de cinco avaliadores não treinados.

As raízes das plântulas de maracujá e mamão são muito finas e com isto dificulta a avaliação da tonalidade do ápice da raiz principal então nas avaliações da coloração foi observado o tom de cor que apresentava todo o sistema radicular e não só o ápice.

3.5 - Soluções nutritivas utilizadas.

3.5.1 - Solução simples: Preparada de acordo com metodologia proposta por Jacob Neto (1993). Composta de **0,1 mM de Ca. L⁻¹ na forma de CaCl₂.2H₂O** e **cinco concentrações de Al na forma de AlCl₃.6H₂O**. O pH da solução foi ajustado para 4.0 a 4,15 com uso de solução de 1 M da HCl e 0,1 M de KOH.

3.5.2 - Solução nutritiva completa: Preparada de acordo com metodologia proposta por Jacob Neto (1993), composta por **0,5mM de N forma NH₄NO₃; 0,2mM de Ca forma CaCl₂.H₂O; 0,2mM de Mg forma MgSO₄.7H₂O; 0,5mM de K forma K₂SO₄; 0,1mM de P forma NaH₂PO₄.2H₂O; 10µM de Fe forma FeNa EDTA; 0,4µM de Mn forma MnSO₄.H₂O; 0,16µM de Zn forma ZnSO₄; 0,04µM de Cu forma CuSO₄; 0,5µM de Mo forma MoO₃; 0,04µM de Co forma CoSO₄.7H₂O**. O pH da solução foi ajustado para 4,0 a 4,15 com uso de solução de 1 M da HCl e 0,1 M de KOH.

3.6 – Preparação de solução estoque de alumínio.

A solução estoque de alumínio foi preparada com 10 mM de Al na forma AlCl₃.6H₂O diluído em 1 litro de água deionizada e depois mantida em geladeira. Na água deionizada utilizada foi colocado 1mL de solução de 1 M de HCl para manter o pH abaixo de 4,0 para o Al adicionado ficar disponível em solução.

3.7 – Experimentos realizados para avaliação da tolerância ao alumínio em plântulas de fruteiras.

3.7.1 – Análise estatística dos dados.

Para todos os experimentos realizados foram adotados antes da análise de variância, a aplicação dos testes de Lilliefors e Cochran e Bartlett a fim de se avaliarem a normalidade dos dados e a homogeneidade das variâncias respectivamente. A análise de variância dos dados foram realizados com o auxílio do programa estatístico SAEG (Sistemas para Análises Estatísticas) 9.0 UFV 2001.

3.7.2 - Experimento 1 - Avaliação do crescimento radicular de plântulas de mamoeiro e maracujazeiro em solução nutritiva simples.

Foram utilizadas plântulas de maracujazeiro amarelo cultivar FB100 e mamoeiro cultivar Golden (Grupo Solo) e híbrido Tainung 01 (Grupo Formosa). Antes da semeadura foi realizado um tratamento com hipoclorito de sódio (2% v/v) com imersão das sementes por 30 minutos nesta solução e depois deste período foram lavadas com água deionizada para retirada do excesso de hipoclorito. Após a lavagem as sementes foram imersas em água deionizada por 24hs para aumentar a porcentagem de germinação (Martins et al. 2005).

A semeadura foi realizada em bandejas de polietileno de 128 células, usando areia lavada como substrato. Após o período de germinação e o sistema radicular atingir comprimento acima de 4,50cm, as plântulas foram fixadas em placas de isopor com algodão e levadas para um vaso com capacidade de 350 mL de solução nutritivas simples com uma planta por vaso. Antes da imersão das raízes em solução nutritiva foi avaliado o comprimento da raiz principal e verificado a presença e o estágio visual das folhas (cotiledonares e as emitidas até este período). Após a transferência para solução nutritiva seguiram as mesmas avaliações, mais a taxa de crescimento radicular e a alongação radicular relativa (ERR%) calculada de acordo com a equação proposta por Tice et al. (2002).

O estudo da tolerância foi realizado em dois ensaios. O primeiro ensaio com concentrações de 0, 20, 40, 80, 160 μM de alumínio, para as plântulas de maracujá e mamão. O segundo ensaio foi realizado somente com plântulas de maracujá (as mesmas do primeiro ensaio) com as concentrações de alumínio quadruplicadas para 0, 80, 160, 320, 640 μM de alumínio. O delineamento experimental usado foi em fatorial com 5 (dose de Al) X 2 (cultivares de mamão) e 5 (dose de Al) X 1 (cultivar de maracujá). Sendo 4 repetições de duas plantas por vaso de cada cultivar.

3.7.3 - Experimento 2 - Avaliação do desenvolvimento de plântulas maracujazeiro e de mamoeiro em solução nutritiva completa com diferentes concentrações de alumínio.

Foram usados os seguintes materiais de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*: os híbridos IAC 275, IAC 273/277 e o IAC Paulista, cedidos gentilmente pelo Instituto

Agronômico de Campinas e o FB 100 Seleção Maguary, adquirido do Viveiro Flora Brasil. Testou-se ainda o genótipo de mamão do grupo Formosa Tainung 01. Antes da sementeira foi realizado um tratamento pré-germinativo com imersão por 12hs em ácido giberélico concentração 400 g. L⁻¹, (marca comercial PROGIB), para homogeneizar a germinação Zucareli (2007). A sementeira foi realizada em sacos de polipropileno transparente de 7 x 11 cm, usando areia lavada como substrato. Após o período de germinação e o sistema radicular atingir comprimento acima de 4,50cm, as plântulas foram levadas para um vaso com capacidade de 450mL de solução nutritiva completa preparada de acordo com metodologia proposta por Jacob Neto (1993), com uma planta por vaso e com variação na concentração de alumínio (forma AlCl₃.6H₂O). Antes da imersão das raízes em solução nutritiva foi avaliado o comprimento da raiz principal, altura e verificado a presença e o estágio visual das folhas (cotilédones e as emitidas até este período). Após a transferência para solução nutritiva seguiram as mesmas avaliações, que foram realizadas no intervalo de 24hs e também a alongação radicular relativa que foi realizada ao final do experimento. A solução nutritiva foi trocada a cada três dias e aerada constantemente. O delineamento experimental usado foi 5 doses de Al³⁺ (0, 40, 80, 160 e 320µM) na forma de AlCl₃. 6H₂O. X 4 (variedades de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) e foi testado também as mesmas doses de Al no genótipo de mamão. Nos dois ensaios foram utilizados 4 repetições com uma planta por vaso.

3.7.4 - Experimento 3 – Avaliação da germinação de sementes de maracujazeiro e mamoeiro embebidas em soluções com diferentes concentrações de alumínio.

Foram usados os seguintes materiais de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*: os híbridos IAC 273/277 e o IAC Paulista, cedidos gentilmente pelo Instituto Agronômico de Campinas e o FB 100 Seleção Maguary, adquirido do Viveiro Flora Brasil. E de mamão: Grupo Solo: Grand Golden, Golden; Grupo Formosa: Tainung 01, Baixinho da Santa Amália cedidas gentilmente pelo Sr Juarez Orletti Produtor de mamão da cidade Pinheiros – ES.

As sementes foram embebidas por 24 hs em solução de 40mL água com alumínio nas concentrações de 0, 40, 80, 160, 320 e 1280µM e após este período foram colocadas para germinar em papel germiteste embebido com a mesma solução de alumínio nas mesmas concentrações. A quantidade de água para embeber o papel germiteste foi o dobro do peso do papel (Brasil,1992). As avaliações do comprimento

raiz principal, altura da plântula, diâmetro do colo e diâmetro do ápice radicular foram realizadas aos 15 e 30 dias após a semeadura em papel germiteste. Também foram avaliadas nestes períodos a porcentagem de plântulas normais, anormais e não germinadas. O delineamento estatístico usado foi fatorial de 6 (doses de alumínio) X 3 (cultivares de maracujá amarelo) e também com 6 (doses de alumínio) X 3 (cultivares de mamão) com 3 repetições de 15 sementes por cada dose de alumínio.

4 - Resultados

4.1 - Experimento 1: Avaliação do crescimento radicular de plântulas de mamoeiro e maracujazeiro em solução nutritiva simples.

4.1.1 – Avaliação do Comprimento Radicular Inicial (CRI) das plântulas antes de serem transferidas para a solução.

As plântulas utilizadas nos experimentos de solução simples foram colocadas para germinar em bandeja de polietileno com 128 células em areia lavada. As bandejas foram distribuídas de forma casualizada na câmara de crescimento. Posteriormente, as plântulas foram também distribuídas de forma aleatória nos tratamentos de alumínio nos experimentos. Na Tabela 01 encontra-se os dados do comprimento inicial das plântulas de maracujá FB 100 e mamão cultivares Golden e Tainung 01 onde é possível verificar que não ocorreram diferenças estatisticamente significativas entre os comprimento inicial das plântulas que foram utilizadas nos tratamentos com alumínio. Não foram também encontradas diferenças significativas estatisticamente entre as cultivares de mamão. O coeficiente de variação do experimento de maracujá pode ser considerado baixo, entretanto, no experimento de mamão foi muito alto, talvez caracterizando as dificuldades de se trabalhar com as raízes de mamão que foram mais finas do que as de maracujá nas condições experimentais testadas.

Tabela 1: Comprimento radicular (cm) das plântulas de maracujá e mamão antes de serem transferidas para as diferentes concentrações de alumínio – solução simples.

Concentração de Al onde foram colocadas as plântulas	Comprimento radicular (cm)		
	Maracujá cv. FB 100	cv. Golden	Mamão cv. Tainung
0	5,68	2,88	3,89
20	5,0	4,30	3,89
40	4,60	4,77	3,28
80	5,20	4,00	3,25
160	4,85	3,53	3,20
Media	5,07	3,89	3,50
CV(%)	9,80		49,20

* Não ocorreu diferenças significativas pelo teste F(P< 0.05) no comprimento radicular do maracujá e mamão e nem entre os cultivares de mamão.

4.1.2. Efeito do alumínio no comprimento radicular das plântulas de maracujá e mamão em solução simples.

4.1.2.1. Maracujá cv. FB100.

A análise de variância dos dados do comprimento inicial das plântulas de maracujá crescidas em solução, nos primeiros 10 dias (Figura 1), mostrou que ocorreu efeito concentrações de alumínio no crescimento das raízes, mas que estas não foram influenciadas pelos dias em contacto com a solução e não ocorreu efeito da interação concentração x dias (Tabela 2). O maior comprimento de raízes ocorreu no tratamento sem adição de alumínio que foi estatisticamente diferente das demais médias dos outros tratamentos pelo teste Tukey a 5% (Tabela 2). As concentrações que provocaram efeito mais pronunciado de toxidez de alumínio na raiz foram a de 40 e 160 μM , não sendo explicado não ser muito pronunciado o efeito da toxidez no nível de 80 μM . Analisando os posteriores 8 dias de contacto das raízes com as soluções mais concentradas, pode-se observar que os mesmos efeitos ocorreram, inclusive, do ponto vista estatístico, sendo significativo apenas o efeito da concentração de alumínio na solução. A toxidez mais pronunciada ocorreu neste caso nas concentrações de 640 e 160 μM de alumínio na

Tabela 2: Efeito das concentrações de alumínio no comprimento radicular (cm) de plântulas de maracujá cv. FB 100 crescidas por dez dias em uma solução com 0, 20, 40, 80 e 160 μM Al e por mais oito dias em 0, 80, 160, 320 e 640 μM Al.

Comprimento radicular (cm)				
Conc Al (μM)	10 Dias	Conc Al (μM)	18 Dias	
0	5,74 A	0	5,75 A	
20	5,05 BC	80	5,00 BC	
40	4,68 D	160	4,78 B	
80	5,25 B	320	5,29 B	
160	4,87 CD	640	4,87 C	
Pr > F				
Al	0,0001	0,0001		
Dias	ns	ns		
Al x Dias	ns	ns		
CV (%)	10,46	10,90		

NS – não significativo

Medias com letra maiúscula nas colunas seguidas da mesma letra não diferem pelo teste Tukey 5%.

Conc = Concentração

solução que correspondem às mesmas concentrações onde ocorreram à toxidez nos primeiros 10 dias na solução, sendo, portanto as raízes que já tinham sofrido os danos iniciais da toxidez (Tabela 2).

Com relação à morfologia das raízes desta cultivar de maracujá amarelo FB 100, nos primeiros 10 dias de contacto das raízes com as concentrações de alumínio nas soluções, não foi observado o surgimento de novas raízes secundarias e também não ocorreu à destruição do ápice radicular. A raiz principal e as secundaria permaneceram brancas, sem manchas marrons e sinais de apodrecimento (Figura 2). Somente nas plântulas que foram crescidas em concentrações de 160, 320 e 640 μM é que foram encontradas raízes mais enrijecidas que as demais plântulas, no final da avaliação aos 18 dias.

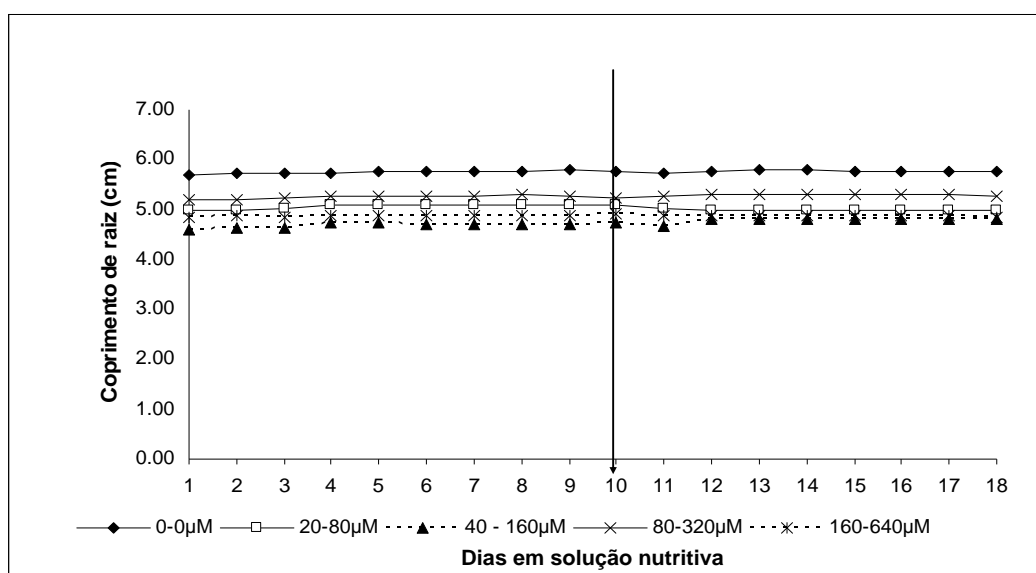


Figura 1: Dados do crescimento radicular de plantas de maracujá amarelo cv FB 100, em solução nutritiva simples com diferentes concentrações de alumínio. Do primeiro ao décimo dia foi utilizada uma solução com 0; 20; 40; 80 e 160 μM de alumínio e do décimo primeiro dia ao décimo oitava uma solução mais concentrada com 0; 80; 160; 320 e 640 μM de alumínio. (↓) Dia em que foi aumentada a concentração da solução

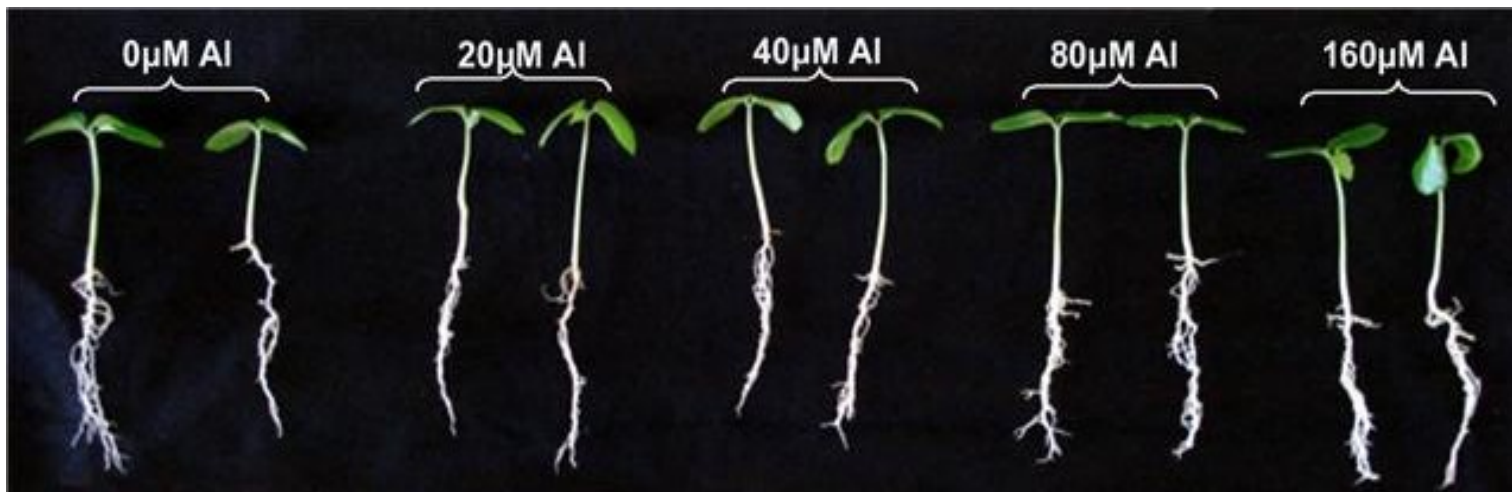


Figura 2: Plântulas de maracujá cv. FB 100 após 10 dias de permanência em solução nutritiva simples, em diferentes concentrações de alumínio.

4.1.2.2. Mamão - cultivares Golden e Tainung.

O comprimento do sistema radicular das cultivares de mamão só foi avaliado até aos nove dias de crescimento na solução simples, devido ao apodrecimento das raízes que ocorreu a partir desta data. A análise de variância conjunta do experimento com plântulas de mamão cultivares Golden e Tainung que foram crescidas neste período de nove dias em solução simples mostrou que ocorreu efeito das concentrações de alumínio e dos dias em que as plantas cresceram em solução nutritiva, no crescimento radicular (Apêndice 1). Entretanto, não ocorreu efeito significativo de cultivares, indicando que a análise do efeito do alumínio e dias pode ser feito separadamente em cada cultivar (Figuras 3 e 4).

Na análise isolada do efeito de alumínio no comprimento radicular da cultivar Golden foi verificado que ocorreu efeito das dosagens de alumínio e dos dias após transplante, não sendo significativa a interação entre eles (Figura 3). Não foi encontrado efeito estatisticamente significativo entre as concentrações 0, 20, 40 e 80 μ M de alumínio, quando analisado pelo teste Tukey 5% (Apêndice 2). O comprimento radicular das plântulas crescidas na concentração de 160 μ M só foi diferente estatisticamente das plantas crescidas na solução com 40 μ M de alumínio. As plantas crescidas na concentração de 40 μ M de alumínio desde o início do experimento até o final, permaneceu com o comprimento radicular uniforme. Isto pode caracterizar o efeito benéfico do maior comprimento inicial da raiz principal deste tratamento no momento do transplante para a solução como foi discutido no item 4.1, e descaracterizar o efeito do alumínio. No comprimento radicular das plantas, o efeito dos dias, só ocorreu partir do sétimo dia de crescimento radicular quando foi analisado pelo teste

Tukey 5% em todas as concentrações, afetando os mesmos negativamente.

