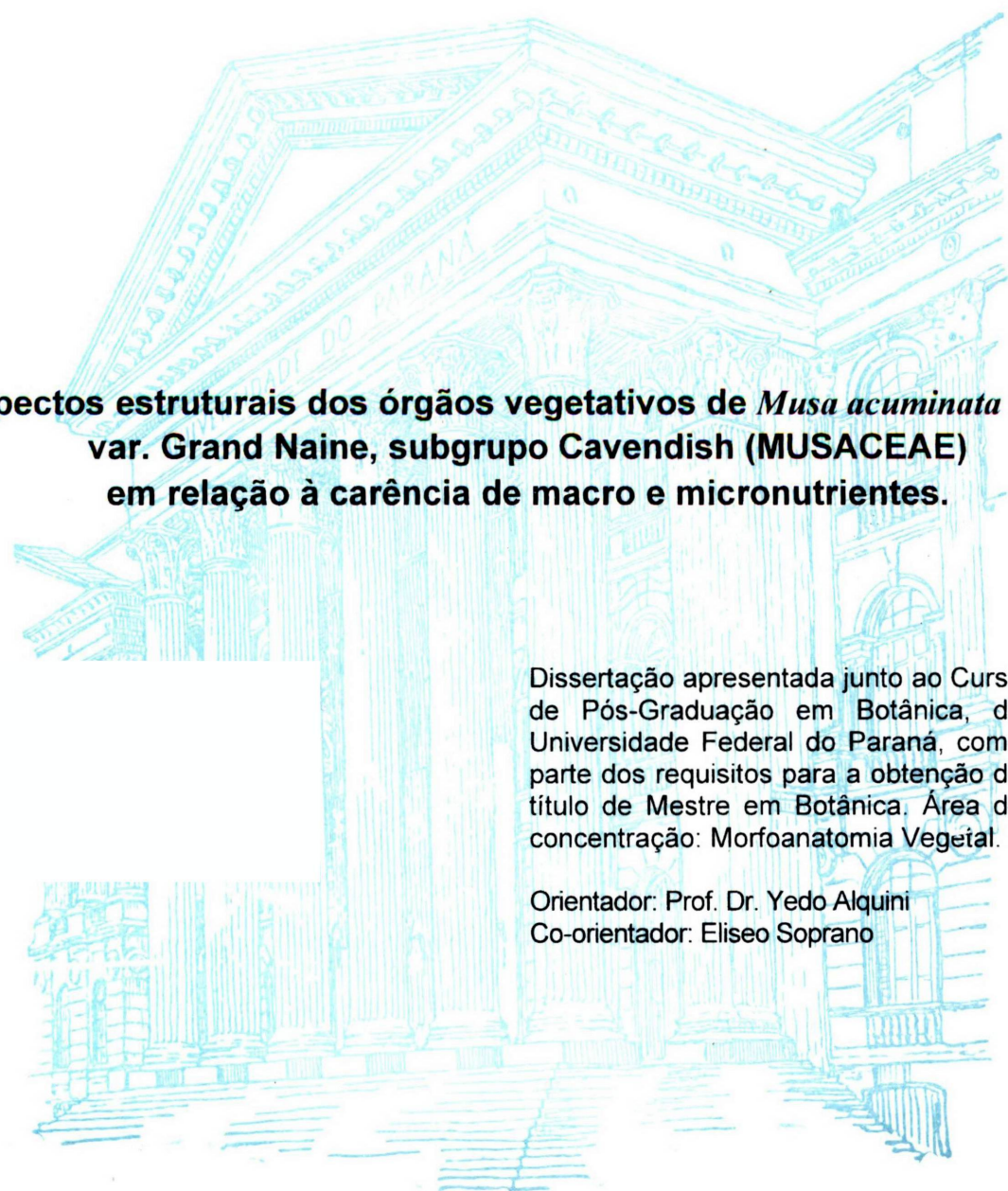


PAULA JACOMINI



**Aspectos estruturais dos órgãos vegetativos de *Musa acuminata* Colla, var. Grand Naine, subgrupo Cavendish (MUSACEAE) em relação à carência de macro e micronutrientes.**

Dissertação apresentada junto ao Curso de Pós-Graduação em Botânica, da Universidade Federal do Paraná, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Botânica. Área de concentração: Morfoanatomia Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Yedo Alquini  
Co-orientador: Eliseo Soprano

CURITIBA  
2000

**PAULA JACOMINI**

**Aspectos estruturais dos órgãos vegetativos de *Musa acuminata* Colla,  
var. Grand Naine, subgrupo Cavendish (MUSACEAE)  
em relação à carência de macro e micronutrientes.**

Dissertação apresentada junto ao Curso de Pós-Graduação em Botânica, da Universidade Federal do Paraná, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Botânica. Área de concentração: Morfoanatomia Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Yedo Alquini  
Co-orientador: Eliseo Soprano

**CURITIBA  
2000**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA

**“Aspectos estruturais dos órgãos vegetativos de *Musa acuminata* Colla, var. Grand Naine, subgrupo Cavendish, (MUSACEAE)”.**

por

*Paula Jacomini*

**Dissertação aprovada como requisito parcial  
para obtenção do grau de mestre no Curso de  
Pós-Graduação em Botânica, pela Comissão  
formada pelos Professores:**

  
**Prof. Dr. Yedo Alquini (Orientador)**

  
**Prof. Dr. Luiz Antonio de Souza (Titular)**

  
**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Katia Christina Zuffellato-Ribas (Titular)**

**Curitiba, 29 de setembro de 2000**

## **Dedicatória**

Dedico  
aos meus pais, pelo apoio e carinho prestados  
durante a realização deste trabalho.

## AGRADECIMENTOS

Ao EPAGRI – Empresa de Pesquisa e Extensão Rural de Santa Catarina – Itajaí /SC, por ceder o material e local para a realização do presente trabalho.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Yedo Alquini, por ter me orientado.

Ao meu Co-Orientador Dr. Eliseo Soprano, pelas explicações e ajuda na montagem dos experimentos em Itajaí/SC.

À CAPES, pela concessão da bolsa durante o ano de 1999.

Aos meus pais, Mário e Jutadéa, pela paciência, apoio e compreensão nas horas difíceis.

Ao meu irmão Fábio e minha cunhada Luciane, pela interminável noite de ajuda.

À grande amiga, Viviane Alves, pela amizade, sugestões, empréstimos de livros e pelos inesquecíveis “chimarrões” do departamento.

Ao amigo Gregório Ceccantini, pelas aulas de francês e amizade.

À Profª Drª Katia Zuffellato, pelos bons momentos nas aulas de fisiologia.

Ao amigo Nilson B. Filho, pela ajuda nos benditos emblocamentos de historesina.

À amiga, madrinha e secretária do curso de Pós-Graduação, Elizabeth França, pelos bons momentos divididos.

Aos mais novos amigos Luciane Prendin, Julio Cesar Winkler e Priscila Grahl, pelo apoio, carinho e amizade sincera.

Ao amigo Marcus Kucharski, pela elaboração do Abstract.

À Deus por ter permitido a conclusão deste e a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram, de forma positiva, para a realização deste trabalho.

## SUMARIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO	01
1.1 Identificação dos macro e micronutrientes	04
1.1.1 Macronutrientes	05
1.1.2 Macronutrientes	07
2. OBJETIVOS	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4.1 Solução completa de nutrientes	17
4.1.1 Aspectos morfológicos das raízes	17
4.1.2 Aspectos morfológicos das folhas	18
4.1.3 Aspectos estruturais das folhas	18
4.1.4 Aspectos estruturais das raízes	19
4.2 Carência de nitrogênio	20
4.2.1 Aspectos morfológicos das raízes	20
4.2.2 Aspectos morfológicos das folhas	20
4.2.3 Aspectos estruturais das folhas	21
4.2.4 Aspectos estruturais das raízes	22
4.3 Carência de magnésio	23
4.3.1 Aspectos morfológicos das raízes	23
4.3.2 Aspectos morfológicos das folhas	23
4.3.3 Aspectos estruturais das folhas	23
4.3.4 Aspectos estruturais das raízes	24

<b>4.4 Carência de enxofre</b>	<b>25</b>
4.4.1 Aspectos morfológicos das raízes	25
4.4.2 Aspectos morfológicos das folhas	25
4.4.3 Aspectos estruturais das folhas	26
4.4.4 Aspectos estruturais das raízes	27
<b>4.5 Carência de potássio</b>	<b>27</b>
4.5.1 Aspectos morfológicos das raízes	27
4.5.2 Aspectos morfológicos das folhas	27
4.5.3 Aspectos estruturais das folhas	28
4.5.4 Aspectos estruturais das raízes	29
<b>4.6 Carência de cálcio</b>	<b>29</b>
4.6.1 Aspectos morfológicos das raízes	29
4.6.2 Aspectos morfológicos das folhas	29
4.6.3 Aspectos estruturais das folhas	30
4.6.4 Aspectos estruturais das raízes	30
<b>4.7 Carência de fósforo</b>	<b>31</b>
4.7.1 Aspectos morfológicos das raízes	31
4.7.2 Aspectos morfológicos das folhas	31
4.7.3 Aspectos estruturais das folhas	32
4.7.4 Aspectos estruturais das raízes	33
<b>4.8 Carência de cobre</b>	<b>33</b>
4.8.1 Aspectos morfológicos das raízes	33
4.8.2 Aspectos morfológicos das folhas	33
4.8.3 Aspectos estruturais das folhas	34
4.8.4 Aspectos estruturais das raízes	35

4.9 Carência de zinco	35
4.9.1 Aspectos morfológicos das raízes	35
4.9.2 Aspectos morfológicos das folhas	35
4.9.3 Aspectos estruturais das folhas	36
4.9.4 Aspectos estruturais das raízes	37
4.10 Carência de ferro	37
4.10.1 Aspectos morfológicos das raízes	37
4.10.2 Aspectos morfológicos das folhas	38
4.10.3 Aspectos estruturais das folhas	38
4.10.4 Aspectos estruturais das raízes	39
4.11 Carência de boro	40
4.11.1 Aspectos morfológicos das raízes	40
4.11.2 Aspectos morfológicos das folhas	40
4.11.3 Aspectos estruturais das folhas	40
4.11.4 Aspectos estruturais das raízes	41
4.12 Carência de manganês	42
4.12.1 Aspectos morfológicos das raízes	42
4.12.2 Aspectos morfológicos das folhas	42
4.12.3 Aspectos estruturais das folhas	42
4.12.4 Aspectos estruturais das raízes	43
4.13 Carência de molibdênio	43
4.13.1 Aspectos morfológicos das raízes	43
4.13.2 Aspectos morfológicos das folhas	44
4.13.3 Aspectos estruturais das folhas	44
4.13.4 Aspectos estruturais das raízes	44



<b>4.14 Síntese dos resultados</b>	<b>45</b>
<b>Quadro 01 - Macronutrientes – Aspectos morfológicos</b>	<b>45</b>
<b>Quadro 02 – Macronutrientes – Aspectos estruturais</b>	<b>46</b>
<b>Quadro 03 – Micronutrientes – Aspectos morfológicos</b>	<b>47</b>
<b>Quadro 04 – Micronutrientes – Aspectos estruturais</b>	<b>48</b>
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>66</b>

## RESUMO:

A espécie *Musa acuminata* Colla, var. Grand Naine (MUSACEAE), ocorre essencialmente em climas tropicais. Para crescer e produzir com qualidade, o gênero acima citado, necessita de diversos nutrientes, em proporções adequadas. No presente trabalho, utilizou-se representantes clonados, submetidos à carência de diferentes macro e micronutrientes, cultivados em casa de vegetação, através do método de hidroponia, no laboratório do EPAGRI, município de Itajaí, Santa Catarina. Foram efetuadas três repetições para cada tipo de nutriente ( macro e micro ). Amostras de folhas e raízes em diferentes fases de crescimento foram coletadas, fixadas em F. A. A. 70% e armazenadas em álcool 70%. As análises preliminares envolveram os aspectos morfológicos, nível de crescimento e organização estrutural da lâmina foliar e raízes. Foram realizadas técnicas convencionais para microscopia fotônica, na análise do referido material. O mesmo foi emblocado em glicolmetacrilato e após microtomia, corados com fucsina básica + azul de astra, ou azul de toluidina. Percebeu-se que ocorrem grandes alterações estruturais nas folhas, como por exemplo, em relação a morfologia externa, os sintomas são claramente percebidos, como clorose foliar, seguida de necroses parciais e totais da lâmina foliar. Em termos estruturais, ocorrem profundas alterações, tanto no que diz respeito a organização quanto a espessura do limbo foliar. As raízes apresentam um “déficit” no seu crescimento. Os sintomas supracitados, são evidentes principalmente em relação à carência de alguns macronutrientes ( N, P, K, Ca, Mg, S ). Em contrapartida, a ausência de outros micronutrientes ( Cu, Zn, Mo, Fe, B, Mn ) também revelam alterações como: retardo no crescimento e desenvolvimento das raízes e folhas, devido a inibição da síntese das auxinas; cloroses parciais e totais nas lâminas foliares e acúmulo de antocianinas em algumas raízes, que dificultam sensivelmente o desenvolvimento da espécie citada.

Palavras – chave: *Musa*, Cavendish, micronutrientes, macronutrientes, hidroponia.

## ABSTRACT

The *Musa acuminata* species, var. Grand Naine (MUSACEAE), occurs especially in tropical climate and consists of few genuses with usually herbaceous samples. In order to grow and produce within acceptable quality standards, the above-cited genus needs adequate proportions of many different kinds of nutriment. In this research we have used cloned samples, grown them in greenhouses under hydroponics procedures and submitted them to shortages of different macro and micronutriments. All of it was done at the EPAGRI laboratories in Itajaí, state of Santa Catarina. Three repetitions were made for each kind of nutriment (macro and micro). Samples of leafs and roots in different growth stages were taken, fixated in F.A.A. 70% and stored in 70% alcohol. The preliminary analyses covered morphological aspects, growth level and structural organization of leaf plates and roots. Conventional methods of photonic microscopy were used to analyze the samples, which were blocked into glicolmetacrilate and, after microtomy procedures, dyed with basic fuchsine plus astra blue or blue toluidine. Remarkable structural alterations were noticed in the leaves; the symptoms are clearly visible in the external morphology – such as leaf blanching followed by total or partial necrosis of the leaf plate. Major structural changes also take place regarding both organization and thickness of the leaf blade. The roots present a deficit in their growth. The above-cited symptoms are especially evident when resulting from the lack of some macronutriments (N, P, K, Ca, Mg, and S). On the other hand, the lack of other micronutriments (Cu, Zn, Mo, Fe, B, and Mn) also cause important alterations in this species.

## 1. INTRODUÇÃO

*Musa acuminata*, var Grand Naine, sub grupo Cavendish, pertence a família Musaceae (JOLY,1991), e tendo alta representatividade nos estados do Paraná e Santa Catarina, principalmente em regiões litorâneas (EPAGRI, 1997). Trata-se de uma planta herbácea, com raízes (tronco - rizoma), folhas, flores, frutos e sementes. Apesar de possuírem sementes, estas não são viáveis e por isso, a multiplicação desta espécie ocorre através de vias vegetativas, como a emissão de rebentos (EPAGRI, 1997) ou através de micropropagação (GOWEN, 1995).

O ciclo natural de vida de uma bananeira é iniciado com a formação de um rebento ou filhote, que surge próximo ao solo. Este cresce e desenvolve-se, emitindo folhas até a floração (SEBRAE, 1998). A inflorescência vai desenvolvendo-se, formando o cacho onde os frutos crescem, amadurecem e caem. Quando isto acontece, ocorre o secamento das folhas e a planta morre. Porém, a bananeira adulta está rodeada de diversas outras bananeiras jovens, em diferentes estágios de desenvolvimento, mantendo-se assim, um processo contínuo (EPAGRI, 1997).

Quando são micropropagadas, ou seja, clonadas “*in vitro*”, se faz necessária a presença de um explante que apresente um meristema de crescimento, encontrado em gemas adventícias (TORRES & CALDAS, 1990). Estes explantes devem ser higienizados e submetidos a meios de cultura, onde se desenvolvem através da organogênese direta, isto é, o processo de regeneração se dá sem a formação de calos (TORRES & CALDAS, 1990).

O sucesso de um sistema de micropropagação depende do controle de um grande número de variáveis. Ao contrário do que frequentemente se acredita, por exemplo, a composição do

meio de cultura, não é a variável determinante para o sucesso do experimento. Uma vez que cada espécie apresenta características únicas, determinadas por fatores genéticos, as necessidades para seu cultivo “*in vitro*” também tendem a ser únicas (TORRES & CALDAS, 1990). A capacidade de regeneração e crescimento “*in vitro*” parece estar associada não apenas ao genótipo mas também à atividade fisiológica na planta matriz, sob o controle de diversos fatores endógenos. A verdadeira chave está no material vegetal em si e na manipulação deste antes de se isolar o explante inicial e em todos os passos até o transplante da planta produzida (ROCA & MROGINSKI, 1991). Diversos explantes podem ser utilizados para iniciar a propagação “*in vitro*”. Para a seleção destes, deve-se levar em consideração o nível de diferenciação do tecido utilizado e a finalidade da micropropagação. Teoricamente, qualquer tecido pode ser utilizado, em vista da totipotência das células vegetais. Porém, em atividades práticas, é necessário utilizar explantes que apresentem maior quantidade de tecido meristemático ou que tenham maior capacidade de expressar a totipotência celular (HARTMANN, 1962).

Segundo GOWEN (1995), a micropropagação da espécie trabalhada, teve uma produção comercial média estimada entre 15 a 20 milhões de plantas em aproximadamente cinco anos, levando-se em conta vários países do mundo.

O mesmo autor ainda cita, que esta espécie passa pelos estágios citados por MURASHIGE em 1974, não apresentando grandes exigências, porém devendo ser aclimatada antes de ser transplantada para o ambiente.

De acordo com BENTON JONES (1983), o termo hidroponia significa o cultivo de plantas em meio líquido. É derivado de duas palavras de origem grega: “hydro”, que quer dizer água e “ponos”, que significa trabalho. Este termo foi proposto primeiramente pelo professor Willian F. Gericke, nos EUA, por volta de 1930, quando se utilizou esta técnica em

escala comercial (BLISKA & HONORIO, 1995). Existem relatos que esta técnica foi amplamente utilizada depois da Segunda Guerra Mundial, após os solos terem sido contaminados por auxinas herbicidas (EMATER, 1996). Com o passar dos tempos, a hidroponia teve um grande avanço, tornando-se um meio de cultivo alternativo para algumas espécies, principalmente em regiões onde o solo apresenta desequilíbrios nutricionais (HAMERSCHMIDT, 1997).

Entretanto, segundo relatos de BLISKA & HONÓRIO (1995), para o sucesso desta técnica, alguns itens devem ser levados em consideração:

- a) O cultivo deve ser, preferencialmente, protegido em uma casa de vegetação, com paredes e telhados revestidos com filmes plásticos com aditivos contra raios ultra-violeta (UVB), sendo que a espessura do plástico pode variar de 70 a 150 micras. A temperatura, luz e umidade relativa devem ser consideradas como fatores relevantes para o crescimento vegetal. Por exemplo, altas temperaturas provocam queimaduras nas folhas e frutos, além da indução de distúrbios fisiológicos, queda de flores, abortamento dos frutos e até a morte dos exemplares. Para que não existam danos ou outras complicações, o valor de ventilação mínimo em uma casa de vegetação deve ser de 30%. Este valor é calculado de acordo com a equação abaixo:

$$V(\%) = \frac{\text{superfície janelas (m}^2\text{)}}{\text{superfície estufa (m}^2\text{)}} \times 100$$

A luz é outro fator importante neste processo, pois é fundamental para o crescimento e desenvolvimento. Seu excesso pode causar queimaduras em

diversos órgãos e, sua falta pode provocar o estiolamento, isto é, crescimento excessivo em busca da luz (FERRI, 1985). E por último porém não menos importante, a umidade relativa, que afeta tanto o desenvolvimento como o crescimento, pois interfere na absorção dos nutrientes, na fotossíntese e em outros processos fisiológicos.

- b) A escolha do local deve ser feita de acordo com a insolação, próximos a energia elétrica e água de boa qualidade e protegido de ventos fortes.
- c) A escolha da espécie, pois para que a mesma apresente resultados satisfatórios, é necessária uma prévia análise da espécie, devido à grandes variações sobre alguns fatores para o desenvolvimento vegetal.

Além desses, outra peça chave, é a solução nutritiva utilizada, pois existem muitas composições diferentes, de acordo com cada espécie (BLISKA & HONORIO, 1995). O que se pode afirmar, segundo BENTON JONES (1983), é que existem pontos que devem ser considerados, como: o pH, que deve ser mantido na faixa de 5,5 a 6,5, para a maior parte das espécies; a condutividade elétrica, que é recomendada para a reposição de nutrientes na solução usada; a composição e o preparo da mesma, que deve ser feita de acordo com a exigência de cada material (Quadro 01).

