



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

**CARACTERIZAÇÃO FISIOLÓGICA E BIOQUÍMICA DA
DOMINÂNCIA APICAL EM BANANEIRA**

(*Musa acuminata* Colla)

CLAYTON DEBIASI

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu,
para obtenção do título de DOUTOR EM
AGRONOMIA, Área de Concentração em
Horticultura.

BOTUCATU – SP

MARÇO - 2007



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

CARACTERIZAÇÃO FISIOLÓGICA E BIOQUÍMICA DA

DOMINÂNCIA APICAL EM BANANEIRA

(*Musa acuminata* Colla)

CLAYTON DEBIASI

Orientadora: prof^a Dr^a Giuseppina Pace Pereira Lima

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de DOUTOR EM AGRONOMIA, Área de Concentração em Horticultura.

BOTUCATU – SP

MARÇO – 2007

D286c

Debiasi, Clayton , 1973-

Caracterização fisiológica e bioquímica da dominância apical em bananeira (*Musa acuminata* Colla) / Clayton Debiasi . - Botucatu [s.n.], 2007.
xxvii, 154 f. : il., gráfs., tabs.

Tese (Doutorado)-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2007

Orientador: Giuseppina Pace Pereira Lima

Inclui bibliografia.

1. Bioquímica. 2. Fisiologia vegetal. 3. Banana. 4. Dominância apical. I. Lima, Giuseppina Pace Pereira . II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

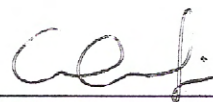
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: CARACTERIZAÇÃO FISIOLÓGICA E BIOQUÍMICA DA DOMINÂNCIA
APICAL EM BANANEIRA (*Musa acuminata colla*).**

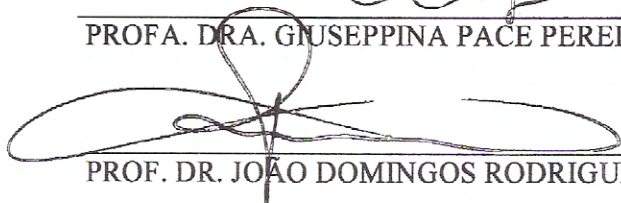
ALUNO: CLAYTON DEBIASI

ORIENTADORA: PROFA. DRA. GIUSEPPINA PACE PEREIRA LIMA

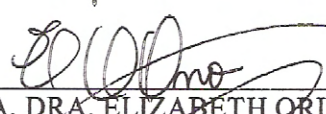
Aprovado pela Comissão Examinadora



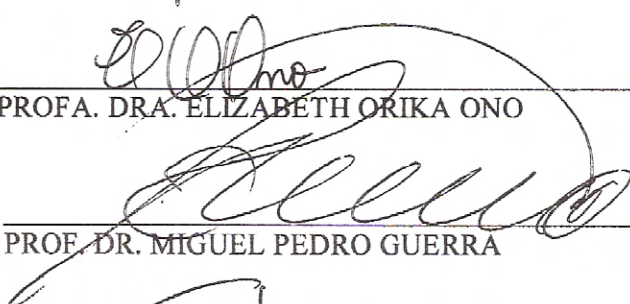
PROFA. DRA. GIUSEPPINA PACE PEREIRA LIMA



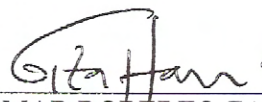
PROF. DR. JOÃO DOMINGOS RODRIGUES



PROFA. DRA. ELIZABETH ORIKA ONO



PROF. DR. MIGUEL PEDRO GUERRA



DR. GILMAR ROBERTO ZAFFARI

Data da Realização: 23 de março de 2007.

Ofereço este trabalho

a Natureza,

a Mãe Terra e ao Pai Céu,

ao Avô Sol e Avó Lua, ao Povo-em-pé (árvores), ao Povo de Pedra,

aos seres de asas, de barbatanas, de quatro patas e aos rastejantes,

à Grande Nação das Estrelas,

às Quatro Direções (norte, sul, leste e oeste), aos irmãos e Irmãos do Céu,

aos Povos Subterrâneos, aos seres do Trovão,

aos Quatro Espíritos Principais (Ar, Terra, Água e Fogo) e

a todos os seres de Duas Pernas da grande família humana.

Dedico este trabalho

*aos meus pais, Willian Debiasi e Zuleide Salvalágio Debiasi,
por terem aberto o caminho, servindo-me sempre como exemplos de dignidade e honestidade.*

*Ao meu irmão, James Willian Debiasi, pela força e garra que
sempre teve e que sempre me transmitiu.*

Amo vocês!

Agradecimentos

Prof^a Dr^a Giuseppina Pace Pereira Lima, a qual justifica o apelido que tem (“Fina”, de “gente fina”). Minha orientadora querida, a quem agradeço todo conhecimento compartilhado, confiança depositada, força e encorajamento para realização deste trabalho. Sou grato pelo exemplo de alegria, aliado a responsabilidade. Admiro a liberdade que deu para que eu colocasse em prática idéias e pensamentos que buscavam esclarecimentos de inquietações próprias e, assim, assumindo junto às responsabilidades deste trabalho.

Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP-Botucatu/SP, especialmente ao Departamento de Produção Vegetal, onde está o Curso de Pós Graduação em Agronomia-Horticultura. Agradeço a oportunidade de aperfeiçoar meus conhecimentos, qualificando-me ainda mais e, assim, ampliando os horizontes. Sou grato por abrirem as portas e me permitirem, com todo apoio, realizar tranquilamente este trabalho.

Cristiane Porto Viegas Guerreiro (“Criscris”), companheira, amiga, pessoa linda e amável, excelente profissional, com quem compartilhei momentos incríveis durante o curso e que também me fez crescer como ser humano, dando-me força constante para que realizasse este trabalho de maneira segura e serena. Agradeço por mostrar que a vida pode ser melhor a cada dia e que a opção que tomamos, em qualquer aspecto de nossas vidas, deve ter como princípio básico a satisfação pessoal acima de qualquer outra.

Dr. Gilmar Roberto Zaffari, exemplo profissional. Cultivo nossa amizade dentro e fora do mundo acadêmico e profissional, admirando seu equilíbrio e sobriedade, tomando-o como exemplo. Agradeço a colaboração constante neste trabalho, os momentos de discussão e prontidão com que sempre se dispôs a ouvir-me.

Prof. Dr. Miguel Pedro Guerra, profissional brilhante, admirável e amigo. Agradeço por despertar o senso racional e de seriedade frente ao universo científico. Tomo-o como exemplo de postura profissional e agradeço todo o ensinamento compartilhado.

Prof. Dr. João Domingos Rodrigues (“Prof. Mingo”), fisiologista respeitado, professor magistral que, com muito humor, faz com que rotas metabólicas, muitas vezes complexas ao extremo, transformam-se em caminhos visíveis e entendíveis. Agradeço pelas conversas, relacionadas ou não a esta tese, que sempre vieram a contribuir e esclarecer dúvidas e inquietações. Também não poderia esquecer de agradecer os materiais enviados via e-mail que me serviram, e muito, para inspirar-me na realização deste trabalho.

Prof. Dr. Paulo (“Paulão”), responsável pelo Laboratório de Biologia Molecular do Departamento de Biofísica, no Instituto de Biociência da UNESP-Botucatu. Com sua tranquilidade e equilíbrio, agradeço por ter disponibilizado equipamentos necessários para realização de parte das dosagens de poliaminas no material de estudo.

Prof^a Dr^a Eny Iocheyet Segal Floh, responsável pelo Laboratório de Morfogênese Vegetal do Instituto de Biociências, Departamento de Botânica da USP-São Paulo. Agradeço por disponibilizar o espaço físico e equipamentos para a realização das análises de dosagens hormonais no material de estudo. Admiro a prontidão em colaborar para que refinasse meu trabalho.

Prof^a Dr^a Rosete Pescador, querida amiga, profissional séria que emana satisfação naquilo que faz, contagiando a todos. Sou grato pela oportunidade que me proporcionou, abrindo espaço para que eu desse os primeiros passos na vida acadêmica como professor e pesquisador, crescendo como profissional o que contribuiu para que eu realizasse com firmeza e segurança este trabalho.

Camila e Cláudio, laboratoristas que me auxiliaram em boa parte das análises bioquímicas realizadas nos laboratórios do Departamento de Química e Bioquímica do Instituto de Biociência da UNESP-Botucatu. Agradeço os ensinamentos repassados, a disponibilidade de tempo e a paciência despendida para realizarem comigo o trabalho.

Edvaldo, técnico laboratorista, extremamente profissional e competente, do Laboratório de Análises Químicas do Departamento de Produção Vegetal, Fazenda Experimental Lageado da UNESP-Botucatu. Agradeço pelo companheirismo, seriedade e disposição para auxiliar na realização de parte das análises de dosagens nutricionais no material de estudo. Admiro e o tomarei como exemplo da forma como um funcionário público deve se portar no trabalho, o respeito à oportunidade de exercer uma profissão de forma digna.

Claudete Santa Catarina, doutoranda no curso de Botânica do Instituto de Biociências, Departamento de Botânica da USP-São Paulo. Agradeço por auxiliar na

realização das análises de dosagens hormonais junto ao Laboratório de Morfogênese Vegetal daquela instituição.

Funcionários e técnicos do pomar da Fazenda Experimental Lageado do Departamento de Produção Vegetal da UNESP-Botucatu. Agradeço pela força despendida para coleta dos rizomas de bananeira. Trabalho este, nada fácil, pelo qual admiro a disponibilidade para auxiliarem os pós-graduandos em suas dissertações e teses.

Dr^a Chrystiane Fraguas e Suraya Abdala, colegas de curso, orientadas também da Prof^a Fina, companheiras que sempre estiveram prontas para auxiliar-me. Agradeço a colaboração, não só na mão de obra braçal, mas também na interpretação dos resultados obtidos em algumas análises bioquímicas.

Rosa de Belem e Lilyan Perla Diniz, colegas de doutorado e com as quais divido uma amizade maravilhosa, de respeito, admiração e colaboração mútua. Agradeço os vários momentos que passamos juntos durante o período em que estivemos em Botucatu e que contribuíram para que eu crescesse ainda mais como ser humano do bem. Adoro vocês. Agradeço ainda a colaboração intensa e efetiva na realização da fase inicial deste trabalho.

Christian Yezid (“Amarelo”), amigo, colega de república, irmão mais novo e agora doutorando, com quem compartilhei momentos agradáveis. Agradeço o apoio na realização das análises estatísticas e interpretações de dados deste trabalho.

Raquel de Souza Matanna, colega e agora doutoranda, com quem dividi república junto com Cris. Admiro seu espírito de seriedade e companheirismo e agradeço pelas conversas que tivemos em busca de entendimentos diversos.

Jomar Barbosa (“Mano Quietinho”), Adriano Luiz Pulz (Pardal), Leonardo (Léo) e Érick, companheiros de república e com os quais compartilhei momentos felizes. Agradeço toda a vivência e experiência que tivemos juntos.

Milena (Mimi), Juliana (Juju), Gláucia (Soró), Santino, Maira, Maria Izabel (Bel), Fábio (Bigorna), Livia e Lenita, representando todos os demais pós-graduandos em Agronomia da UNESP-Botucatu/SP. Agradeço o convívio, em todos os sentidos da palavra, que de alguma forma contribuíram e participaram da realização deste trabalho.

Professores, Doutores, Paron, Chico, Elizabete, Carmem, Romy e, em especial, ao Prof. Lin e Prof^a Sarita, estes representando todo o quadro de professores da pós-graduação em Agronomia da UNESP-Botucatu/SP. Agradeço toda experiência e conhecimento transmitido e compartilhado.

Funcionários da UNESP-Botucatu, secretariados (especial para Elizabete e Maria), técnicos, faxineiras, cozinheiras, mantenedores, entre tantos outros, tanto da Faculdade de Ciências Agronômicas, quanto do Rubião Júnior, que de alguma forma me auxiliaram durante o período de realização deste trabalho. Agradeço os serviços prestados que muito me foram importantes e indispensáveis.

CNPq. Agradeço pela concessão de bolsa, esta, importantíssima para cobrir necessidades básicas e, ainda, auxiliar na realização direta de etapas importantes deste trabalho, bem como na divulgação de parte dos resultados, quando participando de eventos científicos.

Todos aqueles que, mesmo não tendo sido citados acima, mas que de alguma forma participaram deste período em que estive me doutorando na UNESP-Botucatu/SP, sintam-se agradecidos.

Lista de abreviaturas

ADA	–	alta dominância apical
ART's	–	açúcares redutores totais
AST's	–	açúcares solúveis totais
AX's	–	auxina(s)
BDA	–	baixa dominância apical
B	–	boro
Ca	–	cálcio
CK's	–	citocinina(s)
Cu	–	cobre
Fe	–	ferro
GA's	–	giberelinas
IAA	–	ácido indol-3-acético
IBA	–	ácido indol-butírico
K	–	potássio
mf	–	massa fresca
Mg	–	magnésio
Mn	–	manganês
ms	–	massa seca
N	–	nitrogênio

NPA	–	ácido nafitil fitalâmico
P	–	fósforo
PA's	–	poliaminas
PCIB	–	ácido 2-(clorofenoxi)-2-metil propiônico
pH	–	potencial hidrogeniônico
POD's	–	peroxidases
PPO	–	polifenoloxidase
PTN's	–	proteínas totais
PTNS's	–	proteínas solúveis totais
PUT	–	putrescina
SPD	–	espermidina
SPM	–	espermina
TIBA	–	ácido triiodo benzóico
Zn	–	zinco

Sumário

Lista de figuras.....	XII
Lista de tabelas.....	XVIII
Resumo.....	XXIV
Summary.....	XXVI
1 Introdução.....	1
1.1 A cultura da bananeira.....	1
1.2 Morfogênese vegetal: divisão, diferenciação e crescimento celular.....	2
1.3 A dominância apical.....	3
1.4 Os hormônios vegetais.....	5
1.5 As poliaminas (PA's).....	9
1.6 Os nutrientes minerais.....	10
1.7 Os carboidratos.....	12
1.8 As enzimas.....	13
1.9 Os compostos fenólicos.....	16
1.10 Outros fatores possivelmente envolvidos na dominância apical.....	18
2 Objetivos.....	22
3 Material e métodos.....	23
3.1 Análises bioquímicas.....	26
3.1.1 Determinação do conteúdo endógeno de ácido indol-3-acético (IAA).....	26

3.1.2	Determinação do conteúdo endógeno de fenóis totais.....	28
3.1.3	Determinação do conteúdo endógeno de flavonóides totais.....	28
3.1.4	Determinação da atividade da polifenoloxidase (PPO).....	29
3.1.5	Determinação da atividade do IAA-oxidase.....	29
3.1.6	Determinação da atividade das peroxidases (POD's).....	30
3.1.7	Determinação do conteúdo endógeno de açúcares redutores totais (ART's).....	31
3.1.8	Determinação do conteúdo endógeno de açúcares solúveis totais (AST's).....	31
3.1.9	Determinação do conteúdo endógeno de glicose e amido.....	32
3.1.10	Determinação do conteúdo endógeno de proteínas totais (PTN's).....	32
3.1.11	Determinação do conteúdo endógeno de proteínas solúveis totais (PTNS's)....	32
3.1.12	Determinação do conteúdo endógeno da poliamina putrescina (PUT).....	33
3.1.13	Determinação do conteúdo endógeno de nutrientes minerais.....	33
3.1.14	Determinação do potencial hidrogeniônico (pH)	34
3.2	Delineamento experimental e análise estatística.....	34
4	Resultados.....	35
4.1	Dominância apical e o ácido indol-3-acético (IAA).....	36
4.2	Dominância apical e os compostos fenólicos.....	37
4.2.1	Fenóis totais.....	37
4.2.2	Flavonóides totais.....	39
4.3	Dominância apical e atividades enzimáticas.....	40
4.3.1	Polifenoloxidase (PPO)	40
4.3.2	IAA-Oxidase.....	42
4.3.4	Peroxidases (POD's)	43
4.4	Dominância apical e os carboidratos.....	45
4.4.1	Açúcares redutores totais (ART's)	45
4.4.2	Açúcares solúveis totais (AST's)	46
4.4.3	Glicose.....	48
4.4.4	Amido.....	49
4.5	Dominância apical e as proteínas.....	51
4.5.1	Proteínas totais (PTN's)	51
4.5.2	Proteínas solúveis totais (PTNS's)	52

4.6	Dominância apical e a poliamina putrescina (PUT)	54
4.7	Dominância apical e os nutrientes minerais.....	55
4.7.1	Nitrogênio (N)	55
4.7.2	Fósforo (P)	57
4.7.3	Potássio (K)	58
4.7.4	Cálcio (Ca)	60
4.7.5	Magnésio (Mg)	61
4.7.6	Cobre (Cu)	63
4.7.7	Zinco (Zn)	64
4.7.8	Manganês (Mn)	66
4.7.9	Ferro (Fe)	67
4.7.10	Boro (B)	69
4.8	Dominância apical e o potencial hidrogeniônico (pH)	70
5	Discussão dos resultados.....	72
5.1	Dominância apical e o ácido indol-3-acético (IAA)	74
5.2	Dominância apical e os compostos fenólicos.....	77
5.2.1	Fenóis totais.....	77
5.2.2	Flavonóides totais.....	78
5.3	Dominância apical e atividade enzimática.....	80
5.3.1	Polifenoloxidase (PPO)	80
5.3.2	IAA-oxidase.....	81
5.3.3	Peroxidasas (POD's)	84
5.4	Dominância apical e os carboidratos.....	88
5.4.1	Açúcares redutores totais (ART's)	89
5.4.2	Açúcares solúveis totais (AST's)	89
5.4.3	Glicose.....	89
5.4.4	Amido.....	91
5.5	Dominância apical e as proteínas.....	92
5.6	Dominância apical e a poliamina putrescina (PUT)	93
5.7	Dominância apical e os nutrientes minerais.....	97
5.7.1	Nitrogênio (N)	98

5.7.2	Fósforo (P)	99
5.7.3	Potássio (K)	100
5.7.4	Cálcio (Ca)	102
5.7.5	Magnésio (Mg)	103
5.7.6	Cobre (Cu)	104
5.7.7	Zinco (Zn)	105
5.7.8	Manganês (Mn)	108
5.7.9	Ferro (Fe)	109
5.7.10	Boro (B)	110
5.8	Dominância apical e o potencial hidrogeniônico (pH)	112
5.9	Dominância apical e a partição e alocação de recursos.....	113
6	Resumo dos resultados.....	117
7	Considerações finais.....	120
8	Conclusões.....	122
9	Referências bibliográficas.....	123

Lista de figuras

Figura	Página
01. Aspecto morfo-anatômico do rizoma de bananeira, extraído e adaptado de Simmonds (1973).	4
02. Vias de síntese de PA's (putrescina, espermidina e espermina) e de etileno (MEHTA et al., 2002).....	10
03. A-Vista parcial da área de cultivo com bananeira (<i>Musa acuminata</i> Colla), cultivar Nanicão, com um ano e meio de idade, no pomar da Fazenda Experimental Lageado, da Faculdade de Ciências Agrárias da Unesp de Botucatu-SP. B-Detalhe do arranque do rizoma. C-Detalhe dos rizomas coletados, já reduzidos e lavados. Fotos: Clayton Debiasi (2005).....	24
04. Estágios diferenciais de dominância apical em bananeira (cultivar Nanicão) com 18 meses de idade. A- Alta Dominância Apical (ADA), rizomas contendo no máximo duas brotações laterais emitidas; B- Baixa Dominância Apical (BDA), rizomas contendo seis ou mais brotações laterais emitidas. Foto: Clayton Debiasi (2005).....	25
05. Rizoma de bananeira adaptado de Simmonds (1973) representando as partes anatômicas e as regiões de coleta de amostras para análises bioquímicas. A- Região apical do cilindro central;	

B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais.....	26
06. Teores endógenos de IAA (ng g^{-1} mf) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).....	37
07. Teores endógenos de fenóis totais ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ mf) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).....	38
08. Teores endógenos de flavonóides totais (μg quercetina g^{-1} ms) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).....	40
09. Atividade da polifenoloxidase ($\Delta\text{A395 min}^{-1} \text{g}^{-1}$ mf) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).....	41
10. Atividade do IAA-oxidase ($\mu\text{mol de IAA g}^{-1}$ mf) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).....	43

11. Atividade das peroxidases (μmol de H_2O_2 decomposto/ $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1} \text{mf}$) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).....44
12. Teores endógenos de açúcares redutores totais ($\text{mg g}^{-1} \text{mf}$) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).....46
13. Teores endógenos de açúcares solúveis totais ($\text{mg g}^{-1} \text{mf}$) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).....47
14. Teores endógenos de glicose ($\text{mg g}^{-1} \text{mf}$) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).....49
15. Teores endógenos de amido ($\text{mg g}^{-1} \text{mf}$) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).....50
16. Teores endógenos de proteínas totais ($\text{mg g}^{-1} \text{mf}$) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro

central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).....	52
17. Teores endógenos de proteínas solúveis totais ($\mu\text{g g}^{-1}$ mf) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).....	53
18. Teores endógenos de putrescina ($\mu\text{g g}^{-1}$ mf) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).....	55
19. Teores endógenos de nitrogênio (g de N kg^{-1} mf) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).....	56
20. Teores endógenos de fósforo (g de P kg^{-1} mf) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).....	58
21. Teores endógenos de potássio (g de K kg^{-1} mf) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).....	59

22. Teores endógenos de cálcio (g de Ca kg⁻¹ mf) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).....61
23. Teores endógenos de magnésio (g de Mg kg⁻¹ mf) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).....62
24. Teores endógenos de cobre (g de Cu kg⁻¹ mf) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).....64
25. Teores endógenos de zinco (g de Zn kg⁻¹ mf) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).....65
26. Teores endógenos de manganês (g de Mn kg⁻¹ mf) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).....67
27. Teores endógenos de ferro (g de Fe kg⁻¹ mf) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central;

C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).....	68
28. Teores endógenos de boro (g de B kg ⁻¹ mf) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).....	70
29. Valores médios do pH em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).....	71

Lista de tabelas

Tabela	Página
01. Valores médios de IAA endógeno ($\text{ng g}^{-1} \text{mf}$) referentes a testes de separação de médias entre os estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada estágio de dominância apical.	36
02. Valores médios de fenóis totais ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1} \text{mf}$) referentes a testes de separação de médias entre os estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada estágio de dominância apical.	38
03. Valores médios de flavonóides totais ($\mu\text{g quercetina g}^{-1} \text{ms}$) referentes a testes de separação de médias entre os estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região	

- de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada estágio de dominância apical.39
04. Valores médios da atividade da polifenoloxidase ($\Delta A_{395} \text{ min}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ mf}$) referentes a testes de separação de médias entre os estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada estágio de dominância apical.41
05. Valores médios da atividade do IAA-oxidase ($\mu\text{mol de IAA g}^{-1} \text{ mf}$) referentes a testes de separação de médias entre os estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada estágio de dominância apical.42
06. Valores médios da atividade das peroxidases ($\mu\text{mol de H}_2\text{O}_2 \text{ decomposto/min}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ mf}$) referentes a testes de separação de médias entre os estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada estágio de dominância apical.44
07. Valores médios de açúcares redutores totais ($\text{mg g}^{-1} \text{ mf}$) referentes a testes de separação de médias entre os estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada estágio de dominância apical.....45
08. Valores médios de açúcares solúveis totais ($\text{mg g}^{-1} \text{ mf}$) referentes a testes de separação de médias entre os estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa

- Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada estágio de dominância apical.47
09. Valores médios de glicose ($\text{mg g}^{-1} \text{mf}$) referentes a testes de separação de médias entre os estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada estágio de dominância apical.48
10. Valores médios de amido ($\text{mg g}^{-1} \text{mf}$) referentes a testes de separação de médias entre os estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada estágio de dominância apical.50
11. Valores médios de proteínas totais ($\text{m}\mu \text{g}^{-1} \text{mf}$) referentes a testes de separação de médias entre os estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada estágio de dominância apical.51
12. Valores médios de proteínas solúveis totais ($\text{m}\mu \text{g}^{-1} \text{mf}$) referentes a testes de separação de médias entre os estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada estágio de dominância apical.53

13. Valores médios de putrescina ($\mu\text{g g}^{-1} \text{ mf}$) referentes a testes de separação de médias entre os estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada estágio de dominância apical.54
14. Valores médios de nitrogênio ($\text{g de N kg}^{-1} \text{ mf}$) referentes a testes de separação de médias entre os estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada estágio de dominância apical.56
15. Valores médios de fósforo ($\text{g de P kg}^{-1} \text{ mf}$) referentes a testes de separação de médias entre os estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada estágio de dominância apical.57
16. Valores médios de potássio ($\text{g de K kg}^{-1} \text{ mf}$) referentes a testes de separação de médias entre os estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada estágio de dominância apical.59
17. Valores médios de cálcio ($\text{g de Ca kg}^{-1} \text{ mf}$) referentes a testes de separação de médias entre os estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada estágio de dominância apical.60

18. Valores médios de magnésio (g de Mg kg⁻¹ mf) referentes a testes de separação de médias entre os estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada estágio de dominância apical.62
19. Valores médios de cobre (g de Cu kg⁻¹ mf) referentes a testes de separação de médias entre os estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada estágio de dominância apical.63
20. Valores médios de zinco (g de Zn kg⁻¹ mf) referentes a testes de separação de médias entre os estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada estágio de dominância apical.65
21. Valores médios de manganês (g de Mn kg⁻¹ mf) referentes a testes de separação de médias entre os estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada estágio de dominância apical.66
22. Valores médios de ferro (g de Fé kg⁻¹ mf) referentes a testes de separação de médias entre os estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de

raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada estágio de dominância apical.	68
23. Valores médios de boro (g de B kg ⁻¹ mf) referentes a testes de separação de médias entre os estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada estágio de dominância apical.	69
24. Valores médios de pH referentes a testes de separação de médias entre os estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada estágio de dominância apical.....	71
25. Resumo de resultados: Diferenças médias entre Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA.....	116
26. Resumo de resultados. Diferenças médias entre Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA, dentro de cada ponto de coleta. (A- Região apical; B- Região central; C- Região basal; D- Região de formação de raízes e; E- Região de formação de brotos laterais).....	117

CARACTERIZAÇÃO FISIOLÓGICA E BIOQUÍMICA DA DOMINÂNCIA APICAL EM BANANEIRA (*Musa acuminata* Colla)

Doutorando: Clayton Debiasi

Orientadora: Prof^a Dr^a Giuseppina Pace Pereira Lima

Resumo - A dominância apical, conceituada como o controle exercido pelo ápice da parte aérea sobre o crescimento das gemas laterais, ramos e folhas, é influenciada em diferentes graus, por fatores ambientais, genéticos e fisiológicos. Vários aspectos relacionados ao controle do desenvolvimento de gemas laterais vêm sendo amplamente estudados e relatados nos últimos anos, tratando-se de um tema fundamental da fisiologia vegetal, sobre os quais se devem disponibilizar pesquisas constantes para um total entendimento do processo. Dentre as atribuições, no que diz respeito aos mecanismos envolvidos neste controle, pode-se citar os efeitos dos hormônios vegetais, incluindo as poliaminas, dos nutrientes minerais, dos carboidratos, da atividade de enzimas, dos compostos fenólicos, das proteínas, da luz, da vascularização dos tecidos e da expressão de genes específicos. O presente trabalho parte do interesse sobre questões pouco compreendidas a respeito dos possíveis fatores e mecanismos fisiológicos envolvidos no processo de desenvolvimento de gemas laterais e raízes de bananeiras (*Musa acuminata* Colla) em seu rizoma complexo. Tem-se como objetivo caracterizar a dominância apical, em plantas de bananeira, através de análises bioquímicas que comparem as condições de alto e baixo domínio e com isso, contribuir para melhor entender este importante evento fisiológico nos vegetais. Para tanto, utilizou-se rizomas de bananeira, cultivar Nanicão, em duas condições de dominância apical (Alta dominância-ADA: rizomas contendo no máximo duas brotações laterais emitidas. Baixa dominância apical-BDA: rizomas contendo seis ou mais brotações laterais emitidas), coletando-se amostras em 5 pontos distintos do rizoma (região apical do cilindro central, região central do cilindro central, região basal do cilindro central, região de formação de raízes e região de formação de brotos laterais). A partir das análises, descreveu-se e discutiram-se as diferenças e variações nos teores endógenos da auxina ácido indol-3-acético (IAA), dos fenóis: fenóis totais e flavonóides totais, dos carboidratos: açúcares solúveis totais (AST's), açúcares redutores totais (ART's), glicose e amido, das proteínas: proteínas totais (PTN'S) e proteínas solúveis totais (PTNS's),

da poliamina: putrescina (PUT), dos nutrientes minerais (N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Mn, Fe e B), além das variações na atividade das enzimas: polifenoloxidase (PPO), IAA-oxidase e peroxidases (POD's) e do pH dos tecidos. O controle da dominância apical em bananeira parece estar relacionado primeiramente com o nível endógeno de auxina, mediado pela biossíntese e catabolismo do IAA. Paralelamente, as condições fisiológicas impostas pelo metabolismo dos tecidos (níveis de fenóis, carboidratos, proteínas, nutrientes minerais e atividade de enzimas), nas diferentes regiões do rizoma, contribuem para o controle exercido pela gema apical sobre o crescimento das gemas laterais. O metabolismo fisiológico da dominância apical em plantas de bananeira apresenta-se significativamente alterado conforme o grau de influência apical. Os teores endógenos do IAA, dos compostos fenólicos (fenóis totais e flavonóides totais), dos carboidratos (ART's, AST's, glicose e amido), das proteínas (PTN's, PTNS's), da poliamina PUT, dos nutrientes minerais (N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Mn, Fe e B) e também a atividade das enzimas PPO, IAA-oxidase e POD's, além do pH dos tecidos, variam significativamente conforme a condição de dominância apical nos rizomas. Rizomas em ADA acumulam, em geral, mais glicose, amido, PTN's, PUT, N, Ca, Mg, Cu, Mn, Fe e B e apresentam maior atividade das POD's enquanto que os rizomas em BDA acumulam, em geral, mais IAA, fenóis totais, flavonóides totais, ART's, AST's, PTNS's, P, K e Zn e apresentam maior atividade do IAA-oxidase. Gradientes decrescentes de concentração, do ápice para a base, região centralizada do cilindro central dos rizomas, ocorrem para fenóis totais, ART's, AST's, PTN's, PTNS's, PUT, N, P, K, Ca, Zn, Mn, Fe e B, além de maior atividade da PPO e POD's quando em ADA e para IAA, ART's, glicose, amido, PUT, P, K, Zn, e Fe, além de maior atividade da PPO e POD's quando em BDA. Na região lateral superior do cilindro central (ponto de coleta D), em rizoma de plantas de bananeira (*Musa acuminata* Colla), acumulam-se mais PTN's, PTNS's, N, P, Ca, Mg, Zn e Mn quando está em ADA e mais IAA, PTNS's, PUT, K, Ca, Mn e B, além de maior atividade do IAA-oxidase quando esta em BDA. Já na região lateral inferior do cilindro central (ponto de coleta E), em rizoma de plantas de bananeira, acumulam-se mais IAA, glicose, amido, PUT e Cu, além de maior atividade do IAA-oxidase quando está em ADA e mais Mg, Cu e Zn quando está em BDA. A utilização de análises bioquímicas pode servir como marcador de eventos morfogenéticos, apontando, no caso da dominância apical em bananeira, controle/acompanhamento sobre a formação de brotos laterais e raízes.

CHARACTERIZATION PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMISTRY OF THE APICAL DOMINANCE IN BANANA TREE PLANTS (*Musa acuminata* Colla)

Author: Clayton Debiasi

Adviser: Prof^a Dr^a Giuseppina Pace Pereira Lima

Summary - The apical dominance, regarded as the control made by the apex of the breaks air about the growth of the lateral buds, branches and leaves, is influenced in different ranks, by physiological, genetical, and environmental factors. Several aspects related to the control of the development of lateral buds are have been broadly studied and reported in the last years, leading into a fundamental subject of the physiology vegetable from which itself constant researches for a total understanding should dispose of the trial. Among the rights, what concerns the mechanisms involved in this control, ARE able to be described the effects of the hormones vegetables, including the polyamines, of mineral nutrients, of carbohydrates, of the activity of enzymes, of phenolic compounds, of the proteins, of the light, of vascularization of the tissues and of the expression of specific genes. The present work breaks the interest about questions which were concerned as possible factors and physiological mechanisms involved in the trial of formation, development and distribution of lateral buds and banana tree roots (*Musa acuminata* Colla) in its rhizome complex. They are aimed at characterizing the apical dominance, in plants of banana tree, through biochemical analyses that compare the standards of ups and downs dominance, which also contribute for a better understanding to this important physiological event in the vegetables. Therefore, it utilized itself rhizomes of banana tree, cultivated Nanicão, in two periods of training of apical dominance (High dominance-ADA: rhizomes containing in the maximum two lateral buds emitted. It lows apical dominance-BDA: rhizomes containing six or more lateral buds emitted), collecting samples in 5 distinct points of the rhizome (apical region of the central cylinder, central region of the central cylinder, basic region of the central cylinder, region of roots formation and lateral sprouts formation region). From the analyses, one described and one discussed the differences and variations in endogenous texts of the auxin indol 3 acetic acid (IAA), of phenols: total phenols and flavonoids, of the carbohydrates: total soluble sugars (AST's), total reducing sugars (ART's), glucose and starch, of proteins: total proteins (PTN'S) and total soluble

proteins (PTST's), of the polyamine: putrescine (PUT), of the mineral nutrients (N,P,K, Ca, Mg, Cu, Zn, Mn, Fe e B) beyond the variations in the activity of enzymes: poly phenol oxidase (PPO), IAA-oxidase and peroxidases (POD's) and of pH of tissues. The Physiological metabolism of the apical dominance in banana tree plants presents-itself significantly alterations in agreement the rank of domain apical. The endogenous contents of the IAA, of the phenolic compounds (total phenols and total flavonoids), of the carbohydrates (ART's, AST's, glucose and starch), of the proteins (PTN's, PTNS's), of the polyamine PUT, of the mineral nutrients (N,P,K, Ca, Mg, Cu, Zn, Mn, Fe and B) and also the activity of the enzymes PPO, IAA-oxidase and POD's, beyond pH of the tissues, significantly vary according to the apical domain in rhizomes. Rhizomes in ADA accumulates, in general, more glucose, starch, PTN's, PUT, N, Ca, Mg, Cu, Mn, Fe and B and presents greater activity of the POD's whereas rhizomes in BDA accumulates, in general, more IAA, total phenols, total flavonoids, ART's, AST's, PTNS's, P, K and Zn and presents greater activity of the IAA-oxidase. Decreasing levels of concentration, of the apex for the base, centralized region of the central cylinder of rhizomes, occur for total phenols, PPO, ART's, AST's, PTN's, PTNS's, POD's, PUT, N, P, K, Ca, Zn, Mn, Fe and B when in ADA and for IAA, PPO, ART's, glucose, starch, POD's, PUT, P, K, Zn, and Fe when in BDA. In the superior lateral region of the central cylinder (point of collection D), where if differentiates roots in rhizome of banana tree plants, accumulate itself more PTN's, PTNS's, N, P, Ca, Mg, Zn and Mn when this in ADA and more IAA, IAA-oxidase, PTNS's, PUT, K, Ca, Mn and Bo when this in BDA. Already in the lower lateral region of the central cylinder (point of collection E), where if differentiate lateral sprouts in rhizome of banana tree plants, accumulate itself more IAA, IAA-oxidase, glucose, starch, PUT and Cu when this in attaching and more Mg, Cu and Zn when this in BDA. The utilization of biochemical analyses can be like marker of morphogenetic events, aiming AT, in case of the apical dominance in banana tree, control/accompaniment about the formation of lateral buds and roots.

1 Introdução

Dado a importância que a bananeira representa na sociedade brasileira, nos mais variados aspectos econômicos, políticos e sociais, não se pode esquecer da responsabilidade que a comunidade científica tem para com esta espécie. No Brasil devem ser cada vez maiores os esforços que visam o aprimoramento e entendimento global sobre os mais variados mecanismos que cercam esta cultura.

1.1 A cultura da bananeira

De acordo com Cordeiro & Moreira (2006) a bananeira foi descrita no século 18, pelo botânico sueco Lineu, como sendo *Musa sapientum* (“o fruto do homem inteligente”) e provavelmente originária do Sudeste da Ásia. Descreve ainda que possivelmente tenha sido a primeira fruteira a ser cultivada pelo homem e que é uma fruta rica em vitamina B6, necessária para o perfeito funcionamento do cérebro, confirmando a relação do nome escolhido por Lineu no século 18.

Hoje, de acordo com a FAO (2006), ocupa cerca de 9 milhões de hectares, em mais de 120 países e destaca-se por ser a fruta mais consumida no mundo. O Brasil, com 6.702.760 t, é o segundo produtor mundial de banana, sendo superado apenas pela Índia, com 18.820.000 t produzidas. No Brasil são cerca de 600.000 propriedades agrícolas

envolvidas com a cultura da banana, sendo que mais de 60% se encontram na faixa de dois a cinqüenta hectares (IBGE, 2006). Estas propriedades estão distribuídas nas 27 unidades da Federação, incluindo o Distrito Federal, onde se destacam os Estados de São Paulo, Bahia, Pará, Santa Catarina, Minas Gerais, Pernambuco e Ceará (IBGE 2006). O IBGE (2006), referente ao ano de 2004, indica área plantada de 493.456 ha, produção de 6.593.664 t e produtividade média de 12,82 t ha⁻¹. Em 2005, o agronegócio da banana no Brasil exportou 212.175,99 t, resultando em um montante de US\$ 33,028 milhões, atingindo dezenove países de diferentes continentes (MDIC, 2006).

1.2 Morfogênese vegetal: divisão, diferenciação e crescimento celular

Sabe-se que os processos de divisão, diferenciação celular e crescimento são precisamente controlados, sendo iniciados por uma sinalização específica que desencadeia as primeiras divisões na diferenciação de um órgão, garantindo o desenvolvimento (SOUZA, 2006). O mesmo autor diz ainda que o processo de estruturação e formação da planta envolve divisão, diferenciação e crescimento celular. A divisão celular é primariamente responsável por gerar o crescimento do vegetal, resultando em órgãos com tamanhos e formas específicas, ou seja, com uma diferenciação celular específica. Para tanto, há a necessidade de um controle integrado entre a progressão do ciclo celular e os sinais que desencadeiam o desenvolvimento (HEMERLY et al., 1999). A divisão celular nas plantas adultas ocorre em um grupo pequeno de células, nos chamados meristemas, cujo processo de formação sofre a influência de fatores endógenos (BOER & MURRAY, 2000),

Os vegetais respondem de forma diferenciada aos fatores (sinais) exógenos e endógenos, apresentando desta forma, uma alta plasticidade nos mecanismos que percebem, traduzem e integram estes sinais para obtenção de uma resposta fisiológica (RANJEVA & VIDAL, 2003). Neste sentido, pode-se dizer que o evento da dominância apical nas plantas é resultado do efeito de diferentes fatores de influência, associados à sensibilidade das células em responderem aos estímulos. Trewavas (2000) descreve que são vias de sinalização que integram os diferentes sinais, desencadeando adaptações/alterações no metabolismo celular, existindo conexões entre as vias de transmissão de sinais.

Fleming (2006), discutindo a relação entre a coordenação da divisão celular, diferenciação e morfogênese no meristema apical caulinar, descreve que a proliferação e o crescimento celular estão intimamente relacionados com a diferenciação celular à medida que as células se distanciam do meristema para a formação de primórdios de órgãos. Novas células são geradas constantemente a partir de divisões no meristema e estas se tornam comprometidas, ou com a manutenção do crescimento e do corpo da planta ou com diferentes vias de diferenciação.

1.3 A dominância apical

Os eventos fisiológicos de crescimento e desenvolvimento que ocorrem nas plantas representam processos integrados, complexos e pouco conhecidos. A interdependência dos eventos metabólicos reflete-se no desenvolvimento da planta como um todo. No caso da dominância apical, o controle exercido pelo ápice da parte aérea sobre o crescimento das gemas laterais, ramos e folhas é influenciado, em diferentes graus, por fatores ambientais, genéticos e fisiológicos (MA & SMITH, 1992, CLINE, 1994, DAVIS & SIMMONS, 1994, TAMAS, 1995, MANTEDIOCA, 1996, TAIZ & ZEIGER, 2004, SOUZA, 2006).

A gema apical do rizoma da bananeira, a exemplo do que ocorre com todas as demais plantas superiores, é responsável pela síntese de auxinas (AX's), tendo como principal o ácido indol-3-acético (IAA) e pelo controle da formação e desenvolvimento das gemas laterais (SACHS, 1991). Esta situação, demonstrada na figura 1, parece resultar na formação de raízes e na ausência de gemas na região superior deste tipo caulinar, sugerindo haver um gradiente decrescente de IAA a partir da gema apical para a base do rizoma (ZAFFARI, 1998, MORRIS, 1977; BROWN et al., 1979; BROWN & PHILLIPS, 1982). Isto estimularia a rizogênese na metade superior do rizoma e simultaneamente inibiria as gemas laterais nesta porção. As raízes, uma vez desenvolvidas, produziriam citocininas (CK's) que translocadas para a região basal do rizoma estabeleceriam um balanço AX's/CK's favorável ao desenvolvimento das gemas laterais e/ou adventícias (ZAFFARI, 1998).

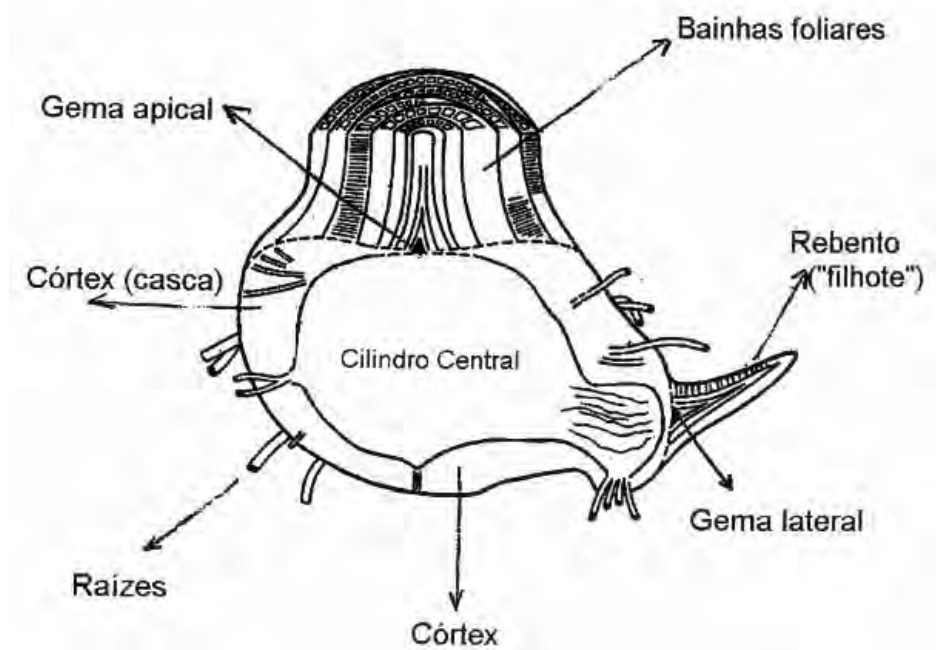


Figura 01. Aspecto morfo-anatômico do rizoma de bananeira, extraído e adaptado de Simmonds (1973).

Vários aspectos relacionados ao controle do desenvolvimento de gemas laterais vêm sendo amplamente estudados e relatados nos últimos anos, tratando-se de um tema fundamental da fisiologia vegetal, sobre os quais se devem disponibilizar pesquisas constantes para um total entendimento do processo. Dentre as atribuições, no que diz respeito aos mecanismos envolvidos neste controle, pode-se citar os efeitos dos hormônios vegetais, das PA's, dos nutrientes minerais, dos carboidratos, da atividade de enzimas, dos compostos fenólicos, das proteínas, da luz, da vascularização dos tecidos e da expressão de genes específicos.

1.4 Os hormônios vegetais

Os hormônios vegetais desempenham papel crucial no controle do crescimento e desenvolvimento das plantas (DAVIES, 1995) e estes estão diretamente relacionados com a dominância apical, na qual a hipótese hormonal do controle do desenvolvimento de gemas laterais sempre esteve entre as mais aceitas e entre as mais estudadas. Muitos acreditam e relatam que a dominância apical seja um evento fisiológico controlado pelos fitohormônios AX's e CK's (CLINE, 1991, CLINE et al., 1997, SHIMIZU-SATO & MORI, 2002, LEYSER, 2003).