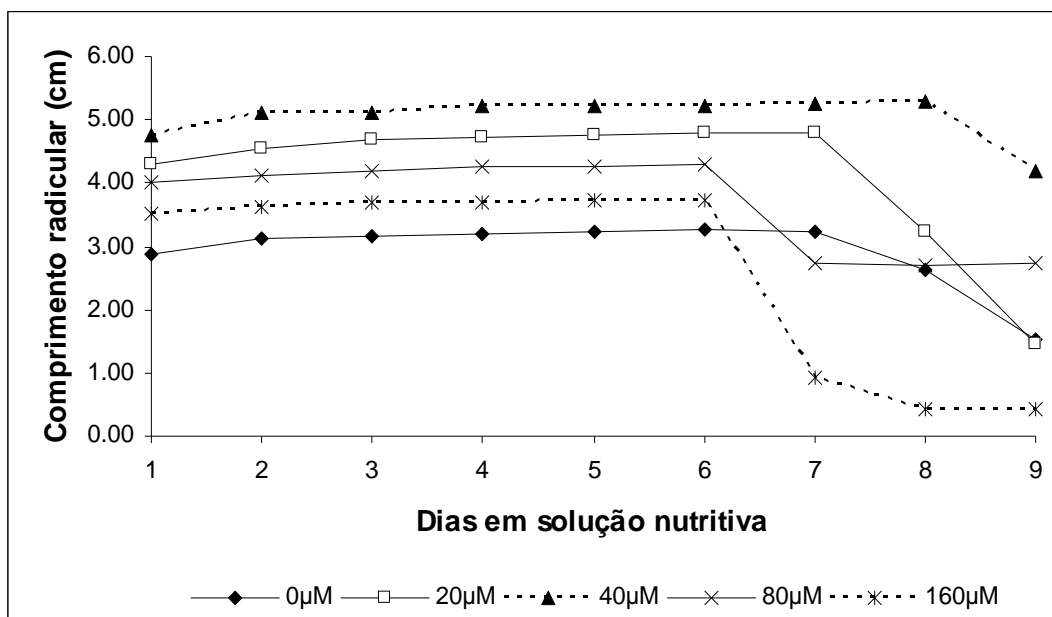


Figura 3: Dados do comprimento radicular de plântulas de mamão cv Golden, em solução nutritiva simples com diferentes concentrações de alumínio.

Analisando os dados de comprimento radicular da cultivar Tainung (Figura 4) foram observados os mesmos efeitos estatisticamente significativos pelo teste F que foram encontrados para a cultivar Golden, ou seja ocorreu efeito das dosagens de alumínio e dos dias após transplante, não sendo significativa a interação entre eles.

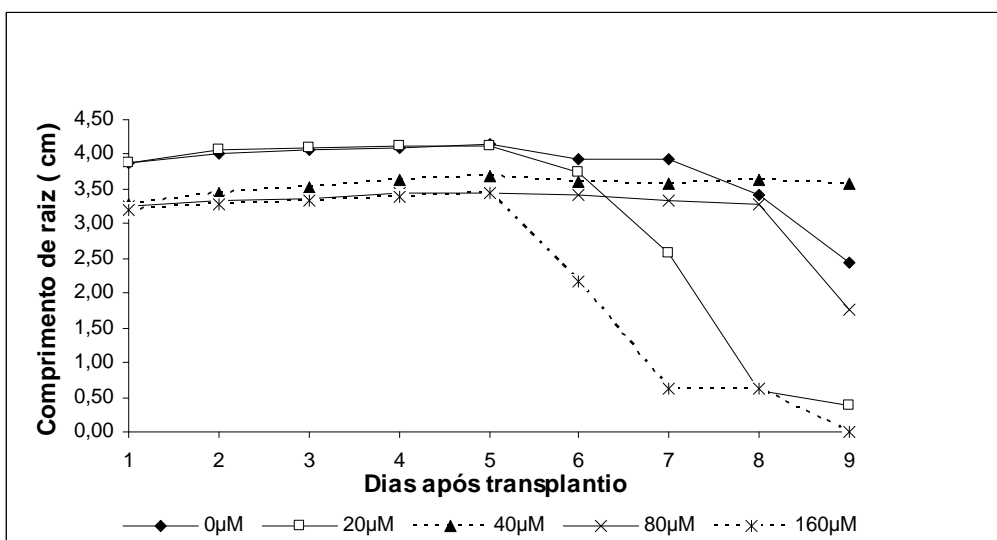


Figura 4: Dados do comprimento radicular de plantas de mamão var Tainung, em solução nutritiva simples com diferentes doses de alumínio.

A maior toxidez de alumínio foi encontrada na concentração de 160 μ M não sendo esta diferente somente da concentração de 20 μ M (Tukey 5%). Esta igualdade de toxidez entre estas duas dosagens de alumínio não tem uma causa aparente.

4.1.3. Efeito do alumínio na Taxa do Crescimento Radicular (TAR) das plântulas de maracujá e mamão crescidas em solução simples.

4.1.3.1. Taxa de crescimento radicular – Maracujá.

A taxa de crescimento utilizada neste trabalho é uma avaliação que considera o crescimento diário da raiz principal das plântulas, é a medida do comprimento da raiz do dia da avaliação menos o comprimento do dia anterior. Como pode ser observado na Fig. 5 as concentrações de 20, 40 e 80 μ M de alumínio estimulou o crescimento radicular das plantas, chegando a taxa de 10% de aumento na dose 40 μ M. No período dos dez dias iniciais do crescimento das raízes das plântulas de maracujá em solução nutritiva, ocorreu uma taxa média de crescimento diário 5; 2,5;13;7,5 e 2,5 porcentos nos tratamentos com 0, 20, 40, 80 e 160 μ M de alumínio respectivamente, e que correspondem em milímetros a uma taxa de crescimento diário de 0,05; 0,025; 0,13; 0,075, e 0,025. A média geral no período de 10 dias foi de 0,06 mm (6,0%). Logo no segundo dia ocorreu crescimento negativo das raízes no tratamento com 160 μ M de alumínio na solução, este tratamento juntamente com a concentração de 20 μ M foram os tratamentos com as menores taxas de crescimento radicular durante o crescimento das raízes em solução neste período. Considerando o restante do período de crescimento de mais oito dias, em solução simples e com maiores concentrações de alumínio, as raízes em todos os tratamentos paralisaram seu crescimento depois do 12º dia na solução, mesmo nas plantas com alumínio zero na solução, desta maneira pode-se sugerir experimentos com menor tempo de duração para plântulas de maracujá.

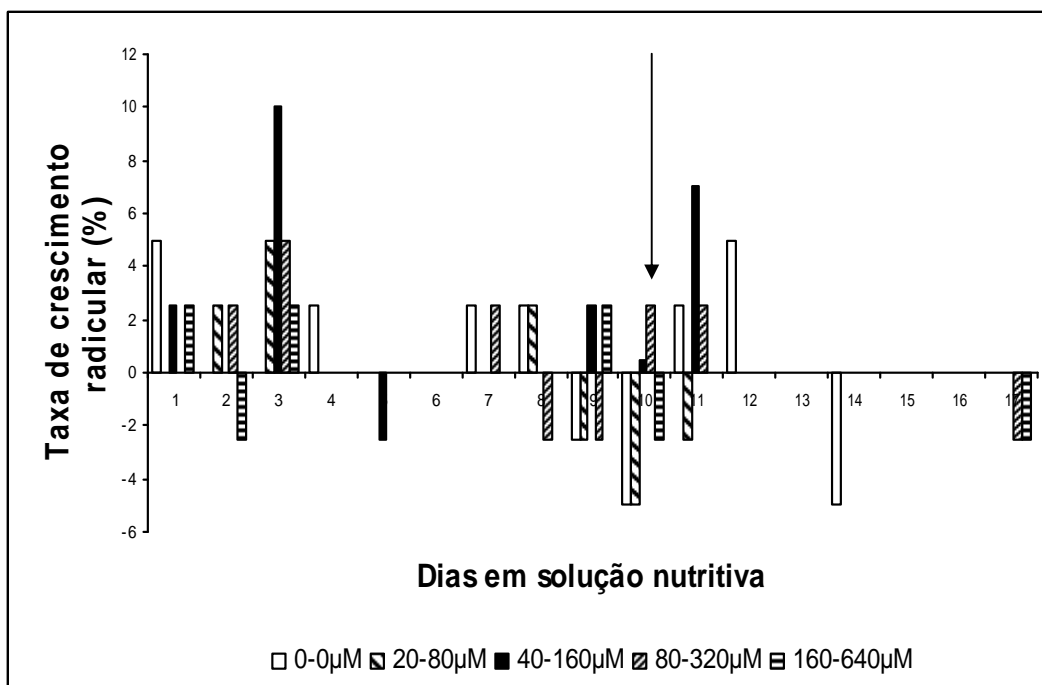


Figura 5: Dados da taxa de crescimento radicular de plantas de maracujá cv. FB100, durante 18 dias de crescimento em solução nutritiva simples com diferentes doses de alumínio. Do primeiro ao décimo dia foi utilizada uma solução com 0; 20; 40; 80 e 160 μM de alumínio e do décimo primeiro dia ao décimo oitava uma solução mais concentrada com 0; 80; 160; 320 e 640 μM de alumínio. (\downarrow) Dia em que foi aumentada a concentração da solução.

4.1.3.2. Taxa do crescimento radicular – Mamão.

As taxas de crescimento radicular das cultivares de mamão Golden (Figura 6) e Tainung (Figura 7) foram avaliadas após 9 dias em solução simples com alumínio. Para a cv Golden só ocorreu crescimento da raiz principal até o sexto dia de permanência em solução nutritiva, e as maiores taxas observadas neste período foram nas concentrações de 40 e 20 μM e na solução sem alumínio com 3,33; 2,50 e 2,33 mm respectivamente. Neste período de seis dias iniciais as concentrações de 80 e 160 μM de alumínio foram as que mais afetaram o crescimento das raízes com taxas de 1,25; e 1,00 mm respectivamente. Nos três dias posteriores as maiorias das taxas de crescimento foram negativas assim como a taxa media geral em todo o período de avaliação.

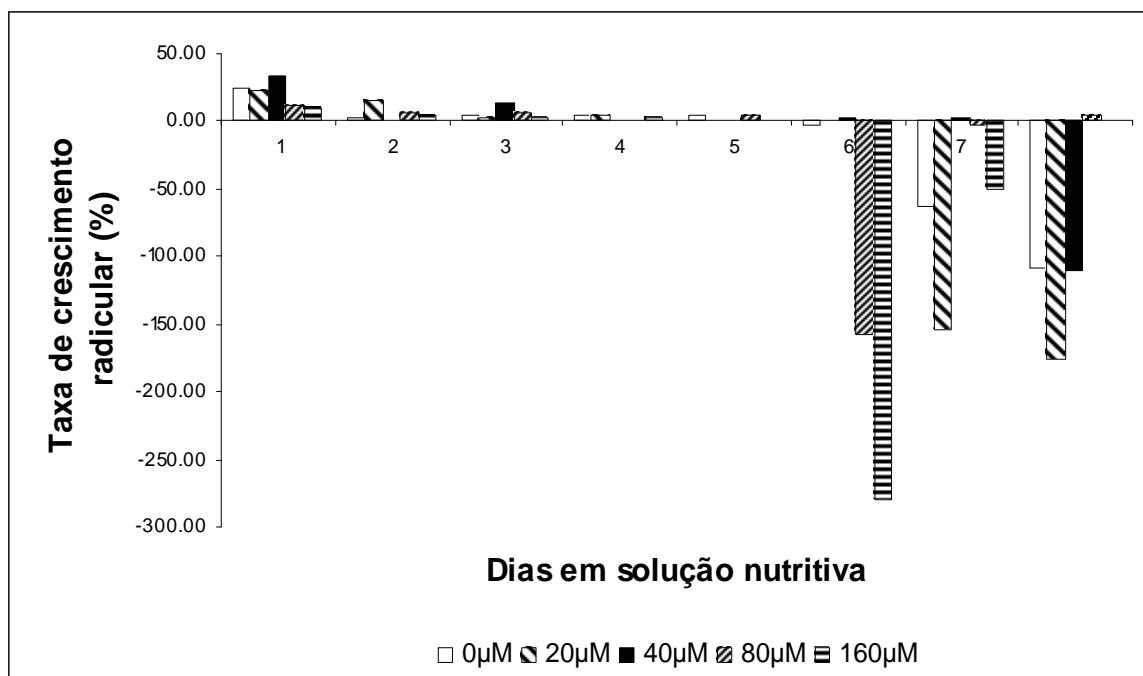


Figura 6: Dados da taxa de crescimento de raízes de plantas de mamão cv Golden em solução nutritiva simples com diferentes doses de alumínio.

Na cv. Tainung (Figura 7) ocorreram taxas de crescimento positivas até o quarto dia de permanência em solução nutritiva (cv. Golden cresceu até ao sexto dia), nestes primeiros dias foi observado crescimento de raiz em todas as concentrações de alumínio usadas, com valores médios diários de 0,65; 0,59; 1,0; 0,50; 0,63mm para 0, 20, 40, 80, 160µM de alumínio respectivamente. A partir do quinto dia em solução as raízes desta cultivar não cresceram (taxas negativas). Este fato pode indicar dificuldade de crescimento em solução, porque mesmo nas plantas do nível zero de alumínio cessou seu crescimento. Se for considerado a média geral de crescimento do experimento esta possui uma taxa de crescimento negativa no período de 9 dias.

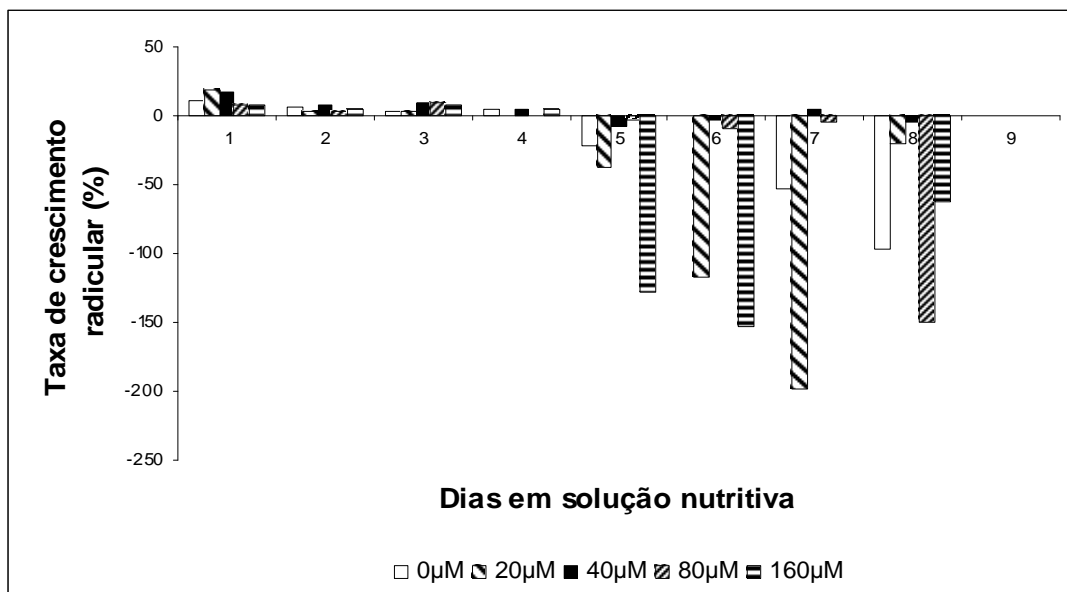


Figura 7: Dados da taxa de crescimento diário de raízes de plantas de mamão cv Tainung em solução nutritiva simples com diferentes concentrações de alumínio.

4.1.4 - Elongação Radicular Relativa (ERR) das plântulas crescidas em solução simples.

4.1.4.1. Elongação radicular relativa – Maracujá.

A elongação (alongamento) radicular relativa avalia o comportamento do crescimento radicular das plântulas em contato com a solução de alumínio em relação as plântulas crescidas sem contato com alumínio. E portanto, uma avaliação percentual do efeito do tratamento, retirando o crescimento natural das raízes que ocorre nesta condição. Os dados da elongação radicular relativa das plântulas de maracujá cv. FB100 crescidos nos primeiros 10 dias em solução simples evidência que a concentração de 40µM realmente estimulou o crescimento das raízes em 25%, revelando o efeito benéfico desta concentração nesta condição de cultivo, como pode ser observado na Figura 8. As concentrações de 20, 80 e 160 µM de alumínio provocaram a diminuição do crescimento radicular em 25, 50, e 50 % respectivamente. Não foi realizada a análise da elongação radicular relativa das plântulas que cresceram por mais de oito dias em soluções.

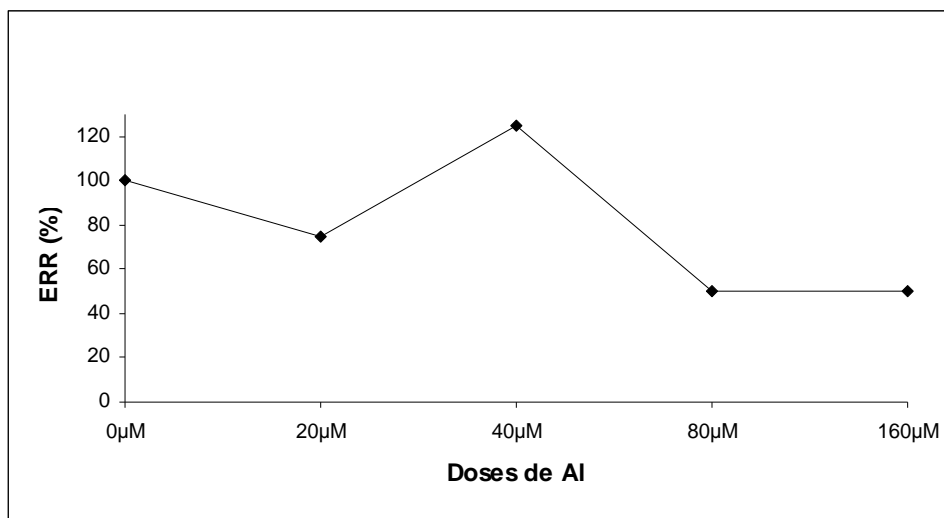


Figura 8: Dados de elongação radicular relativa (ERR %) de plantas de maracujá cv FB 100, após 10 dias em solução nutritiva simples com doses baixas de alumínio.

4.1.4.2- Elongação radicular relativa – Mamão.

A Figura 9 que mostra o efeito da elongação radicular relativa, pode ser observado que ocorreu um aumento da elongação radicular das cultivares de mamão Golden e Tainung com o aumento da concentração de alumínio na solução. Entretanto, se for feita apenas à leitura dos dados desta figura pode se chegar uma conclusão completamente equivocada dos efeitos dos tratamentos no experimento. Isto ocorre porque a partir do 6º dia da cultivar Golden na solução, as raízes crescidas sem a adição de Al na solução apresentaram diminuição do crescimento radicular. Quando é aplicada a formula matemática esta provoca uma falsa impressão de ter havido crescimento radicular nas concentrações mais altas de alumínio e que geralmente provoca toxidez. Isto pode ser comprovado com dados da Figura 10 que foi elaborada com os dados das raízes crescendo apenas até o 6º dias em solução nutritiva simples para cv. Golden e até o 5º dia para a cv. Tainung, onde se observou os efeitos esperados e que estão de acordo as taxa de crescimento observados na Figura 6 e 7.