Ainda são essenciais a renovação e o manejo das soluções, para o bom andamento do experimento (BLISKA & HONORIO, 1995).

### **1.1. Identificação dos Macro e Micronutrientes:**

Chamam-se macronutrientes, aqueles que são amplamente absorvidos pela planta; e de micronutrientes, os que são utilizados em pequenas quantidades, segundo MALAVOLTA (1980) e EPAGRI (1997).

### 1.1.1. Macronutrientes:

**NITROGÊNIO (N):** este elemento químico só pode ser absorvido através de duas vias: o N atmosférico ( fixação biológica ) ou pela transferência do mesmo para o solo através de adubos ( fixação industrial) (MALAVOLTA, 1980).

O nitrogênio é absorvido na forma de nitratos e amônia e, estas são as maiores fontes de nitrogênio inorgânico para as raízes das plantas superiores ( MARSCHNER,1995).

A amônia é incorporada nos componentes orgânicos das raízes e os nitratos são encontrados no xilema e estocados nos vacúolos das raízes (MARSCHNER, 1995). Os nitratos acumulados nos vacúolos, são importantes na osmorregulação, e, no balanço entre cátions e ânions. A importância da redução e assimilação dos nitratos para a vida da planta, pode ser comparada com a importância da redução e assimilação do CO<sub>2</sub> na fotossíntese (MARSCHNER,1995). Em decorrência destes fatores, o nitrogênio é considerado o elemento mais importante para o crescimento da bananeira.

**FÓSFORO (P):** de acordo com estudos anteriores, a biosfera apresenta pouco fósforo na sua composição elementar e por isso, existem duas formas de aquisição deste elemento pelas plantas: o solo e a adubação (MALAVOLTA, 1980).

Diferente dos nitratos, os fosfatos não são reduzidos nas plantas, mas são utilizados na sua forma oxidada. Ele é absorvido em forma de ânion monovalente ( H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> ) e como ânion divalente ( H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>2-</sup> ). A sua conversão em formas orgânicas, acontece ao ser absorvido pela raiz e depois é transportado até os brotos ( SALISBURY & ROSS, 1992 ) e a quantidade deste elemento é facilmente redistribuída das folhas velhas para as jovens (GOWEN,1995).

**POTÁSSIO ( K ):** é considerado de grande importância, pois atua em diversos processos metabólicos, como regulação da turgidez do tecido. A quantidade de água que pode ser



armazenada no tecido, depende largamente do suprimento celular de potássio; ativa enzimas (cerca de 60 enzimas são ativadas por ele); abertura e fechamento dos estômatos; transporte de carboidratos; transpiração; resistência a geadas, secas e certas doenças e é atuante na qualidade das plantas e produtos por elas originados. Desempenha ainda, importante papel na síntese de proteínas, na fotossíntese, nos transportes floemáticos e nos balanços entre cátions e ânions (MALAVOLTA, 1980; SALISBURY & ROSS, 1992; MARSCHNER, 1995).

Ainda é de sua responsabilidade, a regulação da transferência de nutrientes no xilema. Quando o suprimento de K é baixo, a transferência de nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio, sódio, manganês, cobre e zinco fica restrita (GOWEN, 1995).

**ENXOFRE (S):** apesar do sulfato atmosférico ser armazenado e utilizado pelas partes aéreas das plantas superiores, a mais importante fonte de enxofre, é o sulfato armazenado nas raízes. A assimilação do enxofre pode ser feita sem redução, onde ela fará parte das estruturas orgânicas como os sulfolipídios da membrana. Pode ser assimilado reduzido, compondo os aminoácidos, proteínas e coenzimas. Diferente do nitrogênio, o enxofre pode ser reoxidado nas plantas (MARSCHNER, 1995).

**MAGNÉSIO (Mg):** o magnésio aparece em grandes concentrações na biosfera, principalmente, na litosfera e na hidrosfera. Tem como funções básicas, a formação das moléculas centrais da clorofila, importante na conversão de energia dos cloroplastos. É ativador de enzimas que atuam em diversos processos metabólicos, atua como cofator de enzimas fosforilativas, formando uma ponte entre o pirofosfato da ATP ou ADP e a molécula de enzima; é carregador do fósforo e, acredita-se que, na sua presença, o fósforo seja mais absorvido pelas plantas (MALAVOLTA, 1980; MARSCHNER, 1995). Ainda é importante pois facilita a

absorção de outros nutrientes e promove o desenvolvimento do sistema do sistema radicial (EPAGRI, 1997).

**CÁLCIO (Ca):** o cálcio aparece em várias formas nas plantas, principalmente, nas não solúveis em água. Apresenta-se em altas concentrações na litosfera e tem como principal função, a estruturação da parede celular; além disso, tem importante papel na absorção iônica, particularmente, na correção do efeito desfavorável da concentração hidrogeniônica excessiva e na diminuição da toxidez da amônia (MALAVOLTA, 1980).

O cálcio também é atuante na germinação de grãos de pólen e para o desenvolvimento do tubo polínico, além de estar presente nos pontos de crescimento das raízes e tecidos jovens (MARSCHNER, 1995). Além disso, este elemento tem função estrutural, ou seja, é componente das paredes das células dando resistência à planta (EPAGRI, 1997), e de fixador de potássio no vegetal (LAHAV & TURNER, 1992).

### **1.1.2 Micronutrientes:**

**FERRO (Fe):** é o mineral mais abundante no solo e por isso, quando há deficiência, é devido a problemas na disponibilidade ou na absorção (MALAVOLTA, 1980). Este elemento é móvel no vegetal e por isso apresenta inúmeras funções, dentre elas, na ação direta de algumas proteínas que só atuam em sua presença; é útil também, no transporte de elétrons na fotossíntese, respiração e fixação do N<sub>2</sub>; atua na síntese de proteínas e na síntese da clorofila (MARSCHNER, 1995).

**MANGANÊS (Mn):** o manganês ocorre em vários estados de oxidação e é o mineral mais abundante no solo, depois do ferro. Apresenta mobilidade, podendo ser transportado para diferentes partes do vegetal. Atua na corrente transpiratória e suas demais funções são semelhantes ao magnésio. Além disso, é doador de elétrons para a clorofila ativada durante o

processo fotossintético e é atuante na síntese de clorofila, formação, multiplicação e funcionamento dos cloroplastos (MARSCHNER, 1995).

**COBRE (Cu):** é encontrado no solo, absorvido aos minerais de argila, aos hidróxidos de ferro e à matéria orgânica (MALAVOLTA, 1980). O cobre atua diretamente no transporte eletrônico com e sem mudança de valência; na síntese de proteínas; no metabolismo de carboidratos e na fixação simbiótica do N<sub>2</sub> (MARSCHNER, 1995).

**ZINCO (Zn):** é essencial para a síntese do triptofano que é o precursor do ácido indol acético (IAA); atua sobre a síntese de proteínas; no metabolismo de carboidratos nas folhas e, para manter a integridade da membrana (MARSCHNER, 1995).

**MOLIBDÊNIO (Mo):** é encontrado em pequenas quantidades no solo e é o menos exigido pelas plantas. É encontrado na matéria orgânica, nos minerais primários e secundários, em óxidos hidratados de ferro e alumínio, e solúvel em H<sub>2</sub>O, em baixa concentração (MALAVOLTA, 1980). É responsável pela manutenção da quantidade de nitratos nos tecidos, do ácido ascórbico e de açúcares (MARSCHNER, 1995).

**BORO (B):** é encontrado no mineral chamado turmalina e representa 95% da reserva dos elementos nos solos úmidos (MALAVOLTA, 1980). Atua no crescimento das raízes, no metabolismo de ácidos nucleicos, de fenóis, da auxina, de proteínas e carboidratos, na síntese da parede celular, na diferenciação de tecidos, nas funções da membrana, na germinação do grão de pólen e formação do tubo polínico (MARSCHNER, 1995).

Todos os elementos nutricionais descritos anteriormente são de grande importância para que *Musa acuminata*, var Grand Naine, complete seu ciclo vital satisfatoriamente (LAHAV & TURNER, 1992; SALISBURY & ROSS, 1992; GOWEN, 1995).

SAL PURO OU FERTILIZANTE	NUTRIENTE FORNECIDO	CONCENTRAÇÃO (%)
Nitrato de Potássio	K	36
	N – NO <sub>3</sub>	13
Nitrato de Cálcio	Ca	17
	N – NO <sub>3</sub>	12
Nitrato de Magnésio	Mg	9,5
	N – NO <sub>3</sub>	11
Sulfato de Amônio	S	24
	N – NH <sub>4</sub>	21
Monoamôniofosfato (MAP)	P	21
	N – NH <sub>4</sub>	11
Diamôniofosfato (DAP)	P	20
	N – NH <sub>4</sub>	18
Nitrato de Amônio	N – NH <sub>4</sub>	16,5
	N – NO <sub>3</sub>	16,5
Fosfato Monobásico de Potássio	K	29
	P	23
Cloreto de Potássio	K	52
	Cl	47
Sulfato de Potássio	K	41
	S	17
Sulfato de Magnésio	Mg	10
	S	13
Cloreto de Cálcio	Ca	22
	Cl	38
Sulfato Ferroso	Fe	20
	S	11
Nitrato de Potássio	K	36
	N – NO <sub>3</sub>	13
EDTA – dissódico	Complexante para ferro	
Ácido Bórico	B	17
Bórax	B	11
Sulfato de Cobre	Cu	24
	S	12
Sulfato de Manganês	Mn	25
	S	21
Cloreto de Manganês	Mn	27
	Cl	35
Sulfato de Zinco	Zn	22
	S	11
Molibdato de Sódio	Mo	39
Molibdato de Amônio	Mo	54
Trióxido de Molibdênio	Mo	66
Cloreto de Zinco	Zn	45
	Cl	52

Quadro 01: Principais sais e fertilizantes utilizados no preparo de soluções nutritivas.

## 2. OBJETIVOS:

### 2.1. OBJETIVO GERAL:

Analisar as alterações provocadas pela carência de macro e micronutrientes na lâmina foliar e no sistema radicular de *M. acuminata* var. Grand Naine.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analisar as alterações anatômicas e morfológicas causadas pela ausência de macronutrientes na lâmina foliar de *M. acuminata*;

Analisar as alterações anatômicas e morfológicas causadas pela ausência de macronutrientes no complexo radicular de *M. acuminata*;

Analisar as alterações anatômicas e morfológicas causadas pela ausência de micronutrientes na lâmina foliar de *M. acuminata*;

Analisar as alterações anatômicas e morfológicas causadas pela ausência de micronutrientes no sistema radicular de *M. acuminata*;

Comparar as alterações anatômicas e morfológicas encontradas com a planta controle;

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O material utilizado na realização do presente trabalho, se originou de exemplares micropagados de *Musa acuminata*, var. Grand Naine, sub grupo Cavendish (MUSACEAE) (Figura 01 - A).

Para a micropropagação, seguiram-se os métodos descritos por MURASHIGE & SKOOG (1962), para preparo dos meios de cultura.

Após a escolha dos explantes, os mesmos foram desinfetados com hipoclorito de sódio a 15 %, por 10 minutos. Logo em seguida, foram isolados e colocados em meio de cultura, com composição conforme descrevem os autores acima citados, para desenvolvimento das raízes e partes aéreas.

Passado o período de adaptação, as mudas foram transplantadas para recipientes com casca de arroz carbonizada como substrato, para depois de aclimatadas, serem novamente transplantadas para o solo. No caso deste trabalho, em especial, as mudas após sofrerem uma aclimação parcial, foram cultivadas através da hidroponia, em casa de vegetação, na qual, as condições de temperatura e umidade, foram mantidas conforme o recomendado para a espécie

Para o desenvolvimento via hidroponia, utilizou-se uma solução nutritiva, a partir das soluções estoque, com as concentrações e volumes, citados respectivamente, nos quadro 2 e 3.

Após o preparo das soluções, estas foram colocadas em recipientes plásticos, cilíndricos, com 40cm de altura por 20cm de diâmetro, retirando-se sempre o macronutriente e/ou o micronutriente correspondente.

Estes frascos passaram por rigorosa assepsia e pintados com alumínio, para evitar o contato com a luz e as soluções, fato que poderia propiciar o aparecimento de algas e outros microorganismos, gerando a competição pelos mesmos nutrientes utilizados pela bananeira, comprometendo assim todo o experimento. As tampas dos mesmos, foram confeccionadas em isopor e submetidas ao mesmo processo de assepsia que os recipientes. Estas possuíam três aberturas, aonde localizavam-se : a) oxigenador - para fazer a aeração da solução; b) amostra - local onde foi inserida a muda e c) espaço para a medição do pH - sendo que este foi realizado duas vezes por semana e com aparelhagem apropriada, sempre utilizando-se NaOH, para aumentá-lo, se necessário; e HCl, para diminuí-lo, se necessário.

Terminado o preparo dos frascos e colocação da solução nutritiva (Figura 01 - D), ocorreu o plantio das mudas da espécie trabalhada, já previamente lavadas em água destilada e deionizada para remover a casaca de arroz e para evitar a contaminação das soluções nutritivas (Figura 01 - B). Foram realizadas três repetições (triplicatas) de cada frasco com as diferentes soluções nutritivas (Figura 01 - C).

Finalizado o plantio, houve uma pausa para o crescimento dos exemplares para a realização das coletas, que totalizou 30 dias.

As coletas de material ocorreram da seguinte forma:

- a) Foram efetuadas três coletas (30d - 60d - 90d) com intervalo de 30 dias entre cada uma, totalizando 90 dias de experimento;
- b) Em cada coleta, padronizou-se a retirada de seis amostras da terceira folha, a partir da bandeira, três próximas a nervura mediana e três próximas a periferia da lâmina foliar.

c) Para as raízes, foram utilizadas aquelas com comprimento aproximado de 20 cm, retirando-se três segmentos de cada exemplar, com aproximadamente 0,5 cm cada. Quando as mesmas apresentaram comprimentos menores, utilizou-se a de maior comprimento dentre as existentes.

O material coletado foi fixado em F.A.A. 70% (JOHANSEN, 1940). As amostras foram emblocadas em glicolmetacrilato (GMA) JB-H (Polysciences, Inc.), seguindo-se as recomendações do fabricante e de O'BRIEN et al, 1964.

Posteriormente, estas foram seccionadas em micrótomo rotatório Spencer 820, com espessura de 7 micrômetros, distendidas em água e coradas em solução aquosa de fucsina básica 0,0125% e azul de astra 1,0% (ALVES DE BRITO & ALQUINI, 1996). Algumas também foram coradas em solução aquosa de azul de toluidina.

Depois de concluídas as colorações, as lâminas foram lavadas em água corrente e secas em estufa a 40 ° C, logo submetidas a meio de montagem convencional, utilizando-se Entellan entre lâmina e lamínula. Para a observação em microscopia fotônica, utilizou-se vários métodos convencionais como: BENNET, 1976; BERLING e MIKSCHE, 1979; DOP e GAUTIÉ, 1928; FEDER e O'BRIENT, 1968; FOSTER, 1949; GRAY, 1958; JOHANSEN, 1940; QUINTAS, 1963; ROESER, 1962; ROTH, 1964 e SASS, 1951.

Com as referidas lâminas montadas, partiu-se para a observação dos aspectos estruturais das folhas e das raízes das bananeiras submetidas à carência nutricional de vários elementos.

Além da realização da atividade supracitada, foram realizadas observações dos aspectos morfológicos das folhas e raízes dos exemplares submetidos as condições anteriormente citadas.



	COMPOSTO QUÍMICO (1)	MOLARIDADE (M)	gramas/litro (2)
A	KNO <sub>3</sub>	1M	101,1
B	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O	1M	236,2
C	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1M	115,1
D	MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	1M	246,5
E	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	1M	80,0
F	CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	0,01M	1,72
G	NaNO <sub>3</sub>	1M	85,0
H	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1M	136,0
I	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,5M	87,6
J	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1M	132,1
K	MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	1M	203,3
L	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1M	142,0
M	CaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	1M	147,0
N	Fe EDTA (*) Na <sub>2</sub> EDTA	40 mM	14,80
	FeCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O	40 mM	10,80
O	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> (3)	25 mM	1,546
P	MnCl <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O	2 mM	0,396
Q	ZnCl <sub>2</sub>	2 mM	0,274
R	NaCl	50 mM	2,925
S	CuCl <sub>2</sub> . 2H <sub>2</sub> O	0,5 mM	0,085
T	H <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> (85% MoO <sub>3</sub> )	0,5 mM	0,081

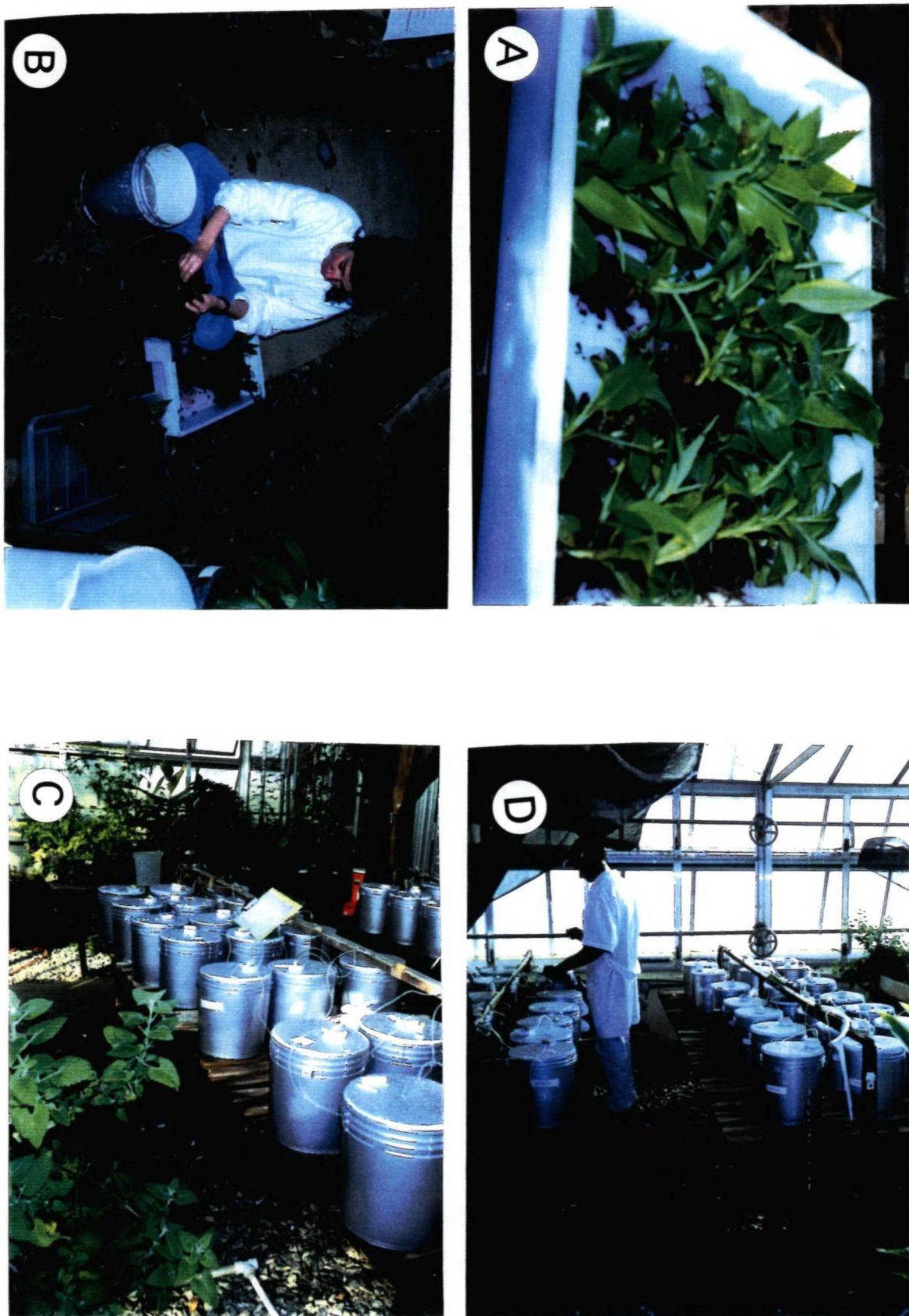
- 1) Todos os compostos químicos devem ser puros para análise (P.A);
- 2) Todos os compostos químicos devem ser dissolvidos em água destilada ou desmineralizada;
- 3) Dissolver em um pouco de água quente antes de completar o volume.