As AX's, em especial o IAA, foram descritas em diversos trabalhos como sendo a principal classe de hormônios vegetais envolvido nos processos de controle da dominância apical (SOROKIN et al., 1962; SOROKIN & THIMANN, 1965, SACHS & THIMANN, 1964; JEWISS, 1972; LANGER et al., 1973; CLIFFORD, 1977; HARRISON & KAUFFMAN, 1984; BRENNER et al., 1987; WOODWARD & MARSHALL, 1987; WOODWARD & MARSHALL, 1989; MOES & STOBBE, 1991; FOSTER et al., 1991; LAUER, 1991; MA & SMITH, 1992; MANTEDIOCA, 1996; BEVERIDGE et al., 1996). Taiz & Zeiger (2004) reportam que o entendimento da ação inibitória da AX's do ápice caulinar sobre o crescimento de gemas laterais facilitaria a compreensão do metabolismo bioquímico-hormonal envolvido na dominância apical. Assim, foram levantadas quatro hipóteses: 1ª- concentrações ótimas de IAA seriam necessárias para indução de brotações laterais, concentrações estas necessariamente mais baixas que as encontradas no caule principal (THIMANN & SKOOG, 1933); 2ª- meristemas apicais e folhas jovens em desenvolvimento possuem elevados níveis de IAA, podendo assim atuar como drenos de nutrientes e outros hormônios, as CK's por exemplo; 3ª- um estímulo do crescimento de gemas laterais poderia ser obtido com a remoção do ápice caulinar, o que aumentaria as concentrações de CK's, de nutrientes ou de ambos; 4ª- uma redução da dominância apical poderia ser obtida com a remoção do ápice caulinar, o que diminuiria as concentrações de IAA no caule e de ácido abscísico (ABA) na gema lateral.

Para Thimann (1977) e Weiss & Shillo (1988), as folhas jovens modulam intensamente os processos de dominância apical, podendo estas, segundo Hosokawa et al. (1990) favorecer esta dominância apical, já que são capazes de sintetizar AX's ou gerar

gradientes nutritivos devido ao seu crescimento. A primeira hipótese formulada de que a AX's sintetizada no ápice era transportada até a base de forma basípeta (MORRIS & THOMAS, 1978; BROWN et al., 1979; BROWN & PHILLIPS, 1982; TAMAS, 1995) e acumulada nos brotos laterais, inibindo o desenvolvimento das gemas laterais (Foster et al., 1991; LAUER, 1991; MA & SMITH, 1992; MANTEDIOCA, 1996), explicando a dominância apical, foi contestada por Salisbury & Ross (1992) ao observarem que gemas laterais inibidas possuíam concentrações menores de AX's do que aquelas não inibidas. O transporte basípeta das AX's já é conhecido e bastante estudado, porém ainda é desconhecido o processo de transporte acrópeto do IAA para as gemas laterais, promovendo sua inibição (MORRIS, 1977; BANGERTH, 1989). Outra contestação foi relatada por Beveridge et al. (1996), contrário ao padrão até então postulado, os quais verificaram níveis altos desta substância no ápice e nos nós de mutantes de ervilha em relação a uma cultivar normal, mesmo liberando gemas laterais nos genótipos mutantes e inibindo no genótipo normal.

Ainda não se tem estabelecido claramente a efetividade da ação de inibidores na dominância apical, nem tão pouco a sua efetividade mecânica na ação molecular e na expressão gênica (ABEL & THEOLOGIS, 1996). Supõe-se que as AX's atuem indiretamente por intermédio da indução da formação de mensageiros secundários, como por exemplo o etileno (BURG & BURG, 1968) ou o ABA (TUCKER, 1975), inibindo assim o crescimento das gemas laterais.

Pesquisas sobre os efeitos de substâncias inibidoras do transporte e da ação das AX's na liberação e/ou diminuição da dominância apical (GEORGE, 1996) permitem um esclarecimento maior do papel da AX's no controle do crescimento de gemas laterais (PRASAD et al., 1989; TAMAS et al., 1989). Neste sentido alguns trabalhos tentaram esclarecer questões relacionadas aos mecanismos de inibição (REYES et al., 1995; FUGITA & SYŌNO, 1996; STRABALA et al., 1996; TOLDI et al., 1996; ISHIKAWA et al., 1997; JENSEN et al., 1997; JENSEN & ESTELLE, 1998; LU et al., 1998; HADFI et al., 1998; SANIEWSKI & OKUBO, 1998; SANIEWSKI & OKUBO, 1998).

O transporte basípeta da AX's (TAMAS, 1995) é bloqueado por substâncias inibidoras como o ácido triiodo benzóico (TIBA) (NIERDEGANG-KAMIEN & LEOPOLD, 1957; MORRIS et al., 1973; REYES et al., 1995; SANIEWSKI & OKUBO, 1998) e o ácido nafilil fitalâmico (NPA) (DEPTA et al., 1983; REYES et al., 1995; SANIEWSKI &

OKUBO, 1998) em diferentes órgãos de várias espécies. Porém, os mecanismos reais deste efeito ainda não estão totalmente elucidados. Segundo Ferri (1985), estas substâncias seriam fortes competidoras no transporte polar, sendo que estas se combinariam com os transportadores, bloqueando o acesso e o subsequente transporte do IAA. Havendo o transporte, a AX's pode ainda ser inibida por interferência de substâncias inibidoras da sua ação. Um exemplo destas substâncias é o ácido 2-(clorofenoxi)-2-metil propiônico (PCIB), que apresenta um antagonismo competitivo com a ação das AX's.

Ainda relacionando questões hormonais, as CK's também atuam nos processos da dominância apical (SHARIF & DALE, 1980; WANG & BELLOW, 1996; MANTEDIOCA, 1996). Estas, quando aplicadas exogenamente, promovem, em certos casos, a inibição do desenvolvimento de gemas laterais (CROXDALE, 1976) e/ou o decréscimo total ou parcial da dominância apical (BOSWELL et al., 1981).

Estudos relacionando o processo de dominância apical com os níveis endógenos de CK's e AX's demonstraram resultados contraditórios. Foram encontrados níveis elevados de CK's em gemas inibidas de ervilha, níveis baixos em gemas um pouco menos inibidas de batata e níveis também baixos em gemas já liberadas de roseira (JABLANOVIC & NESKOVIC, 1977; VAN STADEN & DIMALLA, 1981; VAN STADEN et al., 1994). Porém, Mapelli & Lombardi (1982) trabalhando com mutantes de tomateiro que não ramificavam lateralmente, encontraram níveis relativamente baixos de CK's quando comparados com os níveis encontrados em plantas normais ramificadas.

Propostas têm surgido para a participação secundária das CK's na liberação e/ou diminuição da dominância apical. A síntese das CK's nas gemas laterais e o seu posterior transporte acrópeto seriam influenciados pelas AX's (SACHS & THIMANN, 1967), já que a remoção da fonte de AX's (decapitação da parte aérea) permite a liberação e desenvolvimento das gemas laterais (MORRIS, 1977 e 1981; WAREING & PHILLIPS, 1981). Alguns autores ainda reportam a possibilidade de síntese de CK's não só nas raízes mas também na parte aérea (WANG & WAREING, 1979; VAN STANDEN & DIMALLA, 1981; VAN STANDEN, 1982; CARMÍ & VAN STANDEN, 1983) e a possibilidade das gemas laterais possuírem quantidades necessárias de CK's para o seu desenvolvimento (RUBINSTEIN & NAGAO, 1976; PROCHÁZKA, 1981; PROCHÁZKA & JACOBS, 1984).

Além dessas, existe ainda a possibilidade das gemas laterais produzirem CK's (LEE et al., 1974; TUCKER, 1977).

A complexidade do controle hormonal em plantas é evidenciada pela existência de interações entre diferentes classes hormonais durante a regulação de processos do desenvolvimento vegetal (SOUZA, 2006). A interação IAA-CK's é considerada a mais importante no controle do desenvolvimento vegetal, como nos processos de dominância apical e no desenvolvimento de raízes e gemas, bem como na regulação da divisão e diferenciação celular (KAMÍNEK et al., 1997). Skoog & Miller (1957) já haviam descrito a importância conjunta de AX's e CK's nos processos organogênicos *in vitro* ao observarem relação inversa entre a concentração destes hormônios na formação de raízes e gemas caulinares. Estando o conteúdo total favorável às AX's, formaram-se raízes, ao passo que estando favorável às CK's, formaram-se gemas adventícias caulinares.

Os fatores envolvidos no controle do balanço endógeno de CK's/IAA sobre a dominância apical têm sido os mais variados. No caso do desenvolvimento de gemas laterais, tem sido proposto que a relação CK's/IAA seja mantida, provavelmente, através de uma regulação recíproca entre ambos (BEVERIDGE et al., 1994; CLINE et al., 1997). Sachs & Thimann (1967) sugeriram que o desenvolvimento de brotos laterais em plantas intactas estava diretamente relacionado com o balanço hormonal entre a AX's provinda do ápice e de uma CK's atuando localmente. Alguns estudos relatam que as CK's podem estar desempenhando um papel de interação secundária com as AX's. O decréscimo de AX's na gema apical, via liberação e/ou diminuição da dominância apical por dano físico, pode induzir acréscimo na concentração de CK's na parte aérea, decorrente do aumento da translocação a partir das raízes (MORRIS, 1977; WEREING & PHILLIPS, 1981) ou ainda, por um aumento da síntese nas gemas laterais (SACHS & THIMANN, 1967). Segundo Gaspar et al. (1982), algumas isoperoxidasas básicas, classificadas enzimaticamente como IAA-Oxidases, poderiam regular por catabolismo, os níveis endógenos de AX's na planta, influenciando diretamente a dominância apical. Assim, pode-se definir uma relação amplamente interligada entre os fatores relacionados ao balanço endógeno dos níveis de IAA e CK's com as respostas expressas na dominância apical.

As giberelinas (GA's), por sua vez, vêm sendo apontadas como inibidoras do desenvolvimento de gemas laterais (JEWISS, 1972; MA & SMITH, 1992;

FOSTER et al., 1991; TAMAS, 1995). Porém, Martin (1987) contestou este apontamento por discordar metodologicamente dos testes e também por ter verificado resultados contraditórios. Assim, o real efeito das GA's, bem como do IBA e do etileno, sobre o controle da dominância apical ainda necessita de estudos mais refinados para assim esclarecer as contradições existentes, ajudando a elucidar o real efeito destes e de outros hormônios neste processo.

1.5 As poliaminas (PA's)

Outra classe de substâncias que vem sendo amplamente estudadas, no que diz respeito à participação em processos de divisão celular, diferenciação e promoção do crescimento, dentre outras, são as PA's, tendo como principais a putrescina (PUT), a espermidina (SPD) e a espermina (SPM). Segundo Kumar et al. (1997), as PA's formam uma classe de aminas alifáticas que estão presentes em todos os organismos vivos e, provavelmente, envolvidos num grande número de processos biológicos, incluindo crescimento e desenvolvimento vegetal. A SPD e SPM são sintetizadas pela diamina PUT pela consecutiva adição de grupos aminopropil derivados da descarboxilação da S-adenosilmetionina (WALLACE et al., 2003).

Existem dois caminhos para a produção da PUT, ambos envolvendo a descarboxilação de aminoácidos (ornitina e arginina) (figura 02). No primeiro caso, a descarboxilação é catalisada pela ornitina-decarboxilase (ODC) e produz PUT diretamente. No segundo caso, a arginina é descarboxilada à agmatina pela arginina-decarboxilase (ADC) e, subseqüentemente, a agmatina é convertida em PUT pela agmatina-iminohidrolase e N-carbamoyl-PUT-amidohidrolase. Na maioria das plantas ambos os caminhos são operacionais (MEHTA et al., 2002).

O mecanismo preciso das PA's nas plantas ainda permanece desconhecido (GROPPI et al., 2001). O entendimento do papel das PA's sobre a biologia das plantas é dificultada pela falta de conhecimento sobre sua distribuição subcelular e em nível de tecido, além das enzimas envolvidas em seu metabolismo (KUMAR et al., 1997).

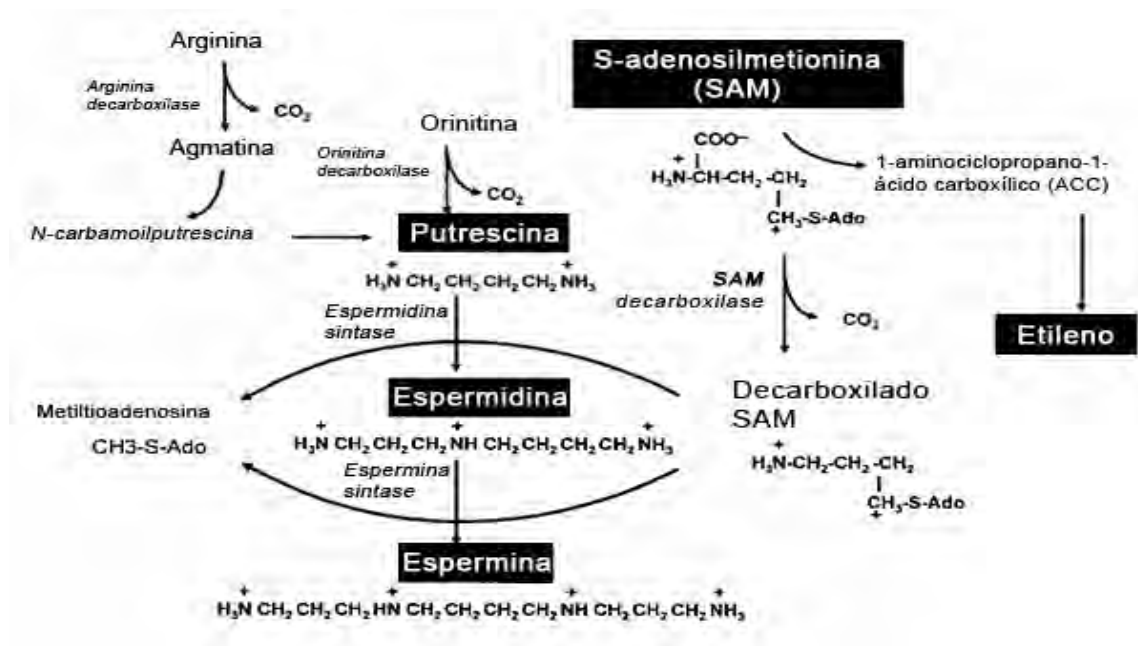


Figura 02. Vias de síntese de PA's (putrescina, espermidina e espermina) e de etileno (MEHTA et al., 2002)

Vários são os relatos de participação delas nos processos fisiológicos vegetais. Dentre eles destaca-se o efeito sobre o crescimento e divisão celular, embriogênese e calogênese, germinação e emergência de plantas, enraizamento e crescimento de plantas, morfogênese, síntese de proteínas, florescimento, senescência, maturação e armazenamento de frutos, além de atuar em situações de estresse (KUMAR et al., 1997; VIU, 2000; PASCHALIDIS & ROUBELAKIS-ANGELAKIS, 2005).

1.6 Os nutrientes minerais

Os nutrientes minerais parecem ter efeitos indiretos na morfogênese vegetal (RAMAGE & WILLIAMS, 2002), porém sabe-se da essencialidade de um determinado grupo de elementos minerais, sem os quais, mesmo que faltando individualmente, a planta não completa seu ciclo de vida, afetando diretamente seu crescimento e desenvolvimento (TAIZ & ZEIGER, 2004; KERBAUY, 2004)

No que se refere à participação dos nutrientes minerais na dominância apical, segundo Aspinall (1962), parece ser do nitrogênio o principal papel no controle deste evento. Porém, este elemento, assim como os demais considerados essenciais, provavelmente comporte-se apenas como precursores de metabólitos direcionados a biossíntese de moléculas ou ativadores enzimáticos, que diretamente estariam regulando o desenvolvimento de gemas laterais. Wang & Bellow (1996) demonstraram que a aplicação de nitrato e amônio misturados aumentou a proliferação lateral de plantas, devido ao fato de ter ocorrido aumento na síntese de citocinina, induzida pelo nitrogênio presente. Sabe-se, que o nitrogênio é o nutriente mineral que mais frequentemente limita o crescimento vegetal, não somente devido a sua disponibilidade limitada em condições naturais, mas também devido ao seu papel essencial para a síntese protéica (MCINTYRE, 2001), sendo que concentrações adequadas de nitrogênio são essenciais, tanto para a morfogênese, quanto para o crescimento das plantas (RAMAGE & WILLIAMS, 2002).

A importância do potássio para as plantas está próxima a do nitrogênio, sendo essencial na atividade de muitas enzimas, na síntese protéica, fotossíntese, movimento estomático, extensão celular, osmorregulação, dentre outras (KERBAUY, 2004, MARSCHNER, 1997). Quando o fornecimento de potássio é reduzido há um retardo no crescimento do vegetal, que tenta contrabalançá-lo pelo aumento no transporte deste nutriente das folhas maduras e do caule para os órgãos em crescimento (MARSCHNER & CAKMAK, 1989).

Outro elemento, tratado como um dos mais importantes no que diz respeito ao envolvimento na dominância apical é o boro. Segundo Taiz & Zeiger (2004) o boro desempenha, dentre outras, funções de alongamento celular e respostas hormonais. Neste último caso, o boro participa na síntese do IAA, principal AX's responsável pela manutenção da dominância apical em plantas.

Também o zinco pode ter participação bastante estreita com a dominância apical, uma vez que, segundo Kerbauy (2004), este elemento atua na ativação de uma série de enzimas envolvidas no metabolismo de carboidratos, proteínas e AX's.

Poucos são os relatos de participação dos nutrientes minerais na dominância apical, porém, dada a importância destes em vários processos metabólicos e

fisiológicos que envolvem desde ativação de enzimas à formação estrutural de tecidos, cabe uma discussão que os envolva neste mecanismo regulatório.

1.7 Os carboidratos

Nos vegetais o papel dos açúcares como nutrientes essenciais e substratos para síntese de componentes celulares não é restrito, pois os mesmos atuam também como moléculas sinalizadoras na regulação da expressão de vários genes (JANG & SHEEN, 1994; SMEEKENS, 2000). Assim, os carboidratos, além de atuarem como substratos para o crescimento, podem também regular a morfogênese e a diferenciação celular nos vegetais, podendo ser associado à dominância apical.

Segundo Yun et al.(2002), o crescimento dos órgãos vegetais necessita de um fornecimento contínuo de nutrientes e a partição de assimilados de carbono entre os órgãos fornecedores (fonte) e consumidores (dreno) é regulada por vários fatores internos e externos como os fitormônios e a luz, por exemplo.

A sacarose representa a maior parte dos produtos do CO₂ fixado pela fotossíntese, sendo estocada principalmente no vacúolo (WINTER et al., 1994). No tecido em crescimento esse açúcar é utilizado como fonte de carbono e energia para a síntese de matéria celular. Parte da sacarose é estocada nos tecidos fotossintetizantes, enquanto outra flui até os órgãos/tecidos drenos, fornecendo substratos para a formação de outras substâncias de reserva, principalmente amido e frutano (AVIGAD & DEY, 1997). A glicose, assim como a sacarose, possui papel importante no controle da expressão de várias e importantes enzimas e outras proteínas (JANG & SHEEN, 1994).

O amido é o principal carbono de reserva em numerosas espécies de plantas. A maioria das células vegetais sintetiza e degrada amido em alguma fase de seu desenvolvimento, tanto nas partes que darão origem a órgãos de reserva, como tubérculos e raízes tuberosas, quanto nas células de órgãos fornecedores como folhas fotossintetizantes no início do desenvolvimento (SMITH et al., 2005). A degradação de amido fornece carbono diretamente para a síntese de sacarose e para o crescimento e manutenção das células, sendo que em células adjacentes ao meristema, o amido pode atuar potencialmente como um

“tampão” de carbono, balanceando a demanda por esqueletos carbônicos e energia para as células e a importação de carbonos na forma de sacarose (SMITH et al., 2003).

Em relação à alocação diferenciada de nutrientes minerais e fotoassimilados nas plantas, poucos são os relatos que relacionam tal evento ao processo de dominância apical. Peterson et al. (1982) levantaram a hipótese de que os fotoassimilados e outras reservas poderiam estar associados com o processo de dominância apical. Assim eles verificaram maior desenvolvimento de afilhos em coleóptilo quando da maior presença de carboidratos disponíveis. No entanto, Skinner & Nelson (1994) não observaram tal dependência dos carboidratos para outras plantas.

Além disso, a importância hormonal no controle da partição de fotoassimilados nos órgãos e tecidos vegetais também vem sendo investigada, uma vez que, todas as respostas das CKs estão associadas com o crescimento ativo ou ativação de processos biológicos, têm-se sugerido frequentemente uma possível ligação entre esse fitormônios e o fornecimento de carboidratos (KUIPER, 1993).

Em geral, as CK's são mostradas como possuidoras de um importante papel na regulação de muitos processos associados com o fornecimento de nutrientes para os tecidos em crescimento (ROISTCH & EHNEB, 2000). O aumento na atividade do dreno está associado com o aumento no conteúdo de CK's, o qual estimula a formação de órgãos de armazenamento (PALMER & SMITH, 1970) e acelera a exportação de assimilados do floema (CLIFFORD et al., 1986). O IAA também estimula o influxo de assimilados para o órgão, pois esse hormônio vegetal aumentaria, em ação conjunta com as CK's, as divisões celulares e o tamanho das células (MELIS & VAN STADEN, 1984).

1.8 As enzimas

As enzimas também apresentam importância significativa na vida das plantas, uma vez que são partes integrantes de uma série de eventos fisiológicos e bioquímicos. Dentre elas destacamos as peroxidases (POD's), polifenoloxidase (PPO) e o complexo enzimático do IAA-oxidase.

As POD's são enzimas que utilizam o peróxido de hidrogênio para oxidar uma gama de doadores de hidrogênio, assim como substâncias fenólicas, ácido ascórbico, citocromo c, indóis, nitrito, aminas e alguns íons inorgânicos (SAUNDERS et al., 1964). As POD's (EC 1.11.1.7) são compostas por uma única cadeia peptídica contendo um grupo heme (protoporfirina IX), sendo a enzima vegetal (distinta das POD's de animais superiores) composta de aproximadamente 25% de carboidratos e encontrada em praticamente todas as plantas (VIU, 2000). Assim, são enzimas que servem para indicar processos fisiológicos, dentre eles oxidação de compostos fenólicos, biossíntese de etileno e lignina (ASADA, 1992) e morfológicos nos vegetais (SOUZA, 2002). Ainda segundo Da Costa et al. (1979), está relacionada com a regulação do nível endógeno do IAA, com mecanismos de resistência a doenças, regulação de permeabilidade de membranas, formação de parede celular, dentre outros.

O peróxido de hidrogênio, além da participação na defesa da planta, também atua na indução da expressão gênica e na síntese protéica (BURDON et al., 1995). De acordo com Kay & Basile (1987), a atividade meristemática, em órgãos iniciais de desenvolvimento das plantas, tem sido relacionada com a atividade das POD's. Ainda Van Fleet (1947) descreve que as POD's estão presentes em todos os meristemas organizados, locais de iniciação de órgãos ou que possuam atividades metabólicas, fazendo ainda uma relação entre estes pontos com o aumento na atividade peroxidásica.

A atividade das POD's podem ser alteradas por fatores externos, tais como luz e outras radiações, hipo e hiper gravidade, distúrbios ecológicos, infecção, aplicação de pesticidas e vários tipos de estresse (SIEGEL, 1993).

Em estudos realizados, Da Costa et al. (1979) relatam que as POD's são amplamente distribuídas no reino vegetal e estão, dentre outras, relacionadas com a regulação do nível endógeno do IAA, mecanismos de resistências a doenças, regulação da permeabilidade da membrana, formação da parede celular e dormência das sementes. Ainda, segundo Van Huystee (1987), as POD's estão envolvidas na oxidação do regulador vegetal IAA, uma vez que, catalisam a degradação de peróxidos formados pelo sistema IAA-Oxidase, podendo em alguns momentos reprimirem o IAA.

Alguns autores citam ainda o envolvimento das POD's em processos de diferenciação celular, uma vez que alterações na atividade destas, marcaram eventos

rizogênicos (JOERSBO et al., 1989) e embriogênicos (EL HADRAMI & DÁUZAC, 1992). Estas enzimas vem sendo utilizadas como indicadores bioquímicos para diferentes eventos: diferenciação celular (RAWAL & MEHTA, 1982), crescimento da planta (EPSTEIN & LAPORT, 1984), mudanças morfogênicas em respostas a agentes físicos, químicos e ao estresse biótico (GASPAR et al., 1985) ou abiótico (LIMA et al., 1999).

Outro exemplo do envolvimento de enzimas nos processos bioquímico-fisiológicos nos vegetais diz respeito ao IAA-Oxidase. Trata-se de um sistema oxidativo enzimático que ocorre nas plantas, responsável por reações de oxidação catalítica que controlam o conteúdo hormonal endógeno do IAA (SALISBURY & ROSS, 1992; TAIZ & ZEIGER, 2004). Além do controle oxidativo enzimático, exercido pelo IAA-Oxidase sobre o IAA endógeno, ocorre ainda o processo de foto-oxidação e também a ligação com outras moléculas na planta, produzindo conjugados que podem reter ou perder a atividade auxínica (SALISBURY & ROSS, 1992).

O envolvimento do complexo enzimático IAA-Oxidase e também de seu metabolismo bioquímico-fisiológico relacionado aos processos morfogênicos ainda é pouco conhecido e poucos são os trabalhos divulgados. Estudando a atividade destas enzimas, Debiasi (2000) sugere que os níveis endógenos de IAA podem ser correlacionados com o processo de dominância apical das plantas, entretanto, não está claro como o IAA livre na célula é preferencialmente metabolizado, uma vez que existem outras rotas de inativação do IAA além da oxidação pelo IAA-Oxidase. Além disto, o mesmo autor diz que boa parte das AX's presentes nos tecidos vegetais encontram-se ligadas covalentemente a outros compostos, principalmente com açúcares no caso das monocotiledôneas. Já Lee (1971), verificou diminuição na oxidação do IAA à medida em que incrementava a concentração de cinetina em culturas de calos de fumo e Jain et al. (1969), uma relação direta do aumento do nível de IAA e a diminuição da destruição de IAA com a aplicação de cinetina em folhas de feijão.

O aumento na atividade das POD's e IAA-Oxidase indica o envolvimento destas enzimas na organogênese. Vicent et al. (1992) observaram elevada atividade destas enzimas antes da formação de brotos em cultura de calos de *Kaempferia galanga*. Kay & Basile (1987) relatam que a isoperoxidase não específica tem sido identificada, isolada e caracterizada para indicação do início da formação de órgãos,

desenvolvimento ou maturação, apontados como marcadores rápidos de diferenciação de tecidos.

Nos tecidos vegetais, a enzima PPO está localizada nos cloroplastos e sua concentração (atividade) no tecido vegetal depende de local do plantio, período da colheita, espécie e do estado de amadurecimento do tecido (Dawson & Magee, 1955).

A PPO provavelmente está presente em todas as plantas (WHITAKER, 1972) e segundo Yilmaz et al (2003), na presença de oxigênio, catalizam a oxidação de compostos fenólicos para formar quininas intermediadas por polimerase, para formar pigmentos indesejáveis. Esta enzima cataliza dois tipos de reações oxidativas: a hidroxilação de monofenóis para o-difenóis e a oxidação de o-difenóis para o-quinina (YILMAZ et al., 2003). Foi relatado que a PPO tem papel importante na divisão celular, diferenciação e desenvolvimento primário nos vegetais (HUYSTEE & CAIRNS, 1982).

Muitos fatores podem influenciar na diferenciação de tecidos e órgãos. Durante a formação de raízes, por exemplo, ocorrem alterações nas atividades de várias enzimas (GONZALES et al., 1991). Segundo Hahlbrock & Grisebach (1979), a PPO pode regular indiretamente a síntese de compostos fenólicos e ainda, participar da organização e desenvolvimento das raízes primárias.

1.9 Os compostos fenólicos

Os compostos fenólicos também apresentam indícios que os levam a serem estudados no processo de dominância apical. São produtos secundários que contém um grupo fenol e que são biossintetizados, em plantas superiores, a partir de derivados da fenilalanina (TAIZ & ZEIGER, 2004). Devido a sua diversidade química, os compostos fenólicos apresentam uma vasta variedade de funções e efeitos nos vegetais.

No início, a principal atribuição dada aos compostos fenólicos era de ser inibidor do crescimento vegetal, porém atualmente, já se sabe que existem aqueles que promovem, são inertes ou mesmo participam de outros processos como fotossíntese e respiração (KEFELI & KADYROV, 1971). Segundo Taiz & Zeiger (2004), os compostos

fenólicos, dentre outras funções, atuam na biossíntese de ligninas, na germinação e crescimento de plantas, na alelopatia e promovem mecanismos de defesa.

No que diz respeito à ação inibitória dos fenóis, a associação principal que se tem relato é de que estes inibiriam atividades enzimáticas e processos de fosforilação oxidativa (KEFELI, 1987; TAIZ & ZEIGER, 2004).

Já em relação ao efeito promotor, principalmente sobre o crescimento das plantas, atribui-se aos compostos fenólicos a modulação da biossíntese e degradação do IAA (KEFELI, 1987, TAIZ & ZEIGER, 2004), podendo sinalizar para sua participação no processo de dominância apical. A promoção do efeito do IAA, pelos ácidos ferúlico, caféico e clorogênico, está relacionada com a prevenção da destruição enzimática do IAA via IAA-oxidase, enquanto que o ácido p-cumárico está relacionado com a ação inibitória na rizogênese induzida pelo IAA. Assim, baixas concentrações de monofenóis ativam o sistema IAA-oxidase, enquanto que os polifenóis inibem o IAA-oxidase (KEFELI, 1987). O mesmo autor diz ainda que, os compostos fenólicos não atuam somente na ação das AX's, mas também, nas GA's e CK's, não apresentando ação anti-hormonal específica.

Dentre os compostos fenólicos existentes nas plantas os flavonóides são os que representam a maior classe de metabólitos secundários produzidos por várias espécies vegetais, sendo comumente encontrados nas raízes, sementes e diversos outros órgãos das plantas (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Os flavonóides atraem interesse em estudos de fisiologia e bioquímica vegetal por atuarem como antioxidantes, inibidores enzimáticos precursores de substâncias tóxicas, componentes de pigmentos, etc., além de estarem relacionado à fotossíntese, na transferência de energia, aos hormônios vegetais e reguladores vegetais, morfogênese, reprodução sexual e defesa contra infecções (antimicrobianos) (DIXON, 2001). Sendo assim, visto sua relação, principalmente com os hormônios vegetais, pode-se atribuir uma possível participação dos flavonóides na dominância apical, cabendo estudos que comprovem esses efeitos.

1.10 Outros fatores possivelmente envolvidos na dominância apical

A luz tem uma influência profunda em praticamente todos os aspectos do crescimento e desenvolvimento vegetal, incluindo a germinação de sementes, o desenvolvimento da plântula, a morfologia e fisiologia do estágio vegetativo, o controle de ritmos circadianos e a floração (KIM et al., 2002; NEMHAUSER & CHORY, 2002). A luz é um dos mais importantes fatores ambientais que controlam o desenvolvimento vegetal. Enquanto muitos aspectos da fotopercepção celular e vias de transdução celular são extensivamente estudados e caracterizados, os mecanismos envolvidos no controle integrado do crescimento e desenvolvimento em resposta aos sinais luminosos são pouco compreendidos (KRAEPIEL et al., 2001). Almeida & Mundstock (2001) estudaram a influência da luz disponível para a cultura do milho e verificaram forte influência desta sobre a dominância apical, assim como Almeida et al. (2000) com a cultura do trigo.

Em relação à participação no controle do desenvolvimento das gemas laterais, basicamente os estudos se baseiam na tendência de maior crescimento destas na luz vermelha e menor na luz vermelho extremo. Segundo Salisbury & Ross (1992) a luz vermelho extremo reduz a relação entre as formas químicas do fitocromo vermelho e o fitocromo total presente nas plantas. Alguns autores confirmaram este padrão com a aplicação de diferentes comprimentos de onda sobre as plantas (SKINNER & SIMMONS, 1993, DAVIS & SIMMONS, 1994).

Segundo Spalding & Folta (2005), a percepção do sinal luminoso requer que a luz seja absorvida e se torne fotoquimicamente ativa, o que é efetuado através de pigmentos especializados ou fotorreceptores (criptocromos e fitocromos). Ao tornar-se fotoquimicamente ativo, o fotorreceptor desencadeia uma cascata de eventos bioquímicos, denominada de via de transmissão de sinais, que em última instância, conduz a respostas metabólicas e de desenvolvimento. Através da absorção pelos fotorreceptores a radiação ambiental modula profundamente a morfogênese de tecidos e órgãos das plantas (fotomorfogênese) em todas as etapas do seu desenvolvimento. Nemhauser & Chory (2002) acreditam que os hormônios vegetais podem atuar como transmissores do sinal luminoso através da mediação dos efeitos da luz no crescimento e desenvolvimento vegetal.

A densidade de plantas também parece ter uma influência sob o efeito da luz no desenvolvimento de gemas laterais. Em geral, a maior densidade de plantas reduz a proliferação lateral (GALLI, 1996). Este fato se deve a relação entre as formas do fitocromo nas plantas. Baseado em Taiz & Zeiger (2004), pode-se dizer que a baixa população de plantas favorece o comprimento de onda da luz vermelha em relação à vermelha extrema, enquanto que em alta população o favorecimento é para a luz vermelha.

As conexões vasculares também têm sido apontadas como fator de importância para explicar o evento de dominância apical nos vegetais.

Falhas no sistema de conexão vascular com as gemas laterais também poderiam contribuir para a manutenção da dominância apical em plantas (MCCALL, 1934, FLETCHER & DALE, 1974). Segundo estes mesmos autores, estas falhas podem vir de um crescimento rápido da gema lateral sob altas temperaturas por exemplo, não havendo disponibilidade nutricional suficiente para as células de conexão dividirem-se e diferenciarem-se. Segundo Taiz & Zeiger (2004), as AX's e CK's estimulam diferenciação do floema e, posteriormente, do xilema.

A teoria levantada por Tamas (1995) diz que a AX's transportada de forma polar no eixo principal da planta poderia causar falhas nas conexões vasculares entre os feixes da planta e dos brotos laterais, impedindo estes de importarem nutrientes e reguladores responsáveis pela diferenciação e desenvolvimento posterior de raízes e crescimento apical. A AX's sintetizada no ápice, transportada de forma basípeta e acumulada nas gemas laterais, inibindo-as, foi a primeira hipótese formulada para explicar a dominância apical. Porém Salisbury & Ross (1992) contestaram esta hipótese, já que observaram que em gemas inibidas a concentração de AX's era maior que nas não inibidas. Posteriormente, os mesmos autores e Taiz & Zeiger (2004) postularam a participação indireta das AX's neste evento, as quais desviariam os nutrientes das gemas laterais para o ápice da planta.

Nos últimos anos, a biologia molecular tem contribuído significativamente para o entendimento de vários processos de crescimento e desenvolvimento nos vegetais e assim, alguns trabalhos já apontam genes específicos que estariam envolvidos no controle da dominância apical (LAZAR & GOODMAN, 2006).

A simples sustentação no conceito de controle hormonal (IAA/CK's) para a dominância apical já não é suficiente e, assim, surgem estudos significativos de

sinalização molecular, com identificação de genes (TANAKA et al., 2006; LAZAR & GOODMAN, 2006; BOOKER et al., 2005; LEYSER, 2003; SOREFANET, 2003). De acordo com Tanaka et al. (2006), mesmo sabendo que o IAA inibe o crescimento de gemas e brotos laterais e axilares no evento de dominância apical, os autores afirmam que é pequeno ainda o conhecimento sobre os mecanismos moleculares adjacentes.

Para Souza (2006) o processo de eliminação da dominância apical e conseqüentemente do desenvolvimento de gemas, resulta no aumento das divisões celulares e mudanças no programa de desenvolvimento dos primórdios de gemas axilares, sugerindo que esses dois processos são regulados por fatores em comum, dentre eles ativações de genes. Horvath et al. (2003) descrevem a quebra da dormência de gemas como resultado do aumento da expressão de genes da fase G1/S, como ciclinas do tipo D e histonas, seguindo-se na fase G2/M com o aumento na expressão de ciclinas do tipo B, uma vez que nas plantas, células que não estão em processo de divisão, podem estar estacionadas tanto em G1, quanto em G2, ressaltando ainda que na maioria dos casos, células meristemáticas de gemas dormentes estão estacionadas na fase G1, anterior à replicação da fase S. Neste processo de ativação da expressão de genes no ciclo celular, atuam substâncias sinalizadores, como por exemplo os hormônios vegetais e os açúcares (STALS & INZÉ, 2001).

Recentemente Lazar & Goodman (2006) demonstraram que o gene MAX1 atua especificamente na repressão do crescimento de brotos vegetativos, possivelmente por regular a retenção de IAA dependente de flavonóides em gemas axilares de *Arapdopsis*. Por sua vez, Simon-Mateo et al. (2006) descreveram que a infecção bacteriana (*Rhodococcus fascians*) em plantas de *Nicotiana tabacum* alterou o balanço IAA/CK's, ativando o ciclo celular, resultando em maior desenvolvimento de brotos. Neste evento, os autores identificaram genes ativados e relacionaram ao evento de dominância apical. Da mesma forma O.Manes et al. (2004) afirmaram que o fitopatógeno *R. fascians* altera a dominância apical. Os autores descrevem que a bactéria gram-positiva infiltra na gema dormente, ativando-a e com isso formam-se novos brotos e folhas.

O crescimento e o desenvolvimento celular que leva à diferenciação e especialização passam por eventos bioquímicos complexos que são seguidamente ativados, desativados ou alterados durante todo processo de vida dos vegetais. Durante estes eventos ocorre síntese e/ou degradação de substâncias como os hormônios vegetais, proteínas, fenóis, açúcares, PA's, enzimas diversas, dentre outras. Para Souza (2006), nesta seqüência de eventos, as substâncias sofrem alterações quantitativas e qualitativas, assim como a atividade das enzimas, o que possibilita utilizar estas informações como marcadores potenciais de organogênese.

O presente trabalho parte do interesse sobre questões pouco compreendidas a respeito dos possíveis fatores e mecanismos fisiológicos envolvidos no processo de formação e desenvolvimento de gemas laterais e raízes de bananeiras em seu rizoma complexo. Nisso, pretende-se contribuir para o esclarecimento do questionamento: *Que alterações fisiológicas e bioquímicas ocorrem nas plantas durante os eventos de inibição e/ou liberação de brotos laterais (dominância apical) de clones que crescem em condições iguais de ambiente e principalmente, porque dentre estes clones ocorrem diferenças tão significativas nos padrões de dominância apical?* Questionado sobre o tema, em fevereiro de 2006, o Dr. Morris G. Clinne, da *Ohio State University*, referência mundial na pesquisa com dominância apical e controle apical em plantas, respondeu: *.....passarão muitas e muitas gerações de investigadores e este questionamento certamente continuará existindo.as respostas jamais serão suficientes para esclarecer por completo este evento fisiológico.*

Simon-Mateo et al. (2006), dentre outros, afirmam que nem o mecanismo básico de controle da dominância apical está esclarecido, mesmo depois de décadas de investigações. Neste sentido, perante tantas hipóteses de participações e atribuições de fatores e seus efeitos, ainda não se tem claro o mecanismo bioquímico-fisiológico da dominância apical, visto de uma forma integrada no que diz respeito aos fatores que podem estar associados ao seu controle, nem tão pouco se tem claro a caracterização endógena de substâncias e/ou de atividades enzimáticas no que diz respeito às diferenças entre padrões de dominância apical nos vegetais.

2 Objetivos

Tem-se como objetivo caracterizar a dominância apical em plantas de bananeira (*Musa acuminata* Colla), por meio de análises fisiológicas e bioquímicas que comparem condições de alto e baixo domínio apical e com isso, contribuir para melhor entender este importante evento fisiológico nos vegetais. Ainda, ampliando o leque de possíveis fatores envolvidos, direta ou indiretamente, no controle da dominância apical, busca-se visualizar diferentes formas de abordar o tema dominância apical, abrindo caminho a novas linhas de investigação voltadas a decifrar os mecanismos de promoção e/ou inibição do desenvolvimento apical e lateral em plantas.

3 Material e métodos

Plantas de bananeira (*Musa acuminata* Colla), cultivar Nanicão, com um ano e meio de idade, mantidos no pomar da Fazenda Experimental Lageado, da Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp de Botucatu-SP, serviram como matrizes utilizadas no experimento. O material vegetal foi analisado no Laboratório de Bioquímica do Departamento de Química e Bioquímica e Laboratório de Biologia Molecular do Departamento de Biofísica, ambos pertencentes ao Instituto de Biociência (UNESP-Botucatu). Também no laboratório de Solos do Departamento de Solos e Laboratório de Análises Químicas do Departamento de Produção Vegetal, estes da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP-Botucatu, além do Laboratório de Morfogênese Vegetal do Departamento de Botânica, do Instituto de Biociências (USP-São Paulo).



Figura 03. A-Vista parcial da área de cultivo com bananeira (*Musa acuminata* Colla), cultivar Nanicão, com um ano e meio de idade, no pomar da Fazenda Experimental Lageado, da Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp de Botucatu-SP. B-Detalhe do arranque do rizoma. C-Detalhe dos rizomas coletados, já reduzidos e lavados. Fotos: Clayton Debiasi (2005)

A partir de rizomas intactos das bananeiras, em duas condições de dominância apical (figura 04: Alta Dominância Apical/ADA: rizomas contendo no máximo duas brotações laterais emitidas e Baixa Dominância Apical/BDA: rizomas contendo seis ou mais brotações laterais emitidas), foram coletadas amostras em cubos, de aproximadamente 10 g, em 5 pontos distintos do cilindro central do rizoma (figura 05: A- Região apical do cilindro central: coletado 0,5 cm abaixo da inserção da gema apical; B- Região central do cilindro central: coletado no centro do cilindro central, distante igualmente dos pontos de coleta A e C;

C- Região basal do cilindro central: coletado 0,5 cm da divisão cilindro central e córtex; D- Região de formação inicial de raízes: coletado 0,5 cm da divisão cilindro central e córtex, onde se diferenciavam raízes e E- Região de formação de brotos laterais: coletado 0,5 cm de uma linha imaginária de divisão do cilindro central e córtex/planta mãe e filho, onde se diferenciavam brotos). Na coleta do ponto E, no caso dos rizomas de plantas em ADA, coletava-se na região oposta a de formação do eventual broto lateral. Todo material coletado foi imediatamente congelado em nitrogênio líquido e armazenado à -18°C em freezer.

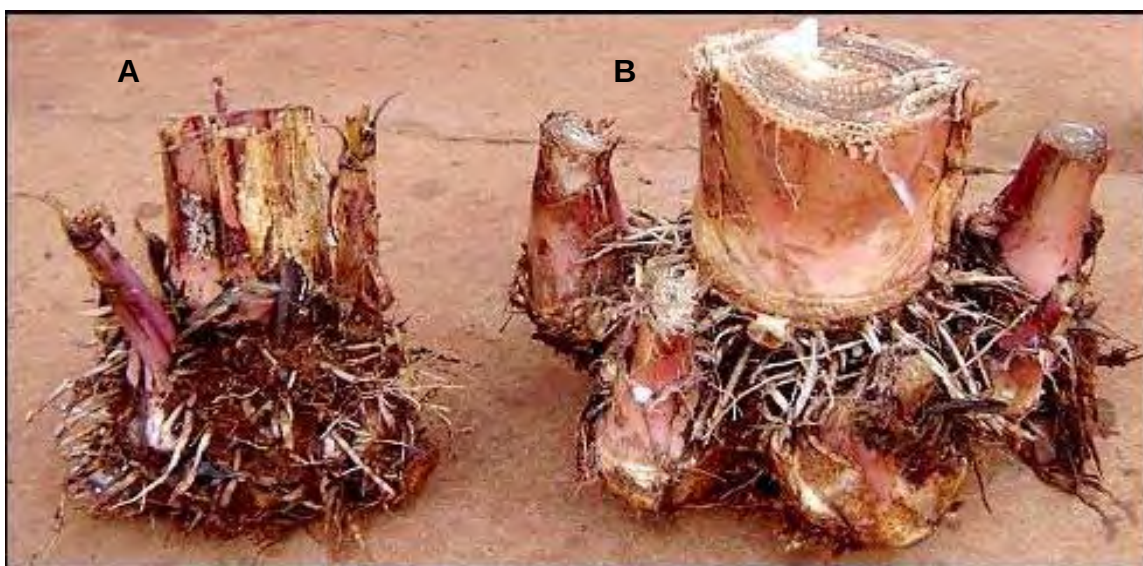


Figura 04. Condições diferenciais de dominância apical em bananeira (cultivar Nanicão) com 18 meses de idade. A- Alta Dominância Apical (ADA), rizomas contendo no máximo duas brotações laterais emitidas; B- Baixa Dominância Apical (BDA), rizomas contendo seis ou mais brotações laterais emitidas. Foto: Clayton Debiasi (2005)

As plantas de bananeira em ADA apresentavam-se menos desenvolvidas em termos de número de folhas e raízes e também diâmetro do pseudocaule, quando comparadas com as plantas em BDA. Também, o tamanho dos brotos laterais presentes nos rizomas de plantas em ADA eram menores que aqueles presentes nos rizomas de plantas em BDA.