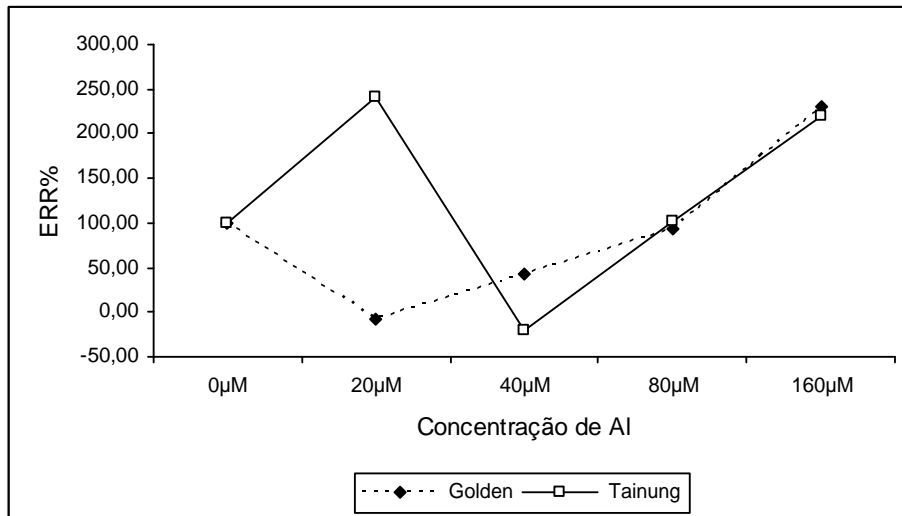


Figura 9: Dados de alongação radicular relativa (ERR%), de plantas de mamão cv. Golden e cv. Tainung, em solução nutritiva simples com diferentes doses de alumínio.

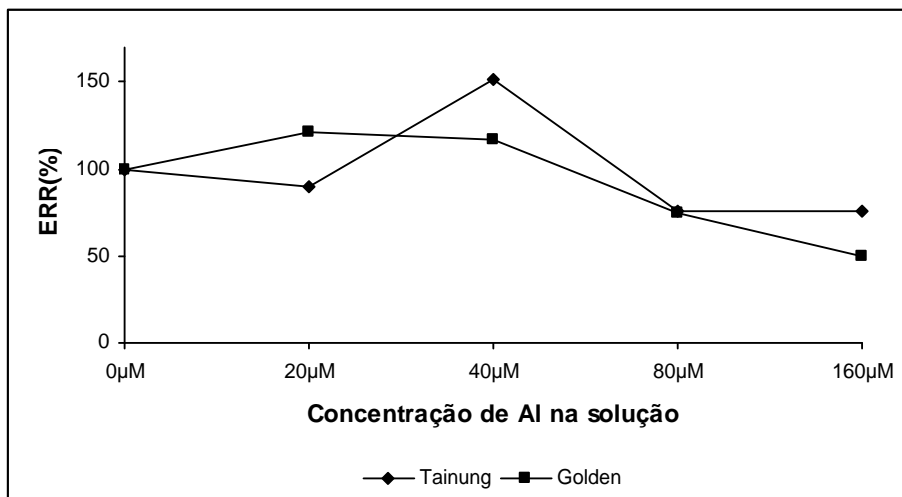


Figura 10: Dados de alongação radicular relativa (ERR%), de plantas de mamão cv. Golden (crescimento até o sexto dia) e cv. Tainung (crescimento até o quinto dia), em solução nutritiva simples com diferentes doses de alumínio.

4.2 - Experimento 2: Avaliação do desenvolvimento de plântulas maracujazeiro e de mamoeiro em solução nutritiva completa com diferentes concentrações de alumínio.

4.2.1 – Avaliação do comprimento radicular inicial das plântulas.

Para as avaliações do estudo da tolerância ao alumínio em plântulas de maracujá e mamão em solução nutritiva completa, a germinação foi realizada em sacos de polietileno de 7 x 11 cm tendo como substrato areia lavada com o objetivo de minimizar as diferenças no comprimento radicular entre as plântulas.

Mesmo com um recipiente que permitiu melhor crescimento das raízes das plântulas, estas apresentaram diferenças entre si ocorrendo efeito estatístico significativo de cultivar nas cultivares de maracujá quando analisadas no teste Tukey a 5% (Tabela 3). A cultivar de mamão estuda nesta etapa foi o híbrido Tainung 01 que também apresentou significância para comprimento radicular inicial entre as plântulas avaliadas no teste Tukey a 5% (Tabela 4). Assim sendo estas diferenças no comprimento inicial entre cultivares e dentro da própria cultivar é uma característica genética das fruteiras e somente com estudos de melhoramento vegetal ela poderá ser minimizada.

4.2.2 - Efeito do alumínio no comprimento radicular das plântulas.

4.2.2.1 - Maracujá cv. FB100, IAC-275, IAC-273/277 e IAC-Paulista.

No Tabela 3, encontra-se o resultado da análise de variância dos dados do comprimento radicular do experimento de solução completa com plantas de maracujá e nas Figuras 10 A,B,C, e D os dados do comprimento radicular dos 27 dias em solução. Nesta análise, é possível verificar que ocorreu efeito das cultivares de maracujá (FB100, IAC-275, IAC-Paulista e IAC-273/277), das concentrações de alumínio (0, 40, 80, 160 e 320 μ M) e dos dias (27) em que as plantas cresceram em solução nutritiva, bem com o efeito da interação Dias x Cult e Al x Cult. Não ocorreu efeito da interação Dia x Al e Al x Cult x Dias, sugerindo independência do efeito destes parâmetros no crescimento radicular.

Quando foi avaliado o efeito do alumínio no comprimento radicular das cultivares de maracujá, na cv FB 100 não ocorreram diferenças estatísticas de

comprimento da raiz principal entre as concentrações de 0, 40, 80, 160 μ M de alumínio, sendo observado o menor crescimento de raiz na concentração de 320 μ M. Na cv IAC 275 os melhores resultados foram encontrados na concentração de 40, 80 e 160 μ M de alumínio que não foram diferentes entre si, e o pior resultado foi avaliado na concentração de 320 μ M de alumínio e no tratamento sem adição de Al. Entretanto este resultado das plântulas crescidas sem alumínio na solução paralizar seu crescimento radicular, pode ser explicado como um possível efeito do pH da solução. Na cv IAC 273/277 o comprimento das raízes nas concentrações sem adição de Al, 80 e 160 μ M de Al apresentaram as maiores medias e não foram diferentes estatisticamente. As maiores reduções no comprimento radicular desta cultivar ocorreu nas concentrações de 40 e 320 μ M de Al, embora não diferente estatisticamente das concentrações de 80 e 160 μ M. Na análise do comprimento radicular da cv IAC Paulista, a maior media de comprimento radicular ocorreu nas plântulas crescidas sem a adição de alumínio em solução mas não diferente estatisticamente das concentrações, 40, 80 e 320 μ M. Nesta cultivar estranhamente, o menor comprimento ocorreu na concentração de 160 μ M.

Na avaliação do efeito das concentrações de alumínio entre as cultivares (Tabela 3), pode se verificar que o comprimento radicular das plântulas crescidas sem a adição de Al em solução foi melhor nas cultivares FB 100, IAC 273/277 e IAC Paulista. O pior comprimento de raiz principal nesta condição ocorreu na cv IAC 275. Na concentração de 40 μ M de Al a cv IAC 275 apresentou o melhor resultado, e as cultivares FB 100, IAC 273/277 e IAC Paulista não foram estatisticamente diferentes entre si. Na concentração de 80 μ M de Al novamente a melhor cultivar foi a IAC 275 e as demais cultivares foram iguais. Na concentração de 160 μ M os melhores resultados foram obtidos nas cultivares FB 100, IAC-275 e IAC 273/277, e o menor comprimento radicular foi observado na cv IAC Paulista. Na concentração de 320 μ M de Al não ocorreu diferenças entre as cultivares FB 100, IAC 275 e IAC 273/277 e a cv IAC Paulista apresentou a menor media de comprimento nesta concentração.

Em uma análise geral do efeito do alumínio no comprimento radicular das plântulas, pode-se observar que as cultivares IAC 275 e IAC 273/277 foram as que apresentaram as maiores medias de comprimento de raiz principal em solução contendo alumínio, podendo então ser consideradas nestas condições de crescimento as melhores cultivares. O segundo melhor comprimento ocorreu na cv FB 100 e a cv IAC Paulista foi a que apresentou a menor media de comprimento da raiz principal.

Em relação a análise geral do efeito de alumínio não ocorreu diferença estatística entre as concentrações de 0, 40, 80, 160 μ M de Al. Sendo o maior efeito no comprimento radicular ocorrido na concentração de 320 μ M.

Tabela 3: Quadro de análise de variância do comprimento radicular de quatro cultivares de maracujá, crescidas por 27 dias em solução nutritiva completa com cinco concentrações de alumínio.

Concentração de Al (μ M)	Cultivar				Medias das concentrações de Al
	FB 100	IAC 275	IAC 273/277	IAC Paulista	
	Comprimento radicular (cm)				
0	3,14 Ba	2,54 Cb	3,83 ABab	3,53 ABab	3,25 ab
40	3,41 Ba	4,17 Aa	3,20 Bbc	3,00 Bbc	3,44 a
80	3,09 Ba	4,05 Aa	3,42 Babc	2,60 BCbc	3,29 ab
160	3,48 Aa	3,77 ABa	3,55 Aabc	1,82 Bd	3,15 b
320	2,43 ABb	2,46 ABb	2,85 ABc	2,36 Bbc	2,52 c
Medias entre cultivares	3,10 B	3,39 A	3,37 A	2,66 C	
Pr > F					
Esp.	0,0001				
Al	0,0003				
Dia	0,0001				
Dia x Esp	0,0010				
Al x Esp	0,0001				
Dia x Al	ns				
Dia x Al x Esp	ns				
Media Geral = 3,13					
CV (%) = 42,760					
NS = não significativo a 5% de probabilidade					
Medias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.					

Da interação Dia x Cultivar, foi possível avaliar que até o 17º dia não ocorreram diferenças estatísticas entre as cultivares, e somente após este período foi verificada as diferenças no comprimento radicular entre elas. Na comparação do comprimento radicular entre as cultivares FB100, IAC-275 e IAC-273/277 na maior parte do período de avaliado, de 27 dias, não ocorreram diferenças entre elas. Apenas da cv. IAC-Paulista obteve o menor crescimento radicular durante todos os dias em que permaneceu em solução (Figura 11 e dados não tabelados).

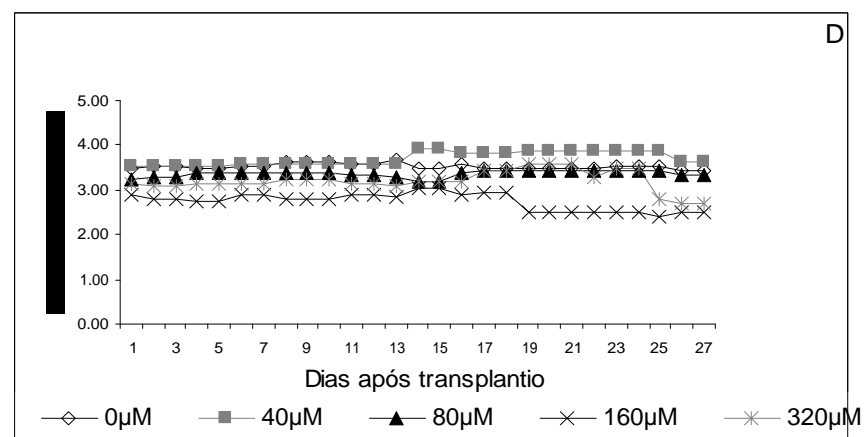
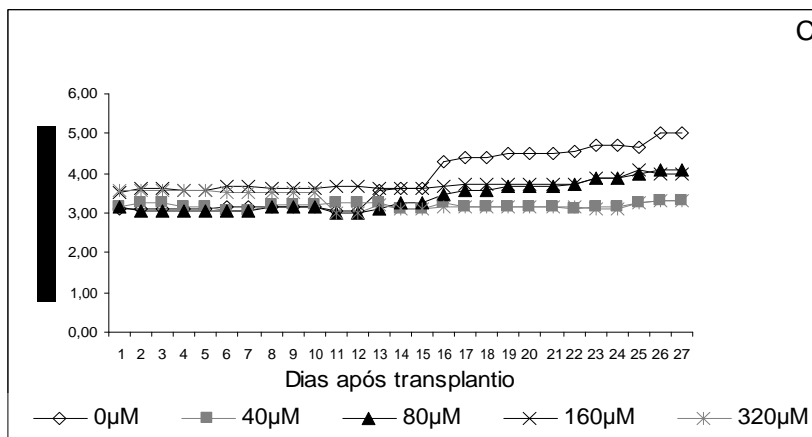
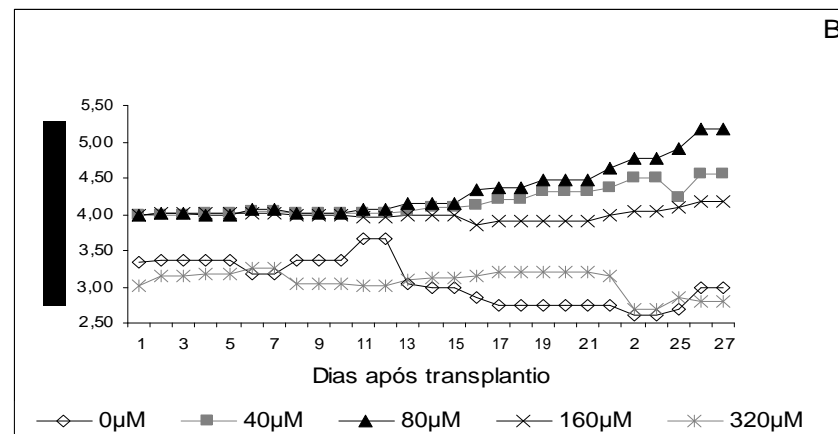
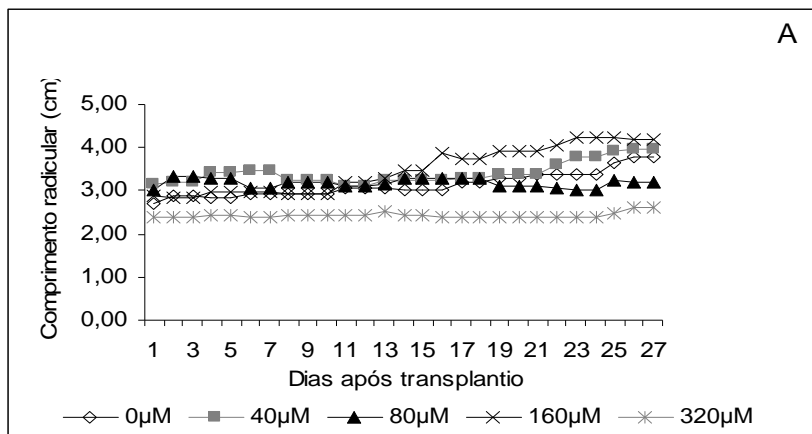


Figura 11: Dados de comprimento radicular da cv FB 100 (A), IAC 275 (B), IAC 273/277 (C) e IAC Paulista (D), após 27 dias de permanência em solução nutritiva completa com diferentes concentrações de alumínio.

4.2.2.2. Mamão cv. Tainung.

Na análise da variância conjunta dos dados de comprimento radicular de plântulas de mamão cv. Tainung (Tabela 4) crescidas em solução nutritiva completa, ocorreu efeito estatístico significativo para comparação de comprimento radicular, concentração de Al e também para a interação entre elas, quando avaliadas no teste Tukey a 5%.

Na avaliação do comprimento radicular inicial das plântulas antes de serem transferidas para a solução nutritiva completa, não ocorreu diferença entre elas (Tabela 4). No comprimento radicular final destas plântulas, avaliado após 25 dias de permanência em solução foi observado que o maior comprimento ocorreu na concentração de 80 μ M, e as concentrações de 0, 160, 320 e 640 foram estatisticamente iguais, como pode ser observado na Figura 14.

Avaliando a taxa de crescimento radicular, pode-se observar que ocorreu crescimento da raiz principal nas concentrações de 0, 80, 160 e 320 μ M de Al. A maior taxa de crescimento de raiz ocorreu na concentração de 80 μ M (3,60cm) e a menor na concentração de 320 μ M (0,45cm). As plântulas crescidas na concentração de 640 μ M de Al não ocorreu crescimento das raízes após 25 dias.

Na comparação do comprimento radicular final com o comprimento radicular inicial, observa-se que nas concentrações 0, 80, 160 ocorreu diferença entre eles, indicando o crescimento das raízes após permanência de 25 dias em solução. Na concentração de 320 e 640 os comprimentos da raiz não foram diferentes estatisticamente, evidenciando o efeito do alumínio na redução do crescimento radicular de mamão nestas concentrações.

Tabela 4: Dados da análise variância de comprimento radicular de plântulas mamão cv Tainung, crescidas por 25 dias em solução nutritiva completa.

Comprimento radicular (cm)				
Conc de Al (µM)	Comprimento radicular inicial (Ci)	Comprimento radicular final (Cf)	Medias de concentrações de Al	Taxa de crescimento radicular (cm)
0	4,20 Ba	6,65 Abc	5,42 B	2,40
80	5,75 Ba	9,35 Aa	7,55 A	3,60
160	4,25 Ba	6,15 Abcd	5,20 BC	1,90
320	3,65 Aa	4,10 Acd	3,87 BC	0,45
640	3,70 Aa	3,65 Ad	3,67 C	- 0,05
Pr > F				
Comp		0,0003		
Al		0,0001		
Al x Comp		0,0254		
CV (%)		13,709		
NS – não significativo Medias com letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas seguidas da mesma letra não diferem pelo teste Tukey 5%.				

4.2.3 – Efeito do alumínio na Elongação Radicular Relativa.

4.2.3.1 - Maracujá cv. FB100, IAC-275, IAC-273/277 e IAC-Paulista.

As cultivares de maracujá apresentaram comportamento diferente quando crescidas em alumínio, ora observando crescimento ora redução ou paralisação do desenvolvimento das raízes (Figura 11).

