

Universidade Estadual de Campinas  
Instituto de Biologia

***Dalbergia miscolobium* Benth.: aspectos da biologia  
reprodutiva e do estabelecimento de plântulas**

**Regina Miyuki Sasaki**

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida pelo(a) candidato(a) <i>Regina Miyuki Sasaki</i> e aprovada pela Comissão Julgadora.
--

*29/09/95 Felipe*

**Orientador: Prof. Dr. Gil Martins Felipe**

**Campinas**

**1995**

1561422



**Regina Miyuki Sasaki**

***Dalbergia miscolobium* Benth.: aspectos da biologia reprodutiva e do estabelecimento de plântulas**

**Tese apresentada ao Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do título de Doutor em Biologia Vegetal**

**Orientador: Prof. Dr. Gil Martins Felipe**

**Campinas**

**1995**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA CENTRAL DA UNICAMP

Sa79d

Sasaki, Regina Miyuki

*Dalbergia miscolobium* Benth: aspectos da biologia reprodutiva e do estabelecimento de plântulas / Regina Miyuki Sasaki. - Campinas, SP : [s.n.], 1995.

Orientador: Gil Martins Felipe

Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Biologia.

1. \**Dalbergia miscolobium*. 2. Cerrados.  
3. Crescimento (Plantas). 4. Reprodução. 5. Plantas -  
Nutrição. I. Felipe, Gil Martins. II. Universidade  
Estadual de Campinas. Instituto de Biologia. III. Título.

Ao meu companheiro de todas as horas,

**Rubens,**

dedico este trabalho.

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Gil Martins Felipe, um agradecimento especial pela sua valiosa orientação, pelas ótimas oportunidades de trabalho aqui e no exterior. Agradeço também pela amizade, pelo apoio e por todas as conversas e conselhos que sempre me fizeram acreditar na importância da pesquisa.

Ao Dr. Peter E. Gibbs, da Universidade de Saint Andrews, Escócia, pelas sugestões de trabalho no campo, pela oportunidade de realização de parte deste trabalho em seu laboratório e principalmente pela paciência na sua orientação.

Ao Dr. Eduardo Caruso Machado, do Instituto Agrônomo de Campinas, pela oportunidade de realizar o experimento de deficiência hídrica e de ampliar meus conhecimentos sobre o assunto.

Ao Prof. Dr. Ladaslav Sodek, por todos os esclarecimentos em bioquímica.

À Dra. Lilian B. P. Zaidan e à Patrícia, pelos esclarecimentos e ajuda na dosagem de nitrogênio.

À Marta Bianchi por ter me ensinado, com tanta paciência, as técnicas para o estudo da biologia da reprodução, pelo carinho e apoio durante a minha permanência na Escócia.

Aos Professores, Dr. Ivany F. M. Válio, Dra. Lilian B. P. Zaidan e Dra. Maria Terezinha S. Paulilo, pelas valiosas sugestões durante a pré-banca, que permitiram a apresentação mais completa da tese.

Ao Instituto Agrônomo de Campinas, por permitir a realização do experimento de deficiência hídrica junto à Seção de Fisiologia e pela realização das análises químicas dos substratos utilizados neste trabalho.

Ao Instituto de Botânica de São Paulo, pela permissão para uso das instalações junto à Seção de Fisiologia e Bioquímica para a realização dos experimentos de fotoperíodo e da dosagem de nitrogênio.

Ao Instituto Florestal, por permitir a utilização de suas instalações na Estação Experimental de Itirapina para a realização de uma parte deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), pela concessão da bolsa de doutorado.

A International Scientific Cooperation EC-Brazil (contrato CI1/0620), pelo apoio financeiro que permitiu a realização de parte deste trabalho na Universidade de Saint Andrews.

À Rogéria Pereira de Souza, pela amizade, pela paciência para discutir alguns dados, por ter dividido seus conhecimentos comigo, por ter cuidado das plantas durante a minha ausência e por toda a ajuda que me deu.

Às minhas “irmãs” Eliana Akie Simabukuro e Sílvia Maria de Godoy Aveiro, pela amizade, pela companhia e ajuda nas coletas de campo e em todas as horas que precisei.

Ao meu irmão, Renato Massami Sasaki, pelo apoio, pela ajuda na confecção de gráficos e principalmente pelas explicações relacionadas à química.

A todos os amigos, professores e funcionários do Departamento de Fisiologia Vegetal e do Departamento de Botânica que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização deste trabalho.

À família Salgueiro: Alexandra, Apuema, Davi e Gabriela, que me “adotaram” na Escócia, pelo apoio e por terem cuidado de mim com tanto carinho.

À minha família: meus pais, meus irmãos e minha avó, pelo carinho e incentivo.

Ao Rubens Takiguti, meu marido e grande amigo, um agradecimento especial pelo carinho, pelo apoio e incentivo, pela paciência, por ter suportado todo o meu mau humor, pelos conselhos, por ter resolvido todos os meus problemas com o computador e por todas as outras ajudas, sem as quais não teria sido possível a realização deste trabalho.

# ÍNDICE

	Página
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	01
<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	10
1. MATERIAL VEGETAL E LOCAIS DE REALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS.....	10
2. ACOMPANHAMENTO DO DESENVOLVIMENTO E DA MATURAÇÃO DE FRUTOS E SEMENTES.....	11
2.1. Polinizações manuais.....	11
2.2. Análise de frutos polinizados naturalmente.....	12
2.3. Análise de material fixado.....	15
3. GERMINAÇÃO DE SEMENTES.....	16
4. CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS.....	17
5. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	30
<b>RESULTADOS.....</b>	32
1. BIOLOGIA FLORAL.....	32
2. SISTEMA REPRODUTIVO.....	35
3. PRODUÇÃO NATURAL DE FRUTOS.....	44
3.1. Aborto de frutos.....	59
4. GERMINAÇÃO DA SEMENTE MADURA.....	63
5. ESTABELECIMENTO DA PLÂNTULA.....	66
5.1. Emergência.....	66

5.2. Crescimento.....	76
5.2.1. Efeito do tamanho da semente.....	76
5.2.2. Efeito de solução nutritiva.....	78
5.2.3. Efeito do tipo de solo.....	102
5.2.4. Efeito do fotoperíodo.....	108
a. No outono, em terra de cerrado e de mata.....	108
b. Em terra de cerrado, no outono e na primavera.....	116
c. No outono, em terra de cerrado e de mata, sob luz contínua.....	121
5.2.5. Efeito da quantidade de água.....	124
a. Excesso.....	124
b. Escassez.....	136
<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>140</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>178</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>181</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Dados de chuva e temperaturas máxima e mínima durante a realização do experimento de estabelecimento de plântulas de <i>D. miscolobium</i> em terra de cerrado, de maio de 1992 a maio de 1993, na UNICAMP.....	20
Figura 2. Dados de chuva e temperaturas máxima e mínima durante a realização do experimento de estabelecimento de plântulas de <i>D. miscolobium</i> em terra de cerrado, de maio de 1993 a maio de 1994, na UNICAMP.....	21
Figura 3. Dados de chuva e temperaturas máxima e mínima da região de Itirapina, SP, durante a realização do experimento de estabelecimento de plântulas de <i>D. miscolobium</i> em terra de cerrado, de maio de 1993 a maio de 1994.....	22
Figura 4. Variações de temperatura da casa de vegetação e das câmaras de luz artificial durante a realização dos experimentos de fotoperíodo, no outono (março a junho) e na primavera (setembro a dezembro).....	27
Figura 5. Aspecto geral de um ramo reprodutivo de <i>D. miscolobium</i> , mostrando a disposição de panículas e racemos.....	33
Figura 6. Esquema das partes florais de <i>D. miscolobium</i> .....	34
Figura 7. Esquema do botão em pré-antese e da flor recém-aberta de <i>D. miscolobium</i> .....	36
Figura 8. Frutificação de <i>D. miscolobium</i> a partir de flores sem polinização e polinizadas manualmente, em 1992, em termos de porcentagem e comprimento dos frutos.....	37
Figura 9. Frutificação de <i>D. miscolobium</i> , a partir de flores manipuladas, em 1993. ....	39
Figura 10. Observação sob microscopia de fluorescência da germinação de grãos de pólen e do desenvolvimento de tubos polínicos em pistilos de <i>D. miscolobium</i> de flores polinizadas manualmente.....	40
Figura 11. Cortes longitudinais, em parafina, de frutos de <i>D. miscolobium</i> , coletados 72 horas após as polinizações manuais.....	42
Figura 12. Cortes longitudinais de frutos jovens de <i>D. miscolobium</i> , coletados 4, 6, 10 e 16 dias após as polinizações manuais, mostrando o desenvolvimento de embriões.....	43
Figura 13. Frutificação de <i>D. miscolobium</i> a partir de flores polinizadas naturalmente, em 1992, nas árvores 1 (A) e 2 (B).....	46

Figura 14. Frutificação de <i>D. miscolobium</i> a partir de flores polinizadas naturalmente, em 1993.....	47
Figura 15. Cortes longitudinais, em parafina, de pistilos de flores recém-abertas de <i>D. miscolobium</i> .....	49
Figura 16. Crescimento, em comprimento, de frutos de <i>D. miscolobium</i> a partir de flores polinizadas naturalmente.....	51
Figura 17. Porcentagem de frutos de <i>D. miscolobium</i> em relação à posição da semente ou óvulo em desenvolvimento, nas várias classes de comprimento dos frutos.....	53
Figura 18. Relação entre as medidas de comprimento do fruto jovem de <i>D. miscolobium</i> e de suas sementes.....	53
Figura 19. Massas da matéria fresca e seca do legume e da semente de <i>D. miscolobium</i> e o seu teor de umidade durante o desenvolvimento.....	54
Figura 20. Conteúdo de clorofila durante a maturação dos frutos de <i>D. miscolobium</i> .....	55
Figura 21. Germinação de sementes (recém-coletadas mantidas à temperatura ambiente por 13 dias) de <i>D. miscolobium</i> durante o período de maturação.....	55
Figura 22. Porcentagem de sementes maduras, apicais e basais, de <i>D. miscolobium</i> de acordo com a sua massa (após atingirem massa constante à temperatura ambiente).....	57
Figura 23. Aspecto dos frutos maduros de <i>D. miscolobium</i> , com partes predadas por insetos.....	58
Figura 24. Porcentagem de frutos abortados de <i>D. miscolobium</i> , em relação ao seu aspecto externo, por classe de comprimento.....	60
Figura 25. Cortes longitudinais, em parafina, de frutos jovens abortados de <i>D. miscolobium</i> , coletados sob as árvores.....	62
Figura 26. Germinação de sementes maduras de <i>D. miscolobium</i> mantidas dentro dos frutos, em placas de Petri.....	64
Figura 27. Germinação de sementes maduras de <i>D. miscolobium</i> , removidas dos frutos.....	64
Figura 28. Efeito do tamanho das sementes de <i>D. miscolobium</i> sobre a germinação das mesmas.....	65
Figura 29. Estabelecimento de plântulas de <i>D. miscolobium</i> a partir de sementes contidas em frutos colocados (6 dias após a coleta) em vasos contendo terra do cerrado de Itirapina, em maio de 1992, em experimento realizado na UNICAMP.....	67
Figura 30. Estabelecimento de plântulas de <i>D. miscolobium</i> a partir de sementes contidas em frutos colocados (8 dias após a coleta) em vasos contendo terra do cerrado de Itirapina, em maio de 1993, em experimento realizado na UNICAMP.....	69

Figura 31. Estabelecimento de plântulas de *D. miscolobium* a partir de sementes contidas em frutos colocados (8 dias após a coleta) em vasos contendo terra do cerrado de Itirapina, em maio de 1993, em experimento realizado na Estação Experimental de Itirapina, SP..... 71

Figura 32. Estabelecimento de plântulas de *D. miscolobium* a partir de sementes contidas em frutos colocados (4 meses após a coleta) em vasos contendo terra do cerrado de Itirapina, em setembro de 1993, em experimento realizado na UNICAMP..... 73

Figura 33. Emergência de plântulas (porcentagem em relação ao número inicial de frutos colocados na terra) de *D. miscolobium* em terra de cerrado (de Itirapina) a partir de sementes contidas nos frutos, submetidos a diferentes tratamentos de adição de água..... 74

Figura 34. Emergência de plântulas (porcentagem em relação ao número inicial de frutos colocados na terra) de *D. miscolobium* em terra de cerrado (de Itirapina) e de mata (de Santa Genebra e do Instituto de Botânica), a partir de sementes contidas nos frutos, que receberam 200ml de água a cada três dias..... 74

Figura 35. Emergência de plântulas (porcentagem em relação ao número inicial de sementes colocadas na terra) de *D. miscolobium* em terra de mata (do Instituto de Botânica), autoclavada ou não, e em terra de cerrado (de Itirapina)..... 75

Figura 36. Emergência de plântulas de *D. miscolobium* em terra de cerrado (de Itirapina) a partir de sementes removidas dos frutos ou de sementes contidas nos frutos, que receberam 100ml de água a cada três dias (porcentagem em relação ao número inicial de sementes ou frutos colocados na terra)..... 75

Figura 37. Efeito do tamanho (em massa) das sementes sobre o crescimento, em massa da matéria seca de plântulas de *D. miscolobium*..... 77

Figura 38. Efeito do tamanho (em massa) das sementes sobre a taxa média de crescimento relativo (TCR) de plântulas de *D. miscolobium*, ao longo do desenvolvimento..... 79

Figura 39. Efeito do tamanho (em massa) das sementes sobre alongamento de plântulas de *D. miscolobium*..... 80

Figura 40. Efeito do tamanho (em massa) das sementes sobre o número de folhas durante o crescimento de *D. miscolobium*..... 81

Figura 41. Efeito da adição de solução nutritiva de Hoagland (diluída 10 vezes) sobre o crescimento, em massa da matéria seca de plântulas de *D. miscolobium*, mantidas em canteiro, em terra de cerrado (de Itirapina)..... 83

Figura 42. Efeito da adição de solução nutritiva de Hoagland (diluída 10 vezes) sobre o número de folhas durante o crescimento de plântulas de *D. miscolobium*, mantidas em canteiro, em terra de cerrado (de Itirapina)..... 84

Figura 43. Efeito da adição de solução nutritiva de Hoagland (diluída 10 vezes) sobre a razão raiz:parte aérea de plântulas de *D. miscolobium*, crescidas em terra de cerrado (de Itirapina), no canteiro..... 85

Figura 44. Efeito da adição de solução nutritiva de Hoagland (diluída 10 vezes) sobre o alongamento de plântulas de <i>D. miscolobium</i> , mantidas em canteiro, em terra de cerrado (de Itirapina).....	86
Figura 45. Efeito da adição de solução nutritiva de Hoagland, em diferentes concentrações, sobre o acúmulo de matéria fresca durante o crescimento inicial de <i>D. miscolobium</i> , em terra de cerrado (de Itirapina), em casa de vegetação.....	88
Figura 46. Efeito da adição de solução nutritiva de Hoagland, em diferentes concentrações, sobre o acúmulo de matéria seca durante o crescimento inicial de <i>D. miscolobium</i> , em terra de cerrado (de Itirapina), em casa de vegetação.....	89
Figura 47. Efeito da adição de solução nutritiva de Hoagland, em diferentes concentrações, sobre a razão raiz:parte aérea de plântulas de <i>D. miscolobium</i> , crescidas em terra de cerrado (de Itirapina), em casa de vegetação.....	90
Figura 48. Efeito da adição de solução nutritiva de Hoagland, em diferentes concentrações, sobre o número de folhas e área foliar durante o crescimento de plântulas de <i>D. miscolobium</i> , em terra de cerrado (de Itirapina), em casa de vegetação.....	91
Figura 49. Efeito da adição de solução nutritiva de Hoagland, em diferentes concentrações, sobre a área foliar específica (AFE), a razão de massa foliar (RMF) e a razão de área foliar (RAF) durante o crescimento de plântulas de <i>D. miscolobium</i> , em terra de cerrado (de Itirapina), em casa de vegetação.....	92
Figura 50. Efeito da adição de solução nutritiva de Hoagland, em diferentes concentrações, sobre o alongamento do caule durante o crescimento inicial de <i>D. miscolobium</i> , em terra de cerrado (de Itirapina), em casa de vegetação.....	94
Figura 51. Efeito da adição de solução nutritiva de Hoagland, em diferentes concentrações, sobre o conteúdo de açúcares solúveis totais durante o crescimento inicial de <i>D. miscolobium</i> , em terra de cerrado (de Itirapina).....	95
Figura 52. Efeito da adição de solução nutritiva, em diferentes concentrações, sobre o conteúdo de açúcares solúveis totais da parte aérea (caule e folhas) de plântulas de <i>D. miscolobium</i> , crescidas em terra de cerrado (de Itirapina).....	97
Figura 53. Efeito da adição de solução nutritiva de Hoagland, em diferentes concentrações, sobre o conteúdo de amido durante o crescimento inicial de <i>D. miscolobium</i> , em terra de cerrado (de Itirapina).....	98
Figura 54. Efeito da adição de solução nutritiva de Hoagland, em diferentes concentrações, sobre o conteúdo de amido da parte aérea (caule e folhas) de plântulas de <i>D. miscolobium</i> , crescidas em terra de cerrado (de Itirapina).....	99
Figura 55. Efeito da adição de solução nutritiva de Hoagland, em diferentes concentrações, sobre o conteúdo de nitrogênio total durante o crescimento inicial de <i>D. miscolobium</i> , em terra de cerrado (de Itirapina).....	100

Figura 56. Crescimento de plântulas de <i>D. miscolobium</i> , mantidas em canteiro, em terra de cerrado (de Itirapina) e de mata (do Instituto de Botânica): medidas obtidas 94 dias (A, B, C) e 180 dias (D, E, F) após o início da embebição das sementes.....	103
Figura 57. Aspecto de plântulas de <i>D. miscolobium</i> com 180 dias, crescidas em terra de cerrado (de Itirapina) ou de mata (do Instituto de Botânica).....	105
Figura 58. Sobrevivência de plântulas (em relação ao número inicial de plântulas transferidas para a terra) de <i>D. miscolobium</i> crescidas em terras de diferentes origens (cerrado de Itirapina, cerrado de Campininha., mata de Santa Genebra e mata do Instituto de Botânica).....	106
Figura 59. Crescimento, em termos de número de folhas e de acúmulo de matéria seca, de plântulas de <i>D. miscolobium</i> , em casa de vegetação, em terra de cerrado (de Itirapina) e de mata (de Santa Genebra), na UNICAMP e no Instituto de Botânica de São Paulo: medidas obtidas 266 dias após o início da embebição das sementes.....	107
Figura 60. Acompanhamento, ao longo do ano (maio a fevereiro), do número de folhas em plântulas de <i>D. miscolobium</i> , crescidas em casa de vegetação, no Instituto de Botânica de São Paulo, sob luz contínua, em terra de cerrado (de Campininha) e de mata (do Instituto de Botânica).....	109
Figura 61. Efeito do fotoperíodo sobre o alongamento do caule de plântulas de <i>D. miscolobium</i> crescidas em terra de cerrado de (Campininha) e de mata (do Instituto de Botânica de São Paulo), no outono.....	110
Figura 62. Efeito do fotoperíodo sobre o número de nós de plântulas de <i>D. miscolobium</i> crescidas em terra de cerrado de (Campininha) e de mata (do Instituto de Botânica de São Paulo), no outono.....	111
Figura 63. Efeito do fotoperíodo sobre o número de folhas de plântulas de <i>D. miscolobium</i> crescidas em terra de cerrado de (Campininha) e de mata (do Instituto de Botânica de São Paulo), no outono.....	113
Figura 64. Efeito do fotoperíodo sobre o acúmulo de matéria seca das diferentes partes de plântulas de <i>D. miscolobium</i> crescidas em terra de cerrado de (Campininha) e de mata (do Instituto de Botânica de São Paulo), no outono.....	114
Figura 65. Efeito do fotoperíodo sobre o alongamento do caule de plântulas de <i>D. miscolobium</i> crescidas no outono e na primavera, em terra de cerrado (de Campininha).....	117
Figura 66. Efeito do fotoperíodo sobre o número de nós de plântulas de <i>D. miscolobium</i> crescidas no outono e na primavera, em terra de cerrado (de Campininha).....	118
Figura 67. Efeito do fotoperíodo sobre o número de folhas de plântulas de <i>D. miscolobium</i> crescidas no outono e na primavera, em terra de cerrado (de Campininha).....	119