Foram retiradas alíquotas dessas amostras para realização de análises bioquímicas (teores de AST's, ART's, fenóis totais, flavonóides totais, glicose/amido, PTN's, PTNS's, PUT e IAA, atividade das POD's, IAA-oxidase e PPO e pH do tecido) e análises de minerais (teores de N, P, K, Ca, Fe, Zn, Cu, Mg, Mn e B).

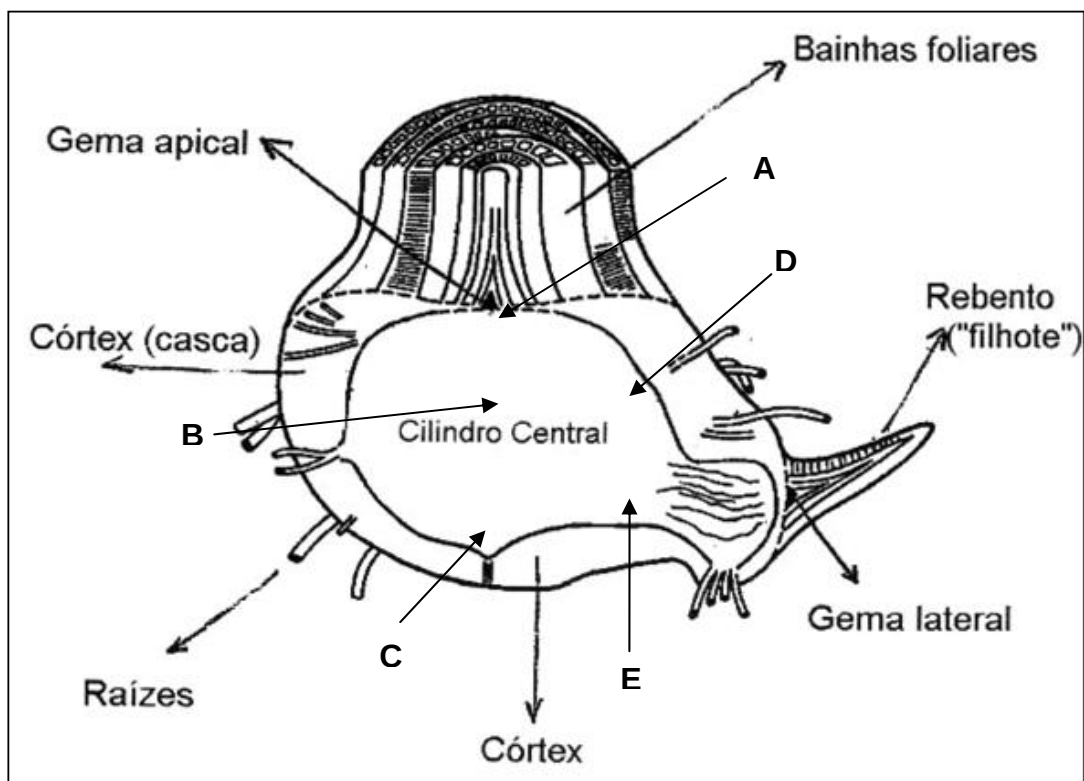


Figura 05. Rizoma de bananeira adaptado de Simmonds (1973) representando as partes anatômicas e as regiões de coleta de amostras para análises bioquímicas. A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais.

3.1 Análises bioquímicas

3.1.1 Determinação do conteúdo endógeno de ácido indol-3-acético (IAA)

A metodologia utilizada para a determinação dos níveis de IAA foi baseada na descrita por Kojima (1996), com modificações. Alíquotas de 1 g das amostras

coletadas foram maceradas em 5 mL de tampão de extração (etanol 80% + 1% polivinilpirolidona-40). Os extratos foram transferidos para tubos tipo Falcon (15 mL), ao qual foram adicionados 100 μ L de [3 H]IAA radioativo como padrão interno, para a determinação do rendimento do processo. Os extratos foram agitados por 1:30 h, no escuro a temperatura de 4°C e, em seguida, centrifugado a 15000 g por 15 minutos a 4 °C. Os sobrenadantes foram concentrados em "speed vac" a 45° C, até atingirem 20% do volume inicial ($\leq$ 1,0 mL). O volume das amostras foi ajustado para 3 mL (p/v) com água Milli'Q e o pH para 2,5 com a adição de HCl (1N). As amostras foram particionadas, duas vezes, usando-se éter etílico como solvente orgânico. A fase orgânica, contendo o IAA nos dois particionamentos, foi coletada, seca em "speed vac" a 45 °C e ressuspensa em 300 μ L de metanol 100%. As amostras ressuspensas em metanol foram transferidas para tubos "eppendorf" e armazenadas a -20 °C para posteriores análises. A quantificação do IAA foi realizada através de cromatografia líquida de alta resolução (HPLC) em fase reversa, com coluna C18 (Shimadzu Shim-pack CLC ODS). Foram utilizados como solventes metanol 100%, solução de água-metanol 10% e ácido acético 0,5%. A mudança na proporção de metanol 100% em relação ao outro solvente define o gradiente de corrida, sendo o gradiente de metanol 100% ajustado para aumentar de 20 para 60% durante os primeiros 15 min, de 60 para 100%, entre 15 e 16 min e 100% até 22 min, com fluxo de 1 mL min⁻¹ a 40° C. O detector de fluorescência foi ajustado para excitação em 280 nm e emissão em 350 nm para a detecção do IAA. Foram injetados 40 μ L da amostra. Sub-amostras coletadas no coletor de frações durante a corrida foram utilizadas para a estimativa de rendimento através da análise de cintilação no aparelho PACKARD (modelo Tri-carb 2100 TR), utilizando-se os padrões radioativos adicionados durante o processo de extração como parâmetro. As áreas e tempos de retenção, do IAA das amostras, foram

avaliados por comparação com as concentrações conhecidas destes reguladores vegetais, expressando o resultado em IAA endógeno ($\text{ng g}^{-1} \text{mf}$).

3.1.2 Determinação do conteúdo endógeno de fenóis totais

A determinação do conteúdo de fenóis totais foi realizada conforme método descrito por Phillips & Henshaw (1977). A 100mg de amostras secas em estufa de ventilação forçada a 65°C até atingirem peso constante, foram acrescidos 7,0 mL de acetona 70%, 3,0 mL de H₂O destilada e a mistura colocada em banho ultrassônico por 20 minutos. Em seguida o material foi centrifugado a 10.000 rpm, por 15 minutos à 4°C. Retirou-se o sobrenadante, adicionando-se ao precipitado, novamente, 7,0 mL de acetona 70%, 3,0 mL de H₂O destilada e centrifugado a 10.000 rpm, por 15 minutos à 4°C. Coletou-se 0,1 mL do sobrenadante da segunda centrifugação misturando 0,9 mL de H₂O destilada, 0,5 mL de solução Folin Denis (Horwitz, 1985) e 2,5 mL de carbonato de sódio. Agitaram-se os tubos, aguardando 45 minutos e lendo em espectrofotômetro a 725 nm, expressando o resultado em g^{-1} massa fresca (mf).

3.1.3 Determinação do conteúdo endógeno de flavonóides totais

A determinação do conteúdo de flavonóides totais foi realizada conforme método descrito por Santos & Blatt (1998) e Awad et al. (2000). Foram macerados 500 mg de amostra fresca em 20 mL da solução de metanol 70% (85 mL) mais ácido acético 10% (15 mL), permanecendo posteriormente em banho ultrassônico por 30 minutos. Em seguida o material foi filtrado e centrifugado a 10.000 rpm, por 15 minutos a 4°C. Recolheu-se o sobrenadante, acrescentando 1 mL de cloreto de alumínio, completando com ácido acético

até atingir o volume total de 25 mL. O material permaneceu em temperatura ambiente por 30 minutos e então foram realizadas leituras em espectrofotômetro a 425 nm, expressando o resultado em flavonóides totais (μg quercetina g ms^{-1}).

3.1.4 Determinação da atividade da polifenoloxidase (PPO)

A extração das amostras seguiu metodologia descrita por Cano et al (1997) com modificações. Foram maceradas e homogenizadas 10 g de amostra fresca em 10 mL de tampão fosfato 0,2 M, pH 7,0. Em seguida o material foi filtrado em papel Whatman nº1 e, em seguida, centrifugado a 10.000 rpm, por 15 minutos a 4°C. O sobrenadante foi o extrato enzimático utilizado nas reações de determinação. A 0,3 mL do extrato enzimático adicionou-se 1,75 mL de tampão fosfato 0,1 M, pH 6,0 e 0,05 mL de catecol 0,1 M. Em seguida incubou-se esta mistura por 30 minutos em banho-maria a 30°C. A reação foi interrompida com a adição de 0,7 mL de ácido sulfúrico 5%. A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 395 nm, expressando o resultado em $\Delta A_{395} \text{ min}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ mf}$.

3.1.5 Determinação da atividade do IAA-oxidase

Seguindo metodologia descrita por Saleh (1981) e Zaffari (1998) foi determinada a atividade do IAA-oxidase. Para o preparo do extrato enzimático, alíquotas de 1,0 g das amostras coletadas foram maceradas com 1,0 mL de água destilada gelada. O extrato obtido foi centrifugado a 30.000 x g por 30 minutos a 4°C. Ao sobrenadante foi adicionado carvão ativado e, em seguida, filtrado em papel filtro comum já umedecido em água gelada. O sobrenadante foi então utilizado como extrato bruto da enzima. Para a realização do ensaio enzimático foi utilizado o protocolo descrito por Srivastawa & Huystee (1973) com algumas

modificações. A partir de uma mistura de reagentes constituída por 0,5 mL de tampão acetato (0,2 M) pH 3,5; 0,5 mL de $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (0,2 mM); 0,5 mL de 2, 4 diclorifenol (0,2 mM); 0,5 mL de IAA (0,2 mM); 0,02 mL de extrato vegetal e 0,48 mL de água milliQ, foi incubada a reação enzimática em banho-maria a 35° C durante 60 minutos. Ao final do período de incubação foram retiradas três alíquotas de 300 µl e misturadas a 1,0 mL do reagente de Salkowski modificado (GORDON & WEBER, 1951). Após uma hora, período este correspondente ao tempo de estabilização da reação, foi realizada leitura em espectrofotômetro em 530 nm, expressando os resultados em IAA-oxidase (μmol de IAA $0,5 \text{ g}^{-1} \text{ mf}$).

3.1.6 Determinação da atividade das peroxidases (POD's)

A partir da metodologia descrita por Lima et al. (1999), alíquotas de 0,2 g das amostras coletadas foram maceradas, homogeneizadas (homogeneizador Pottern Elvehjem) em tampão fosfato 0,2 M (pH 6,7) e centrifugadas, obtendo-se dessa maneira o extrato bruto.

Assim, a atividade das POD's (EC 1.11.1.7) foi determinada em sobrenadantes (extrato bruto) obtidos a partir da homogeneização de amostras em tampão fosfato, centrifugados a 4 °C. Vinte mM de peróxido de hidrogênio, 4 mM de aminoantipirina e 10 mM de fenol foram utilizados para determinação da atividade, utilizando absortividade molar igual a 6,58 para o cálculo da atividade da peroxidase, que foi expressa em μmol de H_2O_2 decomposto $\text{min}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ mf}$.

3.1.7 Determinação do conteúdo endógeno de açúcares redutores totais (ART's)

A determinação dos ART's seguiu metodologia descrita por Nelson (1944). Em alíquotas de 200 mg de amostras secas em estufa de ventilação forçada a 65°C e moídas, foram adicionados 50,0 mL de água destilada, mantendo em banho-maria a 40° C por 30 minutos. Em seguida filtrou-se em algodão diretamente em balão volumétrico, completando o volume final em 100,0 mL com água destilada e homogeneizando a amostra. Um mL da amostra, 1,5 mL de água destilada e 1,0 mL de reativo de Somogy foram utilizados para a reação realizada em banho-maria durante 20 minutos. Após este período o material foi resfriado em água corrente, adicionando 1,0 mL de reagente de Nelson e 5,5 mL de água destilada, homogeneizando antes da leitura em espectrofotômetro a 500 nm, expressando os resultados em $\text{mg g}^{-1} \text{ ms}$.

3.1.8 Determinação do conteúdo endógeno de açúcares solúveis totais (AST's)

Baseando-se na metodologia descrita por Dubois et al. (1956), 200 mg de amostras secas em estufa de ventilação forçada a 65°C foram moídas e adicionado 50,0 mL de água destilada em erlenmeyer, mantendo em banho-maria a 40° C por 30 minutos. Em seguida filtrou-se em algodão diretamente em balão volumétrico, completando o volume final em 100,0 mL com água destilada e homogeneizando a amostra. Em tubos de ensaio juntou-se inicialmente 0,5 mL da amostra e 0,5 mL de solução de fenol (5%), homogeneizando e, em seguida, acrescentando 2,5 mL de ácido sulfúrico concentrado, aguardando o esfriamento. Em seguida realizaram-se as leitura em espectrofotômetro a 490 nm, expressando os resultados em $\text{mg g}^{-1} \text{ ms}$.

3.1.9 Determinação do conteúdo endógeno de glicose e amido

A determinação do conteúdo de glicose e amido foi realizada conforme método descrito por Nelson (1944) e Cereda et al. (2004). Em 100 mg de massa seca da amostra foram adicionados 50mL de HCl (1M) e autoclavado a 120°C por 20 minutos. Após este período foi coletado 1 mL da amostra e acrescentado 1 mL de solução de Somogy, mantendo durante 20 minutos em banho-maria fervente. Em seguida, o material foi resfriado em água corrente, acrescentando 1 mL da solução de Nelson, agitando e imediatamente realizada a leitura em espectrofotômetro a 530 nm e, expressando os resultados em glicose ($\text{mg g}^{-1} \text{ ms}$). Utilizando-se fator de multiplicação de 6,25 para a transformação da glicose, tem-se o percentual de amido na amostra.

3.1.10 Determinação do conteúdo endógeno de proteínas totais (PTN's)

A determinação do conteúdo endógeno de PTN's seguiu o método Micro Kjeldahl (AOAC, 1995) o qual utiliza fator de multiplicação de 6,25 ao conteúdo de N total para a transformação deste em % de PTN's na amostra.

3.1.11 Determinação do conteúdo endógeno de proteínas solúveis totais (PTNS's)

A partir da metodologia descrita por Bradford (1976), com modificações (Lima, 1999), alíquotas de 0,2 g das amostras coletadas foram maceradas, homogeneizadas (homogeneizador Pottern Elvehjem) em tampão fosfato e centrifugadas, obtendo-se dessa maneira o extrato bruto. O sobrenadante foi utilizado como fonte para análise dos teores de PTNS's. Dessa forma, para determinação do teor de PTNS's, 100 μL do extrato bruto foi misturado ao reativo (Coomassie Blue G 250 preparado com ácido fosfórico e etanol) e a leitura da absorbância realizada em 595 nm. Os resultados foram comparados com a curva de referência de caseína Hammesrten (Merck) e expressos em $\mu\text{g g}^{-1} \text{ ms}$.

3.1.12 Determinação do conteúdo endógeno da poliamina putrescina (PUT)

Baseando-se na metodologia de Flores & Galston (1982), modificado por Lima et al. (2006), alíquotas de 0,4 g das amostras coletadas foram maceradas e homogeneizadas em ácido perclórico. Do sobrenadante, alíquotas foram transferidas para tubos de ensaio, juntamente com cloreto de dansila (diaminonaphtylsulfônico-Cl) e solução de Na_2CO_3 saturado. Após agitação, foram acrescentados 100 μL de prolina, e a mistura adicionado benzeno. Alíquotas da fase orgânica foram retiradas e submetidas à cromatografia em camada delgada. Os solventes cromatográficos empregados foram clorofórmio: trietilamina. Padrões de PA's foram preparados da mesma maneira e cromatografados juntos com as amostras. As PA's foram quantificadas por espectroscopia de emissão de fluorescência. Os teores de PA's livres foram expressos em $\text{nmol g}^{-1} \text{mf}$.

3.1.13 Determinação do conteúdo endógeno de nutrientes minerais

A partir de amostras secas em estufa de ventilação forçada a 65°C , até atingirem peso constante, foram retiradas alíquotas de 50 g para determinação dos teores endógenos dos nutrientes minerais. As análises de determinação dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), Cobre (Cu), manganês (Mn), zinco (Zn) e boro (B), seguiram metodologia descrita por Malavolta et al (1989), expressando os resultados em $\text{g kg}^{-1} \text{ms}$.

3.1.14 Determinação do potencial hidrogeniônico (pH)

Foram maceradas 1,0 g de amostra fresca do material em 10 mL de H₂O destilada e deionizada, com pH 4,41, fazendo-se a leitura imediata em pHmetro eletrônico de precisão.

3.2 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental foi um fatorial 2x5 (2 estágios de dominância apical da planta e 5 pontos de coleta no rizoma), totalizando 10 tratamentos com 10 repetições. Os resultados foram analisados estatisticamente com auxílio do software SAEG, realizando-se ANOVA e testes de separação de médias Scott Knott a 1,0% de probabilidade.

4 Resultados

Os resultados, em um primeiro momento, estão descritos, comparando-se as médias gerais e também as médias obtidas em dois gradientes distintos, visualizados no cilindro central do rizoma. O primeiro gradiente, àquele entre os pontos de coleta A, B e C, região centralizada no cilindro vascular. Esta gradiente pode supor, define a situação atual, matriz da dominância apical no rizoma da bananeira. O segundo, àquele entre os pontos de coleta D e E, região lateral no cilindro central. Possivelmente, este gradiente lateral seja reflexo posterior ao efeito essencialmente provocado pelo primeiro gradiente (centralizado) e em momento anterior ao presente. Ou seja, a finalização do evento morfogenético que ocorre na região lateral do rizoma da bananeira é influenciada e definida, em um primeiro momento, pelo gradiente de distribuição de uma série de substâncias e enzimas na região centralizada do cilindro central. Pode-se supor que esta região central, para a maioria das análises realizadas, apresenta-se como possível setor transitório, onde se acumulam e distribuem-se elementos necessários, como ponto de partida, para alterar e controlar o evento da dominância apical nos rizomas de bananeira, expressando-se morfológicamente nas laterais do rizoma, diferenciando raízes e brotos.

Sendo uma monocotiledônea, o crescimento da bananeira é radial, assim, o acúmulo de substâncias e produtos de reserva parece seguir este padrão de desenvolvimento. Então, a região central funcionaria como um potencializador de crescimento e desenvolvimento diferenciado de órgãos.

4.1 Dominância apical e o ácido indol-3-acético (IAA)

Conforme mostra a tabela 01 e figura 06, o teor médio geral de IAA endógeno apresenta-se significativamente superior em rizomas em BDA (368,81 ng g⁻¹ mf) comparado ao teor encontrado em rizomas de plantas em ADA (157,97 ng g⁻¹ mf).

Enquanto que em rizomas em BDA nota-se decréscimo na concentração de IAA do ápice para a base, ou seja, do ponto de coleta A (792,87 ng g⁻¹ mf), passando pelo ponto de coleta B (272,01 ng g⁻¹ mf) e chegando ao C (192,18 ng g⁻¹ mf), nos rizomas em ADA esta relação não é percebida, visto que o maior acúmulo se dá no ponto de coleta B (220,14 ng g⁻¹ mf), região central do cilindro central da bananeira.

Lateralmente, nos pontos D e E, observa-se uma inversão no comportamento acumulativo, ou seja, em rizomas em ADA a concentração de IAA está maior no ponto E (173,18 ng g⁻¹ mf) em relação ao ponto D (150,33 ng g⁻¹ mf), enquanto que nos rizomas em BDA está maior no ponto D (382,39 ng g⁻¹ mf) em relação ao ponto E (204,60 ng g⁻¹ mf).

Tabela 01. Valores médios de IAA endógeno (ng g⁻¹ mf) referentes a testes de separação de médias entre as diferentes condições de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada condição de dominância apical.

Pontos de Coleta	Condição de dominância apical	
	ADA	BDA
A	94,30 Db	792,87 Aa
B	220,14 Ab	272,01 Ca
C	141,92 Cb	192,18 Da
D	150,33 Cb	382,39 Ba
E	173,18 Ba	204,60 Da
Médias	157,97 b	368,81 a

As medias seguidas pela mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de separação de médias Scott Knott a 1 % de probabilidade. (CV= 16,75%)

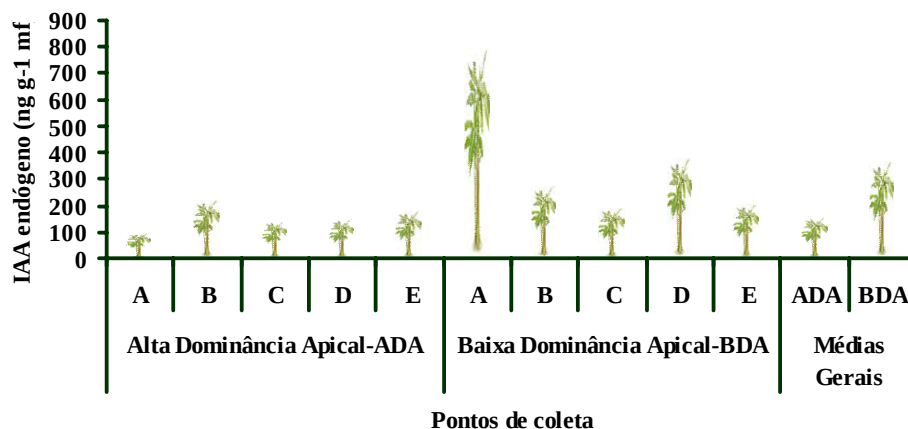


Figura 06. Teores endógenos de IAA ($\text{ng g}^{-1} \text{mf}$) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).

4.2 Dominância apical e os compostos fenólicos

4.2.1 Fenóis totais

As médias gerais (tabela 02 e figura 07) observadas para o conteúdo endógeno de fenóis totais apontam para um valor significativamente superior em rizomas de plantas em BDA ($209,96 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1} \text{mf}$) quando comparados com os de plantas em ADA ($114,41 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1} \text{mf}$).

Para ambos os casos, em ADA e BDA, percebe-se tendências de redução nos teores de fenóis totais do ápice para a base, entre os pontos de coleta A ($194,61$ e $254,89 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1} \text{mf}$, respectivamente), B ($136,51$ e $204,32 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1} \text{mf}$, respectivamente) e C ($66,74$ e $198,45 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1} \text{mf}$, respectivamente).

Já na região lateral do cilindro central não se nota diferenças significativas entre os pontos de coleta D e E, tanto nos rizomas de plantas em ADA, quanto nas de BDA.

Tabela 02. Valores médios de fenóis totais ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1} \text{ mf}$) referentes a testes de separação de médias entre as diferentes condições de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada condição de dominância apical.

Pontos de Coleta	Condição de dominância apical	
	ADA	BDA
A	194,61 Aa	254,89 Aa
B	136,51 Aa	204,32 Aa
C	66,74 Bb	198,45 Aa
D	80,90 Bb	212,58 Aa
E	93,27 Bb	179,58 Aa
Médias	114,41 b	209,96 a

As medias seguidas pela mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de separação de médias Scott Knott a 1 % de probabilidade. (CV= 49,55%)

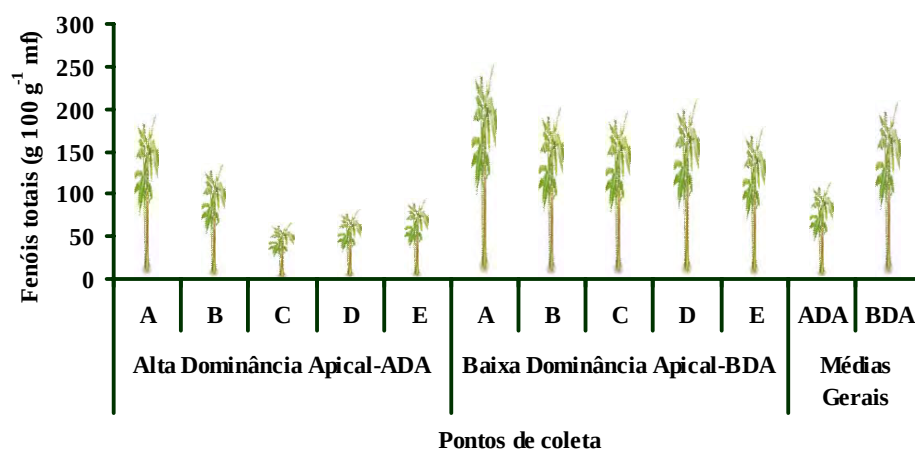


Figura 07. Teores endógenos de fenóis totais ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1} \text{ mf}$) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).

4.2.2 Flavonóides totais

Os rizomas de plantas em ADA apresentam teor médio geral de flavonóides totais, significativamente inferior ($24,55 \mu\text{g}$ quercetina g^{-1} ms) ao encontrado nos rizomas de plantas em BDA ($25,90 \mu\text{g}$ quercetina g^{-1} ms), conforme apresentado na tabela 03 e figura 08.

Para as análises das concentrações de flavonóides totais nos pontos de coleta, não se percebe diferenças significativas na maioria dos casos, tanto nos rizomas de plantas em ADA, quanto nos de plantas em BDA. Observa-se apenas, diferença significativa quando comparada concentração de flavonóides totais na região apical do cilindro central (A) entre os diferentes padrões de dominância apical. Assim, nos rizomas de plantas em BDA a média de $27,44 \mu\text{g}$ quercetina g^{-1} ms, foi significativamente superior a de $24,75 \mu\text{g}$ quercetina g^{-1} ms, obtida nos rizomas de plantas em ADA.

Tabela 03. Valores médios de flavonóides totais (μg quercetina g^{-1} ms) referentes a testes de separação de médias entre as diferentes condições de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada condição de dominância apical.

Pontos de Coleta	Condição de dominância apical	
	ADA	BDA
A	24,75 Ab	27,44 Aa
B	24,69 Aa	25,81 Aa
C	24,96 Aa	25,28 Aa
D	24,54 Aa	25,52 Aa
E	23,81 Aa	25,43 Aa
Médias	24,55 b	25,90 a

As medias seguidas pela mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de separação de médias Scott Knott a 1 % de probabilidade. (CV= 9,21%)

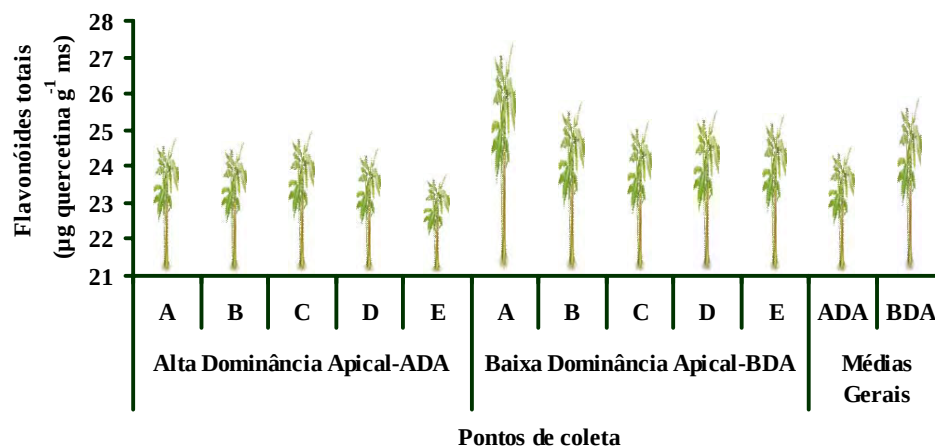


Figura 08. Teores endógenos de flavonóides totais ($\mu\text{g quercetina g}^{-1} \text{ ms}$) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).

4.3 Dominância apical e atividades enzimáticas

4.3.1 Polifenoloxidase (PPO)

Como se pode observar na tabela 04 e figura 09, a atividade média da PPO não difere significativamente entre rizomas de plantas em ADA e BDA, apresentando médias de $0,005310$ e $0,005200 \Delta\text{A395 min}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ mf}$, respectivamente.

Constatam-se, tanto nos rizomas de plantas em ADA quanto em BDA, valores decrescentes na atividade da PPO, da região apical para a basal, entre os pontos de coleta A ($0,01219$ e $0,009013 \Delta\text{A395 min}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ mf}$, respectivamente), B ($0,00430$ e $0,004687 \Delta\text{A395 min}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ mf}$, respectivamente) e C ($0,00299$ e $0,004225 \Delta\text{A395 min}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ mf}$, respectivamente). Entre as regiões de formação de raízes (D) e brotos laterais (E), não se percebe diferença significativa, tanto nas plantas em ADA quanto em BDA.

Tabela 04. Valores médios da atividade da polifenoloxidase ($\Delta A_{395} \text{ min}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ mf}$) referentes a testes de separação de médias entre as diferentes condições de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada condição de dominância apical.

Pontos de Coleta	Condição de dominância apical	
	ADA	BDA
A	0,012190 Aa	0,009013 Ab
B	0,004300 Ba	0,004687 Ba
C	0,002994 Ba	0,004225 Ba
D	0,003662 Ba	0,003847 Ba
E	0,003443 Ba	0,004248 Ba
Médias	0,005310 a	0,005200 a

As medias seguidas pela mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de separação de médias Scott Knott a 1 % de probabilidade. (CV= 50,79%)

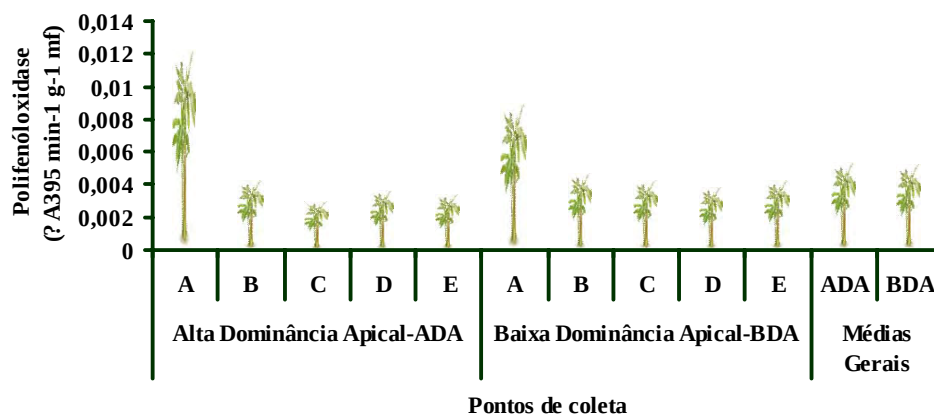


Figura 09. Atividade da polifenoloxidase ($\Delta A_{395} \text{ min}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ mf}$) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).

4.3.2 IAA-Oxidase

Na tabela 05 e figura 10, ao se analisar as médias gerais, observa-se valor significativamente superior para atividade do IAA-oxidase nos rizomas de plantas em BDA (0,8074 $\mu\text{mol de IAA g}^{-1} \text{ mf}$) quando comparado com aquele obtido nos rizomas de plantas em ADA (0,1332 $\mu\text{mol de IAA g}^{-1} \text{ mf}$).

Em relação ao gradiente central de concentração, analisado entre os pontos A, B e C, nota-se que nos rizomas de plantas em ADA a atividade enzimática no ponto C (0,1404 $\mu\text{mol de IAA g}^{-1} \text{ mf}$) foi significativamente superior àquela observada nos pontos A e B (0,0373 e 0,0337 $\mu\text{mol de IAA g}^{-1} \text{ mf}$, respectivamente), indicando haver um gradiente decrescente do ápice para a base. Já nos rizomas de plantas em BDA não nota-se este gradiente, uma vez que o ponto B apresenta média superior (0,8835 $\mu\text{mol de IAA g}^{-1} \text{ mf}$) aos pontos A e C.

Tabela 05. Valores médios da atividade do IAA-oxidase ($\mu\text{mol de IAA g}^{-1} \text{ mf}$) referentes a testes de separação de médias entre as diferentes condições de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada condição de dominância apical.

Pontos de Coleta	Condição de dominância apical	
	ADA	BDA
A	0,0373 Cb	0,5493 Da
B	0,0337 Cb	0,8835 Ba
C	0,1404 Bb	0,7235 Ca
D	0,1866 Bb	0,9937 Aa
E	0,2684 Ab	0,8871 Ba
Médias	0,1332 b	0,8074 a

As medias seguidas pela mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de separação de médias Scott Knott a 1 % de probabilidade. (CV= 23,86%)

Uma inversão significativa pode ser observada nos pontos de coleta D e E, dos rizomas de plantas em ADA e em BDA. Enquanto que nos rizomas de plantas em ADA, o valor obtido no ponto de coleta E (0,2684 $\mu\text{mol de IAA g}^{-1} \text{ mf}$) é significativamente

superior ao valor do ponto D (0,1866 $\mu\text{mol de IAA g}^{-1} \text{ mf}$), nos rizomas de plantas em BDA, o ponto D (0,9937 $\mu\text{mol de IAA g}^{-1} \text{ mf}$) apresenta valor significativamente superior ao observado no ponto E (0,8871 $\mu\text{mol de IAA g}^{-1} \text{ mf}$).

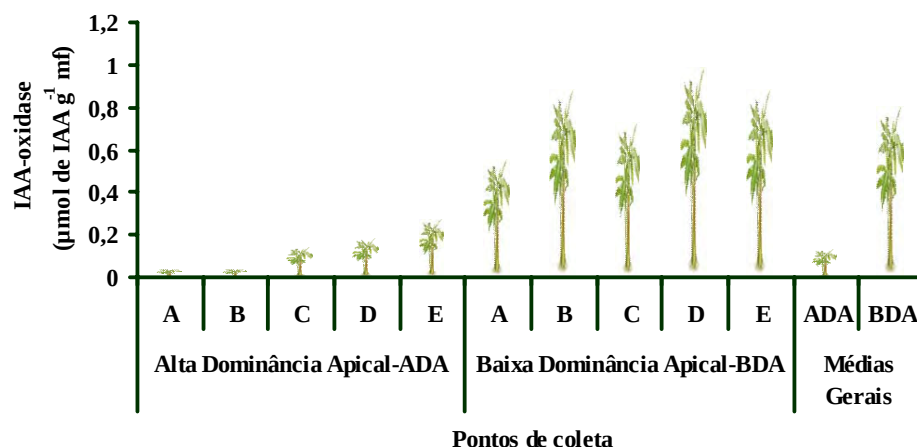


Figura 10. Atividade do IAA-oxidase ($\mu\text{mol de IAA g}^{-1} \text{ mf}$) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).

4.3.4 Peroxidases (POD's)

As médias gerais para atividade das POD's (tabela 06 e figura 11) demonstram que em rizomas de plantas em ADA (0,03673 $\mu\text{mol de H}_2\text{O}_2 \text{ decomposto min}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ mf}$) a atividade enzimática apresenta-se significativamente superior que a observada nos rizomas de plantas em BDA (0,02785 $\mu\text{mol de H}_2\text{O}_2 \text{ decomposto min}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ mf}$).

Percebe-se que existe mesma tendência, tanto para os rizomas de plantas em ADA, quanto para os rizomas de plantas em BDA, de gradiente de concentração decrescente do ápice para a base do rizoma na região central, confirmado pelos valores nos pontos de coleta A (0,07968 e 0,05172 $\mu\text{mol de H}_2\text{O}_2 \text{ decomposto min}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ mf}$), B (0,02972 e 0,02917 $\mu\text{mol de H}_2\text{O}_2 \text{ decomposto min}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ mf}$) e C (0,02722 e 0,01059 $\mu\text{mol de H}_2\text{O}_2 \text{ decomposto min}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ mf}$). Já na região lateral do rizoma, não se percebe diferença significativa

entre os pontos D e E, tanto nas plantas em ADA, quanto nas plantas em BDA, portanto não havendo gradiente em relação à atividade desta enzima nas regiões de diferenciação.

Tabela 06. Valores médios da atividade das peroxidases (μmol de H_2O_2 decomposto/ $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1} \text{mf}$) referentes a testes de separação de médias entre as diferentes condições de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada condição de dominância apical.

Pontos de Coleta	Condição de dominância apical	
	ADA	BDA
A	0,07968 Aa	0,05172 Ab
B	0,02972 Ba	0,02917 Ba
C	0,02722 Ba	0,01059 Cb
D	0,02538 Ba	0,02253 Ba
E	0,02164 Ba	0,02522 Ba
Médias	0,03673 a	0,02785 b

As medias seguidas pela mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de separação de médias Scott Knott a 1 % de probabilidade. (CV= 30,69%)

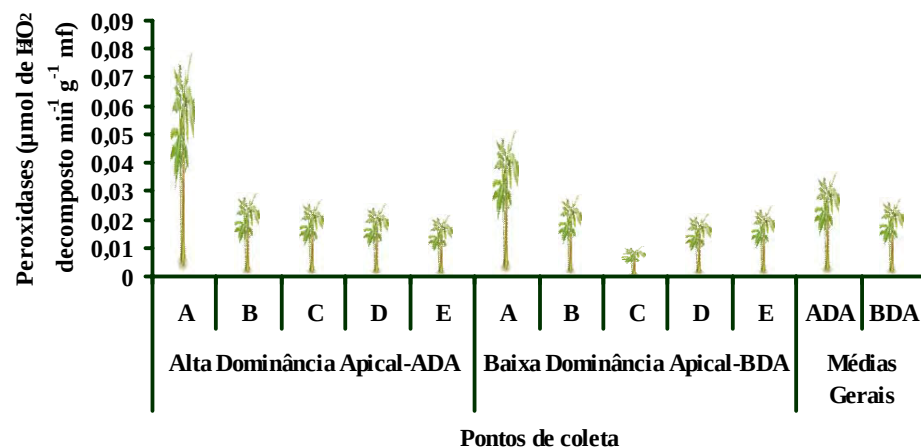


Figura 11. Atividade das peroxidases (μmol de H_2O_2 decomposto/ $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1} \text{mf}$) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).

4.4 Dominância apical e os carboidratos

4.4.1 Açúcares redutores totais (ART's)

O teor médio geral de ART's mostra-se significativamente superior nos rizomas de plantas de bananeira em BDA ($2,50 \text{ mg g}^{-1} \text{ mf}$), comparativamente ao obtido nos rizomas de plantas em ADA ($1,19 \text{ mg g}^{-1} \text{ mf}$) como apresentado na tabela 07 e figura 12. Nos rizomas de plantas em BDA verifica-se tendência significativa de redução nos teores de ART's entre os pontos A ($6,21 \text{ mg g}^{-1} \text{ mf}$), B ($2,16 \text{ mg g}^{-1} \text{ mf}$) e C ($1,28 \text{ mg g}^{-1} \text{ mf}$), demonstrando haver um gradiente decrescente do ápice para a base. Nos rizomas de plantas em ADA também se percebe tendência de haver gradiente decrescente do ápice para a base central no cilindro. O ponto de coleta A apresenta valor significativamente superior ($2,09 \text{ mg g}^{-1} \text{ mf}$) aos pontos B e C ($1,01$ e $1,10 \text{ mg g}^{-1} \text{ mf}$), que não diferem entre si.

Na região lateral do cilindro central não se nota diferença significativa nas concentrações de ART's acumulados entre os pontos de coleta D e E, tanto nos rizomas de plantas em ADA, quanto nos rizomas de plantas em BDA.

Tabela 07. Valores médios de açúcares redutores totais ($\text{mg g}^{-1} \text{ mf}$) referentes a testes de separação de médias entre as diferentes condições de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada condição de dominância apical.

Pontos de Coleta	Condição de dominância apical	
	ADA	BDA
A	2,09 Ab	6,21 Aa
B	1,01Bb	2,16 Ba
C	1,10 Ba	1,28 Ca
D	0,89 Ba	1,27 Ca
E	0,85 Bb	1,59 Ca
Médias	1,19 b	2,50 a

As medias seguidas pela mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de separação de médias Scott Knott a 1 % de probabilidade. (CV= 39,24%)



Figura 12. Teores endógenos de açúcares redutores totais ($\text{mg g}^{-1} \text{mf}$) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).

4.4.2 Açúcares solúveis totais (AST's)

As médias gerais dos teores endógenos de AST's apresentados na tabela 08 e na figura 13, apontam para um valor significativamente superior nos rizomas de plantas em BDA ($4,88 \text{ mg g}^{-1} \text{mf}$) quando comparados com os de rizomas de plantas em ADA ($2,46 \text{ mg g}^{-1} \text{mf}$).

O ponto de coleta A, no que se refere ao acúmulo de AST's na região central do cilindro central do rizoma, apresentou valores significativamente superiores, tanto em plantas em ADA ($4,95 \text{ mg g}^{-1} \text{mf}$), quanto em BDA ($8,08 \text{ mg g}^{-1} \text{mf}$), quando comparados aos valores encontrados nos pontos B e C.

Na região lateral do rizoma nos pontos de coleta D e E não se observa diferenças significativas, tanto em plantas em ADA quanto em BDA.

Tabela 08. Valores médios de açúcares solúveis totais (mg g^{-1} mf) referentes a testes de separação de médias entre as diferentes condições de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada condição de dominância apical.

Pontos de Coleta	Condição de dominância apical	
	ADA	BDA
A	4,95 Ab	8,08 Aa
B	2,03 Bb	3,63 Ca
C	2,24 Bb	5,06 Ba
D	1,32 Bb	3,66 Ca
E	1,76 Bb	3,97 Ca
Médias	2,46 b	4,88 a

As medias seguidas pela mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de separação de médias Scott Knott a 1 % de probabilidade. (CV= 31,26%)

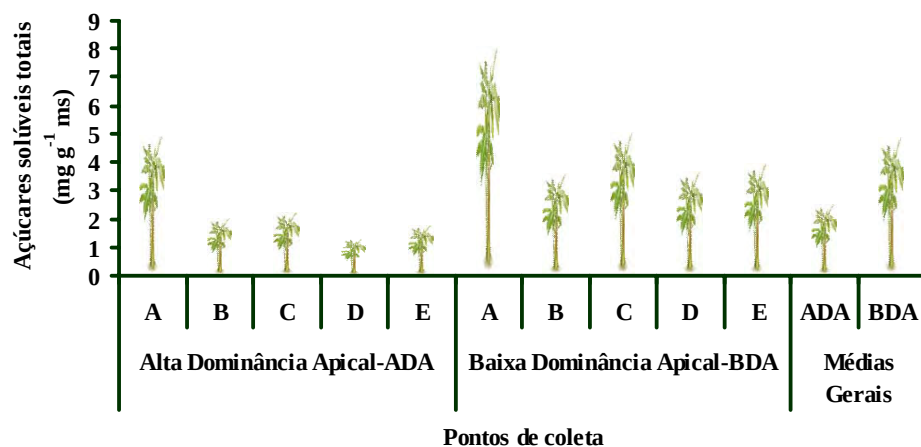


Figura 13. Teores endógenos de açúcares solúveis totais (mg g^{-1} mf) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).

4.4.3 Glicose

Na tabela 09 e figura 14 pode-se observar os teores de glicose, que nos rizomas de plantas em ADA tem-se a média de 1,72 mg g⁻¹ mf, significativamente superior ao observado em rizomas de plantas em BDA (0,21 mg g⁻¹ mf).

Nos rizomas de plantas em BDA, o ponto de coleta A, com média de 0,35 mg g⁻¹ mf, apresenta-se significativamente superior aos pontos B (0,23 mg g⁻¹ mf) e C (0,16 mg g⁻¹ mf), existindo assim, gradiente decrescente entre ápice e base. Já nos rizomas de plantas em ADA, não se nota este padrão, visto que os pontos A (1,85 mg g⁻¹ mf) e C (1,89 mg g⁻¹ mf), não diferem significativamente entre si.

A região lateral do rizoma de plantas em ADA, apresenta gradiente crescente significativo entre os pontos de coleta D (1,41 mg g⁻¹ mf) e E (1,78 mg g⁻¹ mf), enquanto que nos rizomas de plantas em BDA não se observa diferença significativa na concentração de glicose entre esses pontos de coleta.