(\*) Para o preparo da solução de Fe- EDTA, foram dissolvidas, separadamente, 24,9g de FeSO<sub>4</sub> . 7 H<sub>2</sub>O e 29,6 de Na<sub>2</sub>EDTA, em 450 ml de água destilada. Misturaram-se as duas soluções, o volume foi completado até 1000ml e deixou-se aerando (com oxigenador) até completa a dissolução dos sais. A solução foi então armazenada em frascos protegidos da luz (BLISKA, 1995).

Quadro 02:Concentrações e molaridades dos compostos químicos.

Solução Nutritiva	MICRONUTRIENTES							MACRONUTRIENTES						
	Completa	- Fe	- B	- Mn	- Zn	- Cu	- Mo	Completa	- N	- P	- K	- Ca	- Mg	- S
A	6	6	6	6	6	6	6	6		6		6	6	6
B	4	4	4	4	4	4	4	4		4	4		4	4
C	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1	1	1
D	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
E											1	1		
F									200					
G											4	6		
H									1					
I									5					
J										0,5				
K														2
L													2	
M									2					
N	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
O	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1
R	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
S	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1
T	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1

Quadro 03: Volumes de soluções estoque (ml) a serem tomados para o preparo de 1 litro das soluções nutritivas.



**Figura 01:** A - Exemplos de *Musa acuminata* antes da assepsia. B - Assepsia das mudas. C - Frascos prontos para o plantio. D - Medição do pH.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após análise do material estudado, seguem-se os resultados e discussões das lâminas foliares e raízes de *Musa acuminata*, frente à carência de macro e micronutrientes.

### 4. 1. Solução completa de nutrientes - controle

#### 4.1.1. Aspectos morfológicos das raízes dos indivíduos submetidos à solução completa de nutrientes.

Morfológicamente, os exemplares submetidos as condições hidropônicas, crescem e desenvolvem-se normalmente, apresentando o sistema radicial composto por inúmeras, em torno de 07, raízes longas com comprimento aproximado de 60 cm) (Figura 02 - A), cuja estrutura organizacional apresenta a formação típica de indivíduos dessa espécie sem a presença de um eixo central, formado por várias raízes secundárias, na forma axial ( CUTTER, 1986).

O ápice radicial é protegido por uma coifa, a qual secreta mucilagem protetoras para o desenvolvimento das raízes no solo, como descreve ALQUINI (1992) para representantes do gênero. Em *M. acuminata*, há a presença desta estrutura, mesmo os exemplares estarem sendo cultivados hidroponicamente.

Há ainda a presença de muitas raízes secundárias em formação, por toda a estrutura do sistema radicial, fato altamente observado nos exemplares de *M. acuminata*.

Em *M. acuminata*, observa-se na rizoderme, que as células formadoras deste tecido e os pêlos radicais são dotados de alta capacidade de absorção, sendo ampliada pela presença destes últimos, segundo ESAÚ (1974), RAVEN (1997).

#### **4.1.2. Aspectos morfológicos das folhas dos indivíduos submetidos à solução completa de nutrientes.**

As lâminas foliares apresentam-se com aspectos normais em relação ao crescimento e desenvolvimento (Figura 03 - A), com coloração verde intensa, típica da espécie (GOWEN, 1995; EPAGRI, 1997 ).

#### **4.1.3 Aspectos estruturais das folhas dos indivíduos submetidos à solução completa de nutrientes.**

Estruturalmente, as secções transversais obtidas das lâminas foliares e raízes apresentaram-se com características típicas para o gênero, tendo por base as seguintes descrições:

As lâminas foliares apresentam o estrato epidérmico formado por células pequenas e regulares, confirmando a descrição encontrada em ALQUINI, 1992.

Nela localizam-se os estômatos, do tipo tetracítico, conforme o descrito por TOMLINSON (1969)( Figura 04 - A).

Nesta espécie, apesar de estar sendo cultivada em casa de vegetação, com os fatores temperatura, umidade e iluminação controlados, há a existência destes componentes em ambas as faces da lâmina foliar, caracterizando-a como anfiestomática. Porém, conforme descrito por ALQUINI (1992) para *M. rosacea*, há uma maior incidência na face abaxial, também em *M. acuminata* .

Constatou-se também, que segundo FREEMAN & TURNER (1985), estes estômatos não apresentam qualquer obstrução, devido ao ambiente em que foram cultivadas.

Ainda, de acordo com ALQUINI (1992), a hipoderme apresenta-se com células grandes e regulares para muitos representantes do gênero *Musa*. Constatou-se que isso também ocorre em *M. acuminata*.

Há, nesta espécie, a ocorrência de um único estrato de parênquima clorofiliano paliádico, com a presença de idioblastos com ráfides, confirmando a descrição feita por SOLEREDER (1930).

Existe em *M. acuminata*, uma grande quantidade de espaços intercelulares no parênquima lacunoso,

Os feixes vasculares apresentam-se maiores próximos a face adaxial, constatando o que foi descrito por SOLEREDER & MEYER (1930), com as células parenquimáticas circunjacentes de tamanhos e formatos simétricos (Figura 05 - A).

#### **4.1.4. Aspectos estruturais das raízes dos indivíduos submetidos à solução completa de nutrientes.**

A rizoderme apresenta-se disposta em uma única camada, formada por células uniformes, quanto ao seu tamanho e formato, podendo estar recoberta por uma mucilagem, proveniente da coifa, conforme cita ALQUINI (1992) para *M. rosacea*.

Quanto a endoderme, evidencia-se que a mesma é uniestratificada e que apresenta células arredondadas portadoras de estrias de Caspary, de acordo com a descrição encontrada em ALQUINI (1992).

O periciclo caracteriza-se pela presença de células poliédricas, que acompanham a camada acima citada, e que confirmam a descrição mencionada em CUTTER (1986), para o gênero *Musa*.

No que se refere ao cilindro vascular, RIOPEL & STEVES (1964), caracterizaram três tipos de elementos de transporte para *M. acuminata*: protoxilema e protofloema, metaxilema e metafloema, e também a presença de metaxilema tardio e metafloema tardio, encontrados na mesma descrição neste trabalho.

Em algumas regiões, evidenciou-se a presença de idioblastos portadores de ráfides e compostos fenólicos (Figura 08 - A).

## **4.2 Carência de Nitrogênio (N)**

### **4.2.1 Aspectos morfológicos das raízes dos indivíduos submetidos à carência de nitrogênio (N)**

As raízes submetidas a esta solução, apresentam-se com seu tamanho muito menor (15 cm) em relação ao controle, bem como o número destes órgãos mostram-se reduzidos. A coloração torna-se amarelada, e a quantidade de raízes secundárias e também o seu tamanho. A coifa está presente, com aparência semelhante ao controle (Figura 02 - C).

### **4.2.2 Aspectos morfológicos das folhas dos indivíduos submetidos à carência de nitrogênio (N)**

Os indivíduos que foram colocados em contato com a solução hidropônica com a ausência de nitrogênio, apresentaram um baixo índice, tanto no crescimento como no desenvolvimento, conforme descrito em EPAGRI (1997). Esse importante elemento, é absorvido na forma de nitratos e amônia, sendo que esta última substância é incorporada aos componentes orgânicos das raízes e, os nitratos, são encontrados no xilema, ou estocados nos vacúolos das raízes. Ambos são importantes na osmorregulação e no equilíbrio entre cátions e ânions (MARSCHNER, 1995)(Figura 03 – B e C).

Segundo o mesmo autor, a importância da redução e da assimilação dos nitratos para a vida da planta, pode ser comparada com a redução e a assimilação do CO<sub>2</sub>, durante o processo fotossintético.

Este nutriente apresenta grande importância pois os sintomas logo se manifestam e o vegetal morre nos dois primeiros meses de desenvolvimento.

Em relação a lâmina foliar GOWEN (1995) e ROBINSON (1996), descrevem que os efeitos de deficiência logo são percebidos, pois as folhas adquirem a coloração verde clara (pálida) e amareladas, sendo que na sequência ocorre o aparecimento de necroses, inicialmente amareladas, que evoluem para negras, até ocorrer a morte do órgão; os pecíolos e as nervuras tornam-se rosados. A distância entre as folhas diminui e a planta adquire o formato de roseta. O crescimento apresenta-se muito menor que a planta controle, confirmando a descrição dos autores acima.

#### **4.2.3 Aspectos estruturais da folha dos indivíduos submetidos à carência de nitrogênio (N)**

Estruturalmente, as secções transversais das lâminas foliares dos indivíduos submetidos a carência de nitrogênio apresentam algumas características diferentes das encontradas no exemplar controle.

O estrato epidérmico apresenta-se com células pequenas, porém de tamanhos irregulares quando comparadas ao controle. Nela localizam-se os estômatos tetracíticos, presentes em ambas as faces do limbo foliar (Figura 04 - F) confirmando a descrição feita por GOWEN, 1995.

A hipoderme é composta por células semelhantes às do exemplar padrão, ocorrendo apenas uma camada celular em cada face, sem espaços intercelulares, igualando-se ao encontrado no controle, conforme o descrito para o gênero *Musa*, em ALQUINI, 1992.



O estrato de parênquima paliçádico se apresenta composto por uma única camada facilmente identificada, seguida de outra subsequente, desorganizada, diferindo do que foi constatado no exemplar padrão, característica citada por GOWEN, 1995.

Segue parênquima lacunoso, onde percebe-se a diminuição do número e do tamanho das lacunas formadoras desse tecido.

Os feixes vasculares apresentam-se dispostos com maior frequência, na área citada, quando comparado ao controle. Há notável redução no número de células formadoras do proto e metafloema, como nas que formam o proto e metaxilema.

As células assimiladoras, semelhantes as que formam o parênquima paliçádico, encontram-se próximas a hipoderme da face adaxial, e com sensível desorganização, não caracterizando a formação de uma camada típica, igualando-se ao observado no controle.

Observa-se também diminuição na espessura da secção, quando a mesma é comparada no indivíduo padrão (Figura 05 – B).

#### **4.2.4 Aspectos estruturais das raízes dos indivíduos submetidos à carência de nitrogênio (N)**

Em relação as secções transversais das raízes deste exemplar, foram encontradas as seguintes estruturas:

A rizoderme apresenta células de tamanho e formato regulares, conforme a descrição encontrada no controle.

A região cortical apresenta células grandes que diminuem a medida que se aproxima da região medular.

A endoderme apresenta-se com células com pouca definição, com tamanho e formato regular, diferindo completamente do exemplar controle.

Na região medular, não evidencia-se a presença de vasos condutores, porque a amostra era muito jovem (Figura 08 - B).

### **4.3. Carência de Magnésio (Mg)**

#### **4.3.1 Aspectos morfológicos das raízes dos indivíduos submetidos à ausência de magnésio (Mg)**

No que se refere as raízes, os autores MARSCHNER (1995) e ROBINSON (1996) descrevem que as mesmas apresentam uma grande redução no número e tamanho, sendo que a maioria delas apresentam coloração escura, quando comparada ao controle.

MESSING (1974), descreve que o sistema radicular fica frágil e com pouca capacidade de absorção de água e demais substâncias (Figura 02 - B).

#### **4.3.2 Aspectos morfológicos das folhas dos indivíduos submetidos à ausência de magnésio (Mg)**

As folhas de *M. acuminata* cultivadas nessas condições, apresentam amarelecimento da região central, nas folhas mais antigas, confirmando a descrição feita por LAHAV & TURNER (1992) e EPAGRI (1997). Os pecíolos apresentam necroses periféricas e manchas com coloração púrpura, de acordo com a descrição feita por ROBINSON (1996). O crescimento mostra-se reduzido, quando comparado ao exemplar padrão (Figura 03 - I).

Ainda de acordo com MARSCHNER (1995), a ausência deste nutriente impede a formação das moléculas centrais da clorofila, interferindo no processo fotossintético.

#### **4.3.3 Aspectos estruturais das folhas dos indivíduos submetidos à carência de magnésio (Mg)**

Estruturalmente as secções transversais das lâminas foliares apresentam as seguintes características:

O estrato epidérmico apresenta-se formado por células pequenas e regulares, onde estão localizados os estômatos, em ambas as faces da lâmina foliar (Figura 04 - G), disposto igualmente ao encontrado no exemplar padrão e conforme foi descrito por ROBINSON (1996).

A hipoderme apresenta células grandes na face adaxial, dispostas em uma única camada, sendo que na face abaxial as células apresentam tamanhos menores e irregulares, apresentando características semelhantes às encontradas no controle.

O parênquima paliádico é composto por uma camada facilmente notada, formada por células alongadas. Ocorrem diferenças quando comparadas ao controle, pois não há definição plena de uma segunda camada deste tecido.

O parênquima lacunoso encontra-se com poucas e reduzidas lacunas.

Não há formação de uma camada definida, pelas células assimiladoras, localizadas próximas a camada hipodérmica da face abaxial. Isso faz com que a bananeira apresente deficiências no processo fotossintético, devido ao baixo número de células assimiladoras.

Os feixes vasculares apresentam-se distribuídos com certa similaridade ao exemplar padrão, porém ocorre nítida redução nas células que compõem o proto e metafloema, verificando a mesma situação para proto e metaxilema.

Ocorre uma redução na espessura da secção transversal, quando a mesma é comparada ao controle (Figura 06 - B).

#### **4.3.4 Aspectos estruturais das raízes dos indivíduos submetidos à carência de magnésio (Mg)**

Em se tratando dos aspectos estruturais das raízes do exemplar supracitado, constatou-se as seguintes características:

Em relação a rizoderme, esta apresenta-se com células de tamanhos regulares e dispostas em uma única camada.

A região cortical é formada por pequenas células próximas a região rizodérmica, que aumentam de tamanho na região central do referido tecido e tornam a diminuir próximas ao periciclo, situação semelhante ao controle.

O periciclo apresenta células com tamanhos diferentes quando comparada ao exemplar cultivado na solução completa.

A característica da raiz poliarca, típica de indivíduos pertencentes ao gênero estudado, conforme o encontrado no controle. Ocorre a presença de metaxilema tardio (Figura 09 – B).

#### **4.4 Carência de Enxofre (S)**

##### **4.4.1 Aspectos morfológicos das raízes dos indivíduos submetidos à carência de enxofre (S)**

Com relação ao sistema radicial, este apresenta raízes pouco desenvolvidas e escurecidas, sendo bem diferentes ao exemplar padrão. Estas características também aparecem descritas por GOWEN(1995) (Figura 02 - F).

De acordo com MARSCHNER (1995) este nutriente é responsável pela formação de inúmeros aminoácidos, proteínas e coenzimas. Sem estas, diversas substâncias deixam de ser fabricadas interferindo no desenvolvimento da espécie, principalmente no que se refere as raízes.

##### **4.4.2 Aspectos morfológicos das folhas dos indivíduos submetidos à carência de enxofre (S)**

Os indivíduos submetidos às condições acima citadas, apresentam as folhas mais jovens com coloração que varia do verde pálido ao amarelo claro (Figura 03 - E) e aparecem necroses

em algumas regiões das folhas mais antigas (Figura 03 - D), conforme o descrito por LAHAV & TURNER (1992) e ROBINSON (1996).

#### **4.4.3 Aspectos estruturais das folhas dos indivíduos submetidos à carência de enxofre (S)**

Em relação as secções transversais das lâminas foliares de *M. acuminata*, submetidas às condições acima citadas, foram encontradas as seguintes características.

A camada epidérmica é composta por células pequenas e com tamanhos regulares, assemelhando-se ao encontrado no exemplar padrão. Ainda nesta camada, são encontrados os estômatos, que apresentam-se semelhantes ao controle (Figura 04 - E).

A hipoderme apresenta em ambas as faces, formada por células grandes e irregulares mostrando-se diferente ao que foi verificado no exemplar padrão (Figura 06 - A).

Há ausência parcial de lacunas, no parênquima lacunoso, com aparente desorganização das células próximas, o que não foi visualizado no controle.

O sistema vascular apresenta inúmeras células formadoras do meta e protofloema, porém ocorre redução nas células do protoxilema, não conferindo com a descrição encontrada no exemplar cultivado em solução completa de nutrientes, confirmando o descrito em LAHAV & TURNER (1992), GOWEN(1995) e ROBINSON(1996).

As células assimiladoras próximas a hipoderme da abaxial, apresentam-se desorganizadas, diferindo também do exemplar padrão (Figura 06 - A).

Há pouca diferença em relação à espessura da secção quando comparada ao exemplar controle.

#### **4.4.4 Aspectos estruturais das raízes dos indivíduos submetidos à carência de enxofre**

**(S)**

Em relação às secções transversais das raízes, foram encontradas as seguintes características:

As células formadoras da rizoderme apresentam-se pequenas e numerosas, com aspecto diferente do que foi visualizado no exemplar padrão.

O córtex mostra-se formado por células de tamanhos irregulares, que diminuem subitamente ao se aproximarem da endoderme.

Esta última apresenta-se formada por células arredondadas e semelhantes ao controle.

O periciclo é composto por células poliédricas bem definidas, igualando-se ao visualizado no controle.

O sistema vascular é constituído por várias células de metafloema e também é notável a presença de protoxilema (Figura 10 - A), em descrição semelhante ao encontrado no controle.

#### **4.5 Carência de Potássio (K)**

##### **4.5.1 Aspectos morfológicos das raízes dos indivíduos submetidos à carência de potássio (K)**

Com relação as raízes, estas apresentam um desenvolvimento inferior, com redução no tamanho e passam a ter a coloração negra, fato que não foi evidenciado no controle (Figura 02 - D).

##### **4.5.2 Aspectos morfológicos das folhas dos indivíduos submetidos à carência de potássio (K)**

No que se refere aos aspectos morfológicos das folhas desses indivíduos, elas mostram-se com cloroses nas lâminas mais antigas, que se espalha e causa a morte do órgão. Há redução na

área foliar bem como no número de lâminas por planta, quando comparadas ao controle, confirmando o que foi descrito por GOWEN (1995) (Figura 03 - H).

Ainda conforme o encontrado em MARSCHNER (1995), este elemento é outro considerado extremamente importante, pois atua em vários processos importantes para a planta, dentre eles, a transferência dos demais nutrientes estudados e a síntese de proteínas imprescindíveis para a realização da fotossíntese.

#### **4.5.3 Aspectos estruturais das folhas dos indivíduos submetidos à carência de potássio (K)**

A epiderme mostra-se formada por células pequenas e regulares, como as que foram visualizadas no controle. Nesta camada encontra-se os estômatos, os quais apresentam irregularidades nos poros quando comparados ao exemplar padrão (Figura 04 - D).

A camada hipodérmica é constituída por células grandes e regulares na face adaxial, e um pouco reduzidas na face abaxial.

As células que formam o parênquima paliádico, apresentam-se distribuídas em duas camadas distintas porém menores que o exemplar controle, havendo também a presença de idioblastos com ráfides. Além disso, evidencia-se grande quantidade de tanino na região deste tecido, o que não foi encontrado no controle.

Em relação ao parênquima lacunoso, este apresenta redução no número de lacunas.

Os feixes formadores do sistema vascular, apresentam-se reduzidos com as células do protoxilema em evidência (Figura 07 - A), bem como as que formam o protofloema. Em conjunto essas células apresentam-se reduzidas quando comparadas ao controle (Figura 07 - B).

A secção acima descrita, quando comparada ao exemplar padrão, apresenta redução na espessura.

#### **4.5.4 Aspectos estruturais das raízes dos indivíduos submetidos à carência de potássio (K)**

Estruturalmente, as secções transversais das raízes deste exemplar, apresentam características diferentes ao que foi descrito no controle.

A rizoderme mostra-se composta por várias camadas celulares (4) com células de tamanhos diferentes, não conferindo com o que foi encontrado no exemplar padrão.

O córtex é formado por células inicialmente grandes que diminuem conforme o tecido aproxima-se da endoderme, igualando-se ao encontrado no controle.

As células que compõem a camada acima citada, apresentam tamanhos regulares, estão dispostas em uma única camada e apresentam estrias de Caspary, igualmente ao controle.

O cilindro central apresenta características típicas das espécies do gênero, com tecidos de condução distribuídos na mesma forma que o descrito para o exemplar padrão (Figura 08 - C).

#### **4.6 Carência de Cálcio (Ca)**

##### **4.6.1 Aspectos morfológicos das raízes dos indivíduos submetidos à carência de cálcio (Ca)**

Em relação as raízes desse exemplar, o sistema radicial apresenta crescimento e desenvolvimento reduzido, com coloração negra, o que a diferencia do controle (Figura 02 - E).

##### **4.6.2 Aspectos morfológicos das folhas dos indivíduos submetidos à carência de cálcio (Ca)**

As folhas apresentam pequeno desenvolvimento e há presença de cloroses e necroses na maioria desses órgãos, que se iniciam perifericamente e tendem a tomar conta de todo o órgão, levando-o a morte, confirmando a descrição de LAHAV & TURNER (1992)(Figura 03 - F).