Figura 68. Crescimento, em termos de alongamento do caule, de plântulas de <i>D. miscolobium</i> sob luz contínua, em terra de cerrado (de Campininha) e de mata (do Instituto de Botânica).....	122
Figura 69. Crescimento, em termos de número de nós, de plântulas de <i>D. miscolobium</i> sob luz contínua, em terra de cerrado (de Campininha) e de mata (do Instituto de Botânica).....	122
Figura 70. Crescimento, em termos de número de folhas, de plântulas de <i>D. miscolobium</i> sob luz contínua, em terra de cerrado (de Campininha) e de mata (do Instituto de Botânica).....	123
Figura 71. Crescimento, em termos de acúmulo de matéria seca das diferentes partes, de plântulas de <i>D. miscolobium</i> sob luz contínua, em terra de cerrado (de Campininha) e de mata (do Instituto de Botânica).....	123
Figura 72. Sobrevivência de plântulas (em relação ao número inicial de plântulas transferidas para a terra) de <i>D. miscolobium</i> crescidas em terra de cerrado (de Itirapina) e de mata (do Instituto de Botânica) e submetidas a diferentes tratamentos de adição de água.....	125
Figura 73. Aspecto das plântulas de <i>D. miscolobium</i> crescidas em terra de cerrado (de Itirapina), submetidas a diferentes tratamentos de adição de água, aos 126 dias do início da embebição das sementes.....	126
Figura 74. Aspecto das plântulas de <i>D. miscolobium</i> crescidas em terra de mata (do Instituto de Botânica), submetidas a diferentes tratamentos de adição de água, aos 126 dias do início da embebição das sementes.....	127
Figura 75. Efeito do tipo de solo (cerrado de Itirapina e mata do Instituto de Botânica), e de diferentes tratamentos de adição de água, sobre o alongamento de plântulas de <i>D. miscolobium</i> , ao final de 126 dias.....	128
Figura 76. Distribuição em classes de massa, de acordo com a massa da matéria seca da raiz, de plântulas de <i>D. miscolobium</i> , crescidas em terra de cerrado (de Itirapina) e de mata (do Instituto de Botânica), submetidas a diferentes tratamentos de adição de água.....	130
Figura 77. Distribuição em classes de massa, de acordo com a massa da matéria seca do caule, de plântulas de <i>D. miscolobium</i> , crescidas em terra de cerrado (de Itirapina) e de mata (do Instituto de Botânica), submetidas a diferentes tratamentos de adição de água.....	131
Figura 78. Distribuição em classes de massa, de acordo com a massa da matéria seca das folhas, de plântulas de <i>D. miscolobium</i> , crescidas em terra de cerrado (de Itirapina) e de mata (do Instituto de Botânica), submetidas a diferentes tratamentos de adição de água.....	132
Figura 79. Efeito do tipo de solo (cerrado de Itirapina e mata do Instituto de Botânica), e de diferentes tratamentos de adição de água, sobre o crescimento, em massa da matéria seca, de plântulas de <i>D. miscolobium</i> , ao final de 126 dias.....	133
Figura 80. Efeito do tipo de solo (cerrado de Itirapina e mata do Instituto de Botânica), e de diferentes tratamentos de adição de água, sobre o número de folhas de plântulas de <i>D. miscolobium</i> , ao final de 126 dias.....	135

- Figura 81. Efeito da suspensão de água sobre a transpiração, a condutância estomática e a fotossíntese de plântulas de *D. miscolobium* de 200 dias..... 137
- Figura 82. Relação entre condutância estomática e fotossíntese e transpiração em plântulas de *D. miscolobium* submetidas à suspensão de água..... 138
- Figura 83. Respostas, em termos de fotossíntese, condutância estomática e transpiração, ao aumento da radiação fotossinteticamente ativa, em plântulas de *D. miscolobium*..... 139

## ÍNDICE DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Análise química dos substratos utilizados nos experimentos de estabelecimento de plântulas de <i>D. miscolobium</i> .....	18
Tabela 2. Análise granulométrica dos substratos utilizados nos experimentos de estabelecimento de plântulas de <i>D. miscolobium</i> .....	18
Tabela 3. Pistilos e frutos jovens de <i>D. miscolobium</i> , coletados periodicamente após as polinizações manuais, analisados através da microscopia de fluorescência quanto à presença de tubos polínicos atingindo os óvulos (ou sementes), apical ou basal.....	41
Tabela 4. Pistilos e frutos jovens de <i>D. miscolobium</i> coletados periodicamente após as polinizações manuais, analisados através de cortes histológicos quanto a presença de embrião nas sementes, apical ou basal.....	44
Tabela 5. Número de botões e flores marcados das inflorescências utilizadas para o acompanhamento da frutificação natural em <i>D. miscolobium</i> , no início do experimento.....	45
Tabela 6. Pistilos e frutos jovens de <i>D. miscolobium</i> coletados ao acaso das árvores, analisados através da microscopia de fluorescência quanto à presença de tubos polínicos atingindo os óvulos (ou sementes), apical ou basal.....	48
Tabela 7. Pistilos e frutos jovens de <i>D. miscolobium</i> coletados ao acaso das árvores, analisados através de cortes histológicos quanto a presença de embrião nas sementes, apical ou basal.....	50
Tabela 8. Massa da matéria fresca de frutos e sementes (após atingirem massa constante a temperatura ambiente) de <i>D. miscolobium</i> .....	56
Tabela 9. Análise de frutos e sementes maduros de <i>D. miscolobium</i> de acordo com o aspecto externo, nas coletas de 1992 e 1993.....	59
Tabela 10. Pistilos e frutos jovens abortados de <i>D. miscolobium</i> , coletados ao acaso sob as árvores, analisados através da microscopia de fluorescência quanto à presença de tubos polínicos atingindo os óvulos (ou sementes), apical ou basal.....	61
Tabela 11. Frutos jovens abortados de <i>D. miscolobium</i> , coletados ao acaso sob as árvores, analisados através de cortes histológicos quanto a presença de embrião nas sementes, apical ou basal.....	61
Tabela 12. Classes de tamanho das sementes maduras de <i>D. miscolobium</i> separadas pela massa da matéria fresca (após atingirem massa constante a temperatura ambiente), utilizadas para teste de germinação e de crescimento inicial.....	63



Tabela 13. Porcentagem de eixos embrionários, corados ou não, de sementes de <i>D. miscolobium</i> de diferentes classes de tamanho submetidas ao teste do tetrazólio.....	66
Tabela 14. Altura média e número médio de folhas de plântulas de <i>D. miscolobium</i> estabelecidas em diferentes condições .....	68
Tabela 15. Efeito do tamanho das sementes (em termos de massa da matéria fresca) sobre a taxa média de crescimento absoluto ( $\overline{TCA}$ ) de plântulas de <i>D. miscolobium</i> .....	76
Figura 16. Efeito do tamanho das sementes (em termos de massa da matéria fresca) sobre a taxa média de crescimento relativo ( $\overline{TCR}$ ) de plântulas de <i>D. miscolobium</i> entre os dias 15 e 177.....	78
Tabela 17. Efeito de solução nutritiva diluída 10 vezes sobre a taxa média de crescimento relativo ( $\overline{TCR}$ ) de plântulas de <i>D. miscolobium</i> crescidas em sacos de muda mantidos em canteiro.....	82
Tabela 18. Efeito de solução nutritiva sobre a taxa média de crescimento relativo ( $\overline{TCR}$ ) de plântulas de <i>D. miscolobium</i> .....	93
Tabela 19. Efeito de solução nutritiva sobre a taxa média de assimilação líquida ( $\overline{TAL}$ ) e taxa fotossintética ( $\overline{TF}$ ) estimada de plântulas de <i>D. miscolobium</i> .....	93
Tabela 20. Efeito de solução nutritiva sobre a razão carboidratos:proteínas em plântulas de <i>D. miscolobium</i> .....	101
Tabela 21. Efeito de solução nutritiva sobre a razão raiz:parte aérea, em termos de conteúdo de carboidratos e de proteínas em plântulas de <i>D. miscolobium</i> .....	101
Tabela 22. Velocidade de alongamento do caule de plântulas de <i>D. miscolobium</i> crescidas em terra de cerrado e de mata sob fotoperíodos de 8, 12 e 16 horas, no outono.....	112
Tabela 23. Taxa média de crescimento absoluto ( $\overline{TCA}$ ) e taxa média de crescimento relativo ( $\overline{TCR}$ ) de plântulas de <i>D. miscolobium</i> crescidas em terra de cerrado e de mata, no outono, sob fotoperíodos de 8, 12 e 16 horas.....	115
Tabela 24. Taxa média de crescimento absoluto ( $\overline{TCA}$ ) das diferentes partes de plântulas de <i>D. miscolobium</i> crescidas em terra de cerrado e de mata, sob fotoperíodos de 8, 12 e 16 horas, no outono.....	116
Tabela 25. Velocidade de alongamento do caule de plântulas de <i>D. miscolobium</i> crescidas no outono e na primavera, sob fotoperíodos de 8, 12 e 16 horas, em terra de cerrado.....	120
Tabela 26. Taxa média de crescimento absoluto ( $\overline{TCA}$ ) e taxa média de crescimento relativo ( $\overline{TCR}$ ) de plântulas de <i>D. miscolobium</i> crescidas no outono e na primavera, sob fotoperíodos de 8, 12 e 16 horas, em terra de cerrado.....	120

Tabela 27. Taxa média de crescimento absoluto ( $\overline{TCA}$ ) de plântulas de <i>D. miscolobium</i> crescidas no outono e na primavera, sob fotoperíodos de 8, 12 e 16 horas, em terra de cerrado.....	121
Tabela 28. Taxa média de crescimento absoluto ( $\overline{TCA}$ ) e taxa média de crescimento relativo ( $\overline{TCR}$ ) de plântulas de <i>D. miscolobium</i> crescidas em terra de cerrado e de mata, no outono, sob luz contínua.....	121
Tabela 29. Razão raiz:parte aérea, para as medidas de alongamento de plântulas de <i>D. miscolobium</i> submetidas a diferentes adições de água em terra de cerrado e de mata.....	124
Tabela 30. Coeficiente de variação das medidas de massa da matéria seca obtidas das 10 plântulas maiores de <i>D. miscolobium</i> submetidas a diferentes tratamentos de adição de água em terra do cerrado de Itirapina e da mata do Instituto de Botânica, na UNICAMP.....	134
Tabela 31. Razão raiz:parte aérea, para as medidas de massa da matéria seca de plântulas de <i>D. miscolobium</i> submetidas a diferentes adições de água em terra do cerrado de Itirapina e da mata do Instituto de Botânica, na UNICAMP.....	136
Tabela 32. Taxa fotossintética de plantas jovens de diversas espécies arbóreas.....	166
Tabela 33. Comparação dos valores obtidos em fotoperíodos de 8, 12 e 16 horas em relação aos da luz contínua, no outono, através da análise de variância simples.....	177

## INTRODUÇÃO

Por muito tempo acreditou-se que a propagação das espécies do cerrado ocorria principalmente através da reprodução vegetativa. A multiplicação de plantas a partir da germinação de sementes ocorreria apenas em condições muito excepcionais (FERRI, 1960).

LABOURIAU *et al.* (1963) começaram a contestar essa idéia ao encontrarem plântulas, aparentemente provenientes da germinação de sementes, em cerrados do estado de São Paulo e do Triângulo Mineiro. Entre as espécies por eles observadas estavam *Aspidosperma verbascifolium*, *Caryocar brasiliense*, *Dalbergia miscolobium*, *Dimorphandra mollis* e *Vochysia* sp. Foram encontradas também sementes de espécies do cerrado germinando em condições naturais e o conseqüente estabelecimento de plântulas, apesar da camada superficial do solo permanecer seca durante grande parte do ano. A germinação ocorria na estação chuvosa e as plântulas poderiam sobreviver à estação seca (LABOURIAU *et al.*, 1963). Em regiões diferentes de cerrado, foram encontradas, na estação chuvosa, 82 espécies apresentando germinação em condições naturais; em 50 delas, as plântulas ainda apresentavam restos de semente e/ou cotilédones e em 32 espécies, o sistema radicular apresentava-se autônomo (LABOURIAU *et al.*, 1964). VÁLIO & MORAES (1966), na estação seca, verificaram a germinação de sementes de 5 espécies e também a sobrevivência de plântulas de 17 espécies. Comprovada a ocorrência de plântulas a partir de sementes no cerrado, tornaram-se necessários os estudos visando conhecer os processos envolvidos na biologia reprodutiva até a formação das sementes e no desenvolvimento inicial das plântulas.

As sementes são as “sobreviventes” de uma população de embriões e o tamanho dessa população depende de vários fatores genéticos e ambientais (LEE, 1988). Além disso, os fatores a que as espécies estão sujeitas durante a formação dos frutos e das sementes podem ter conseqüência sobre a germinação e o estabelecimento das plantas, daí a importância da

integração dos dados sobre a formação das sementes e o desenvolvimento posterior da plântula.

É comum entre as angiospermas a produção de um número reduzido de frutos em relação à produção de flores, o que ocorre tanto pela abscisão de flores como pelo aborto de frutos jovens (LLOYD, 1980; STEPHENSON, 1981; BAWA & WEBB, 1984). Essa taxa baixa de formação de frutos maduros em relação às flores pode ocorrer devido a diversos fatores e varia de espécie para espécie. Entre os fatores considerados como responsáveis por esse processo está a deficiência na polinização (BAWA & WEBB, 1984).

Alguns estudos com polinizações manuais demonstraram que a deficiência na polinização, seja por falta de polinizadores ou por falta de deposição de pólen compatível, pode ser um fator limitante na produção de frutos e sementes em espécies de cerrado, como por exemplo, em *Kielmeyera coriacea*, *K. speciosa* (OLIVEIRA & SAZIMA, 1990), *Styrax camporum* e *S. ferrugineus* (SARAIVA, 1987).

Em vários trabalhos têm-se tentado elucidar o sistema reprodutivo de espécies de cerrado. Deles, pode-se concluir que a xenogamia (fecundação cruzada) predomina, o que garantiria a variabilidade genética numa população onde a reprodução vegetativa é tradicionalmente conhecida como sendo de ocorrência comum. Entre as espécies cujo sistema reprodutivo já foi estudado, estão: *Byrsonima crassa* (KIRKBRIDE & GONZALES, 1982), *Qualea grandiflora*, *Q. multiflora*, *Q. parviflora* (BARBOSA, 1983), *Styrax camporum*, *S. ferrugineus* (SARAIVA, 1987), *Eriotheca gracilipes*, *E. pubescens* (OLIVEIRA *et al.*, 1992), *Kielmeyera coriacea*, *K. speciosa* (OLIVEIRA & SILVA, 1993), *Vochysia cinnamomea* (AFONSO *et al.*, 1994) e algumas espécies de Melastomataceae (GOLDENBERG, 1994).

Tanto quanto os estudos sobre a formação das sementes, é também de importância fundamental o estudo dos processos envolvidos no estabelecimento das plântulas em condições de campo. A necessidade de mais estudos sobre o desenvolvimento de plantas de cerrado foi ressaltada por Labouriau já na década de 60 (LABOURIAU, 1963, 1966).

Levando-se em conta a riqueza da vegetação dos cerrados, com aproximadamente 800 espécies arbóreas e arbustivas e com um número ainda maior de espécies herbáceas e subarbustivas (FURLEY & RATTER, 1988), pode-se dizer que, ainda hoje, são poucos os trabalhos sobre o desenvolvimento inicial de suas espécies. Considerando o regime de chuvas das regiões de cerrado, com uma estação chuvosa e uma estação seca, e as características de uma vegetação bastante esparsa, o estabelecimento de plântulas parece ser um processo muito difícil. Mesmo quando as sementes germinam na estação chuvosa, elas logo precisariam atravessar um período longo de seca, ou um dessecação causado pela insolação alta ao nível do solo mesmo na estação chuvosa. Em todas as plantas, não somente nas de cerrado, o estágio de plântula é, sem dúvida, a fase mais vulnerável do ciclo de vida, uma vez que a ela é desprovida de proteção mecânica (como a testa nas sementes), apresenta tamanho reduzido, podendo ser facilmente predada ou ainda fica mais susceptível a seca por não apresentar mecanismos eficientes para o armazenamento ou contra a perda de água. Essa fase passa a ser ainda mais crítica quando a plântula esgota os suprimentos iniciais de energia fornecidos pelas estruturas anexas e cotilédones, tornando-se mais dependente das interações com o meio, tanto o solo como a atmosfera. Segundo MELHEM (1975), a pressão seletiva se faz sentir intensamente no estágio de planta jovem, fase mais vulnerável do desenvolvimento, e não tanto na planta adulta.

Neste aspecto, plântulas de espécies de cerrado, devido às características peculiares deste tipo de vegetação, devem apresentar certos tipos de adaptações para a sua sobrevivência. Vários trabalhos sobre o desenvolvimento inicial de espécies de cerrado foram direcionados para esse aspecto.

Segundo RIZZINI (1979), as plântulas de espécies de cerrado são resistentes a certo grau de desidratação. Além disso, radiação forte, ar seco e falta de água favoreceriam a maturação celular e a diferenciação, levando à rápida lignificação e suberização; haveria deposição de pectina nas paredes celulares da coifa, que poderia reter água. Essas modificações na parede celular tornariam os ramos e as raízes resistentes e protegidos contra a desidratação protoplasmática e colapso celular, permitindo que as plântulas

sobrevivam à falta de água. No entanto, mesmo apresentando tal resistência, RIZZINI (1979) mostrou um favorecimento da germinação de sementes e do estabelecimento de plântulas em cerrados mais fechados e protegidos (atenuação da insolação), em relação aos mais abertos, ricos em gramíneas; nestes últimos, nenhuma plântula recém-formada foi encontrada.

As plantas de cerrado apresentam diferentes estratégias quanto ao crescimento da raiz durante a fase jovem para estabelecimento em condições de seca. RIZZINI & HERINGER (1962) observaram dois tipos de estratégias de crescimento da raiz em plantas de cerrado: a) plantas como *Erythrina mulungu*, *Hancornia speciosa*, *Kielmeyera corimbosa* e *Stryphnodendron adstringens*, que apresentam um crescimento lento da raiz primária com espessamento subterrâneo da mesma e às vezes da porção do hipocótilo, que poderia funcionar como uma reserva de água para passar alguns meses de seca; b) plantas que apresentam um crescimento muito rápido da raiz primária desde o início do desenvolvimento, podendo atingir porções do solo com suprimento constante de água, compreendendo espécies como *Anacardium humile*, *Caryocar brasiliense*, *Dalbergia miscolobium*, *Ouratea* sp e *Sclerolobium aureum*. OLIVEIRA & SILVA (1993) observaram no campo, em duas espécies de *Kielmeyera*, uma germinação rápida no início da estação chuvosa, seguida de um aumento rápido no tamanho da raiz formando um xilopódio, o que permitiria a sobrevivência da plântula durante a estação seca.

O sucesso no estabelecimento de uma plântula depende da manutenção do balanço quanto ao crescimento e o funcionamento entre a raiz e a parte aérea, pois as raízes são dependentes da parte aérea para o fornecimento de carboidratos, reguladores de crescimento e compostos orgânicos e a parte aérea é dependente das raízes para o suprimento de água, minerais e também substâncias reguladoras (KRAMER, 1983)

Uma razão raiz:parte aérea alta é típica de muitas espécies lenhosas de cerrado (RIZZINI, 1965). Isso deve ocorrer como consequência do equilíbrio entre vários fatores ambientais do cerrado e fatores genéticos das espécies típicas, que poderiam levar a um crescimento rápido da parte subterrânea, assim como um crescimento lento da parte aérea, o

que auxiliaria a superar a deficiência de água nas camadas superficiais do solo ou a deficiência nutricional, comum em solos de cerrado. A escassez de água nas camadas superficiais do solo seria uma pressão seletiva para promover o alongamento rápido da porção subterrânea das plantas de cerrado, ficando reduzido o crescimento da parte aérea. Sabe-se que em plantas submetidas a deficiências hídricas, o crescimento da parte aérea é inibido, embora as raízes continuem a crescer, resultando em aumento da razão raiz:parte aérea (CREELMAN *et al.*, 1990; MUNNS & SHARP, 1993). Tratamentos com déficit hídrico ou aplicação de ácido abscísico (ABA) mostraram resultados semelhantes, com um aumento da razão raiz:parte aérea, indicando o envolvimento desta substância na resposta ao déficit hídrico. Ainda de acordo com os autores, o déficit hídrico estimula a produção de ABA a um conteúdo acima do necessário para causar o fechamento estomático; este nível elevado teria a função de inibir diferencialmente o crescimento da parte aérea em relação ao da raiz. ARASAKI (1993) sugere o envolvimento de ABA no crescimento diferencial da parte aérea e da raiz, com razão raiz:parte aérea alta, em *Kielmeyera coriacea*, em cujas folhas encontrou um conteúdo muito elevado de ABA, no 50<sup>o</sup> dia de crescimento.