Tabela 09. Valores médios de glicose (mg g⁻¹ mf) referentes a testes de separação de médias entre as diferentes condições de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada condição de dominância apical.

Pontos de Coleta	Condição de dominância apical	
	ADA	BDA
A	1,85 Aa	0,35 Ab
B	1,70 Ba	0,23 Bb
C	1,89 Aa	0,16 Bb
D	1,41 Ca	0,15 Bb
E	1,78 Ba	0,15 Bb
Médias	1,72 a	0,21 b

As medias seguidas pela mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de separação de médias Scott Knott a 1 % de probabilidade. (CV= 14,82%)

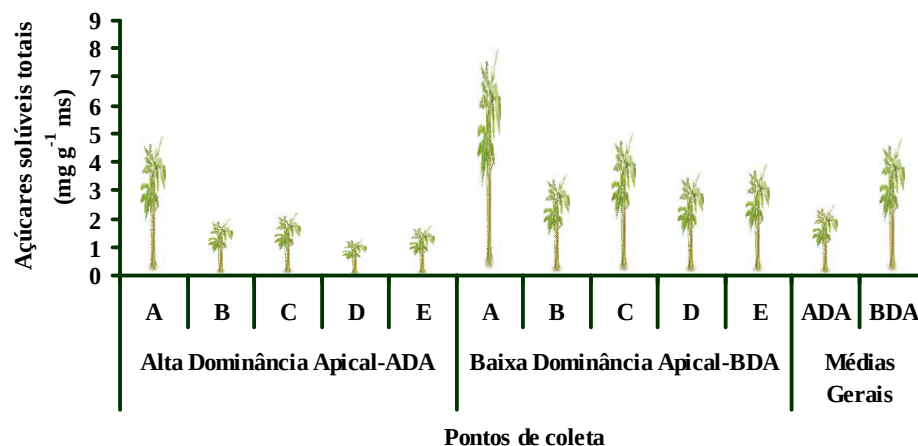


Figura 14. Teores endógenos de glicose ($\text{mg g}^{-1} \text{mf}$) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).

4.4.4 Amido

Na tabela 10 e figura 15, relativas aos teores de amido, observa-se que, com média de $1,55 \text{ mg/g}^{-1} \text{mf}$, os rizomas de plantas em ADA apresentam teor médio significativamente superior ao observado em rizomas de plantas em BDA ($0,19 \text{ mg g}^{-1} \text{mf}$).

Os rizomas de plantas em BDA apresentam no ponto de coleta A, média de $0,32 \text{ mg g}^{-1} \text{mf}$, significativamente superior aos pontos B ($0,20 \text{ mg g}^{-1} \text{mf}$) e C ($0,14 \text{ mg g}^{-1} \text{mf}$), existindo assim um gradiente decrescente bem definido entre o ápice e a base. Nos rizomas de plantas em ADA, não se observa este padrão, visto que os pontos A ($1,67 \text{ mg g}^{-1} \text{mf}$) e C ($1,70 \text{ mg g}^{-1} \text{mf}$), se igualam estatisticamente.

Observa-se que na região lateral do rizoma de plantas em ADA, existe gradiente crescente significativo entre os pontos de coleta D ($1,27 \text{ mg g}^{-1} \text{mf}$) e E ($1,60 \text{ mg g}^{-1} \text{mf}$), enquanto que nos rizomas de plantas em BDA não se verifica diferenças significativas na concentração de amido entre estes pontos de coleta.

Tabela 10. Valores médios de amido (mg g^{-1} mf) referentes a testes de separação de médias entre as diferentes condições de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada condição de dominância apical.

Pontos de Coleta	Condição de dominância apical	
	ADA	BDA
A	1,67 Aa	0,32 Ab
B	1,53 Ba	0,20 Bb
C	1,70 Aa	0,14 Bb
D	1,27 Ca	0,13 Bb
E	1,60 Ba	0,14 Bb
Médias	1,55 a	0,19 b

As medias seguidas pela mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de separação de médias Scott Knott a 1 % de probabilidade. (CV= 14,82%)

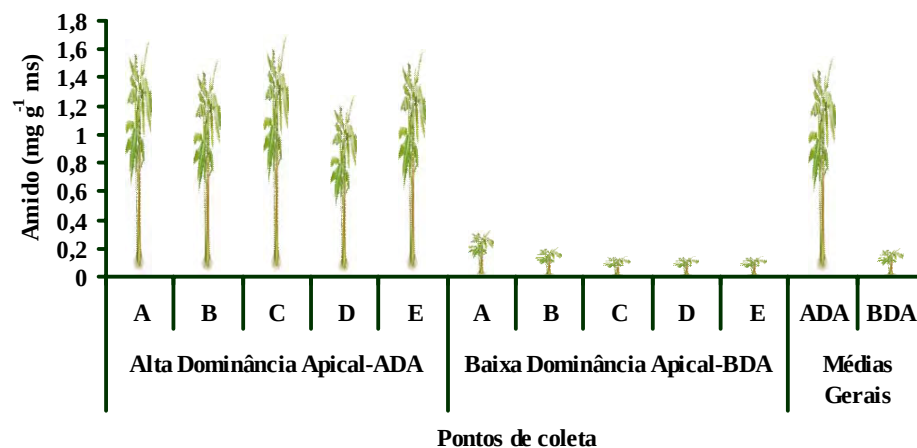


Figura 15. Teores endógenos de amido (mg g^{-1} mf) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).

4.5 Dominância apical e as proteínas

4.5.1 Proteínas totais (PTN's)

Na tabela 11 e na figura 16 observa-se que os rizomas de plantas em ADA, em geral, apresentam média geral de teores endógenos de PTN's significativamente superior aquele encontrado em rizomas de plantas em BDA, 25,31 e 19,37 $\text{m}\mu \text{ g}^{-1} \text{ mf}$, respectivamente.

Enquanto que nos rizomas de plantas em ADA ocorre gradiente significativo de concentração decrescente entre o ápice e a base na região central do cilindro central, com valores de 35,87 $\text{m}\mu \text{ g}^{-1} \text{ mf}$ no ponto A, 22,92 $\text{m}\mu \text{ g}^{-1} \text{ mf}$ no ponto B e 19,42 $\text{m}\mu \text{ g}^{-1} \text{ mf}$ no ponto C, nos rizomas de plantas em BDA, não se percebe diferenças significativas.

Da mesma forma, na região lateral do cilindro central, constata-se diferença significativa entre os pontos de coleta D e E apenas nos rizomas de plantas em ADA, sendo decrescente as concentrações, 30,80 $\text{m}\mu \text{ g}^{-1} \text{ mf}$ no ponto D e 17,67 $\text{m}\mu \text{ g}^{-1} \text{ mf}$ no ponto E.

Tabela 11. Valores médios de proteínas totais ($\text{m}\mu \text{ g}^{-1} \text{ mf}$) referentes a testes de separação de médias entre as diferentes condições de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada condição de dominância apical.

Pontos de Coleta	Condição de dominância apical	
	ADA	BDA
A	35,87 Aa	20,30 Ab
B	22,92 Ca	19,25 Ab
C	19,42 Da	19,25 Aa
D	30,80 Ba	19,42 Ab
E	17,67 Da	18,72 Aa
Médias	25,31 a	19,37 b

As medias seguidas pela mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de separação de médias Scott Knott a 1 % de probabilidade. (CV= 10,46%)

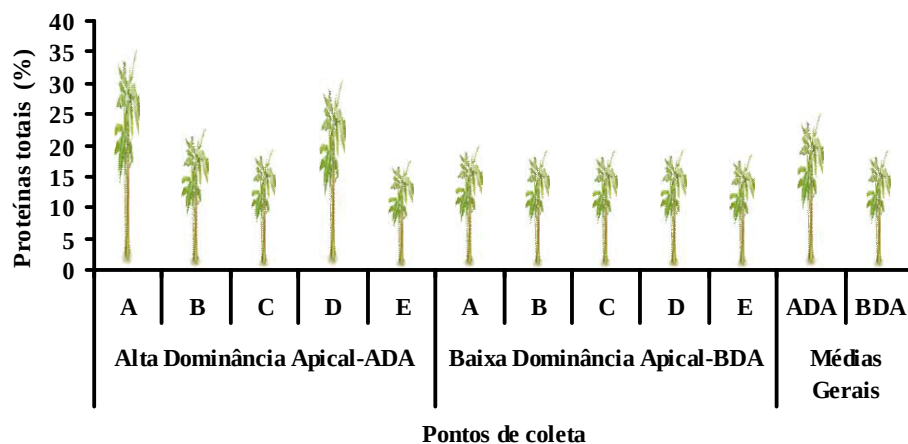


Figura 16. Teores endógenos de proteínas totais ($\text{m}\mu \text{ g}^{-1} \text{ mf}$) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).

4.5.2 Proteínas solúveis totais (PTNS's)

Conforme demonstrado na tabela 12 e na figura 17, percebe-se que a média geral dos teores endógenos de PTNS's é significativamente superior nos rizomas de plantas em BDA ($1.199,80 \text{ m}\mu \text{ g}^{-1} \text{ mf}$), quando comparada com o valor encontrado nos rizomas de plantas em ADA ($900,90 \text{ m}\mu \text{ g}^{-1} \text{ mf}$).

Na região central do rizoma de plantas em ADA, nota-se a existência de um gradiente decrescente, entre o ápice e a base, significativo entre os pontos de coleta A, B e C, com valores médios de $1.055,48$, $959,30$ e $733,08 \text{ m}\mu \text{ g}^{-1} \text{ mf}$, respectivamente. Já nos rizomas de plantas em BDA não se nota diferença significativa entre os pontos desta região do cilindro central.

Tanto em rizomas de plantas em ADA, quanto de plantas em BDA, percebe-se gradiente decrescente, significativo entre os pontos de coleta D e E na região lateral do cilindro central. Nos rizomas de plantas em ADA observam-se valores de $1.038,67$ e $718,37 \text{ m}\mu \text{ g}^{-1} \text{ mf}$ (respectivamente, para os pontos de coleta D e E) e nos rizomas de plantas

em BDA, valores de 1.239,62 e 841,20 $\mu\text{g g}^{-1}$ mf, respectivamente para os pontos de coleta D e E.

Tabela 12. Valores médios de proteínas solúveis totais ($\mu\text{g g}^{-1}$ mf) referentes a testes de separação de médias entre as diferentes condições de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada condição de dominância apical.

Pontos de Coleta	Condição de dominância apical	
	ADA	BDA
A	1.055,48 Ab	1.351,88 Aa
B	959,30 Ab	1.385,93 Aa
C	733,08 Bb	1.180,71 Aa
D	1.038,67 Aa	1.239,62 Aa
E	718,37 Ba	841,20 Ba
Médias	900,90 b	1.199,80 a

As medias seguidas pela mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de separação de médias Scott Knott a 1 % de probabilidade. (CV= 26,66%)

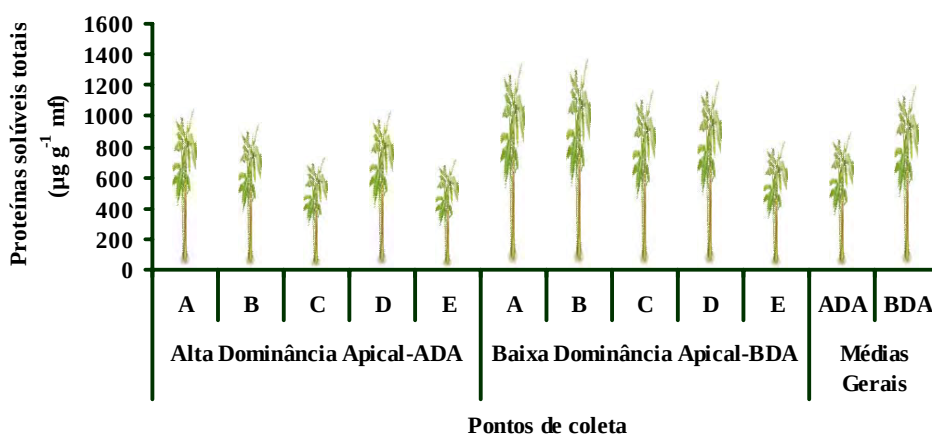


Figura 17. Teores endógenos de proteínas solúveis totais ($\mu\text{g g}^{-1}$ mf) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).

4.6 Dominância apical e a poliamina putrescina (PUT)

O teor médio de PUT, nos rizomas de bananeira, apresenta-se significativamente superior em plantas em ADA (66,32 $\mu\text{g g}^{-1}$ mf), quando comparado com o obtido em plantas em BDA (20,12 $\mu\text{g g}^{-1}$ mf), conforme se observa na tabela 13 e figura 18.

Nos rizomas de plantas em ADA e BDA, mesmo apresentando valores significativamente superiores para o primeiro caso, observa-se, em ambos, tendência de redução nas concentrações de PUT do ápice para a base da região central do cilindro central. Nota-se nas plantas em ADA valores de 97,92, 93,59 e 89,74 $\mu\text{g g}^{-1}$ mf, respectivamente para os pontos de coleta A, B e C. Já nas plantas em BDA, observam-se valores de 25,07, 22,32 e 19,60 $\mu\text{g g}^{-1}$ mf, respectivamente, para os pontos de coleta A, B e C.

Analisando os pontos de coleta D e E, na região lateral do cilindro central, verifica-se inversão no gradiente, ou seja, enquanto que nos rizomas de plantas em ADA o ponto E (28,39 $\mu\text{g g}^{-1}$ mf) apresenta maior valor em relação ao ponto D (21,98 $\mu\text{g g}^{-1}$ mf), nos rizomas em BDA é o ponto D (26,33 $\mu\text{g g}^{-1}$ mf) apresenta o maior teor de PUT em relação ao ponto E (7,28 $\mu\text{g g}^{-1}$ mf).

Tabela 13. Valores médios de putrescina ($\mu\text{g g}^{-1}$ mf) referentes a testes de separação de médias entre as diferentes condições de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada condição de dominância apical.

Pontos de Coleta	Condição de dominância apical	
	ADA	BDA
A	97,92 Aa	25,07 Ab
B	93,59 Ba	22,32 Bb
C	89,74 Ba	19,60 Bb
D	21,98 Db	26,33 Aa
E	28,39 Ca	7,28 Cb
Médias	66,32 a	20,12 b

As medias seguidas pela mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste médias de Scott Knott a 1 % de probabilidade. (CV= 12,00%)

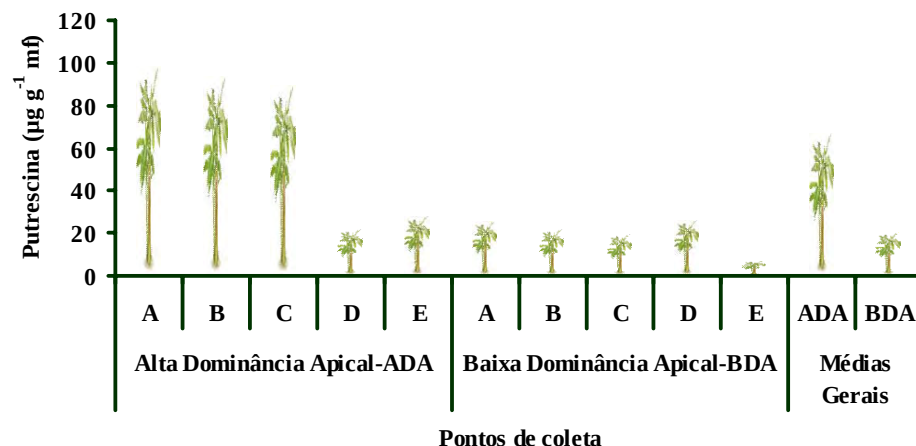


Figura 18. Teores endógenos de putrescina ($\mu\text{g g}^{-1} \text{mf}$) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).

4.7 Dominância apical e os nutrientes minerais

4.7.1 Nitrogênio (N)

Na tabela 14 e na figura 19 nota-se que os rizomas de plantas em ADA, apresentaram média geral de teores endógenos de N significativamente superior àquele encontrado em rizomas de plantas em BDA, 4,05 e 3,10 g de N $\text{kg}^{-1} \text{mf}$, respectivamente.

Nos rizomas de plantas em ADA percebe-se gradiente significativo de concentração decrescente entre o ápice e a base na região central do cilindro central, com valores de 5,74 g de N $\text{kg}^{-1} \text{mf}$ no ponto A, 3,66 g de N $\text{kg}^{-1} \text{mf}$ no ponto B e 3,10 g de N $\text{kg}^{-1} \text{mf}$ no ponto C, enquanto que nos rizomas de plantas em BDA não se nota diferença significativa entre estes mesmos pontos.

Da mesma forma, na região lateral do cilindro central, observa-se diferença significativa entre os pontos de coleta D e E apenas nos rizomas de plantas em ADA, sendo decrescente as concentrações (4,92 g de N $\text{kg}^{-1} \text{mf}$ no ponto D e 2,82 g de N $\text{kg}^{-1} \text{mf}$ no ponto E), tendência semelhante é encontrada nos rizomas de plantas em BDA.

Tabela 14. Valores médios de nitrogênio ($\text{g de N kg}^{-1} \text{mf}$) referentes a testes de separação de médias entre as diferentes condições de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada condição de dominância apical.

Pontos de Coleta	Condição de dominância apical	
	ADA	BDA
A	5,74 Aa	3,24 Ab
B	3,66 Ca	3,08 Ab
C	3,10 Da	3,08 Aa
D	4,92 Ba	3,10 Ab
E	2,82 Da	2,99 Aa
Médias	4,05 a	3,10 b

As medias seguidas pela mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de separação de médias Scott Knott a 1 % de probabilidade. (CV= 10,46%)

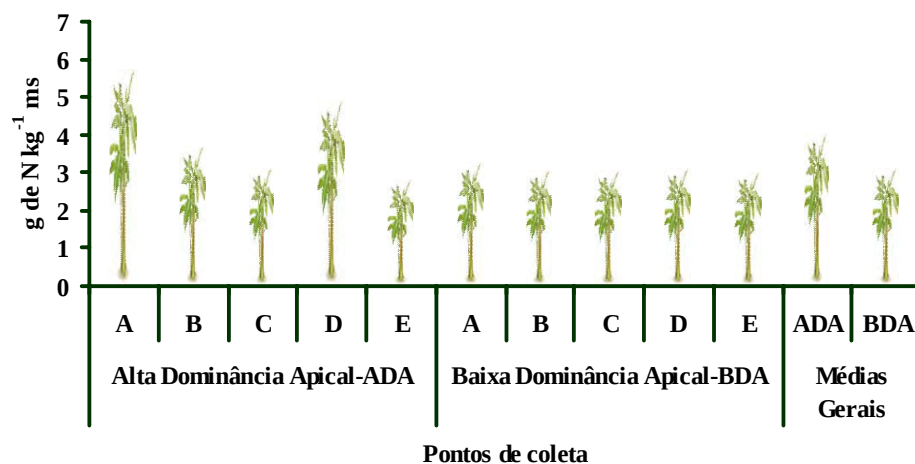


Figura 19. Teores endógenos de nitrogênio ($\text{g de N kg}^{-1} \text{mf}$) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).

4.7.2 Fósforo (P)

O teor médio geral de P mostra-se significativamente maior em rizomas de plantas em BDA (1,28 g de P kg⁻¹ mf) em relação ao encontrado nas plantas em ADA (1,18 g de P kg⁻¹ mf), conforme tabela 15 e figura 20.

Em ambas as situações de dominância apical, ADA e BDA, observam-se redução na concentração de P do ápice para a base do rizoma, entre os pontos A, B e C. Os valores são de 1,62, 1,16 e 0,64 g de P kg⁻¹ mf, respectivamente para os pontos A, B e C em rizomas de plantas em ADA e de 1,48, 1,27 e 1,15 g de P kg⁻¹ mf, respectivamente para os pontos A, B e C em rizomas de plantas em BDA.

Já na porção lateral, percebem-se diferenças significativas, entre os pontos D e E, nos rizomas de plantas em ADA, com valores médios de 1,68 e 0,80 g de P kg⁻¹ mf, respectivamente. Por outro lado, nos rizomas de plantas em BDA esta diferença não é significativa.

Tabela 15. Valores médios de fósforo (g de P kg⁻¹ mf) referentes a testes de separação de médias entre as diferentes condições de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada condição de dominância apical.

Pontos de Coleta	Condição de dominância apical	
	ADA	BDA
A	1,62 Aa	1,48 Aa
B	1,16 Ba	1,27 Ba
C	0,64 Cb	1,15 Ba
D	1,68 Aa	1,21 Bb
E	0,80 Cb	1,30 Ba
Médias	1,18 b	1,28 a

As medias seguidas pela mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de separação de médias Scott Knott a 1 % de probabilidade. (CV= 17,81%)

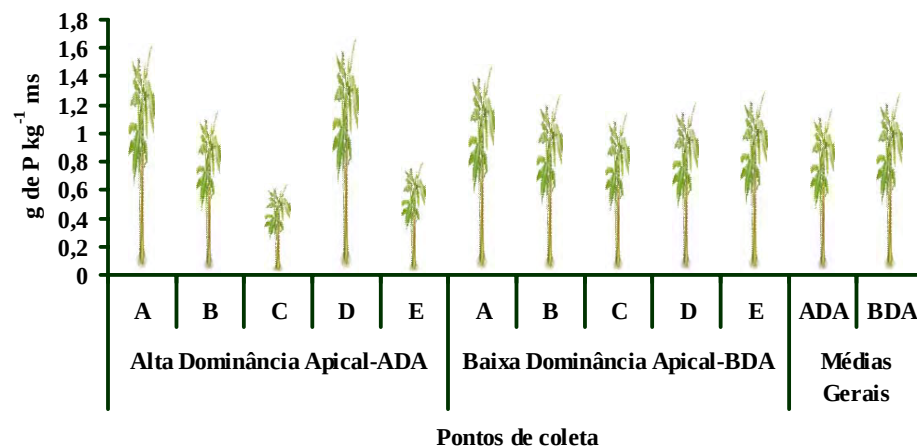


Figura 20. Teores endógenos de fósforo ($\text{g de P kg}^{-1} \text{ ms}$) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).

4.7.3 Potássio (K)

Os resultados dos teores de K nos rizomas de bananeira (tabela 16 e figura 21) basicamente acompanham os de P. Assim, o teor médio geral de K apresenta-se maior em rizomas de plantas em BDA ($10,87 \text{ g de K kg}^{-1} \text{ mf}$) comparados com os de plantas em ADA ($8,39 \text{ g de K kg}^{-1} \text{ mf}$).

Tanto nos rizomas de plantas em ADA, quanto nos em BDA, observa-se redução na concentração de K a partir do ápice para a base do rizoma, entre os pontos A, B e C. Assim, os valores obtidos nos pontos de coleta A, B e C são, respectivamente, de 15,74, 8,69 e $4,30 \text{ g de K kg}^{-1} \text{ mf}$ nos rizomas de plantas em ADA e de 15,12, 12,62 e $6,44 \text{ g de K kg}^{-1} \text{ mf}$ nos rizomas de plantas em BDA.

Na porção lateral do rizoma, nota-se diferença significativa entre os pontos D e E, ocorrendo gradiente decrescente, com valores médios de 13,90 e $6,30 \text{ g de K kg}^{-1} \text{ mf}$, respectivamente, enquanto que nos rizomas de plantas em ADA esta diferença não ocorre significativamente.

Tabela 16. Valores médios de potássio ($\text{g de K kg}^{-1} \text{ mf}$) referentes a testes de separação de médias entre as diferentes condições de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada condição de dominância apical.

Pontos de Coleta	Condição de dominância apical	
	ADA	BDA
A	15,74 Aa	15,12 Aa
B	8,69 Bb	12,62 Ca
C	4,30 Db	6,44 Da
D	6,52 Cb	13,90 Ba
E	6,72 Ca	6,30 Da
Médias	8,39 b	10,87 a

As medias seguidas pela mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de separação de médias Scott Knott a 1 % de probabilidade. (CV= 10,83%)

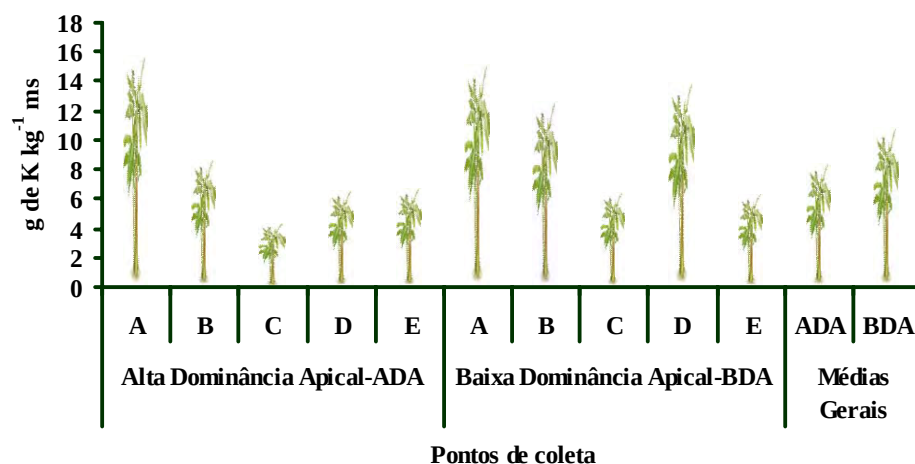


Figura 21. Teores endógenos de potássio ($\text{g de K kg}^{-1} \text{ mf}$) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).

4.7.4 Cálcio (Ca)

Conforme demonstram a tabela 17 e a figura 22, rizomas de plantas em ADA apresentam média geral de teores endógenos de Ca, superior (2,04 g de Ca kg⁻¹ mf) ao encontrado nos rizomas de plantas em BDA (1,75 g de Ca kg⁻¹ mf).

Observam-se valores decrescentes do ápice para a base, entre os pontos A, B e C (3,82, 1,82 e 1,54 g de Ca kg⁻¹ mf, respectivamente), na região central do cilindro central de rizomas de plantas em ADA. Nos rizomas de plantas em BDA este padrão de gradiente não é notado, pois os pontos A e C apresentam valores que não se diferem entre si, 2,10 e 2,02 g de Ca kg⁻¹ mf, respectivamente.

Já na porção lateral do cilindro central, tanto nos rizomas de plantas em ADA, quanto em BDA, nota-se diferença significativa entre os pontos D e E (1,94 e 1,12 g de Ca kg⁻¹ mf, respectivamente nos rizomas de plantas em ADA e 2,10 e 0,93 g de Ca kg⁻¹ mf, respectivamente nos rizomas de plantas em BDA).

Tabela 17. Valores médios de cálcio (g de Ca kg⁻¹ mf) referentes a testes de separação de médias entre as diferentes condições de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada condição de dominância apical.

Pontos de Coleta	Condição de dominância apical	
	ADA	BDA
A	3,82 Aa	2,10 Ab
B	1,82 Ba	1,62 Ba
C	1,54 Cb	2,02 Aa
D	1,94 Ba	2,10 Aa
E	1,12 Da	0,93 Ca
Médias	2,04 a	1,75 b

As medias seguidas pela mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de separação de médias Scott Knott a 1 % de probabilidade. (CV= 15,86%)

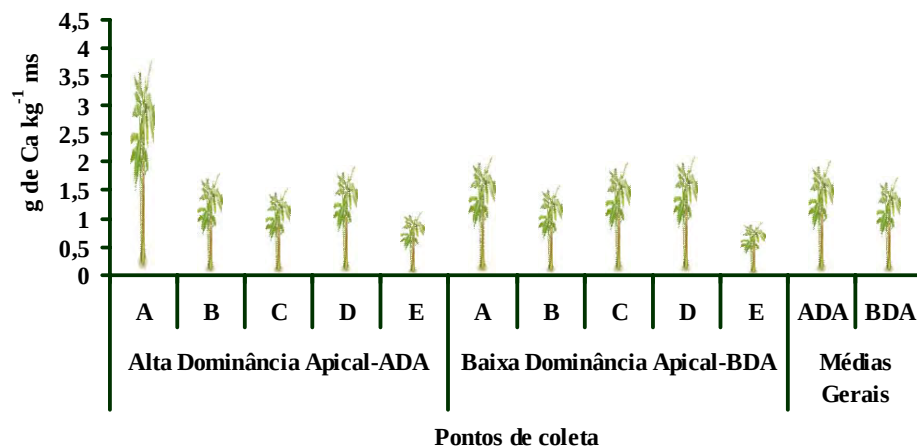


Figura 22. Teores endógenos de cálcio (g de Ca kg⁻¹ ms) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).

4.7.5 Magnésio (Mg)

Analisando a tabela 18 e a figura 23, verifica-se que o teor médio geral de Mg apresenta-se significativamente superior nos rizomas de plantas em ADA (4,85 g de Mg kg⁻¹ mf), quando comparado ao teor médio dos rizomas de plantas em BDA (4,02 g de Mg kg⁻¹ mf).

O ponto de coleta A mostra-se superior no teor de Mg, tanto nos rizomas de plantas em ADA (6,72 g de Mg kg⁻¹ mf) quanto nos rizomas de plantas em BDA (6,12 g de Mg kg⁻¹ mf). Não se percebe gradiente de concentração na região central do cilindro central entre os pontos de coleta A, B e C, tanto nos rizomas de plantas em ADA, quanto nos de plantas em BDA.

Destaca-se a inversão nos teores de Mg entre os pontos D e E, conforme o estado de dominância apical analisado. Enquanto que nos rizomas de plantas em ADA o maior valor é notado no ponto de coleta D (4,02 g de Mg kg⁻¹ mf), em relação ao E (3,00 g de Mg kg⁻¹ mf), nos rizomas de plantas em BDA o ponto de coleta E (3,44 g de Mg kg⁻¹ mf) apresenta-se significativamente superior ao D (2,04 g de Mg kg⁻¹ mf).

Tabela 18. Valores médios de magnésio (g de Mg kg⁻¹ mf) referentes a testes de separação de médias entre as diferentes condições de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada condição de dominância apical.

Pontos de Coleta	Condição de dominância apical	
	ADA	BDA
A	6,72 Aa	6,12 Ab
B	4,92 Ca	3,20 Cb
C	5,62 Ba	5,32 Ba
D	4,02 Da	2,04 Db
E	3,00 Ea	3,44 Ca
Médias	4,85 a	4,02 b

As medias seguidas pela mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de separação de médias Scott Knott a 1 % de probabilidade. (CV= 11,91%)

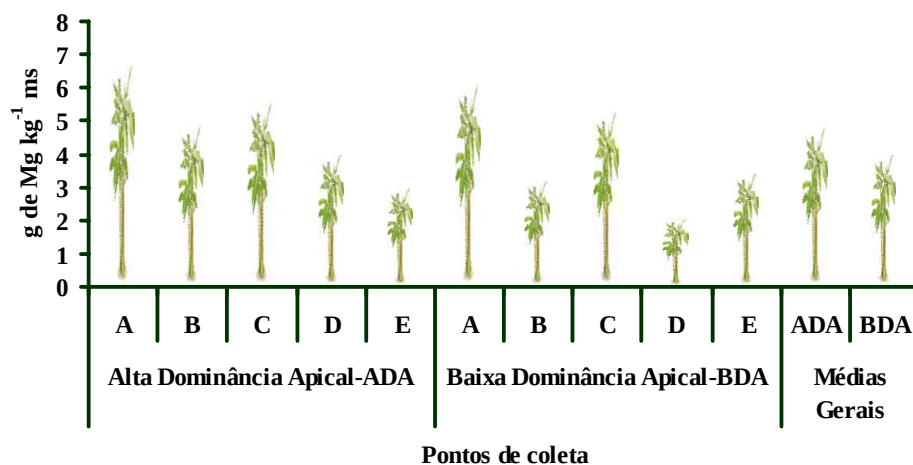


Figura 23. Teores endógenos de magnésio (g de Mg kg⁻¹ mf) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).

4.7.6 Cobre (Cu)

O teor médio geral de Cu mostra-se significativamente superior nos rizomas de plantas em ADA (18,80 g de Cu kg⁻¹ mf) comparado com aquele encontrado em plantas em BDA (11,20 g de Cu kg⁻¹ mf) como demonstra a tabela 19 e a figura 24.

Observa-se, tanto nos rizomas de plantas em ADA, quanto nos rizomas de plantas em BDA, gradiente de concentração de Cu maior na região basal e menor no ápice. Assim, em plantas em ADA os valores são de 36,80, 16,40 e 14,40 g de Cu kg⁻¹ mf e em plantas em BDA de 16,80, 10,40 e 10,40 g de Cu kg⁻¹ mf, respectivamente para os pontos de coleta A, B e C.

A mesma tendência ocorre na região lateral do rizoma, onde tanto os rizomas em ADA quanto em BDA, apresentam teores de Cu no ponto de coleta E (18,40 e 12,40 g de Cu kg⁻¹ mf, respectivamente em rizomas em ADA e BDA), significativamente superiores aos do ponto de coleta D (8,00 e 6,00 g de Cu kg⁻¹ mf, respectivamente em rizomas de plantas em ADA e BDA).

Tabela 19. Valores médios de cobre (g de Cu kg⁻¹ mf) referentes a testes de separação de médias entre as diferentes condições de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada condição de dominância apical.

Pontos de Coleta	Condição de dominância apical	
	ADA	BDA
A	14,40 Ca	10,40 Bb
B	16,40 Ba	10,40 Bb
C	36,80 Aa	16,80 Ab
D	8,00 Da	6,00 Ca
E	18,40 Ba	12,40 Bb
Médias	18,80 a	11,20 b

As medias seguidas pela mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de separação de médias Scott Knott a 1 % de probabilidade. (CV= 21,88%)

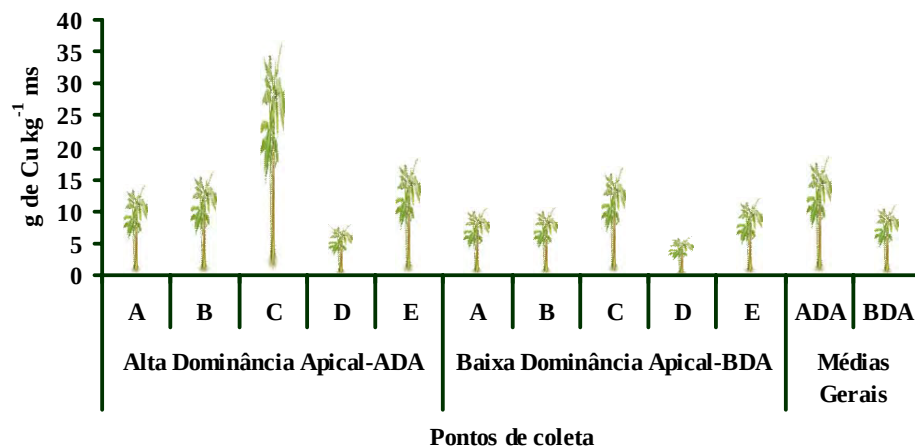


Figura 24. Teores endógenos de cobre (g de Cu kg⁻¹ mf) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).

4.7.7 Zinco (Zn)

O teor médio geral de Zn (tabela 20 e figura 25) apresenta-se significativamente maior nos rizomas de plantas em BDA (45,76 g de Zn kg⁻¹ mf), quando comparado com o teor nos rizomas de plantas em ADA (41,20 g de Zn kg⁻¹ mf).

Nota-se decréscimo nos teores de Zn entre os pontos de coleta A, B e C, tanto nos rizomas de plantas em ADA (138,80, 30,00 e 12,80 g de Zn kg⁻¹ mf, respectivamente), quanto nos rizomas de plantas em BDA (106,80, 70,40 e 24,00 g de Zn kg⁻¹ mf, respectivamente), demonstrando haver um gradiente decrescente do ápice para a base na região central do cilindro central.

Entre os pontos de coleta D e E observa-se inversão no comportamento dos valores encontrados para esse parâmetro. Enquanto nos rizomas de plantas em ADA os resultados apontam para uma maior concentração no ponto de coleta D (16,40 g de Zn kg⁻¹ mf) em relação ao E (8,00 g de Zn kg⁻¹ mf), nos rizomas de plantas em BDA, no ponto de coleta E (14,80 g de Zn kg⁻¹ mf) apresenta-se significativamente superior ao D (12,80 g de Zn kg⁻¹ mf).

Tabela 20. Valores médios de zinco ($\text{g de Zn kg}^{-1} \text{ mf}$) referentes a testes de separação de médias entre as diferentes condições de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada condição de dominância apical.

Pontos de Coleta	Condição de dominância apical	
	ADA	BDA
A	138,80 Aa	106,80 Ab
B	30,00 Bb	70,40 Ba
C	12,80 Cb	24,00 Ca
D	16,40 Ca	12,80 Da
E	8,00 Db	14,80 Ca
Médias	41,20 b	45,76 a

As medias seguidas pela mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de separação de médias Scott Knott a 1 % de probabilidade. (CV= 15,92%)



Figura 25. Teores endógenos de zinco ($\text{g de Zn kg}^{-1} \text{ mf}$) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).

4.7.8 Manganês (Mn)

Os rizomas de plantas em ADA apresentam teor médio de Mn significativamente superior (68,08 g de Mn kg⁻¹ mf) em relação às plantas em BDA (45,52 g de Mn kg⁻¹ mf) como demonstrado na tabela 21 e figura 26.

Enquanto nos rizomas de plantas em ADA verificam-se teores decrescentes entre os pontos de coleta A (168,80 g de Mn kg⁻¹ mf), B (72,40 g de Mn kg⁻¹ mf) e C (30,40 g de Mn kg⁻¹ mf), nos rizomas de plantas em DBA este gradiente não é percebido, pois o ponto de coleta B apresenta teor significativamente superior (1000,00 g de Mn kg⁻¹ mf) aos pontos A e C.

Entre os pontos D e E na região lateral do rizoma, observa-se igual comportamento (acúmulo) deste elemento mineral nas plantas em ADA e BDA. Os valores são significativamente superiores no ponto de coleta D, tanto nos rizomas de plantas em ADA (50,80 g de Mn kg⁻¹ mf), quanto nos de plantas em BDA (36,40 g de Mn kg⁻¹ mf), quando comparados com os valores obtidos no ponto de coleta E em plantas em ADA (18,00 g de Mn kg⁻¹ mf) e BDA (10,40 g de Mn kg⁻¹ mf).

Tabela 21. Valores médios de manganês (g de Mn kg⁻¹ mf) referentes a testes de separação de médias entre as diferentes condições de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada condição de dominância apical.

Pontos de Coleta	Condição de dominância apical	
	ADA	BDA
A	168,80 Aa	64,80 Bb
B	72,40 Bb	100,00 Aa
C	30,40 Da	16,00 Db
D	50,80 Ca	36,40 Cb
E	18,00 Ea	10,40 Db
Médias	68,08 a	45,52 b

As medias seguidas pela mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de separação de médias Scott Knott a 1 % de probabilidade. (CV= 12,84%)

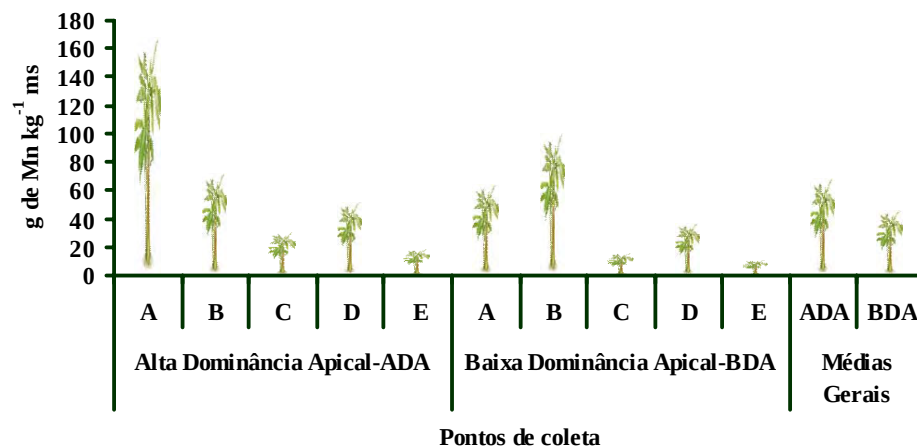


Figura 26. Teores endógenos de manganês ($\text{g de Mn kg}^{-1} \text{ ms}$) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).

4.7.9 Ferro (Fe)

Verifica-se que o teor médio geral de Fe (tabela 22 e figura 27) apresenta-se significativamente superior nos rizomas de plantas em ADA ($52,48 \text{ g de Fe kg}^{-1} \text{ mf}$), quando comparado com aquele observado em rizomas de plantas em BDA ($32,00 \text{ g de Fe kg}^{-1} \text{ mf}$).

O gradiente de concentração decrescente do ápice para a base, entre os pontos de coleta A, B e C, pode ser observado na região central do cilindro central, tanto nos rizomas de plantas em ADA, quanto em BDA. Os valores obtidos são de $120,00$ e $86,40 \text{ g de Fe kg}^{-1} \text{ mf}$ no ponto A, $92,00$ e $26,80 \text{ g de Fe kg}^{-1} \text{ mf}$ no ponto B e $24,00$ e $18,00 \text{ g de Fe kg}^{-1} \text{ mf}$ no ponto C, respectivamente em rizomas de plantas em ADA e BDA.

Entre os pontos de coleta D e E, na região lateral do cilindro central, não se nota diferença significativa entre os pontos, em ambas as situações de dominância apical, ADA e BDA.

Tabela 22. Valores médios de ferro (g de Fé kg⁻¹ mf) referentes a testes de separação de médias entre as diferentes condições de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada condição de dominância apical.

Pontos de Coleta	Condição de dominância apical	
	ADA	BDA
A	120,00 Aa	86,40 Ab
B	92,00 Ba	26,80 Bb
C	24,00 Ca	18,00 Ca
D	14,40 Da	12,40 Ca
E	12,00 Da	16,40 Ca
Médias	52,48 a	32,00 b

As medias seguidas pela mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de separação de médias Scott Knott a 1 % de probabilidade. (CV= 27,02%)



Figura 27. Teores endógenos de ferro (g de Fe kg⁻¹ mf) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).

4.7.10 Boro (B)

Em relação aos teores médios gerais de B, demonstrados na tabela 23 e figura 28, verifica-se tendência de ocorrer maiores valores nos rizomas de plantas em ADA (10,06 g de B kg⁻¹ mf), comparativamente com o teor encontrado nos rizomas de plantas em BDA (9,05 g de B kg⁻¹ mf).

Nos rizomas de plantas em ADA observa-se tendência decrescente nos teores de B entre os pontos de coleta A (13,25 g de B kg⁻¹ mf), B (10,01 g de B kg⁻¹ mf) e C (9,41 g de B kg⁻¹ mf), havendo nítido gradiente decrescente de concentração do ápice para a base. Já nos rizomas de plantas em BDA, mesmo o ponto de coleta A apresentando maior concentração de B (10,87 g de B kg⁻¹ mf), não nota-se o padrão de gradiente observado nos rizomas de plantas em ADA.

Enquanto que não se observa diferença significativa entre os pontos D e E nos rizomas de plantas em ADA, nos rizomas de plantas em BDA destaca-se a maior concentração de B no ponto de coleta D (8,48 g de B kg⁻¹ mf), significativamente superior ao valor encontrado no ponto de coleta E (7,58 g de B kg⁻¹ mf).

Tabela 23. Valores médios de boro (g de B kg⁻¹ mf) referentes a testes de separação de médias entre as diferentes condições de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada condição de dominância apical.

Pontos de Coleta	Condição de dominância apical	
	ADA	BDA
A	13,25 Aa	10,87 Ab
B	10,01 Ba	8,63 Cb
C	9,41 Ca	9,67 Ba
D	8,94 Da	8,48 Ca
E	8,67 Da	7,58 Db
Médias	10,06 a	9,05 b

As médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de separação de médias Scott Knott a 1 % de probabilidade. (CV= 5,49%)

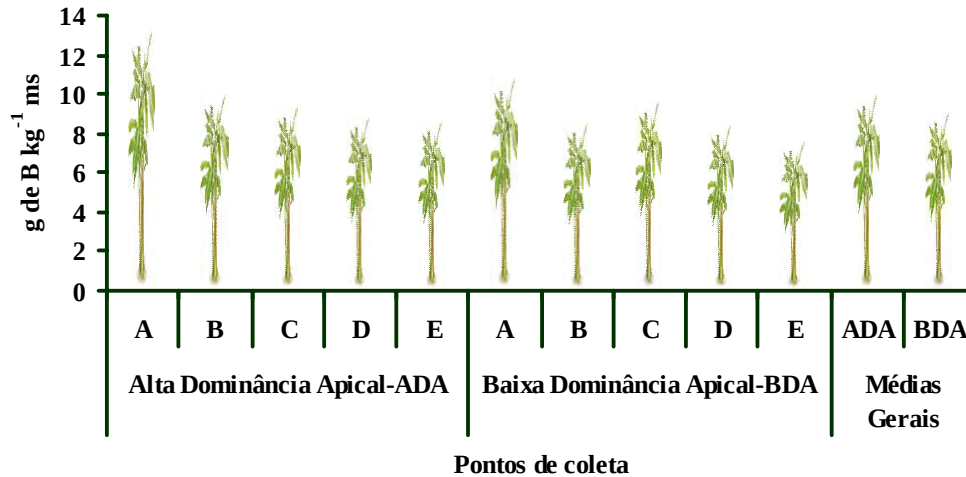


Figura 28. Teores endógenos de boro ($\text{g de B kg}^{-1} \text{ ms}$) em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).