A cultivar IAC 275, avaliada como a melhor cultivar pelo teste Tukey (Tabela 3) com as maiores medias de crescimneto radicular, obteve os menores valores de alongação das raízes. Este efeito como já foi dito, é provocado quando ocorre redução do comprimento radicular das plântulas crescidas na concentração sem alumínio, tendo como resultado a distorção do efeito real, como ocorreu nas plântulas desta cultivar. O mesmo efeito ocorre na cv IAC Paulista, que foi avaliada com maior sensibilidade ao Al, e nas concentrações de 160 e 320µM de Al obteve as maiores taxas de alongação de raiz, sendo que neste caso o comprimento radicular final das plântulas crescidas em Al foi menor que o comprimento inicial . Isto também provoca distorção dos resultados e dificulta a avaliação das cultivares. Na avaliação da taxa de alongação da cv IAC

273/277, pode ser verificado que os maiores estímulos de crescimento causado pelo alumínio ocorreu nas concentrações de 80 e 160µM, na concentração de 40µM de Al também ocorreu estímulo mas menor que as cultivares anteriormente citadas, a concentração de 320µM foi a que não ocorreu crescimento da raízes. A cv FB100 obteve alongação radicular em todas as concentrações de alumínio em que foi submetida. A maior taxa de alongação foi verificada na concentração de 160µM de Al e que realmente ocorreu crescimento da raiz principal durante o período de avaliação.

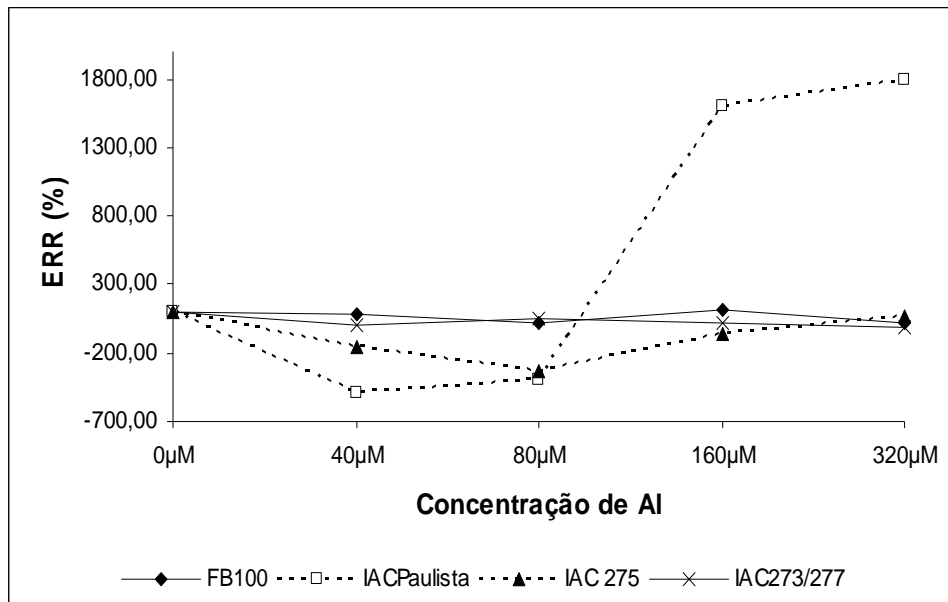


Figura 12: Elongação radicular relativa dos genótipos de maracujá amarelo – *Passiflora edulis* f *flavicarpa*:: FB 100 Seleção Maguary, Híbridos IAC 273/277, IAC Paulista e IAC 275 aos 27 dias de crescimento em solução nutritiva nas diferentes concentrações de alumínio.

4.2.3.2 – Mamão cv. Tainung.

Na taxa de alongação radicular relativa (ERR%) das plântulas de mamão em solução nutritiva completa (Fig. 12), ocorreu redução do crescimento radicular a medida que aumentava a concentração de alumínio em solução mas mesmo assim ocorreu alongação das raízes, só não ocorrendo alongação de raiz na concentração de 640µM de Al. Desta maneira o maior estímulo de alumínio foi observado na concentração de 80µM, e nas demais concentrações de 160 e 320µm também ocorreu estímulo de crescimento mas em menores proporções.

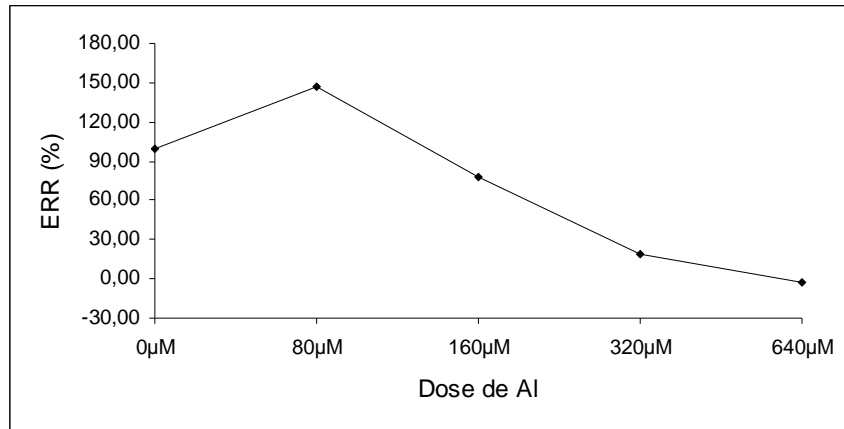


Figura 13: Dados de alongação radicular relativa de raízes de mamão cv. Tainung após 25 dias em solução nutritiva completa com diferentes doses de alumínio.



Figura 14: Plântulas de mamão cv. Tainung crescidas por 25 dias em solução nutritiva completa e coradas com violeta de pirocatecol.

4.3 - Experimento 3: Avaliação da germinação de sementes de maracujazeiro e mamoeiro embebidas em soluções com diferentes concentrações de alumínio.

4.3.1 – Avaliação cultivares de maracujá amarelo FB100, IAC 275, IAC 273/277, IAC Paulista em diferentes concentrações de alumínio.

Na Tabela 5, encontra-se os resultados dos dados da germinação de sementes aos 15 e 30 dias e que foram colocadas em pré-embebição com água e diferentes concentrações de alumínio e serem posteriormente colocadas para germinar em papel germitest com diferentes concentrações de alumínio.

Os dados da porcentagem de plântulas normais de maracujá avaliadas aos 15 dias após a transferência para o papel germitest mostraram pela análise de variância que existiu efeito da cultivar e da concentração de alumínio usada no papel e não existiu efeito da interação entre a concentração e a cultivar. A maior porcentagem de plântulas normais foi encontrada nas cultivares IAC-273/277 e FB100. Não ocorreu diferença significativa estatisticamente entre as concentrações de, sem adição de Al, 40, 80 e 160 μ M sendo até benéfico o efeito do Al em solução. Os menores dados da porcentagem de germinação na cultivar FB100 ocorreram nas concentrações 320 e 1280 μ M.

Não foi significativo o efeito das cultivares na avaliação das plântulas normais realizadas aos 30 dias após a germinação. A dose de alumínio que mais beneficiou a germinação das cultivares foi a de 1280 μ M, embora não ocorreu diferença entre ela e as concentrações de, sem adição de Al, 40, e 320 μ M. Este efeito benéfico do alumínio na alta dose foi completamente diferente da avaliação realizada aos 15 dias, embora mais uma vez mostrou efeito benéfico do Al no comprimento radicular das raízes.

Na Tabela 6, encontram-se os dados da porcentagem de plântulas germinadas, anormais e não germinadas avaliadas aos 30 dias após a colocação no papel germitest. Pela análise de variância dos dados das plântulas anormais, foi encontrado efeito das cultivar testadas e das concentrações de alumínio e da interação cultivar x concentração. A cultivar que apresentou a maior porcentagem de plântulas anormais foi a IAC-Paulista diferente estatisticamente das cultivares FB100 e IAC-273/277. Não foi encontrado pelo teste Tukey 5%, efeito das concentrações de alumínio nas porcentagens de plântulas anormais. A análise dos dados das sementes não germinadas mostrou que não ocorreram nenhuma diferença significativa estatisticamente entre os parâmetros

analisados, portanto, podem ser considerados iguais, cultivares e concentrações testadas. Assim como aconteceu para plântulas não germinadas não ocorreram diferenças estatisticamente significativas entre todos os parâmetros analisados na avaliação da germinação das sementes.

Tabela 5: Dados de porcentagem de plântulas normais aos 15 dias e 30 dias após semeadura, de maracujá amarelo embebidas em solução com diferentes concentrações de alumínio.

Porcentagem de Plantas Normais								
Conc. de Al (μM)	15 Dias				30 Dias			
	FB 100	IAC Paulista	IAC 273	Médias de Concentrações	FB 100	IAC Paulista	IAC 273	Médias das Concentrações
0	40,00	34,37	64,44	45,86 ab	35,22	23,30	17,78	25,13 abc
40	51,11	60,00	68,89	57,73 ab	27,25	23,33	20,00	22,53 abc
80	62,22	57,78	68,89	62,93 a	32,08	22,22	11,11	15,53 c
160	62,22	44,44	71,11	59,20 ab	28,39	17,78	13,33	16,26 bc
320	60,00	28,89	46,67	45,13 b	20,15	26,67	26,67	25,86 ab
1280	37,78	48,89	46,67	44,40 b	19,83	35,56	28,89	31,80 a
Média das cultivares	52 AB	44 B	60,6 A		27,15	24,81	19,83	
C.V (%)	23,715				30,542			
Pm>F Cultivar Dose Esp X Dose	0,0012 0,0055 NS				NS 0,0001 NS			
NS = não significativo Médias com letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, seguidas da mesma não diferem pelo teste Tukey								

Tabela 6: Dados de porcentagem de germinação total (Somatório de plântulas normais de 15 e 30 dias), Plântulas anormal e sementes não germinadas de plântulas de maracujá amarelo embebidas em solução com diferentes concentrações de alumínio.

Conc. Al (μ M)	% Germinação				Anormal				Não Germinados			
	FB 100	IAC 273/277	IAC Paulista	Médias das concentrações	FB 100	IAC 273/277	IAC Paulista	Médias das concentrações	FB 100	IAC 273/277	IAC Paulista	Médias das concentrações
0	75,22	82,22	57,67	71,70	17,78Ba	11,11Ba	35,60 Aabc	21,50	0,00b	2,22	7,67	3,30
40	78,36	88,89	83,33	83,53	8,89Aa	11,11Aa	16,67 Aabc	12,22	15,56a	2,22	10,00	9,26
80	94,30	80,00	80,00	84,77	8,89Aa	15,56Aa	17,78 Abc	14,08	15,56a	4,44	4,44	8,15
160	90,61	84,44	62,22	79,09	15,56Ba	15,56Ba	35,56 Aabc	22,23	6,67ab	0,00	2,22	2,96
320	80,15	73,33	55,56	69,68	8,89Ba	22,22 ABa	37,78 ABab	22,96	4,44ab	4,44	6,67	5,18
1280	57,61	75,56	84,44	72,54	26,67 ABa	22,22 ABa	8,89 BBc	19,26	4,44ab	4,44	6,67	5,18
Médias das Cultivares	79,38	80,74	70,54		14,45 B	16,30 B	25,3 A		7,78 A	2,96B	6,28 A	
C.V (%)	61,558				42,159				103,485			
Pr>F Cultivar	NS				0,0005				0,0496			
Dose	NS				0,0331				NS			
Esp. X Dose	NS				0,0010				NS			

NS = não significativo; Médias com letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, seguidas da mesma não diferem pelo teste Tukey

A avaliação do comprimento radicular realizada 15 dias após a semeadura em papel germiteste embebido com alumínio apresentou diferenças estatisticamente significativas para cultivar e concentração de alumínio, mas para a interação entre cultivar e concentração não foi significativo quando analisadas pela análise de variância e pelo teste Tukey a 5% (Tabela 7).

Em relação ao efeito de cultivar, os melhores resultados de comprimento radicular ocorreram nas plântulas das cultivares FB 100 e IAC 273/277, que apresentaram as maiores médias de comprimentos radiculares com 49,5mm e 46,4 mm. O menor valor foi observado na cultivar IAC Paulista com a media de 41,7mm.

Na avaliação das concentrações de alumínio, as melhores médias de comprimento radicular ocorreram com nos tratamentos sem adição, 40, 80 e 160 μ M de alumínio no papel germitest. A concentração de 1280 μ M foi onde ocorreu a maior toxidez de alumínio apresentando o menor comprimento radicular nas plântulas.

A análise de variância para o diâmetro do colo revelou só diferenças estatisticamente significativa entre as cultivares, não sendo observado diferenças estatísticas entre as concentrações de Al. A cultivar a apresentou o maior diâmetro do colo foi a FB 100, seguida da IAC 273/277 e IAC Paulista.

A avaliação do diâmetro do ápice radicular das plântulas foi realizada após 15 dias de semeadura em papel germiteste (Tabela 7), ocorrendo diferenças estatisticamente significativas para concentração de alumínio e da interação da concentração de alumínio com as cultivares de maracujá. Mas para diferenças entre as cultivares não foram significativas. Os maiores valores de diâmetro do ápice radicular (ponta da raiz) foram encontrados nas concentrações de 320 e 1280 μ M de alumínio na solução e o menor valor no tratamento sem adição do elemento.

Na Tabela 8 encontra-se os dados obtidos nas avaliações de comprimento radicular, diâmetro de colo e diâmetro do ápice das raízes, realizadas 30 dias após colocação das sementes no papel germiteste embebidos com as soluções.

A análise de variância dos dados do comprimento radicular mostrou que ocorreu efeito significativo para as concentrações usadas e para as cultivar, não sendo significativa a interação Cult x Conc. Os maiores valores de comprimento radicular foram obtidos na cultivar de maracujá FB100 e IAC Paulista, e os menores valores na cultivar IAC 273/277. As plântulas avaliadas durante 30 dias com alumínio tiveram um comportamento semelhante em relação à presença deste elemento não sendo o comprimento radicular diferente entre elas diferente. A análise de variância para o

diâmetro do colo, após 30 dias, revelou que não ocorreu diferenças estatisticamente significativa para efeito de cultivar, concentração de alumínio e sua interação.

Diferente do ocorreu para o diâmetro do ápice radicular avaliado aos 15 dias, nesta avaliação aos 30 dias, não foi verificado pela análise de variância qualquer efeito significativo para as concentrações de alumínio, cultivars e nem a interação entre eles. Apesar de ser não significativo, as maiores médias de diâmetro de ápice ocorreram nas concentrações de 320 e 1280 μ M e as menores na solução sem alumínio, evidenciando o efeito do elemento.

Para a avaliação realizada aos 30 dias após a semeadura, a análise da variância dos dados mostram efeito significativo para cultivar, concentração de alumínio e para a interação entre cultivar e concentração de alumínio não ocorreu efeito significativo quando analisados pelo teste Tukey a 5% de significância (Tabela 8)).

Os melhores resultados quando se avaliou cultivar foram observadas nos valores de FB 100 e IAC Paulista, que mesmo após 30 dias de contato com alumínio mostrou-se bastante tolerante. A cultivar IAC 273/277 apresentou as menores medias após este período de avaliação. Para o efeito de alumínio o comprimento radicular foi reduzindo a medida que aumenta a concentração em solução, o melhor resultados foi observado nas sementes que germinaram sem a presença deste elemento. As concentrações de 40, 80, 160 e 320 μ M não apresentaram diferenças estatística quando comparadas e a concentração da 1280 μ M foi a que mais reduziu o tamanho das raízes após 30 dias, obtendo com isso a menor media em relação as demais (Tabela 3).

As sementes germinadas 30 dias após a semeadura apresentavam comprimento radicular menor que aos 15 dias provavelmente por permaneceram maior tempo em contato com alumínio e nestas condições o comprimento radicular das cultivares ficou desordenado e nem sempre as concentrações mais elevadas apresentaram o menor comprimento radicular. As plântulas obtidas destas sementes que germinaram ate os 15 dias após a semeadura apresentaram melhores características morfológicas e maior comprimento do sistema radicular e em comparação as plântulas oriundas de sementes germinadas 30 dias após a semeadura, isso mostra que quanto maior o tempo de contato com o alumínio, maiores serão os efeitos causados nas plântulas.

Na análise da interação entre cultivar e as concentrações de alumínio (Tabela 8), pode-se observar que o alumínio estimula significativamente o comportamento das cultivares em relação em relação ao diâmetro do ápice radicular e que as cultivares tem comportamento de forma diferente de acordo com a concentração

de alumínio a que estão expostas. Quando foi comparada a concentração de alumínio entre as cultivares, os efeitos são diferentes na concentração de 40 μ M e na testemunha. Nas demais concentrações o efeito é igual entre as cultivares. E quando foi comparado o efeito do alumínio dentro das cultivares somente a IAC Paulista não apresentou diferença de diâmetro de ápice entre as concentrações em relação a testemunha, na cultivar FB 100 as sementes germinadas nas concentrações de 40, 320 e 1280 μ M de alumínio não apresentaram diferença estatística entre si e tiveram os maiores diâmetros de ápice. As concentrações de 160 e 80 μ M tiveram valores menores que as citadas acima e também não diferiram entre si. O menor resultado foi avaliado nas sementes que germinaram sem alumínio. Na cultivar IAC 273/277 exceto a concentração de 40 μ M de alumínio que obteve o menor diâmetro, todas as concentrações apresentaram diâmetro estatisticamente igual a testemunha.

Na segunda avaliação do diâmetro do ápice das cultivares de maracujá amarelo a análise estatística dos dados não teve efeito significativo para cultivar, concentração de alumínio e também para a interação destes fatores quando avaliados no teste Tukey a 5% (Tabela 8).

Mesmo sem a significância estatística, vale observar que 30 dias após semeadura os valores de diâmetro de ápice foram maiores que aos 15 dias em todas as cultivares para a maioria das concentrações, exceto a de 40 e 160 μ M de alumínio da cultivar IAC 273/277.

Tabela 7: Dados aos 15 dias de avaliação de crescimento radicular, diâmetro do colo, diâmetro do ápice de plântulas cultivares de maracujá amarelo, germinadas em papel gerimteste saturado com diferentes concentrações de alumínio.

Dose	Comprimento radicular (mm)				Diâmetro do colo (mm)				Diâmetro do ápice radicular (mm)			
	FB100	IAC273277	IACPauilista	Médias das Concentrações	FB100	IAC273/277	IACPauilista	Médias das Concentrações	FB100	IAC273277	IACPauilista	Médias das Concentrações
0 μ M	52,75	48,54	48,40	49,89ab	1,28	1,25	1,16	1,23	0,35 Bc	0,33Aab	0,34 Aab	0,22c
40 μ M	47,42	52,32	44,20	47,9769ab	1,35	1,32	1,15	1,27	0,41 Aab	0,26Bbb	0,29 Bab	0,32b
80 μ M	58,63	53,62	45,85	52,69a	1,24	1,26	1,18	1,23	0,32 Ab	0,32Aab	0,32 Aab	0,32b
160 μ M	55,68	54,14	49,69	53,16a	1,35	1,32	1,17	1,28	0,35 Ab	0,38Aab	0,34 Aab	0,35b
320 μ M	53,84	41,38	32,88	42,69a	1,30	1,24	1,19	1,24	0,39 Aab	0,38Aab	0,43 Aab	0,39ab
1280 μ M	28,41	28,22	29,48	28,70a	1,38	1,16	1,20	1,25	0,52 Aab	0,44Aab	0,42 Aab	0,45a
Médias das Cultivares	49,45A	46,36AB	41,74B		1,31A	1,25B	1,17C		0,39	0,35	0,36	
C.V (%)			13,30				5,26				15,77	
Pr>F												
Cult.			0,0022				0,0001				NS	
Dose			0,0001				NS				0,0001	
Cult.X Dose			0,1661				NS				0,0001	

NS = não significativo; Médias com letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey 5%.