Em estudos feitos com *Acosmium pseudoelegans*, *Dimorphandra mollis* e *Stryphnodendron adstringens*, POGGIANI (1971) concluiu que, se a raiz mantivesse o mesmo padrão rápido de crescimento (observado nos primeiros 46 e 49 dias), em poucos meses atingiria as camadas do solo onde a quantidade de água, mesmo durante a estação seca, é suficiente para as necessidades da planta. Neste mesmo estudo, o autor verificou em *S. adstringens*, porém sem dados conclusivos, que a atividade enzimática de AIA-oxidase diminuía com a idade da planta, o que aumentaria o nível de ácido indol-3-acético (AIA) durante o desenvolvimento, estimulando o alongamento da raiz.

Esse padrão de crescimento, com um maior alongamento da raiz primária em relação à parte aérea, foi observado também por outros pesquisadores em espécies de cerrado como *Magonia pubescens* (SALGADO-LABOURIAU, 1973), *Kielmeyera coriacea* (DIONELLO, 1978; SELF, 1989; ARASAKI & FELIPPE, 1990), *Dalbergia miscolobium*

(SASSAKI & FELIPPE, 1992a), *Qualea cordata* (GODOY & FELIPPE, 1992) e *Qualea grandiflora* (FELIPPE & DALE, 1990; PAULILO *et al.*, 1993).

No estudo do desenvolvimento inicial de *Kielmeyera coriacea* (SELF, 1989), *Dalbergia miscolobium* (SASSAKI & FELIPPE, 1992a) e *Qualea grandiflora* (PAULILO *et al.*, 1993) foi verificada uma razão raiz:parte aérea maior em plântulas crescendo em condições de campo do que em condições controladas. Esse resultado foi atribuído pelos autores à menor disponibilidade de água no campo. Porém, num experimento semelhante com *Qualea cordata*, GODOY & FELIPPE (1992) não encontraram diferenças no crescimento inicial em casa de vegetação e no campo, no período de observação.

De acordo com ARENS (1958a,b; 1963), a escassez de nutrientes nos solos de cerrado, principalmente fósforo, nitrogênio e enxofre, levaria à produção baixa de proteínas, armazenando os esqueletos carbônicos fornecidos através dos açúcares resultados da fotossíntese; haveria, então, um acúmulo de carboidratos com conseqüente escleromorfia e falta de proteínas, resultando na redução do crescimento.

Além dos nutrientes já mencionados, os solos sob cerrados são deficientes em cálcio, zinco, molibdênio e boro, mas apresentam altos teores de alumínio (McCLUNG *et al.*, 1958; ALVIM *et al.*, 1968). O efeito prejudicial da presença de alumínio está associado à acidez característica de solos de cerrado (GOODLAND, 1971b): em valores baixos de pH podem ocorrer altas concentrações de alumínio (MALAVOLTA *et al.*, 1977).

Os efeitos do alumínio são manifestados no solo e na planta. No solo, ele tende a diminuir a disponibilidade de nutrientes imprescindíveis à planta como o fósforo, cálcio, magnésio, nitrogênio, potássio e outros (GOODLAND, 1971a). Contribuindo para diminuir ainda mais o pH do solo (MALAVOLTA *et al.*, 1977), o alumínio tem também efeito indireto na disponibilidade dos nutrientes, que se precipitam em condições de acidez. Na planta, os sintomas da toxidez do alumínio são conseqüências de alterações moleculares e lesões subcelulares ou celulares, provocando alterações morfológicas (GOODLAND, 1971a).



As plantas de cerrado foram selecionadas em função de sua tolerância ao alumínio e muitas acumulam esse composto, facultativa ou obrigatoriamente (GOODLAND, 1971a). As espécies de cerrado acumuladoras de alumínio (mais de 1000mg/kg de folha) pertencem a três grandes famílias: Melastomataceae, Rubiaceae e Vochysiaceae (HARIDASAN, 1982).

É comprovado que em ambientes pobres em nutrientes há maior alocação de matéria seca para as raízes em detrimento da parte aérea (MOONEY, 1972; CHAPIN, 1980), o que também levaria a uma razão raiz:parte aérea alta (WILSON, 1988). Com o aumento de nutrientes, a proporção de biomassa da raiz pode diminuir em relação à parte aérea; mas os padrões variam de espécie para espécie (VAITKUS *et al.*, 1993). Aumentando a disponibilidade de nitrogênio, ocorreria uma mudança na força de dreno interno com conseqüente alocação de carbono para a parte aérea (CROMER & JARVIS, 1990).

Com aumento de nitrogênio disponível no solo, há maior incorporação desse elemento em proteínas solúveis, como a ribulose bisfosfato carboxilase (RUBISCO), e há aumento no conteúdo de clorofila, tornando as plantas capazes de utilizar a energia luminosa mais eficientemente, aumentando a taxa fotossintética (LIU & DICKMANN, 1992).

Para verificar o efeito das condições nutricionais do substrato sobre o crescimento inicial de espécies arbóreas de cerrado, alguns estudos feitos com adição de solução nutritiva podem ser citados. PAULILO & FELIPPE (1994) verificaram um aumento no conteúdo de açúcares nos cotilédones durante o crescimento inicial de *Qualea grandiflora*, em terra de cerrado, indicando que o produto da fotossíntese não estava sendo prontamente distribuído pela planta; ao mesmo tempo, verificaram uma queda no conteúdo de proteínas, sugerindo deficiência de nitrogênio, o que teria contribuído para o crescimento lento. O alongamento da raiz de *Q. grandiflora* foi maior em condições naturais do que em casa de vegetação, em função da menor irrigação no primeiro caso, o que teria atrasado a emergência de folhas, constituindo a raiz, o principal dreno. De acordo com PAULILO (1991), o crescimento lento desta espécie seria também conseqüência do teor baixo da

enzima de carboxilação (RUBISCO), resistência à difusão de gases através das folhas e produção e expansão foliares baixas.

SASSAKI & FELIPPE (1992c) verificaram que plantas de *Dalbergia miscolobium* permanecem por muito tempo com os cotilédones e que a remoção precoce (4, 7 ou 10 dias após o início da embebição) dos mesmos pode afetar muito mais o crescimento do que a remoção em idades mais avançadas. Os autores verificaram que a adição de solução nutritiva não substituíam os cotilédones removidos, sugerindo uma adaptação da espécie em depender dos seus próprios órgãos de reserva na fase inicial do desenvolvimento, que ocorre num local de deficiência nutricional. Plântulas de *Dipteryx alata*, outra espécie de cerrado, também permanecem por muito tempo com os cotilédones (MELHEM, 1975), assim como *Qualea cordata* (GODOY-AVEIRO & FELIPPE, 1992).

GODOY-AVEIRO & FELIPPE (1992) não encontraram efeito promotor no crescimento com a adição de solução nutritiva em *Qualea cordata*. Na verdade, foi verificado um efeito inibidor maior com soluções nutritivas mais concentradas. O mesmo foi verificado por FELIPPE & DALE (1990) em *Qualea grandiflora* cultivada em condições controladas, por um período longo (213 dias). De acordo com os autores, quando as plântulas eram cultivadas em areia lavada, a adição de solução nutritiva de Hoagland, mesmo diluída 10 vezes, forneceria uma concentração de fósforo acima da encontrada nos solos de cerrado, o que seria tóxico para a espécie adaptada a esta condição, sendo o conteúdo de fósforo nos próprios cotilédones suficiente para o seu crescimento inicial. Entretanto, quando as plântulas foram crescidas por apenas 80 dias em terra de cerrado, a adição de nutrientes aumentou em 80% a massa da matéria seca da raiz (PAULILO & FELIPPE, 1995).

O efeito de nutrientes foi também estudado utilizando-se solos mais ricos. MELHEM (1975) verificou que sementes da espécie de cerrado *Dipteryx alata*, tinham germinação limitada em solo de mata, provavelmente por ser um solo com muita matéria orgânica, rico em microrganismos, onde as plântulas sobreviventes cresciam tanto quanto em solo de cerrado se colocados com a radícula já desenvolvida (mais de 5mm).

Os fatores hídricos e edáficos parecem ser os maiores determinantes do crescimento de plantas em regiões de cerrado, mas outros fatores como a temperatura e a luz podem estar determinando os padrões de desenvolvimento.

Ainda não existem trabalhos, com espécies de cerrado, abrangendo aspectos desde a maturação das sementes até o estabelecimento de plântulas a partir das mesmas, associando o seu desenvolvimento com os fatores do meio ambiente. OLIVEIRA & SILVA (1993), acompanharam a reprodução e o estabelecimento de plântulas em duas espécies de cerrado (*Kielmeyra coriacea* e *K. speciosa*), monitorando a sua sobrevivência ao longo do tempo.

É objetivo do presente trabalho o estudo dos processos envolvidos na formação das sementes e dos aspectos do estabelecimento das plântulas a partir dessas sementes em *Dalbergia miscolobium*, uma papilionácea de porte arbóreo dos cerrados. Dentro deste aspecto, o trabalho visa investigar o sistema reprodutivo da espécie, com estudos da polinização, desenvolvimento de tubos polínicos, formação de embriões, até a maturação das sementes. Numa segunda etapa, pretende investigar os processos de germinação e emergência de plântulas visando conhecer as adaptações apresentadas pela espécie para o estabelecimento nas condições vigentes nos cerrados.

*D. miscolobium* é uma árvore de grande representatividade nos cerrados brasileiros, podendo ser economicamente aproveitada tanto para obtenção de madeira como para uso ornamental (LORENZI, 1992). Assim, *D. miscolobium* pode ser uma espécie de grande potencial para programas de preservação e recuperação de áreas de cerrado. Para isso, são de fundamental importância os estudos propostos neste trabalho.

# MATERIAL E MÉTODOS

## 1. MATERIAL VEGETAL E

### LOCAIS DE REALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS

O material de referência da espécie arbórea dos cerrados *Dalbergia miscolobium* Benth. aqui estudada está depositado no herbário da Universidade Estadual de Campinas (col. R.M. Sasaki, s/n; UEC 26.059).

Alguns trabalhos de fisiologia já foram realizados com exemplares desta espécie do mesmo local (Itirapina, SP), mas na época dessas publicações, a espécie havia sido denominada de *Dalbergia violacea* (Vog.) Malme (ARASAKI & FELIPPE, 1987) ou *Dalbergia dolichopetala* (MONTEIRO *et al.*, 1987, 1988a, 1988b; OSTIN *et al.*, 1992). Na revisão do gênero *Dalbergia*, que pode ser vista em CARVALHO (1989), é mantida a denominação *D. miscolobium* Benth.

No presente trabalho, o acompanhamento da frutificação foi feito numa região de cerrado, ao longo da estrada antiga para a cidade de Itirapina, SP, de janeiro a maio de 1992 e 1993. A análise do material coletado foi feita no laboratório de microscopia da Universidade de Saint Andrews, Saint Andrews, Escócia. Os experimentos de fisiologia foram realizados na Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, no Instituto Agrônomo de Campinas (Campinas, SP: 22°54'S, 47°5'W, 669m), no Instituto de Botânica de São Paulo (São Paulo, SP: 23°33'S, 46°37'W, 756m) e na Estação Experimental de Itirapina (Itirapina, SP: 22°16'S, 47°37'W, 759m). Quando o experimento foi realizado somente na UNICAMP, a localização não foi mencionada no texto.

## **2. ACOMPANHAMENTO DO DESENVOLVIMENTO E DA MATURAÇÃO DE FRUTOS E SEMENTES**

As árvores com ramos de acesso fácil foram marcadas com números de identificação. Foi possível identificar os botões na véspera da antese, quando foram, então, marcados com linha de bordado para a realização dos diferentes tratamentos para acompanhamento da frutificação até a maturação. Cada inflorescência foi marcada com etiqueta plástica numerada. O monitoramento foi feito em intervalos de dois a 15 dias (dependendo do período), através das análises de tubos polínicos e embriões formados e da contagem do número de frutos formados até a maturação. Foi considerado fruto maduro aquele que passou da cor verde à coloração marrom.

Para as análises, foram feitas coletas, em intervalos de dois ou mais dias, de pistilos ou frutos jovens, os quais foram fixados em solução de FAA. O fixador foi preparado segundo SASS (1951) com 50ml de etanol 95%, 5ml de ácido acético glacial, 10ml de formaldeído 37% e 35ml de água destilada.

### **2.1. Polinizações manuais**

Para tentar identificar o sistema reprodutivo da espécie, inflorescências que ainda não apresentavam flores abertas foram selecionadas e os botões em pré-antese marcados para identificar os diversos tratamentos, em 4 árvores. As inflorescências, inclusive as utilizadas como doadoras de pólen, foram protegidas com sacos de tecido sintético branco que permitiam a passagem de ar, luz e água. Foram feitas polinizações manuais no dia da antese, quando as anteras liberavam os grãos de pólen, através do contato de uma antera madura com o estigma da flor receptora, utilizando uma pinça de ponta fina. Para isso, as anteras foram previamente coletadas das flores protegidas; para a realização da polinização, forçou-se a abertura da carena e da quilha com o auxílio de uma pinça tornando o estigma

exposto, onde foi depositado pólen de pelo menos duas anteras (de árvores diferentes), através de um leve contato entre a antera e o estigma, que acabava por ficar amarelado. Após a polinização, as inflorescências foram novamente ensacadas para evitar a contaminação por insetos. Os vários tratamentos foram feitos em flores diferentes da mesma inflorescência:

- a. polinização cruzada: polinização utilizando-se pólen proveniente de flores de outras plantas localizadas a uma distância mínima de 1km (126 flores);
- b. autopolinização: polinização com pólen de outras flores da mesma planta (95 flores);
- c. sem polinização: para verificar a ocorrência ou não de autopolinização espontânea (94 flores).

No ano seguinte, foram utilizadas outras 5 árvores e em cada inflorescência foi feito um tipo de tratamento:

- a. polinização cruzada (49 flores);
- b. autopolinização (88 flores);
- c. sem polinização manual, com remoção das anteras: feita para verificar a ocorrência ou não de agamospermia (18 flores);
- d. sem polinização manual (60 flores);
- e. sem polinização manual, tocando-se as pétalas, na região de pouso dos insetos, com uma pinça: para verificar se somente o pouso de um inseto, mesmo sem tocar nas anteras, poderia efetivar a fecundação com o pólen da própria flor (30 flores).

## **2.2. Análise de frutos polinizados naturalmente**

Foi feita uma contagem do número de frutos produzidos em relação ao número de botões marcados (dia da antese conhecido) e o número total de botões da inflorescência, utilizando-se 4 árvores no primeiro ano e três no ano seguinte (sempre árvores diferentes das utilizadas nas polinizações manuais). A formação de frutos, neste caso, foi resultado da

polinização natural. O acompanhamento foi feito também em termos de matérias fresca e seca (após secagem a 80°C por 48 horas) durante a maturação dos frutos (a partir do período que atingiram o comprimento máximo, sendo chamada de data 0 o dia da primeira coleta). As análises das massas foram feitas em 15 sementes e 15 legumes (frutos sem as sementes) a cada coleta. A partir desses dados foi calculado o teor de umidade (T.U.) ao longo do desenvolvimento e maturação dos frutos (isoladamente para o legume e para a semente), de acordo com a fórmula:

$$\text{T.U.} = \frac{M_f - M_s}{M_f} \times 100, \text{ em \%}$$

Onde:

$M_f$  = massa da matéria fresca, em mg

$M_s$  = massa da matéria seca, em mg

Foram feitas ainda extrações de clorofilla do legume e da semente, a cada coleta, até a maturação; foram utilizadas 5 repetições de 5 a 10 discos (9mm de diâmetro) do legume ou de uma semente cada (cortada em pedaços pequenos). Cada repetição foi colocada em tubo de ensaio contendo 5ml de etanol 80%. Os tubos foram mantidos em banho-maria a 80°C por 45 a 60 minutos antes das leituras das absorvâncias a 645 e 663nm em espectrofotômetro (somente nas três últimas coletas os tubos foram mantidos a 80°C por 60 minutos). Após a leitura, a solução foi descartada e o material foi seco a 80°C por 48 horas para obtenção da massa da matéria seca. A concentração de clorofila total (C) foi calculada através da equação de ARNON (1949):

$$C = \frac{(20,2 \times DO_{645}) + (8,02 \times DO_{663})}{\text{massa} \times 1000\text{ml}} \times \text{volume, em mg.g}^{-1} \text{ de matéria seca}$$

Onde:

$DO_{645}$  = absorvância a 645nm

$DO_{663}$  = absorvância a 663nm

volume = volume de etanol 80% utilizado para extração, em ml

massa = massa da matéria seca, em g

A cada coleta, foi também verificada a germinação das sementes recém-coletadas (três repetições de 20 sementes), utilizando-se a metodologia apresentada em SASSAKI & FELIPPE (1992b), modificada. As sementes foram colocadas para germinar (após os frutos atingirem massa constante à temperatura ambiente) em placas de Petri de 9cm de diâmetro com duas folhas de papel de filtro umedecidas com água destilada, a 25°C, sob luz fluorescente branca constante. O acompanhamento foi feito até a germinação máxima constante ou até que a maioria das sementes estivesse contaminada por fungos.

*D. miscolobium* apresenta apenas dois óvulos em cada ovário, o qual se desenvolve em legume. Para verificar se houve desenvolvimento de ambos os óvulos, frutos jovens foram analisados quanto ao desenvolvimento das sementes. Amostras de frutos em diferentes fases de desenvolvimento foram coletadas ao acaso e separadas em 7 classes de comprimento (de 16 a 55mm), tendo cada classe 20 frutos. Dentro de cada classe, os frutos foram separados de acordo com a posição da semente em desenvolvimento. O tamanho da semente foi usado como critério para classificação: quando ambas apresentavam o mesmo tamanho, de coloração clara, túrgidas, as duas foram consideradas em desenvolvimento; quando uma era escura e pequena, a outra foi considerada em desenvolvimento. Assim, os frutos foram classificados em:

- a. apical (semente maior localizada próximo ao estilete);
- b. basal (semente maior localizada próximo ao pedúnculo);
- c. ambas (as duas sementes com o mesmo tamanho, túrgidas).

Além disso, foram obtidas medidas de comprimento de 127 frutos jovens coletados ao acaso, bem como de suas sementes (sob microscópio estereoscópico, com uma lâmina micrométrica) para verificar a correlação entre o desenvolvimento dos frutos (comprimento do legume) e das sementes.

Para verificar as possíveis causas do aborto de frutos jovens ao longo do desenvolvimento, frutos jovens eliminados das árvores foram coletados ao acaso para análise de seu aspecto externo. Um total de 639 frutos foram separados em 4 classes de



comprimento (< 21, 21 a 35, 36 a 50 e > 50mm). Dentro de cada classe, os frutos foram classificados de acordo com o aspecto externo, em:

- a. fruto aparentemente normal;
- b. fruto danificado por insetos (porções predadas);
- c. fruto com manchas escuras, talvez causadas por fungos.

Após a maturação, em maio, os frutos foram coletados e 300 foram analisados quanto ao número de sementes e quanto à massa dos frutos e das sementes. Frutos maduros foram também analisados quanto ao seu aspecto externo e separados em:

- a. aparentemente normais (incluindo os frutos com porções predadas por insetos);
- b. perfurados (frutos com um ou mais pequenos furos causados por insetos, para deposição de ovos);
- c. com coloração escura e/ou de espessura muito fina (sem semente desenvolvida).