4.8 Dominância apical e o potencial hidrogeniônico (pH)

A tabela 24 e figura 29 mostram que o valor do pH do rizoma, na média geral, apresenta-se significativamente superior nas plantas em ADA (6,52), comparativamente com aquele observado nos rizomas de plantas em BDA (6,34).

Na região central do cilindro central, observam-se valores significativamente superiores de pH nos pontos de coleta B e C quando comparados com o ponto A, tanto nos rizomas de plantas em ADA (6,28, 6,38 e 6,40, respectivamente para os pontos A, B e C) quanto nos rizomas de plantas em BDA (6,30, 6,40 e 6,42, respectivamente para os pontos A, B e C).

Já na região lateral do cilindro central, nota-se diferença significativa nos rizomas de plantas em BDA, onde o ponto de coleta E, com pH de 6,42 mostra-se significativamente superior ao pH de 6,15, verificado para o ponto D.

Tabela 24. Valores médios de pH referentes a testes de separação de médias entre as diferentes condições de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) dentro de cada ponto de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais) e também entre os pontos de coleta, dentro de cada condição de dominância apical.

Pontos de Coleta	Condição de dominância apical	
	ADA	BDA
A	6,28 Ca	6,30 Ba
B	6,38 Ba	6,40 Aa
C	6,40 Ba	6,42 Aa
D	6,78 Aa	6,15 Cb
E	6,78 Aa	6,42 Ab
Médias	6,52 a	6,34 b

As medias seguidas pela mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de separação de médias Scott Knott a 1 % de probabilidade. (CV= 0,59%)

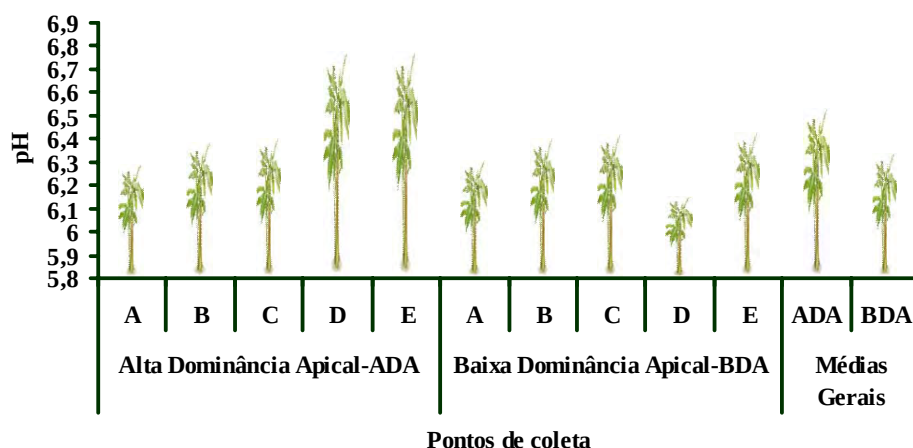


Figura 29. Valores médios do pH em rizomas de bananeira em diferentes estágios de dominância apical (Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA) e pontos de coleta (A- Região apical do cilindro central; B- Região central do cilindro central; C- Região basal do cilindro central; D- Região de formação inicial de raízes e E- Região de formação de brotos laterais).

5 Discussão dos resultados

O fenômeno da dominância apical, mesmo em seu mecanismo básico de controle, depois de décadas de investigações, ainda não esta totalmente elucidada (WARD & LEYSES, 2004; TATEMATSU et al., 2005; SIMON-MATEO et al., 2006), e poucos são os trabalhos que relacionam diferentes fatores potencialmente envolvidos no controle da dominância apical, que não os reguladores vegetais.

Para algumas espécies como, por exemplo, a macieira (CARVALHO et al., 2006), já foram realizados estudos mais detalhados sobre eventos que regulam os processos de desenvolvimento e crescimento de novas gemas. O autor afirma que uma gema dormente de macieira está em constante correlação com o restante da planta, sendo que sofre influência significativa de regiões mais ou menos próximas a ela, fato que determina seu potencial de brotação. A manutenção da gema dormente, sem que ela cresça e se desenvolva, no caso da macieira, foi dividida em 3 fases. A primeira fase, chamada de paradormência, é resultante da influência de outro órgão ou região do vegetal em crescimento, gemas terminais, apicais e folhas jovens, por exemplo. Nesta fase ocorrem eventos no interior da gema (LANG et al., 1987) e, possivelmente, a dormência ocorra pela competição por água e nutrientes (CRABBÉ & BARNOLA, 1996). A segunda fase, endodormência, o não desenvolvimento da gema é resultante de uma série de eventos bioquímicos e fisiológicos que acontecem a níveis meristemáticos ou muito próximos a ele (CRABBÉ & BARNOLA, 1996). Nesta fase, apesar da planta não apresentar crescimento visível, as atividades metabólicas essenciais continuam a

ocorrer, embora com intensidade reduzida (PETRI et al., 1996). Algumas hipóteses são formuladas à endodormência. As principais dizem que a dormência pode estar relacionada com modificações na estrutura celular (LARCHER, 2000); alterações do metabolismo energético na gema, como a atividade de enzimas (BONHOMME et al., 2000); regulação hormonal (STAFSTROM, 2000); conteúdo e fluxo de carboidratos, suprimento de nutrientes e translocação de reservas a curta distância (CARVALHO, 2001) e conteúdo de proteínas (TAMURA et al., 1998). Na ecodormência, terceira fase, a gema não se desenvolve devido a um fator ambiental. A partir do momento que as condições ideais sejam proporcionadas, o crescimento se restabelece, já que as condições lhe são favoráveis, uma vez ultrapassadas as fases anteriores que estariam impedindo seu desenvolvimento (LANG et al., 1987).

Mala et al. (2005) relatam que a complexa interação entre IAA, CK's, PA's e compostos fenólicos está longe de ser elucidada e entendida por completo. Estes autores analisaram estes fatores em gemas dormentes de *Ulmus glabra* H. cultivadas *in vitro*, região basal e apical, relacionando os teores endógenos aos eventos morfogênicos subsequentes envolvidos na dominância apical. As concentrações de CK's e PUT foram maiores na porção apical das gemas com alto poder proliferativo. Já os teores de IAA e fenóis foram maiores na região basal de gemas que diferenciaram mais raízes. Já Purohit et al. (1996), estudando morfogênese em *Feronia limonia* a partir de cultura de calos, encontraram variações significativas ao analisar POD's, PPO, IAA-oxidase e PTN's. Os autores verificaram que nos materiais onde se diferenciaram primórdios de brotos, houve alta atividade das POD's, PPO e IAA-oxidase. Apontaram ainda que, nos tecidos meristemáticos existe um aumento no conteúdo de PTN's e também na atividade das POD's, quando comparados com tecidos não meristemáticos.

Ressalta-se que as alterações metabólicas, como por exemplo, o aumento ou diminuição de síntese, transporte e/ou acúmulo de carboidratos, reguladores vegetais e compostos fenólicos, dentre outros, como também as modificações na síntese e /ou atividade enzimática, a diferenciação na necessidade e gasto energético, percebidas durante o evento da dominância apical, ocorrem também, em proporções e formas particulares, naqueles relacionados com situações estressantes em plantas. Neste sentido, a visão sobre as alterações metabólicas nos vegetais, ocorridas em função dos mais diversos fatores, como por exemplo,

água, luz, temperatura, nutrição mineral, interações com plantas, insetos e outros animais, dentre outros, na maioria das vezes é tratada como resultado de estresse.

Propõem-se novas abordagens de correlações e fatores que possivelmente estejam envolvidos com os mecanismos que controlam o desenvolvimento apical e lateral em plantas e os resultados aqui apontados e discutidos tentam dar suporte as teorias voltadas ao esclarecimento da dominância apical.

5.1 Dominância apical e o ácido indol-3-acético (IAA)

Somente em baixas concentrações, os fitohormônios, que são substâncias orgânicas, envolvem-se em diversos processos fisiológicos relacionados ao crescimento, diferenciação e desenvolvimento, podendo inibi-los ou estimulá-los (WEYERS & PATERSON, 2001). De acordo com Gazzarrini & McCourt (2003), a regulação hormonal é um processo complexo nos vegetais, sendo evidenciado pelas inúmeras interações entre diferentes reguladores e o controle de vários eventos fisiológicos.

Dentro do processo de dominância apical, a interação AX's-CK's detém um dos mais importantes papéis na regulação do desenvolvimento de raízes e/ou gemas (EKLÖF et al., 1997). Nordstrom et al. (2004) confirmaram interação oposta na síntese destes reguladores vegetais, ou seja, as AX's exercem certa inibição sobre a síntese de CK's e essas exercem certa inibição sobre a síntese de AX's. Mais recentemente, Tanaka et al. (2006), estudando a regulação inibitória da AX's na biossíntese local de CK's, em segmentos nodais de plantas de ervilha, antes e após a perda da dominância apical, concluíram que sob influência da dominância apical a AX's reprime a biossíntese local de CK's em segmentos nodais. Assim, após a perda da dominância apical (decapitação), CK's provenientes da raiz, são produzidas localmente nos segmentos nodais, desenvolvendo gemas e por conseqüência formar-se-iam novos ápices ativos, sintetizando novamente o IAA, que por sua vez reprimiria a biossíntese de CK's. Já Balla et al. (2002) relataram incremento nos teores de IAA em gemas laterais de plantas de ervilha após a perda da dominância apical por eliminação do ápice, coincidindo com o início no desenvolvimento da gema, seguido por um aumento de CK's. Com isso os autores concluíram que o aumento de IAA e, posteriormente de CK's, induziram

a formação inicial da gema lateral, sinalizando para o IAA o controle da expansão celular e para as CK's, a ativação da divisão celular.

Zaffari & Kerbauy (2006) descreveram que a dominância apical em bananeira parece ser controlada pelos níveis endógenos de CK's, IAA e também do ABA e que a menor relação IAA/CK's é que comanda e define a liberação e formação dos brotos laterais. Os mesmos autores analisaram os teores endógenos destes reguladores vegetais e verificaram que na base do rizoma a relação IAA/CK's é menor, o que resulta na formação de gemas nesta região, enquanto que na região apical a relação é favorável ao IAA.

Nota-se que na metade superior dos rizomas de bananeira, nas regiões laterais, ocorre diferenciação de raízes, enquanto que na metade inferior se diferenciam os brotos laterais, diferindo em número de acordo com o estágio de dominância apical em que se encontram, conforme demonstrado na figura 01. Assim, pode-se relacionar a maior concentração de IAA em rizomas de plantas em BDA com o número de brotos laterais presentes. Isso porque, quanto maior o número de brotos laterais, menor a dominância apical e nesta situação, maior a concentração de IAA endógeno, já que, uma vez formados, os brotos possuiriam meristemas ativos, sintetizando mais IAA.

O IAA, principal AX's endógena nas plantas, tem um papel-chave em processos do desenvolvimento vegetal, como na formação de raízes, dominância apical, atuando também, como sinal para a divisão, alongamento e diferenciação celular, dentre outros (LJUNG et al., 2002). Vanneste et al. (2005) discutiram o papel da AX's no ciclo celular durante a formação de raízes laterais e relataram trabalhos mostrando que a AX's endógena controla o posicionamento de primórdios de raízes laterais em plantas de *Arabidopsis thaliana*, uma vez que no início de sua formação, a AX's é percebida por algumas células do periciclo. A diferenciação de algumas dessas células é iniciada e divisões celulares são intensificadas para que sigam a via de formação dos primórdios de raiz (CASIMIRO et al., 2003).

Supostamente pode-se dizer que a maior concentração de IAA no ponto de coleta A, em rizomas de plantas em BDA, aponte para uma translocação lateral, induzindo a diferenciação de raízes, sendo estas responsáveis pela síntese de CK's. Uma vez produzidas, as CK's seriam translocadas para porções inferiores, participando da diferenciação dos brotos laterais. Já nos rizomas de plantas em ADA, devido à menor concentração de IAA

na porção superior, talvez não se fizesse possível a diferenciação de raízes a ponto de, conseqüentemente, produzirem CK's em concentrações necessárias para a diferenciação de um maior número de brotos laterais.

O aumento na concentração do IAA no ponto de coleta D, nos rizomas de plantas em BDA, reflete provavelmente a presença de maior número de brotos laterais e, conseqüentemente, de raízes, situação esta potencializada inicialmente por aumento na concentração de CK's.

As CK's foram descobertas inicialmente como promotoras da divisão celular, sendo que o avanço nos estudos esclareceu a participação dessa classe hormonal em muitos eventos relacionados ao desenvolvimento vegetal, dentre eles a diferenciação e desenvolvimento de gemas laterais, indução de gemas adventícia (a partir de calos, discos foliares, hipocótilos ou seções internodais), no ciclo celular e dominância apical (SAKAKIBARA, 2006). Souza (2006) aponta para uma correlação positiva entre os teores endógenos elevados de CK's e o desenvolvimento de gemas laterais, a partir da indução de divisões celulares nos vegetais. Sossountzov et al. (1988) afirmaram que a concentração de CK's, em geral, é alta em tecidos com mitose ativa, como meristemas radiculares e caulinares. Esses autores mostraram que gemas axilares dormentes de tomateiro apresentavam correlação entre o baixo teor de CK's encontrado e a quiescência das células meristemáticas e, ao contrário, um conteúdo maior de CK's foi associado com a retomada do crescimento das gemas laterais.

Nos tecidos vegetais, o IAA pode estar presente tanto na forma livre, quanto na forma conjugada. Neste último caso, principalmente conjugando-se com glicose, inositol e aspartato, o que lhe confere uma proteção contra oxidação realizada por POD's, estas também presentes no IAA-oxidase (TAIZ & ZEIGER, 2004, KERBAUY, 2004), além de que o IAA conjugado não apresenta ação hormonal.

Comparando os resultados do conteúdo endógeno de IAA e de glicose (tabela 09 e figura 14, páginas 48 e 49), nota-se inversão significativa, ou seja, enquanto que o conteúdo endógeno de IAA apresenta-se superior nos rizomas de plantas em BDA, o conteúdo endógeno de glicose está superior nos rizomas de plantas em ADA. Supõe-se que parte da glicose presente, além de ser mais prontamente utilizável pelos inúmeros drenos (brotos laterais) nos rizomas em BDA, possam estar sendo conjugadas ao IAA, protegendo-as contra a

oxidação e/ou eliminando ação hormonal, contribuindo, desta forma, para que as CK's sobressaiam ao IAA no balanço hormonal, desencadeando processos de diferenciação de gemas e brotos laterais. Ainda, que o IAA estando conjugado, pode impedir que, por exemplo, as POD's ajam, uma vez que o substrato oxidativo (IAA) se torna incompatível (IAA conjugado) ao sítio catalítico da enzima.

5.2 Dominância apical e os compostos fenólicos

5.2.1 Fenóis totais

A presença dos fenóis pode indicar alterações na dinâmica de crescimento em função de um estresse dos tecidos (TAIZ & ZEIGER, 2004). Neste caso, as modificações metabólicas provocadas nos tecidos, pela emissão e presença de novos brotos laterais, na média geral, apresenta-se maior nos rizomas de plantas em BDA, justamente onde se acumulam mais fenóis totais e flavonóides totais (tabela 03 e figura 08, páginas 39 e 40), quando comparados com os valores observados nos rizomas de plantas em ADA.

De acordo com Rodrigues et al. (2002), os fenóis, dentre outras atribuições, participam da regulação da atividade auxínica, sendo suficientes para regular a atividade do IAA-oxidase. Mais precisamente, o ácido cumárico e o ácido hidroxibenzóico (monofenóis) inibem o desenvolvimento da planta, porque ativam a oxidação das AX's, enquanto os polifenóis, como o ácido cafêico, inibem a oxidação das AX's, promovendo o crescimento das plantas. Mala et al (2005), trabalhando com gemas de *Ulmus glabra* H., relacionaram os fenóis com processos de morfogênese, descrevendo que os fenóis participam do catabolismo de IAA e modulam os níveis de PA's livres por ele conjugados.

Neste trabalho, mesmo não separando os fenóis em análises específicas, pode-se supor que os monofenóis mostram-se presentes em quantidades maiores que os polifenóis, já que os conteúdos endógenos encontrados de fenóis totais são maiores nos rizomas de plantas em BDA.

Comparando-se os valores médios de fenóis totais com os da atividade do IAA-oxidase (tabela 05 e gráfico 10, páginas 42 e 43, páginas 42 e 43), tem-se similaridade

comportamental, ou seja, a atividade do IAA-oxidase apresenta-se maior nos rizomas de plantas em BDA, assim como os conteúdos endógenos de fenóis totais.

Pode-se observar ainda uma possível relação entre o conteúdo endógeno de fenóis totais e o conteúdo endógeno de IAA (tabela 01 e gráfico 06, páginas 36 e 37). Assim, nota-se que tanto os níveis de fenóis totais, quanto os teores de IAA endógenos, estão mais concentrados nos rizomas de plantas em BDA.

Segundo Shimizu (2004), os fenóis estão sempre presentes em quantidades significativas em locais onde haja grupos celulares em início de desenvolvimento. Esta citação está de acordo com os resultados obtidos neste trabalho, visto que tanto nos rizomas de plantas em ADA, quanto nos rizomas de plantas em BDA, os fenóis se acumulam em maior quantidade no ponto de coleta A. Igualmente observa-se esta relação ao se analisar a média geral, uma vez que nos rizomas de plantas em BDA, possuidores de número maior de novos brotos em desenvolvimento e, conseqüentemente, maior número de meristemas, o teor endógeno de fenóis totais mostra-se significativamente superior ao encontrado nos rizomas de plantas em ADA.

5.2.2 Flavonóides totais

Martinez-Flores et al. (2002) descreve relação entre flavonóides e os mais variados tipos de estresse de tecidos, demonstrando aumento significativo no metabolismo vegetal, por se tratar de substâncias fenólicas tidas como antioxidantes, podendo indicar situações diferenciadas conforme o teor e distribuição nos tecidos.

Percebe-se que os conteúdos endógenos, na média geral, apresentam-se maiores nos rizomas de plantas em BDA, justamente onde o intenso metabolismo, provocado pela emissão de novos brotos laterais, foi alterado.

Felipe & Pozuelo (2004) relatam o interesse pelos flavonóides, uma vez que estes atuariam como antioxidantes e possíveis inibidores enzimáticos nos vegetais. Mathesius (2001) afirma a ligação dos flavonóides com a regulação da atividade do IAA-oxidase, incluindo as POD's, possuindo desta forma, efeito subsequente nos conteúdos

endógenos de IAA. Isso porque, ao atuarem, os flavonóides reduziram a produção de peróxidos, que são substratos destas enzimas.

Observando-se os dados obtidos no trabalho, verifica-se que este fator inibitório da atividade ou síntese enzimática parece prevalecer apenas para as POD's. Assim, comparando os teores endógenos de flavonóides com a atividade das POD's (tabela 06 e gráfico 11, página 44), nota-se inversão nos valores, ou seja, os teores de flavonóides mostram-se maiores nos rizomas de plantas em BDA, enquanto que a atividade das POD's está maior nos rizomas de plantas em ADA. Neste caso, o efeito inibidor dos flavonóides sobre as enzimas pode estar contribuindo para a redução na atividade observada para as POD's. Já quando se compara os teores endógenos de flavonóides com a atividade do IAA-oxidase (tabela 05 e gráfico 10, páginas 42 e 43), observa-se comportamento semelhante, ou seja, ambos apresentam valores mais elevados nos rizomas de plantas em BDA e, portanto, o efeito inibidor dos flavonóides, a princípio, não está evidente. Do mesmo modo, parece que os flavonóides não apresentam influência sobre inibição da PPO, uma vez que a atividade desta enzima se mantém a mesma, tanto nos rizomas de plantas em ADA (menor acúmulo de flavonóides), quanto nos de BDA (maior acúmulo de flavonóides).

Dixon (2001) chama atenção para a relação dos flavonóides com os reguladores vegetais e, conseqüentemente, com a morfogênese. Nesta mesma linha, Schwalm et al. (2003) afirmam que os flavonóides regulam o transporte de IAA, favorecendo seu acúmulo nos vegetais, influenciando processos de crescimento e desenvolvimento, uma vez que competem pelo sítio de ligação do hormônio nas membranas.

No presente trabalho pode-se observar uma possível relação entre flavonóides e acúmulo de IAA. Comparando-se os valores obtidos, nota-se que tanto os teores de flavonóides, quanto os teores de IAA endógenos (tabela 01 e gráfico 06, páginas 36 e 37), estão em maiores concentrações nos rizomas de plantas em BDA.

Segundo Martinez-Flórez et al (2002), os flavonóides parecem possuir influência favorável sobre a capacidade de acúmulo e fixação de Fe e Cu nos tecidos vegetais. Porém neste trabalho, nota-se que a maior presença de flavonóides é notada nos rizomas de plantas em BDA, justamente onde os teores de Fe (tabela 22 e gráfico 27, página 68) e Cu (tabela 19 e gráfico 24, páginas 63 e 64) estão menores. Sendo assim, a presença de

flavonóides, neste trabalho, parece não influenciar positivamente no acúmulo destes elementos.

O maior acúmulo de flavonóides observado nos rizomas de plantas em BDA pode ser resultado da presença de maior número de brotos laterais e raízes em início de desenvolvimento. Tal descrição encontra respaldo em Shimizu (2004), o qual afirma que os fenóis localizam-se nos grupos celulares presentes em órgãos e tecidos em início de desenvolvimento nos vegetais.

5.3 Dominância apical e atividade enzimática

5.3.1 Polifenoloxidase (PPO)

A PPO, também chamada de tirosinase, fenolase, catecol oxidase, catecolase e creolase, catalisa a hidroxilação de monofenóis a *o*-difenóis e a oxidação destes para *o*-diquinonas, sendo largamente distribuída na natureza e encontrada em vários tecidos vegetais (MELO, 2005, VIEIRA et al., 2004).

Normalmente a PPO é encontrada em uma variedade de tecidos e órgãos e sua maior atividade se dá em grupos celulares presentes em tecidos e órgãos em início de desenvolvimento (SHIMIZU, 2004). Bucheli et al. (1996) isolaram clones de PPO em cana de açúcar e observaram que estas se expressavam principalmente na região de crescimento apical e tecido ainda imaturo, logo abaixo do ápice meristemático. Ainda, Mazzafera & Robinson (2000) afirmam que atividade da PPO é maior em tecidos mais jovens.

Corroborando com os autores citados, os resultados obtidos neste trabalho demonstram maior atividade da PPO, justamente no ponto de coleta A, tanto nos rizomas de plantas em ADA, quanto nos de BDA.

Alta atividade da PPO, relacionada com diferenciação de brotos foi descrita por Purohit et al. (1996), estudando morfogênese em *Feronia limonia* a partir da cultura de calos, visto que nas regiões dos calos onde os primórdios se formavam, estava maior a atividade desta enzima.

Neste trabalho, mesmo havendo diferença significativa entre o número de brotos laterais nos rizomas de plantas em ADA e BDA, não se nota diferença na atividade média da PPO.

Shimizu (2004) levanta a hipótese de que a PPO encontra-se mais concentrada em locais onde é grande a quantidade de fenóis, os quais são substratos para estas enzimas. No entanto, este padrão não se confirma no presente trabalho, visto que tanto os teores de fenóis totais (tabela 02 e figura 07, página 38), quanto os de flavonóides totais (tabela 03 e figura 08, páginas 39 e 40), estão mais concentrados nos rizomas de plantas em BDA, enquanto que a atividade da PPO não apresenta alteração nos diferentes estágios de dominância apical.

5.3.2 IAA-oxidase

O IAA-oxidase trata-se de um complexo enzimático importante na regulação do crescimento celular, pois participa da regulação dos níveis endógenos do hormônio IAA, apresentando correlação inversa com a atividade enzimática (TAIZ & ZEIGER, 2004). Sendo assim, pode-se supor que quanto maior for a atividade do IAA-oxidase, menor tende a ser o conteúdo endógeno de IAA e, dessa forma, influenciando significativamente no controle da dominância apical. E ainda, a maior disponibilidade de IAA, por ser o substrato oxidativo, pode resultar na maior atividade do IAA-oxidase

Os resultados obtidos confirmam a relação entre atividade do IAA-oxidase e a dominância apical, sendo que provavelmente este complexo de enzimas está fortemente ativo em plantas em BDA, caracterizando uma situação possível de baixo conteúdo endógeno de IAA e elevado conteúdo das CK's, estas, principais responsáveis pelo desenvolvimento das gemas e brotos laterais.

O teor médio de IAA (tabela 01 e figura 06, páginas 36 e 37) foi maior nos rizomas de plantas em BDA, justamente onde houve maior atividade do IAA-oxidase, confirmando que a maior disponibilidade de substrato tende a refletir em maior atividade enzimática.

As plantas em BDA apresentam maior atividade metabólica, uma vez que possui inúmeros drenos (brotos laterais em desenvolvimento) e o rizoma da planta matriz apresenta toda uma influência nutricional, hormonal e metabólica sobre os rizomas de seus brotos laterais.

Os resultados de IAA-oxidase, com maior atividade nos rizomas de plantas em BDA, associado ao nítido gradiente basípeto (maior no ápice e menor na base do rizoma) de concentração endógena de IAA entre os pontos A, B e C e entre os pontos D e E, colaboram para o entendimento sobre o comportamento morfogênético observado. Ou seja, sabe-se que o balanço hormonal IAA/CK's estando favorável ao IAA, diferenciam-se raízes, enquanto que ao estar favorável às CK's, diferenciam-se gemas e brotos laterais. Pode-se supor que este padrão esteja ocorrendo no material estudado e, assim, contribuindo para o entendimento dos eventos morfogênicos observados neste estudo.

Pode-se ainda, apoiando-se nos resultados observados nos pontos de coleta D e E, reforçar a importância do complexo enzimático IAA-oxidase na relação com a diferenciação de raízes e/ou brotos laterais. Enquanto que nos rizomas de plantas em ADA a atividade enzimática mostra-se maior no ponto onde se diferenciam raízes (D), nos rizomas de plantas em BDA, a maior atividade é percebida no local onde se diferenciam brotos laterais (E). Neste último caso, agindo para que o conteúdo endógeno de IAA não supere o de CK's, assim, o IAA-oxidase, possivelmente, esteja contribuindo positivamente para a emissão de brotos laterais.

Os resultados obtidos neste trabalho corroboram com os estudos de Purohit et al. (1996), os quais apontaram que variações na atividade do complexo enzimático IAA-oxidase participam ativamente dos processos morfogênicos nos vegetais, uma vez que, estudando a morfogênese em *Feronia limonia* a partir de cultura de calos, relacionaram o aumento na atividade destas enzimas aos eventos de diferenciação de primórdios de brotos.

Segundo Hoagland (1990), o IAA-oxidase, juntamente com as POD's, pode inibir o crescimento vegetal através da oxidação do IAA. Já Magalhães (2002), relatou que o IAA-oxidase e as POD's possuem uma similaridade quando ocorre aumento ou diminuição de sua atividade, ao estudarem a cultura da soja; assim como Alfenas (1998), levantou a hipótese de que a maior atividade de peroxidase corresponde à maior atividade do IAA-oxidase. Este padrão não se confirma no presente trabalho, visto que o complexo

enzimático IAA-oxidase apresenta maior atividade nos rizomas de plantas em BDA, enquanto que as POD's (tabela 06 e figura 11, página 44) demonstram maior atividade nos rizomas de plantas em ADA.

Hare (1964) descreveu que a atividade, tanto das POD's, quanto do IAA-oxidase, aumenta com a idade da planta, na presença de ferimentos ou invasão de patógenos, exposição ao etileno e, ainda, em qualquer situação de estresse. O aumento do estresse nas plantas aumenta a atividade do IAA-oxidase, segundo Mukherjee & Coudhuri (1981) e Magalhães (2002).

Ao considerar a formação de brotos laterais como sendo um fator de alteração metabólica intensa nos vegetais, pode-se relacionar tal fato com a alta atividade do IAA-oxidase observada nos rizomas de plantas em BDA. Por outro lado, nos rizomas de plantas em ADA, a atividade destas enzimas mostra-se significativamente inferior.

Bohnsack & Albert (1977), estudando o efeito do B no enraizamento de abóbora, verificaram que este elemento possui uma relação inversa com a atividade do IAA-oxidase, sendo que diminuindo seus teores no vegetal, aumenta-se a atividade enzimática. Os resultados obtidos neste trabalho confirmam tal relação, visto que a atividade do IAA-oxidase está maior nos rizomas de plantas em BDA, justamente onde se apresentam menores os teores endógenos de B (tabela 23 e figura 28, páginas 69 e 70).

Hare (1964) afirma que o efeito enzimático do IAA-oxidase está relacionado diretamente à presença das POD's e de Mn, pois ambos agem como co-fatores na oxidação do IAA. Magalhães (2002) relata que o aumento nas doses de Mn no cultivo da soja, fez com que a atividade do IAA-oxidase também aumentasse significativamente, supondo haver uma correlação entre ambos e com isso, ocorrendo possíveis alterações metabólicas, aumentando a síntese e atividade enzimática, conseqüentemente maior degradação do IAA, levando à redução no crescimento. Por outro lado Morgan et al. (1976), estudando plantas de algodão, relatam que baixas concentrações de Mn coincidem com alta atividade do IAA-oxidase e menor desenvolvimento das plantas. Os autores descrevem que em concentrações normais, as plantas recuperam o crescimento, coincidindo com um declínio na atividade do IAA-oxidase enquanto que em altas concentrações de Mn, a planta sofre severa inibição no seu crescimento, mantendo normal a atividade do complexo enzimático.

Neste trabalho pode-se verificar, analisando comparativamente os resultados, que ocorre relação inversa nos valores de Mn e IAA-oxidase. Ou seja, a menor concentração de Mn (tabela 21 e figura 26, páginas 66 e 67, 66 e 67) acumulado nos rizomas de plantas em BDA, coincide com maior atividade do IAA-oxidase neste mesmo estágio de dominância apical, ao passo que nos rizomas de plantas em ADA, os teores deste mineral apresentam-se maiores e a atividade enzimática significativamente reduzida, encontrando respaldo na referência descrita. Dessa forma, pode-se supor que o Mn esteja em menor concentração nos rizomas de plantas em BDA, possivelmente por estarem sendo utilizados como co-fator do IAA-oxidase, este por sua vez com maior atividade neste estágio de dominância apical. O Mn portanto é um componente químico adicional que permite a atividade catalítica destas enzimas, uma vez que estruturam o sítio catalítico da reação que nada mais é que a superfície da enzima que se liga ao substrato.

5.3.3 Peroxidases (POD's)

Os resultados obtidos nas médias gerais demonstram haver maior atividade das POD's nos rizomas de plantas em ADA e menor nos em BDA, o que pode ser atribuído a um mecanismo sinalizador do metabolismo mais intenso no último caso, devido principalmente à emissão e ao crescimento de maior número de brotos laterais, os quais utilizam quase todo metabólito produzido e conseqüentemente refletindo na menor possibilidade de produção de substratos oxidativos.

A alta atividade das POD's observada nos rizomas de plantas em ADA pode estar relacionada com a baixa concentração de IAA endógeno observada (tabela 01 e figura 06, páginas 36 e 37), já que estas enzimas, segundo Hoagland (1990), podem atuar como IAA-oxidases, degradando este hormônio. Sabe-se, na regulação do IAA, que as POD's possuem relação direta com a oxidação deste regulador, catalizando a degradação de peróxidos formados pelo sistema IAA-oxidase (VAN HUYSTEE, 1987). Os mesmos autores ainda afirmam que as POD's apresentam maior atividade em tecidos meristemáticos e regulam, juntamente com outras substâncias, a diferenciação celular, o alongamento, a dominância apical, as respostas ao geotropismo e fototropismo, a dormência e o florescimento, afirmando

ainda que muitas POD's atuem como repressoras do IAA. Este padrão de alocação maior das POD's em tecidos meristemáticos confirma-se neste trabalho, já que tanto nos rizomas em ADA, quanto nos rizomas em BDA, a atividade enzimática apresenta-se significativamente superior no ponto de coleta A.

Purohit et al. (1996) relataram que nas regiões do calo de *Feronia limonia* cultivado *in vitro*, onde diferenciaram primórdios de brotos, houve alta atividade das POD's. Os autores apontaram ainda que a atividade destas enzimas foi maior nos tecidos meristemáticos que nos tecidos não meristemáticos.

No caso da bananeira, a relação entre aumento na atividade desta enzima e a diferenciação de brotos parece não estar ocorrendo, já que nos rizomas de plantas em ADA, justamente onde há menor formação de brotos, mostram-se maiores os valores da atividade enzimática. Já a constatação da maior atividade de POD's nas regiões meristemáticas confirma-se neste trabalho, uma vez que, tanto nos rizomas de plantas em ADA, quanto nos rizomas de plantas em BDA, destaca-se o ponto de coleta A, justamente na região próxima ao meristema apical, onde as atividades das POD's estão significativamente superiores as demais.

Contrário ao padrão observado neste trabalho, Vincent et al. (1992) trabalhando com *Kaempferia galanga* e Swarnakar et al. (1986) trabalhando com *Solanum*, apontaram que o aumento na atividade da peroxidase é acompanhado pelo aumento na atividade do IAA-oxidase, e que este padrão antecipou eventos morfogênicos de diferenciação de brotos. Esta mesma relação entre aumento conjunto entre POD's e IAA-oxidase, apontando evento de diferenciação de brotos, foi descrita por Purohit et al. (1996) ao estudar morfogênese em *Feronia limonia* a partir de cultura de calos.

Segundo Sood & Nagar (2003) e Martinez-Madrid et al. (1996), a atividade das POD's pode ser inibida por PA's. Ao se comparar os resultados da atividade das POD's com os teores endógenos de PUT (tabela 13 e figura 18, páginas 54 e 55), observa-se que este padrão de inibição não ocorre neste trabalho. Mesmo atingindo elevado acúmulo de PUT nos rizomas de plantas em ADA, a atividade das POD's mostra-se maior neste padrão de dominância apical em relação aos valores obtidos nos rizomas de plantas em BDA.

Viu (2000) sugere haver relação positiva entre a atividade da peroxidase e teores de PA's, enquanto El Hadrami & D`auzac (1992) já haviam relatado que o aumento nos teores de PA's presentes nos vegetais promove aumento também na atividade das

POD's. Por sua vez, Bouchereau et al. (2000) relatam e supõem que um aumento na atividade de POD's poderia ser atribuído, dentre outros fatores, a possível degradação das PA's, pela ação das PA's-oxidases, que formariam peróxidos, os quais seriam substratos metabolizados pelas POD's.

Neste caso, pode-se supor que a maior atividade das POD's nos rizomas de plantas em ADA pode ser resultado da disponibilidade maior de PUT neste padrão de dominância apical. Consequentemente, com o acúmulo maior da PUT, a ação de PA's-oxidases resulte na maior produção de substrato (peróxidos) às POD's, o que justifica o aumento na atividade enzimática neste padrão de dominância apical, quando comparado ao resultados obtidos nos rizomas de plantas em BDA.

A atividade meristemática, mantida em algumas regiões e suprimidas em regiões de maturação, está diretamente envolvida no desenvolvimento vegetal e neste processo, algumas enzimas, como as POD's, parecem desempenhar papel primordial. Taiz & Zeiger (2004) descrevem que as POD's são enzimas presentes em todos os meristemas organizados, podendo observar intensa atividade em locais de alta atividade metabólica e também em locais de iniciação de órgãos.

Assim, neste trabalho, nota-se um gradiente significativo de atividade enzimática das POD's, tanto nos rizomas de plantas em ADA, quanto nos rizomas de plantas em BDA, maior na região meristemática (ponto de coleta A) e menores nas regiões central (ponto de coleta B) e basal (ponto de coleta C) do cilindro central da bananeira, corroborando com a descrição dos autores.

Aumento na atividade das POD's foi observado em eventos de rizogênese (JOERSBO et al., 1989; MONCOUNSIN & GASPAR, 1983; METAXAS, 2004). Tavares (2000) descreveu aumento na atividade de POD's na fase inicial de enraizamento de *Aechmea distichantha* e queda posterior, já com as raízes formadas. Haustman (1993) trabalhando com AX's e visando o enraizamento, observou picos na atividade de POD's durante a fase inicial de emissão de raízes, postulando que esta enzima poderia estar participando na regulação endógena do IAA, indutor do enraizamento. Vincentz et al. (1993) relataram aumento na atividade das POD's durante a organogênese de raízes em tabaco e Moncousin & Gaspar (1983) afirmam que as POD's podem ser utilizadas como marcador para o enraizamento. Oliveira Jr (1996) verificou alta atividade das POD's quando houve formação

de raízes em *Eucalyptus* cultivados *in vitro*, assim como outros autores relataram igual relação entre aumento na atividade enzimática com rizogênese (VINCENT et al., 1992; MCDUGAL et al., 1993). Marcondes (2000) aponta ainda a atividade das POD's como marcadores bioquímicos de eventos de divisão e diferenciação celular nos vegetais, ao estudar a cultura da *Curcuma longa*, na qual a baixa atividade de POD's foi relacionada com a ausência ou baixa rizogênese, aumentando a atividade em materiais enraizados. Ainda, segundo Souza (2002), a análise da atividade das POD's nos tecidos vegetais pode ser um bom marcador bioquímico de organogênese. O autor chegou a esta conclusão depois de verificar relação entre o aumento na atividade das POD's com a diferenciação de brotos e raízes em inhames.

Metaxas et al. (2004) descreveram aumento na atividade das POD's acompanhando maior enraizamento adventício de *Arbutus unedo* e *Taxus baccata*. Já Van Hoof & Gaspar (1976) verificaram que a atividade da peroxidase aumentou, acompanhando o enraizamento em mudas intactas de aspargos, porém nos segmentos caulinares enraizados, houve queda na atividade enzimática. Estes autores afirmaram que a diminuição na atividade resultaria num aumento do nível de AX's endógena, necessária para o enraizamento.

Resultados semelhantes podem ser observados neste trabalho, onde a atividade das POD's apresenta-se maior nos rizomas de plantas em ADA, justamente onde existem mais pontos de emissão de raízes (figura 04). Por outro lado, baixa atividade nos rizomas de plantas em BDA, onde ocorre menor enraizamento e maior brotação lateral. Dessa forma, a atividade das POD's pode ser tomada como indicadora de enraizamento e/ou brotação lateral ou mesmo para definição de ADA ou BDA em bananeira.

Apesar das funções não serem totalmente elucidadas ainda, as POD's parecem desempenhar funções ou participarem de processos envolvidos na oxidação de compostos fenólicos (Hoagland, 1990). Zielsin & Bem-Zaken (1993), pesquisando a atividade de POD's e a presença de compostos fenólicos em roseira, verificaram envolvimento destes compostos na regulação da atividade destas enzimas.

Nota-se neste trabalho que ocorre uma relação inversa interessante entre a atividade das POD's e o teor de fenóis totais e flavonóides. Assim, o aumento na atividade das POD's nos rizomas de plantas em ADA, reflete nos menores teores endógenos dos fenóis, ao passo que nos rizomas de plantas em BDA, a menor atividade das POD's reflete nos maiores teores de fenóis totais (tabela 02 e figura 07, página 38) e flavonóides totais

(tabela 03 e figura 08, páginas 39 e 40). As POD's, utilizam peróxidos de hidrogênio para oxidarem doadores de hidrogênio e os compostos fenólicos, por serem doadores de hidrogênio, servem como substratos destas enzimas.

Magalhães (2002) havia relatado que o aumento na disponibilização de Mn no cultivo da soja, fez com que a atividade das POD's também aumentasse, sugerindo haver uma relação direta entre este mineral e a enzima. Corroborando com o autor, nota-se que neste trabalho o aumento nos teores de Mn (tabela 21 e figura 26, páginas 66 e 67) acompanha o aumento na atividade das POD's, tanto nos rizomas de plantas em ADA, quando nos rizomas de plantas em BDA. Portanto, o Mn atua como co-fator, garantindo a atividade catalítica das POD's.

5.4 Dominância apical e os carboidratos

Sabendo que a partição de carboidratos entre fonte e dreno é um importante fator que condiciona crescimento e desenvolvimento vegetal, Roitsch & Ehneb (2000) descreveram que a ativação deste crescimento e desenvolvimento, mediado principalmente por divisões celulares, está relacionada diretamente com o suprimento de carboidratos nos tecidos. Segundo Jang et al. (1997), os carboidratos, além de serem considerados nutrientes, parecem ser sinalizadores da expressão de alguns genes envolvidos na regulação da divisão e diferenciação celular, possuindo influência positiva nestes eventos.

Souza (2006), em estudos com *Ananas comosus* L. e baseado na teoria de que as CK's atuam na mobilização de nutrientes, sugeriu que o balanço hormonal -AIA/+CK's tenha sinalizado a mobilização de açúcares das células adjacentes para as células competentes, participando assim, de forma positiva para a divisão e diferenciação celular. O autor reforçou em seu estudo o papel do controle da partição de carboidratos mediado por reguladores, como no estímulo da divisão celular por CK's.

Assim, supõe-se no caso da bananeira, que nos rizomas de plantas em BDA, exista um balanço hormonal -IAA/+CK's e que este sinalizaria a mobilização de AST's e ART's, necessários para garantir a divisão e diferenciação celular direcionando a formação de brotos laterais, presentes em maior número neste padrão de dominância apical.

5.4.1 Açúcares redutores totais (ART's)

As plantas em BDA apresentam maior atividade metabólica, uma vez que possuem inúmeros drenos (brotos laterais em desenvolvimento) e o rizoma da planta matriz apresenta toda uma influência nutricional, hormonal e metabólica sobre os rizomas de seus filhotes (brotos laterais). Sendo assim, os gastos energéticos neste material superam àqueles exigidos por plantas em ADA, necessitando maior quantidade de ART's, sendo estes, prontamente utilizáveis como fonte energética.

5.4.2 Açúcares solúveis totais (AST's)

A mesma exigência por maiores quantidades de ART's em plantas em BDA, quando comparadas com as de plantas em ADA, servem para os AST's, igualmente prontos para servirem como fonte energética.

Além de seu papel central no metabolismo, os AST's podem participar da regulação do desenvolvimento e crescimento vegetal (GIBSON, 2000).

Pode-se supor que a maior disponibilidade de AST's nos rizomas de plantas em BDA seja reflexo do maior desenvolvimento e crescimento vegetal neste padrão de dominância apical, representado pelo maior número de brotos laterais.

5.4.3 Glicose

A glicose é um monossacarídeo universal, utilizado amplamente pela maioria dos organismos, desempenhando papel fundamental no fornecimento de energia, armazenamento de carbono, biossíntese e formação de esqueletos carbônicos e parede celular (CORUZZI & BUSH, 2001).

Segundo Smeekens (2000), os açúcares, dentre eles a glicose, possuem papel crucial no desenvolvimento vegetal, atuando em vários eventos como a germinação, crescimento, reprodução, respiração, além de servirem como substratos para a

síntese de carboidratos complexos (amido e celulose). Afirma ainda que, além de serem fontes de energia, os açúcares são vistos como moléculas sinalizadoras e reguladoras da fisiologia do crescimento e desenvolvimento, além de sinalizadores da expressão gênica. Souza (2006) descreve sobre a correlação existente entre as vias de transmissão de sinal de açúcares com as vias de sinalização de reguladores, afirmando que este fato acaba por controlar o crescimento e o desenvolvimento vegetal. A glicose, segundo Koch (2004), possui papel fundamental como molécula sinalizadora no desenvolvimento vegetal e na expressão gênica de síntese hormonal. Gibson (2005) e Leon & Sheen (2003) verificaram que os açúcares atuam na biossíntese de sinalização de reguladores vegetais, havendo relação com processos mediados por CK's, AX's e etileno.

Nos rizomas de plantas em ADA observa-se maior acúmulo de fontes energéticas de armazenamento (glicose e amido), podendo-se supor que esta situação seja resultado da presença de menor número de brotos laterais em desenvolvimento, consequentemente poucos drenos, menor atividade metabólica e menor gasto energético. A glicose, armazenada em maior quantidade nos rizomas de plantas em ADA, é uma forma de energia prontamente utilizáveis, assim que a dominância apical for reduzindo e a emissão de brotos laterais iniciada. No momento em que os rizomas estão em ADA, com baixa quantidade de drenos presentes (brotos laterais), as demandas por esqueletos carbônicos, disponíveis na glicose e no amido, são bastante reduzidas.