#### **4.6.3 Aspectos estruturais das folhas dos indivíduos submetidos à carência de cálcio**

**(Ca)**

Estruturalmente, as secções transversais das lâminas foliares submetidas a situação acima descrita, apresentam as seguintes características:

A camada epidérmica é formada por células pequenas e com tamanhos regulares, igualando-se ao encontrado no controle. Os estômatos encontrados nessa camada, apresentam irregularidades quando comparados ao exemplar padrão ( Figura 04 - C).

A hipoderme apresenta-se formada por células grandes e regulares, iguais ao do controle.

O parênquima paliádico apresenta duas camadas facilmente diferenciadas como a descrição do exemplar controle.

A camada de tecido subsequente, o parênquima lacunoso, revela grandes lacunas, semelhantes as do exemplar submetido a solução completa de nutrientes.

Em relação ao tecido vascular, este mostra-se com disposição igual às do controle (Figura 05 - C).

Não há diferença de espessura, quando a secção acima descrita é comparada ao controle.

Ainda vale ressaltar, que o presente nutriente apresenta função estrutural e atua na formação da parede celular. Além disso, os pontos de crescimento e tecidos jovens tornam-se inativos e, o nitrogênio presente no substrato, na forma de amônia torna-se extremamente tóxico à espécie, de acordo com as descrições encontradas em MARSCHNER (1995).

#### **4.6.4 Aspectos estruturais das raízes dos indivíduos submetidos à carência de cálcio**

**(Ca)**

As secções transversais das raízes de *M. acuminata*, submetidas a ausência de cálcio, mostram as seguintes descrições.

A rizoderme é composta por células regulares, dispostas em uma única camada, conforme o que foi descrito para o exemplar padrão.

O córtex apresenta-se formado por células regulares, conferindo com o que se observa no controle.

O periciclo é formado por células poliédricas, porém estas mostram-se desorganizadas.

O sistema vascular está distribuído no cilindro central, com a presença de metaxilema tardio na região central, confirmando as descrições feitas por MESSING (1974) (Figura 09 - A).

#### **4.7. Carência de Fósforo (P)**

##### **4.7.1 Aspectos morfológicos das raízes dos indivíduos submetidos à carência de fósforo (P)**

Com relação a morfologia das raízes, estas apresentam baixo desenvolvimento e apresentam redução no tamanho e número. Observa-se maior quantidade de raízes secundárias. Ainda adquirem coloração que varia do amarelado ao negro e são muito sensíveis ao toque, indo de acordo com as descrições feitas por LAHAV & TURNER (1992) e EPAGRI (1997) (Figura 02 - G).

Além disso, deve-se levar em consideração que o presente elemento é responsável pelo desenvolvimento das folhas e das raízes, e na ausência do mesmo, ocorre o atrofiamento destes citados componentes.

##### **4.7.2 Aspectos morfológicos das folhas dos indivíduos submetidos à carência de fósforo (P)**

Confirmando o descrito por LAHAV (1992) e EPAGRI (1997), as folhas deste exemplar apresentaram necroses inicialmente periféricas que aumentaram até tomar conta da folha por inteiro. Apareceram também vários pontos necróticos nas folhas próximas com cloroses na região

externa da lâmina, além que o pecíolo destas folhas tornou-se extremamente frágil ao toque, quebrando-se com facilidade, ainda segundo os autores acima citados (Figura 03 - G).

#### **4.7.3 Aspectos estruturais das folhas dos indivíduos submetidos à carência de fósforo**

**(P)**

No que se refere aos aspectos estruturais foram encontradas as seguintes características, descritas abaixo:

A epiderme apresenta-se formada por células pequenas e regulares tanto na face abaxial quanto na adaxial, semelhante ao encontrado no controle. Nela estão os estômatos que apresentam características semelhantes ao exemplar padrão (Figura 04 - B).

A hipoderme é formada por células grandes na face adaxial e dispostos em uma única camada; porém na face abaxial elas apresentam formatos irregulares, o que difere quando comparada ao controle.

O parênquima paliçádico apresenta-se formado por células alongadas com características típicas, mas há ausência de uma segunda camada bem definida, como o que foi visualizado no exemplar padrão.

Em relação ao parênquima lacunoso, este apresenta ausência de lacunas e há presença de células de preenchimento, fazendo com que haja redução na espessura da secção.

O sistema de tecidos vasculares mostra-se formado por pequenas células de protofloema e por poucas de protoxilema. Próximo ao sistema vascular detecta-se a presença de tanino (Figura 06 - C).

#### **4.7.4 Aspectos estruturais das raízes dos indivíduos submetidos à carência de fósforo**

**(P)**

A rizoderme apresenta-se composta por células pequenas, com formatos irregulares distribuídas em uma única camada, diferente do que foi visualizado no exemplar padrão.

O córtex mostra-se formado por células inicialmente pequenas, que aumentam na região central do tecido, sendo esta uma característica ausente no controle.

A endoderme apresenta-se formada por células arredondadas dispostas em uma única camada.

O periciclo não está bem evidenciado como o observado no exemplar padrão.

O sistema vascular apresenta-se reduzido, com presença de metaxilema tardio, conforme o evidenciado no controle (Figura 10 - B).

#### **4.8 Carência em Cobre (Cu)**

##### **4.8.1 Aspectos morfológicos das raízes dos indivíduos submetidos à carência de cobre**

**(Cu)**

A ausência deste nutriente faz com que haja um engrossamento nas raízes, bem maior do que no controle, o número de raízes secundárias aumenta como seus tamanhos (Figura 11 - C). De acordo com MARSCHNER (1995), este nutriente atua na transferência de elétrons, no metabolismo de carboidratos e na fixação de  $N_2$ . A partir disso, torna-se impossível o desenvolvimento adequado do vegetal, pois dificulta a absorção de alguns nutrientes pelas raízes.

##### **4.8.2 Aspectos morfológicos das folhas dos indivíduos submetidos à carência de cobre (Cu)**

Em relação aos exemplares submetidos à carência de cobre, morfológicamente foram encontradas as seguintes características:

Em relação as lâminas foliares, estas apresentaram clorose e estriações (Figura 12 - C), e com o passar do tempo as folhas mais velhas começam a apresentar pontos necróticos, que tendem a crescer até a morte do órgão. Segundo GOWEN (1995), tal fato deve-se a suscetibilidade manifestada pela planta a vírus e fungos, tornando-se maior na ausência deste nutriente.

#### **4.8.3 Aspectos estruturais das folhas dos indivíduos submetidos à carência de cobre (Cu)**

Estruturalmente, as secções das lâminas foliares apresentam as seguintes descrições:

A camada epidérmica mostra-se com células maiores e mais irregulares, diferindo do que foi encontrado no controle. Porém, os estômatos localizados nesta camada apresentam características normais, igualando-se ao controle (Figura 04 - I).

A hipoderme apresenta-se formada por células grandes, tanto na face abaxial quanto na adaxial, diferindo do que foi encontrado no controle.

O parênquima paliçádico apresenta-se formado por células alongadas dispostas em duas camadas, apresentando-se igual ao controle, com numerosos idioblastos.

O parênquima lacunoso possui grandes lacunas, bem maiores que as constatadas no controle.

Ocorre uma redução no número de sistemas vasculares, quando a secção é comparada ao controle. As células formadoras do tecido vascular apresentam-se constituídas por algumas de protoxilema e poucas de metaxilema (Figura 13 -A).

Há uma redução na espessura quando comparada ao controle.

#### **4.8.4 Aspectos estruturais das raízes dos indivíduos submetidos à carência de cobre**

**(Cu)**

Em relação as raízes, pode-se citar as seguintes descrições:

A rizoderme apresenta-se formada por células deformadas, dispostas em três camadas.

Na região cortical, aparecem lacunas grandes e irregulares, totalmente ausentes no exemplar controle.

A endoderme é formada por células pequenas e regulares, distribuídas numa única camada, semelhante ao controle.

O periciclo mostra-se com células arredondadas, diferenciando-se ao controle, onde apresentam formato poliédrico.

O cilindro central mostra o sistema vascular semelhante ao controle, com presença de metaxilema tardio (Figura 16 - A).

#### **4.9. Carência em Zinco (Zn)**

##### **4.9.1 Aspectos morfológicos das raízes dos indivíduos submetidos à carência de zinco**

**(Zn)**

Segundo SUBRAMANIAM (1997), as raízes apresentam um baixo índice de desenvolvimento e tornam-se escuras com a presença de raízes secundárias agrupadas em determinadas regiões. O mesmo foi evidenciado neste experimento (Figura 11 – F).

##### **4.9.2 Aspectos morfológicos das folhas dos indivíduos submetidos à carência de zinco**

**(Zn)**

Os exemplares cultivados sob as condições acima citadas apresentam muitas diferenças quando comparadas ao controle. Seguem abaixo as descrições segundo LAHAV & TURNER (1992), que foram comprovadas neste trabalho.

Morfológicamente, as folhas dos indivíduos submetidos as condições supracitadas, apresentam a folha bandeira com alta concentração de antocianinas nos primeiros dias de desenvolvimento, que desaparece conforme a planta cresce tornando-a verde pálido e amarelada. Ainda segundo os mesmos autores anteriormente citado e também segundo GOWEN (1995), as folhas jovens são menores e mais lanceoladas que as encontradas no controle. Porém, nas folhas adultas, ocorre a presença de necroses negras e cloroses, que tendem a levar a morte do órgão (Figura 12 – A).

Além disso, a ausência desse nutriente causas grandes danos ao desenvolvimento da espécie citada, pois ele é responsável pela síntese do triptofano, que é o precursor do ácido indol acético, hormônio essencial ao crescimento da planta, de acordo com as descrições realizadas por MARSCHNER (1995), GOWEN (1995) e LAHAV & TURNER (1992). De acordo com os mesmos autores e também SUBRAMANIAM (1997), a ausência de zinco altera a integridade da membrana, a formação de proteínas e no metabolismo de carboidratos, acarretando deficiências à espécie.

#### **4.9.3 Aspectos estruturais das folhas dos indivíduos submetidos à carência de zinco (Zn)**

Estruturalmente, as secções transversais das lâminas foliares, apresentaram as seguintes características.

A epiderme é composta por células pequenas e regulares, conforme o encontrado no controle (Figura 04 – J).

A hipoderme apresenta células grandes e semelhantes ao exemplar padrão.

Em seguida, o parênquima paliçádico mostra-se formado com células alongadas, distribuídas em duas camadas semelhantes ao controle.

No parênquima lacunoso ocorre redução no número e tamanho das lacunas, porém não há diminuição na espessura, pois no local das lacunas, estão presentes as células de preenchimento, diferente do que foi encontrado no exemplar controle.

O sistema vascular é composto por metafloema e proto, rodeando as células de proto e metaxilema, descrição semelhante ao controle (Figura 13 – B).

#### **4.9.4 Aspectos estruturais das raízes dos indivíduos submetidos à carência de zinco (Zn)**

Já no que se refere as secções transversais das raízes deste exemplar, foram encontradas as características abaixo:

A rizoderme apresenta células pequenas e de tamanhos regulares, organizadas em uma única camada, semelhante ao controle.

O córtex é formado por células regulares quanto a forma e tamanho, igualando-se ao exemplar padrão.

A endoderme é composta por células arredondadas e dispostas em uma única camada.

O periciclo está localizado logo após a endoderme, constituído por células poliédricas, como no exemplar padrão.

O sistema vascular apresenta a distribuição característica do gênero, igualando-se ao exemplar controle (Figura 16 – B).

#### **4.10 Carência em Ferro (Fe)**

##### **4.10.1 Aspectos morfológicos das raízes dos indivíduos submetidos à carência de ferro (Fe)**

Com relação as raízes, o crescimento e desenvolvimento apresentam-se diminuídos, com a redução no tamanho e número de raízes, quando comparados ao controle.



Conforme o descrito por LAHAV (1992), as raízes apresentam um acúmulo de antocianinas, fato que foi verificado através da coloração adquiridas por esses órgãos (Figura 11 – E) e também durante a coleta das amostras, pois quando as mesmas foram colocadas no fixador, este adquiriu a coloração arroxeada.

#### **4.10.2 Aspectos morfológicos das folhas dos indivíduos submetidos à carência de ferro (Fe)**

A folha bandeira toma a coloração amarelada, bem como as folhas próximas a ela. As folhas mais velhas apresentam cloroses periféricas e pontos de necrose que se espalham por toda a lâmina foliar. O desenvolvimento e o crescimento são atrofiados, levando o exemplar a morte, confirmando as descrições feitas por GOWEN (1995) e LAHAV & TURNER (1992) (Figura 12 – F).

Ainda vale ressaltar que esse nutriente é responsável pelo transporte de elétrons nos processos da fotossíntese e respiração, e atua na ativação de enzimas específicas que só funcionam na sua presença, de acordo com o relatado por LAHAV & TURNER (1992), GOWEN (1995) e MARSCHNER (1995). A ausência deste ainda impede que a síntese da clorofila seja executada com perfeição

#### **4.10.3 Aspectos estruturais das folhas dos indivíduos submetidos à carência de ferro (Fe)**

Estruturalmente, as secções transversais das lâminas foliares apresentaram as seguintes características:

A epiderme apresenta-se formada por células pequenas e de tamanhos regulares, assemelhando-se ao controle. Nesta camada estão presentes os estômatos, que apresentam características típicas do gênero e semelhantes ao controle (Figura 04 – K).

A camada hipodérmica é constituída por células grandes, em ambas as faces, igualando-se ao exemplar padrão.

O parênquima paliádico apresenta uma camada formada por células alongadas e outra desorganizada com células arredondadas, diferindo do encontrado no exemplar controle.

Os tecidos condutores apresentam distribuição semelhante ao controle, com presença de protofloema, metafloema, proto e metaxilema (Figura 13 – C).

#### **4.10.4 Aspectos estruturais das raízes dos indivíduos submetidos à carência de ferro (Fe)**

No que se refere a estrutura das raízes, as mesmas apresentam as seguintes características:

A rizoderme apresenta-se pluriestratificada, com três camadas, formadas por células pequenas e arredondadas. Dela originam-se vários tricomas (Figura 17 – B), não evidenciados no controle.

O córtex se apresenta formado por células arredondadas com tamanhos e formatos regulares.

A camada endodérmica é formada por células pequenas e de formato regulares com presença de estrias de Caspary.

O periciclo mostra-se formado por células levemente poliédricas, porém com pouca definição.

O cilindro central é composto pelos tecidos vasculares que se apresentam dispostos de maneira semelhante ao controle, com presença de metaxilema tardio (Figura 17 – C).

#### **4.11 Carência em Boro (B)**

##### **4.11.1 Aspectos morfológicos das raízes dos indivíduos submetidos à carência de boro (B)**

As raízes mostram-se mais grossas porém menos numerosas que no exemplar controle. Há longas raízes secundárias, com coloração negra, confirmando a descrição encontrada em LAHAV & TURNER (1992) e GOWEN (1995) (Figura 11 – A ).

##### **4.11.2 Aspectos morfológicos das folhas dos indivíduos submetidos à carência de boro (B)**

Morfologicamente, as lâminas foliares dos indivíduos submetidos a ausência desse nutriente, apresentam as seguintes características:

As folhas apresentam redução na área foliar, encurvam e deformam, ocorrendo também o amarelecimento e estriação da lâmina foliar, confirmando a descrição feita por PERTIN & DAS (1996) (Figura 12 – E).

Ainda de acordo com MARSCHNER (1995), o referido elemento é responsável pelo metabolismo de ácidos nucleicos, de fenóis, de carboidratos e principalmente pela síntese de auxina, essencial para o bom desenvolvimento vegetal.

##### **4.11.3 Aspectos estruturais das folhas dos indivíduos submetidos à carência de boro (B)**

A epiderme mostra-se formada por células pequenas e regulares, igualando-se ao controle. Nesta camada estão localizados os estômatos, que são semelhantes ao controle (Figura 04 – L).

A camada hipodérmica é constituída por células grandes e de tamanhos diferentes na face adaxial. Já na face abaxial, as células formadoras desta camada apresentam tamanhos menores, característica diferente do que foi visualizado no controle.

O parênquima paliádico apresenta-se composto por células alongadas dispostas em duas camadas, mas há organização apenas na primeira.

O parênquima lacunoso apresenta diminuição de suas lacunas, sendo que no lugar das mesmas há ocorrência de células de preenchimento.

Existem numerosos sistemas vasculares com presença dos tecidos condutores na ordem normal de ocorrência, porém em alguns, as células do protoxilema apresentam-se maiores. As células do profloema também mostram-se maiores quando comparadas ao controle, conforme descreveu LAHAV & TURNER (1992) (Figura 14 – C).

#### **4.11.4 Aspectos estruturais das raízes dos indivíduos submetidos à carência de boro (B)**

As raízes dos exemplares apresentaram as descrições abaixo, quando em secção transversal

A rizoderme é pluriestratificada, com três camadas formadas por células pequenas e com formatos semelhantes, característica diferente do encontrado no exemplar controle.

O córtex inicialmente é composto por células arredondadas que tendem a adquirir formato poliédrico a medida que se aproximam do cilindro central. Também não evidencia-se a presença de lacunas.

A endoderme é constituída por células arredondadas com tamanhos regulares, distribuídas em uma única camada conforme o encontrado no controle.

O periciclo apresenta-se formado por células com características semelhantes ao que foi visualizado no exemplar padrão.

O cilindro central apresenta a distribuição dos vasos condutores conforme a distribuição encontrada no exemplar padrão (Figura 18 – B).

## **4.12 Carência em Manganês**

### **4.12.1 Aspectos morfológicos das raízes dos indivíduos submetidos à carência de manganês (Mn)**

As raízes destes exemplares apresentam uma maior espessura e menor comprimento quando comparados ao controle. As raízes secundárias mostram-se mais desenvolvidas e com coloração que varia do amarelado ao negro (Figura 11 – D).

### **4.12.2 Aspectos morfológicos das folhas dos indivíduos submetidos à carência de manganês (Mn)**

As folhas mais jovens apresentam cloroses marginais que se iniciam nas bordas e se estendem por toda a folha, confirmando o que foi descrito em PIQUE et al (1996) e JARAMILLO & GARITA (1981). A folha bandeira adquire coloração verde pálida. (Figura 12 – D).

Ainda segundo MARSCHNER (1995), a deficiência em manganês causa sintomas semelhantes ao cálcio, pois além de doador de elétrons para a clorofila durante o processo fotossintético, é atuante na síntese da clorofila, na formação, multiplicação e funcionamento dos cloroplastos.

### **4.12.3 Aspectos estruturais das folhas dos indivíduos submetidos à carência de manganês (Mn)**

A epiderme é composta por células pequenas e regulares, semelhantes ao encontrado no controle. Os estômatos presentes nesse exemplar apresentam características semelhantes as encontradas nos indivíduos controle (Figura 04 – M).

A camada hipodérmica se apresenta formada por células grandes e regulares, conforme o descrito no controle.

O parênquima paliádico mostra-se composto por duas camadas de células alongadas com idioblastos, conforme o que foi descrito no exemplar padrão (Figura 15 – A).

Com relação aos tecidos condutores, há um aumento no número e no tamanho das células que compõem o protofloema e também nas que compõem o protoxilema (Figura 15 – B).

#### **4.12.4 Aspectos estruturais das raízes dos indivíduos submetidos à carência de manganês (Mn)**

Com relação as secções transversais das raízes cultivadas nessas condições, foram encontradas as seguintes características:

A rizoderme é formada por células arredondadas e de tamanho uniforme, semelhante ao controle.

O córtex é composto por células arredondadas também semelhantes ao controle.

A endoderme está presente, com células arredondadas e dispostas de forma sinuosa.

O periciclo é constituído por células de formato poliédrico com características normais.

O cilindro central mostra-se com os tecidos condutores dispostos de forma semelhante ao controle, porém com diminuição no tamanho do diâmetro da secção , quando esta é comparada ao controle (Figura 17 – A).

#### **4.13 Carência em Molibdênio (Mo)**

##### **4.13.1 Aspectos morfológicos das raízes dos indivíduos submetidos à carência de molibdênio (Mo)**

As raízes cultivadas em ausência de molibdênio apresentam características semelhantes ao controle no que se refere ao tamanho e número (Figura 11 – B).

#### **4.13.2 Aspectos morfológicos das folhas dos indivíduos submetidos à carência de molibdênio (Mo)**

Conforme as descrições de LAHAV & TURNER (1992), GOWEN (1995), PERTIN & DAS (1996) e PIQUE et al ( 1996), os indivíduos cultivados em ausência de molibdênio (Mo), comportam-se de forma semelhante ao exemplar controle, apresentando folhas bem desenvolvidas e com coloração característica da espécie (Figura 12 – B).