Os frutos aparentemente normais foram abertos e as sementes foram separadas em:

- a. aparentemente normais;
- b. manchadas ou totalmente escuras.

### **2.3. Análise de material fixado**

Para a observação dos tubos polínicos, o material fixado foi amolecido em solução de hidróxido de sódio 8M a 60°C por 5 minutos e lavado em água corrente; os óvulos (cuidadosamente removidos) e o pistilo foram corados com azul de anilina 1% (descolorido com fosfato de potássio 0,1M) e a preparação foi montada entre lâmina e lamínula, pressionando-se levemente, de acordo com MARTIN (1959). O exame foi feito ao microscópio de fluorescência, anotando-se a presença ou não de tubos polínicos no estilete, no ovário e em ambos os óvulos (ou sementes). As observações do desenvolvimento inicial do embrião foram feitas em cortes de pistilos e frutos jovens obtidos pelas técnicas de inclusão em parafina, segundo JOHANSEN (1940) e SASS (1951) e inclusão em resina,

segundo o protocolo da “LKB 2218-500 Historesin Embedding Kit”. Pistilos e frutos jovens, previamente fixados e medidos (comprimento), foram abertos e cortados de modo que os óvulos ou as sementes permanecessem num pequeno segmento da parede do ovário para a inclusão. Em resina, os cortes histológicos foram feitos em micrótomo rotativo com espessura de 2 a 5µm. Para inclusão em parafina, o material foi desidratado pela série butílica e os cortes histológicos (em micrótomo rotativo) foram obtidos com espessura variando de 9 a 12µm, que foram fixados em lâminas; após a desparafinização e hidratação, os cortes foram corados com safranina e “alcian blue” e novamente desidratados, sendo então, feita a montagem com euparal entre lâmina e lamínula.

### 3. GERMINAÇÃO DE SEMENTES

A dispersão em *D. miscolobium* ocorre com o fruto intacto contendo a(s) semente(s). Assim, foi analisada a germinação das sementes, sem remoção do fruto. Após 6 dias da coleta, os frutos foram colocados em placas de Petri (5 repetições de 10 frutos), sobre duas folhas de papel de filtro umedecidas com água destilada e mantidos à temperatura ambiente; foi considerada germinada a semente cuja radícula havia saído do legume.

Devido ao grande número de sementes manchadas ou escuras quando estas foram removidas dos legumes, foi verificada a sua viabilidade através da germinação, comparando-se à germinação das sementes aparentemente normais (claras e sem manchas), seguindo o método descrito no item 2.2.

Para verificar o efeito do tamanho das sementes sobre a germinação, elas foram separadas, de acordo com a massa (após atingirem massa constante a temperatura ambiente), em três classes (< 90mg, de 100 a 120mg e > 130mg) e colocadas para germinar em placas de Petri (5 repetições de 30 sementes). Sementes das três classes (20 sementes de cada classe) foram também submetidas ao teste do tetrazólio, sendo colocadas em solução

de tetrazólio (cloreto de 2,3,5 trifenil tetrazólio) 1% (DELOUCHE *et al.*, 1962) por 24 horas, a 30°C, no escuro. Outras 20 sementes de cada classe foram fervidas por 20 minutos antes de serem embebidas na solução de tetrazólio. Após a embebição, os tegumentos das sementes foram removidos e os eixos embrionários separados em corados e não corados sob microscópio estereoscópico. Os corados foram distribuídos em: vermelho intenso, vermelho muito claro, apenas a extremidade da radícula vermelha.

#### 4. CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS

Para o estudo do estabelecimento de plântulas em terra, foram utilizadas sementes de frutos coletados no cerrado de Itirapina, SP. Como substrato, foi utilizada terra do cerrado de Itirapina, do cerrado de Campininha (Moji Guaçu), da mata da fazenda Santa Genebra (Campinas) e da mata do Instituto de Botânica de São Paulo. Os dados da análise química dos substratos utilizados nos experimentos estão na tabela 1 e os da análise granulométrica estão na tabela 2. Neste trabalho, referiu-se ao substrato utilizado como terra.

Dependendo do experimento, foi verificada a sobrevivência das plântulas; o comprimento do caule e da raiz; o número de folhas; as massas das matérias fresca ou seca da raiz, do caule, das folhas, da parte aérea (caule + folhas), da plântula (raiz + parte aérea) e em alguns casos, dos cotilédones; a área foliar; a taxa líquida de troca de CO<sub>2</sub>; a condutância estomática; o potencial hídrico da folha; a taxa de transpiração; o conteúdo de carboidratos, nitrogênio e proteína estimada. Em alguns casos, foi determinada a velocidade de alongamento (em cm.dia<sup>-1</sup>) ou feitos outros cálculos derivados. As medidas foram feitas em 5 plântulas a cada coleta, com exceção de alguns experimentos, onde foi especificado o tamanho da amostra.

Para a realização dos experimentos, foram sempre utilizados vasos (18cm de diâmetro superior, 15cm de diâmetro basal e 15,5cm de profundidade) ou sacos plásticos pretos para plantio (diâmetro aproximado de 13cm e profundidade de 30cm), com furos na base.

Tabela 1. Análise química dos substratos utilizados nos experimentos de estabelecimento de plântulas de *D. miscolobium*.  
Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas do Instituto Agronômico de Campinas.

Origem do solo	P <sub>resina</sub> µg/cm <sup>3</sup>	M.O. %	I.A. pH CaCl <sub>2</sub>	K	Ca	Mg meq/100cm <sup>3</sup>	H+Al	SB	CTC	V %
Itirapina	2	0,7	4,1	0,01	0,1	0,1	2,3	0,2	2,5	8
Campininha	10	3,6	4,0	0,09	0,5	0,2	6,5	0,8	7,5	11
Santa Genebra*	19	3,0	5,8	0,35	5,1	1,3	2,5	6,7	9,3	72
Instituto de Botânica	25	6,4	5,1	0,28	5,7	1,0	3,4	7,0	10,4	67

Onde:

M.O. = matéria orgânica

I.A. = índice de acidez

H+Al = acidez potencial

SB = soma de bases

CTC = capacidade de troca catiônica: SB + (H + Al)

V = saturação de bases: SB/CTCx100

\* dados cedidos por R.P. Souza

Tabela 2. Análise granulométrica dos substratos utilizados nos experimentos de estabelecimento de plântulas de *D. miscolobium*.  
Seção de Pedologia do Instituto Agronômico de Campinas.

Origem do solo	Composição (%)			
	Argila	Silte	Areia fina	Areia grossa
Itirapina	12	2	55	33
Campininha	15	6	52	27
Santa Genebra	37	2	25	36
Instituto de Botânica	37	3	30	30

Para verificar a emergência de plântulas, foram realizados experimentos nos canteiros do Departamento de Fisiologia Vegetal da UNICAMP com frutos dispersos em maio. Foram preparados vasos com terra do cerrado de Itirapina, colocando-se 5 frutos (6 a 8 dias após a coleta ou armazenados por 4 meses) por vaso. Foram feitos 4 tratamentos de 20 vasos cada:

- a. frutos cobertos com terra, mantidos sob sombrite;
- b. frutos descobertos, mantidos sob sombrite;
- c. frutos cobertos com terra, mantidos sem sombrite;
- d. frutos descobertos, mantidos sem sombrite.

A tela sombrite utilizada permitia a passagem de 43,3% da radiação total e 43,9% da radiação fotossinteticamente ativa (medidas feitas com um sensor de quantum, modelo SKP 215, Skye Instruments). Não foi fornecida água, a não ser através da chuva. Foi feito acompanhamento semanal do número de plântulas emergidas e sobreviventes, por 350 dias. Considerou-se emergida aquela que apresentava uma parte verde visível através da casca do fruto ou fora da terra, no caso dos frutos cobertos com terra. Foram também observados periodicamente a altura das plântulas e o número de folhas. O experimento foi repetido no ano seguinte na UNICAMP e na Estação Experimental de Itirapina. Neste último caso, foram também colocados vasos sob a copa de uma árvore, através da qual a passagem de radiação total e fotossinteticamente ativa era de aproximadamente 8,4% e 3,8%, respectivamente. Os dados de temperatura e de chuva durante a realização destes experimentos estão nas figuras 1, 2 e 3.

Para o estudo da emergência de plântulas com adição controlada de água na terra, os frutos recém-coletados foram cobertos com terra e os vasos mantidos em casa de vegetação, onde o vidro permitia a passagem de 67,8% da radiação total e de 68,4% da radiação fotossinteticamente ativa. Neste caso, foi feito um acompanhamento semanal por 70 dias. Foram utilizadas terra do cerrado de Itirapina, da mata do Instituto de Botânica e da mata de Santa Genebra (10 vasos por tratamento):

- a. terra do cerrado de Itirapina + 50ml de água a cada três dias;
- b. terra do cerrado de Itirapina + 100ml de água a cada três dias;
- c. terra do cerrado de Itirapina + 200ml de água a cada três dias;
- d. terra do cerrado de Itirapina + 400ml de água a cada três dias;
- e. terra do cerrado de Itirapina + 200ml de água a cada 6 dias;
- f. terra do cerrado de Itirapina + 400ml de água a cada 12 dias;
- g. terra da mata de Santa Genebra + 200 ml de água a cada três dias;
- h. terra da mata do Instituto de Botânica + 200ml de água a cada três dias.

Foi ainda comparada a emergência da plântula a partir da semente contida no fruto com a da semente removida do fruto.

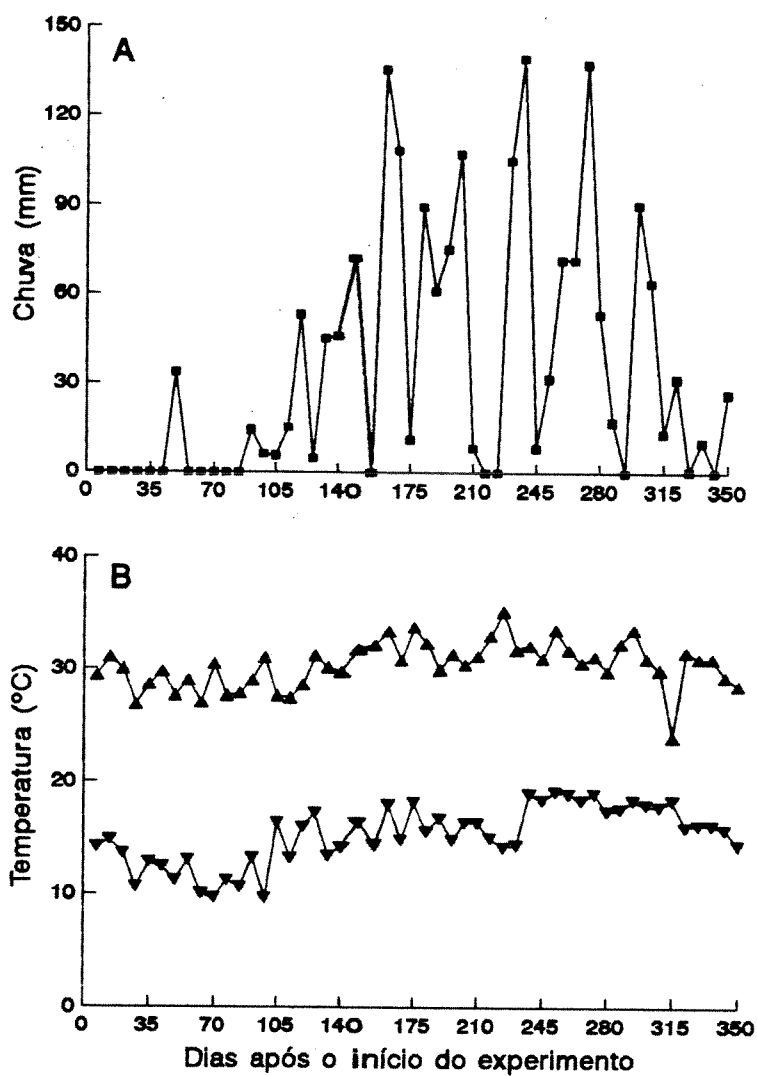


Figura 1. Dados de chuva e temperaturas máxima e mínima durante a realização do experimento de estabelecimento de plântulas de *D. miscolobium* em terra de cerrado, de maio de 1992 a maio de 1993, na UNICAMP.

■ chuva

▲ temperatura máxima

▼ temperatura mínima

Dados cedidos pela FEAGRI - UNICAMP.

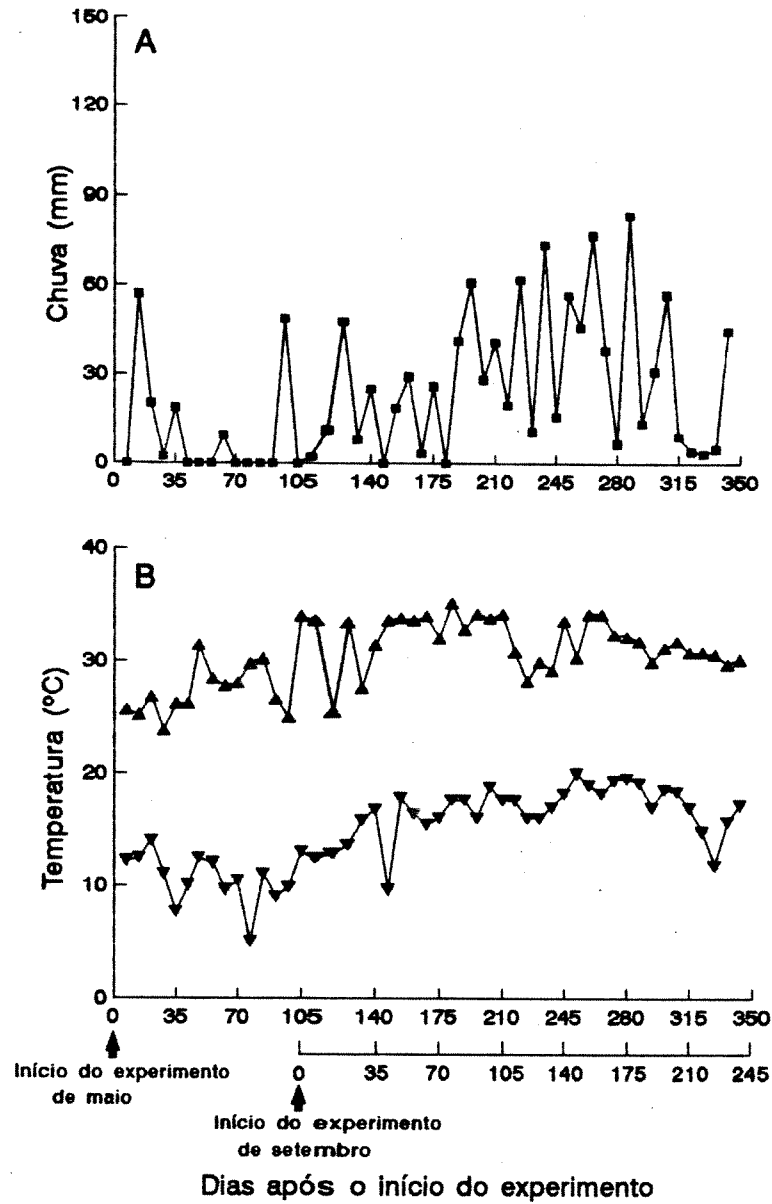


Figura 2. Dados de chuva e temperaturas máxima e mínima durante a realização do experimento de estabelecimento de plântulas de *D. miscolobium* em terra de cerrado, de maio de 1993 a maio de 1994, na UNICAMP.

■ chuva

▲ temperatura máxima

▼ temperatura mínima

Dados cedidos pela FEAGRI - UNICAMP.

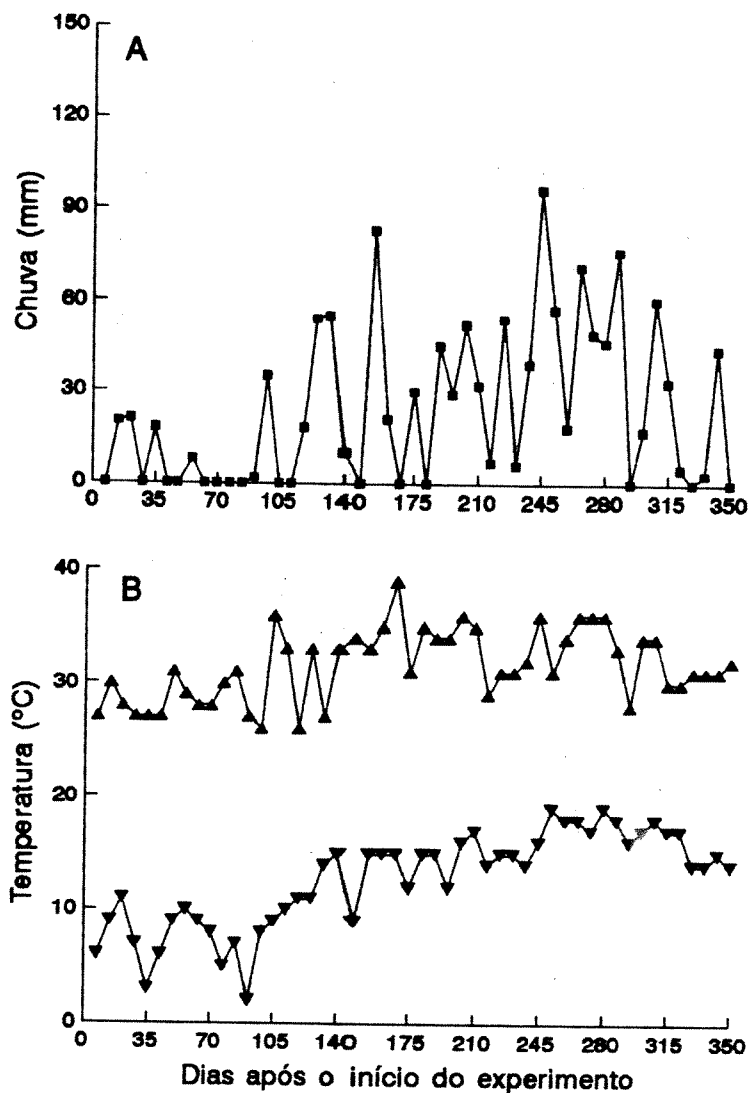


Figura 3. Dados de chuva e temperaturas máxima e mínima da região de Itirapina, SP, durante a realização do experimento de estabelecimento de plântulas de *D. miscolobium* em terra de cerrado, de maio de 1993 a maio de 1994.

■ chuva

▲ temperatura máxima

▼ temperatura mínima

Dados cedidos pela RIPASA S.A. Celulose e Papel.



Devido à baixa emergência de plântulas observada em terra da mata do Instituto de Botânica, esse parâmetro foi analisado em terra autoclavada para verificar a possibilidade de danos causados por microrganismos.

Para verificar o efeito de vários fatores sobre o estabelecimento de *D. miscolobium* no solo, foram utilizadas plântulas obtidas a partir da germinação de sementes (removidas dos frutos), em placas de Petri. Sete dias após o início da embebição das sementes, as plântulas foram transferidas para a terra. A idade das plântulas foi dada em dias após o início da embebição das sementes.

Para verificar se o tamanho da semente influenciava no estabelecimento e crescimento inicial da espécie, foram utilizadas sementes de três classes de massa (< 90mg, 100 a 120mg, > 130mg) e as plântulas (em sacos de muda com terra do cerrado de Itirapina) foram mantidas em canteiro sob tela de sombrite por cerca de um mês; após esse período a tela foi retirada. As plântulas foram regadas diariamente no início do experimento e duas vezes por semana após 30 dias.