Tabela 8: Dados aos 30 dias de avaliação de crescimento radicular, diâmetro do colo e diâmetro do ápice de plântulas cultivares de maracujá amarelo, germinadas em papel germiteste saturado com diferentes concentrações de alumínio.

Comprimento radicular (mm)					Diâmetro do colo (mm)				Diâmetro do ápice (mm)			
Dose	FB100	IAC273277	IACPauilista	Médias das Cultivares	FB100	IAC273277	IACPauilista	Médias das Cultivares	FB100	IAC273277	IACPauilista	Médias das Cultivares
0µM	35,22	25,70	26,47	29,13a	1,13	1,28	1,06	1,16	0,35	0,39	0,39	0,38
40µM	27,25	25,40	26,85	26,49ab	1,11	1,11	1,14	1,12	0,48	0,39	0,34	0,40
80µM	32,08	15,32	21,48	22,95ab	1,31	1,07	1,28	1,22	0,51	0,42	0,42	0,45
160µM	28,39	12,80	25,84	22,34ab	1,15	0,70	1,01	0,95	0,43	0,22	0,56	0,40
320µM	20,15	18,71	24,83	21,22ab	1,14	1,17	1,01	1,11	0,60	0,46	0,47	0,51
1280µM	19,83	15,40	19,45	18,22b	1,22	1,74	1,21	1,39	0,54	0,51	0,50	0,52
Médias Cultivares	27,15A	24,15A	18,88B		1,18	1,18	1,12		0,49	0,40	0,45	
C.V (%)			24,98				6,69				25,65	
Pr>F												
Cult.			0,0005				NS				NS	
Dose			0,0057				NS				NS	
Cult X Dose			NS				NS				NS	

NS = NÃO SIGNIFICATIVO

Medias com letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey.



Figura 15: Plântulas de maracujá cv. IAC Paulista, germinadas em papel germiteste embebido com diferentes concentrações de alumínio.

4.3.2 – Avaliação de genótipos de mamoeiro grupo solo: Golden, Gran-Golden e Baixinho de Santa Amália em diferentes concentrações de alumínio.

As avaliações neste experimento apresentados na Tabela 9, somente foram realizadas aos 14 dias após a colocação das sementes em papel germiteste. Isto ocorreu devido às sementes em sua maioria, não germinarem após 30 dias de contato com o papel germiteste com as concentrações testadas.

O comprimento radicular avaliado nas plântulas de mamão pelo teste F a 5% foi significativo para concentração de alumínio, mas para genótipo e a interação genótipo e concentração de alumínio não ocorreu significância. Com os resultados obtidos para o efeito do alumínio pode-se afirmar que o mesmo não afetou o crescimento de raízes em plântulas de mamoeiro e existem valores em algumas concentrações, que foram maiores ate que das plântulas crescidas sem a presença de alumínio. Na cultivares Golden e Baixinho de Santa Amália foram as concentrações de 40, 80 e 160 μ M maiores que a testemunha, no Gran-Golden todas as concentrações apresentaram maiores comprimentos radiculares em comparação a testemunha. Possivelmente este resultados podem indicar que plântulas de mamoeiro são tolerantes a estas concentrações de alumínio nesta fase inicial da germinação.

O diâmetro do colo que foi avaliado nas plântulas teve efeito estatístico significativo somente para cultivares, para concentração de alumínio e a interação desta com genótipo não teve significância no teste F a 5% (análise de variância). Para o efeito de genótipo, o que apresentou as maiores medias foi o Baixinho de Santa Amália e Gran Golden.

No estudo do diâmetro do ápice das plântulas só ocorreu significância na análise de variância, teste F a 5%, para o efeito da cultivar sendo não significativo para os demais fatores. O genótipo que apresentou o maior diâmetro de apice radicular foi o Baixinho de Santa Amália, o Gran-Golden e Golden não tiveram diferenças estatísticas quando comparados entre si para este fator. O comportamento dos genótipos foi diferente em contato com o alumínio e os valores variaram em relação às concentrações, pois nestas nem sempre a maior concentração de alumínio, gerou o maior diâmetro de ápice.

Os dados das taxas de germinação avaliadas aos 14 dias após a germinação apresentaram efeito estatisticamente significativo para cultivar, concentração de alumínio e para a interação entre cultivar e concentração de alumínio quando avaliados

pela análise de variância (Tabela 9). O efeito do alumínio na germinação das sementes dos genótipos de mamoeiro pode ser considerado positivo, pois em todos os genótipos avaliados ocorreu o processo germinativo das sementes, mesmo com valores baixos em algumas concentrações de alumínio. A cultivar genótipo Gran-Golden apresentou a melhor média de germinação quando comparado com os demais, que não apresentaram diferença estatística entre si.

Para a avaliação dos efeitos das concentrações de alumínio em relação à germinação, nos genótipos de mamoeiro os melhores resultados foram avaliados nas concentrações mais altas. A concentração que promoveu as maiores taxas de germinação foi a de 1280 μ M de alumínio, que no genótipo Golden chegou a 91%, Gran-Golden 69% e no Baixinho de Santa Amália 49%, demonstrando que o alumínio pode ter influenciado o processo de germinação. A segunda melhor média foi avaliada na concentração de 320 μ M de alumínio. As concentrações de 80, 160 e 40 μ M não apresentaram diferença estatística entre si. A menor taxa de germinação foi avaliada nas sementes que germinaram sem a presença de alumínio.

O resultado significativo da interação entre genótipo e concentração de alumínio possibilita avaliar que quando o efeito é de alumínio sobre os genótipos verifica-se que ocorreu diferença entre os mesmos para todas as concentrações e para o tratamento testemunha. O genótipo Gran-Golden apresenta-se a melhor média de germinação que os demais nas concentrações de 40, 80, 160 e 320 μ M de alumínio, na concentração de 1280 μ M tem comportamento estatisticamente igual ao genótipo Golden e no tratamento sem alumínio e igual ao genótipo Baixinho de Santa Amália. Em comparação aos demais o segundo melhor genótipo é o Golden e o genótipo Baixinho de Santa Amália apresenta as menores taxas de germinação, exceto na concentração 160 μ M em que apresenta o segundo melhor resultado e no tratamento testemunha. Quando a avaliação da interação foi realizada dentro do genótipo, nos resultados de Gran-Golden não ocorreram diferenças estatísticas entre as concentrações de alumínio. Em Golden na concentração de 1280 μ M de alumínio foram avaliadas as maiores médias diferindo assim das demais, que não tiveram diferença entre si. Em Baixinho de Santa Amália as concentrações de 40, 160, 320 e 1280 μ M de alumínio mais a testemunha não foram diferentes quando comparadas entre si, apresentando as maiores médias e somente a concentração 80 μ M foi diferente

Tabela 9: Dados aos 15 dias de avaliação de crescimento radicular, diâmetro do colo e diâmetro do ápice de plântulas cultivares de mamão, germinadas em papel germiteste saturado com diferentes concentrações de alumínio.

Comprimento radicular (mm)					Diâmetro do colo (mm)				Diâmetro do ápice (mm)				Germinação (%)			
Dose	Golden	Gran Golden	Baixinho Santa Amália	Méd Conc. Al	Golden	Gran Golden	Baixinho Santa Amália	Méd Conc Al	Golden	Gran Golden	Baixinho Santa Amália	Méd Conc Al	Golden	Gran Golden	Baixinho Santa Amalia	Méd Conc Al
0 μ M	11,09	9,75	12,52	11,12 a	1,01	1,33	1,19	1,18	0,26	0,39	0,41	0,35	6,67 ABb	40,00 ABa	17,78 Bab	21,47c
40 μ M	12,00	14,08	14,17	13,41a	1,05	0,93	1,20	1,06	0,52	0,37	0,45	0,45	13,33 Bb	60,00 ABa	22,22 Bab	31,80bc
80 μ M	15,96	16,73	13,94	15,54a	1,09	1,14	1,08	1,10	0,42	0,36	0,57	0,45	20,00 Bb	71,11 ABa	15,56 Bb	35,53bc
160 μ M	13,31	15,50	14,06	14,29a	1,12	1,11	1,17	1,13	0,46	0,43	0,47	0,45	22,22 Bb	55,56 AB a	28,89 Bab	35,53bc
320 μ M	8,86	13,44	9,97	10,75a	0,87	1,07	1,28	1,07	0,41	0,46	0,55	0,47	26,67 Bb	64,44 ABa	37,78 Bab	42,93b
1280 μ M	9,87	16,55	11,47	12,62 ^a	0,97	1,12	1,26	1,12	0,44	0,35	0,50	0,43	91,11 ABa	68,89 ABa	48,89 Bab	69,60a
Médias das Cult.	11,85	14,34	12,69		1,01AB	1,11B	1,19A		0,41B	0,39B	0,49A		30 B	60 A	28,46 B	
C.V (%)		26,12				16,76				18,66				33,51		
Pr>F Cult.			NS			0,0223				0,0030				0,0001		
Dose Cult X Dose			0,0375			NS				NS				0,0001		
			NS			NS				NS				0,0016		

NS = não significativo

Medias com letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey

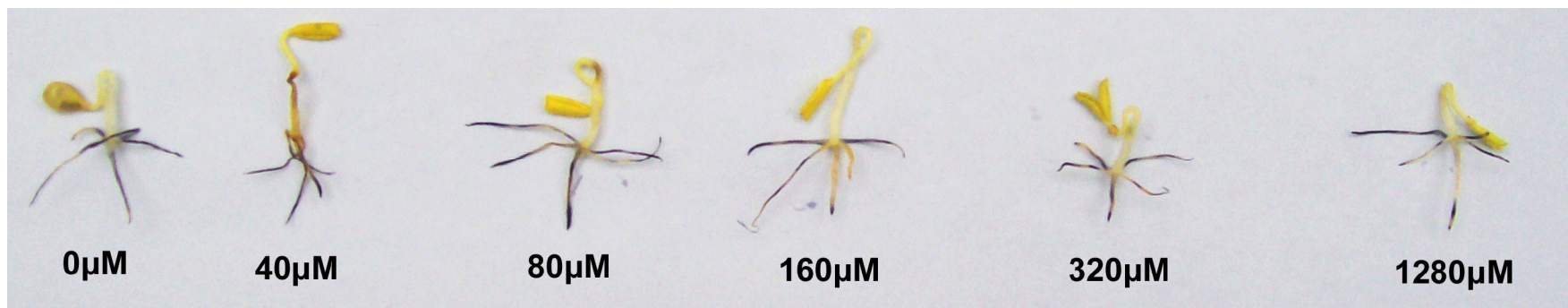


Figura 16: Plântulas de mamão germinadas em papel germiteste embebido com diferentes concentrações de alumínio e coloridas com corante hematoxilina.

4.4- Experimento 4: Uso de corantes químicos para determinação da tolerância ao alumínio em plântulas de mamoeiro e maracujazeiro.

4.4.1 - Corante Violeta de Pirocatecol.

O uso do corante violeta de pirocatecol PVC 1 na coloração de raízes de maracujá amarelo cultivar FB 100 (Fig. 13), possibilitou diferenciar os níveis de toxidez nas plântulas em comparação as concentrações de alumínio usadas, pois com o aumento da concentração de alumínio em solução a coloração das raízes foi mais intensa. A coloração das raízes ficou mais intensa nas plântulas crescidas nas doses de 80, 160 e 320 μ M quando aumentou o tempo de permanência na solução nutritiva completa, possivelmente por aumentar a concentração de Al no apoplasto destas plântulas. Na figura 14, podemos verificar o comportamento de outras cultivares de maracujá é também o efeito de uma menor concentração de alumínio. Nas duas condições de crescimento a cultivar de maracujá FB 100 teve o mesmo desempenho obtendo notas semelhantes nos níveis testados (Figura 13 e 14), portanto comparando, com as notas de coloração obtidos das raízes crescendo em solução nutritiva simples e completa o resultado é semelhante para a cultivar esta maracujá. A análise de variância (teste F 5%), dos dados de coloração de raízes de plântulas de maracujá crescidas em solução nutritiva completa mostrou que ocorreram diferenças estatisticamente significativas entre as medias para cultivares, concentração de alumínio e a interação entre elas. As maiores notas de coloração foi obtida pela cv. FB100

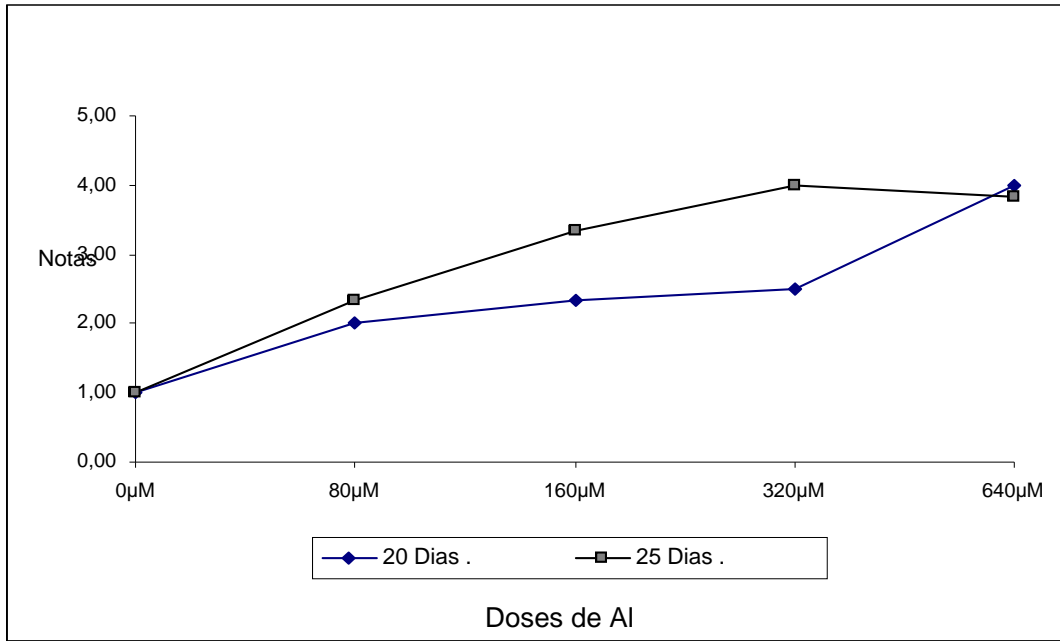


Figura 17: Dados de coloração de raízes de maracujá amarelo cv. FB 100 com corante violeta de pirocatecol aos 20 e 25 dias, crescidas em solução nutritiva completa com diferentes concentrações de alumínio por 25 dias.

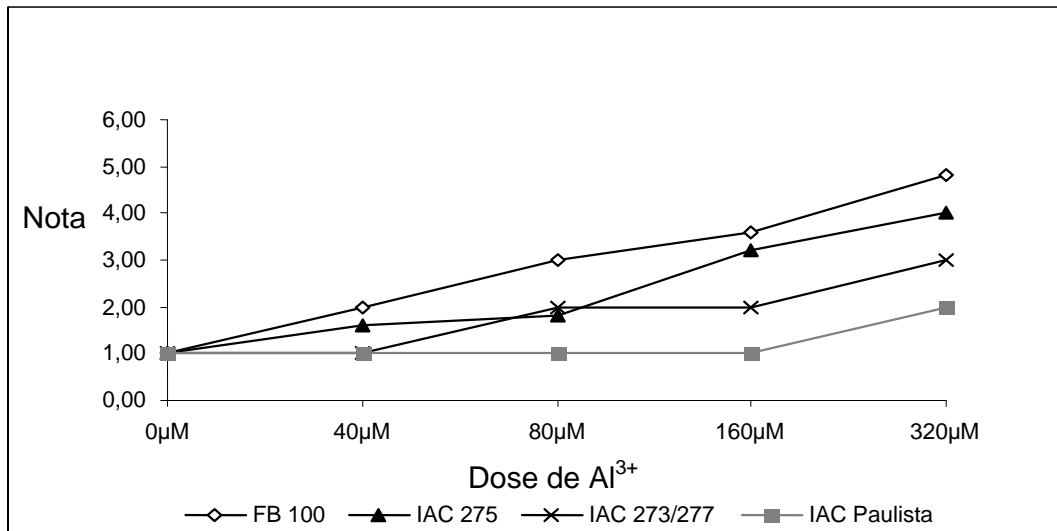


Figura 18: Dados de coloração de raízes com uso do corante violeta de pirocatecol em plântula de cultivares de maracujá amarelo aos 27 dias de crescimento em solução nutritiva completa em diferentes concentrações de alumínio.

Pelos dados da figura 15, é evidenciado que ocorreu maior coloração das raízes de mamão cv. Tainung, nas maiores concentrações de alumínio, atingindo notas com valores de até 4,2 na concentração de 640 μ M quando o comprimento radicular diminuiu ao seu menor valor, e da nota 1,2 com zero de alumínio na solução.

Dados das plântulas em papel germiteste evidenciaram que as médias das notas da coloração foram mais baixas do que quando as plantas cresceram em solução nutritiva, em contacto direto com o alumínio. Ainda assim a maior nota foi encontrada na cultivar de maracujá FB100 na concentração de 1280 μ M de alumínio. O mesmo ocorreu para as cultivares de mamão testado (Figura 16 e 17)

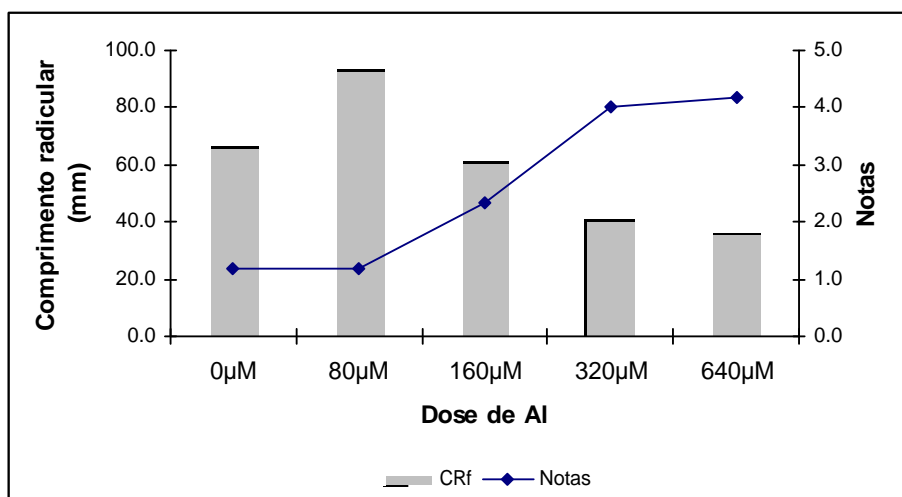


Figura 19: Dados de comprimento radicular de mamão híbrido Tainung, associado ao uso de corante violeta de pirocatecol, crescidas por 25 dias em solução nutritiva completa com diferentes concentrações de alumínio.