#### **4.13.3 Aspectos estruturais das folhas e raízes dos indivíduos submetidos à carência de molibdênio (Mo)**

Estruturalmente as secções transversais registram características semelhantes ao controle em todos os tecidos analisados, tanto para os estômatos (Figura 04 – H), quanto para a secção folha (Figura 14 – B) como também para raiz, porém nesta última, ocorre aumento na espessura quando esta é comparada ao controle (Figura 18 – A ).

Além disso, este nutriente é responsável por equilibrar a quantidade de nitratos, açúcares e ácido ascórbico nos tecidos e também exerce influência sobre a formação do fruto. Sendo assim, o presente nutriente apesar de não apresentar sintomas, altera o funcionamento de várias estruturas causando danos à fase de frutificação da espécie em questão MARSCHNER (1995).

#### 4.14 Síntese dos resultados

**Quadro 01:**

Ausência de Macronutrientes	Aspectos Morfológicos	
	Folha	Raiz
<b>Nitrogênio (N)</b>	<p>Redução no desenvolvimento e crescimento do órgão.            Coloração verde clara e amarelada.            Presença de necroses e cloroses nas folhas mais antigas, porque este nutriente é móvel.            Morte do órgão em 2 meses após o plantio.</p>	<p>Redução no comprimento e no número de raízes.            Coloração amarelada.            Fragilidade ao toque.            Redução no número de raízes secundárias.</p>
<b>Magnésio (Mg)</b>	<p>Redução no crescimento e desenvolvimento.            Amarelecimento da região central das folhas antigas, devido à mobilidade do nutriente.            A folha bandeira torna-se amarela com deformidades na lâmina foliar.</p>	<p>Redução no número e tamanhos das raízes.            Coloração escura.            Fragilidade ao toque.</p>
<b>Enxofre (S)</b>	<p>Variação na cor nas primeiras folhas do verde claro ao amarelo.            Necroses nas folhas mais antigas.            A folha bandeira enrola-se e torna-se clorótica.</p>	<p>Redução no desenvolvimento e no número de raízes.            Coloração variando do amarelado ao negro.</p>
<b>Potássio (K)</b>	<p>Cloroses e necroses nas folhas mais antigas, que iniciam na periferia e tomam conta do órgão, levando-o à morte.            Redução na área foliar e no número de lâminas por indivíduos.</p>	<p>Redução no número e tamanho das raízes.            Maior quantidade de raízes secundárias com coloração negra.</p>
<b>Cálcio (Ca)</b>	<p>Necroses e cloroses periféricas que se espalham por toda a lâmina.            Deformidades na folha bandeira, que apresenta-se pouco desenvolvida ou sem a lâmina.</p>	<p>Redução no número e tamanho das raízes.            Maior quantidade de raízes secundárias com coloração negra.</p>
<b>Fósforo (P)</b>	<p>Crescimento lento.            Aparecimento de cloroses e de pontos necróticos por toda a lâmina.</p>	<p>Raízes curtas.            Poucas raízes secundárias.            Coloração que varia do amarelado ao negro.</p>



**Quadro 02:**

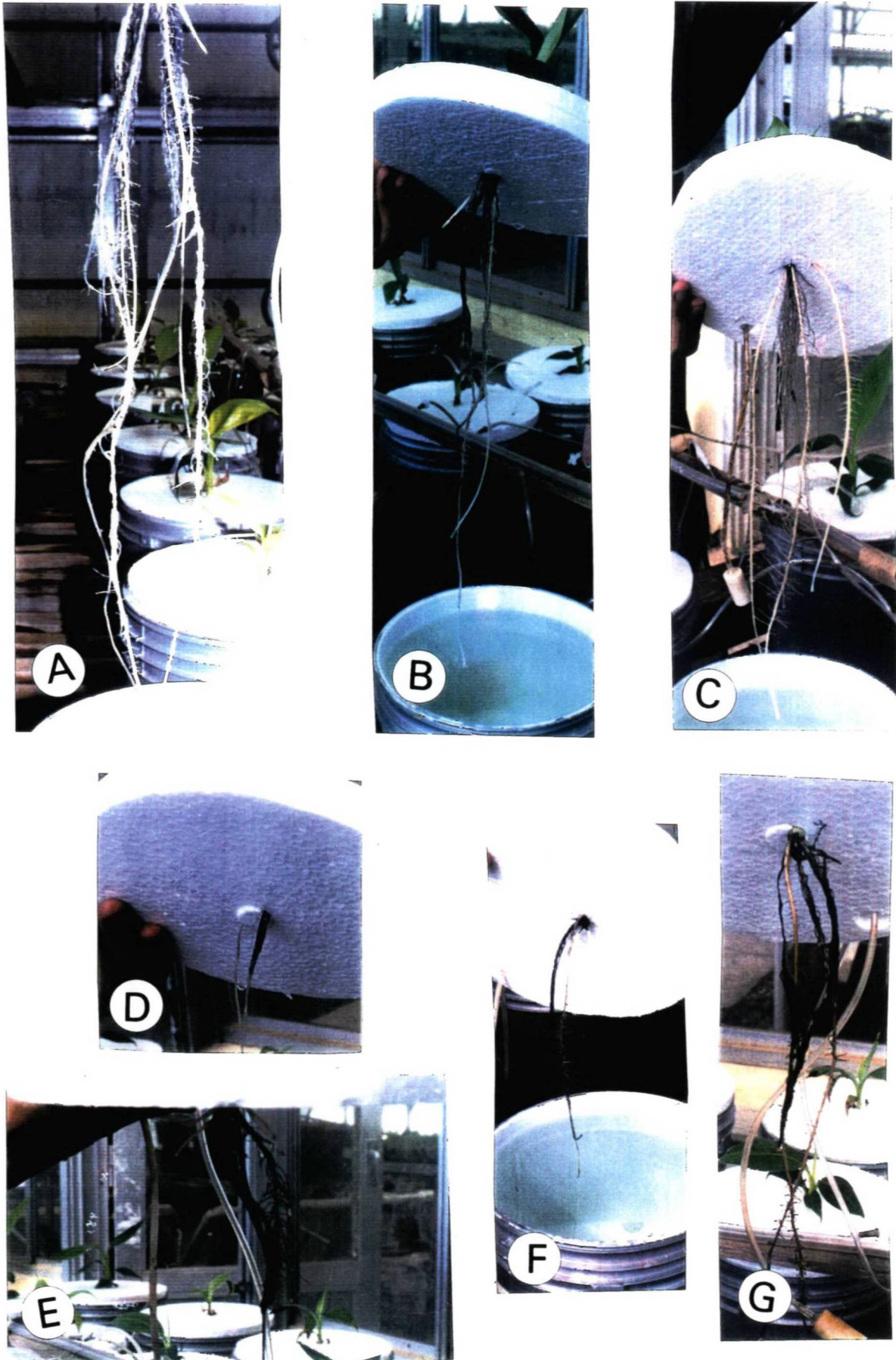
Ausência de Macronutrientes	Aspectos Estruturais	
	Folha	Raiz
Nitrogênio (N)	<p>Epiderme com células pequenas e irregulares. Estômatos regulares. O parênquima paliçádico é formado por uma única camada bem definida, seguida de outra desorganizada. Maior quantidade de feixes vasculares. Redução na espessura da secção.</p>	<p>Córtex por células com redução de tamanho, principalmente próximo à região medular. Endoderme pouco definida. Periciclo formado por células irregulares.</p>
Magnésio (Mg)	<p>O parênquima paliçádico é formado por uma camada bem definida de células arredondadas. Parênquima lacunoso com redução das lacunas. Redução nas células que compõem o sistema vascular. Presença de tanino. Redução na espessura da secção.</p>	<p>Periciclo formado por células irregulares na forma e tamanho. Redução na região medular.</p>
Enxofre (S)	<p>Hipoderme formada por células grandes e irregulares. Ausência de lacunas no parênquima lacunoso. Aumento nas células do meta e protofloema, porém houve redução nas que formam o protoxilema.</p>	<p>Rizoderme composta por células pequenas e numerosas. Córtex formado por células irregulares que diminuem quando se aproximam da endoderme.</p>
Potássio (K)	<p>Estômatos com aberturas irregulares. Hipoderme constituída por células grandes e irregulares. Redução nas lacunas do parênquima lacunoso. Redução nas células do sistema vascular. Grande quantidade de tanino.</p>	<p>Rizoderme pluriestratificada. Região cortical com lacunas. Redução no diâmetro da amostra.</p>
Cálcio (Ca)	<p>Estômatos com irregularidades na abertura. Lacunas grandes.</p>	<p>Aumento do diâmetro da amostra. Periciclo formado por células poliédricas mas desorganizadas.</p>
Fósforo (P)	<p>Hipoderme da face abaxial é formada por células irregulares. Parênquima paliçádico disposto em uma única camada. Redução nas lacunas e presença de células de preenchimento. Sistema vascular reduzido. Presença de tanino.</p>	<p>Rizoderme composta por células pequenas e irregulares. Córtex com células grandes que diminuem de tamanho ao se aproximar da endoderme. Periciclo não evidenciado. Sistema vascular reduzido.</p>

**Quadro 03:**

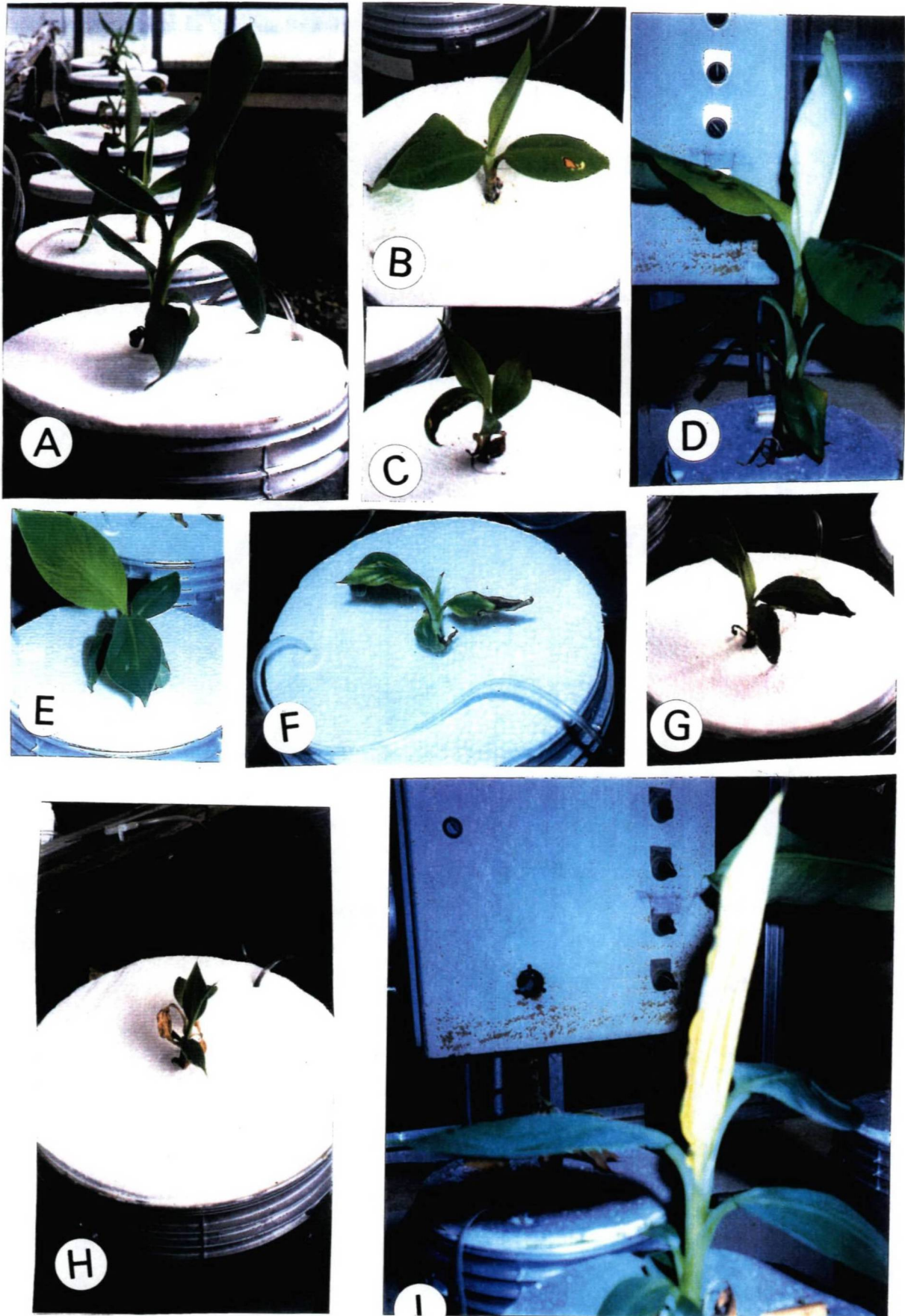
Ausência de Micronutrientes	Aspectos Morfológicos	
	Folha	Raiz
Cobre (Cu)	Pontos necróticos crescentes em todas as folhas. Aumento da sensibilidade a fungos e vírus. Acúmulo de antocianinas nas folhas antigas.	Aumento no número de raízes secundárias e na espessura destes componentes. Redução no comprimento das mesmas.
Zinco (Zn)	Acúmulo de antocianinas na folha bandeira no estágio inicial de desenvolvimento. Coloração verde pálida a amarelada. Redução no tamanho da lâmina foliar.	Raízes curtas, pouco numerosas e com coloração escura.
Ferro (Fe)	Folha bandeira com coloração amarelada. Presença de cloroses e necroses por toda as folhas. Morte após dois meses e meio do plantio.	Acúmulo de antocianinas. Redução das raízes. Redução no tamanho e número das raízes secundárias.
Molibdênio (Mo)	Regiões amareladas na folha mais velhas.	Normais.
Manganês (Mn)	Cloroses que se expandem por toda a folha. Folha bandeira adquire coloração verde pálida.	Raízes mais grossas e menos numerosas. Raízes secundárias escurecidas.
Boro (B)	Presença de estriações e amarelecimento das lâminas. Deformações e até ausência de lâmina foliar.	Raízes grossas e menos numerosas. Grande quantidade de raízes secundárias com coloração escura.

Quadro 04:

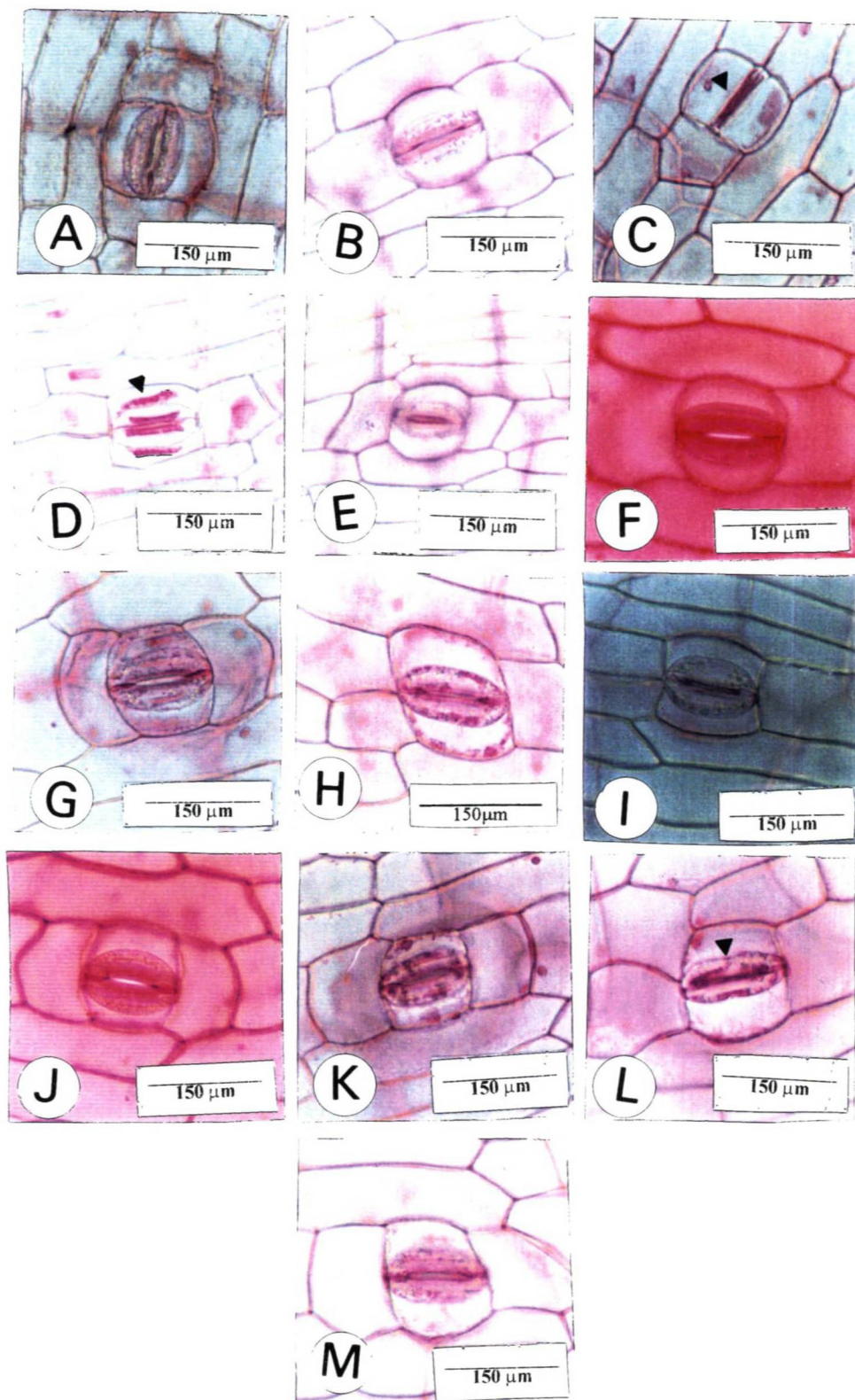
Ausência de Micronutrientes	Aspectos Estruturais	
	Folha	Raiz
Cobre (Cu)	Epiderme com células grandes e irregulares. Hipoderme com células maiores que o controle. Lacunas grandes. Aumento da espessura da secção.	Rizoderme pluriestratificada com três camadas. Região cortical com lacunas. Periciclo composto por células arredondadas.
Zinco (Zn)	Redução no número de lacunas. Presença de células de preenchimento no local das lacunas.	Redução no diâmetro da amostra. Células corticais com aparência retangular.
Ferro (Fe)	Desorganização das camadas do parênquima paliçádico. Redução nas lacunas. Redução na espessura da secção.	Rizoderme pluriestratificada. Presença de numerosos tricomas. Periciclo com pouca definição.
Manganês (Mn)	Hipoderme com células irregulares. Aumenta no tamanho das células que compõem o tecido vascular. Redução no número e tamanho das lacunas.	Redução no diâmetro da amostra. Endoderme disposta de forma sinuosa.
Molibdênio (Mo)	Características semelhantes ao controle.	Aumento do diâmetro da amostra. Córtex formado por células pequenas.
Boro (B)	Hipoderme abaxial com células menores e irregulares. Diminuição nas lacunas, com presença de células de preenchimento. Redução nos feixes vasculares.	Rizoderme pluriestratificada. Córtex com células com formatos retangulares e irregulares quanto ao tamanho.