O efeito do tipo de solo foi verificado em alguns experimentos, utilizando-se terra do cerrado de Itirapina e da mata do Instituto de Botânica. As plântulas, em sacos de muda, foram mantidas sob sombrite (por 30 dias) em canteiro, sendo regadas conforme a necessidade e o crescimento foi analisado ou no 94º dia do experimento (nas 6 plântulas maiores em termos de massa da matéria seca total) ou no 180º (nas 10 plântulas maiores), em dois experimentos diferentes. Foi feita ainda, uma comparação do estabelecimento de plântulas em diferentes tipos de solo em experimentos realizados no Instituto de Botânica de São Paulo e na UNICAMP: terra do cerrado de Itirapina, do cerrado de Campininha, da mata de Santa Genebra, da mata do Instituto de Botânica (12 vasos para cada tipo de terra, para cada localidade). No Instituto de Botânica os vasos foram mantidos em casa de vegetação sob luz contínua e na UNICAMP, o experimento foi feito em casa de vegetação sob condições naturais de luminosidade e em canteiro. Foi acompanhada a sobrevivência das plântulas crescidas na UNICAMP e as crescidas em casa de vegetação foram coletadas

e feita a comparação do crescimento entre os tratamentos (10 plântulas maiores, em termos de massa da matéria seca total, em cada tratamento).

Ainda com relação ao efeito do tipo de solo, o crescimento de plântulas foi acompanhado em terra do cerrado de Itirapina e da mata do Instituto de Botânica, com diferentes tratamentos de adição de água (8 sacos com 4 plântulas cada, por tratamento):

a. manutenção contínua em pratos contendo água e adição de 100 a 150ml de água diretamente na terra a cada dois dias;

b. manutenção contínua em pratos contendo água, sem adição de água na terra por cima (apenas subirrigação);

c. apenas adição de 100 a 150ml de água diretamente na terra, a cada dois dias.

A sobrevivência das plântulas foi acompanhada semanalmente por 126 dias, quando foram coletadas para obtenção das medidas de crescimento (das 10 plântulas maiores, em termos de massa da matéria seca total). Neste caso, o comprimento da raiz foi obtido apenas da porção espessada.

Para verificar o efeito da escassez de água em terra do cerrado de Itirapina sobre a condutância estomática, a transpiração e a fotossíntese, as plântulas crescidas em casa de vegetação por 200 dias em condições adequadas de umidade foram submetidas a tratamento de suspensão de água. O tratamento consistiu na adição de apenas uma porcentagem da água adicionada às plântulas controle (para obter uma faixa mais ou menos contínua de potenciais da água da folha). As medidas foram feitas em plântulas mantidas constantemente em terra úmida e em plântulas com suspensão de água, sob uma radiação fotossinteticamente ativa de aproximadamente  $620\mu\text{mol}$  de fótons. $\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ . No dia da realização das medidas, os vasos foram transferidos para uma câmara com radiação controlada. As medidas foram feitas em folhas totalmente expandidas, sem sinais de amarelecimento. Foi feito um teste anterior para verificar a radiação de saturação da fotossíntese, diminuindo-se a radiação com o uso de tela sombrite ou aumentando a radiação com a aproximação dos vasos à fonte de luz.

Para o estudo do efeito de nutrientes foi utilizada solução nutritiva de Hoagland (HOAGLAND & ARNON, 1938) modificada. Para o preparo de um litro de solução nutritiva foram utilizados 0,136g de fosfato de potássio bibásico, 1,180g de nitrato de cálcio tetrahidratado, 0,505g de nitrato de potássio e 0,492g de sulfato de magnésio heptahidratado. A cada litro dessa solução foi adicionado 1ml da solução estoque de micronutrientes (1000 vezes concentrada) e 1ml da solução de ferro. O estoque de micronutrientes constou de 0,715g de ácido bórico, 0,452g de cloreto de manganês tetrahidratado, 0,055g de sulfato de zinco heptahidratado, 0,020g de sulfato de cobre pentahidratado e 0,022g de ácido molibídico para cada 250ml de solução. A solução de ferro foi preparada dissolvendo-se 33,2g de etilenodiaminatetra-acetato dissódico ( $\text{EDTA Na}_2$ ) e 3,65g de hidróxido de sódio em um pouco de água destilada e adicionando-se 25g de sulfato de ferro II heptahidratado antes de completar para um litro. As plântulas foram crescidas em sacos de muda contendo terra do cerrado de Itirapina e colocadas em canteiro sob sombrite por 30 dias. Em um grupo de plântulas foi adicionada água e, em outro, solução nutritiva diluída 10 vezes. As adições (100ml por saco) foram feitas sempre que houve necessidade de rega. Assim, a frequência foi menor em dias chuvosos, e de um modo geral, as adições foram feitas duas vezes por semana (nos primeiros 30 dias a frequência de adição foi maior). Um outro experimento foi realizado em casa de vegetação, com adição controlada de água e de solução nutritiva em diferentes concentrações:

- a. concentração normal (n);
- b. diluída duas vezes (n/2);
- c. diluída dez vezes (n/10);
- d. sem solução nutritiva (controle, com água).

As adições foram feitas uma vez por semana, com 150ml por saco. As plântulas foram regadas com água quando necessário, evitando-se a rega nos dois dias anteriores e nos dois dias posteriores à adição de solução nutritiva.

Foi verificado ainda o efeito do fotoperíodo sobre o crescimento inicial das plântulas, em terra do cerrado de Campininha e da mata do Instituto de Botânica. Foram utilizados

fotoperíodos de 8, 12 e 16 horas, em que as plântulas receberam sempre 8 horas diárias de luz natural. A complementação foi feita com luz artificial de baixa intensidade com irradiância total de  $3,5\mu\text{mol}$  de fótons. $\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ . Os detalhes dos tratamentos fotoperiódicos podem ser vistos em KLEIN *et al.* (1992). Os experimentos foram realizados em duas épocas do ano, no outono (março a junho) e na primavera (setembro a dezembro), sendo a terra de mata utilizada como substrato apenas no outono. Em outro experimento, o crescimento foi comparado em terra de mata e de cerrado, em condição de luz contínua, no outono. Neste caso, as plântulas receberam luz natural por um período mais longo ou mais curto dependendo do fotoperíodo natural do dia, complementada por luz artificial, pois permaneceram sempre em casa de vegetação. As variações de temperatura nas duas épocas do ano, na casa de vegetação e nas câmaras de luz artificial estão na figura 4.

A massa da matéria seca foi obtida com uso de uma balança semi-analítica, após secagem das diferentes partes da plântula a  $80^{\circ}\text{C}$  por pelo menos 48 horas. A área foliar foi determinada utilizando-se uma câmera de vídeo acoplada a uma caixa de luz (Skye Instruments), através do "Leaf Area and Analysis Programme".

Os cálculos derivados, taxa média de crescimento relativo ( $\overline{\text{TCR}}$ ), taxa média de assimilação líquida ( $\overline{\text{TAL}}$ ), área foliar específica (AFE), razão de massa foliar (RMF) e razão de área foliar (RAF), foram feitos segundo WILLIAMS (1946) e BEADLE (1986), através das fórmulas:

$$\overline{\text{TCR}} = \frac{\ln M_2 - \ln M_1}{t_2 - t_1}, \text{ em } \text{mg}.\text{mg}^{-1}.\text{dia}^{-1}$$

$$\overline{\text{TAL}} = \frac{M_2 - M_1}{A_2 - A_1} \times \frac{\ln A_2 - \ln A_1}{t_2 - t_1}, \text{ em } \text{mg}.\text{cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$$

$$\text{AFE} = \frac{A_f}{M_f}, \text{ em } \text{cm}^2.\text{mg}^{-1} \text{ de matéria seca foliar}$$

$$\text{RMF} = \frac{M_f}{M_t}, \text{ em } \text{mg} \text{ de matéria seca foliar}.\text{mg}^{-1} \text{ de matéria seca da plântula}$$

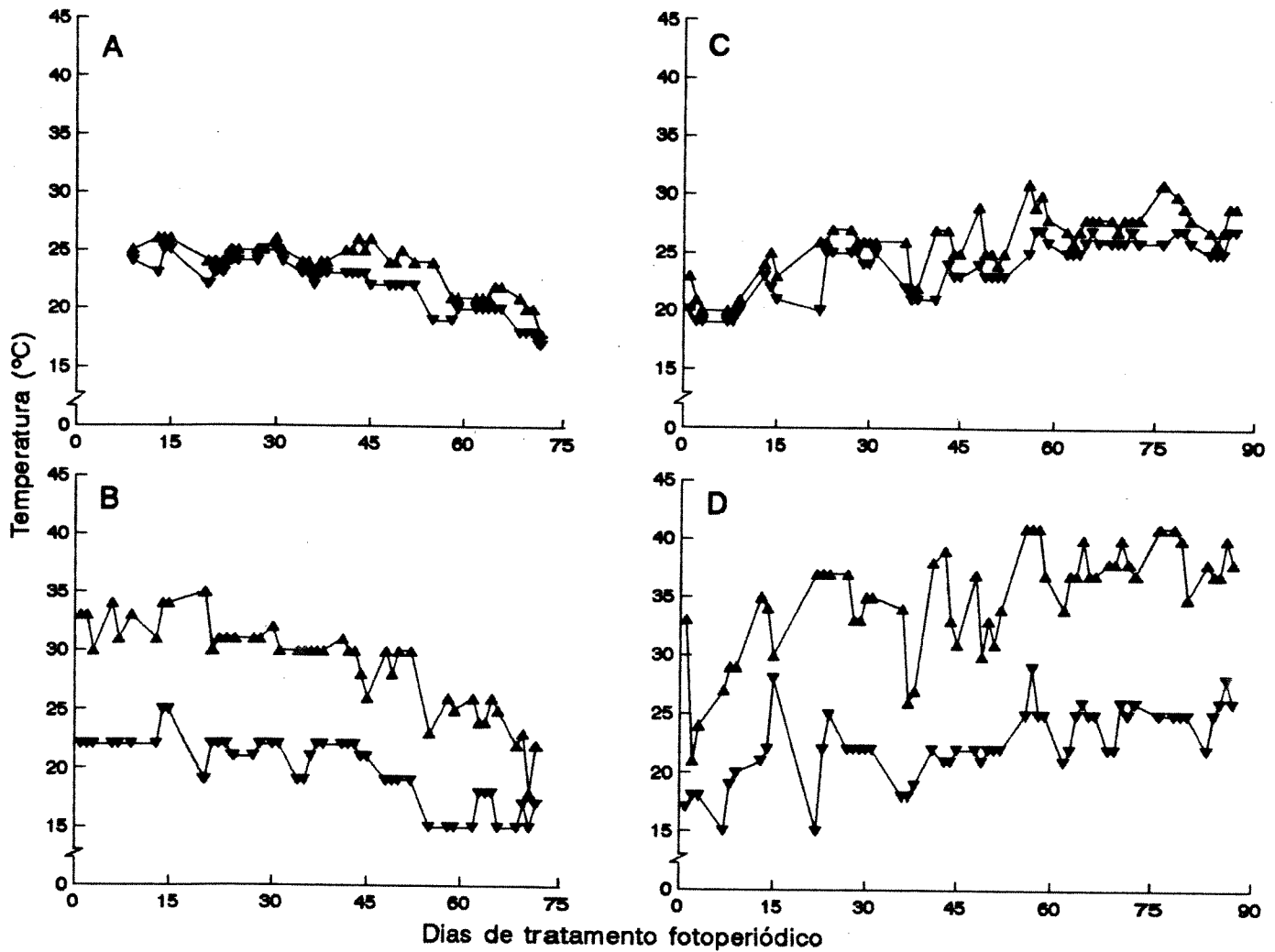


Figura 4. Variações de temperatura da casa de vegetação e das câmaras de luz artificial durante a realização dos experimentos de fotoperíodo, no outono (março a junho) e na primavera (setembro a dezembro).

- A. Câmara de luz artificial, durante o outono.
- B. Casa de vegetação, durante o outono.
- C. Câmara de crescimento, durante a primavera.
- D. Casa de vegetação, durante a primavera.

▲ temperatura máxima  
▼ temperatura mínima

$$\text{RAF} = \frac{A_t}{M_t}, \text{ em cm}^2 \cdot \text{mg}^{-1} \text{ de matéria seca da plântula}$$

Onde:

ln = logarítmo natural

$M_1$  = massa da matéria seca (em mg) no tempo  $t_1$  (em dias)

$M_2$  = massa da matéria seca no tempo  $t_2$

$A_1$  = área foliar total (em  $\text{cm}^2$ ) no tempo  $t_1$

$A_2$  = área foliar no tempo  $t_2$

$A_f$  = área foliar média (em  $\text{cm}^2$ )

$A_t$  = área foliar total por plântula (em  $\text{cm}^2$ )

$M_f$  = massa da matéria seca foliar (em mg)

$M_t$  = massa da matéria seca total da plântula (em mg)

Em apenas um caso foi calculada a  $\overline{\text{TCR}}$  ao longo do desenvolvimento. A taxa fotossintética média ( $\overline{\text{TF}}$ ) foi estimada a partir da taxa unitária foliar média,  $\overline{\text{TUF}}$  (BEADLE, 1986), através da fórmula:

$$\overline{\text{TF}} = \overline{\text{TUF}} \times K/H = \left( \frac{\ln A_2 - \ln A_1}{A_2 - A_1} \right) \times \left( \frac{M_2 - M_1}{t_2 - t_1} \right) \times K/H, \text{ em mg CO}_2 \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$$

Onde:

K = fator de conversão da quantidade de matéria seca em quantidade de  $\text{CO}_2$  absorvido, que equivale a 1,65 (SALISBURY & ROSS, 1978)

H = fotoperíodo, considerado ser de 12h, o que equivale ao valor médio aproximado para a latitude de  $22^\circ$  S (Smithsonian Meteorological Tables, Table 171, 6<sup>th</sup> ed., 1951)

A taxa média de crescimento absoluto ( $\overline{\text{TCA}}$ ) foi calculada de acordo com HUNT (1982) através da fórmula:

$$\overline{\text{TCA}} = \frac{M_2 - M_1}{t_2 - t_1}, \text{ em mg} \cdot \text{dia}^{-1}$$

A velocidade de alongamento foi determinada através do cálculo da inclinação da reta  
(b).

As medidas da taxa líquida de troca de  $\text{CO}_2$ , da condutância estomática e da taxa de transpiração foram feitas com um sistema portátil de medidas de fotossíntese (LI - 6200, LICOR, Inc.), sob condições controladas de luminosidade. O potencial hídrico da folha foi determinado com uma câmara de pressão (bomba de Scholander).

No caso dos carboidratos, a seqüência de extrações e dosagens utilizada foi a descrita por RANDI (1987), adaptada dos métodos de MCCREADY *et al.* (1950), BIELESKI & TURNER (1966) e SHANNON (1968). As extrações foram feitas separadamente da raiz e da parte aérea (caule e folhas). O material cuja massa da matéria fresca foi previamente obtida, foi macerado em uma solução de metanol, clorofórmio e água destilada (MCA 12:5:3 v/v) e os açúcares solúveis foram extraídos duas vezes em tubos de ensaio, centrifugando-se o material por 10 minutos a  $83\times g$ . Do resíduo desse processo foram extraídos os polissacarídeos solúveis em água com etanol 10%, centrifugando-se por duas vezes a  $83\times g$  durante 10 minutos. Em seguida, foram feitas duas extrações com ácido perclórico 30%, centrifugando-se por 10 minutos a  $83\times g$ , para obtenção de amido. Para a dosagem de açúcares solúveis, a 4ml da fração de MCA foram adicionados 1ml de clorofórmio e 1,5ml de água destilada, para a separação de fases: a fase superior (com metanol e água destilada) contendo os açúcares solúveis e a fase inferior (com clorofórmio) contendo os lipídios e os pigmentos. As dosagens foram feitas pelo método da antrona: a 1ml da fração a ser dosada, foram adicionados 2ml da solução de antrona, preparada com 200mg de cristais de antrona para cada 100ml de ácido sulfúrico 95%. A mistura foi agitada e aquecida a  $100^\circ\text{C}$  por 5 minutos e as leituras das absorbâncias foram feitas em espectrofotômetro a 620nm para três alíquotas de cada amostra. As concentrações de carboidratos foram obtidas através da curva padrão de glicose (dextrose anidra), utilizando-se concentrações de 10, 20, 30, 40 e  $50\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ . Os resultados obtidos nas frações de ácido perclórico 30% foram multiplicados por 0,9 para conversão a amido. Os valores obtidos da dosagens da fração de MCA e etanol 10% foram somados para obtenção do conteúdo de açúcares solúveis totais.

O conteúdo de nitrogênio total foi obtido separadamente para três amostras da raiz e três da parte aérea, pelo método de micro Kjeldahl, segundo UMBREIT *et al.* (1957). Para cada amostra foram utilizados 5mg do material previamente seco e moído, colocados em tubos de ensaio, onde foi adicionado 1ml de ácido sulfúrico 2N, preparado com  $0,2\text{g.l}^{-1}$  de sulfato de cobre e  $0,2\text{g.l}^{-1}$  de selenito de sódio. Os tubos foram cobertos com bolas de vidro e colocados para digestão por 12 horas no mínimo, a uma temperatura aproximada de  $115^{\circ}\text{C}$ . Após a digestão e esfriamento foram feitas as diluições necessárias e para cada 2ml da solução, foram adicionados seqüencialmente, 2ml da solução de Nessler (preparada com 4g de iodeto de potássio e 4g de iodeto de mercúrio dissolvidos em 25ml de água destilada, aos quais foram adicionados 1,75g de goma Ghatti dissolvida em 750ml de água destilada em refluxo, e completando-se para 1000ml com água destilada) e 3ml de hidróxido de sódio 2N. Após 15 minutos, a absorvância da solução foi lida em espectrofotômetro a 490nm e o conteúdo de nitrogênio calculado através da curva padrão de nitrogênio, preparada com solução de sulfato de amônia, contendo 10, 20, 30, 40 e  $50\mu\text{g}$  de nitrogênio. Para a estimativa do conteúdo de proteínas totais, os valores obtidos para os teores de nitrogênio foram multiplicados pelo fator 6,25.

## 5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para as análises dos dados, de acordo com o experimento, foram utilizados: teste-t, análise de variância simples, análise fatorial, cálculo do coeficiente de correlação (r), cálculo do limite de confiança (lc), de acordo com SNEDECOR (1962).

O teste-t foi feito para comparação entre dois tratamentos. Para comparação entre mais de dois tratamentos do mesmo tipo, foi utilizada a análise de variância simples. A comparação de dois tipos de tratamento (por exemplo, tipo de solo e quantidade de água; tipo de solo e fotoperíodo) foi feita pela análise fatorial, para verificar a existência de



interação entre eles. Em relação aos valores derivados ( $\overline{TCR}$ ,  $\overline{TAL}$  e  $\overline{TF}$ ), por serem calculados em função de medidas obtidas com destruição das plantas, não existe uma regra que seja totalmente aceitável para a sua análise estatística. Segundo POORTER & LEWIS (1986), qualquer forma de análise (ao acaso; com pareamento de dados em ordem crescente de massa seca; com pareamento de plantas no início do experimento de acordo com o tamanho) está sujeita a erros. No presente trabalho, a análise estatística para valores de  $\overline{TCR}$ ,  $\overline{TAL}$  e  $\overline{TF}$  foi feita em função da variação das medidas da segunda coleta ( $M_2$  e  $A_2$ ). Os resultados das análises foram representados nas figuras e tabelas através de letras. Diferenças significativas, ao nível de 5%, foram representadas com letras diferentes. Em alguns casos, foram calculados os limites de confiança ( $lc$ ) para efeito de comparação (por exemplo, massa das sementes, número de sementes, comprimento de frutos).

# RESULTADOS

## 1. BIOLOGIA FLORAL

Na área estudada, a floração de *D. miscolobium* teve início em meados de janeiro, nos dois anos de estudo.

A produção de flores foi mais baixa em 1993 do que em 1992. As árvores que produziram flores em 1992 não floresceram em 1993 (com algumas exceções) e as que floresceram, apresentaram um número reduzido de flores.

*D. miscolobium* é uma espécie hermafrodita, com flores pequenas, tipicamente papilionáceas, distribuídas em inflorescências (Figura 5) do tipo panícula (em axilas de folhas e em ramos terminais) e do tipo racemo (em axilas de folhas jovens, havendo desenvolvimento simultâneo da inflorescência e da folha). O número de botões por inflorescência foi muito variável: de 5 a 13 em racemos, chegando a mais de 100 em panículas.

Cada flor (Figura 6A) não ultrapassa 15mm em comprimento (medida tomada da base do cálice à extremidade do vexilo); o vexilo (Figura 6B) e as alas (Figura 6C) são de coloração violeta, e a carena (Figura 6D) apresenta-se esbranquiçada; o cálice (Figura 6E), cujas sépalas são unidas na base, é sempre verde.