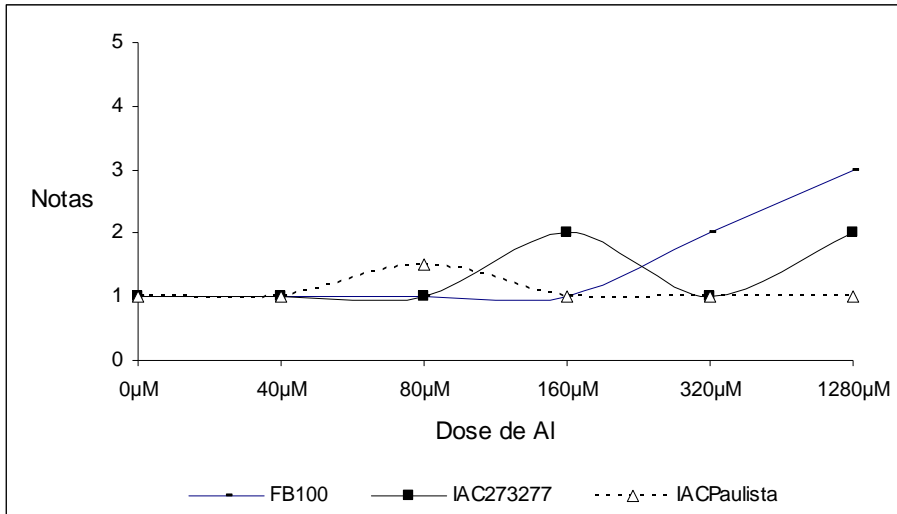


Figura 20: Dados de coloração de raízes com uso do corante violeta de pirocatecol em plântula de maracujá aos 15 dias após embebição das sementes crescidas em papel germiteste em água destilada com diferentes concentrações de alumínio.

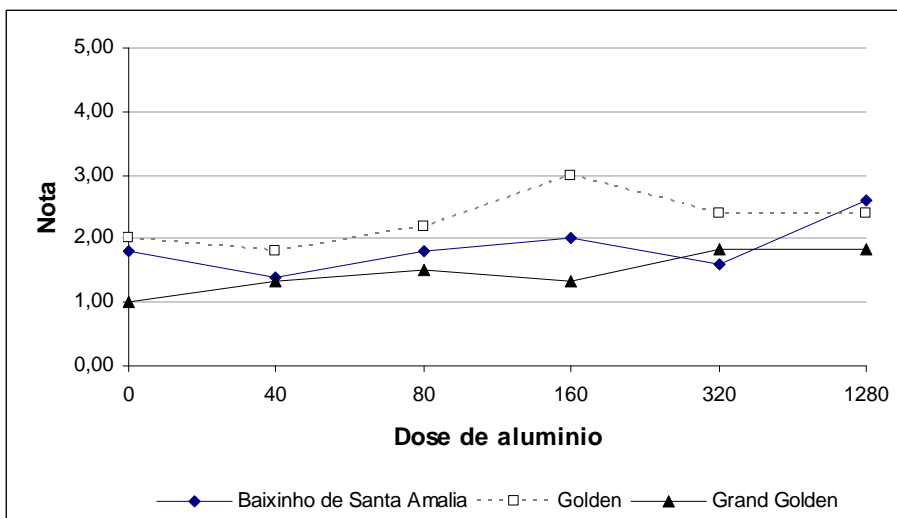


Figura 21: Dados de coloração de raízes de mamão com corante violeta de pirocatecol PVC1 aos 15 dias após a germinação em papel germiteste.

4.4.2 - Corante Hematoxilina.

As avaliações das raízes das plântulas de maracujá com relação as notas obtidas em função da cor com o corante hematoxilina (Figura 18) quando crescidas em solução completa foram semelhantes as notas obtidas com o corante PVC-1(Figura 14). Entretanto o mesmo não ocorreu quando as plantas cresceram em papel germiteste, pois as notas da coloração das plantas onde se usou hematoxilina foram mais altas e não foi possível separar o efeito da concentração de alumínio (Figuras 19 e 20).

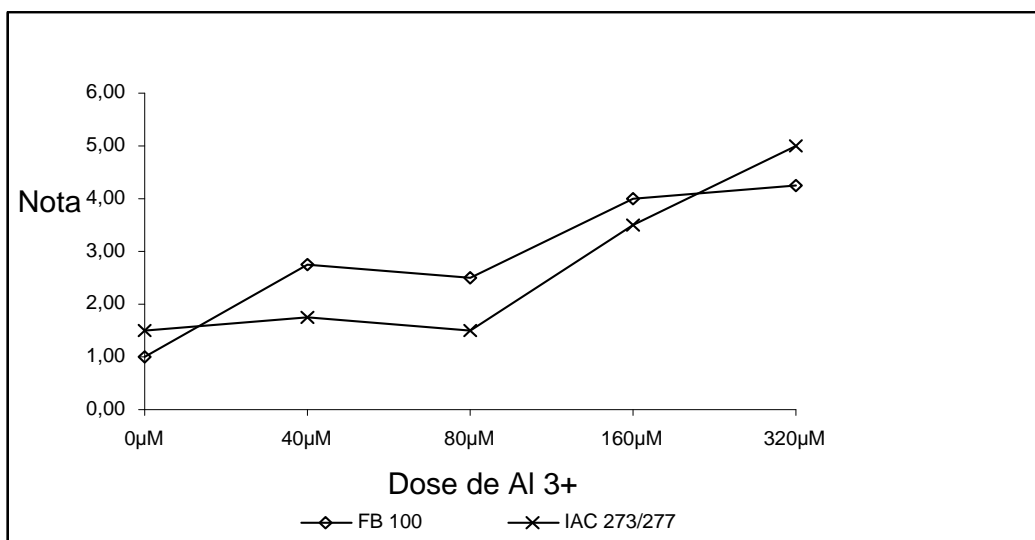


Figura 22: Dados de coloração de raízes com uso do corante hematoxilina em plântula de maracujá amarelo aos 27 dias de crescimento em solução nutritiva simples em diferentes concentrações de alumínio

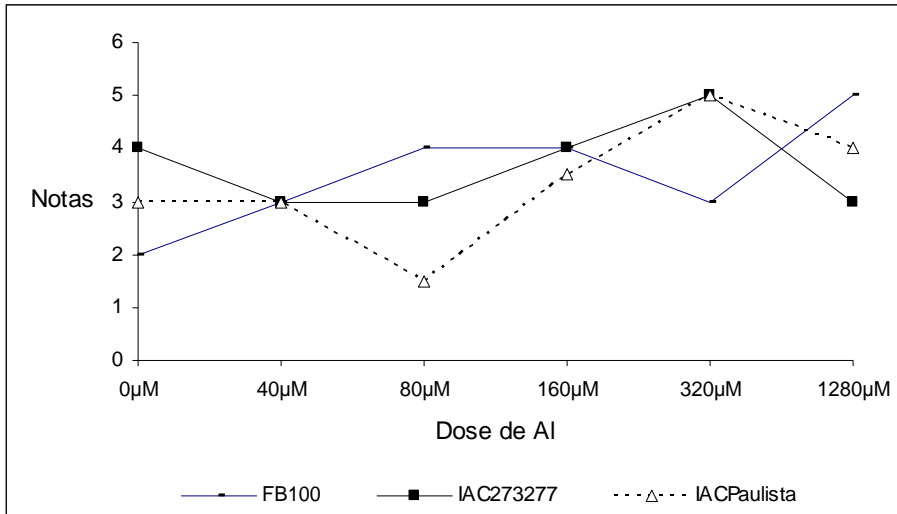


Figura 23: Dados de coloração de raízes com uso do corante hematoxilina em plântula de maracujá aos 15 dias após embebição das sementes em água destilada com diferentes concentrações de alumínio.

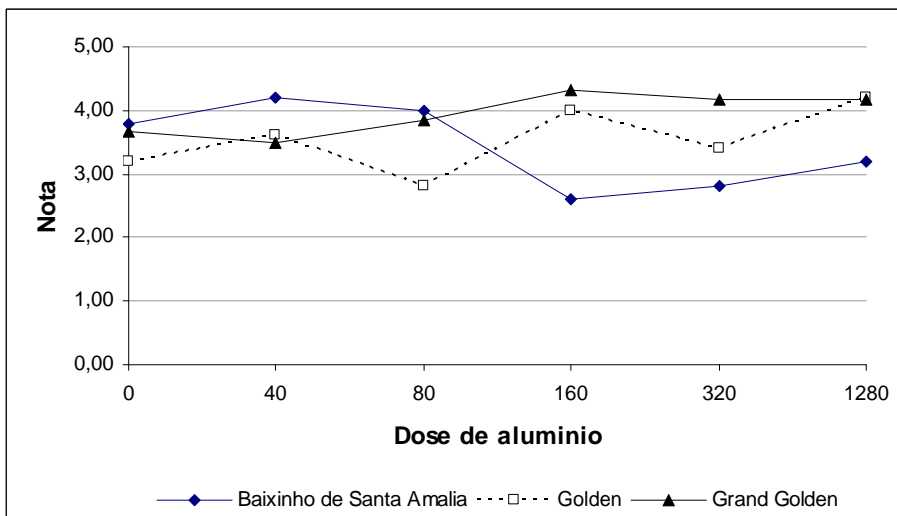


Figura 24: Dados de coloração de raízes de cultivares de mamão com corante hematoxilina aos 15 dias após a germinação em papel germiteste.



Foto 25: Plântulas de maracujá cv. FB 100, crescidas por 18 dias em solução simples e coloridas com corantes violeta de pirocatecol

5 - DISCUSSÃO

5.1 – Efeito do alumínio no comprimento radicular.

O comprimento radicular tem sido usado com uma ferramenta importante nos estudos de toxidez de alumínio (Fageria et. al, 1989; Jacob-Neto, 1993). O atrofiamento do sistema radicular pode ser associado ao efeito direto da toxidez de alumínio (Scott et. al 1992, Delhaize & Ryan, 1995) embora em determinadas condições de meio de crescimento como em solução nutritiva, o efeito do íon hidrogênio (pH) também pode causar toxidez. Em soluções de baixa força iônica Jacob-Neto (1993) demonstrou em raízes de feijão que a toxidez de amônia (H^+) pode ser separada do efeito de alumínio como o uso de corante. Neste presente trabalho, nos assumimos que os efeitos de atrofiamento no sistema radicular foram provocados pela toxidez de alumínio.

Alguns autores tem associado toxidez em condições de solução nutritiva com toxidez no solo. Relatam que existe uma correlação entre uma seleção de plantas resistentes ao alumínio feita em solução nutritiva e a resistência destas plantas em condições de solo ácido (Foy et al., 1965, Arminger et al., 1968; Foy, et al, 1969). A utilização de soluções simples, como no experimento 1, apenas com uma baixa concentração de cálcio (0,1mM) foi utilizada para permitir a máxima expressão do efeito do alumínio sem interferência da deficiência do cálcio (Kinraide et al, 1985, Wenzl et al 2003). Esta metodologia tem sido usada com frequência nos estudos de curta duração com alumínio. Plantas crescendo nestas condições geralmente sofrem o efeito de toxidez mais rapidamente e com menores concentrações de alumínio presente no meio de crescimento do que em uma solução completa, mais concentrada com maior força iônica. Quando a força iônica da solução é alta, ela pode alterar as interações físico-químicas modificando completamente o real efeito da toxidez do alumínio (Rossiello e Jacob-Neto, 2006).

Os resultados dos dados do comprimento radicular da raiz principal da tabela 2 das plântulas de maracujá cv. FB100, crescendo nos primeiros 10 dias em solução simples mostraram que começou a ocorrer efeito da toxidez de alumínio já na concentração 20 μ M. A razão de ter sido aumentada às concentrações a partir do décimo dia, foi devido interpretação equivocada realizada apenas utilizando a análise visual da qualidade das raízes que pareciam saudáveis e sem sintomatologia de toxidez, e até

ocorrendo estímulo de crescimento visualizado pelas taxas de crescimento (Figura 5). Foi pensado que estas diferenças aconteceram devidas às diferenças encontradas no comprimento inicial das plântulas antes de serem colocadas em solução nutritivas simples. Entretanto, análise estatística dos dados das plântulas iniciais (Tabela 1) mostrou que não ocorreram diferenças no comprimento inicial entre as plântulas. Do ponto de vista visual as plântulas que ficaram em contacto com alumínio nas diferentes concentrações não apresentaram os sintomas clássicos de toxidez do elemento com raízes e ápices escurecidos, enrijecidas e não apresentando a formação de raízes secundárias. Isto ocorreu até o final do experimento, apenas ocorreu à paralisação do crescimento em todos os tratamentos.

Quando foi testado duas cultivares de mamão (Golden e Tainung) na solução apenas com cálcio foi possível observar que ocorreram diferenças e que também aqui ocorreu efeito das concentrações de alumínio como aconteceu com maracujá. Entretanto, a toxidez do alumínio só existiu de forma mais severa na concentração de $160\mu\text{M}$ de alumínio na solução e a partir do sexto dia na solução para a cv. Golden e do sétimo para a cv. Tainung. Observou-se que, nas duas cultivares que a partir do nono dia de crescimento em solução as raízes das cultivares apresentaram sintomas de apodrecimento nestas condições crescimento, podendo este ser um efeito severo do Al (Simonovicova et al, 2004) ou deficiência induzida por falta de cálcio, que neste caso necessitaria de mais avaliações para ser confirmada. Como discutido anteriormente, o comprimento inicial das raízes da cultivar Golden que foram colocadas no tratamento com $40\mu\text{M}$ de alumínio foi desde o início maior no comprimento da raiz, isto pode ter prejudicado a interpretação conjunta dos dados. Entretanto, foi observado também que não existiram diferenças entre todas as plântulas. Não foi encontrada na literatura nenhuma informação similar às aqui apresentadas, dificultando a comparações.

Na solução nutritiva completa onde foram testados cinco cultivares de maracujá em cinco concentrações de Al, foram encontradas significância para todos os parâmetros testados. Ocorreu um nível de toxidez para cada cultivar indicando diferenças entre elas com relação à resposta ao alumínio. Na cultivar de maracujá FB100 que nos primeiros 10 dias em solução simples sofreu toxidez com $160\mu\text{M}$ de alumínio, na solução completa, com maior força iônica só ocorreu toxidez na dosagem de $320\mu\text{M}$ na avaliação aos 27 dias de crescimento em solução nutritiva. Na verdade esta concentração foi à única que realmente causou toxidez nas cultivares nas condições testadas. Na literatura existem vários relatos sobre o efeito da concentração da solução

nutritiva, notadamente o efeito do cálcio, magnésio e do fósforo na toxidez de alumínio (Nichol & Oliveira, 1995; Santos & Camargo, 1999) não havendo dúvidas da importância da escolha do meio de crescimento nos estudos com alumínio como demonstrado aqui.

5.2 – Efeitos do alumínio na taxa de crescimento radicular.

Como pode ser observado na Figura 4, o alumínio estimulou em até dez por cento a taxa crescimento radicular da plantas de maracujá crescendo em solução simples. Efeito benéfico do alumínio no crescimento radicular também foi observado em outras concentrações aqui testadas. Na literatura encontram-se relatos do efeito benéfico do alumínio usado em baixas concentrações em várias plantas como arroz (Fageria, 1982; Vasconcelos .1997), sorgo (Baligar et al., 1995), cevada (Reide et al., 1971). Segundo Tang Van Hai et al. (1989), baixa concentração de alumínio na solução pode estimular o crescimento. Este impulso no crescimento, ainda não é bem entendido, podendo estar ligado aos teores de ferro na solução através da hidrólise do Al (Foy, 1984), bloqueio da superfície negativas das raízes pelo Al (Freire, et al., 1987) entre outros. Considerando o período todo de crescimento do maracujá em solução simples a taxa de crescimento paralisou a partir do décimo segundo dia de crescimento em solução simples, indicando provavelmente, o fim da concentração de nutrientes de reservas nestas plântulas.

Em mamão também ocorreram aumentos das taxas de crescimento devido às concentrações de alumínio na solução, com pequenas diferenças entre as cultivares Golden e Tainung. A partir do quinto dia para a cultivar Tainung e do sexto para a Golden, em solução as raízes desta cultivar não cresceram (taxas negativas). Este fato pode indicar dificuldade de crescimento em solução de plântulas de mamão, porque mesmo as plantas do nível zero de alumínio cessaram seu crescimento. Se for considerada a média geral do crescimento radicular do experimento de mamão, este possui uma taxa de crescimento negativa no período de nove dias. Entretanto, pesquisadores acreditam que em poucas horas, cerca de quarenta e oito horas como relatado por Camargo et al.(1996) pode ser caracterizado a tolerância ao alumínio.

Para a taxa de crescimento das plantas de mamão, em solução nutritiva completa, observou-se crescimento da raiz principal até a concentração de 320 μ M de Al. Entretanto na concentração mais alta de 640 μ M a partir do vigésimo dia das plantas

em solução, não ocorreu crescimento das raízes. Comparando com a solução nutritiva simples pode ser visto que o mamão tolerou mais dias de crescimento na solução completa. Esta comparação não pode ser realizada para o maracujá, visto que o mesmo não cessou seu crescimento tanto em solução simples como em completa, sugerindo uma maior rusticidade desta espécie. Esta ocorrência pode ajudar explicar a grande rusticidade desta espécie de planta, originária do cerrado Brasileiro, diferindo do mamão que possui seu centro de origem na América Central. Plantas de cultivares de maracujá (FB100, IAC-275, IAC-273/277 e IAC-Paulista) que foram plantadas para o presente estudo e não foram utilizadas, foram deixadas em substrato com areia lavada nas condições de bancada do laboratório. Estas cultivares permaneceram por cerca de três meses, apenas recebendo água nestas condições (dados não tabelados). Posteriormente foram transplantadas para vasos com solo fertilizado, as mesmas logo em seguida reiniciaram seu processo de desenvolvimento emitindo novas folhas completamente verde.

5.3 – Efeito do alumínio na elongação radicular relativa.

A elongação radicular relativa é um dado importante usado pelos pesquisadores para retirar o natural crescimento que as raízes têm em condições normais de desenvolvimento do crescimento anormal sofrendo um processo fitotóxico do alumínio (Rossiello & Jacob-Neto, 2006, Parker 1995). Ela é calculada pela fórmula $\frac{\{\text{Comprimento radicular final das raízes na concentração de Al sendo analisada}\}}{\text{MENOS}} \frac{\{\text{Comprimento radicular inicial antes destas mesma a raiz ir para a solução com Al na mesma concentração avaliada}\}}{\text{DIVIDIDO}}$ (Comprimento final da raízes crescida sem Al) $\frac{\text{MENOS}}{\text{DIVIDIDO}}$ (Comprimento inicial antes destas mesmas raízes ir para solução sem Al). Ela preconiza que o efeito da toxidez que esta ocorrendo no tratamento com alumínio seja devida somente ao elemento, não podendo sofrer interferências de outros efeitos negativos no crescimento radicular (Kinreide 1998). Além das críticas já relatados por Rossiello & Jacob-Neto (2006) a esta equação, nossos dados aponta um outra condição que pode ocorrer na experimentação com alumínio. Um exemplo disso é se for feita apenas à leitura dos dados da Figura 9, pode se chegar uma conclusão completamente equivocada dos efeitos dos tratamentos no experimento. Isto ocorre porque a partir do 6º dia da cultivar Golden na solução, as raízes crescidas sem a adição de Al na solução apresentaram diminuição do crescimento radicular. Quando é aplicada

a fórmula matemática esta provoca uma falsa impressão de ter havido crescimento radicular nas concentrações mais altas de alumínio e que geralmente provoca toxidez. Isto pode ser comprovado com dados da Figura 10 que foi elaborada com os dados das raízes crescendo apenas até o 6º dia em solução nutritiva simples para cv. Golden e até o 5º dia para a cv. Tainung, onde se observou os efeitos esperados e que estão de acordo com as taxas de crescimento observados na Figura 6 e 7.