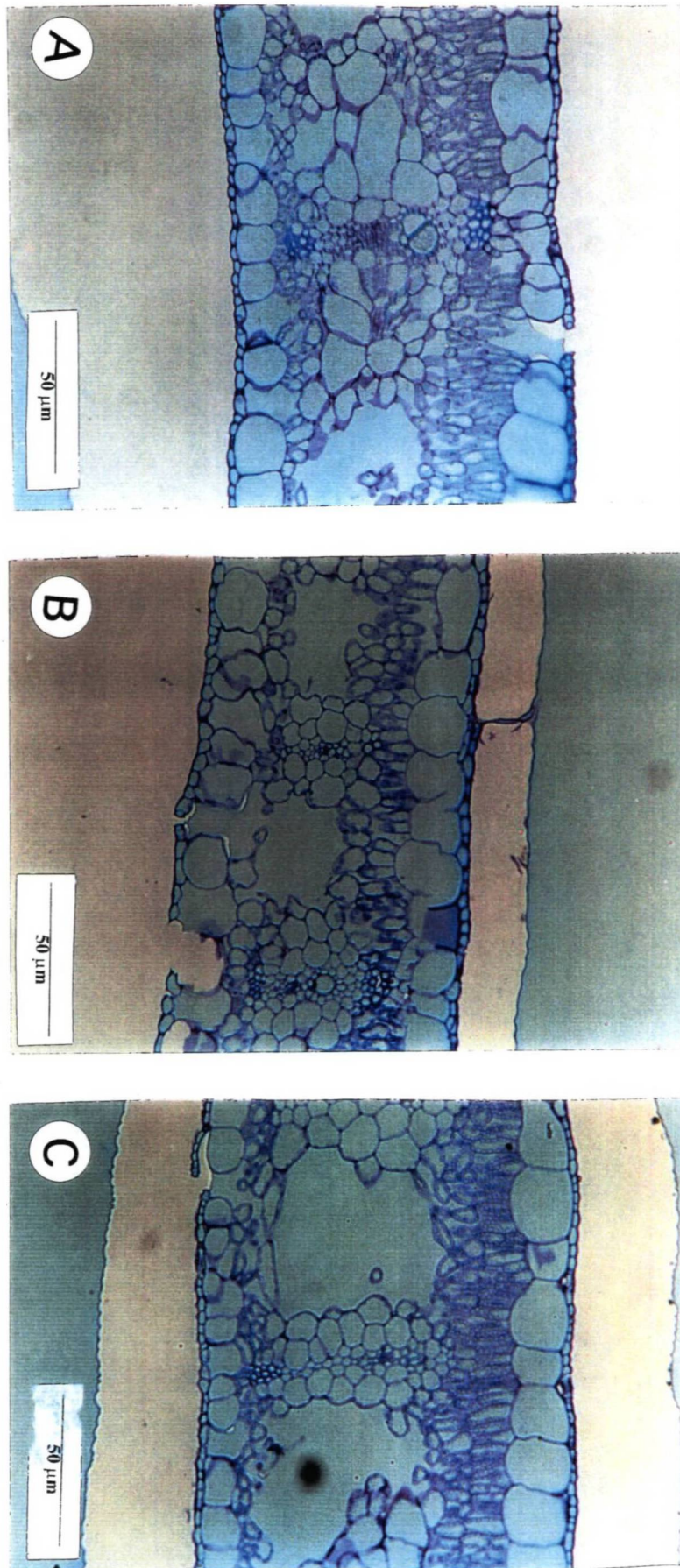
**Figura 02:** Raízes de *Musa acuminata*. A – Controle. B- Sem magnésio (Mg). C – Sem nitrogênio (N). D – Sem potássio (K). E – Sem cálcio (Ca). F – Sem enxofre (S). G – Sem fósforo (P).



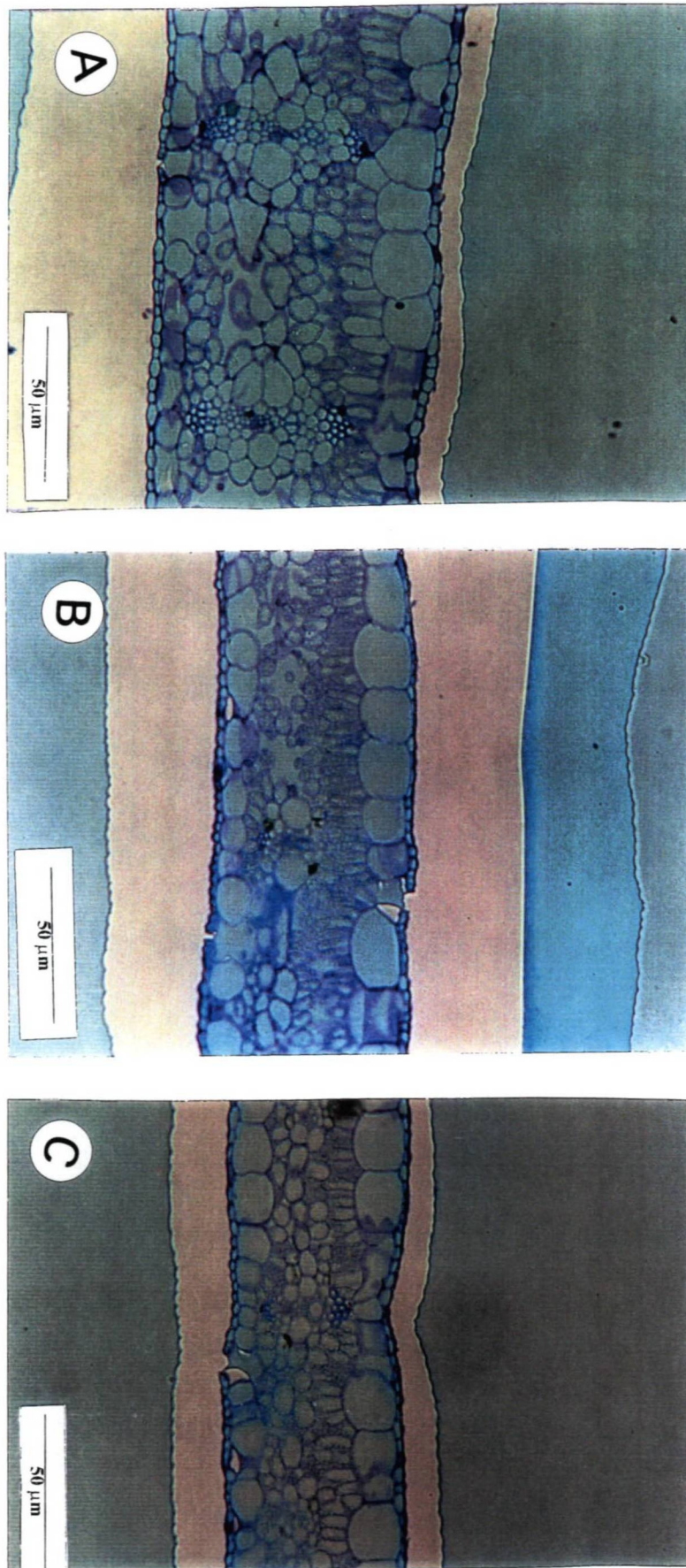
**Figura 03:** Folhas de *Musa acuminata*. A- Controle. B e C – Sem nitrogênio (N). D e E – Sem enxofre (S). F – Sem cálcio (Ca). G – Sem fósforo (P). H – Sem potássio (K). I – Sem magnésio (Mg).



**Figura 04:** Estômatos de *Musa acuminata*. A- Controle. B – Sem fósforo (P). C – Sem cálcio (Ca). D – Sem potássio (K). E – Sem enxofre (S). F – Sem nitrogênio (N). G – Sem magnésio (Mg). H – Sem molibdênio (Mo). I – Sem cobre (Cu). J – Sem zinco (Zn). K – Sem ferro (Fe). L – Sem boro (B). M – Sem manganês (Mn).

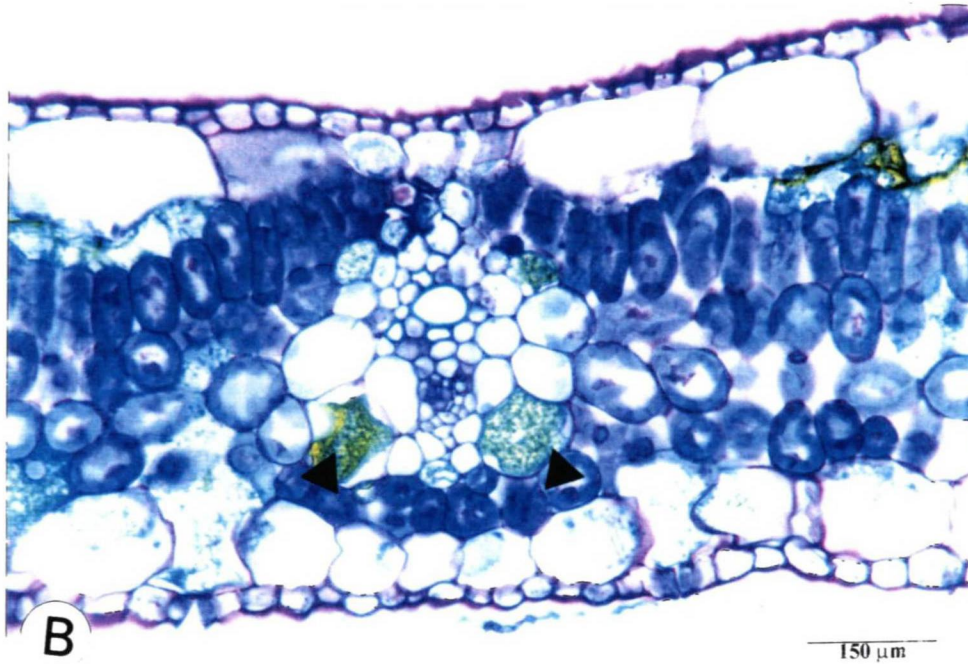
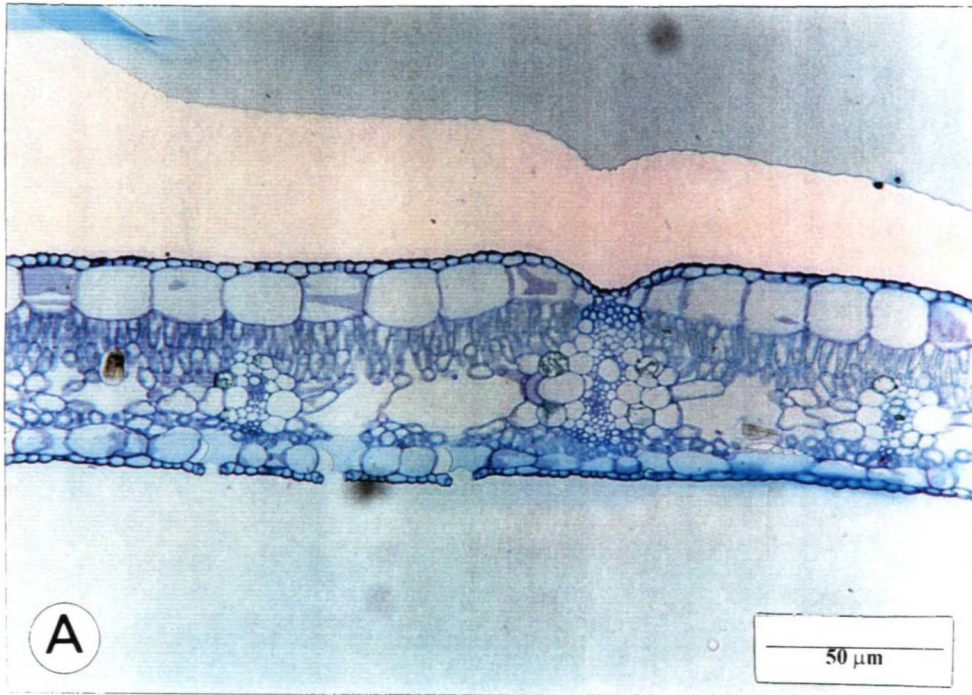


**Figura 05:** Secções transversais da lâmina foliar. A – Controle. B – Sem nitrogênio (N). C – Sem cálcio (Ca)

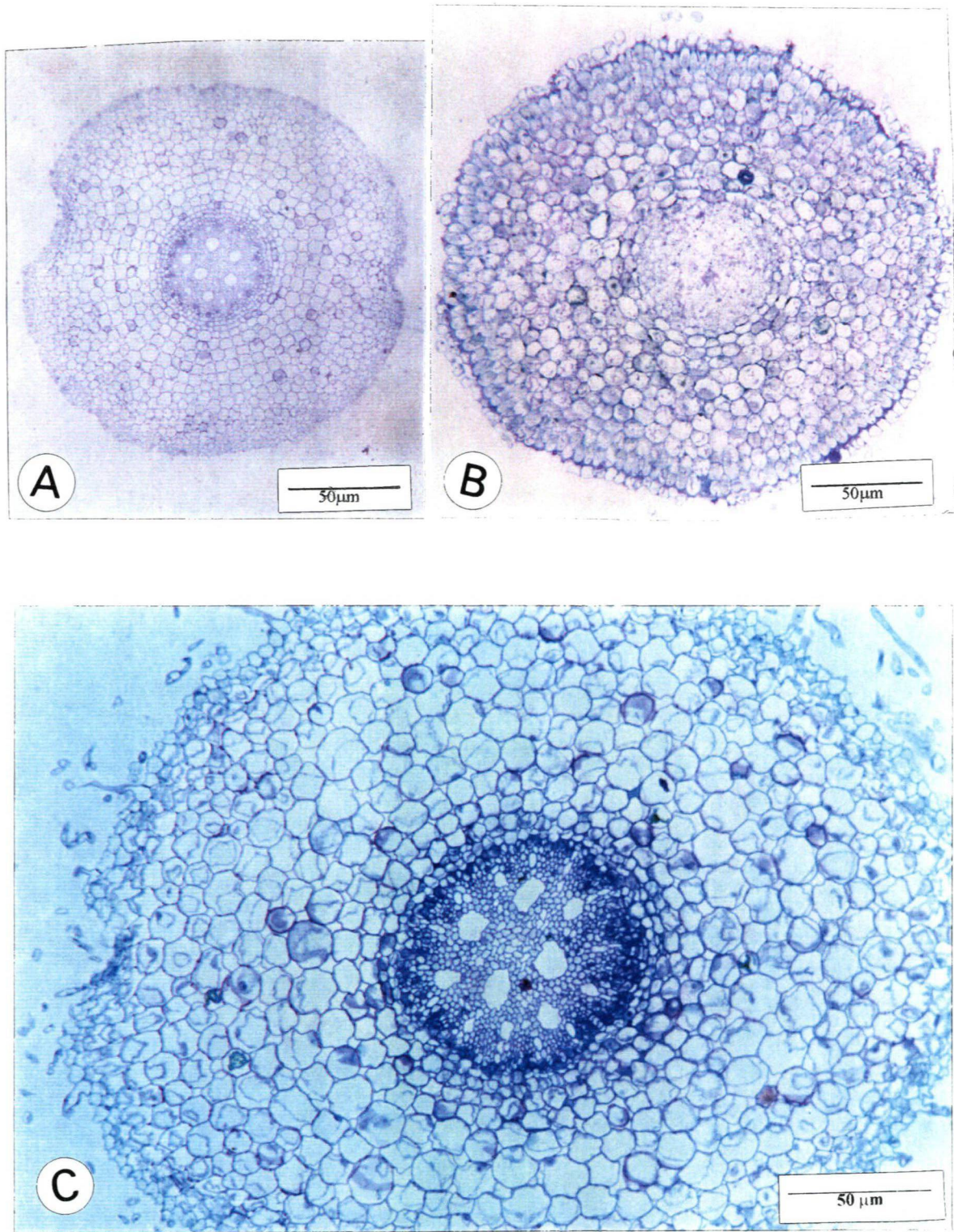


**Figura 06:** Secções transversais da lâmina foliar. A – Sem enxofre (S). B – Sem magnésio (Mg). C – Sem fósforo (P).

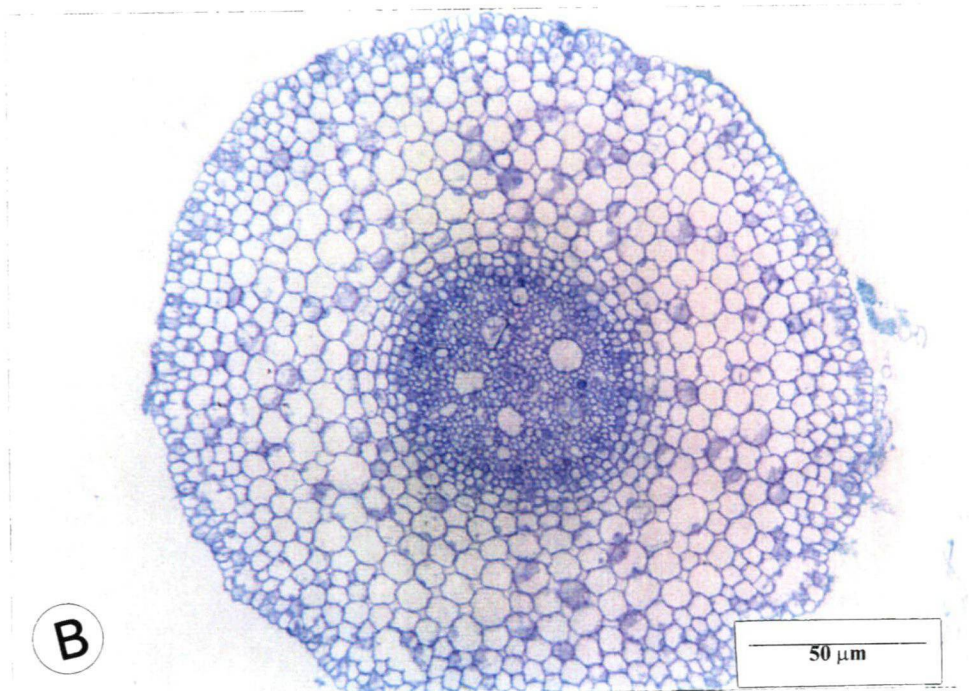
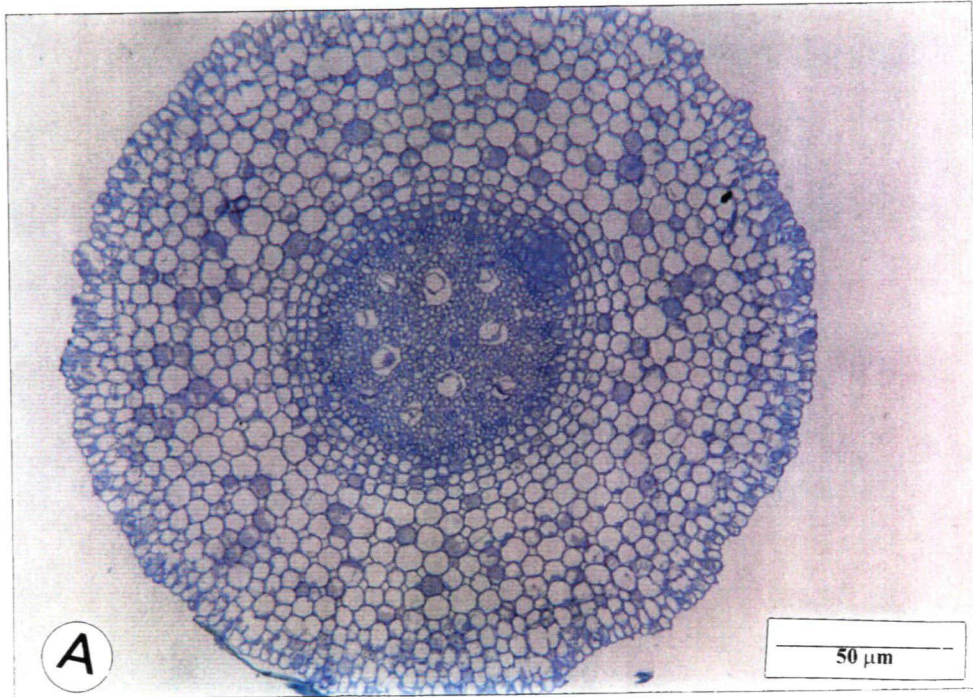




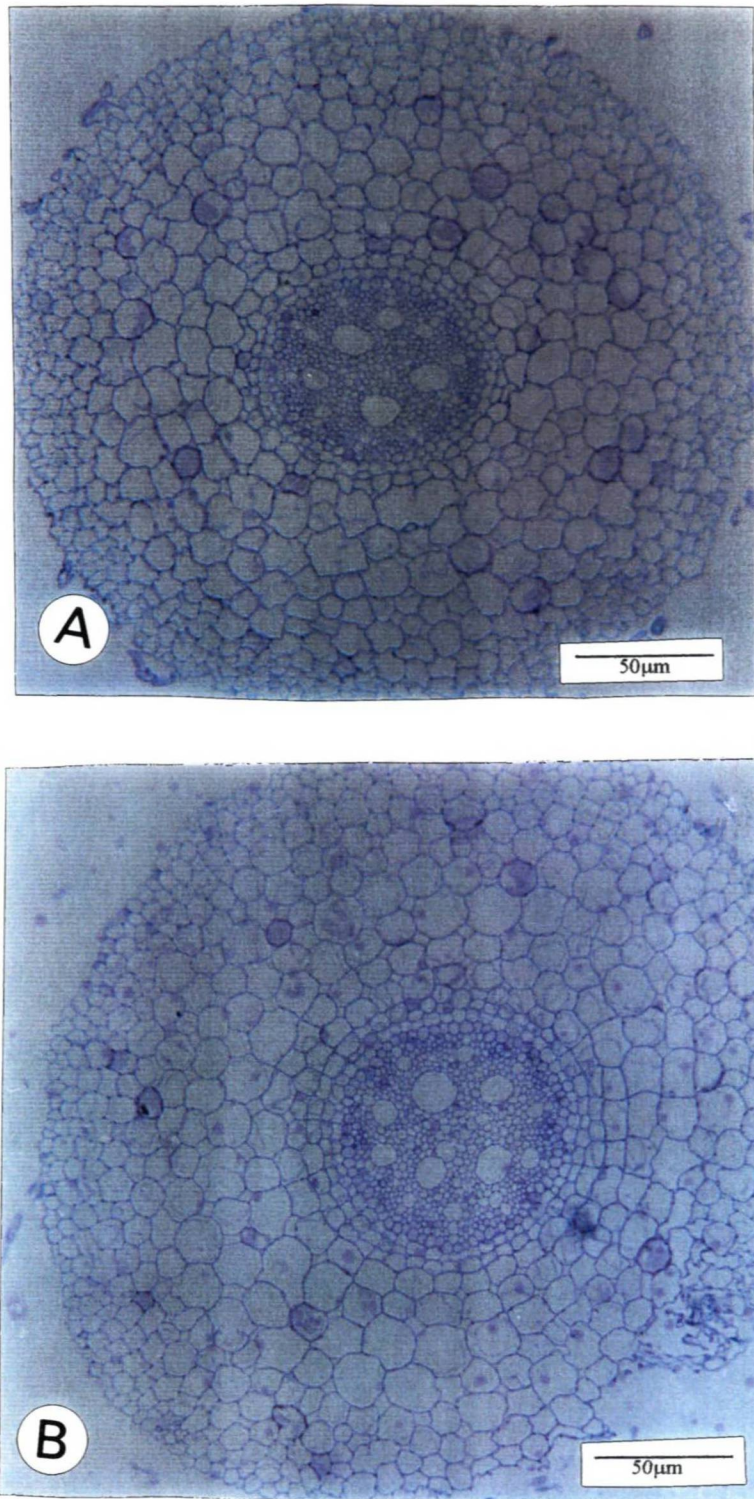
**Figura 07:** Secção transversais da lâmina foliar. A – Vista geral sem potássio (K). B – Sem potássio (K) - Compostos fenólicos em grande quantidade.