A flor apresenta apenas um pistilo (Figura 6F) e o ovário é biovulado (Figura 6G), estando um óvulo próximo ao estilete (óvulo apical) e o outro mais próximo ao pedúnculo (óvulo basal); apresenta 10 estames, dos quais um se encontra separado do conjunto (Figura 6H).

Foi possível identificar os botões em véspera de antese, por apresentarem exposição de porções violetas das pétalas, em 2 ou 3mm (cerca de 1/3 do comprimento do botão), para

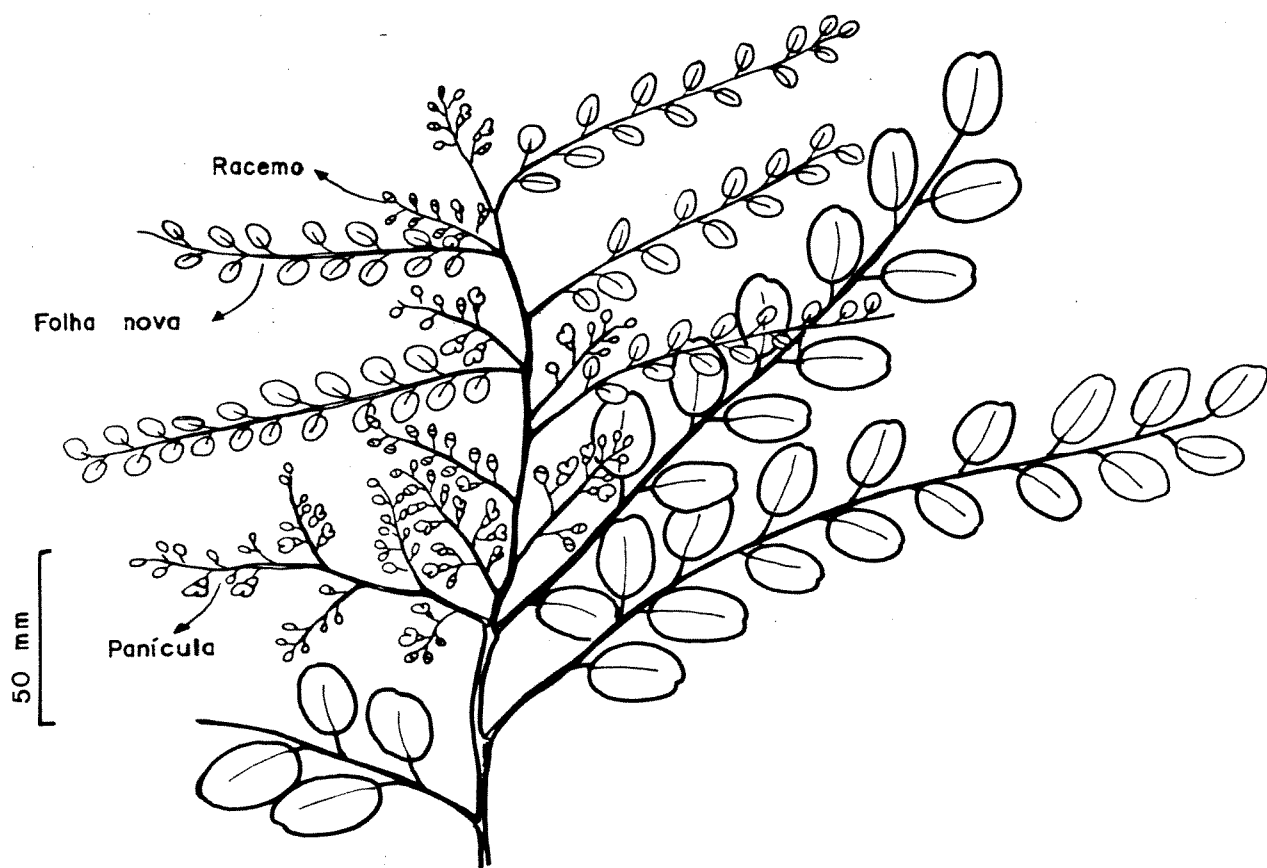
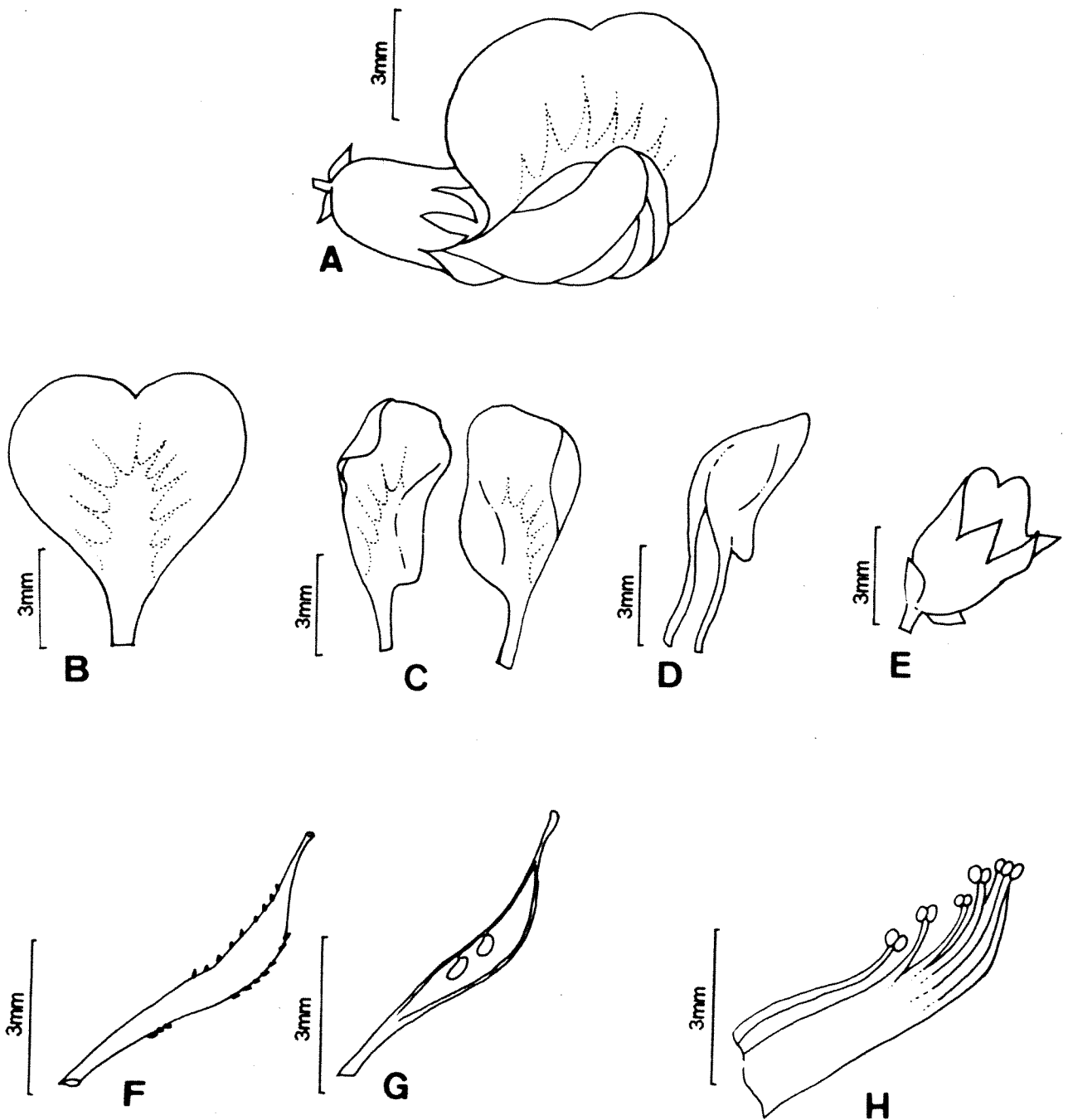


Figura 5. Aspecto geral de um ramo reprodutivo de *D. miscolobium*, mostrando a disposição de paniculas e racemos.



**Figura 6.** Esquema das partes florais de *D. miscolobium*

- A.** Flor intacta.
- B.** Vexilo.
- C.** Alas
- D.** Carena.
- E.** Cálice.
- F.** Pistilo
- G.** Corte longitudinal do pistilo, mostrando o ovário biovulado.
- H.** Estames

fora do cálice (Figura 7A). Nesse momento, os estames ainda se encontram com tamanho menor que o do pistilo, ficando o estigma sobressaído em relação às anteras (Figura 7B).

A antese ocorreu de manhã até aproximadamente 9:00 (no horário de verão). Na flor recém-aberta (Figura 7C), com o alongamento do filete, as anteras já se encontravam praticamente no mesmo nível do estigma (Figura 7D).

Dependendo das condições climáticas, a abertura das anteras já havia ocorrido no momento da antese, ou se não, ocorria logo em seguida. Dias quentes e secos favorecem a abertura das anteras e dias frios e chuvosos atrasam.

Não foi realizado acompanhamento da visita de polinizadores em flores de *D. miscolobium*. Apenas foi verificada a visita de abelhas (*Apis mellifera*), cujo pouso na flor se dava sobre as alas.

## 2. SISTEMA REPRODUTIVO

Para tentar identificar o sistema reprodutivo da espécie, a frutificação foi acompanhada a partir de flores polinizadas manualmente. Em 1992, houve danos nas inflorescências durante a manipulação (quebra do ramo) e perda de material por remoção do saco de proteção por vândalos; algumas flores foram perdidas sendo, portanto, desconsideradas. A análise foi feita a partir de 99 flores que sofreram polinização cruzada. Pelas mesmas razões, das 95 flores com autopolinização, apenas 83 foram acompanhadas durante a frutificação. Houve uma grande redução no número de frutos jovens nos primeiros 15 dias após a antese (Figura 8A), tendo sido a redução mais acentuada em frutos provenientes de flores autopolinizadas do que com polinização cruzada. Das flores com polinização cruzada, 30,3% produziram frutos maduros (aproximadamente 100 dias após a antese), enquanto que apenas 3,6% das flores autopolinizadas produziram frutos maduros.

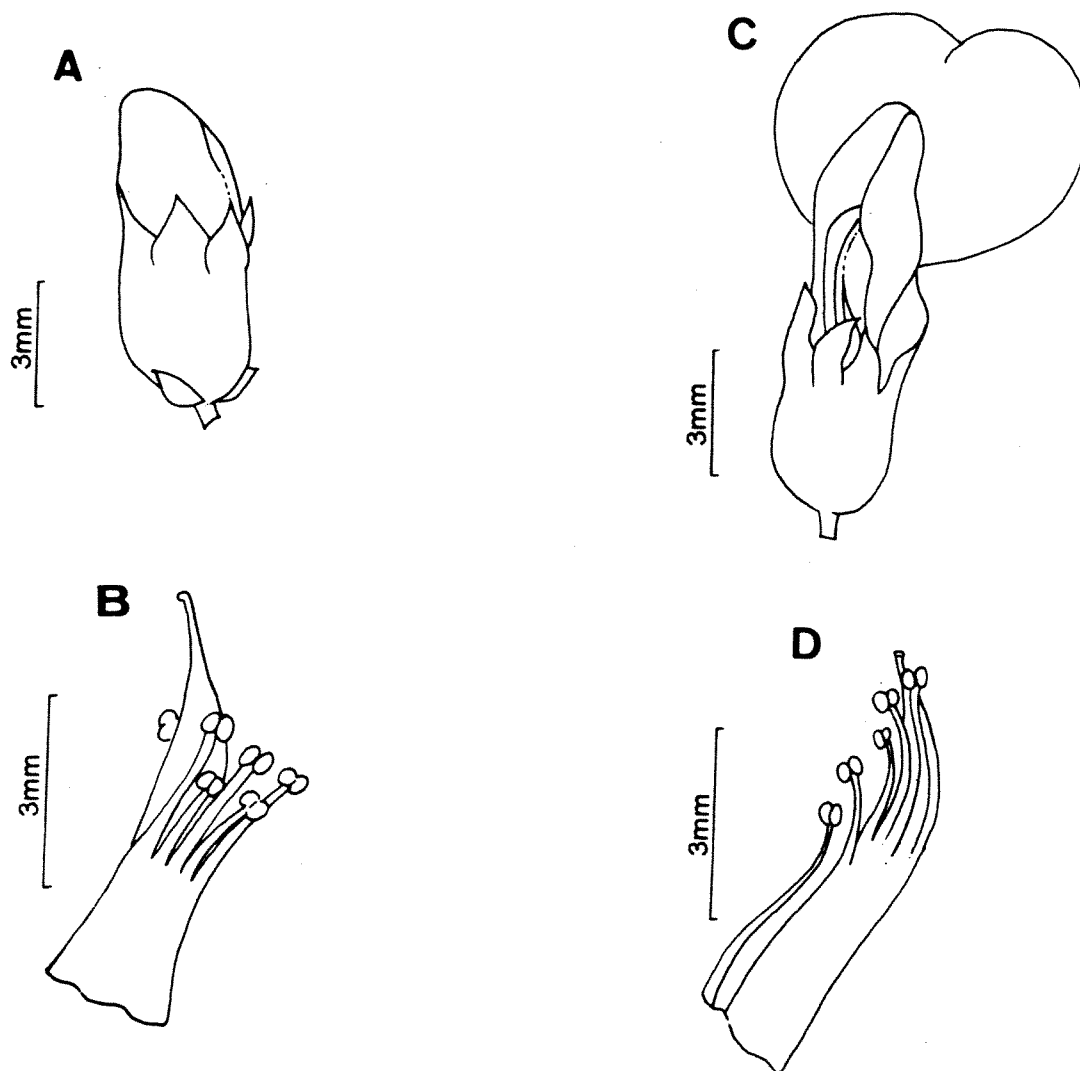


Figura 7 Esquema do botão em pré-antese e da flor recém-aberta de *D. miscolobium*.

A. Botão em pré-antese.

B. Disposição das anteras em relação ao pistilo, na pré- antese.

C. Flor, no dia da antese.

D. Disposição das anteras em relação ao pistilo, na antese.

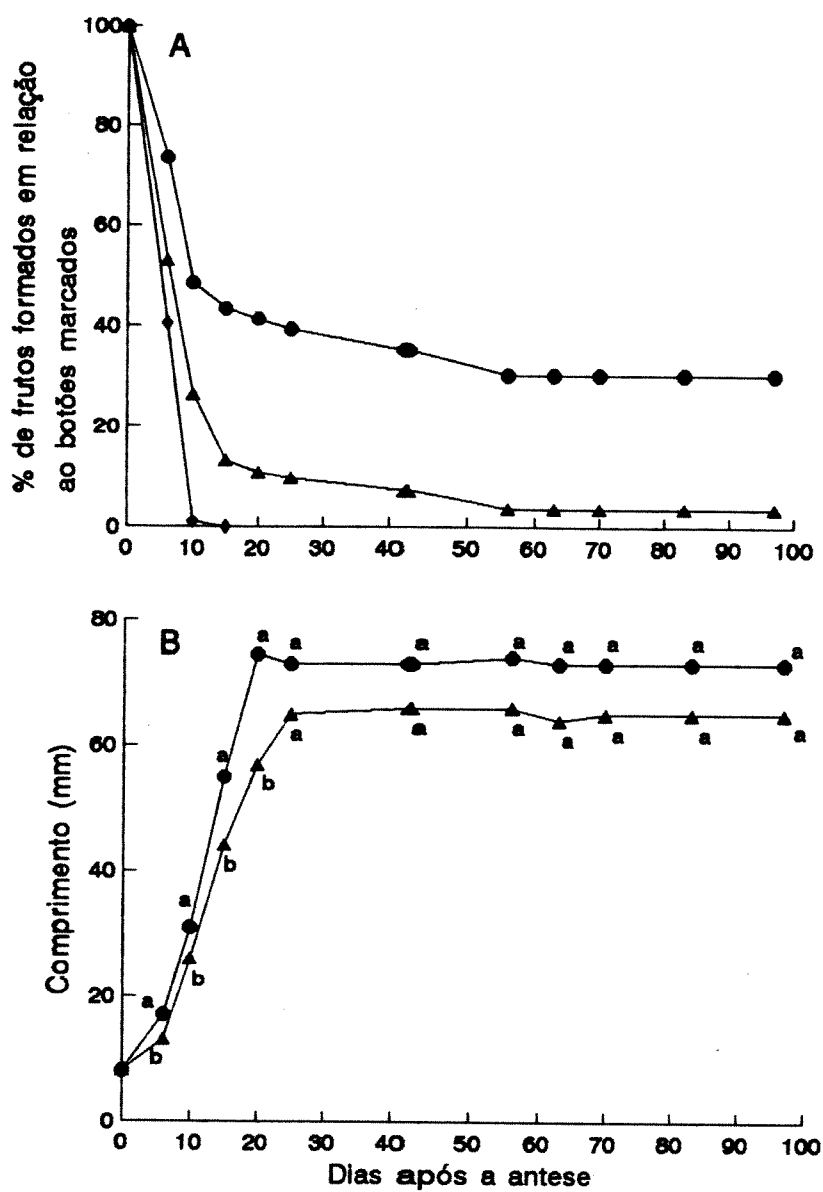


Figura 8. Frutificação de *D. miscolobium* a partir de flores sem polinização e polinizadas manualmente, em 1992, em termos de porcentagem e comprimento dos frutos.

A. Porcentagem de frutos em relação aos botões marcados.

B. Comprimento dos frutos

● flores com polinização cruzada.

▲ flores com autopolinização.

◆ flores sem polinização.

Letras comparam os dois tratamentos, a cada data, através do limite de confiança.

Esta última e baixa porcentagem foi atingida pela queda de frutos ao longo de praticamente todo o período de desenvolvimento. Flores não polinizadas manualmente não produziram frutos e até 10 dias após a antese haviam abscidado. A figura 8B mostra que frutos a partir de polinizações cruzadas apresentaram comprimento maior (pelo cálculo do limite de confiança) até o 20º dia após a antese, em relação aos frutos de flores de autopolinizações. Após esse período, o tamanho dos frutos foi estatisticamente semelhante em ambos os tratamentos.

Em 1993, também foi observado que as flores protegidas (flores não polinizadas manualmente), com ou sem remoção das anteras, sofriam queda não formando frutos. Quando as flores foram tocadas com pinça (simulando o pouso de um inseto) ou polinizadas com pólen da própria planta, produziram respectivamente 10,7 e 3,4% de frutos; 20,5% das flores polinizadas com pólen de flores de outras plantas produziram frutos maduros (Figura 9).

Através da microscopia de fluorescência observou-se que 24 horas após a polinização manual, os tubos polínicos haviam atingido o ovário, e que, 48 horas após, já haviam atingido os óvulos, penetrando a micrópila, tanto com autopolinização como com polinização cruzada (Figura 10). Pode ser visto na tabela 3 que, dos 31 pistilos (ou frutos jovens) de até 6 dias após a polinização cruzada, 8 apresentaram tubo polínico atingindo o óvulo apical e apenas um o óvulo basal; um pistilo apresentou tubo polínico nos dois óvulos. Em pistilos autopolinizados, foi somente observado tubo polínico atingindo o óvulo apical em dois dos 26 pistilos analisados (Tabela 3).