A glicose tem sido estudada também como molécula sinalizadora e essencial em muitos processos como a germinação, desenvolvimento de raiz, caules, metabolismo de carbono, floração, respostas ao estresse ambiental e senescência (MOORE et al., 2003). Entretanto, ainda não está esclarecido como as plantas integram fatores ambientais e os sinais internos da glicose para modular seu crescimento e desenvolvimento (SUZUKI, 2005).

Nota-se que o acúmulo de glicose nos rizomas de plantas em ADA é significativamente superior ao encontrado nos rizomas de plantas em BDA. Assim, pode-se supor, baseado nos autores citados anteriormente, que este maior acúmulo em plantas em ADA pode ser um sinal de perda da condição de ADA.

5.4.4 Amido

O amido é o principal carbono de reserva em numerosas espécies de plantas (SUZUKI, 2005) e segundo Smith et al. (2005), a maioria das células vegetais sintetizam e degradam amido em alguma fase de seu desenvolvimento, tanto nas partes que darão origem a órgãos de reserva, quanto nas células de órgãos fornecedores no início do desenvolvimento. Para Suzuki (2005), a degradação de amido fornece carbonos diretamente para a síntese de sacarose, participando diretamente do crescimento e manutenção das células.

Assim como para a glicose, observa-se que o conteúdo endógeno de amido, fonte de reserva de energia, está em maior quantidade nos rizomas de plantas em ADA, justamente refletindo o fato de não uso energético. Pode-se supor ainda que, assim como para glicose, o acúmulo de amido pode sinalizar potencialmente uma saída do estado de dominância apical e início do desenvolvimento de brotos laterais, já que pode haver conversão para formas de açúcares prontamente utilizáveis.

Usciatì et al. (1972) sugeriram que o acúmulo de amido representaria um suprimento energético necessário ao processo de divisão celular em tecidos com uma alta atividade meristemática e, portanto, este carboidrato tem participação significativa na indução do processo de divisão celular em plantas. Por outro lado, Borisju et al. (1998) e Souza et al. (2003) demonstraram que tecidos com menor taxa de divisão celular também podem acumular amido.

Acompanhando os resultados dos últimos autores citados, percebe-se que os resultados de acúmulo de amido neste trabalho apresentam-se significativamente superiores nos rizomas de plantas em ADA, justamente onde se acredita haver menor taxa de divisão celular, dado ao reduzido número de pontos de crescimento primários (meristemas), quando comparados aos observados nos rizomas de plantas em BDA.

A síntese de carboidratos complexos como o amido requer substratos específicos e dentre estes, está a glicose (SMEEKENS, 2000). Esta total relação entre glicose e amido é comprovada nos resultados deste trabalho, visto que as maiores concentrações de ambos os compostos, mostram-se descritas nos rizomas de plantas em ADA.

5.5 Dominância apical e as proteínas

A síntese de proteínas é a função central de todas as células e na sua ausência, cessam os eventos de crescimento e manutenção de órgãos, tornando-se um fator limitante à taxa de crescimento e desenvolvimento vegetal (CAPALDI, 2002).

Órgãos em crescimento ou órgãos e tecidos de armazenamento apresentam locais de intensa síntese de proteínas (LANCHER, 2000). Assim, também Junqueira (2003), estudando a cultura do milho, relatou incremento nos teores de PTN's ao longo do ciclo de desenvolvimento desta espécie. Trabalhando com macieira, Carvalho et al. (2006) relataram que, na medida em que o início do processo vegetativo se aproxima, os teores endógenos de PTN's reduzem nas gemas dormentes.

Visto que os teores de PTN's apresentam-se menos concentrados nos rizomas de plantas em BDA, pode-se supor que o padrão de redução, citado pelo autor, também ocorra na dominância apical de bananeira. Assim, na medida em que se aproxima a liberação de brotos laterais nos rizomas de bananeira, possivelmente reduzem-se os teores de PTN's. Pode-se, dessa forma, indicar o uso de análises de PTN's como possíveis marcadores de liberação do desenvolvimento lateral em bananeira.

Estudando morfogênese em *Feronia limonia* a partir de cultura de calos, Purohit et al. (1996) encontraram maiores teores de proteínas nas regiões dos calos onde posteriormente diferenciavam brotos. Relataram ainda que, as proteínas estavam mais concentradas em tecidos meristemáticos, quando comparados com tecidos não meristemáticos.

Percebe-se que neste trabalho a média geral nos teores de PTN's apresenta-se maior nos rizomas de plantas em ADA. Neste caso, pode-se supor que este acúmulo de proteínas nos rizomas de plantas em ADA seja indicativo de que eventos de diferenciação de gemas e brotos laterais estejam em processos de iniciação. Tanto nos rizomas de plantas em ADA, quanto nos rizomas de plantas em BDA, nota-se no ponto de coleta A (região apical do cilindro central) o maior acúmulo de PTN's, corroborando com a descrição dos autores citados.

Vincent et al. (1992), estudando diferenciação de órgão em cultura de calos de *Nicotiana plumbaginifolia*, demonstraram que quando há formação de raízes ou qualquer tipo de organogênese, os teores de PTNS's são menores que os observados em

material que não se diferenciaram. Viu (2000) também observou relação entre redução nos teores de PTNS's e a formação de órgãos ao trabalhar com *Curcuma longa*.

Essa mesma tendência é observada neste trabalho, onde nota-se maiores níveis de PTNS's totais nos rizomas de plantas em BDA, justamente onde ocorre maior brotação lateral, podendo também servir como marcador para dominância apical em bananeira.

5.6 Dominância apical e a poliamina putrescina (PUT)

Vários são os relatos da participação de PA's em processos celulares de desenvolvimento e crescimento vegetal (KUMAR et al., 1997; VIU, 2000; TAIZ & ZEIGER, 2004). Segundo Galston & Flores (1991), todo organismo vivo depende das PA's, descrevendo que o seu teor é proporcional ao crescimento celular, havendo assim a possibilidade das PA's desenvolverem papel crucial na divisão celular. Geralmente, teores de PA's endógenas são altos em tecidos jovens e em plantas que apresentam crescimento ativo (BAGNI et al., 1981). Manoharam & Gnamam (1992) e Slocum et al. (1984) reforçam que as PA's encontram-se, principalmente, em locais de divisão celular ativa, onde se diferenciam tecidos jovens, com alto poder organogênico, locais estes onde atuam na regulação dos eventos de crescimento e desenvolvimento vegetal. Neves et al. (2002) apontaram correlação positiva entre o acúmulo de PA's e o enraizamento efetuado pelo IAA em espécies florestais, sugerindo que a determinação dos teores endógenos de PA's sirvam como marcadores de enraizamento. Mesmo assim, Mala et al. (2005) relataram que as PA's não foram fator limitante para a morfogênese de raízes e também de brotos em *Ulmus glabra* H.

Nota-se que nos rizomas de plantas em ADA, o ponto que apresenta maior acúmulo de PUT é justamente aquele mais próximo ao meristema apical (ponto de coleta A), assim como nos rizomas de plantas em BDA que, além do ponto A, apresenta também como destaque a região lateral, onde se diferenciam as raízes (ponto de coleta D), corroborando com os autores citados.

Geuns et al. (2001), trabalhando com *Nicotiana tabacum*, relacionaram pela primeira vez as PA's com a dominância apical, concluindo que a liberação

de brotos axilares é acompanhada por alterações nos teores de PA's, descrevendo assim aumento de SPM e diminuição de PUT e SPD. Os mesmos autores relatam que estudos adicionais devem ser realizados para determinar a exata função destas aminos na dominância apical.

No presente trabalho percebe-se que as concentrações de PUT estão maiores nos rizomas de plantas em ADA e menores nos rizomas de plantas em BDA, corroborando com os autores citados anteriormente. Neste caso, pode-se ampliar a possível relação das PA's, não só nos eventos de formação de gemas axilares, mas também de gemas laterais, como no caso da bananeira.

Francisco (2001) aponta que as PA's, juntamente com os reguladores vegetais, participam da síntese de PTN's, neste caso por estarem envolvidas, principalmente espermidinas e esperminas, com a estruturação (enrolamento) da fita de DNA (BOUCHEREAU, 2000), divisão celular e crescimento, contribuindo assim, para o aumento na diferenciação de brotos de *Colocasia esculenta*.

Este padrão de correlação pode ser observado neste trabalho, uma vez que o maior acúmulo de PUT é observado nos rizomas de plantas em ADA, justamente onde os teores de PTN's (tabela 11 e figura 16, páginas 51 e 52) também estão maiores. Já a relação com a contribuição na diferenciação de brotos, pode-se supor que no caso deste trabalho, as análises foram realizadas em um momento que marcaria o possível início de processos de diferenciação e formação de brotações, já que nas plantas em ADA o número de brotações é mínimo.

O acúmulo de PUT nos tecidos e órgãos vegetais, segundo Galston & Kaur-Sawhney (1990), demonstra ocorrer em resposta a vários tipos de estresse. A PUT pode ser formada a partir da ação da enzima arginina descarboxilase em resposta ao estresse, acumulando-se nos tecidos e órgãos vegetais (GALSTON et al., 1995; TIBURCIO, 1997; BOUCHEREAU, 2000). Marcondes (2000), observando alta concentração de PUT em todos os órgãos e tecidos analisados de *Curcuma longa* cultivada *in vitro*, relacionou tal resultado à possível ação de agentes estressantes, apoiando-se em Slocum et al. (1984) os quais descrevem que o estresse induz alterações metabólicas onde, dentre outros, há formação de PUT que se acumula em altas concentrações nos tecidos, enquanto que a SPM e SPD não apresentam um padrão definido.

A maior atividade metabólica, devido ao processo de indução e formação de brotos laterais, neste caso, mostram-se contrários, uma vez que o acúmulo de PUT apresenta-se maior nos rizomas de plantas em ADA, onde a princípio está baixo o metabolismo, quando comparado com o de plantas em BDA.

Eventos de divisão e diferenciação celular no processo de desenvolvimento vegetal, geralmente apresentam a participação de SPD e SPM, PA's formadas a partir da PUT e de grupos amino propil vindo de S-adenosil metionina, sendo atribuídas a elas, características de verdadeiros reguladores vegetais (GALSTON et al., 1995; BOUCHEREAU, 2000). A idéia de que as PA's agiriam como reguladores vegetais, promovendo divisão e diferenciação celular, foi defendida também por outros pesquisadores (SLOCUM et al., 1984; SETHI et al., 1988; BURTIN et al., 1990; KAUR-SAWHNEY & APPLEWHITE, 1993; GALSTON et al., 1995; BOUCHEREAU, 2000).

Sendo assim, pode-se supor que nos rizomas de plantas em BDA, toda ou grande parte da PUT tenha sido convertida em SPD e SPM, explicando o não acúmulo de PUT neste padrão de dominância apical, onde o desenvolvimento vegetal é mais intenso. Nos rizomas de plantas em ADA não estaria ocorrendo divisão e diferenciação celular intensa, menor número de brotos laterais sendo formados, explicando o acúmulo de PUT neste padrão de dominância apical.

Neste contexto, pode-se supor que o acúmulo de PUT nos tecidos pode estar sinalizando para uma eventual mudança no padrão de dominância apical, ou seja, ao atingir um teor endógeno suficiente desta poliamina, iniciarão eventos de conversão desta para SPD e/ou SPM, desencadeando processos de divisão e diferenciação celular para a formação subsequente de gemas e brotos laterais, juntamente com a ação de outros fatores, principalmente, reguladores vegetais em balanços adequados.

Fobert & Webb (1988) afirmam que o acúmulo de PUT nos vegetais sinaliza para materiais celulares com alto potencial morfogênicos. Já Souza (2002) correlacionou positivamente os níveis de PUT com o posterior evento de diferenciação celular, ao verificar relação entre altos níveis de PUT com a formação de brotos e raízes em inhames, sugerindo que estas substâncias agem como reguladores vegetais e, ainda, apontando-as como possíveis marcadores bioquímicos de organogênese.

Neste sentido pode-se supor que o acúmulo de PUT encontrado nos rizomas de plantas em ADA indica a existência deste potencial morfogenético que, pode ou não ser expresso posteriormente, dependente de outros fatores, tais como nutricionais, hormonais e protéicos. Por outro lado, a baixa concentração desta poliamina nos rizomas de plantas em BDA pode indicar que boa parte desta, tenha sido convertida a outras formas de PA's (SPM e SPD) como discutido anteriormente e assim, agiria diretamente na função de indução à divisão e diferenciação celular, levando a formação de maior número de brotos laterais.

Fobert & Webb (1988) relatam que a inibição da síntese de PUT, que naturalmente pode ocorrer, leva ao aumento na indução de raízes. Desai & Mehta (1985) observaram que a PUT foi à poliamina que apresentou maior concentração durante o processo de formação de brotos e raízes a partir de discos foliares de *Passiflora*, sugerindo que esta esteja envolvida diretamente sobre a organogênese.

Comparando-se os valores observados para os teores endógenos de PUT no ponto de coleta D, tem-se superioridade significativa em favor dos rizomas de plantas em BDA, o que pode ser atribuído a um padrão de inibição que não se apresenta significativamente expresso neste trabalho. Isso provavelmente porque, nos rizomas de plantas em BDA, a presença de raízes é significativamente superior às encontradas em rizomas de plantas em ADA, dado principalmente ao maior número de brotos laterais, presentes e que já diferenciaram parte de suas raízes.

Em condições de estresse, o aumento na concentração de PUT coincide com o aumento na concentração do etileno (LEE & CHU, 1992; LI & WANG, 2004). Os mesmos autores relacionam ainda, a biossíntese de PUT com o processo de alongamento celular promovido pelo etileno.

Neste sentido é possível que o acúmulo de PUT nos rizomas de planta em ADA esteja sinalizando a manutenção desta dominância, na qual o princípio de crescimento (alongamento e divisão celular) supera a diferenciação (especialização celular).

5.7 Dominância apical e os nutrientes minerais

As raízes de bananeira absorvem água e nutrientes minerais do meio em que vivem e transportam estes para os brotos em desenvolvimento. A absorção e o carregamento no cilindro vascular, voltados para o transporte até as regiões de desenvolvimento de brotos, requerem gasto de energia (TURNER, 2003).

Neste trabalho, a quantidade de nutrientes minerais difere significativamente, entre os estágios de dominância apical e pontos de coleta, para a maioria dos elementos analisados.

Em relação à tendência de absorção pelo teor analisado, tem-se, segundo Lahav & Turner (1983) e Diniz (1997), que a bananeira no campo absorve, em ordem decrescente os macronutrientes: $K > N > Ca > Mg > S > P$ e os micronutrientes: $Cl > Mn > Fe > Zn > B > Cu$.

Tanto nos rizomas de plantas em ADA, quanto nos rizomas de plantas em BDA, os teores endógenos dos macronutrientes obedecem à seqüência: $K > Mg > N > Ca > P$. Em relação aos micronutrientes, nos rizomas de plantas em ADA percebe-se teores endógenos que obedecem à seqüência: $Mn > Fe > Zn > Cu > Bo$, enquanto que nos rizomas de plantas em BDA a seqüência é: $Mn > Zn > Fe > Cu > B$.

Segundo Amaral (2003), as altas taxas de absorção de nutrientes nas regiões apicais resultam da forte demanda por nutrientes nestes tecidos devido ao alto metabolismo de divisão celular.

Com exceção do Cu, com acúmulo maior na região basal do cilindro central (ponto de coleta C), tanto nos rizomas de plantas em ADA, quanto nos de BDA e do Mn, acumulando-se mais na região mediana do cilindro central (ponto de coleta B) em rizomas de plantas em BDA, todos os demais elementos minerais apresentam tendência de maior acúmulo na região apical do cilindro central (ponto de coleta A).

5.7.1 Nitrogênio (N)

Para Taiz & Zeiger (2004) o N é um nutriente que faz parte de compostos de carbono, constituindo, dentre outros, aminoácidos e proteínas. O N é um dos nutrientes minerais mais importantes na morfogênese, tanto no desenvolvimento, quanto no crescimento de órgãos em espécies cultivadas (GUOPING et al., 2001). Segundo Amaral (2003), na forma amoniacal, o N relaciona-se à sustentação da divisão celular em meristemas ativos.

Nota-se que nos rizomas de plantas em ADA e BDA o maior teor de N mostra-se mais concentrado justamente na região apical do cilindro central (ponto de coleta A), ou seja, o mais próximo possível do meristema apical, confirmando a citação descrita acima.

Loreti et al. (1988) descrevem a existência de uma necessidade menor de N durante os estágios iniciais de desenvolvimento vegetal (divisão celular) e maiores na medida em que ocorrem formação e crescimento de gemas laterais/axilares, ou ainda que, possa haver uma relação entre alto vigor e baixo desenvolvimento de gemas, quando o meio é rico em N. Amaral (2003) afirma que o alongamento celular depende do acúmulo de N (nitratos), contribuindo significativamente para o crescimento vegetal.

Possivelmente, o menor teor médio de N observado nos rizomas de plantas em BDA seja resultado de maior consumo deste elemento mineral, devido principalmente à maior necessidade advinda da presença dos brotos laterais neste padrão de dominância apical. Da mesma forma, percebe-se que o teor de N apresenta-se significativamente superior nos rizomas de plantas em ADA, justamente onde é maior o vigor da planta matriz, e menor é o desenvolvimento de brotos laterais, corroborando com a literatura citada. Pode-se ainda supor, contribuindo ao entendimento deste padrão de distribuição, que o menor teor de N encontrado nos rizomas de plantas em BDA pode ser resultado de sua mobilização para pontos de crescimento (brotos laterais), onde seriam usados e/ou incorporados em eventos metabólicos, contrário ao observado para os rizomas de plantas em ADA, onde nota-se acúmulo maior deste mineral.

O N é um nutriente incontestavelmente essencial durante toda a fase do desenvolvimento vegetal e uma de suas principais atribuições é a participação na formação de compostos básicos ao ciclo de vida vegetal, tais como as PTN's (CAPALDI, 2002).

Nota-se que os teores de N apresentam-se mais concentrados nos rizomas de plantas em ADA e nestes, também os teores de PTN's (tabela 11 e figura 16, páginas 51 e 52) estão em maior quantidade. Supõe-se que a disponibilidade de N neste padrão de dominância apical, tenha contribuído para o aumento na quantidade de PTN's acumuladas, visto que nos rizomas de plantas em BDA os menores teores de PTN's acompanham a queda no acúmulo de N presente.

Altman & Levin (1993) relatam que o N, principalmente o presente no nitrato de amônia, apresenta uma importância bastante significativa na biossíntese de substâncias nitrogenadas, como por exemplo as PA's.

Ao verificar os resultados gerais dos teores endógenos de N e PUT (tabela 13 e figura 18, páginas 54 e 55), nota-se comportamento similar, ou seja, maiores teores de N e de PUT são observados em rizomas de plantas em ADA, quando comparados com os obtidos nos rizomas de plantas em BDA.

5.7.2 Fósforo (P)

Segundo Taiz & Zeiger (2004), o P é um nutriente importante na armazenagem de energia e na integridade estrutural da célula, tendo dentre outros, papel central em reações que envolvem ATP.

Percebe-se que nos rizomas de plantas em ADA existe tendência de distribuição, em termos de acúmulo, decrescente do ápice para a base, tanto na região centralizada, quanto na região lateral. Já nos rizomas de plantas em BDA a distribuição é bem homogênea. Pode-se supor que este padrão de distribuição nos rizomas de plantas em BDA seja reflexo da diferenciação, o que leva conseqüentemente ao desenvolvimento de órgãos e tecidos, tornando desta forma, este padrão de dominância apical mais exigente em termos energéticos.

5.7.3 Potássio (K)

Este elemento mineral, segundo Taiz & Zeiger (2004), permanece na forma iônica, sendo dentre outras, requerido como co-fator de mais de 40 enzimas envolvidas no metabolismo de desenvolvimento e crescimento vegetal.

De acordo com Marschner (1995), verifica-se, em certos casos, que a ação de reguladores vegetais possa estar sendo modulada pelo teor de K presente nos vegetais. O mesmo autor verificou em coleóptilos de aveia, por exemplo, que a ausência de uma fonte externa de K, resultou em uma diminuição do alongamento induzido pela AX's.

Neste trabalho, as maiores concentrações de K e de IAA (tabela 01 e figura 06, páginas 36 e 37) apresentam-se nos rizomas de plantas em BDA, demonstrando uma possível relação de modulação entre estas substâncias, corroborando com o autor citado.

Na maioria das vezes o alongamento celular resulta em grande parte, do acúmulo e uso de K nas células e tecidos, que é necessário para o estabelecimento do pH no citoplasma e a redução do potencial hídrico nos vacúolos (MARSCHNER, 1995; KERBAUY, 2004; TAIZ & ZEIGER, 2004).

Percebe-se que os menores teores de K encontram-se presentes nos rizomas de plantas em ADA. Assim, justifica-se maior crescimento em altura da planta matriz, possivelmente pelo maior consumo deste elemento mineral, enquanto que nos rizomas de plantas em BDA, o acúmulo aponta para uma posterior utilização no crescimento dos brotos laterais que se desenvolvem.

Kerbauy (2004) relata que baixas concentrações de K levam à formação das PA's, PUT e argmatina, as quais ajudam a combater a acidificação do citossol provocado pela falta de K, equilibrando as cargas dos ácidos orgânicos. Além disso o K age como co-fator de enzimas envolvidas na síntese de PA's. Galston (1995) também já havia citado que a baixa concentração de K nos tecidos vegetais favorece o acúmulo de PUT. Zaidan (1998), trabalhando com bananeira cv. Prata anã, relatou que os conteúdos endógenos de PUT e de outras PA's foram maiores quando os níveis de K estavam baixos.

Esta inversa correlação pode ser verificada neste trabalho, corroborando com os autores citados, uma vez que os teores endógenos de K apresentam-se mais baixos nos rizomas de plantas em ADA que nos rizomas de plantas em BDA, enquanto

que os teores de PUT (tabela 13 e figura 18, páginas 54 e 55) estão mais concentrados nos rizomas de plantas em ADA e menores nos rizomas de plantas em BDA.

Muitas enzimas são dependentes do K ou estimuladas pela presença maior deste elemento nos vegetais (SUELTER, 1970; TAIZ & ZEIGER, 2004; KERBAUY, 2004).

Comparando os resultados dos teores de K com os resultados das atividades enzimáticas (IAA-oxidase na tabela 05 e figura 10, páginas 42 e 43, páginas 42 e 43, POD's na tabela 06 e figura 11, página 44 e PPO na tabela 04 e figura 09, página 41, páginas 41 e 42) neste trabalho, temos 3 situações distintas. Na primeira, temos o elevado teor de K acompanhando aumento na atividade do IAA-oxidase nos rizomas de plantas em BDA. Na segunda, os teores de K, mesmo maiores nos rizomas de plantas em BDA não acompanham o aumento na atividade das POD's, que por sua vez, estão mais ativas nos rizomas de plantas em ADA. Já na terceira, os teores de K, não apresentam relação com a PPO, que se manteve com atividades idênticas, tanto nos rizomas de plantas em ADA, quanto nos rizomas de plantas em BDA. Sendo assim, pode-se supor que o K apresenta-se como cofator necessário, principalmente, à atividade de POD's.

Taiz & Zeiger (2004) e Kerbaux (2004) descrevem que o K, dentre outras, tem a participação efetiva no favorecimento do transporte de açúcares. Amaral (2003) descreve que a falta de K ocasiona alterações químicas nas plantas que inclui o acúmulo de carboidratos solúveis, a diminuição nos teores de amido e o acúmulo de compostos nitrogenados.

Percebe-se, por exemplo, nos rizomas de plantas em ADA, que o menor teor de K acompanha o menor teor de AST's (tabela 08 e figura 13, página 47) e de ART's (tabela 07 e figura 12, páginas 45 e 46), enquanto que os teores de amido (tabela 10 e figura 15, página 50) e glicose (tabela 09 e figura 14, páginas 48 e 49) encontram-se maiores neste padrão de dominância apical.

O K é um dos elementos minerais necessários para a síntese de PTN's (TAIZ & ZEIGER, 2004; KERBAUY, 2004) em maiores concentrações do que para ativação enzimática (AMARAL, 2003).

Observa-se neste trabalho que o maior acúmulo de PTN's (tabela 11 e figura 16, páginas 51 e 52) ocorre nos rizomas de plantas em ADA e que neste padrão de

dominância apical os teores K estão menores em relação ao observado nos rizomas de plantas em BDA. Pode-se supor que o fato dos teores de K estarem menores nos rizomas de plantas em ADA seja reflexo do gasto deste mineral na síntese protéica, a qual deverá ser disponibilizada para gastos mais intensos em situações de BDA.

Já os teores de PTNS's totais (tabela 12 e figura 17, página 53) encontram-se maiores nos rizomas de plantas em BDA, assim como os teores de K endógenos. Neste caso, a síntese de PTNS's totais acabou refletindo o maior acúmulo disponível de K, possivelmente apontando para maior necessidade, devido ao maior número de brotos laterais em desenvolvimento, ou seja, maior gasto no metabolismo enzimático da planta.

Trabalhando com a cultura da cenoura, Amaral (2003) relata que a baixa concentração de K condiciona o vegetal a aumentos nos teores de Ca, enquanto que em altas concentrações de K, reduz-se os teores de Ca e também de Mg.

Esta relação inversa, entre os teores de K e Ca (tabela 17 e figura 22, páginas 60 e 61), é verificada neste trabalho, uma vez que, nos rizomas de plantas em ADA os teores de K apresentam-se menores quando comparados aos teores nos rizomas de plantas em BDA, enquanto que os teores de Ca estão maiores nos rizomas de plantas em ADA e menores nos rizomas de plantas em BDA, respaldando os autores citados.

5.7.4 Cálcio (Ca)

O Ca, dentre outras funções, tem atuação na divisão e expansão celular (destacando crescimento radicular), formação e funcionamento de parede celular, ativação e/ou estímulo de diversas enzimas e proteínas e como mensageiro secundário (destacando a ligação Ca-calmodulina que regula vários processos metabólicos) em várias respostas da planta a sinais ambientais e hormonais (TAIZ & ZEIGER, 2004; GARCIA & MORA, 2006; PARRA et al., 2006). Van Huystee & Esnault (1992) descreveram que existe uma possível relação entre o Ca e o aumento na atividade das POD's, uma vez que, este elemento mineral faz parte da estrutura das POD's.

A maior concentração de Ca no ponto de coleta A (região apical do cilindro central), seguido do ponto de coleta D (região lateral do cilindro central onde se

diferencial raízes), tanto nos rizomas de plantas em ADA, quanto nos rizomas de BDA reforçam a relação entre este elemento mineral e a divisão e expansão celular, com direcionamento em destaque para o crescimento radicular.

Em relação à ativação e/ou estímulo à atividade enzimática, tem-se que o maior acúmulo de Ca, observado nos rizomas de plantas em ADA, pode ter contribuído para o aumento na atividade das POD's (tabela 06 e figura 11, página 44), maior também neste padrão de dominância apical, corroborando com os autores citados. Já em relação à atividade do IAA-oxidase (tabela 05 e figura 10, páginas 42 e 43), nota-se inversão nos resultados, uma vez que, este apresenta menor valor médio nos rizomas de plantas em ADA, quando comparado com os de rizomas de plantas em BDA. Por sua vez, a atividade da PPO (tabela 04 e figura 09, página 41) parece não sofrer influências da variação na disponibilidade de Ca, já que os valores não diferem nos diferentes padrões de dominância apical estudados neste trabalho (ADA e BDA).

As proteínas apresentam comportamentos distintos quando comparadas aos teores de Ca. O conteúdo médio de PTN's (tabela 11 e figura 16, páginas 51 e 52) mostra-se significativamente superior nos rizomas de plantas em ADA, acompanhando o mesmo padrão observado para o Ca. No caso das PTNS's (tabela 12 e figura 17, página 53) observa o inverso, ou seja, estas proteínas apresentam-se mais concentradas nos rizomas de plantas em BDA, enquanto que o Ca está mais concentrado nos rizomas de plantas em ADA.

5.7.5 Magnésio (Mg)

Segundo Kurvits & Kirkby (1980), a absorção de Mg pode ser afetada por outros cátions, como por exemplo, N e K. Amaral (2003) relata que o acúmulo de Mg pode ser favorecido pela baixa presença de K nos vegetais ao estudar os efeitos deste elemento na cultura da cenoura.

Os resultados deste trabalho corroboram com estes autores. Comparativamente, verifica-se que a tendência do comportamento acumulativo de Mg acompanha o de N (tabela 14 e figura 19, página 56), sendo maiores nos rizomas de plantas em ADA e menores nos rizomas de plantas em BDA, demonstrando um padrão sinérgico entre

os elementos. Com os teores de K (tabela 16 e figura 21, página 59), verifica-se que o Mg apresenta relação inversa, já que K encontra-se mais concentrado nos rizomas de plantas em BDA enquanto que o Mg está mais concentrado nos rizomas de plantas em ADA, demonstrando um padrão antagônico entre os elementos.

Amaral (2003) descreve que a baixa disponibilidade de Mg resulta na maior produção de radicais superóxidos ($O_2^{\cdot-}$) e peróxidos de hidrogênio (H_2O_2), aumentando a quantidade de antioxidantes e enzimas removedoras de H_2O_2 nestes locais.

Neste trabalho percebe-se resultados opostos ao citados pelos autores, uma vez que, a menor concentração de Mg observada nos rizomas de plantas em ADA, não reflete na maior atividade enzimática das POD's (tabela 06 e figura 11, página 44), que por sua vez apresenta-se maior nos rizomas de plantas em BDA, onde igualmente está mais concentrado o Mg.

5.7.6 Cobre (Cu)

O Cu possui alto peso molecular, o que acaba lhe rendendo uma baixa mobilidade entre tecidos e órgãos dos vegetais (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Esta característica pode explicar os valores decrescentes na concentração deste elemento entre a base e o ápice do rizoma da bananeira. Tanto nos rizomas de plantas em ADA, quanto nos rizomas de plantas em BDA, nota-se maior acúmulo no ponto de coleta C na região centralizada do cilindro central e no ponto de coleta E na região lateral do cilindro central, reforçando o efeito do peso molecular na mobilização deste elemento nos vegetais.

Kerbaui (2004) relata que a baixa concentração de Cu nos vegetais resulta no acúmulo de fenóis e prejuízos na lignificação, uma vez que, reduz-se a síntese de quinonas que são dependentes de enzimas que contém Cu. Nota-se no trabalho que o menor acúmulo de Cu, observado nos rizomas de plantas em BDA, reflete no maior acúmulo tanto de fenóis totais (tabela 02 e figura 07, página 38), quanto de flavonóides totais (tabela 03 e figura 08, páginas 39 e 40), resultados este que corroboram com os autores.

O Cu, segundo Pasqual et al. (1997) faz parte da constituição de enzimas como por exemplo a PPO, POD's, fenolase e tirosinase. Kerbaudy (2004) e Taiz & Zeiger (2004) descrevem que a atividade de muitas enzimas oxidases são dependentes da presença de Cu e que a redução na disponibilidade deste elemento mineral resulta na queda da atividade destas enzimas.

No caso da PPO (tabela 04 e figura 09, página 41), os resultados deste trabalho demonstram que, mesmo havendo diferença significativa nos teores de Cu nos rizomas de plantas em ADA e BDA, não nota-se diferença na atividade média desta enzima. Já para IAA-oxidase (tabela 5 e figura 10, páginas 42 e 43), verifica-se que o menor acúmulo de Cu, observado neste trabalho em rizomas de plantas em BDA, reflete na maior atividade enzimática. Pode-se supor, neste caso, que a menor concentração de Cu seja resultado do uso de parte deste elemento mineral em eventos relacionados às questões enzimáticas, como síntese e atividade. Já no caso das POD's (tabela 6 e figura 11, página 44), o maior teor de Cu verificado nos rizomas de plantas em ADA acompanha a maior atividade destas enzimas neste padrão de dominância apical.

O acúmulo de fenóis nos vegetais, resultante dentre outros fatores da baixa concentração de Cu, pode levar à redução na atividade do IAA-oxidase, fazendo com que aumente a possibilidade de acúmulo de IAA, fato este caracterizado pela baixa ou total paralisação da degradação enzimaticamente deste hormônio (KERBAUY, 2004, TAIZ & ZEIGER, 2004).

Tem-se neste trabalho, que o menor acúmulo de Cu reflete na maior concentração de IAA (tabela 01 e figura 06, páginas 36 e 37) nos rizomas de plantas em BDA, corroborando com as referências citadas. Por outro lado a maior presença de Cu observada nos rizomas de plantas em ADA reflete no menor acúmulo de IAA nos rizomas de plantas em ADA.

5.7.7 Zinco (Zn)

O IAA é sintetizado a partir do aminoácido triptofano e o Zn é um elemento mineral do qual este aminoácido é dependente para sua produção (TAIZ & ZEIGER,

2004). Assim, o Zn pode ser considerado um elemento mineral chave no evento de dominância apical, pela sua participação direta na produção do IAA.

A maior concentração de Zn nos rizomas de plantas em BDA coincide com o maior teor de IAA endógeno (tabela 01 e figura 06, páginas 36 e 37), também neste padrão de dominância apical, respaldando a citação dos autores.

Chama-se atenção para o gradiente de concentração basípeto observado entre os pontos A, B e C. Nele nota-se, nas duas situações de dominância apical (ADA e BDA), que próximo ao local de síntese do IAA (ponto de coleta A), a concentração deste elemento é significativamente superior àsquelas observadas nos pontos abaixo, B e C. Isso reforça a participação deste elemento na biossíntese do IAA, cujo principal local se dá nos meristemas apicais (TAIZ & ZEIGER, 2004, KERBAUY, 2004).

Tanto na quantificação endógena do Zn, quanto do IAA, percebe-se diferença significativa a favor dos valores médios obtidos nos rizomas de plantas em BDA. Pode-se supor que, por possuírem maior número de brotos laterais e, conseqüentemente mais locais de biossíntese de IAA, os rizomas de plantas em BDA apresentam concentrações mais elevadas de Zn para uso na rota de produção do triptofano.

Walmsley & Twyford (1976) afirmaram que o Zn acumula-se em maior quantidade nos tecidos mais jovens, especialmente nos meristemáticos e folhas não emergidas na fase vegetativa, citando ainda seu envolvimento na síntese de percussores do IAA.

Tanto nos rizomas de plantas em ADA, quanto nos rizomas de plantas em BDA, os teores endógenos de Zn apresentam-se significativamente superiores no ponto de coleta A (região apical do cilindro central), confirmando o descrito pelos autores.

De acordo com Taiz & Zeiger (2004) e Kerbauy (2004), poucas enzimas contém Zn em sua estrutura molecular, porém muitas são aquelas ativadas por este elemento, seja por funções de acoplamento da enzima ao substrato ou pelo efeito na conformação da molécula. Segundo Malavolta et al. (1989), a baixa disponibilidade de Zn pode causar aumento na atividade da PPO e também das POD's.

No caso da atividade das POD's (tabela 06 e figura 11, página 44), este padrão é confirmado, uma vez que nos rizomas de plantas em ADA percebe-se os menores teores de Zn disponíveis, porém maior atividade média das POD's. Já no comparativo

com a atividade da PPO (tabela 04 e figura 09, página 41), o Zn parece não influenciar, já que a atividade difere significativamente entre os diferentes estágios de dominância apical.

Pelo envolvimento do Zn no metabolismo enzimático, variações na disponibilidade deste elemento nos vegetais podem acarretar mudanças também no metabolismo de carboidratos, proteínas e AX's (KERBAUY, 2004), influenciando desta forma, o acúmulo destes produtos nos vegetais.

Assim, nota-se que o menor conteúdo de Zn, observado nos rizomas de plantas em ADA, acompanha o menor teor de ART's (tabela 07 e figura 12, páginas 45 e 46) e AST's (tabela 08 e figura 13, página 47). Por outro lado, tanto amido (tabela 10 e figura 15, página 50), quanto glicose (tabela 09 e figura 14, páginas 48 e 49), apresentam concentrações médias maiores nos rizomas de plantas em ADA, mesmo estando os teores de Zn mais baixos que nos rizomas de plantas em BDA, o que representa resultado oposto à referência citada. Pode-se supor que a diferença, para menos, no teor de Zn observado nos rizomas de plantas em ADA, seja resultado do uso de parte deste elemento nos eventos metabólicos enzimáticos necessários neste padrão de dominância apical.

No caso da relação entre Zn e metabolismo de proteínas observa-se que, enquanto os teores médios de PTNS's (tabela 12 e figura 17, página 53) acompanham a tendência dos teores de Zn, apresentando-se maiores nos rizomas de plantas em BDA, os teores médios de PTN's (tabela 11 e figura 16, páginas 51 e 52) demonstram-se inversamente proporcionais, ou seja, mais concentrados nos rizomas de plantas em ADA, justamente onde estão menores os teores de Zn. Dessa forma, a influência do Zn no metabolismo das proteínas, conforme proposto pelos autores, parece variar conforme o padrão de proteína analisada.

A concentração média de IAA (tabela 01 e figura 06, páginas 36 e 37) apresenta-se maior nos rizomas de plantas em BDA, coincidindo com o teor médio de Zn, maior também nesta situação de dominância apical. Assim pode-se supor que a presença de Zn favorece, de alguma forma, o metabolismo de síntese deste hormônio, corroborando com os autores.

5.7.8 Manganês (Mn)

De acordo com Magalhães (2002), o Mn nas plantas é um co-fator e ativador de muitas enzimas, participando desta forma, de uma série de processos metabólicos. O autor também afirma que em concentrações mais elevadas de Mn podem ocorrer formação de radicais livres, causando assim, alterações em atividades metabólicas (absorção e distribuição de outros nutrientes) e indução na ativação de processos antioxidativos, por meio de alterações na atividade de enzimas. Ainda ressaltam que um dos mecanismos de defesa das plantas contra qualquer tipo de estresse se baseia na atividade enzimática, destacando as POD's, que podem sofrer influência das concentrações de Mn disponíveis. Foy (1984) afirma que a atividade enzimática pode variar conforme a concentração de Mn presente nos órgãos e tecidos do vegetal. Também Malavolta et al. (1989) afirmaram que o Mn é considerado um cofator e ativador de enzimas oxidases.

Em relação aos efeitos do Mn sobre atividades enzimáticas, percebe-se que o maior acúmulo deste elemento nos rizomas de plantas em ADA, coincide com maior atividade das POD's (tabela 06 e figura 11, página 44) também neste padrão de rizoma. Por outro lado, a atividade do IAA-oxidase (tabela 05 e figura 10, páginas 42 e 43) está maior nos rizomas de plantas em BDA, justamente onde apresentam-se inferiores os teores de Mn, contrário à descrição referenciada. Sobre a atividade da PPO (tabela 04 e figura 09, página 41), os teores de Mn, diferentes nos padrões de dominância apical ADA e BDA, parecem não ter efeito, uma vez que não se observa diferença na atividade desta enzima.

Kerbaui (2004) afirma que o Mn é um ativador enzimático, importante na biossíntese metabólica de compostos secundários, dentre eles os flavonóides e o IAA. Ressalta ainda que em situação de baixa disponibilidade deste elemento mineral, reduz-se também a concentração destas substâncias. Também Malavolta et al. (1989), afirmam que o Mn é considerado um cofator e ativador de enzimas oxidases, relacionam ainda este elemento mineral com o controle hormonal e síntese de proteínas.

Nota-se que o maior teor médio de flavonóides (tabela 03 e figura 08, páginas 39 e 40) é visto nos rizomas de plantas em BDA, enquanto que o maior teor médio de Mn encontra-se nos rizomas de plantas em ADA. A princípio pode-se sugerir que a menor concentração deste elemento mineral nos rizomas de plantas em BDA seja resultado do uso de

parte deste, como cofator enzimático, na biossíntese de fenóis, os quais mostram maior concentração neste padrão de dominância apical.

O teor médio de IAA endógeno (tabela 01 e figura 06, páginas 36 e 37) por sua vez, apresenta-se mais concentrado nos rizomas de plantas em BDA, rizomas estes, que em média estão com menores teores de Mn. Da mesma forma, corroborando com a citação, pode-se supor que parte do Mn seja utilizada no metabolismo enzimático para biossíntese de IAA, justificando o baixo acúmulo deste elemento e, conseqüentemente, maior concentração do hormônio neste padrão de dominância apical.

Na possível relação entre disponibilidade de Mn e síntese de proteínas, observa-se que o maior teor deste elemento acompanha a maior concentração de PTN's (tabela 11 e figura 16, páginas 51 e 52) nos rizomas de plantas em ADA. Por outro lado, observando-se os teores de PTNS's (tabela 12 e figura 17, página 53), tem-se que estas encontram-se mais concentradas nos rizomas de plantas em BDA, enquanto que neste padrão de dominância apical os teores de Mn estão menores. Para este caso, supõe-se que a menor concentração deste elemento seja reflexo do uso para síntese protéica (PTNS's) nos rizomas de plantas em BDA.

5.7.9 Ferro (Fe)

De acordo com Kerbaudy (2004), Taiz & Zeiger (2004) e Utino et al. (2001), o Fe está presente na constituição das POD's, dentre outras, sendo que na baixa disponibilidade deste elemento mineral, reduz-se igualmente a atividade enzimática.

Comparando-se os teores de Fe com a atividade das POD's (tabela 06 e figura 11, página 44), observa-se que as médias gerais estão maiores, para ambos os casos, nos rizomas de plantas em ADA, demonstrando que a maior disponibilidade deste mineral pode ter contribuído para a maior atividade da enzima, reforçando a descrição dos autores citados.

5.7.10 Boro (B)

De acordo com Goldbach et al. (2001), mesmo ainda não sendo totalmente esclarecidos os processos, percebe-se que alterações nos conteúdos de B disponíveis na planta podem resultar em modificações significativas no metabolismo de síntese de proteínas, síntese e transporte de carboidratos e reguladores vegetais (principalmente do IAA), síntese e metabolismo de compostos fenólicos, dentre outros.

Nota-se, em relação ao conteúdo endógeno de proteínas, que o B acompanha o padrão de distribuição das PTN's (tabela 11 e figura 16, páginas 51 e 52), estando em maior concentração média nos rizomas de plantas em ADA. Já as PTNS's totais (tabela 12 e figura 17, página 53) apresentam-se mais concentradas nos rizomas de plantas em BDA. Dessa forma pode-se supor que, no caso da bananeira, quanto maior a disponibilidade de B, maior a capacidade de síntese protéica. A falta de B pode inibir RNA, aumentando RNase.

Relacionando-se os resultados dos carboidratos com os de B, percebe-se que o maior conteúdo de B, observado nos rizomas de plantas em ADA, acompanha o maior teor de glicose (tabela 09 e figura 14, páginas 48 e 49) e amido (tabela 10 e figura 15, página 50). Por outro lado, tanto ART's (tabela 07 e figura 12, páginas 45 e 46), quanto AST's (tabela 08 e figura 13, página 47), apresentam concentrações médias maiores nos rizomas de plantas em BDA, mesmo estando os teores de B mais baixos neste padrão de dominância apical. Sendo assim, supõe-se que a presença de B em maior quantidade nos tecidos vegetais pode contribuir positivamente, no caso da bananeira, para a síntese e transporte de glicose e amido.

O B, segundo Li et al. (2000) e Goldbach et al. (2001), tem participação efetiva também na translocação basípeta do IAA, sendo que concentrações reduzidas ou nulas deste elemento mineral fazem com que o transporte deste hormônio seja afetado negativamente, uma vez que este elemento ativa ATPases e também excreção de prótons transmembrana.

Percebe-se, neste caso, que os conteúdos de B encontram-se, em média, maiores nos rizomas de plantas em ADA e os conteúdos de IAA, em média, maiores nos rizomas de plantas em BDA. Pode-se supor que a menor concentração observada de B nos

rizomas de plantas em BDA seja reflexo do uso deste elemento na síntese e /ou transporte do IAA.

Lovatt (1985) sugeriu que os locais que concentram tecidos apicais desenvolveram ao longo da evolução, dependência ao B para alguns aspectos no metabolismo dos meristemas. Já os estudos de Loomis & Durst (1992) determinaram que a exigência por B, em termos de quantidade, é maior para o crescimento reprodutivo do que para o crescimento vegetativo, porém essencial em ambos os casos.

Observando-se os resultados deste trabalho, nota-se que o maior acúmulo de B se dá na região apical do cilindro central dos rizomas, tanto de plantas em ADA, quando de plantas em BDA, justamente o ponto de coleta próximo ao meristema, corroborando com a referência citada.