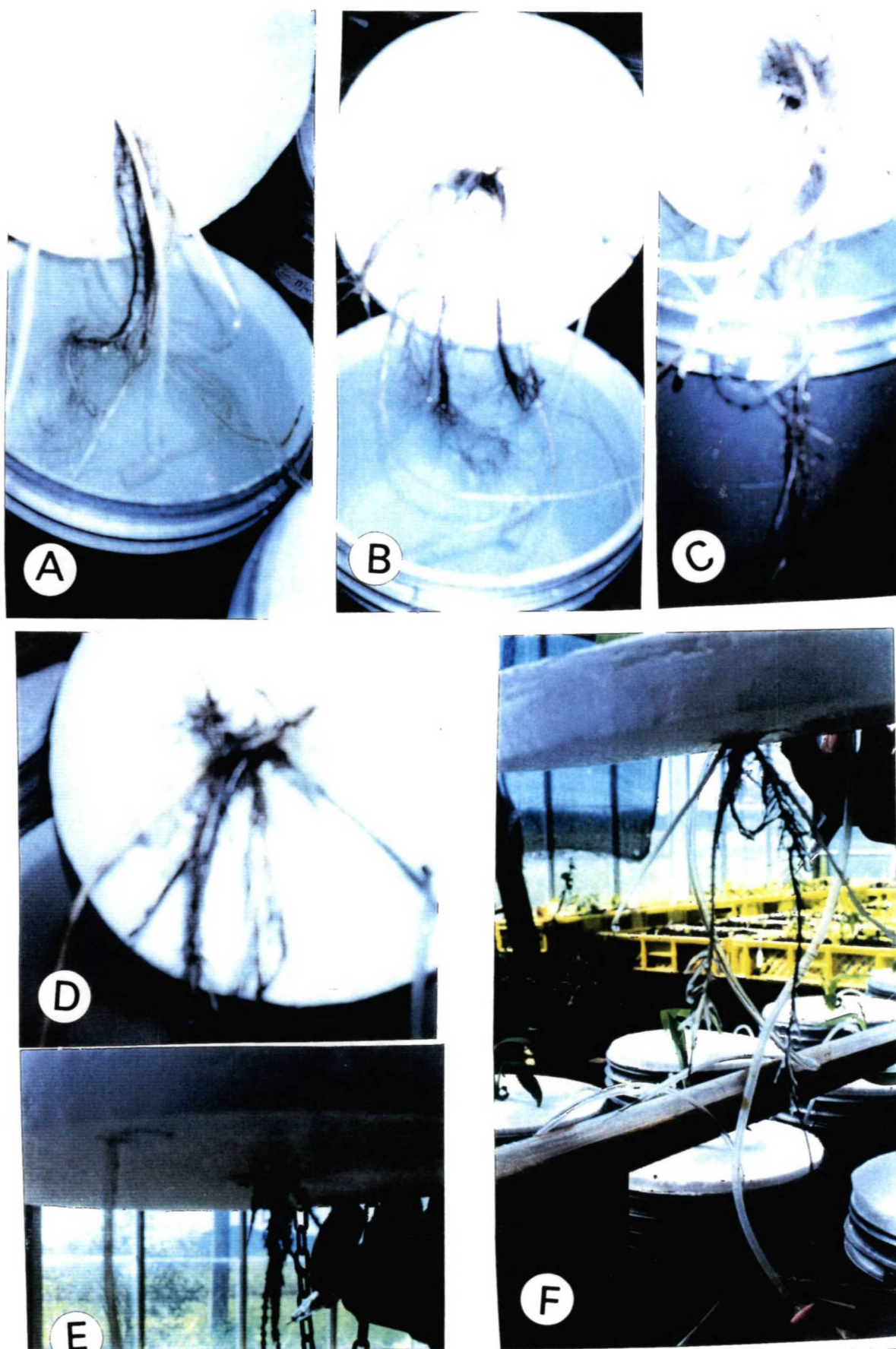
**Figura 08:** Secções transversais das raízes. A – Controle. B – Sem nitrogênio (N). C – Sem potássio (K).



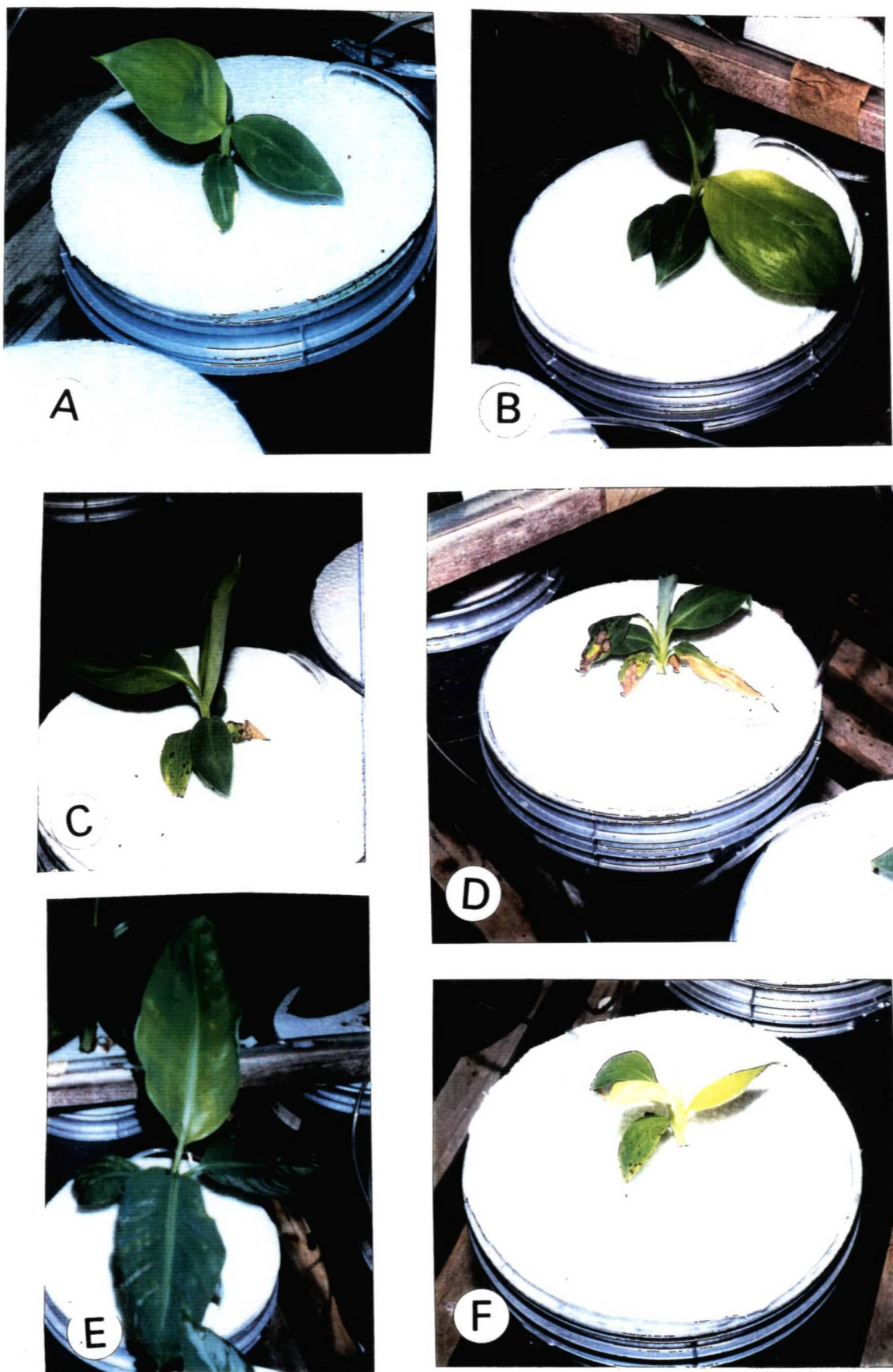
**Figura 09:** Secções transversais das raízes. A – Sem cálcio (Ca). B – Sem magnésio (Mg)



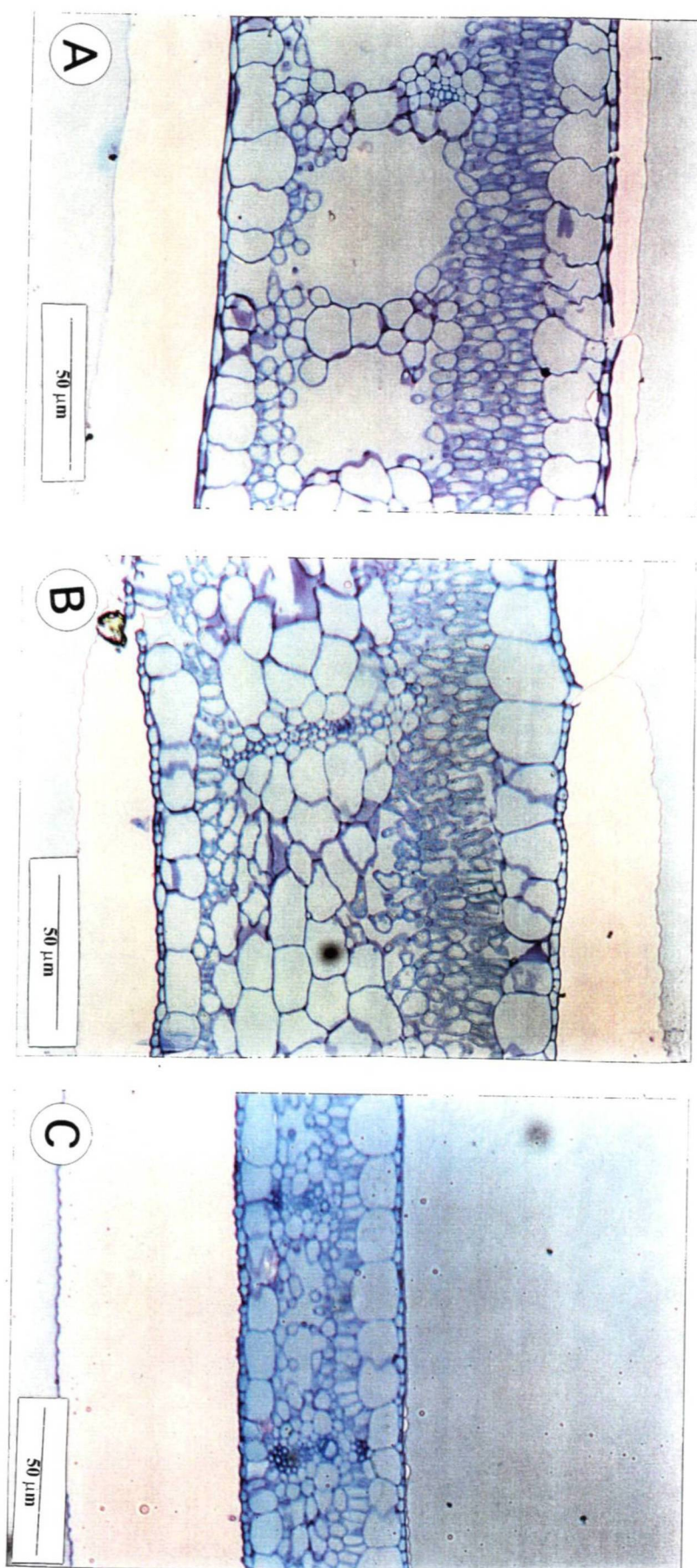
**Figura 10:** Secções transversais das raízes. A - Sem enxofre (S). B - Sem fósforo (P).



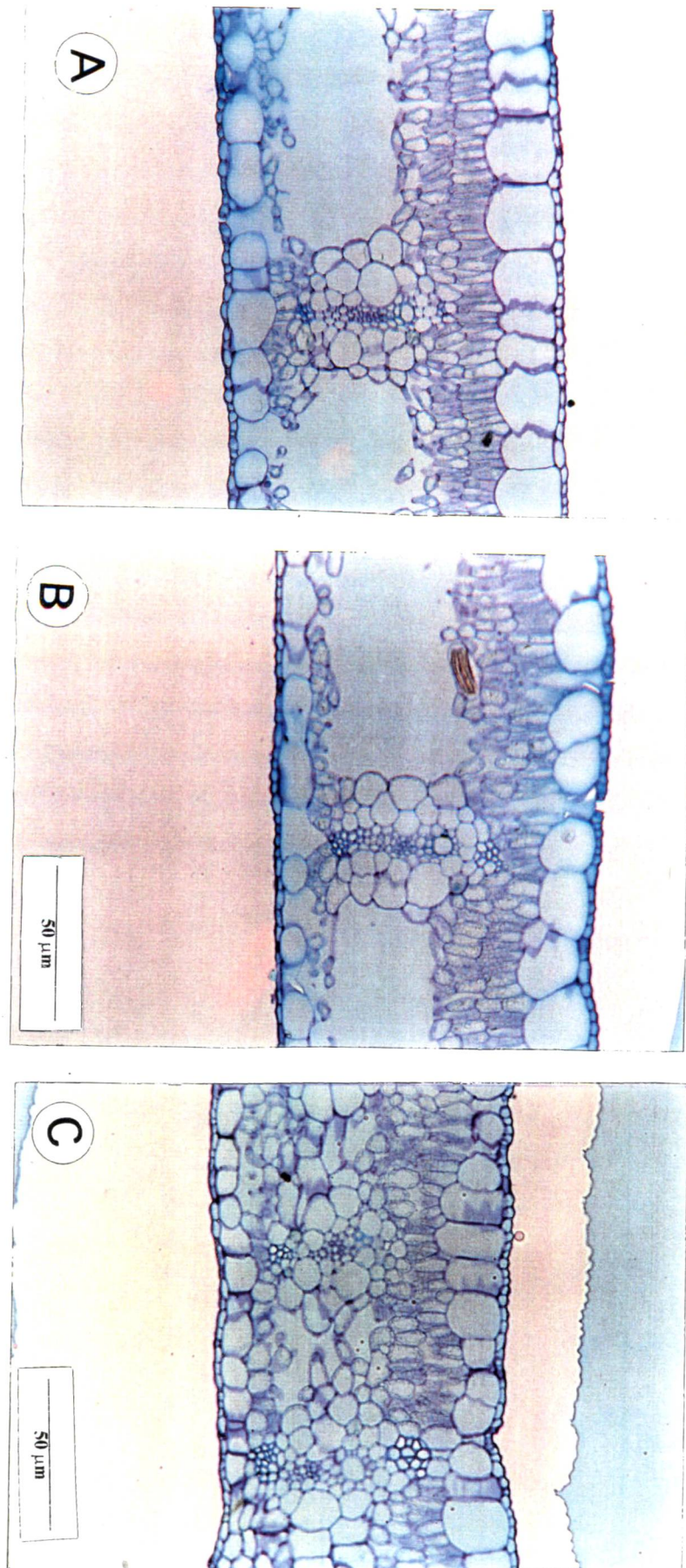
**Figura 11:** Raízes de *Musa acuminata*. A – Sem boro (B). B – Sem molibdênio (Mo). C – Sem cobre (Cu). D – Sem manganês (Mn). E – Sem ferro (Fe). F – Sem Zinco (Zn).



**Figura 12:** Folhas de *Musa acuminata*. A – Sem zinco (Zn). B – Sem molibdênio (Mo). C – Sem cobre (Cu). Sem manganês (Mn). E – Sem boro (B). F – Sem ferro (Fe).

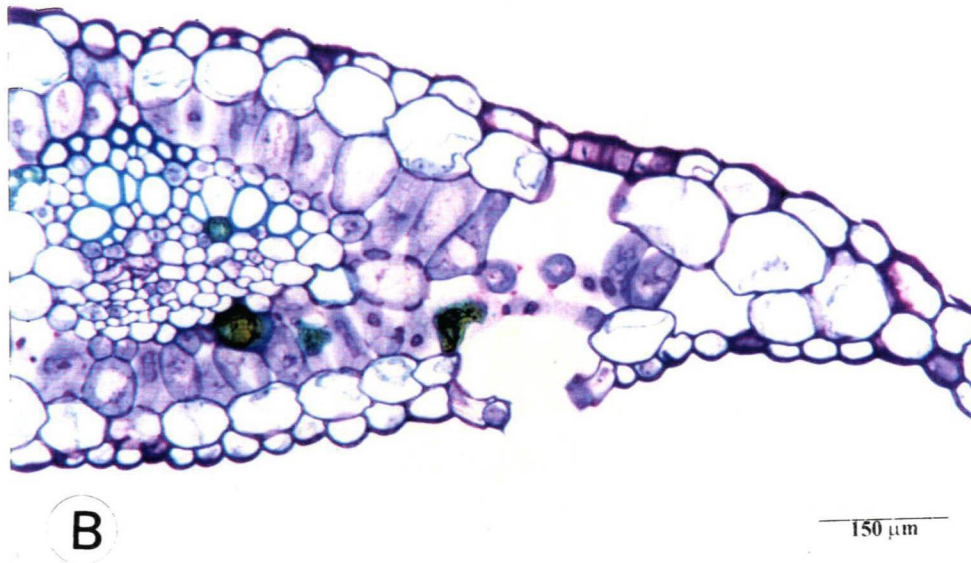
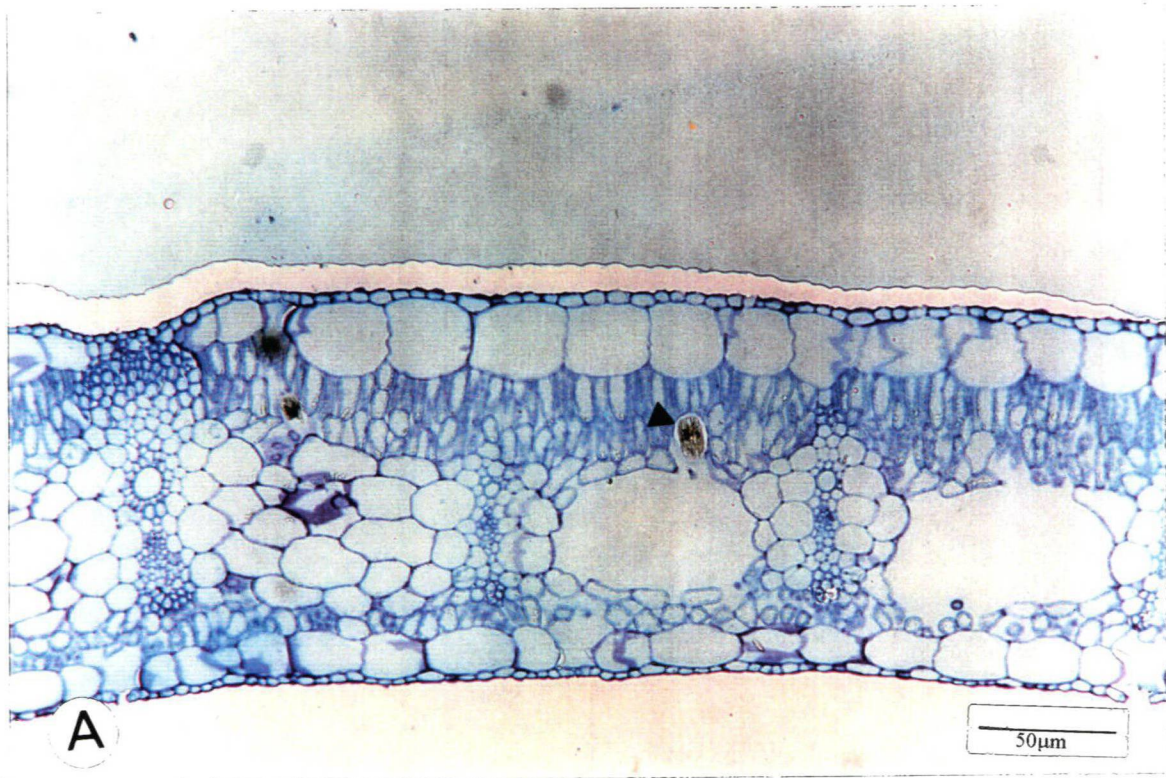