Cortes histológicos de pistilos coletados 24 horas após a polinização manual mostraram aspecto dos óvulos semelhante ao dos óvulos de flores recém-abertas (ver Figura 15). A análise de pistilos coletados 72 horas após a polinização cruzada ou a autopolinização mostrou, em alguns casos, um desenvolvimento diferenciado do óvulo apical em relação ao óvulo basal: o óvulo apical mostrou aparência de estar já fecundado, com núcleos do endosperma em divisão (vários núcleos), enquanto o óvulo basal



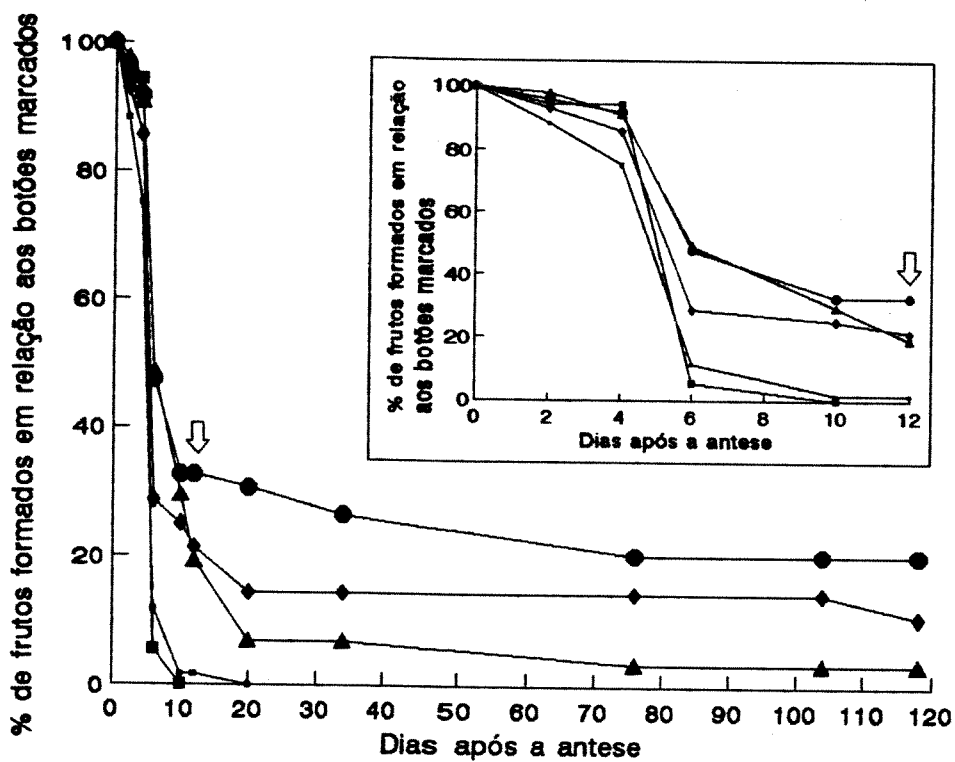
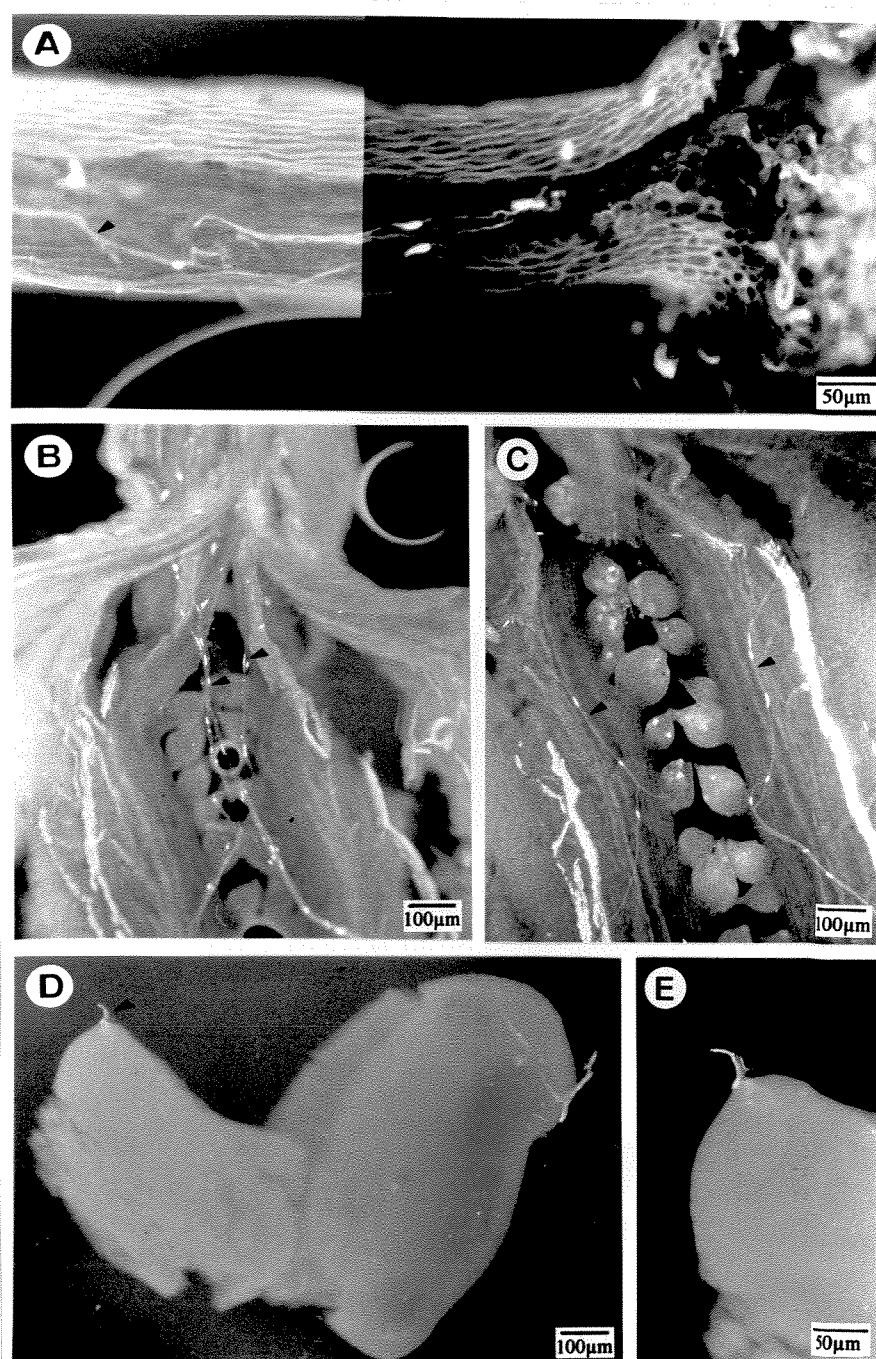


Figura 9. Frutificação de *D. miscolobium*, a partir de flores manipuladas, em 1993.

Acompanhamento feito para:

- flores intactas e protegidas
- ◆ flores tocadas com pinça no dia da antese e protegidas
- flores com remoção de anteras e protegidas
- ▲ flores autopolinizadas
- flores com polinização cruzada

A figura menor mostra, em detalhe, o acompanhamento feito até o 12<sup>o</sup> dia após a antese (representado pela seta na figura).



**Figura 10.** Observação sob microscopia de fluorescência da germinação de grãos de pólen e do desenvolvimento de tubos polínicos em pistilos de *D. miscolobium* de flores polinizadas manualmente.

**A.** Grãos de pólen germinando no estigma e tubos polínicos (setas) ao longo do estilete, 24h após a autopolinização.

**B.** Tubos polínicos (setas) chegando ao ovário, 24h após a polinização cruzada.

**C.** Tubos polínicos (setas) chegando ao ovário, 24h após a autopolinização.

**D.** Tubo polínico (setas) passando através dos tegumentos do óvulo e penetrando a micrópila, 48h após a polinização cruzada.

**E.** Detalhe do tubo polínico penetrando a micrópila, 48h após a polinização cruzada.

permaneceu com apenas um núcleo do endosperma (primário) e um nucléolo bastante evidente (Figura 11).

Tabela 3. Pistilos e frutos jovens de *D. miscolobium*, coletados periodicamente após as polinizações manuais, analisados através da microscopia de fluorescência quanto à presença de tubos polínicos atingindo os óvulos, apical ou basal.

Dias após a polinização	Número de pistilos ou frutos analisados	Polinização cruzada		
		Número de frutos com tubo polínico no óvulo		
		apenas apical	apenas basal	ambos
1	8	0	0	1
2	11	6	1	0
3	3	1	0	0
4	6	1	0	0
6	3	0	0	0
<b>Total</b>	<b>31</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Autopolinização				
1	5	1	0	0
2	5	0	0	0
3	5	1	0	0
4	7	0	0	0
6	4	0	0	0
<b>Total</b>	<b>26</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

No 4<sup>o</sup> dia após a polinização, já havia o início da formação do embrião e a partir desta data, verificou-se um rápido crescimento do mesmo (Figura 12) sendo, então, os pistilos (já frutos jovens) analisados quanto à presença ou não de embrião. Pela tabela 4 observa-se a presença de embrião em todos os frutos jovens coletados a partir do 4<sup>o</sup> dia após as polinizações cruzadas, sendo que, em alguns casos, havia embrião apenas na semente apical ou basal e, em outros, havia embrião em ambas as sementes. Das autopolinizações a partir do 4<sup>o</sup> dia, um fruto não apresentou embrião em desenvolvimento; embrião nas duas sementes foi observado em 5 frutos, e em três frutos, apenas na apical dos 12 analisados.

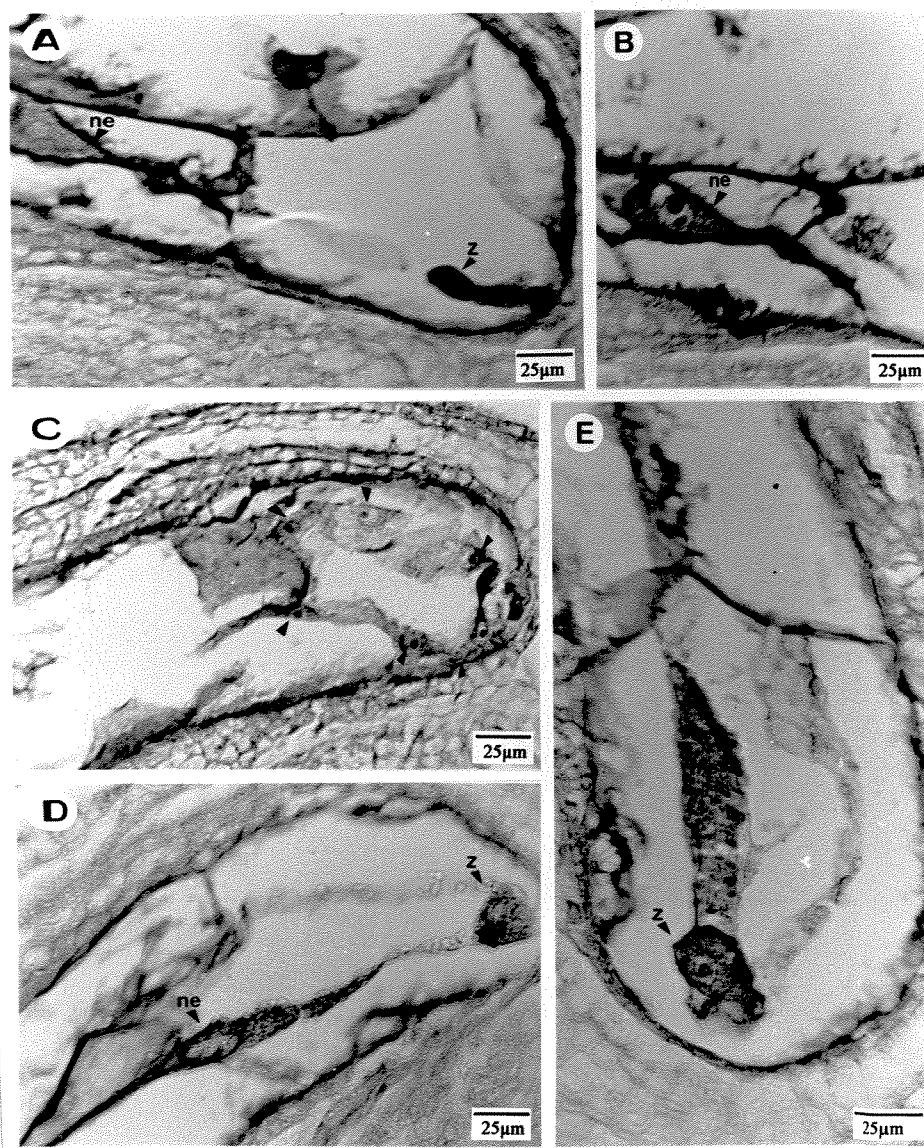


Figura 11. Cortes longitudinais, em parafina, de frutos de *D. miscolobium*, coletados 72 horas após as polinizações manuais.

**Polinização cruzada:**

A. Óvulo basal, mostrando o zigoto (z) e o núcleo da célula primária do endosperma (ne).

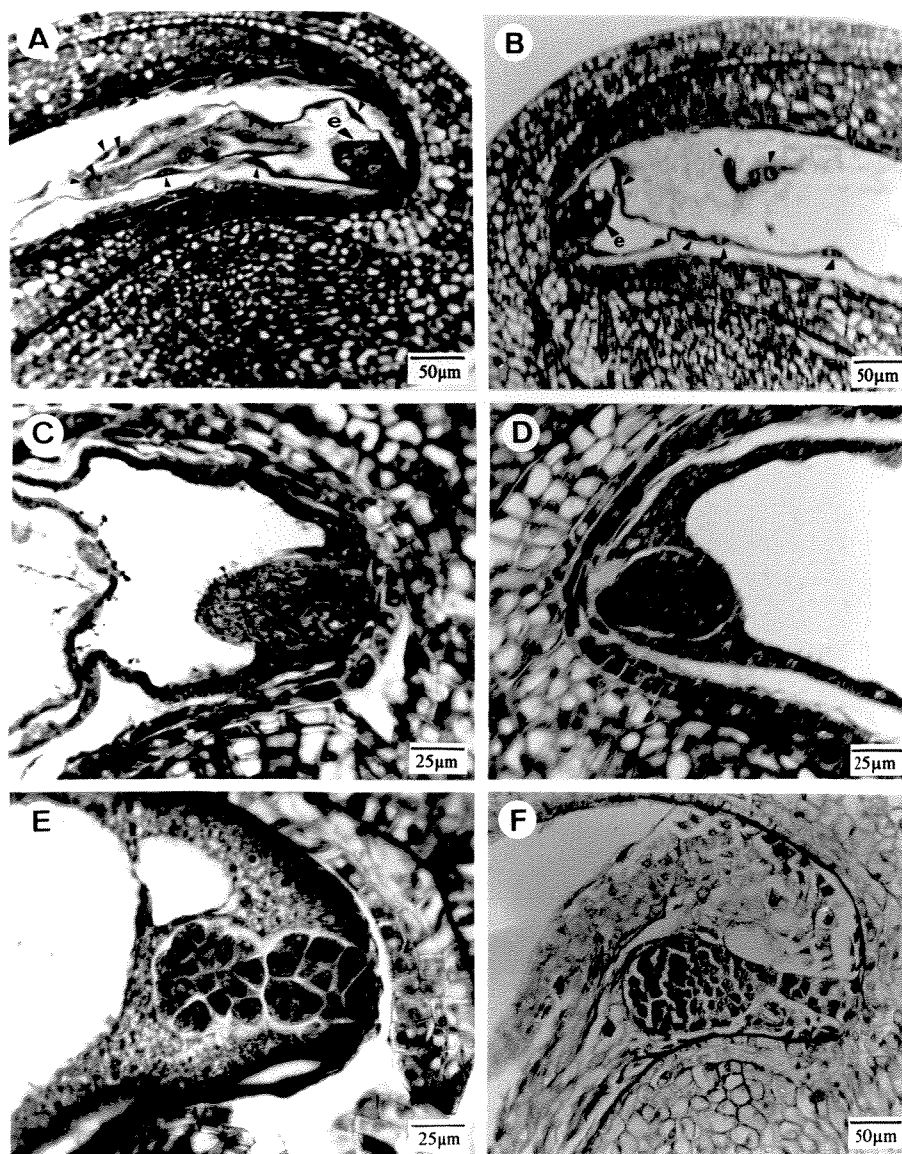
B. Óvulo basal (mesma seqüência de cortes do óvulo da foto anterior), mostrando o núcleo da célula primária do endosperma (ne), bastante evidente.

C. Óvulo apical, mostrando vários núcleos do endosperma (setas)

**Autopolinização:**

D. Óvulo basal, mostrando o zigoto (z) e o núcleo da célula primária do endosperma (ne).

E. Óvulo apical, mostrando o zigoto (z) e o núcleo da célula primária do endosperma (ne).



**Figura 12.** Cortes longitudinais de frutos jovens de *D. miscolobium*, coletados 4, 6, 10 e 16 dias após as polinizações manuais, mostrando o desenvolvimento de embriões.

**A.** 4 dias após a autopolinização, mostrando vários núcleos do endosperma (setas) e o embrião (e); corte em resina.

**B.** 4 dias após a polinização cruzada, mostrando vários núcleos do endosperma (setas) e o embrião (e); corte em resina.

**C.** 6 dias após a polinização cruzada manual; corte em resina.

**D.** 6 dias após a autopolinização manual; corte em resina.

**E.** 10 dias após a polinização cruzada manual; corte em resina.

**F.** 16 dias após a polinização cruzada manual; corte em parafina.

Tabela 4. Pistilos e frutos jovens de *D. miscolobium* coletados periodicamente após as polinizações manuais, analisados através de cortes histológicos quanto a presença de embrião nas sementes, apical ou basal.

Dias após a polinização	Polinização cruzada						
	Comprimento dos óvulos ou sementes (µm)		Número total de pistilos ou frutos analisados	Número de frutos com embrião na semente			
	apical	basal		apical	basal	ambas	
1	533	551	4	0	0	0	
2	726	744	2	0	0	0	
3	618	677	3	0	0	0	
4	744	744	2	0	0	2	
6	856	1174	3	0	2	1	
10	1714	1404	5	2	0	3	
16	-	-	1	1	0	0	
18	-	-	1	1	0	0	
<b>Total</b>			21	4	2	6	
Autopolinização							
1	530	578	2	0	0	0	
2	709	702	2	0	0	0	
3	581	670	3	0	0	0	
4	607	750	1	0	0	0	
5	1025	754	3	1	0	2	
10	1569	1639	4	1	0	1	
15	-	-	2	1	0	0	
18	-	-	2	0	0	2	
<b>Total</b>			19	3	0	5	

-: não foi possível obter a medida

### 3. PRODUÇÃO NATURAL DE FRUTOS

Em 1992 foram contados todos os botões e flores de várias inflorescências de 4 árvores. Já nos primeiros 5 ou 6 dias após os botões terem sido marcados, duas árvores perderam totalmente suas flores, predadas por coleópteros. Assim, a porcentagem de frutificação foi observada apenas nas duas outras árvores. O número de botões marcados na véspera da antese é apresentado na tabela 5. A produção de frutos foi acompanhada em relação ao número total de botões dos ramos das inflorescências e em relação ao número de

botões que sofreram antese. Na maioria dos casos, quase não havia flores abertas na inflorescência utilizada (Tabela 5), mas quando havia, os frutos formados a partir dessas flores foram também contados. Evidentemente, para frutos formados a partir dessas flores, não foi possível conhecer sua idade.

Tabela 5. Número de botões e flores marcados das inflorescências utilizadas para o acompanhamento da frutificação natural em *D. miscolobium*, no início do experimento.

Árvore	Inflorescência	Número	
		Flores abertas	Botões em pré-antese
1	1	0	4
	2	0	12
	3	0	19
	4	0	7
	5	0	11
	6	0	13
	7	1	19
	8	6	37
2	1	19	15
	2	12	30
	3	0	14
	4	10	11

Foi verificada uma grande redução (queda) no número de frutos jovens nos primeiros 15 dias após a antese e esta redução foi maior em relação ao número total de botões dos ramos do que em relação ao número de botões que efetivamente abriram, no caso da árvore 2 (Figura 13). Apenas 0,9% e 9,3% de todos os botões da amostra formaram frutos maduros nas árvores 1 e 2, respectivamente. Dos botões marcados (Tabela 5), 1,4% e 19,7% (árvores 1 e 2, respectivamente) formaram frutos maduros. Os frutos atingiram a maturidade (passaram a apresentar coloração marrom) aproximadamente 100 dias após a antese.

Em 1993 também foi verificada uma grande queda no número de frutos jovens nas duas primeiras semanas após a antese, havendo frutificação de 0, 5,1 e 7,1% das flores marcadas nas árvores 1, 2 e 3, respectivamente (Figura 14). Não foi calculada a frutificação em relação ao número total de botões das inflorescências.