O B parece influenciar significativamente com síntese e metabolismo de compostos fenólicos (GOLDBACH et al., 2001). Para Kerbauy (2004) e Taiz & Zeiger (2004) este elemento mineral possui funções importantes que se baseiam na sua deficiência. Assim, reduzidas concentrações deste elemento podem causar acúmulo de alguns compostos fenólicos por terem participação no seu metabolismo. Secundariamente, este acúmulo de fenóis diminui o nível de IAA difusível. Blevins & Lukaszewski (1998) observaram que várias enzimas são ativadas em situações de deficiência ou redução nas concentrações de B disponíveis, dentre elas a PPO. A ativação desta e de outras enzimas, pela redução nas concentrações de B, podem alterar severamente o metabolismo vegetal e nisso, por exemplo, incrementar a síntese de fenóis.

Observando-se os resultados de B, mesmo apresentando uma diferença pequena nos teores, tem-se maior valor médio nos rizomas de plantas em ADA. Neste padrão de dominância apical percebe-se que tanto os compostos fenólicos (fenóis e flavonóides) (tabelas 02 e 03 e figuras 08 e 09, respectivamente), quanto o IAA endógeno (tabela 01 e figura 06, páginas 36 e 37), apresentam menores teores quando comparados aos valores observados nos rizomas de plantas em BDA, onde a disponibilidade de B está menor. Já no comparativo com a atividade da PPO (tabela 04 e figura 09, página 41), o B parece não influenciar significativamente, já que a atividade desta enzima não apresenta diferença significativa entre os diferentes estágios de dominância apical (ADA e BDA).

Lovatt & Dugger (1984) postularam que o B poderia estar envolvido em inúmeras rotas metabólicas e que atuariam na regulação de processos metabólicos similares para reguladores vegetais. Blevins & Lukaszewski (1998) confirmaram este envolvimento ao mensurar incremento na taxa de IAA oxidado em raízes deficientes em B, onde a redução na disponibilidade de B aumentou a atividade do IAA-oxidase, sugerindo que este elemento possui interação com cofatores de IAA-oxidase. Segundo Jarvis et al. (1984), o B participa da regulação dos níveis de IAA através da participação na ativação do sistema enzimático IAA-oxidase e, dessa forma, afetando processos morfogênicos como, por exemplo, do enraizamento. Já Kersten (1990), verificou que a disponibilização de B melhorou o enraizamento de estacas de ameixeira (*Prunus salicina*) por terem participado do aumento nos teores de triptofano, conhecidos precursores do IAA (TAIZ & ZEIGER, 2004). A redução nos teores de B nos vegetais pode causar inibição da síntese de lignina, estimulando desta forma, a atividade do IAA-oxidase, podendo levar à redução nas concentrações de IAA (KERBAUY, 2004; TAIZ & ZEIGER, 2004).

Neste caso, percebe-se que a menor concentração de B, observada nos rizomas de plantas em BDA, pode ter contribuído para a maior atividade do IAA-oxidase (tabela 05 e figura 10, páginas 42 e 43) verificada neste padrão de dominância apical e, assim, confirmando e respaldando as referências citadas.

5.8 Dominância apical e o potencial hidrogeniônico (pH)

O pH do meio possui influência direta em vários eventos bioquímicos e fisiológicos nos vegetais. Sobre a atividade e síntese enzimática, pode ser o sinalizador para que ocorra ou não determinado evento metabólico. Assim, pode influenciar processos de crescimento, divisão e especialização celular (TAIZ & ZEIGER, 2004). Extremos de pH podem desnaturar determinadas proteínas e além disso, existem valores de pH específicos para a ação de enzimas.

Analisando-se os resultados do pH médio e comparando-se aos da atividade do IAA-oxidase (tabela 05 e figura 10, páginas 42 e 43), observa-se relação inversa significativa no padrão de influência. Com o pH médio mais elevado nos rizomas de plantas

em ADA, nota-se que a atividade do IAA-oxidase encontra-se significativamente reduzido, ao passo que nos rizomas de plantas em BDA o pH está menor e a atividade enzimática significativamente superior. Pode-se supor que a média de pH girando em 6,34 tenha sido um dos fatores que contribuem para o aumento na atividade do IAA-oxidase.

Já os resultados referentes à atividade média das POD's (tabela 06 e figura 11, página 44), acompanham os resultados do pH. Dessa forma, tem-se que nos rizomas de plantas em BDA, onde o pH médio apresenta-se menor, também a atividade destas enzimas se mostra reduzida, enquanto que nos rizomas de plantas em ADA tanto o pH, quanto a atividade das POD's, mostram-se maiores, provavelmente por afetar a cinética enzimática.

No caso da PPO (tabela 04 e figura 09, página 41), o pH parece não ter influência significativa, já que observando-se os resultados da atividade desta enzima não se nota diferença significativa entre os padrões de dominância apical (ADA e BDA). No entanto, percebe-se que, tanto em rizomas de plantas em ADA, como nos rizomas de plantas em BDA, uma possível relação entre o aumento da atividade da PPO na região próxima ao meristema apical (ponto de coleta A), com a redução no valor do pH.

Ácidos e açúcares possuem forte influência no pH, podendo alterar significativamente conforme a concentração presente, tendendo sempre tornar menor o pH por liberarem prótons no meio (LEHNINGER et al., 2002).

Nota-se que os maiores acúmulos médios de IAA endógeno (tabela 01 e figura 06, páginas 36 e 37), AST's (tabela 08 e figura 13, página 47) e ART's (tabela 07 e figura 12, páginas 45 e 46) estão presentes nos rizomas de plantas em BDA, justamente no padrão de dominância apical onde o valor de pH esta menor, corroborando com o autor citado.

5.9 Dominância apical e a partição e alocação de recursos

A maioria dos trabalhos que apresenta e discute resultados sobre a partição e alocação de recursos, referem-se, principalmente, aos fotoassimilados e também aos nutrientes minerais. Este trabalho é pioneiro ao relacionar partição e distribuição de substâncias, não só oriundas de fotoassimilados e também dos nutrientes minerais, mas de outros produtos e atividade enzimática com a dominância apical em bananeira.

Tecidos que são fontes, tais como folhas, são caracterizados pela produção e transporte, por exemplo, de carboidratos para os tecidos drenos, tais como flores, raízes, frutos (ROITSCH & EHNEB, 2000). De acordo com Wardlaw (1990), os controles que frequentemente regulam a partição dos produtos oriundos da síntese nos tecidos fontes ainda são pouco compreendidos e descritos, mesmo havendo um número significativo de informações sobre processos individuais como fotossíntese, metabolismo de açúcares, translocação e expansão celular, dentre outros. O fornecimento, por exemplo de fotoassimilados, pode afetar o grau de competição entre os drenos conforme o número de brotos laterais presentes nas plantas (SUZUKI, 2005).

Neste sentido pode-se supor que nos rizomas de plantas em BDA, por consequência do maior número de brotos laterais (drenos) presentes, a competição pelos produtos seja maior, não apenas por aqueles oriundos da fotossíntese, mas também pelos advindos da absorção mineral e de outras rotas de síntese, além das enzimas.

Analisando-se os resultados deste trabalho, nota-se que a partição e alocação de todos os parâmetros analisados comportam-se distintamente, em alguns casos obedecendo a certo padrão, conforme estado de dominância apical ao qual a planta se encontra.

Em geral, nota-se um equilíbrio parcial na distribuição média, uma vez que dos 23 parâmetros analisados, 12 deles apresentam-se significativamente superiores nos rizomas de plantas em ADA (POD's, glicose, amido, PTN's, PUT, N, Ca, Mg, Cu, Mn, Fe e B), 10 nos rizomas de plantas em BDA (IAA, fenóis totais, flavonóides totais, IAA-oxidase, ART's, AST's, PTNS's, P, K e Zn) e apenas um, a atividade da PPO, não difere significativamente na média geral entre os dois padrões de dominância apical estudados.

Notam-se gradientes decrescentes de concentração e /ou atividade entre o ápice e a base, região centralizada do cilindro central, entre os pontos de coleta A, B e C, para a maioria dos parâmetros analisados neste trabalho, tanto nos rizomas de plantas em ADA, quanto nos rizomas de plantas em BDA. Nos rizomas de plantas em ADA observa-se este padrão em: fenóis totais, ART's, AST's, PTN's, PTNS's, POD's, PUT, N, P, K, Ca, Zn, Mn, Fe, B e PPO, nos rizomas de plantas em BDA, observam-se este padrão de distribuição e alocação em: IAA, ART's, glicose, amido, PUT, P, K, Zn, Fe, PPO e POD's.

Na região lateral do cilindro central, entre os pontos de coleta D e E, percebe-se que para a maioria dos parâmetros analisados neste trabalho não há diferença significativa entre os teores endógenos ou atividades enzimáticas. Em rizomas e plantas em ADA observa-se superioridade significativa para o ponto de coleta D em PTN's, PTNS's, N, P, Ca, Mg, Zn e Mn enquanto que o ponto de coleta E apresenta-se significativamente superior em IAA, glicose, amido, PUT, Cu e IAA-oxidase. Em rizomas de plantas em BDA o ponto de coleta D mostra-se significativamente maior em IAA, PTNS's, PUT, K, Ca, Mn, B e IAA-oxidase, enquanto o ponto de coleta E supera significativamente em Mg, Cu e Zn.

Para Minchin & Thorpe (1996), ao longo do tempo, a partição de carboidratos pode ser alterada pelo aumento do número de drenos presentes e, portanto, diminuição na quantidade total de carboidratos disponíveis para a translocação aos órgãos dreno, caso não ocorra o desenvolvimento de novos órgãos fonte.

Assim, pode-se supor que a partir do momento em que a planta de bananeira inicie a transição da condição de ADA para a de BDA, a partição, não só de carboidratos, mas também de todos os demais produtos já citados e, dentre estes, muitos analisados neste trabalho, sofre influência significativa e com isso criam-se condições para o desenvolvimento e crescimento dos novos brotos laterais. Em um primeiro momento, ou seja, até que os novos brotos laterais (drenos) criem estruturas (fontes) próprias para sintetizarem parte dos produtos necessários ao seu contínuo desenvolvimento e crescimento, a dependência será para com os recursos translocados da planta matriz. A partir do momento em que os brotos laterais estejam completamente formados, com folhas e raízes funcionais, a dependência para com os recursos advindos da planta matriz reduz até o ponto de não mais existir, tornando-se uma nova matriz independente.

Ho (1988) afirma que num primeiro momento, a partição de assimilados é regulada pelos drenos e que estes poderiam ser divididos em drenos de utilização e drenos de estocagem. Os meristemas, raízes em crescimento e folhas em desenvolvimento, por exemplo, importam assimilados, principalmente, para o catabolismo para sustentar o crescimento e o desenvolvimento do respectivo órgão, constituem, portanto, o dreno de utilização. Outros órgãos como tubérculos em crescimento, raízes tuberosas, sementes e frutos, cuja função primária é estocar os recursos, seriam os drenos de estocagem.

Baseando-se nesta descrição e ampliando o conceito não só para os fotoassimilados, pode-se supor que o rizoma da bananeira, analisando-o como um todo, funcione tanto como dreno de utilização, como dreno de estocagem de recursos. Os pontos de coleta A, D e E podem ser chamados de drenos de utilização, uma vez que nestas regiões estariam presentes meristemas ativos (planta matriz e brotos laterais) e raízes em desenvolvimento. Já os pontos de coleta B e C podem representar os drenos de estocagem, ou mesmo, supor que estes servem apenas como rota de translocação para que os recursos cheguem aos drenos de utilização.

De acordo com Suzuki (2005), os fotoassimilados são particionados em um órgão dreno, principalmente, de acordo com a taxa de crescimento, mas até do que pelo seu tamanho. Com elevada intensidade do dreno em um órgão, a taxa de crescimento igualmente será maior e, provavelmente, o tamanho também aumentará. O autor afirma ainda que a relação entre intensidade e tamanho do dreno é freqüentemente relatada, porém o tamanho do dreno não está necessariamente relacionado à intensidade deste.

Assim, pode-se entender porque nem todos os parâmetros analisados neste trabalho encontram-se mais acumulados ou intensificados nos rizomas de plantas em BDA. Neste padrão de dominância (BDA) percebe-se que, não só em tamanho, mas também números de drenos se sobressaem àqueles presentes nos rizomas de plantas em ADA. Neste sentido, a intensidade dos drenos, sejam eles sob a ótica dos diferentes pontos de coleta (em especial os pontos A, D e E), ou mesmo entre os rizomas, estando eles sob diferentes padrões de dominância apical (ADA e BDA), reflete nos resultados de acúmulo de produtos e/ou atividade enzimática maior ou menor neste trabalho.

6 Resumo de resultados

Os teores endógenos de IAA, compostos fenólicos (fenóis totais e flavonóides totais), carboidratos (ART's, AST's, glicose e amido), proteínas (PTN's, PTNS's), poliamina PUT, nutrientes minerais (N,P,K, Ca, Mg, Cu, Zn, Mn, Fe e Bo) e também a atividade das enzimas PPO, IAA-oxidase e POD's, além do pH dos tecidos, variam significativamente conforme o grau de domínio apical em rizomas de bananeira;

Rizomas de plantas de bananeira em ADA acumulam, em geral, mais glicose, amido, PTN's, PUT, N, Ca, Mg, Cu, Mn, Fe e Bo e apresentam maior atividade de POD's;

Rizomas de plantas de bananeira em BDA acumulam, em geral, mais IAA, fenóis totais, flavonóides totais, ART's, AST's, PTNS's, P, K e Zn e apresentam maior atividade de IAA-oxidase;

Rizomas de plantas de bananeira em ADA apresentam gradientes decrescentes de concentração, do ápice para a base, região centralizada do cilindro central, para fenóis totais, ART's, AST's, PTN's, PTNS's, PUT, N, P, K, Ca, Zn, Mn, Fe e Bo, além da atividade da PPO e POD's;

Rizomas de plantas de bananeira em BDA apresentam gradientes decrescentes de concentração, do ápice para a base, região centralizada do cilindro central, para IAA, ART's, glicose, amido, POD's, PUT, P, K, Zn, e Fe, além da atividade da PPO;

Na região lateral superior do cilindro central (ponto de coleta D), em rizoma de plantas de bananeira, acumulam-se mais PTN's, PTNS's, N, P, Ca, Mg, Zn e Mn quando esta em ADA e mais IAA, PTNS's, PUT, K, Ca, Mn e Bo, além de maior atividade do IAA-oxidase quando esta em BDA;

Na região lateral inferior do cilindro central (ponto de coleta E), em rizoma de plantas de bananeira, acumula-se mais IAA, glicose, amido, PUT e Cu, além da maior atividade do IAA-oxidase quando esta em ADA e mais Mg, Cu e Zn quando esta em BDA.

Tabela 25. Resumo de resultados: Diferenças médias entre Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA

Variáveis	ADA	BDA	Variáveis	ADA	BDA
IAA	155,97 B	368,81 A	PUT	66,32 A	20,12 B
Fenóis totais	114,41 B	209,96 A	N	4,05 A	3,10 B
Flavonóides totais	24,55 B	25,90 A	P	1,18 B	1,28 A
PPO	0,00531 NS	0,00520 NS	K	8,39 B	10,87 A
IAA-oxidase	0,1332 B	0,8074 A	Ca	2,04 A	1,75 B
ART's	1,19 B	2,50 A	Mg	4,85 A	4,024 B
AST's	2,46 B	4,88 A	Cu	18,80 A	11,20 B
Glicose	1,72 A	0,21 B	Zn	41,20 B	45,76 A
Amido	1,55 A	0,19 B	Mn	68,08 A	45,52 B
PTNS's	900,9 B	1.199,8 A	Fe	52,48 A	32,00 B
PTN's	25,31 A	19,37 B	B	10,06 A	9,05 B
POD's	0,03673 A	0,02785 B	pH	6,52 A	6,34 B

As medias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de separação de médias Scott Knott (1,0% de probabilidade).

Tabela 26. Resumo de resultados. Diferenças médias entre Alta Dominância Apical-ADA e Baixa Dominância Apical-BDA, dentro de cada ponto de coleta. (A- Região apical; B- Região central; C- Região basal; D- Região de formação de raízes e; E- Região de formação de brotos laterais).

Variáveis	Condição	Pontos de coleta				
		A	B	C	D	E
IAA	ADA	94,30 Bd	220,14 Ba	141,92 Bc	150,33 Bc	173,18 Ab
	BDA	792,87 Aa	272,01 Ac	192,18 Ad	382,39 Ab	204,60 Ad
Fenóis	ADA	194,61 Aa	136,51 Aa	66,74 Bb	80,90 Bb	93,27 Bb
	BDA	254,89 Aa	204,32 Aa	198,45 Aa	212,58 Aa	179,58 Aa
Flavonóides	ADA	24,75 Ba	24,69 Aa	24,96 Aa	24,54 Aa	23,81 Aa
	BDA	27,44 Aaa	25,81 A	25,28 Aa	25,52 Aa	25,43 Aa
PPO	ADA	0,01219 Aa	0,00430 Ab	0,002994 Ab	0,003662 Ab	0,003443 Ab
	BDA	0,00901 Ba	0,00468 Ab	0,004225 Ab	0,003847 Ab	0,004248 Ab
IAA-oxidase	ADA	0,0373 Bc	0,0337 Bc	0,1404 Bb	0,1866 Bb	0,2684 Ba
	BDA	0,5493 Ad	0,8835 Ab	0,7235 Ac	0,9937 Aa	0,8871 Ab
ART's	ADA	2,09 Ba	1,01 Bb	1,10 Ab	0,89 Ab	0,85 Bb
	BDA	6,21 Aa	2,16 Ab	1,28 Ac	1,27 Ac	1,59 Ac
AST's	ADA	4,95 Ba	2,03 Bb	2,24 Bb	1,32 Bb	1,76 Bb
	BDA	8,08 Aa	3,63 Ac	5,06 Ab	3,66 Ac	3,97 Ac
Glicose	ADA	1,85 Aa	1,70 Ab	1,89 Aa	1,41 Ac	1,78 Ab
	BDA	0,35 Ba	0,23 Bb	0,16 Bb	0,15 Bb	0,15 Bb
Amido	ADA	1,67 Aa	1,53 Ab	1,70 Aa	1,27 Ac	1,60 Ab
	BDA	0,32 Ba	0,20 Bb	0,14 Bb	0,13 Bb	0,14 Bb
PTNS's	ADA	1.055,48 Ba	959,30 Ba	733,08 Bb	1.038,67 Aa	718,37 Ab
	BDA	1.351,88 Aa	1.385,93 Aa	1.180,71 Aa	1.239,62 Aa	841,20 Ab
PTN's	ADA	35,87 Aa	22,92 Ac	19,42 Ad	30,80 Ab	17,67 Ad
	BDA	20,30 Ba	19,25 Ba	19,25 Ba	19,42 Bb	18,72 Aa
POD's	ADA	0,07968 Aa	0,0297 Ab	0,02722 Ab	0,02538 Ab	0,02164 Ab
	BDA	0,05172 Ba	0,0291 Ab	0,01059 Bcb	0,02252 A	0,02522 Ab
PUT	ADA	97,92 Aa	93,54 Ab	89,74 Ab	21,98 Ad	28,39 Ac
	BDA	25,07 Ba	22,32 Bb	19,60 Bb	26,33 Aa	7,28 Bc
N	ADA	5,74 Aa	3,66 Ac	3,10 Ad	4,92 Ab	2,82 Ad
	BDA	3,24 Ba	3,08 Ba	3,08 Aa	3,10 Ba	2,99 Aa
P	ADA	1,62 Aa	1,16 Ab	0,64 Bc	1,68 Aa	0,80 Bc
	BDA	1,48 Aa	1,27 Ab	1,15 Ab	1,21 Bb	1,30 Ab
K	ADA	15,74 Aa	8,69 Bb	4,30 Bd	6,52 Bc	6,72 Ac
	BDA	15,12 Aa	12,62 Ac	6,44 Ad	13,90 Ab	6,30 Ad
Ca	ADA	3,82 Aa	1,82 Ab	1,54 Bc	1,94 Ab	1,12 Ad
	BDA	2,10 Ba	1,62 Ab	2,02 Aa	2,10 Aa	0,93 Ac
Mg	ADA	6,72 Aa	4,92 Ac	5,62 Ab	4,02 Ad	3,00 Ae
	BDA	6,12 Ba	3,20 Bc	5,32 Ab	2,04 Bd	3,44 Ac
Cu	ADA	14,40 Ac	16,40 Ab	36,80 Aa	8,00 Ab	18,40 Ad
	BDA	10,40 Bb	10,40 Bb	16,80 Ba	6,00 Ac	12,40 Bb
Zn	ADA	138,80 Aa	30,00 Bb	12,80 Bc	16,40 Ac	8,00 Bd
	BDA	106,80 Ba	70,40 Ab	24,00 Ac	12,80 Ad	14,80 Ac
Mn	ADA	168,80 Aa	72,40 Bb	30,40 Ad	50,80 Ac	18,00 Ae
	BDA	64,80 Bb	100,00 Aa	16,00 Bd	36,40 Bc	10,40 Bd
Fe	ADA	120,00 Aa	92,00 Ab	24,00 Ac	14,40 Ad	12,00 Ad
	BDA	86,40 Ba	26,80 Bb	18,00 Ac	12,40 Ac	16,40 Ac
B	ADA	13,25 Aa	10,01 Ab	9,41 Ac	8,94 Ad	8,67 Ad
	BDA	10,87 Ba	8,63 Bc	9,67 Ab	8,48 Ac	7,58 Bd
pH	ADA	6,28 Ac	6,38 Ab	6,40 Ab	6,78 Aa	6,78 Aa
	BDA	6,30 Ab	6,40 Aa	6,42 Aa	6,15 Bc	6,42 Ba

As medias seguidas pela mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de separação de médias Scott Knott (1,0 % de probabilidade).

7 Considerações finais

Mesmo caracterizando a diferenciação endógena entre plantas de bananeira em ADA e BDA, por meio dos conteúdos de IAA, compostos fenólicos, carboidratos, PA's, proteínas e nutrientes minerais e das atividades enzimáticas das POD's, IAA-oxidase e PPO, como realizado neste trabalho, não se tem claro quais são os fatores externos que podem estar influenciando no comportamento endógeno e até que ponto e de que forma participam nos resultados obtidos. Tentativamente, pode-se dizer que os fatores externos que possivelmente influenciam o comportamento endógeno de eventos relacionados à dominância apical são, por exemplo, as variações de disponibilidade de nutrientes minerais e água, a porosidade e estruturação física do solo, a fauna, flora e suas interações complexas, os fungos, vírus, bactérias e insetos relacionados ou não à patogenicidades de plantas, tanto a nível subterrâneo quanto de superfície, a luz, temperatura, ventos e umidade relativa do ar, dentre outros. Estes fatores supostamente possuem importante e decisivo papel sobre os eventos endógenos nos vegetais, direcionando mecanismos bioquímicos e fisiológicos que controlam o metabolismo de crescimento e desenvolvimento, dentre eles o da dominância apical. Assim, pequenas variações, em qualquer um destes fatores de influência externa, podem desencadear eventos que levam à diferenciação de grupos celulares, fazendo com que a resposta morfológica, conforme o nível de sensibilidade celular estruture de forma particular cada indivíduo.

No caso da bananeira, para se entender melhor os mecanismos de controle do desenvolvimento lateral, não só a nível pontual de diferenciação de tecidos, mas também em nível temporal, necessita-se aprofundamento investigativo. Isso significa dizer que devem ser realizados estudos avançados ao longo do tempo em que uma planta de bananeira cresce e se desenvolve. Avaliar a fisiologia, bioquímica e também a anatomia desde o início do processo de divisão celular intensa e diferenciação de gemas laterais nos rizomas de bananeira. E por se tratar de uma espécie que apresenta particularidades na estrutura anatômica-morfológica, tem-se a necessidade de estabelecer estudos específicos para que se tenha melhor noção e entendimento daquilo que internamente ocorre. Na maioria dos casos relatados e com descrição de estudos mais aprofundados, tem-se como padrão aqueles que envolvem crescimento e desenvolvimento de gemas axilares e/ou florais e, portanto, possuem comportamento diferente àqueles de uma bananeira, que por sua vez possui gemas laterais em um rizoma complexo.

Sendo assim, propõe-se a realização de um modelo de experimentação onde se fixa os possíveis fatores de influência externa, padronizando as condições de crescimento e desenvolvimento de mudas/clones de bananeira, avaliando-se o comportamento da dominância apical das plantas ao longo de um tempo de cultivo pré-determinado. Desta forma se tem a possibilidade de verificar até que ponto o metabolismo endógeno dos eventos bioquímicos e fisiológicos, relacionados à dominância apical, estariam sendo influenciados pelos fatores externos.

Além disso, surge a questão sobre a condição de dominância apical em plantas de bananeira. Será que a condição de dominância apical, ADA ou BDA, é temporal ou definitiva? Dentro deste cenário, abre-se um novo campo que pode certamente conjugar fatores ambientais, genéticos e fisiológicos, nos mais variados níveis de investigação. Com o avanço da área de genética molecular, pode-se incrementar os estudos de dominância apical, aplicando-se técnicas de detecção de genes envolvidos nos processos de manutenção ou quebra de dormência de gemas, contribuindo ao entendimento do evento. Neste sentido, abre-se linhas de discussão e potenciais trabalhos que envolvam a complexa interação dos fatores envolvidos no metabolismo fisiológico e bioquímico da dominância apical com os fatores genéticos de controles específicos no desenvolvimento vegetal.

8 Conclusões

O metabolismo fisiológico da dominância apical em plantas de bananeira (*Musa acuminata* Colla) altera-se significativamente conforme o grau de domínio apical e neste sentido conclui-se que a complexidade metabólica em rizomas de plantas em BDA é significativamente superior àquelas de rizomas de plantas em ADA.

Além disso, o controle da dominância apical, em um primeiro momento, esta relacionada com o nível endógeno de IAA, definido, neste caso, pela biossíntese e catabolismo deste fitormônio. Porém, as condições fisiológicas resultantes do metabolismo dos tecidos, que incluem os níveis de carboidratos, fenóis, proteínas, PUT, nutrientes minerais e também a atividade de enzimas, nas diferentes regiões do rizoma, contribuem de forma conjunta e significativa para o controle exercido pela gema apical sobre o crescimento lateral de gemas e raízes.

Pode-se concluir ainda, que a utilização de análises bioquímicas serve como potenciais marcadores de eventos morfogênicos, apontando, no caso da dominância apical em bananeira, controle/acompanhamento sobre a formação de brotos laterais e raízes.

9 Referências bibliográficas

ABEL, S.; THEOLOGIS, A. Early genes and auxin action. **Plant Physiology**, 111(1):9-17. 1996.

ALFENAS, A. C. Extração de proteínas para a eletroforese. In: ALFENAS, A. C. **Eletroforese de isoenzimas e proteínas afins**. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa/MG, n. 2, p. 85-95, 1998.

ALLAIN, C.C.; POON, L.S.; CHAN, C.S.G.; RICHMOND, W.; FU, P.C. Enzymatic determination of total serum cholesterol. **Clinical Chemistry**, v.120, p. 470-475, 1974.

ALMEIDA, M.L., MUNDSTOCK, C.M. Light quality affects tillering on wheat when grown under competition. **Ciência Rural**, v.31, n.3, p.401-408, 2001.

ALMEIDA, M.L., MUNDSTOCK, C.M., SANGOI, L. Evocação de afilios pela qualidade da luz em plantas de trigo cultivadas em diferentes substratos. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.12, n.1, p.25-36, 2000.

ALTMAN, A., LEVIN, N. Interactions of polyamines and nitrogen nutrition in plants.

Physiology Plantarum, v.89, n.3, p. 626-672, 1993.

AMARAL, A.F.C. **Comportamento *in vitro* de explantes de matrizes de cenoura (*Dacus carota* L.) tratadas com variáveis níveis de potássio.** (Dissertação de mestrado) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 103 p., 2003.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analysis.** 16 ed. International, Gaithersburg: AOAC, Method 991, p.20, 1995.

ASPINALL, D. The control of tillering in the barley plant: I. The patter of tillering and its relation to nutrient supply. **Australian Journal Biological Science**, 14:493-505. 1961.

ASSADA, K. Ascorbate peroxidase – a hydrogen peroxide-scavenging enzyme in plants. **Physiology Plantarum**, v.85, p.235-241, 1992.

AVIGAD, G. E DEY, P.M. Carbohydrate metabolism: storage carbohydrates. **Plant Biochemistry**, pg. 143-204, Academic Press Ltd., 1997.

AWAD, A.M., JAGER, A., WESTING, L.M. Flavonoid and chlorogenic acid levels in apple fruit: characterization of variation. **Scientia Horticulture**, v.83, p.249-263, 2000.

BALLA, J.; BLAZKOVÁ, J.; REINÖHL, V.; PROCHÁZKA, S. Involvement of auxin and cytokinins in initiation of growth of isolated pea buds. **Plant Growth Regulation**, v. 38, p. 149- 156, 2002.

BANDURSKI, R.S.; COHEN, J.D.; SLOVIN, J.P.; REINECKE, D.M. Hormone biosynthesis and metabolism. In: P. J. Davies, ed., **Plant hormone. Physiology, Biochemistry and Molecular Biology**. Kluwer Academic Publishers, dorrecht, p. 39-65, 1995.

BANGERTH, F. Dominance among fruits/sinks and the search for a correlative signal. **Physiology Plantarum**, 76:608-614. 1989.

BEVERIDGE, C.A.; ROSS, J.J. E MUFFET, L.C. Branching mutant rms-2 in *Pisum sativum*. **Plant Physiologi**, v. 104, p. 953-959, 1994.

BEVERIDGE, C.A.; ROSS, J.J.; MURFET, I.C. Branching in pea. Action of genes Rms3 and Rms4. **Plant Physiology**, v. 3, p. 859-865, 1996.

BLEVINS, D.G., LUKASZEWSKI, K.M. Boron in plant structure and function. **Annual Review Plant Physiology Plant Molecular Biology**, v. 49, p. 481–500, 1998.

BOER, B.G.W. DEN; MURRAY, J.A. Triggering the cell cycle in plants. **Trends Cell Biology**, v.10, p.245-250, 2000.

BOHNSACK, C.W., ALBERT, L.S. Early effects of boron deficiency on indoleacetic acid oxidase levels of squash root tips. **Plant Physiology**, v.59, p.1047-1050, 1977.

BONHOMME, M.; RAGEAU, R.; GENDRAUD, M. ATP, ADP and NTP contents in vegetative and floral peach buds during winter: are they useful for characterizing the type of dormancy? In: VIÉMONT, J.-D.; CRABBÉ, J. (ed.). **Dormancy in plants: From whole plant behaviour to cellular control**. Cambridge: University Press, p.245-257, 2000.

BOOKER, J., SIEBERER, T., WRIGHT, W., WILLIAMSON, L., WILLETT, B., STIRNBERG, P., TURNBULL, C., SRINIVASAN, M., GODDARD, P., LEYSER, O. MAX1 encodes a cytochrome P450 family member that acts downstream of MAX3/4 to produce a carotenoid-derived branch-inhibiting hormone. **Development Cell**, v. 8, p. 443–449, 2005.

BORISJUK, L.; WALENTA, S.; WEBER, H.; MUELLER-KLIESER, W.; WOBUS, U. Highresolution histographical mapping of glucose concentrations in developing cotyledons of *Vicia faba* in relation to mitotic activity and storage processes: glucose as a possible developmental trigger. **Plant Journal**, v. 15, n. 4, p. 583-591, 1998.

BOSWELL, S.B.; NAUER, E.M.; STOREY, W.B. Axillary buds sprouting in Macadamia induced by two cytokinins and a growth inhibitor. **HortScience**, v. 16, p. 46, 1981.

BOUCHEREAU, A. et al. Analysis of amines in plant materials. **Journal of Chromatography Biology**, v. 747, p. 49-67, 2000.

BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for the qualification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding. **Analysis Biochemistry**, v.7, p.248-254. 1976.

BRENNER, M.L.; WOLLEY, D.J.; SJUT, V.; SALERNO, D. Analysis of apical dominance in relation to IAA transport. **HortScience**, v. 22, n. 5, p. 833-835, 1987.

BROWN, B.T.; FOSTER, C.; PHILLIPS, J.N.; RATTIGAN, B.M. The indirect role of 2,4-D in the maintenance of dominance in decapitated sunflower seedlings (*Helianthus annuus* L.). **Planta**, v. 146, p. 475-480, 1979.

BROWN, B.T.; PHILLIPS, J.N. The transport behaviour of the synthetic auxin 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid in decapitated seedlings of sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Australian Journal Plant Physiology**, v. 9, p. 5-13, 1982.

BUCHELI, C. S., DRY, I. B., ROBINSON, S. P. Isolation of a full-length cDNA encoding polyphenol oxidase from sugarcane, a C₄ grass. **Plant Molecular Biology**, v. 31, p. 1233-1238, 1996.

BURDON, R.H.; ALLIANGANA, D.; GILL, V. Hydrogen peroxide and the proliferation of BHK – 21 cell. **Free Radical Research**, v. 23, p. 470-486, 1995.

BURG, S.B.; BURG, E.A. Ethylene formation in pea seedlings; its relationship to the inhibition of bud growth caused by indole-3-acetic acid. **Plant Physiology**, v. 43, p.1069-1074, 1968.

BURTIN, D., MARTIN-TANGUY J., TEPFER, D. α-DL-difluoromethylornithine, a specific, irreversible inhibitor of putrescine biosynthesis, induces a phenotype in tobacco similar to that ascribed to the root-inducing, left-hand, transferred DNA of *Agrobacterium rhizogenes*. **Plant Physiology**, v. 95, p. 461-468, 1991.

CANO, M.P.; et al. Differences among Spanish and Latin-American banana cultivars: morphological, chemical and sensory characteristics. **Food Chemistry**, v.59, n.3., p.411-419,

1997

CAPALDI, F.R. **Avaliação de diferentes fontes de nitrogênio em explantes de *Cryptomeria japonica* D.Don. Elegans cultivados *in vitro* – avaliações bioquímicas e relações entre reguladores vegetais.** (Dissertação de Mestrado) Escola superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba, 65 p., 2002.

CARMI, A.; VAN STADEN, J. Role of roots in regulating the growth rate and cytokinin content in leaves. **Plant Physiology**, v. 73, p. 76-78, 1983.

CARVALHO, R.I.N. **Dinâmica da dormência e do conteúdo de carboidratos e proteínas em gemas vegetativas e ramos de um e dois anos de macieira com ou sem frio suplementar.** Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 134 p., 2001.

CARVALHO, R.I.N., ZANETTE, F., MAURER-MENESTRINA, J. Variações do conteúdo de proteínas em gemas e ramos com um e dois anos de idade de macieira durante a dormência, **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 12, n. 2, p.1 45-149, 2006.

CASIMIRO, I., BEECKMAN, T., GRAHAM, N., BHALERAO, R., ZHANG, H., CASERO, P., SANDBERG, G. & BENNETT, M. J. Dissecting Arabidopsis lateral root development. **Trends Plant Science**, v. 8, n. 4., p. 165-171, 2003.

CEREDA, M.P., DAIUTO, E.R., VILPOUX, O. Metodologia para determinação de amido: digestão ácida em microondas. Disponível em: <http://www.abam.com.br/revista/revista8/metodologia.php>, **Revista ABAM**, n. 8, 2004.

CLIFFORD, P.E. Tiller bud suppression in reproductive plants of *Lolium multiflorum* Lam. Cv. Westerwoldicum. **Annual Botanic**, v. 41, p. 605-615, 1977.

CLIFFORD, P.E.; OFFER, C.E.; PATRICK, J.W. Growth regulators have rapid effects on photosynthate unloading from seed coats of *Phaseolus vulgaris* L. **Plant Physiology**, v. 88, p. 635-637, 1986.

CLINE, M.G. Apical dominance. **Botanic Review**, v. 57, p. 318-358, 1991.

CLINE, M.G. Concepts and terminology of apical dominance. **American Journal Botanic**, v. 84, n. 8, p. 1064-1069, 1997.

CLINE, M.G. The role of hormones in apical dominance. New approaches to an old problem in plant development. **Physiology Plantarum**, v. 90, p. 230-237, 1994.

CLINE, M.G.; WESSEL, T.; IWAMURA, H. Cytokinin/auxin control of apical dominance in *Ipomoea nil*. **Plant Cell Physiology**, v. 38, n. 6, p. 659-667, 1997.

CORDEIRO, Z.J.M., MOREIRA, R.S. A Bananicultura Brasileira. Em: SOPRANO, E., et al. (Eds). **XVII Reunião Internacional ACORBAT 2006 - Bananicultura: um negócio sustentável**, ACORBAT, Joinville-SC, p. 36-47, 453 p., 2006.

CORUZZI, G., BUSH, D.R. Nitrogen and carbon nutrient and metabolite signalling in plants. **Plant Physiology**, v. 125, p. 61-64, 2001.

CRABBÉ, J.; BARNOLA, P.A. **New conceptual approach to bud dormancy in woody plants**. In: LANG, G.A. (ed.) *Plant Dormancy: Physiology, biochemistry and molecular biology*. CAB International, USA, p. 83-113, 1996.

CROXDALE, J.G. Hormones and apical dominance in the fern *Davallia*. **Journal Experimental Botanic**, v. 27, p. 801-815, 1976.

DA COSTA, N.P. et al. Método da peroxidase para identificação de cultivares de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, n. 1, v. 1, p. 89-93, 1979.

DAVIES, P.J. **Plant hormones**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1995.

DAVIS, M.H.; SIMMONS, R. Far-red light reflected from neighbouring vegetation promotes shoot elongation and accelerates flowering in spring barley plants. **Plant Cell Environmental**, v. 17, p. 829-836, 1994.

DAWSON, C. R.; MAGEE, R. J. Plant Tyrosinase (Polyphenol oxidase). In **Methods in Enzymology**; Colowick, S. P.; Kaplan, N. O.; Eds.; Academic Press; New York, vol.II, p. 817-826, 1955.

DEBIASI, C. **Efeitos de antiauxinas sobre a dominância apical em gemas de bananeira *in vitro* cvs. Grand naine (AAA), Nanicão (AAA) e Enxerto (AAB).** (Dissertação de Mestrado) Recursos Genéticos Vegetais. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 100 p., 2000.

DEBIASI, C., ZAFFARI, G.R., SALERNO, A.R., GUERRA, M.P. Correlação entre a capacidade proliferativa *in vitro* e a dominância apical *in vivo* da bananeira cvs. Grand Naine e Nanicão. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 3, p. 597-600, 2002.

DEPTA, H.; EISELE, K.H.; HERTEL, R. Specific inhibitors of auxin transport: Action on tissue segments on *in vitro* binding to membranes from maize coleoptiles. **Plant Science Letters**, v. 31, p. 181-192, 1983.

DESAI H. V. ; MEHTA A. R. . Changes in polyamine levels during shoot formation, root formation, and callus induction in cultured *Passiflora* leaf discs. **Journal of Plant Physiology**, v. 119, n. 1, p. 45-53, 1985.

DESAI, H.V., METHA, A.R. Changes in polyamine levels during shoot formation, root formation, and callus induction in cultured *Passiflora* leaf discs. **Journal of Plant Physiology**, v. 119, p. 45-53, 1985.

DINIZ, J.D.N. **Crescimento e absorção mineral em explantes de bananeira (*Musa* sp. AAB), cv. Prata anã, *in vitro*.** (Tese de Doutorado) Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, 96 p., 1997.

DIXON, R.A. Flavonoids. **Nature**, v. 411, p. 843-847, 2001.

DUBOIS, M., GILLES, K.A., HAMILTON, J.K., REBERS, P.A., SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytic Chemical Easton**, v. 28,

n. 3, p. 350-356, 1956.

EKLÖF, S., ÅSTOT, C., BLACKWELL, J., MORITZ, T., OLSSON, O., SANDBERG, G. Auxin-Cytokinin Interactions in Wild-Type and Transgenic Tobacco. **Plant Cell Physiology**, v. 38, p. 225-235, 1997.

EL HADRAMI, I.; D´AUZAC, J. Effects of growth regulators on polyamine content and preoxidase activity in *Hevea brasiliensis* callus. **Annual Botanic**, v. 69, p. 97-100, 1992.

EPSTEIN, L.; LAPORT, D.T.A. Na intramolecular linkage involving isodityrosine in extension. **Phytochemistry**, v. 23, p. 1241-1246, 1984.

FAO 2006. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Faostat database collections. Disponível em: <http://apps.fao.org/page/collections?subset=agriculture>. Acesso em: 14 de julho. 2006.

FELIPE, M.R., POZUELO, J.M. Flavonoides, isoflavonoides y salud. **Schironia**, n. 3, p. 32-40, 2004.

FERRI, M.G. **Fisiologia Vegetal**. Ed.EPU,São Paulo,SP, v. 2, 401 p., 1985.

FLEMING, A.J. The co-ordination of cell division, differentiation and morphogenesis in the shoot apical meristem: a perspective. **Journal Experimental Botanic**, v. 57, n. 1, p. 25-32, 2006.

FLETCHER, G.; DALE, J.E. Growth of tiller buds in barley: Effects of shade treatment and mineral nutrition. **Annual Botanic**, v. 38, p. 63-76, 1974.

FLORES, H.E.; GALSTON, A.W. Analysis of polyamines in higher plant by high performance liquid chromatography. **Plant Physiology**, v. 69, p. 701-706, 1982.

FOBERT, P.R., WEBB, D.T. Effects of polyamines, polyamines precursors, and polyamine biosynthetic inhibitors on somatic embryogenesis from eggplant (*Solanum melongena*) cotyledons. **Canadian Journal of Botany**, v. 66, n. 3, p. 110-115, 1988.

FOO, E., BULLIER, E., GOUSSOT, M., FOUCHER, F., RAMEAU, C., BEVERIDGE, C.A. The branching gene RAMOSUS1 mediates interactions among two novel signals and auxin in pea. **Plant Cell**, v. 17, p. 464–474, 2005.

FOSTER, K.R.; REID, D.M.; TAYLOR, J.S. Tillering and yield response to ethephon in three barley cultivars. **Crop Science**, v. 31, n. 1, p. 130-134, 1991.

FOY, C.D. Physiological effects of hydrogen, aluminium and manganese toxicities in acid soils. In ADAMS, F. (Ed.) **Soil acidity and liming**. 2.ed. Madison- American Society of Agronomy, p. 57-97, 1984.

FRANCISCO, A.A. **Ação das poliaminas na organogênese de *Colocasia esculenta* (L.) Schott**. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) Instituto de Biociência/UNESP, Botucatu-SP, 122 p., 2001.

FUGITA, H.; SYŌNO, K. Genetic analysis of the effects of polar auxin transport inhibitors on root growth in *Arabidopsis thaliana*. **Plant Cell Physiology**, v. 37, n. 8, p. 1094-1101, 1996.

GALLI, A.P. **Competição intraespecífica e o crescimento de trigo e aveia em duas épocas de cultivo**. (Dissertação de Mestrado) Programa de Pós graduação em Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, 78 p., 1996.

GALSTON, A.W., FLORES, H.E. Polyamines and planta morfogenesis. In: Slocum, R.D., FLORES, H.E. **Biochemistry and Physiology of Polyamines in Plants**, CRC Press, p. 175-186, 1991.

GALSTON, A.W., KAUR-SAWHNEY, R. Polyamines and plant cells-what's new in plant physiology. **Plant Physiology**, v. 11, p. 5-8, 1990.

GALSTON, A.W.; KAUR-SAWHNEY, R. Polyamines as endogenous growth regulators. In: DAVIES, P.J. **Plant hormones and their role in plant growth and development**. Boston: Kluwer Academic, p. 158-178, 1995.

GARCÍA, J. & MORA, I. Efecto del calcio soluble en rendimiento e incidencia de sigatoka negra y mancha de madurez en banano. Em: SOPRANO, E., et al. (Eds). **XVII Reunião Internacional ACORBAT 2006 - Bananicultura: um negócio sustentável**, ACORBAT, Joinville-SC, p. 377-378, 453p., 2006.

GASPAR, T.; PENEL, C.; CASTILHO, F.J.; GREPPIN, H. A two step control of basis and acid peroxides and its significance for growth and development. **Physiology Plantarum**, v. 64, p. 418-423, 1985.

GASPAR, T.; PENEL, C.; THORPE, T.; GREPPIN, H. **Peroxidases 1970-1980. A survey on their biochemical and physiological roles in higher plants**. Universite de Genève Press, 324 p., 1982.

GAZZARRINI, S., MCCOURT, P. Cross-talk in Plant Hormone Signalling: What Arabidopsis Mutants Are Telling Us. **Annual of Botany**, v. 91, p. 605-612, 2003.