5.4 – Efeito do alumínio na embebição de sementes.

Na avaliação do efeito geral do alumínio quando usado no tratamento pré-germinativo, observou-se que este não impediu a germinação e protusão da raiz principal das sementes de maracujá e mamão, o mesmo efeito foi observado em sementes de limoeiro Valkameriano (Silveira, 2008), café arábica (Macedo, 2008), soja (Custódio, 2002) e guandu (Marin (2004). No processo de germinação das sementes, a primeira etapa que ocorre é a absorção de água por embebição para dar início a todo o processo germinativo (Castro, 2004).

No experimento 3 quando foi avaliado a embebição das sementes colocadas para germinar em papel germiteste com diferentes concentrações de alumínio, verificou-se que as concentrações de alumínio não afetaram o processo de embebição das sementes das cultivares. Mas segundo Cardoso (2004) o excesso de íons em solução pode inibir ou induzir a germinação das sementes. Mas neste caso em particular o efeito do alumínio foi benéfico nas cultivares de maracujá (FB 100, IAC 273/277 e IAC Paulista) que apresentaram taxas de germinação superiores a 50%, e com valores de até 90% de germinação na concentração de 160µM de alumínio. Essa taxa de 50% pode ser considerada aceitável visto que sementes de maracujá comumente germinam na faixa de 70%, às vezes necessitando do auxílio de ácido giberélico (Ferreira, 1998).

O fato de ter ocorrido germinação em todas as sementes que estavam embebidas na solução de alumínio é um efeito benéfico nesta fase inicial, possivelmente o alumínio nestas concentrações interferiu no metabolismo celular promovendo a germinação (Perez, 1993). Também pode ter ocorrido pelo efeito direto do menor pH da solução com alumínio e/ou também devido a um efeito salino, que em baixa concentração, pode ser estimular a germinação (Cardoso, 2006), em soja este efeito de pH também foi observado, mas os valores de pH que aumentaram as taxas de germinação nas cultivares de soja avaliadas foram acima de 5,5 (Custódio, 2002).

As plântulas classificadas como normais, são as que apresentam raiz principal longa, com ou sem raízes secundárias e hipocótilo verde e desenvolvido (Hadas, 1976; Pereira & Andrade, 1994). Aparentemente, as sementes de maracujá nos tratamentos com alumínio apresentaram plântulas normais, não afetando as radículas, com raízes e ápices brancos. As cultivar que apresentou as maiores taxas de plântulas normais foi a IAC 273/277 na concentração de $160\mu\text{M}$ na avaliação aos 15 dias. Aos 30 dias após a semeadura não ocorreu diferenças entre as cultivares de maracujá, mas com uma menor porcentagem de plântulas normais, e a concentração que causou a menor taxa foi a de $1280\mu\text{M}$.

Nas cultivares de mamão as maiores porcentagens de plântulas normais foram avaliadas nas concentrações de 40, 80, 160, 320 e $1280\mu\text{M}$ de alumínio aos 15 dias, sendo observado que não ocorreram danos nas raízes das plântulas. Em café arábica (Macedo, 2008) e soja (Custódio, 2002) estes efeitos só foram avaliados em baixas concentrações de alumínio. Mas aos 30 dias após a semeadura, não foi possível ser realizada a avaliação das plântulas, pois as sementes não germinaram e as plântulas germinadas estavam apodrecidas e marrons. Este fato pode ser um indicativo, de que em determinadas condições de ambiente de germinação, o efeito fitotóxico do alumínio pode demorar a ocorrer nesta espécie.

Nas plântulas de mamão e maracujá avaliadas neste estudo, o estímulo a germinação com as maiores porcentagens nas concentrações mais elevadas de alumínio, podem ter sido influenciados pela fonte deste elemento aqui usada, $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, já que em estudos com soja (Custódio, 2002), *Copeifera langsdorffii* DESF (Perez, 2003), gandu (Marin, 2004) e café arábica (Macedo, 2008), que foi usado a fonte $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$, a germinação foi afetada por maiores concentrações de alumínio.

A emissão e o crescimento da radícula de plântulas de maracujá em substrato saturado ocorreram de forma natural, ou seja, as sementes emitiram a radícula e esta continuou seu desenvolvimento sem apresentar o efeito de paralisação, sendo observado presença de raiz secundária com comprimento menor que a raiz primária, nas avaliações realizadas aos 15 e 30 dias. Esta normalidade aos 30 dias, caracteriza uma grande diferenciação entre as cultivares aqui estudadas, sendo o maracujá uma planta com características mais resistentes ao alumínio com visto na avaliação do comprimento, taxa e alongação das raízes. Era de se esperar que o contato do alumínio com estas ainda frágeis raízes causasse atrofiamento das mesmas impedindo o crescimento de raízes secundárias (Dantas et al., 2001).

Em plântulas de mamão ocorreu emissão da radícula, mas o crescimento das raízes não foi homogêneo, evidenciando que as plantas toleraram o alumínio na fase de emissão da radícula mas esta não desenvolvem em ambientes com alumínio. Assim estas plântulas não podem ser consideradas tolerantes ao alumínio, pois as raízes crescidas em substrato com alumínio quando comparadas com as raízes das plântulas crescidas sem a adição deste elemento, a sintomatologia visual foi diferente, com uma cor mais marrom nas plântulas com alumínio e cor branca nas plântulas sem alumínio.

O ápice radicular é a parte da raiz que primeiro sofre o efeito da toxidez do alumínio quanto este presente na solução (Ryan et al 1993, Sivaguru & Horst, 1998).

Nas plântulas das cultivares de maracujá, observou-se que nas maiores concentrações de alumínio o diâmetro de ápice radicular foi maior, e nas concentrações baixas o diâmetro do ápice foi menor que a testemunha em todas as cultivares. Em mamão os dados de diâmetro de ápice das raízes das plântulas também sofreu efeito das concentrações de alumínio, entretanto diferente do que ocorreu com o maracujá mesmo nas concentrações menores o diâmetro aumentou. A cultivar Baixinho de Santa Amália apresentou os maiores valores de diâmetro de ápice podendo assim ser considerada a cultivar mais sensível ao alumínio quando comparada às demais, pois o efeito tóxico do alumínio causa a destruição das células meristemáticas da raiz aumentando a produção de hormônios que controlam o crescimento da parte apical (Foy et al., 1972) e gerar com isso crescimento das raízes laterais (Dantas et al., 2001) por reduzir a síntese e o transporte de citocininas nos meristemas da raiz, alterando a direção e os níveis de ácido abscísico (Rengel, 1992).

Este efeito de menor diâmetro de ápice radicular nas menores concentrações de alumínio quando comparado com as informações de crescimento radicular em solução simples e completa em que as plântulas também apresentaram crescimento nas pequenas concentrações, pode justificar mais ainda a tolerância ao alumínio no gênero *Passiflora*, uma vez que as cultivares utilizadas neste trabalho são matérias comerciais, oriundos de cruzamentos de várias espécies. Desta forma estudos de tolerância onde fossem utilizadas espécies nativas, selvagens, poderiam aumentar mais ainda o entendimento dos possíveis mecanismos de tolerância ao alumínio. Em mamão devido as suas características morfológicas radiculares, estudos envolvendo toxidez de alumínio devem primeiro definir qual fase deve-se estudar o efeito de toxidez do alumínio, na sua fase inicial de plântulas ela é muito sensível e frágil.

5.5 – Uso de corantes químicos na avaliação da toxidez por alumínio em plântulas de mamão e maracujá.

O uso de corante tem auxiliado os pesquisadores em detectar a presença do alumínio na superfície das raízes. Seu efeito é diretamente ligado ao tipo de ácido orgânico que é liberado pelas plantas e que pode complexar o alumínio na rizosfera. Em 1993, Jacob-Neto, conseguiu separar cultivares de feijão em função de sua tolerância ao alumínio utilizando o corante PCV-1 em mais e menos sensível. Não foram encontrados na literatura trabalhos relacionando corante e alumínio nas fruteiras aqui estudadas. O comportamento das cultivares aqui analisadas, com relação à coloração seguiram o mesmo padrão de respostas quando se estudou os parâmetros das raízes destas cultivares, como o comprimento, taxas e alongação radicular. O corante PCV-1 possibilitou separar concentrações em ambas as espécies e nas condições de crescimento estudadas. Quando foram utilizadas as raízes crescidas em papel germiteste para colorir com hematoxilina este não conseguiu produzir um conjunto de dados homogêneos que possibilitasse uma melhor interpretação coerente o mesmo ocorreu com o corante PCV-1.

5.6 – Considerações finais.

Para o estudo da toxidez de alumínio em plantas, é necessário que se tenha uma plântula com sistema radicular padrão, ou seja, que esta planta apresente um sistema radicular com raiz primária bem desenvolvida e a presença de raízes secundárias. Mas para fruteiras esta é a primeira dificuldade, pois naturalmente a germinação não ocorre de forma homogênea, o que leva a diferentes tamanhos de comprimento radicular. Assim esta falta de homogeneidade pode comprometer a avaliação dos resultados em virtude da diferença de vigor entre as plântulas, e também entre o comprimento da raiz principal destas plântulas. Desta maneira as raízes mais vigorosas podem ter desempenho diferente quando avaliadas em comparação as menos vigorosas e/ou menores.

As fruteiras que possuem sementes pequenas como maracujá e mamão, o recipiente para a germinação das sementes para obter raízes com as características ideais para estudos de toxidez em alumínio deve ser melhor avaliado. Nas bandejas de 128 células, comumente recomendadas para a germinação, dificultam a retirada da plântulas e também possibilitam a maior ocorrência de danos mecânicos no ápice radicular. No uso de papel germiteste as raízes das plântulas apresentam boas características mais a parte aérea pode ser prejudicada com o passar do aumento de tempo dentro do rolo de papel germiteste, inviabilizando o uso destas plântulas. Portanto recipientes alternativos de vem ser pensados para que estas plântulas ao germinarem possam ter raízes bem desenvolvidas e sem danos mecânicos e nem parte aérea estiolada.

Para a avaliação da toxidez, a fase ou idade da plântula deverá ser melhor avaliada para os próximos estudos, principalmente para as cultivares de mamão, pois estas plântulas quando utilizadas de 15 a 20 dias após a germinação, apresentam raízes muito finas e com grande fragilidade, dificultado o manuseio pelo avaliador. Esta fragilidade também dificulta as avaliações visuais quando se estuda o uso de corantes químicos nas raízes.

6 – CONCLUSÕES.

- O uso de solução nutritiva simples para realizar testes de tolerância ao alumínio de curta duração, não foi satisfatório para mamão, por dificultar avaliar os efeitos de alumínio. Sendo o uso de solução nutritiva completa mais adequado.
- O comprimento radicular foi o parâmetro mais eficiente como indicador da tolerância ao alumínio
- O estudo de toxidez em plântulas de maracujá, podem ser realizados em solução simples e completa.
- A partir de $160\mu\text{M}$ de alumínio ocorreu efeito de toxidez em plântulas de maracujá e mamão, mas em concentrações de 20, 40 e $80\mu\text{M}$ ocorreu estímulo de crescimento radicular.
- A melhor cultivar de maracujá para as condições testadas, foi a IAC 273/277 e para mamão foi a cultivar Tainung.
- O uso de corantes químicos mostrou-se eficiente para avaliar a presença de alumínio nas raízes de fruteiras estudadas. E com a utilização do corante violeta de pirocatecol foi possível diferenciar os níveis de toxidez por alumínio nas plântulas.
- A embebição das sementes em alumínio não afetou a germinação a emissão da raiz principal e o crescimento da plântula até a concentração da solução de embebição de $1280\mu\text{M}$, mas a medida que aumentou o tempo de contato e a concentração de alumínio, as raízes recém emitidas sofreram danos, principalmente as de plântulas de mamão.

7 - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- ABREU JR, C.H.; MURAOKA, T. & LAVORANTE, A. Relationship between acidity and chemical properties of brazilian soils. *Scientia Agricola*. 60: 337- 343, 2003.
- AGUIRRE, A.C.P. Nutrição Mineral do Maracujá Amarelo. Dissertação de Mestrado Apresentada à E.S.A. “Luiz de Queiroz” Piracicaba. 116p 1977.
- ARMIGER, W. H.; FOY, C. D.; FLEMING, A. L. & CALDWELL, B. E. Differential tolerance of soybean varieties to an acid soil high in exchangeable. *Agron. J.* 60, 67-71. 1968.
- ARRUDA, M. L. R.; FERNANDES, M. S. & ROSSIELLO, R. O. P. Effects of N-carriers and Al-levels on dry matter production and nutrient content in two pasture grasses. *Turrialba*, 34: 509-515, 1984.
- BARCELÓ, J. & POSCHENRIEDER, C. Fast root growth responses, root exudates, and internal detoxification as clues to the mechanisms of aluminium toxicity and resistance: a review *Environ. Exper. Bot*, 48, 75-92, 2002.
- BAUMGARTNER, J.G.; LOURENÇO, R.S. & MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral e adubação do maracujazeiro (*Passiflora edulis Sims f. flavicarpa Deg.*) V. adubação mineral. *Cientifica*, 6 (3): 361-367. 1978.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. 1994. *Seeds: Physiology of development and germination*. Plenum Press, New York, USA, 445pp.
- BORGHETTI, F. & FERREIRA, A. G. 2004. Interpretação de resultados de germinação. In: *Germinação do básico ao aplicado* (A. Gui Ferreira & F. Borghetti, orgs.). Artimed, Porto Alegre. P. 209 – 222.
- CASTRO RD, HILHORST HWM (2004) Embebição e reativação do metabolismo. In: Ferreira AG, Borghetti F (Eds) *Germinação: do básico ao aplicado*. Porto Alegre, Artmed. p.149-62.
- CAMARGO, O. A. & ALLEONI, L. R. F. Compactação do solo e o desenvolvimento de plantas. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1997. 132p
- CAMBRAIA, J.; SILVA, M. A. DA; CANO, M. A. O. et al. Método simples para a avaliação de cultivares de sorgo quanto a tolerância ao alumínio. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v. 3, n. 2, p. 87 – 95, 1991.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. 2000. *Sementes: Ciência, tecnologia e produção*. FUNEP, Jaboticabal, Brasil, 588pp.
- CASSIOLATO, M. E.; MEDA, A. R.; PAVAN, M. A.; MIYAZAWA, M.; OLIVEIRA, J. C. Evaluation of oat extracts on the efficiency of lime in soil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Curitiba, v.43, n.5, p.533-536, 2000.

- CLARKSON, D. T. Effect of aluminium on the uptake and metabolism of phosphorus by barley seedlings. *Plant Physiology*, Rockville, v.41, n.1, 165-172, 1996.
- CORRALES, I.; POSCHENRIEDER, C. & BARCELÓ, J. Influence of silicon pretreatment on aluminium toxicity in maize roots. *Plant soil*, 190: 203-209, 1997.
- COSTA, A. N. DA; COSTA, A. DE F. S. da. Nutrição e adubação. In Martins, D. dos Santos.; Costa, A. de F. S. da. (eds). *A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção*. Vitória: Incaper. 2003. p. 201 – 227.
- COSTA, A. F. S.; MARTINS, D. S.; COSTA, A. N.; FASSIO, L. H. Evolução da cultura e do mercado mundial de mamão. In: *PAPAYA BRASIL: MERCADO E INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS PARA O MAMÃO*, 1., 2005. *Anais...Vitória: INCAPER*, 2005. p.641-645.
- COSTA DE MACEDO, C.; KINET, J. M. & VAN SINT JAN, V. Effects of duration and intensity of aluminium stress on growth parameters in four rice genotypes differing in aluminium sensitivity. *Journal of Plant Nutrition*, v. 20, n. 1 p. 181-193, 1997.
- CRONQUIST, A. *The evolution and classification of flowering plants*. New York: Columbia University Press, 1981. 1262p.
- CUSTÓDIO, C. C.; BOMFIM, D. C.; SATURNINO, S. M.; MACHADO NETO, N. B. Estresse por alumínio e pro acidez em cultivares de soja. *Scientia Agrícola*, v.59, n.1, p. 145-153, 2002.
- DAVIES, P.J. 1994. *Plant Hormones: Their role in plant growth and development*. 2 ed. Nijihoff Publishres, New York
- DELHAIZE, E.; RYAN, P. R. Aluminium toxicity and tolerance in plants. *Plant Physiology*, Rockville, v.107, p.315-321, 1995.
- DREW, R. A. The effects of medium composition and cultural conditions on in vitro root initiation and growth of papaya (*Carica papaya* L.). *Journal of Horticultural Science*, Ashford, 62: 551-556, 1987
- DUNCAN, R. R. & BALIGAR, V. C. 1991. Genetic and physiological basis of nutrient uptake and use efficiency: an overview. In: *Crops as enhancers of nutrient use*. DUNCAN, R. R. & BALIGAR, V. C. (eds.). Academic Press. San Diego. Pp. 3 -38.
- DUNCAN, R. R.; CLARK, R.B. & FURLANI, P. R. Laboratory and field evaluations of sorghum for response to aluminium and acid soil. *Agronomy Journal*, v. 75, p. 1023-1026, 1983.
- FAGERIA, N. K.; WRIGHT, R. J. & BALIGAR, V. C. Rice cultivar response to aluminium in nutrient solution. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 19, n. 7/12, p. 1133-1142, 1988.

- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. & WRIGHT, R. J. The effects of aluminum on growth and uptake of Al and P by rice. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 24, n. 6, p. 677- 682
- FANTI, S. C. ; PEREZ, S. C. J. G. A. Influência do substrato e do envelhecimento acelerado na germinação de olho-de-dragão (*Adenanthera pavonina* L.- Fabaceae). *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v.21, n.2, p.135-141, 1999.
- FERREIRA, G.; FOGAÇA, L. A.; MORO, E. Germinação de sementes de *Passiflora alata* Dryander (maracujá-doce) submetidas a diferentes tempos de embebição e concentrações de ácido giberélico. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 23, n. 1, p. 160-163, abri.2001.
- FOY, C. D.; ARMIGER, W. H.; BRIGGLE, L. W. & REID, D. A. Differential aluminum tolerance of wheat and barley varieties in acid soils. *Agron. J.* 57, 413-417, 1965.
- FOY, C.D.; FLEMING, A. L. & ARMIGER, W. H. Aluminum tolerance of soybean varieties in relation to calcium nutrition. *Agron. J.* 61, 505-511.
- FOY, C. D. & SILVA, A. R. DA Tolerances of wheat germplasm to acid subsoil. *Journal of Plant Nutrition*, v. 14, p. 1277-1295, 1991.
- FOY, C. D.; CHANEY, R.L. & WHITE, M.C. The physiology of metal toxicity in plants. *Ann Rev. Plant Physiol*, 29: 511-56, 1978.
- FRÁGUAS, J. C. ; TERSARIOL, A. L. Comportamento de porta-enxertos de videiras em relação a níveis de saturação de alumínio no solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 28, n.8, p 897-906, ago 1993.
- FRÁGUAS, J. C. Sintomatologia da toxidez do alumínio em porta-enxertos de videira. Bento Gonçalves: Embrapa-CNPUV, 1996. 20P. (Embrapa- CNPUV. Circular técnica, 20.)
- FRÁGUAS, J. C.; AMARAL, F. A. L. do; BRAGA, J.M.; CARDOSO, J. A. Tolerância de porta-enxertos de videira (*Vitis* sp.) à saturação de alumínio. *Revista Ceres*, Viçosa, v.36, n.203, p. 13-26, 1989.
- FRANÇA, M. G. C.; ROSSIELO, R. O. P.; RAMOS, F. T. & ZONTA, E. Root growth and efflux rates of Rice seedlings in a greenhouse environment. *Acta Bot. Bras.*, 20: 1-6, 2006.
- FREIRE, L. R.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; FERNANDES, M. S. et al. Efeito de alumínio nas raízes de arroz cultivado em solução nutritiva. *Pesq. Agro. Bra.* V. 22, n. 5. p. 459-464, 1987.
- FURLANI ,P. R. & HANNA, L. G. Avaliação da tolerancia de plantas de arroz e milho ao alumínio em solução nutritiva. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 8, p. 205-208, 1984

- GALET, P. Editorial, por P. Galet. La France Viticole, Montpellier, v.10, n.1, p.3-11, 1978.
- GALDINO, L. C. G.; FUMIS, T. F.; SAMPAIO, A. C.; OLIVEIRA, O. M. Germinação de sementes de maracujá amarelo híbrido IAC-277 submetidas a diferentes concentrações de ácido giberélico. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DO MARACUJAZEIRO, 6., 2003, Campos dos Goytacazes. Anais... Campos dos Goytacazes: [s.n.], 2003. CD-ROM.
- GARLAND CAMPBELL, K. A. & CARTER, T. E., Jr. Aluminium tolerance in soybean: I. Genotypic correlation and repeatability of solution culture and greenhouse screening methods. *Crop Science*, v. 30, p. 1049-1054, 1990.
- HADAS, A. Water uptake and germination of leguminous seeds under changing external water potential in osmotic solution. *Journal Experimental Botany*, Oxford, v. 52, p. 480 – 489, 1976.
- HANSON, W. D. Root characteristics associated with divergent selection for seedling aluminium tolerance in soybean. *Crop Science*, v.31, p. 125-129, 1991.
- HARTWIG, I.; OLIVEIRA, A. C.; CARVALHO, I. B.; SILVA, J. A. G.; SCHIMDT, D. A. M.; VALÉRIO, I. P.; MAIA, L. C.; FONSECA, D. A. R.; REIS, C. E. S. Mecanismos associados à tolerância ao alumínio em plantas. *Semina: Ciências Agrárias*, v.28, n.2, p. 219 – 228, 2007.
- HAYNES, R. J. & MOKOLOBATE, M. S. Amelioration of Al toxicity and P deficiency in acid soils by additions of organic residues: a critical review of the phenomenon and the mechanisms involved. *Nutr. Cycl. Agroec*, 59: 47-63, 2001.
- HILL, P. R.; AHLRICHS, J.L. & EJETA, G. Rapid evaluation of sorghum for aluminium tolerance. *Plant and Soil*, v. 114, p. 85-90, 1989.
- HODSON, M. J. & EVANS, D. E. Aluminium/ silicon interactions in higher plants. *J. Exper. Bot.*, 46: 161-171, 1995.
- HORST, W.J.; WAGNER, A.; MARSCHNER, H. Mucilage protects root meristems from aluminium. *Z. Pflanzenphysiol*, v. 105, p. 435-444, 1982.
- HORST, W.J.; KLOTZ, F.; SZULKIEWICZ, P. Mechanical impedance increases aluminium tolerance of soybean (*Glycine max*) roots. *Plant Soil*, v. 124, p. 227-231, 1990.
- ISCHICAWA, S.; WAGATSUMA, T. & IKARASHI, T. Comparative toxicity of Al^{3+} , Yb^{3+} , and La^{3+} to root-tip cells differing in tolerance to high Al^{3+} in terms of ionic potentials of dehydrated trivalent cations. *Soil Science and Plant Nutrition*, v. 42, n. 3, p. 613-625, 1996

- JACOB NETO, J. The interactions of H⁺/ OH⁻ exchanges between roots and rhizosphere with plant nutrition and aluminium effects. Dundee, University of Dundee, 1993. 281p. (Tese de Doutorado)
- JACOB NETO, J.; RAVEN , J. A. & WOLLENWEBER, B. Aluminium in the rhizosphere of *Phaseolus vulgaris* L. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEAVY METALS IN THE ENVIROMENT, 1991, Edinburg. Proceedings. Edinburg, CEP Consultants, 1991, p. 103-106.
- JAN, F. & PETERSSON, S. Varietal diversity of upland rice in sensitivity to aluminium. *Journal of Plant Nutrition*, v. 12, n. 9, p. 973- 993, 1989.
- JONES, D.L. Organic acids in the rhizosphere – a critical review. *Plant Soil*, v. 205, p. 25-44, 1998.
- KALOVOULOS, J. M. & MISOPOLINOS, N. D. Aluminium detection on corn roots by the quinalizarin method. *Plant Soil*, 74: 131-132, 1983.
- KINRAIDE, T. B. Próton extrusion by wheat roots exhibiting severe aluminium toxicity sympptoms. *Plant Physiology*, 88, p. 418-423, 1988.
- KINRAIDE, T. B., ARNOLD, R.C. & BALIGAR, V. C. A rapid assay for aluminium phytotoxicity at submicromolar concentrations. *Physiologia Plantarum*, v. 65, p. 245-250, 1985.
- KLIEMANN, H.J. et alii. Nutrição mineral e adubação do maracujazeiro. In: HAAG, H.P. coord. Nutrição mineral e adubação de fruteiras tropicais. Campinas, Fundação Cargil, 1986, p. 247- 284.
- KOCHIAN, L. V., Cellular mechanism of aluminium toxicity and resistance in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Molec. Biol.*, 46: 237 -260, 1995.
- LIMA, J. E. O.Novas técnicas de produção de mudas cítricas. *Revista Laranja, Cordeirópolis*, v. 2, n. 7, p. 463-468, 1986.
- LITTLE, R. Plant soil interactions at the low pH problem solving – the genetic approach. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 19, n. 7/12, p. 1239-1257, 1988.
- LOPOES BUCIO, J. L. NIETO JACOBO, M. F. & HERRERA ESTRELLA, L. Organic acid metabolism in plants: from adaptive physiology to transgenic varieties for cultivation in extreme soils. *Plant Sci.*, 160: 1-13, 2000.
- LUNA, J. V. U. Instruções para a cultura do maracujá. Salvador: EBAPA, 1984. 25 p. (Circular técnica, 7).
- LYNCH, J. Root architecture and plant productivity. *Plant Physiol.*, 109: 7 – 13, 1995.

- MACEDO, C. M. P. & LOPES, J. C. Qualidade fisiológica de sementes de café arábica na presença de alumínio. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 30, n.1, p. 66-73. 2008.
- MARCELIN, H. Lavigne dans les sols acides du Roussillon. *Bolletín Technique des Pyrenées-Orientales*, Montpellier, n.82, p.53-55, 1977.
- MARCOS-FILHO, J. 2005. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. FEALQ, Piracicaba.
- MARIN, A.; SANTOS, D. M. M.; BANZATTO, D. A.; FERRAUDO, A. S. Germinação de sementes de guandu sob efeito da disponibilidade hídrica e doses subletais de alumínio. *Bragantia*, v. 63, n.1, p. 13-24, 2004.
- MASSOT, N.; POSCHENRIEDER, CH. & BARCELÓ, J Aluminium tolerance assessment in bush bean cultivars by root growth analysis and hematoxylin staining. *Separata de Suelo Planta*, 1991, p. 25-32.
- MANICA, I. Fruticultura tropical: Maracujá. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres. 1981. 160p.
- MANICA, I. Fruticultura tropical: 3. Mamão. Ed. Agronômica Ceres Ltda. São Paulo-SP, Brasil. 1982. 255p.
- MARTINS, G.N.; SIILVA, R.F.; OLIVEIRA, A.C.S.; POSSE, S.C.P. Superação da dormência em sementes de mamão. In: PAPAYA BRASIL: MERCADO E INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS PARA O MAMÃO, 1., 2005. *Anais...Vitória: INCAPER*, 2005. p.241-243.
- MELO, B. de. Estudos sobre produção de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em tubetes. 1999. 119f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Mossoró, 1999.
- MINAMI, K. Vermiculita. In: VII SEMANA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AGROPECUÁRIA DE JABOTICABAL, 7., Jaboticabal, 1982. 5p.
- MINAMI, K.; TESSARIOLI NETO, J.; PENTEADO, S. R. & ESCARPARI FILHO, J. A. Produção de mudas hortícolas de alta qualidade. Piracicaba: ESALQ/SEBRAE, 1994.155p.
- MIYAZAWA, M.; CHIERICE, G.O.; PAVAN, M.A. Amenização da toxidez de alumínio às raízes do trigo pela complexação com ácidos orgânicos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 16, p. 209-215, 1992
- MENCH. M; MOREL, J.L.; GUCKERT, A.; GUILLET, B. Metal binding with root exudates of low molecular weight. *Journal of Soil Science*, v. 39, p. 521- 527, 1988.
- MELETTI, L.M. M.; MAIA, M. L. Maracujá: Produção e comercialização. Campinas: Instituto Agronômico, 1999. 62 p. (Boletim técnico, 1981).

- MELETTI, L. M. M.; FURLANI, P. R.; ÁLVARES, V.; SOARES-SCOTT, M. D.; BERNACCI, L. C.; AZEVEDO FILHO, J. A. Novas tecnologias melhoram a produção de mudas de maracujá. *O Agrônomo*, Campinas, v. 54, n. 1, p. 30-32, 2002.
- MENDONÇA, R.M.N.; COELHO, A.F. da S.; MARTINEZ, H.E.P.; FONTES, P.C.R.; PEREIRA, P.R.G. Respostas de maracujá amarelo (*Passiflora edulis Sims. f. flavicarpa Deg.*) cultivadas em solução nutritiva, a diferentes níveis de alumínio. *Revista Ceres*, Viçosa, v.46, n.266, p.357-370, 1999.
- NIELSEN, K.L.; MILLER, C. R., BECK, D. & LYNCH, J. P. Fractal geometry of root systems: Field observations of contrastin genotypes of common bean (*Phaseolus vulgaris L.*) grown under different phosphorus regimes. *Plant Soil*, 2006: 181 – 190, 1999.
- NORMAN, M. J. T. , PEARSON, C. J. & SEARLE, P. G. E. 1995. *The ecology of tropical food crops*. Cambridge University Press. Cambridge
- PARKER, D. R.; KINRAIDE, T. B. & ZELAZNY, L. W. Aluminium speciation and phytotoxicity in dilute hydroxyl-aluminium solutions. *Soil Science Society of American Journal*, v. 52, p. 438-444, 1988
- PEREZ, S. C. J. G.A.; & PRADO, C. H. B. A. Efeitos de diferentes tratamentos pré-germinativo e da concentração de alumínio no processo germinativo de sementes de *Copaifera langsdorffii* DESF. *Revista brasileira de Sementes*, vol. 15, n 1, p. 115-118, 1993.
- PIMENTEL, C. *Metabolismo de carbono na agricultura tropical*. Seropédica : Edur, 1998. 150 p.
- PIZA Jr, C. T. *A cultura do maracujá*. Campinas: SAA/CATI, 1991, 71 p.
- POLLE, E.; KONZAC, C. F. & KITTRICK, J. A. Visual detection of aluminium tolerance levels in wheat by hematoxylin staining of seedling roots. *Crop Science*, v. 18, p. 823- 827, 1978.
- PUGNAIRE, F. I., ENDOLZL. S. & PARDOS, J. 1994. Constrains by water stress on plant growth. In: *Handbook of plant and crop stress*. PESSARAKLI, M. (ed.) Marcel Dekker Inc. New York. Pp. 247 -260.
- RAVEN, P.H.; EVERT, R.F. & CURTS, H. *Biologia Vegetal*. 2.ed. Rio de Janeiro, Guanabara Dois, 1996. 728p.
- ROSSIELLO, R. O. P. & JACOB-NETO, J. Toxidez de alumínio em plantas: Novos enfoques para um velho problema. In: Fernandes, M. S. *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência de Solos, 2006. 432 p.
- RUGGIERO, C. Propagação do mamoeiro. In: *SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DO MAMOEIRO*, 1, 1980, Jaboticabal. Anais. Piracicaba, 1980. p.79-87.

- SALISBURY, F. B. & ROSS, C. W. *plant Physiology*. Belmont, California, Wadsworth Publishing Company, 1991. 682 p
- SÃO JOSÉ, A.R. Maracujá o Brasil já é grande produtor mundial. São Paulo, Toda Fruta, 7: 22-23, 1986.
- SÃO JOSÉ, A.R.; MARIN, S.L.D. Propagação do mamoeiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DO MAMOEIRO, 2, 1980, Jaboticabal. Anais... Jaboticabal: Funep, 1988. p. 177-194
- SCHRADER, L. E. 1985. Selection for metabolic in maize In: Exploitation of physiological and genetic variability to enhance crop productivity. HARPER, J. E., SCHRADER, L. E. & HOWELL, R.W.(eds.) American Society of Plant Physiology publ. pp. 79 – 89
- SCOTT, B. J.; FISCHER, J. A. & SPHOR, L. J. Tolerance of australiam wheat varieties to aluminum toxicity. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 23, n. 5/6, p. 509-526, 1992
- SHIOGA, P. S. 1990 Controle da hidratação e desempenho das sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) .Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, universidade São Paulo, Piracicaba.
- SIMONOVICOVA, M.; HUTTOVA, J.; MISTRİK, I.; SIROKA, B.; & TAMAS, L. Root growth inhibition by aluminium is probably caused by cell death due to peroxidase-mediated hydrogen peroxide producuin. *Protoplasma*, 224: 91-98, 2004.
- SILVA, A. C.; SILVA, A. C. da ; LUCENA, C. C. de ; MARTINS, C. M.; VASCONCELLOS, M. A. S.; BUSQUET, R. N. B.; Metodologia para estimativa da área de folhas dos maracujazeiros amarelo e doce. In: XVIII Congresso Brasileiro de Fruticultura-Tecnologia, Competitividade E Sustentabilidade, 2004, FLORIANÓPOLIS-SC
- SILVEIRA, D. G.; SOUZA, A. S.; CRUZ, J. L.; SOARES FILHO, W. S.; CONCEIÇÃO, J. P. S. Efeito do alumínio na germinação in vitro de citros. In : XX Congresso Brasileiro de Fruticultura, 2008, Vitória – ES.
- SIVAGURU, M. & HORST, W. J. The distal parto of the transition zone is the most aluminium sensitive apical root zone of maize. *Plant Physiol.*, 116: 155 – 163, 1998.
- STEINBERG, F. Maracujá: Guia prático para um manejo equilibrado. São Paulo, Nobel, 1988. 64p.
- SUZUKI, O.Y. Considerações econômicas brasileiras. In: RUGGIERO, C. ed. Maracujá. Ribeirão Preto: Legis Suma, 1987. p.8-20.
- TANG VAN HAI; NGA, T. T. & LAUBELUOT, H. Effect of aluminium on the mineral nutrition of rice. *Plant and Soil*, v. 114, p. 173-185, 1995.

- TOLRÁ, R. P.; POSCHENRIEDER, C.; LUPPI, B & BARCELÓ, J. Aluminium-induced changes in the profiles of both organic acids and phenolic substances underlie Al tolerance in *Rumex acetosa* L. *Environ. Exper. Bot*, 54: 231-238, 2005.
- VALE, F. R.; RENÓ, N. B.; CURI, N.; SIQUIERA, J. O. & CARVALHO, J. C. B. Sensibilidade de quinze espécies arbóreas à acidez do solo: efeito no crescimento de raízes. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 24, Goiânia, 1993. Resumos 2º vol 259-260 p.
- VANDERPLANK, J. *Passionflowers*. Massachusetts: MIT Press, 196. 224 p.
- VASCONCELOS, S. S. Métodos de avaliação da tolerância à toxicidade de alumínio em cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.). Seropédica: UFRRJ, 1997, 137p. Tese de Mestrado.
- VASCONCELOS, S. S.; ROSSIELLO, R. O. P. & JACOB-NETO, J. Parâmetros morfológicos para estabelecer tolerância diferencial à toxicidade de alumínio em cultivares de arroz. *Pesq. Agropec. Bras.*, 37:357-363, 2002.
- Villela FA (1998) Water relations in seed biology. *Scientia Agrícola*, 5:98-101.
- VERDIAL, M. F.; LIMA, M. S.; TESSAIROLI NETO, J.; DIAS, C. T. S. & BARBANO, M. T. Métodos de formação de mudas de maracujazeiro amarelo. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 57, n. 4, p.795-798, 2000.
- WAGATSUMA, T.; KAWASHIMA, T. & TAWARYA, K. Comparative stainability of plant root cells with basic dye (methylene blue) in association with aluminium tolerance. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 19: 1207-1215, 1998.
- WENZL, P.; MANCILLA, L. I.; MAYER, J. E.; ALBERT, R. & RAO, I. M. Simulating infertile acid soils with nutrient solutions: the effects on *Brachiaria* species. *Soil Sci. Soc. J.* , 67: 1457-1469, 2003
- WINNAAR, W. Clonal propagation of papaya in vitro. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, Dordrecht, 12:305-310, 1988.
- ZHANG, G & TAYLOR, G. J. Effect of aluminum on growth and distribution of aluminum in tolerant and sensitive cultivars of *Triticum aestivum* L.. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 19, n. 7 – 12, p. 1195-1205, 1998.
- ZONTA, E. Estudos da tolerancia ao aluminio em arroz de sequeiro e seus efeitos sobre a interface solo-planta. Seropédica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2003. 139p.
- ZONTA, E.; COSTA BRASIL, F.; GOI, S, R.; ROSA, M. M. T. O sistema radicular e suas interações com o ambiente edáfico. In: Fernandes, M. S. *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência de Solos, 2006. 432 p.

8 - ANEXOS

Apêndice 1 – Quadro de análise de variância da comparação entre as cultivares de mamão Golden e Tainung, em solução nutritiva simples em relação as concentrações de alumínio, dia e a interação entre estes três fatores.

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Sig.
Total	359	1030.736			
Total de Redução	45	257.4508	5.721128	2.32	0.0000
ESP	1	0.4236736	0.4236736	0.17	*****
AL	4	64.49843	16.12461	6.55	0.0001
DIA	8	169.1660	21.14575	8.59	0.0000
DIA*AL*ESP	32	23.36265	0.7300829	0.30	*****
Resíduo	314	773.2851	2.462691		

Apêndice 2 – Quadro de análise de variância da análise isolada do comprimento radicular da cultivar de mamão Golden em solução nutritiva simples em relação as concentrações de alumínio, dia e a interação entre estes fatores.

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Signif.
AL	4	35.69383	8.923458	2.967	0.02188
DIA	8	80.44778	10.05597	3.344	0.00161
AL*DIA	32	48.13667	1.504271	0.500	*****
Resíduo	135	406.0119	3.007495		

Coefficiente de Variação = 53.714

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.