**Figura 13:** Secções transversais da lâmina foliar. A – Sem cobre (Cu). B – Sem zinco (Zn). C – Sem ferro (Fe).

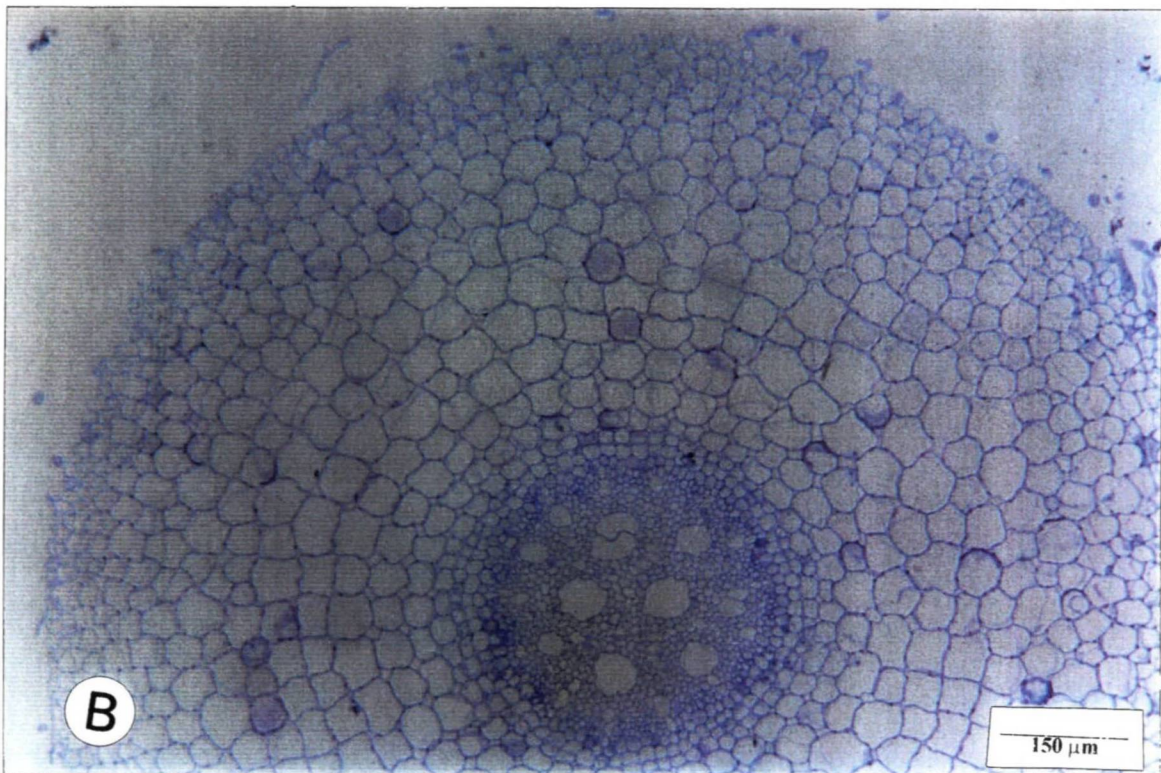
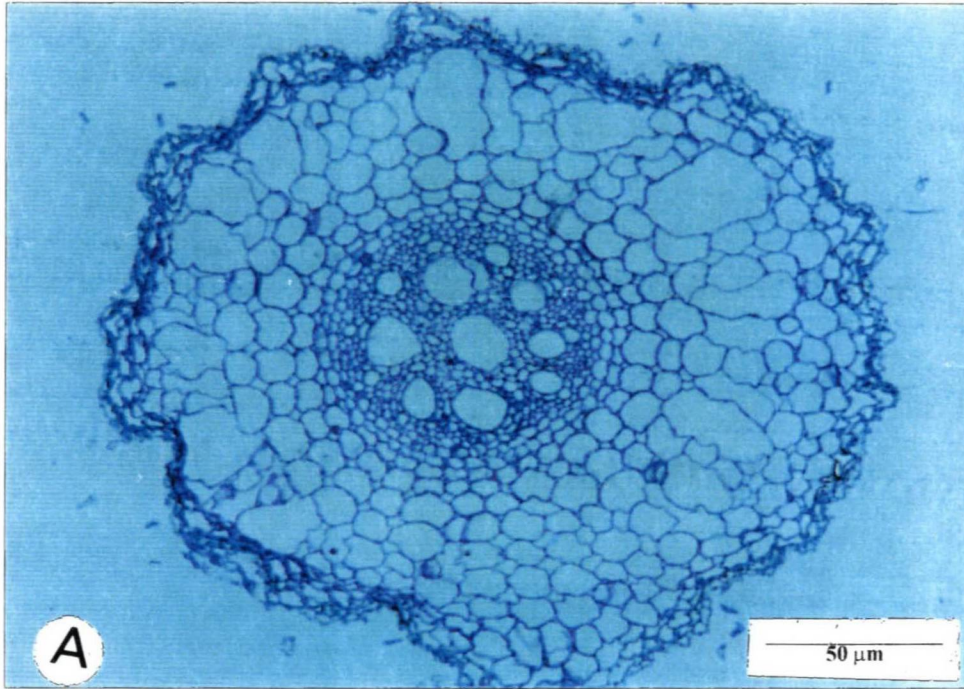


**Figura 14:** Secções transversais da lâmina foliar. A – Controle. B – Sem molibdênio (Mo). C – Sem boro (B).

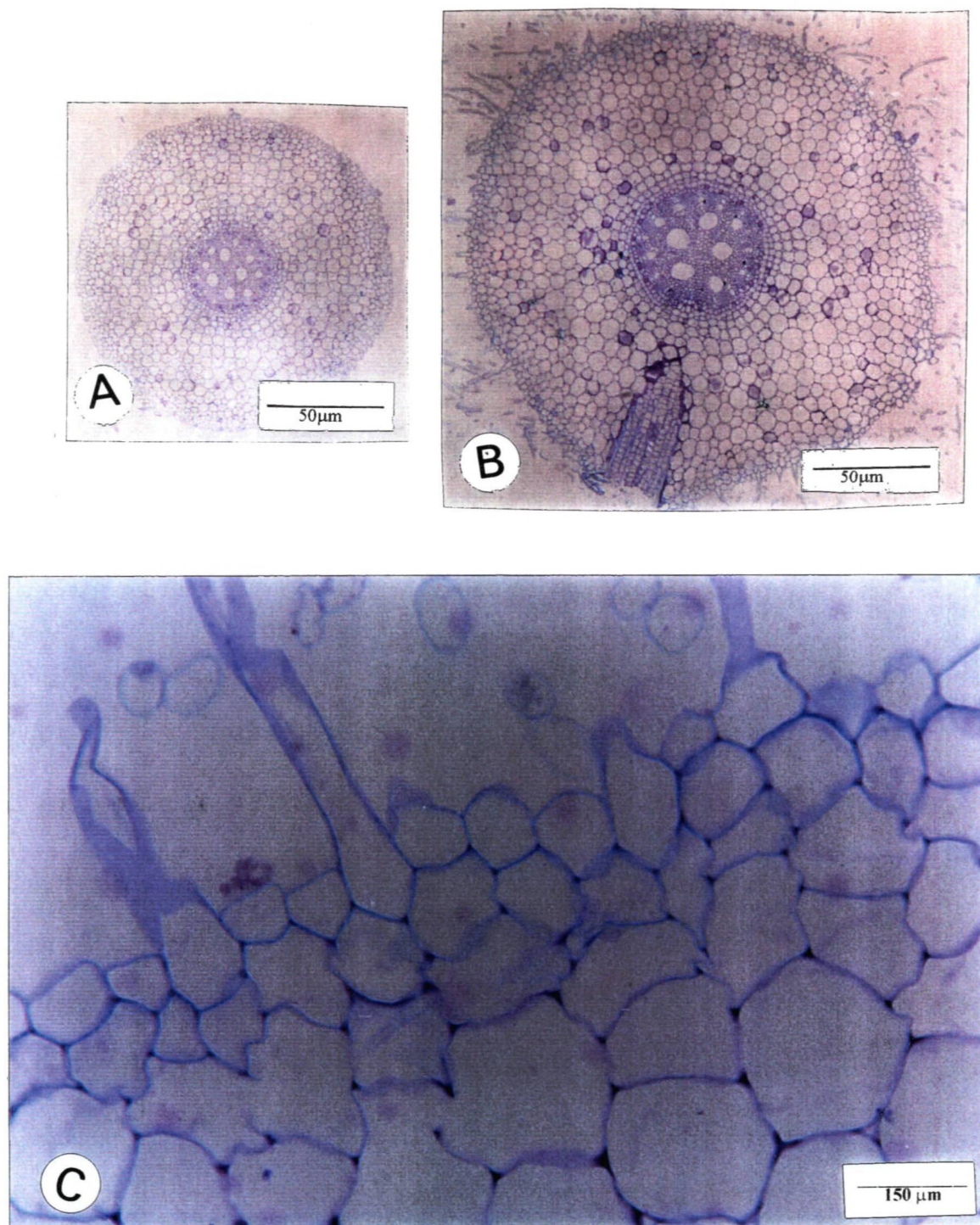




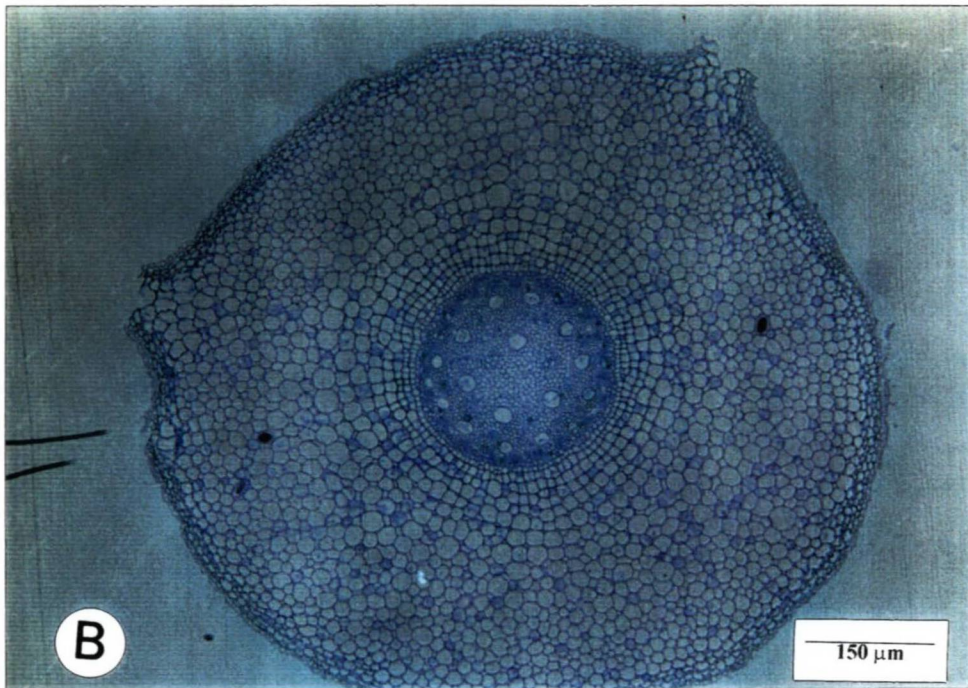
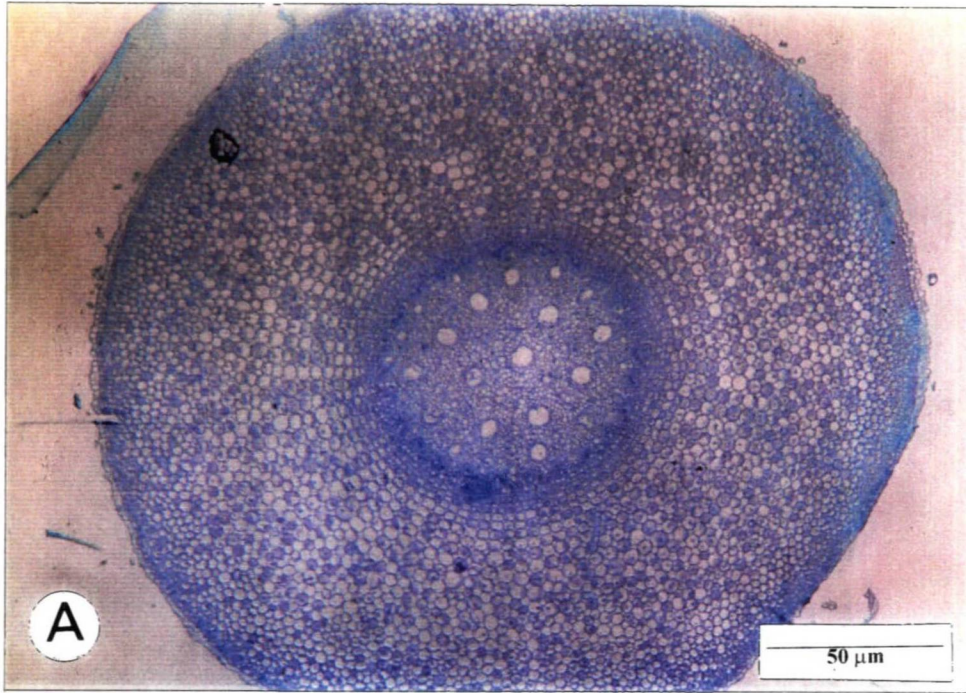
**Figura 15:** Secções transversais da lâmina foliar. A – Vista geral sem manganês (Mn). B- Detalhe sem manganês (Mn).



**Figura 16:** Secções transversais das raízes. A – Sem cobre (Cu). B – Sem zinco (Zn).



**Figura 17:** Secções transversais das raízes. A – Sem manganês (Mn). B – Sem ferro (Fe). C – Detalhe dos tricomas sem ferro (Fe).



**Figura 18:** Secções transversais das raízes. A – Sem molibdênio (Mo). B – Sem boro (B)

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALQUINI, Y. 1992 Anatomia dos órgãos vegetativos de *Musa rosaceae* Jacq. Instituto de Biociências, USP – SP. p. 60-94
- ARAÚJO, J. B. de; GHEVI, H. R.; AZEVEDO, N. C. de, SANTO, J. G. R. 1995. Efeitos da salinidade do crescimento e no teor de nutrientes em cultivares de bananeira. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 19 : 3, 417-422
- BENNET, H.S. 1976. Science and art in preparing tissues embedded in plastic for light microscopy, with special reference to glycol methacrylate, glass knives and simple stains. N. 55, v. 1, p. 71-97.
- BHOJWANI, S. S e RAZDAN, M. K. 1983. Plant tissue culture: theory and practice.
- BLISKA, A & HONORIO, S. L. 1995. Cartilha Tecnológica – Hidroponia
- BROWSE, P. C. 1982. A propagação de plantas. Sociedade Real de Horticultura – Coleção Euroagro – Publicações Europa América.
- CUTTER, R 1986. Anatomia Vegetal. São Paulo : Rocca. p.99-173
- DAS, P. K. 1995. Effect of micronutrients on quality of banana cultivars. Journal of the Agricultural Science Society of North East India. 8 : 2, 211-215.
- DOP, P. & GAUTIÉ, A. Manual technique botanique. Histologie et microbie vegetales. Paria: J. Lamarre.
- EMATER 1996. Hidroponia ao alcance de todos. Cartilha técnica. Curitiba.
- EPAGRI. 1997. IX Curso de Bananicultura. Itajaí – SC. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Rural e da Agricultura de Santa Catarina. p. 27-36.
- ESAU, K. 1974. Anatomia das plantas com sementes. Blücher. São Paulo.
- FEDER, N & O'BRIENT, T. P. 1968 Plant microtechnique: some principles and new methods. American Journal Botanic. N. 55, v. 1, p. 123-142

- FERRI, M. G. 1979. Botânica. Morfologia externa das plantas. Melhoramentos. São Paulo.
- FOSTER, A. S. 1949. Pratical plant anatomy. New York, Van Nostrand.
- FRANKLIN, G. L. 1964. Arapid method of softening wood for microtone sectioning. Australian Journal Botanic. East Melbourne, n. 33, p. 393-408.
- GERLACH, D. 1984. Botanische mikrotechnik. Georg. Thieme Verlag, Stuttgart.
- GHANTA, P. K. & MITRA, S. K. 1993. Effect of micronutrients on growth, flowering, leaf nutrient content and yield of banana cv. Giant Governor. Crop Research Hisar. n 6 : v 2, p. 284- 287.
- GOMES, J. A. ; HAAG, H. P. ; NOBREGA, A. C. 1988. Acumulação de matéria seca e micronutrientes pela planta matriz da bananeira cv. Prata (*Musa* AAB, subgrupo Prata) em diferentes estadios de desenvolvimento. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. N 45 : v.1, p. 341-357.
- GOWEN, S. 1995. Bananas and Plantains. London : Chapman e Hall. p. 259-281.
- GRAY, P. 1958. Handbook of basic microtechnique. New York : McGraw-Hill.
- HARTMANN, H. T. & KERSTER, D. E. 1983. Plant Propagation – Principle and pratices – Prentice Hill – Inc. Englewood Cliffs, New Jersey.
- HICKEY, L. J. 1974. Classificacion de la arquitectura de las hojas de dicotiledoneas. Bol. Soc. Argent. Bot.
- JARAMILLO, C. R.; GARITA, C. R. A. 1981. Diagnosis of leaf margin chlorosis of banana in Guapiles, Costa Rica. Informe Mensual, UPEB Panama. n 5 : v 42, p. 28-32.
- JOHANSEN, D. A. 1940 Plant microtechenique. New York, Mc Graw- Hill
- JOLY, A . B. 1991. Introdução a Taxonomia Vegetal. São Paulo : Nacional. P. 722-725.
- KARNOVSKY, M. J. 1965. A formaldehyde-glutaraldehyde fixative of high osmolarity for use in eletron microscopy. J. Cell Biol. 27:137-1338.
- LAHAV, E. & TURNER, D.W. 1992. Nutrition del banano. Quito-Ecuador:Inpofos. p. 9-33.

- MALAVOLTA, E. 1980. Elementos de Nutrição Mineral de Plantas. São Paulo :  
Agronômica Ceres. p. 229-404.
- MARSCHNER, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. London : Academic Press.
- MESSING, J. H. L. 1996. Long term changes in potassium, magnesium and calcium content of banana plants and soils in the Windward Islands. Tropical Agriculture. n 51 : v2, p. 154-160.
- O'BRIENT, T. P.; FEDER, N. & McCULLY, M. E. 1964. Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue O . *Protoplasma* 59 :368-373.
- PERTIN, N. & DAS, R.P. 1996. Effect of micronutrients on vegetative growth of banana cv. Barjahaji (*Musa* AAA group, Cavendishii sub group). Publ. 1998, n9 : v 2, 166-168.
- QUINTAS, A . T. 1963. Novo material de apoio para cortes histológicos. Ver. Fac. Agron. Ufrgs, ,Porto Alegre, 6:51-5.
- RAVEN et al, 1997. Biology of Plants. Freeman Worth.
- RIOPEL, J. L. & STEVES, T. A. 1964 Studies on the roots of *Musa acuminata* cv Gros Michel. 1. The anatomy and development of mains roots. *Ann. Bot. (London)* 28(111): 475-490.
- ROBINSON, J.C. 1996. Bananas and Plantains Wallingford. Cab International. p. 128-142.
- ROESER, K. R. 1962. Die Nadel der Schwarzkiefer Massenprodukt und Kunstwerk der Natur. *Mikrokosmos* (61) (2): 33-36.
- ROTH, I. 1964. *Microtécnica Vegetal*. Caracas, Universidade Central de Venezuela.
- SALISBURY, F.B. & ROSS, C.W. 1992. *Plant Physiology*. California : Wadsworth Publishing Company. p . 116-134.
- SASS, J.E. 1951. *Botanical microtechnique*. 2e. Iowa, The Iowa State College Press
- TORRES, A. C. & CALDAS, L. S. 1990. *Técnicas da cultura e aplicações da cultura de tecidos de plantas – EMBRAPA – Brasília – CNPH*.