GEORGE, E.F. **Plant Propagation by Tissue Culture. Part 1 and 2**. Exegetics Ltd., England. 1996.

GEUNS, J.M.C., SMETS, R., STRYF, T., PRINSEN, E., VALCK, R., ONCKELEN, H.V. Apical dominance in *Pss-it*-transformed tobacco. **Phytochemistry**, n. 58, p. 911-921, 2001.

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

GIBSON, S.I. Sugar and phytohormone response pathways: navigating a signalling network. **Journal Experimental Botanic**, v. 55, p. 253-264, 2004.

GONZALES, R.; SANCHEZ, R.; RODRIGUEZ, R. Ethylene in relation to protein, peroxidase and polyphenol oxidase activities during rooting in hazelnut cotyledons. **Physiology Plantarum**, v. 83, p. 611-620, 1991.

GOOLDBACH, H.E., YU, Q., WINGENDER, R., SCHULZ, M., WIMMER, M.,

FINDEKLEE, P., FRANTISEK, B. Rapid response reactions of roots to boron deprivation. **Journal Plant Nutritional Soil Science**, v. 164, p. 173-181, 2001.

GORDON, S.A.; WEBER, R.P. Colorimetric estimation of indoleacetic acid. **Plant Physiology**, v. 26, p. 192-195, 1951.

GROPPIA, M.D.; TOMARO, M.L.; BENAVIDES, M.P. Polyamines as protectors against cadmium or copper-induced oxidative damage in sunflower leaf discs. **Plant Science**, v. 161, p. 481-488, 2001.

GUOPING, Z.; JIANXING, C.; BULL, D.A. The effects of timing of N application and plant growth regulators on morphogenesis and yield formation in wheat. **Plant Growth Regulation**, v. 35, p. 239-245, 2001.

HADFI, K.; SPETH, V.; NEUHAUS, G. Auxin-induced developmental patterns in *Brassica juncea* embryos. **Comp Biology**, v. 125, n. 5, 1998.

HAHLBROCK, K.; GRISEBACH, H. Enzymatic controls in the biosynthesis of lignin and flavonoids. **Annual Review Plant Physiology**, v. 30, p. 105-136, 1979.

HARE, R.C. Indoleacetic acid oxidase. **The Botanical Review**, v. 30, p. 129-165, 1964.

HARRISON, M.A.; KAUFMAN, B.P. The role of hormone transport and metabolism in apical dominance in oats. **Botanic Gaz**, v. 145, p. 293-297, 1984.

HAUSMAN, J.F. Changes in peroxidase activity, auxin level and ethylene production during root formation by shoots raised *in vitro*. **Plant Growth Regulation**, v. 13, p. 263-268, 1993.

HEMERLY, A S.; FERREIRA, P.C.G.; VAN MONTAGU, M.; INZÉ, D. Cell Cycle control and plant morphogenesis: is there an essential link? **BioEssays**, v. 21, p. 29-37, 1999.

HO, L.C. Metabolism and compartmentation of importated sugars in sink organs in relation to sink strength. **Annual Review Plant Physiology and Molecular Biology**, v. 39, p. 355-378, 1988.

HOAGLAND, R.E. (Ed.) **Microbes and microbial products as herbicides**. Washington-Americal Chemical Society, 203 p., 1990.

HORVATH, D.P., SCHAFFER, R., WEST, M., WISMAN, E. Arabidopsis microarrays identify conserved and differentially expressed genes involved in shoot growth and development from distantly related plant species. **The Plant Journal**, v. 34, p. 125–134, 2003.

HORVATH, D.P.; ANDERSON, J.V.; CHAO, W.S.; FOLEY, M.E. Knowing when to grow: signals regulation bud dormency. **Trends Plant Science**, v. 8, n. 11, p. 534-540, 2003.

HORWITZ, H. **Official method of analysis of the association of official agricultural chemists**, 8 ed., As. Of Chem. Washington, 1995.

HOSOKAWA, Z.; SHI, L.; PRASAD, T.K.; CLINE, M.G. Apical dominance control in *Ipomoea nil*: The influence of the shoot apex, leaves and stem. **Annual Botanic**, v. 65, p. 547-556. 1990.

HUYSTEE, R.B.; CAIRNS, W.L. Progreno and prospects in the use of peroxidase to study cell development. **Phytochemistry**, v. 21, p. 1843- 1847, 1982.

IBGE 2006 - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, O Brasil Estado por Estado. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 07 junho. 2006.

ISHIKAWA, K.; KAMADA, H.; HARADA, H. Another evidence for inhibitory effect of auxin in adventitious bud formation of decaptated flax (*Linum .usitatissimum*L.) Seedlings. **Journal Plant Research**, v. 110, p. 387-392, 1997.

JABLANOVIC, M.; NESCOVIC, M. Changes in endogenous level of auxin and cytokinins in axillary buds of *Pisum sativum* L. in relation to apical dominance. **Biology Plantarum**, v. 19, p. 34-39, 1977.

JAIN, M.L.; KADKADE, P.G.; HUYSSE, P. The effect of growth regulatory chemicals on abscission and AIA-oxidizing enzyme system of dwarf bean seedlings. **Ibid**, v. 22, p. 1038-

1042, 1969.

JANG, J.; LEÓN, P.; ZHOU, L.; SHEEN, J. Hexokinase as a sugar sensor in higher plants. **Plant Cell**, v. 9, p. 5-19, 1997.

JANG, J.C.; SHEEN, J. Sugar sensing in higher plants. **Plant Cell**, v. 6, p. 1665-1679, 1994.

JARVIS, B.C.; YASMIN, S.; ALI, A.H.N.; HUNT, R. The interaction between auxin and boron in adventitious root development. **New Phytology**, v. 97, p. 197-204, 1984.

JENSEN, P.J.; ESTELLE, M. A. Characterization of the tir2, auxin transport inhibitor response mutant of arabidopsis. Em: **9th International conference on arabidopsis research**, Madison, abstract 407. 1998.

JENSEN, P.J.; HANGARTER, R.P.; ESTELLE, M.A. Affect of lighth on 1-naphthylphthalamic acid (NPA) induced inhibition of elongation in arabidopsis. **The American Society of Plant Physiology**, Abstract 229. 1997.

JEWISS, O.R. Tillering in Grasses – Its significance and control. **Journal Br Grass Science**, v. 27, p. 65-82, 1972.

JOERSBO, M. et al. Isoperoxidases as markers of somatic embryogenesis in carrot cell suspensión cultures. **Physiology Plantarum**, v. 76, p. 10-16, 1989.

KAMÍNEK, M.; MOTYKA, V.; VANKOVÁ, R. Regulation of cytokinin content in plant cells. **Physiology Plantarum**, v. 101, p. 689-700, 1997.

KAUR-SAWHNEY, R., APPLEWHITE, P.B. Endogenous protein bound polyamines: correlation with regions of cell division in tobacco leaves, internodes and ovaries. **Journal Plant Growth Regulation**, v. 12, p. 223-227, 1993.

KAY, L.E.; BASILE, D.V. Specific peroxidase isoenzymes are correlated with organogenesis. **Plant Physiology**, v. 84, p. 99-105, 1987.

KEFELI, V.I. Plant growth and photomorphogenesis. **Plant Physiology**, v. 34, p. 685-697, 1987.

KERBAUY, G. **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara, 250 p., 2004.

KERSTEN, E. **Efeito do boro, zinco e ácido indolbutírico no enraizamento de estacas de dois cultivares de macieira (*Prunus salicina*, Lindl.)**. (Tese Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP. Piracicaba, 109 p., 1990.

KIM, T.H.; KIM, B.H.; VON ARNIM, A.G. Repressors of photomorphogenesis. **International Review Cytology**, v. 220, p. 185-223, 2002.

KOCH, K.E. Sucrose metabolism: regulatory mechanisms and pivotal roles in sugar sensing and plant development. **Current Opinion Plant Biology**, v. 7, p. 235-246, 2004.

KOJIMA, K. Changes of abscisic acid, índole-3-acetic acid and gibberellin-like substances in the flowers and development fruilets of citrus cultivar “Hyuganatsu”. **Scientia Horticulturae**, v. 65, p. 263-272, 1996.

KRAEPIEL, Y.; AGNES, C.; THIERY, L.; MALDINEY, R.; MIGINIAC, E.; DELARUE, M. The growth of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) hypocotyls in the light and in darkness differentially involves auxin. **Plant Science**, v. 161, p. 1067-1074, 2001.

KUIPER, D. Sink strength: Established and regulated by plant growth regulators. **Plant Cell Environmental**, v. 16, p. 1025-1026, 1993.

KUMAR, A.; ALTABELA, T.; TAYLOR, M.A., TIBURCIO, A. F. Recent advances in polyamine research. **Trends in Plant Science Reviews**, v. 2, p. 124-130, 1997.

KURVITS, A., KIRBY, E.A. The uptake of nutrients by sunflower plants (*Heliantus annuus*) growing in a continous flowing culture system supplied with nitrete or ammonium as nitrogen source. **Zeitschrf fûr Pflanzenernâhrung und Bodenkunde**, v. 143, p. 140-149, 1980.

LAHAV, E., TURNER, D.W. **Banana nutrition**. Berne IPP (bulletin 7), 62p., 1983.

LANG, G.A.; EARLY, J.D.; MARTIN, G.C. et al. Endo-, paraand ecodormancy: physiological terminology and classification for dormancy research. **Hortscience**, v. 22, p. 371-178, 1987.

LANGER, R.H.M.; PRASAD, P.C.; LAUDE, H.M. Effects of kinetin on tiller bud elongation in wheat. **Annual Botanic**, v. 37, p. 565-571, 1973.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa Artes e textos, 531p., 2000.

LAUER, J.G. Barley tiller response to plant sensity and ethephon. **Agronomic Journal**, v. 83, n. 6, p. 968-973, 1991.

LAZAR G., GOODMAN, H.M. MAX1, a regulator of the flavonoid pathway, controls vegetative axillary bud outgrowth in Arabidopsis. **Proc. Nat. Academic Science USA**, v. 103, p. 472, 2006.

LEE, P.K.W.; KESSIER, B.; THIMANN, K.V. The effect of hadacidin on bud development and its implications for apical dominance. **Physiology Plantarum**, v. 31, p. 11-14, 1974.

LEE, T.M., CHU, C. Ethylene induced polyamine accumulation in rice (*Oryza sativa* L.) coleoptiles. **Plant Physiology**, v. 100, n. 1, p. 238-245, 1992.

LEE, T.T. Cytokinin controlled indolacetic acid oxidase isoenzymes in tobacco callus cultures. **Plant Physiology**, v. 47, p. 181-185, 1971.

LEHNINGER, A.L., NELSON, D.L., COX, M.M. **Lehninger: princípios de bioquímica**. 3.ed., 2002.

LEON, P.; SHEE, J. Sugar and hormone connections. **Trends Plant Science**, v. 8, n. 3, p. 110-116, 2003.

LEYSER, O. Regulation of shoot branching by auxin. **Trends Plant Science**, v. 8, p. 541–545, 2003.

LI, C. & WANG, G. Interactions between reactive oxygen species, ethylene and polyamines in leaves of *Glycyrrhiza inflata* seedlings under root osmotic stress. **Plant Growth Regulation**, v. 42, n. 1, p. 55-60, 2004.

LI, C., PFEFFER, H., DANIEL, F., ROMHELD, V., BANGERTH, F. Effects of boron starvation on boron compartmentation, and possibly hormone-mediated elongation growth and apical dominance of pea (*Pisum sativum*) plants. **Physiology Plantarum**, v. 111, p. 212-219, 2000.

LIMA, G.P.P. **Efeito do cálcio sobre o teor de poliaminas e atividade da peroxidase e redutase de nitrato em calos de arroz (*Oriza sativa* L. Cv. IAC 4440).** (Tese de Doutorado) Ciências Biológicas)-Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 85 p., 1994.

LIMA, G.P.P., ROCHA, S.A., TAKAKI, M. Polyamines contents in some foods from Brazilian population basic diet. **Ciência Rural**, v. 36, n. 4, p. 1294-1298, 2006.

LIMA, G.P.P.; BRASIL, O.G.; MARINHO, A.O. Poliaminas e atividade da peroxidase em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivado sob estresse salino. **Scientia Agrícola**, v. 56, p. 21-25, 1999.

LJUNG, K., HULL, A.K., KOWALCZYK, M., MARCHANT, A., CELENZA, J. COHEN, J.D., SANDBERG, G. Biosynthesis, conjugation, catabolism and homeostasis of indole-3-acetic acid in *Arabidopsis thaliana*. **Plant Molecular Biology**, v. 50, p. 309-332, 2002.

LOOMIS, W.D., DURST, R.W. Chemistry and biology of boron. **BioFactors**, n. 3, p. 229–239, 1992.

LORETI, F., MORINI, S., CONCETTI, S. Effect of potassium and nitrogen concentration of growth of peach shoots cultures in vitro. **Acta Horticulturae**, v. 222, p. 311-317, 1988.

LOVATT, C.J. Evolution of xylem resulted in a requirement for boron in the apical meristems of vascular plants. **New Phytology**, v. 99, p. 509–22, 1985.

LOVATT, C.J., DUGGER, W.M. Boron. In **The Biochemistry of the Essential Ultra Trace Elements**, ed. E Frieden, p. 389–421. New York: Plenum, 1984.

LU, C.; TSUGEKI, R.; OLSON, M.L.; FEDOROFF, N.V. HYP1, a novel gene required for auxin response in *Arabidopsis*. Em: **9th International conference on arabidopsis research**, Madison, abstract 410. 1998.

MA, B.L.; SMITH, D.L. Modification of tiller productivity in spring barley by application of chlomequat or ethephon. **Crop Science**, v. 32, n. 3, p. 735-740, 1992.

MAGALHÃES, G.C. **Análise da atividade de algumas enzimas antioxidantes em plantas de soja (*Glycine max* L. Merr.) sob níveis de manganês, em função da micorriza arbuscular.** (Dissertação de mestrado) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 102 p., 2002.

MALÁ, J., GAUDINOVÁ, A., DOBREV, P., EDER, J., CVIKROVÁ, M. Role of phytohormones in organogenic ability of elm multiplied shoots. **Biologia Plantarum**, v. 50, n. 1, p. 8-14, 2005.

MALAVOLTA, E., VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas – Princípios e aplicações.** Piracicaba – NAGY, 201 p., 1989.

MANOHARAN, K., GNAMAM, A. Growth stimulating by conditioned medium and spermidine in low-density suspension cultures of rice. **Plant Cell Physiology**, v. 33, p. 1243-1246, 1992.

MANTEDIOCA, S. **Estudo sobre o controle da brotação das gemas epífilas em *Bryophyllum calycinum*.** (Tese de Doutorado) Universidade de Campinas. Campinas-SP, 126 p., 1996.

MAPELLI, S.; LOMBARDI, L. A comparative auxin and cytokinin study in normal and to-2 instant tomato plants. **Plant & Cell Physiology**, v. 23, p. 751, 1982.

MARSCHNER, H. E CAKMAK, I.. High light intensity enhances chlorosis and necrosis in leaves of zinc, potassium, and magnesium deficient bean (*Phaseolus vulgaris*) plants. **Journal Plant Physiology**, v. 134, p. 308-315, 1989.

MARSCHNER, H. **Functions of mineral nutrients: macronutrients in mineral nutrition of higher plants**. Academic Press. 2nd Ed. 890 p., 1997.

MARTIN, G.C. Apical dominance. **HortScience**, v. 22, p. 824-833, 1987.

MARTÍNÉZ-FLÓREZ, S., GONZALES-GALEGO, J., CULEBRAS, J.M., TUÑÓL, M.J. Los flavonóides – propiedades y acciones antioxidantes. **Nutrición Hospitalar**, v. 6, p. 271-278, 2002.

MARTINEZ-MADRID, M.C., SERRANO, M., RIQUELME, F., ROMOJARO, F. Polyamines, abscisic acid and ethylene production in tomato fruit. **Phytochemistry**, v. 43, n. 2., p. 323-326, 1996.

MARTIN-TANGUY, J., MARTIN, C., PAYTON, M., ROSSIN, N. Effect of hormone treatment on growth bud formation and free amine and Hydroxycinnamoyl putrescine levels in leaf explant of *Nicotiana tabacum* cultivated in vitro. **Plant Physiology**, v. 88, n. 3., p. 600-6004, 1988.

MASCHNER, H. **Functions of mineral nutrients: Macronutrients in Mineral Nutrition of Higher Plants**. Academic Press. 890 p., 1995.

MATHESIUS, U. Flavonoids induced in cell undergoing nodule organogenesis in white clover are regulators of auxin breakdown by peroxidase. **Journal of Experimental Botany**, v. 52, p. 419-426, 2001.

MAZZAFERA, P., ROBINSON, S. P., Characterization of polyphenol oxidase in coffee. **Phytochemistry**, v. 55, p. 285-296, 2000.

McCALL, M.A. Developmental anatomy and homologies in wheat. **Journal Agricultural**

Research, v. 48, n. 4, p. 283-321, 1934.

McDOUGAL, G., MILLAN, S., DAVIDSON, D. Alterations in surface associated peroxidases during in vitro development of explants of *Linum usitatissimum*. **Plant Cell Tissue and Organs Culture**, v. 32, p. 101-107, 1993.

MDIC. 2006. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio. SECEX - Secretaria de Comércio Exterior – **Exportação Brasileira de Banana**: Acesso em: 14 de julho. 2006.

MEHTA, R.A.; CASSOL, T.; LI, N.; ALI, N.; HANDA, A.K.; MATOO, A.K. Engineered polyamine accumulation in tomato enhances phytonutrient content, juice quality, and vine life. **Nature Biotechnology**, v. 20, p. 613-618, 2002.

MELIS, R.J.M. E VAN STADEN, J. Tuberization and hormones. **Pflanzenphysiology**, v. 113, p. 271-276, 1984.

MELO, G.A. **Purificação da enzima polifenoloxidase do Cafeeiro, sua relação com resistência a Pragas e o controle da síntese de seu Principal substrato, o ácido clorogênico**. (Tese doutorado) Universidade Estadual de Campinas, 108 p., 2005.

METAXAS, D.J., SYROS, T.D., YUPSANIS, T, ECONOMOU, A.S. peroxidases during adventitious rooting in cutting of *Arbutus unedo* and *Taxus baccata* as affected by plant genotype and growth regulator treatment. **Plant Growth Regulation**, v. 44, p. 257-266, 2004.

MINCHIN, P.E.H., THORPE, M.R. What determines carbon partitioning between competing sinks ? **Journal of Experimental Botanic**, v. 47, p. 1293-1296, 1996.

MOES, J.; STOBÉ, E.H. Barley treated with ethephon: II. Tillering pattern and its impact on yield. **Agronomic Journal**, v. 83, n. 1, p. 90-94, 1991.

MONCOUSIN, C., GASPAR, T.H. Peroxidase as marker for rooting improvement of *Cynara scolymus* L. cultured *in vitro*. **Biochemistry Physiology Pflanzenphysiology**, v. 178, p. 263-271, 1983.

MOORE, B.; ZHOU, L.; ROLLAND, F.; HALL, Q.; CHENG, W.-H.; LIU, Y.-X, HWANG, I.; JONES, T.; SHEEN, J. Role of the *Arabidopsis* glucose sensor HXK1 in nutrient, light, and hormonal signalling. **Science**, v. 300, p. 332-336, 2003.

MORGAN, P.W., TAYLOR, D.M., JOHAM, H.E. Manipulation of IAA oxidase activity and auxin-deficiency symptoms in intact cotton plants with manganese nutrition. **Physiology Plantarum**, v. 37, p. 149-156, 1976.

MORRIS, D.A. Incorporation of label from root-applied N^6 (8- ^{14}C) furfuryladenine into the guanine nucleotide fraction of pea bud ribonucleic acid. **Physiology Plantarum**, v. 52, p. 315-319, 1981.

MORRIS, D.A. Transport of exogenous auxin in two branched dwarf pea seedlings (*Pisum sativum* L.). **Planta**, v. 136, p. 91-96, 1977.

MORRIS, D.A.; KADIR, G.O.; BARRY, A.J. Auxin transport in intact pea seedlings (*Pisum sativum* L.): the inhibition of transport by 2,3,5-triiodobenzoic acid. **Planta**, v. 110, p. 173-182, 1973.

MORRIS, D.A.; THOMAS, A.G. A microautoradiographic study of auxin transport in the stem of intact pea seedlings (*Pisum sativum* L.). **Journal of Experimental Botanica**, v. 29, p. 147-153, 1978.

MUKHERJEE, S.P., COUDHURI, M.A. Effect of water stress on some oxidative enzymes and senescence in Vigna seedlings. **Physiology Plantarum**, v. 52, p. 32-42, 1981.

NELSON, N.A. A photometric adaptation of Somogy Method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, v. 135, p. 136-177, 1944.

NEMHAUSER, J. E CHORY, J. **Photomorphogenesis**. In: The *Arabidopsis* Book. eds. Somerville, C.R.; Meyerowitz, E.M. American Society of Plant Biologists. Rockville, M.D. <http://www.aspb.org/publications/arabidopsis>, 2002.

NEVES, C., SANTOS, H., VILAS-BOAS, L., AMANCIO, S. Involvement of free and conjugated polyamines and free amino acids in the adventitious rooting of micropropagated cork oak and grapevine shoots. **Plant Physiology Biochemistry**, v. 40, p. 1071-1080, 2002.

NIEDERGANG-KAMIEN, E.; LEOPOLD, A.C. Inhibitors of polar auxin transport. **Physiology Plantarum**, v. 10, p. 29-38, 1957.

NORDSTROM, A.; TARKOWSKI, P.; TARKOWSKA, D.; NORBAEK, R.; ASTOT, C.; DOLEZAL, K.; SANDBERG, G. Auxin regulation of cytokinin biosynthesis in *Arabidopsis thaliana*: a factor of potencial importance for auxin-cytokinin-regulated development. **Proc Nat Academic Science USA**, v. 101, n. 21, p. 8039-8044, 2004.

O. Manes, C.-L., Beeckman, T., Ritsema, T., Van Montagu, M., Goethals, K. and Holsters, M. Phenotypic alterations in *Arabidopsis thaliana* plants caused by *Rhodococcus fascians* infection. **Journal Plant Research**, v. 117, p. 139–145, 2004.

OLIVEIRA JÚNIOR, C.J.F. **Organogênese em Eucalyptus**. (Tese de Doutorado) Ciências biológicas/Botânica, Intituto de Biociências, UNESP, Botucatu-SP, 107 p., 1996.

PALMER, C.E. E SMITH, O.E. Effect of kinetin on tuber formation in isolated stolons of *Solanum tuberosum* L. **Plant Cell Physiology**, v. 11, p. 303-307, 1970.

PARRA, L.F., DÍAZ, A.C., MIRA, J.J., CAYON, G. Respuesta en desarrollo y rendimiento de banano (*Musa AAA simmonds*) a la aplicación de cálcio. Em: SOPRANO, E., et al. (Eds). **XVII Reunião Internacional ACORBAT 2006 - Bananicultura: um negócio sustentável**, ACORBAT, Joinville-SC, p. 370-371, 453 p., 2006.

PASCHALIDIS, K.A. & ROUBELAKIS-ANGELAKIS, K.A. Spatial and Temporal Distribution of Polyamine Levels and Polyamine Anabolism in Different Organs/Tissues of the Tobacco Plant. Correlations with Age, Cell Division/Expansion, and Differentiation, **Plant Physiology**, v. 138, p. 142–152, 2005.

PASQUAL , M.; HOFFMANN, A.; RAMOS, J.D. **Cultura de tecidos vegetais: tecnologia e**

aplicação. Lavras: UFLA, 159 p., 1997.

PETERSON, C.M.; KLEPPER, B.; RICKMAN, R.W. Tiller development at the coleoptilar node in winter wheat. **Agronomic Journal**, v. 74, n. 5., p. 781-784, 1982.

PETRI, J.L.; PALLADINI, L.A.; SCHUCK, E. et al. **Dormência e indução da brotação de fruteiras de clima temperado.** (Boletim Técnico, 75) Florianópolis: EPAGRI, 110 p., 1996.

PHILLIPS, R.; HENSHAW, G.C. The regulation of synthesis of phenolic in stationary phase cell cultures of *Acer pseudoplatanus*. **Journal of Experimental Botanic**, v. 35, p. 108-114, 1997.

PRASSAD, T.K.; HOSOKAWA, Z.; CLINE, M.G. Effects of auxin, auxin-transport inhibition and mineral nutrients on apical dominance in *Pharbitis nil*. **Journal Plant Physiology**, v. 135, p. 472-477, 1989.

PROCHÁZKA, S. Transport of benzyl-8- ¹⁴C-adenine in pea seedlings in relation to stem apical dominance. **Biologia Plantarum**, v. 23, p. 68-71, 1981.

PROCHÁZKA, S.; JACOBS, W.P. Transport of benzyladenine and gibberellin acid from roots in relation to the dominance between axillary buds of pea (*Pisum sativum* L.) cotyledons. **Plant Physiology**, v. 76, p. 224-227, 1984.

PUROHIT, S.D., SIGHVI, A., TAK, K.. Biochemical characteristics differentiating callus cultures of *Feronia limonia* L. **Acta Physiology Plant**, v. 18, p. 47-52, 1996.

RAMAGE, C.M.; WILLIAMS, R.R. Mineral nutrition and plant morphogenesis. **In Vitro Cell Development Biology Plant**, v. 38, p. 116-124, 2002.

RANJEVA, R.; VIDAL, J. Regulation of metabolic networks as a conceptual frame to study plant signalling: a tribute to Pierre Gadal. **Plant Physiology Biochemistry**, v. 41, p. 549- 554, 2003.

REYES, J.; HUBSTENBERGER, J.F.; PHILLIPS, G.C. Antiauxin effects on morphogenesis

in cultures of the endangered cactus *Aztekium ritteri*. **In Vitro Cell Development Biology Plant**, v. 31, n. 3, p. 52, 1995.

RODRIGUES, J.C.; DINIZ, A.C.; FACHINELLO, J.C., et al. Peroxidases activity and total phenols in the tissue rootstock of *Prunus sp.* in the vegetative development and rest periods. **Ciência Rural**, v. 32, n. 4, p. 559-564, 2002.

ROITSCH, T. E EHNEB, R. Regulation of source/sink relation by cytokinins. **Plant Growth Regulation**, v., p. 359-367, 2000.

ROITSCH, T.; EHNEB, R. Regulation of source/sink by cytokinins. **Plant Growth Regulation**, v. 32, p. 359-367, 2000.

RUBINSTEIN, B.; NAGAO, M.A. Lateral bud outgrowth and its control by the apex. **Botanic Ver.**, v. 42, p. 83-113, 1976.

SACHS, T. **Pattern formation in plant tissues**. Cambridge University Press, New York. 1991.

SACHS, T.; THIMANN, K.V. Release of lateral buds from apical dominance. **Nature**, v. 201, p. 939-940, 1964.

SACHS, T.; THIMANN, K.V. The role of auxins and cytokinins in the release of buds from dominance. **American Journal Botanic**, v. 54, p. 136-144, 1967.

SAKAKIBARA, H. CYTOKININS: Activity, Biosynthesis, and Translocation. **Annual Review of Plant Biology**, v. 57, p. 431-449, 2006.

SALEH, A.N. The effect of kinetin on the indoleacetic acid level and indoleacetic acid oxidase activity in roots young plants. **Physiology Plantarum**, v. 51, p. 399-401, 1981.

SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Plant physiology**. Waadsworth Publishing Company, Belmont, California, 682 p., 1992.

SANIEWSKI, M.; OKUBO, H. Effects of 2,3,5-triiodobenzoic acid (TIBA) on stem growth induced by indole-3-acetic acid (IAA) and naphthylacetic acid (NAA) in precooled rooted tulip bulbs. **Journal Fac Agronomic Kyushu University**, v. 43, n.1.2, p. 11-23, 1998.

SANTOS, M.D., BLATT, C.T.T. Teor de flavonóides e fenóis totais em folhas de *Pyrostegia venusta* M. de mata e de cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 21, n. 2, p. 135-140, 1998.

SAUNDERS, B.C.; SEIDLE, A.G.H.; STARK, B.P. **Peroxidase**. London: Butterworth, 1964.

SCHWALM, K., ALONI, R., LANGHANS, M., HELLER, W., STICH, S., ULLRICH, C.I. Flavonoid-related regulation of auxin accumulation in *Agrobacterium tumefaciens*-induced plant tumors. **Planta**, DOI 10.1007/500425-003-1104-6, 2003.

SETHI, V., BASU, A., MUKHERJEE, S.G. Control of cell proliferation and differentiation by regulating polyamine biosynthesis in cultures of Brassica and its correlation with glyoxalase-I activity. **Plant Science**, v. 56, n. 2, p. 167-175, 1988.

SHARIF, R.; DALE, J.E. Growth regulating substances and the growth of tiller buds in barley: Effects of cytokinins. **Journal Experimental Botanic**, v. 31, n. 123, p. 921-930, 1980.

SHIMIZU, M.M. **Polifenoloxidase como fator de resistência da soja a nematóides e na oxidação do palmito**. (Tese de Doutorado) Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Campinas, 108 p., 2004.

SIEGEL, B.Z. Plant peroxidases: an organismic perspective. **Plant Growth Regulation**, v. 12, p. 303-312, 1993.

SIMMONDS, N. W. **Los plátanos**. Barcelona, Espanha: Editorial Blume, 539 p. 1973.

SIMÓN-MATEO, C., DEPUYDT, S., OLIVEIRA MANES, C.L.O., CNUDE, F., HOLSTERS, M., GOETHALS, K., VEREECKE, D. The phytopathogen *Rhodococcus fascians* breaks apical dominance and activates axillary meristems by inducing plant genes

involved in hormone metabolism. **Molecular Plant Pathology**, v. 2, p. 103-112, 2006.

SKINNER, R.H., NELSON, C.J. Epidermal cell division and the coordination of leaf and tiller development. **Annual of Botany**, v. 74, n. 1, p. 9-15, 1994.

SKINNER, R.H.; SIMMONS, S.R. Modulation of leaf elongation, tiller appearance and tiller senescence in spring barley by far-red light. **Plant Cell Environmental**, v. 16, p. 555-562, 1993.

SKOOG, F.; MILLER, C.O. Chemical regulation of growth and organ formation in plant tissues cultured *in vitro*. **Symp Society Experimental Biology**, v. 11, p. 118-231, 1957.

SLOCUM, R.D., KAUR-SAWHNEY, R., GALSTON, A.W. The fisiology and biochemistry of polyamines in plants. **Archive Biochemistry Biophysics**, v. 235, p. 283-303, 1984.

SMEEKENS, S. Sugar-induced signal transduction in plants. **Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 51, p. 49-81, 2000.

SMITH, A.M.; ZEEMAN, S.C.; SMITH, S.M. Starch degradation. **Annual Review Plant Biology**, v. 56, p. 73-97, 2005.

SMITH, A.M.; ZEEMAN, S.C.; THORNEYCROFT, D.; SMITH, S.M. Starch mobilization in leaves. **Journal Experimental Botanic**, v. 54, p. 577-583, 2003.

SOOD, S. & NAGAR, P.K. The effect of polyamines on leaf senescence in two diverse rose species. **Plant Growth Regulation**, v. 39, n. 2, p. 155-160, 2003.

SOREFAN, K., BOOKER, J., HAUROGNE, K. et al. MAX4 and RMS1 are orthologous dioxygenase-like genes that regulate shoot branching in Arabidopsis and pea. **Genes Development**, v. 17, p. 1469–1474, 2003.

SOROKIN, H.P.; MATHUR, S.N.; THIMANN, K.V. The effects of auxins and kinetin on xylem differentiation in the pea epicotyl. **American Journal Botanic**, v. 49, n. 5, p. 444-454, 1962.

SOROKIN, H.P.; THIMANN, K.W. The histological basis for inhibition of axillary buds in *Pisum sativum* and the effects of auxins and kinetin on xylem development. **Protoplasma**, v. 59, p. 326-350, 1965.

SOSSOUNTZOV L, MALDINEY R, SOTTA B, SABBAGH I, HABRICOT Y, BONNET M, MIGINIAC E. Immunocytochemical localization of cytokinins in *Craigella* tomato and a sideshootless mutant. **Planta**, v. 175, p. 291–304, 1998.

SOUZA, B.M. **Retomada do ciclo celular induzida por variações dos teores endógenos de hormônios, açúcares e aminoácidos em primórdio de gema axilar de *Ananas comosus* L. (Merr.).** (Tese de Doutorado) - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. São Paulo, 181 p., 2006.

SOUZA, B.M., KRAUS, J.E.; ENDRES, L. MERCIER, H. Relationships between endogenous hormonal and axillary bud development of *Ananas comosus* nodal segments. **Plant Physiol. Biochem.**, v. 41, p. 733-739, 2003.

SOUZA, C.C. **Influência de poliaminas no desenvolvimento de plantas de inhame (*Dioscorea sp.*) cultivadas *in vitro*.** (Dissertação de Mestrado) Ciências Biológicas-Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 85p., 2002.

SPALDING, E.P.; FOLTA, K.M. Illuminating topics in plant photobiology. **Plant Cell and Environmental**, v. 28, p. 29-53, 2005.

SRIVASTAVA, O.P.; HUYSTEE, R.B.VAN. Evidence for close association of peroxidase, polyphenol oxidase and IAA oxidase isozymes of peanut suspension culture medium. **Canadian Journal Botanic**, v. 26, p. 2207-2215, 1973.

STAFSTROM, J.P. Regulation of growth and dormancy in pea axillary buds. In: VIÉMONT, J.-D.; CRABBÉ, J. (ed.). **Dormancy in plants:** From whole plant behaviour to cellular control. Cambridge: University Press, p. 331-346, 2000.

STALS, H.; INZÉ, D. When plant cell decide to divide? **Trends in Plant Science**, v. 6, n. 8,

p. 359-364, 2001.

STRABALA, T.J.; WU, Y.H.; LI, Y. Combined effects of auxin transport inhibitors and cytokinin: Alteration of organ development in tobacco. **Plant Cell Physiology**, v. 37, n. 8, p. 1177-1182, 1996.

SUELTER, C.H. Anzymes activated by monovalent cations. **Science**, v. 168, p. 789-795, 1970.

SUZUKI, R.M. **Efeitos da luz, fitormônios e alguns nutrientes sobre o comportamento do meristema caulinar de *Catasetum fimbriatum* (Morren) Lindl. (ORCHIDACEAE)**. (Tese de Doutorado) – Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências, Depto. de Botânica, 143 p., 2005.

SWARNAKAR, P.L., BOHRA, S.P., CHANDRA, J. Biochemical changes during growth and differentiation of the callus of *Solanum suraffense*. **Journal Plant Physiology**, v. 126, p. 75-81, 1986.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**, 3.ed., Porto Alegre: Artmed, 250 p., 2004.

TAMAS, I.A. Hormonal regulation of apical dominance. Em: DAVIES, P.J. (ed.) **Plant Hormones: Physiology, Biochemistry and Molecular Biology**. Dordrecht: Kluwer, 833 p., p.572-597, 1995.

TAMAS, I.A.; SCHLOSSBERG-JACOBS, J.; LIM, R.; FRIEDMAM, L.; BARONE, C. Effect of plant growth substances on the growth of axillary buds in cultured stem segments of *Phaseolus vulgaris* L. **Plant Growth Regulation**, v. 8, p. 165-183, 1989.

TAMURA, F.; TANABE, K.; ITAI, A. et al. Protein changes in the flower buds of Japanese pear during breaking of dormancy by chilling or high-temperature treatment. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 123, n. 4, p. 532-536, 1998.

TANAKA, M.; TAKEI, K.; KOJIMA, M.; SAKAKIBARA, H.; MORI, H. Auxin controls

local cytokinin biosynthesis in the nodal stem in apical dominance. **Plant Journal**, v. 45, p. 1028- 1036, 2006.

TATEMATSU, K., WARD, S., LEYSER, O., KAMIYA, Y., NAMBARA, E. Identification of cis-elements that regulate gene expression during initiation of axillary bud outgrowth in Arabidopsis. **Plant Physiology**, v. 138, p. 757–766, 2005.

TAVARES, A.R. **Poliaminas na micropropagação de *Aechmea dischantha* Lemaire**. (Tese Doutorado) Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP-Área Agronomia/Horticultura, 77 p., 2000.

THIMANN, K.V. **Hormone action in the whole life of plants**. University of Massachusetts Press, Amherst, 76p., 1977.

THIMANN, K.V.; SKOOG, F. Studies on the growth hormone of plants: III. The inhibiting action of the growth substance on bud development. **Proc Nat. Academic Science EUA**, v. 19, p. 714-716, 1933.

TIBURCIO, A.F.; ALTABELLA, T.; BORRELL, A.; MASGRAU, C. Polyamine metabolism and its regulation, **Physiologia Plantarum**, v. 100, p. 664–674, 1997.

TOLDI, O.; GYULAI, G.; KISS, J.; TAMÁS, I.A.; BALÁSZ, E. Antiauxin enhanced microshoot initiation and plant regeneration from epicotyl-originated thin-layer explants of sugarbeet (*Beta vulgaris* L.). **Plant Cell Report**, v. 15, p. 851-854, 1996.

TREWAVAS, A. Signal Perception and Transduction. In: BUCHANNAN, B.B.; GRUISSEM, W.; JONES, R.L. **Biochemistry and molecular biology of plants**. American Society of Plant Physiologists, Maryland. p. 930-987, 2000.

TUCKER, D.J. Far-red light as a suppressor of side shoot growth in the tomato. **Plant Science Letter**, v. 5, p. 127-130, 1975.

TUCKER, D.J. Hormonal regulation of lateral bud growth in the tomato. **Plant Science**

Letter, v. 8, p. 105-111, 1977.

TURNER, D.W. Factors affecting the physiology of the banana root system. Em: TURNER, D.W., ROSALES, F.E. (Eds), **Banana Root System: towards a better understanding for its productive management**, INIBAP, Costa Rica, p. 107-113, 261 p., 2003.

USCIATI, M.; CODACCIONI, M.; GUERN, J. Early cytological and biochemical events induced by 6-benzylaminopurine application on axillary buds of *Cicer arietinum* plants. **Journal Experimental Botanic**, v. 23, n. 77, 1009-1020, 1972.

UTINO, S., CARNEIRO, I.F., CHAVES, L.J. Crescimento e oxidação de explantes de bananeira-prata (*Musa aab*) *in vitro*. i. concentrações de sais de ferro, cobre e zinco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 2, p. 225-229, 2001.

VAN FLEET, D.S. The distribution of peroxidase in differential tissue of vascular plants. **Biodynamic**, v. 6, p. 125-140, 1947.

VAN HOOFF, P., GASPAR, T. Peroxidase and isoperoxidase changes in relation to root initiation of *Asparagus* cultured *in vitro*. **Science Horticulture**, v. 4, p. 27-31, 1976.

VAN HUYSTEE, R.B. Some molecular aspects of plants peroxidase biosynthetic studies. **Annual Review Plant Physiology**, v. 38, p. 205-219, 1987.

VAN HUYSTEE, R.B., ESNAULT, R. Structure and biosynthesis of peroxidase from peanut cell. Em: PENEL, C., GASPAR, T., GREPPIN, H. (Eds) **Plant peroxidases: 1980-1990 Topics and detailed literature on molecular, biochemical and physiological aspects**. University of Geneva, p. 24-35, 481 p., 1992.

VAN STADEN, J.; UPFOLD, S.J.; ALTMAN, A. Cytokinins in green and yellow leaflets of *Schefflera arboricola*. **South Africa Journal Botanic**, v. 60, n. 5, p. 293-294, 1994.

VAN STADEN, J. Transport of (8 ¹⁴C) zeatin from mature rose leaves after shoot decapitation. **Botanic Gaz.**, v. 143, p. 201-205, 1982.

VAN STADEN, J.; DIMALLA, G.G. The production and utilization of cytokinins in rootless dormant almond shoots maintained at low temperature. **Z. Pflanzenphysiol.**, v. 103, p. 121-129, 1981.

VANNESTE, S., MAES, L., DE SMET, I., HIMANEN, K., NAUDTS, M., INZE, D., BEECKMAN, T. Auxin regulation of cell cycle and its role during lateral root initiation. **Physiology Plantarum**, v. 123, p. 139–146, 2005.

VICENT, K.A.; BEJOY, M.; KAVIKISHOR, M.; HARIHARN, M. Changes in enzyme actives in organ forming and non organ forming callus cultures of *Kaempferia calanga* L. **Phytomorphogenesis**, v. 42, p. 241-244, 1992.

VICENTZ, M., MOUREAUX, T., LEYDECKER, M.J., VAUCHERET, H., CABOCHE, M. A regulation of nitrate end nitrit reductase expression in *Nicotiana plumbaginifolia* leaves by nitrogen and carbon metabolites. **Plant Journal**, v. 3, p. 351-354, 1993.

VIEIRA, L.C.; FATIBELLO FILHO, O.; GRANATO, A.C.; et al. Titulação amperométrica de compostos fenólicos usando polifenol oxidase de vegetal como titulante. **Eclética Química**, v. 29, n. 2, 2004.

VIU, A.F.M. **Organogênese e poliaminas em açafrão (*Curcuma longa* L.)**. (Tese de Doutorado) Agronomia – Área de Concentração em Horticultura - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 125 p., 2000.

WALLACE, H.M.; FRASER, A.V.; HUGHES, A. A perspective of polyamine metabolism, **Biochemistry Journal**, v. 376, p. 1–14, 2003.

WANG, T.L.; WAREING, P.F. Cytokinins and apical dominance in *Solanum andigena*. Lateral shoot growth and endogenous cytokinin leaves in the absence of roots. **New Phytology**, v. 82, p. 19-28, 1979.

WANG, X.; BELOW, F.E. Cytokinins in enhanced growth and tillering of wheat induced by mixed nitrogen source. **Crop Science**, v. 36, n. 1, p. 121-126, 1996.

WARD, S.P., LEYSER, O. Shoot branching. Curr. Opin. **Plant Biology**, v. 7, p. 73–78, 2004.

WARDLAW, I.F. The control of carbon partitioning in plants. **New Phytology**, v. 116, p. 341-381, 1990.

WAREING, P.F. & PHILLIPS, I.D. **Growth and differentiation in plants**. Oxford, Pergamon Press, 343 p., 1981.

WEISS, D., SHILLO, R. Axillary Bud Inhibition Induced by Young Leaves or Bract in *Euphorbia pulcherrima* Willd. **Annual of Botany**, v. 62, p. 435-440, 1988.

WEYERS, J.D.B., PATERSON, N.W. Plant hormones and the control of physiological process. **New Phytology**, v. 152, p. 375-407, 2001.

WHITAKER, J.R. **Principles of Enzymology for the Food Sciences**. New York: Marcel Dekker Inc., 135 p., 1972.

WINTER H.; ROBINSON D.G.; HELDT H.W. Subcellular volumes and metabolite concentrations in spinach leaves. **Planta**, v. 193, n. 4, p. 530-535, 1994.

WOODWARD, E.J.; MARSHALL, C. Effects of plant growth regulators on tiller bud outgrowth in unicum cereals. **Annual Appl Biology**, v. 114, p. 597-608, 1989.

WOODWARD, E.J.; MARSHALL, C. Effects of seed treatment with a plant growth regulator on growth and tillering in spring barley (*Hordeum distichum*) cv. Triumph. **Annual Appl Biology**, v. 110, p. 629-638, 1987.

YILMAZ, H.; TAPKIN, T.; OTLUDÜL, B. Polyphenol Oxidase Activity during Rooting in Cuttings of Grape (*Vitis vinifera* L.) Varieties. **Turk Journal Botanic**, n. 27, p. 495-498, 2003.

YUN, H.S.; YOON, I.S.; KANG, B.G. Rapid repression of vacuolar invertase in mungbean hypocotyl segments and regulation by sucrose, auxin and light. **Plant Growth Regulation**, v. 38, p. 181-189, 2002.

ZAFFARI, G. Aspectos hormonais, estruturais e genéticos relacionados à micropropagação de gemas adventícias de *Musa acuminata* (AAA) cv. Grand Naine. (Tese de Doutorado) Botânica - Instituto de Botânica, USP, São Paulo, 121 p., 1998.

ZAIDAN, H.A. Níveis de putrescina, poliaminas e nutrientes minerais relacionados a diferentes concentrações de potássio em bananeira (*Musa* sp., AAA e AAB) cvs. Nanica e prata anã *in vitro*. (Dissertação de Mestrado) Agronomia - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba, 114 p., 1998.

ZIESLIN, N., BEN-ZAKEN, R. Peroxidase activity and presence of phenolic substances in peduncles of rose flowers. **Plant Physiology Biochemistry**, v. 31, n. 3, p. 333-339, 1993.