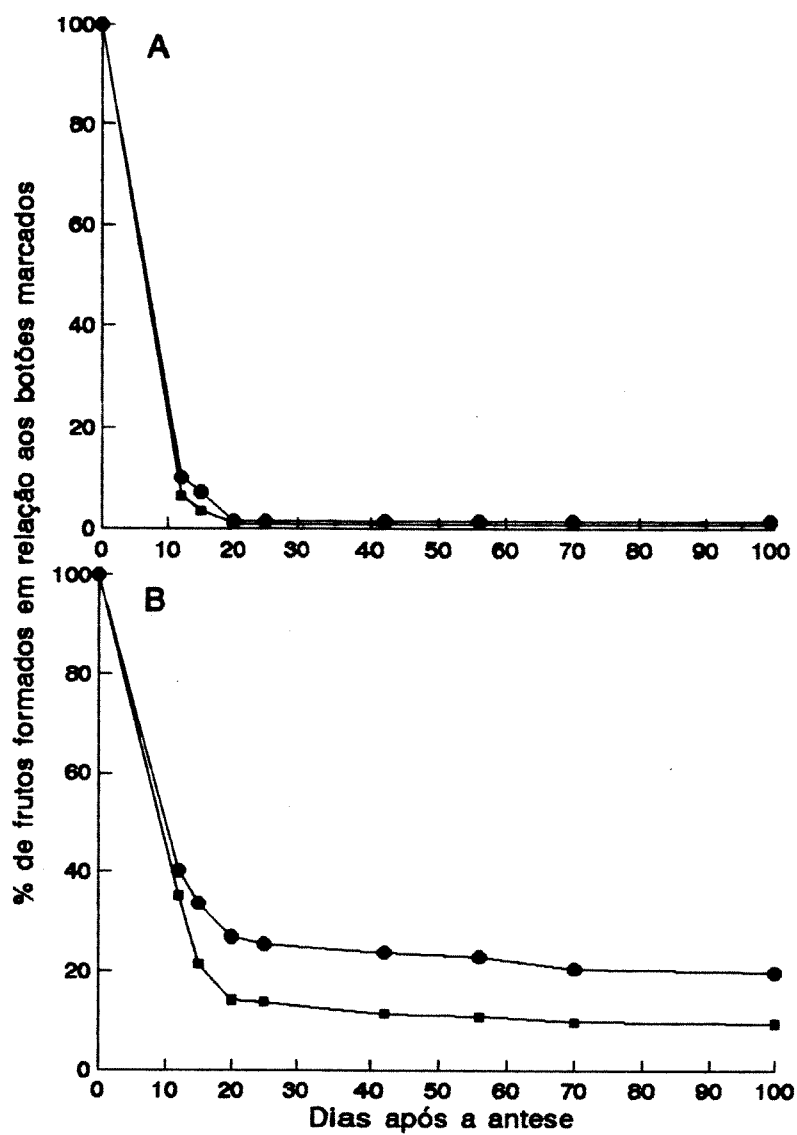


Figura 13. Frutificação de *D. miscolobium* a partir de flores polinizadas naturalmente, em 1992, nas árvores 1 (A) e 2 (B).

Contagem efetuada em relação a:  
 ● botões marcados na véspera da antese  
 ■ todos os botões da inflorescência



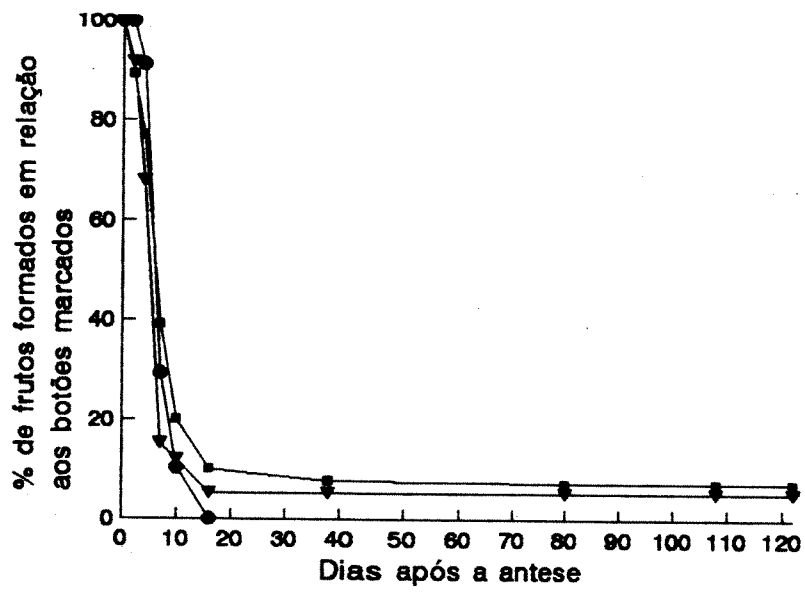


Figura 14. Frutificação de *D. miscolobium* a partir de flores polinizadas naturalmente, em 1993.  
 Contagem efetuada em relação às flores efetivamente abertas (botões marcados na véspera da antese).  
 ● árvore 1  
 ■ árvore 2  
 ▲ árvore 3

Foi analisado o crescimento de tubos polínicos em frutos (comprimento de até 17mm) coletados ao acaso das árvores e verificou-se, proporcionalmente, maior número de frutos com óvulo apical recebendo tubo polínico do que frutos com óvulo basal recebendo tubo (Tabela 6).

Tabela 6. Pistilos e frutos jovens de *D. miscolobium* coletados ao acaso das árvores, analisados através da microscopia de fluorescência quanto à presença de tubos polínicos atingindo os óvulos (ou sementes), apical ou basal.

Comprimento do pistilo ou fruto (mm)	Número de pistilos ou frutos analisados	Número de frutos com tubo polínico no óvulo ou na semente		
		apical	basal	ambos
8 (antese)	5	0	0	0
10	1	1	0	0
11	2	1	0	0
12	7	3	0	1
13	3	1	0	1
14	1	1	0	0
15	1	1	0	0
16	2	0	1	0
17	2	1	0	0
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

Através da observação da seqüência de cortes de pistilos de flores recém-abertas, verificou-se que, aparentemente, ambos os óvulos encontravam-se na mesma fase de desenvolvimento no dia da antese. Nesta fase, apresentavam as duas sinérgides e o núcleo primário do endosperma, com o nucléolo bem evidente, aproximando-se da célula ovo (Figura 15).

Da análise de cortes histológicos de 15 pistilos ou frutos jovens coletados ao acaso (Tabela 7), 4, com comprimento entre 13 e 18mm, apresentaram ambas as sementes com embrião; frutos maiores apresentaram embrião apenas na semente apical, sendo a basal escura e menor; flores recém-abertas não apresentaram embrião. Não foi possível obter bons cortes dos óvulos ou sementes que se apresentaram escuros e pequenos para a obtenção das medidas (mostradas na tabela com "-"). Apesar disso, foi possível observar que as medidas das sementes de frutos de 20 a 25mm coincidem com as medidas das sementes de frutos com 10 dias após as polinizações manuais (ver tabela 4), sendo o estágio

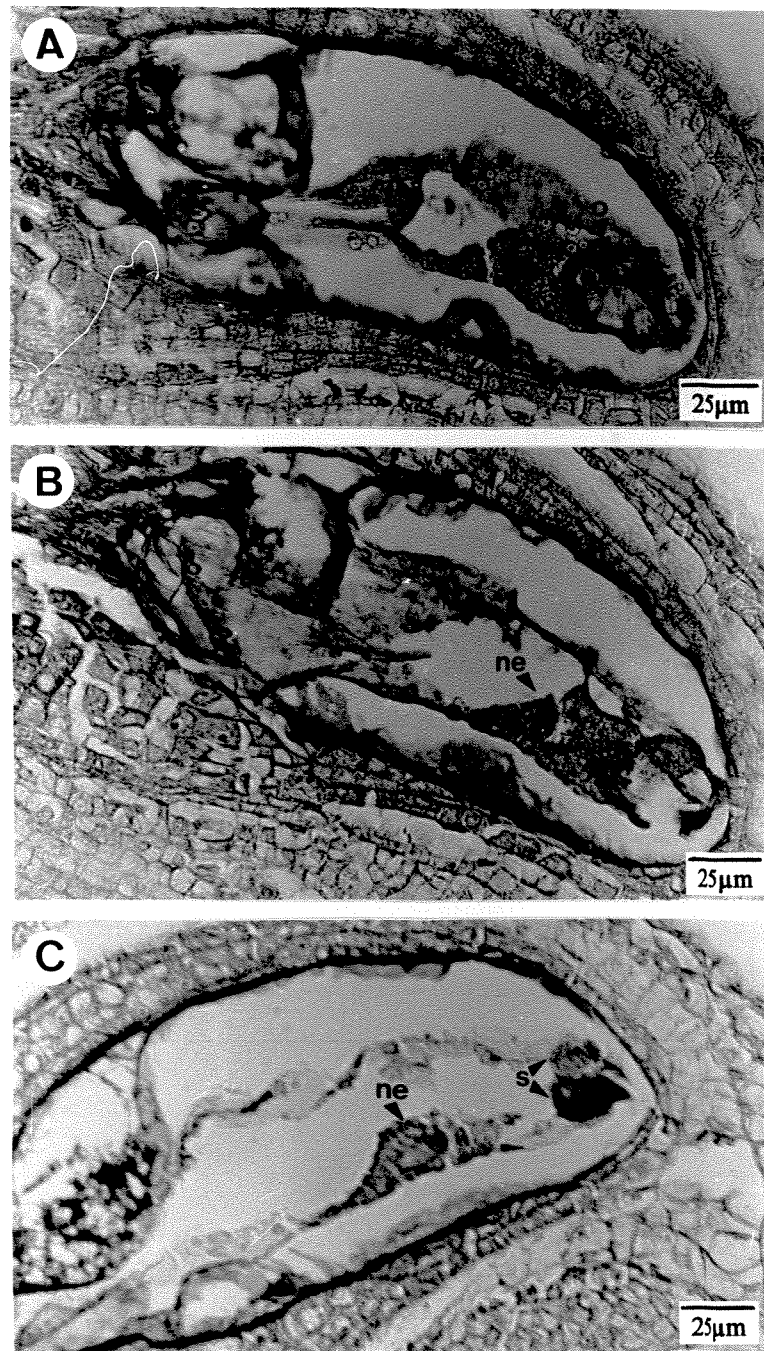


Figura 15. Cortes longitudinais, em parafina, de pistilos de flores recém-abertas de *D. miscolobium*.

A. Saco embrionário do óvulo apical, mostrando a célula ovo (o)

B. Saco embrionário do óvulo apical (mesma seqüência de cortes do óvulo da foto anterior), mostrando a proximidade do núcleo da célula primária do endosperma (ne) à posição da célula ovo.

C. Saco embrionário do óvulo basal, com as duas sinérgides (s) e o núcleo da célula primária do endosperma (ne).

a partir do qual se observou a predominância de frutos com apenas a semente apical se desenvolvendo.

Tabela 7. Pistilos e frutos jovens de *D. miscolobium* coletados ao acaso das árvores, analisados através de cortes histológicos quanto a presença de embrião nas sementes, apical ou basal.

Comprimento do pistilo ou do fruto (mm)	Comprimento dos óvulos ou das sementes ( $\mu\text{m}$ )		Número de pistilos ou frutos analisados	Número de frutos com embrião na semente		
	apical	basal		apical	basal	ambas
8 (antese)	484	460	4	0	0	0
13	1000	1039	1	0	0	1
14	1092	750	1	1	0	0
15	1073	908	2	1	0	1
17	947	1118	1	0	0	1
18	1118	1184	1	0	0	1
20 - 25	1513	-	3	3	0	0
35	1974	-	1	1	0	0
40	1947	-	1	1	0	0
45	2184	-	1	1	0	0
50	2885	-	1	1	0	0
55	2526	-	1	1	0	0
62	3274	-	1	1	0	0
<b>Total</b>			19	11	0	4

∴ não foi possível obter a medida

O acompanhamento do crescimento dos frutos, a partir de flores polinizadas naturalmente, durante a fase inicial do desenvolvimento (Figura 16), mostrou que até 20 dias após a antese havia uma estreita correlação entre a idade e o comprimento (coeficiente de correlação:  $r = 0,99$ ). Desta forma, neste período, o comprimento reflete a idade do fruto. Assim, frutos jovens de até 50mm de comprimento, coletados ao acaso, puderam ser classificados de acordo com o seu comprimento, indicando diferentes estádios de desenvolvimento.

Dos 140 frutos jovens analisados, 90% apresentavam apenas uma semente em desenvolvimento, dos quais apenas 7% apresentaram a semente basal se desenvolvendo. Numa análise mais detalhada, esses frutos foram separados em 7 classes de comprimento e foi verificado que em classes de menor comprimento (16-25, 26-30 e 31-35mm), a

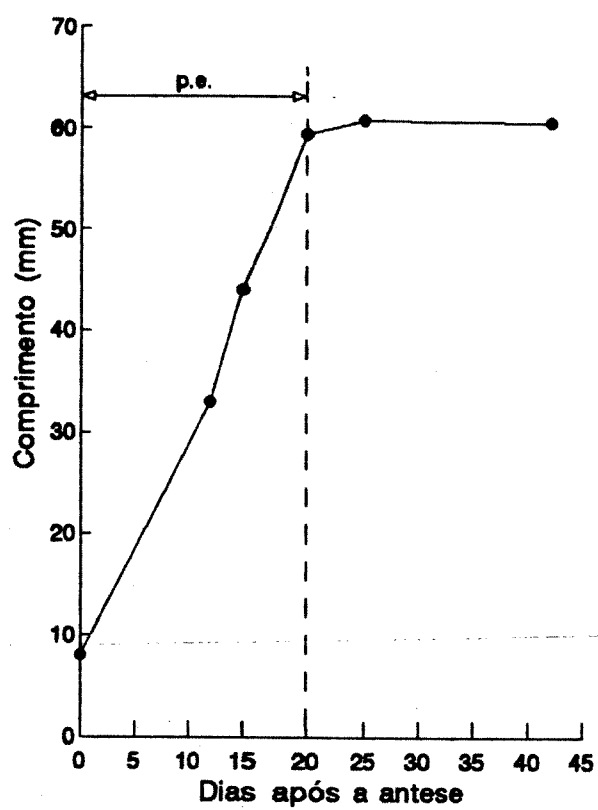


Figura 16. Crescimento, em comprimento, de frutos de *D. miscolobium* a partir de flores polinizadas naturalmente.  
p.e.: período de crescimento exponencial do fruto.

porcentagem de frutos com ambas as sementes apresentando o mesmo tamanho era de 20 a 25%. Com o aumento do comprimento, essa porcentagem diminuiu, sendo de 0 a 5% nas demais classes. Conforme aumentou o tamanho dos frutos houve redução do número destes com ambas as sementes em desenvolvimento e aumentou o número dos frutos com a semente apenas apical (Figura 17).

Da análise de 127 frutos jovens coletados ao acaso, quanto ao tamanho de suas sementes, 77,2% deles apresentaram uma das sementes achatada e desidratada com coloração escura (considerada abortada). Os frutos restantes tiveram ambas as sementes aparentemente normais, embora nem sempre ambas do mesmo tamanho. Dos frutos com uma das sementes abortada, apenas 7,1% tiveram a semente apical abortada. Foi verificada uma correlação alta entre as medidas desses frutos e as medidas das sementes normais em desenvolvimento. As sementes abortadas, na maioria dos casos, mediam entre 700 e 900 $\mu$ m independentemente do tamanho do fruto (Figura 18).

Tendo o fruto atingido o comprimento máximo (data 0 = dia da primeira coleta para análise de clorofila e germinação), o legume já havia atingido a massa da matéria seca máxima, havendo apenas uma grande redução no conteúdo de água após 42 dias da primeira coleta (Figura 19A). Já a semente, atingiu o máximo da matéria seca apenas 56 dias a partir da primeira coleta, passando a perder água num período um pouco anterior (Figura 19B e C). Independentemente da data da coleta, os frutos atingiram a massa fresca constante (entraram em equilíbrio com a umidade do ar), quando mantidos à temperatura ambiente, ao redor do 13<sup>o</sup> dia após a coleta.

O conteúdo de clorofila foi nulo no último dia da amostragem (dia 70) tanto no legume quanto na semente, quando então, os frutos foram considerados maduros (Figura 20). Apesar de não terem atingido a massa máxima e ainda apresentarem coloração verde, as sementes coletadas 21, 28 e 42 dias após a data 0 já germinaram. Parece que a semente atinge a massa da matéria seca máxima quando fica madura, com conteúdo de clorofila quase nulo (comparar figuras 20 e 21). A germinação já foi significativa em sementes cujos níveis de clorofila e de água eram altos no dia da coleta e que tinham pouco mais de 50%

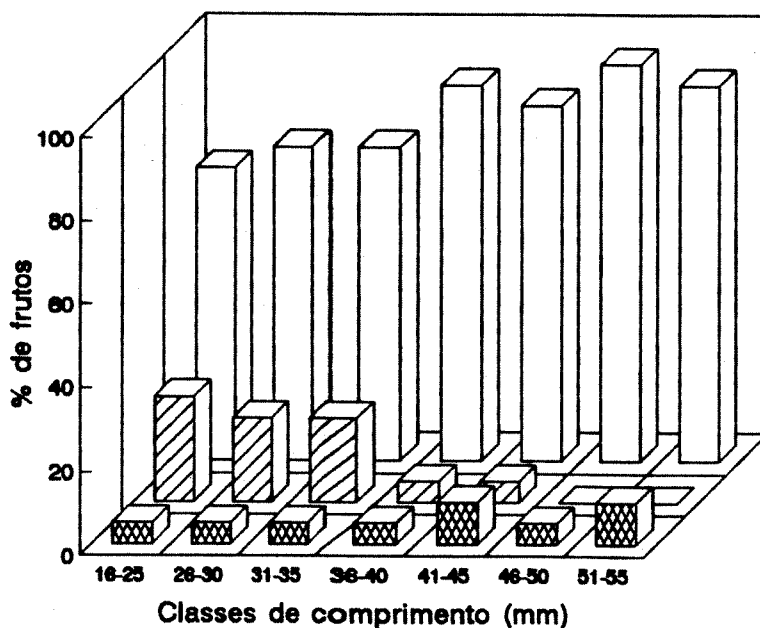


Figura 17. Porcentagem de frutos de *D. miscolobium* em relação à posição da semente ou óvulo em desenvolvimento, nas várias classes de comprimento dos frutos.

- apical: semente (ou óvulo) na posição mais próxima ao estigma apresentando maior tamanho.
- ▨ ambas: as duas sementes (ou óvulos) com o mesmo tamanho (não murchos).
- ▩ basal: semente (ou óvulo) na posição mais próxima ao pedúnculo apresentando maior tamanho.

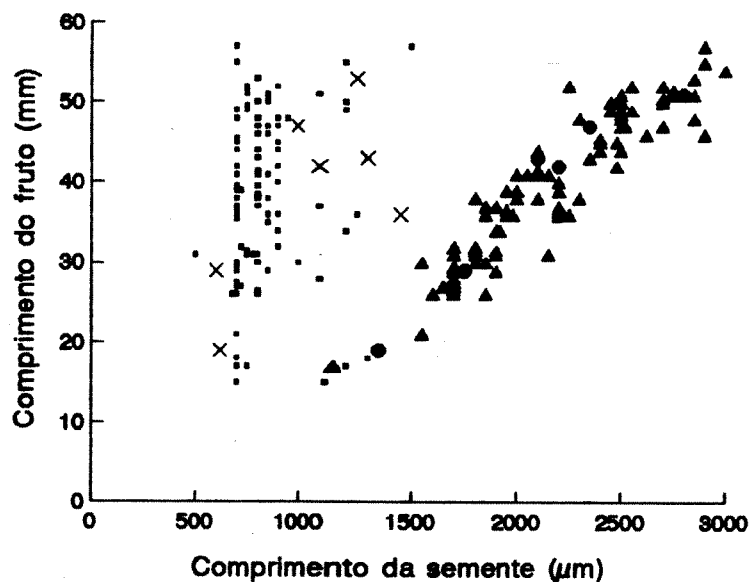


Figura 18. Relação entre as medidas de comprimento do fruto jovem de *D. miscolobium* e de suas sementes.

- semente basal abortada ( $r = 0,10$ )
- ▲ semente apical normal ( $r = 0,93$ )
- × semente apical abortada ( $r = 0,68$ )
- semente basal normal ( $r = 0,95$ )

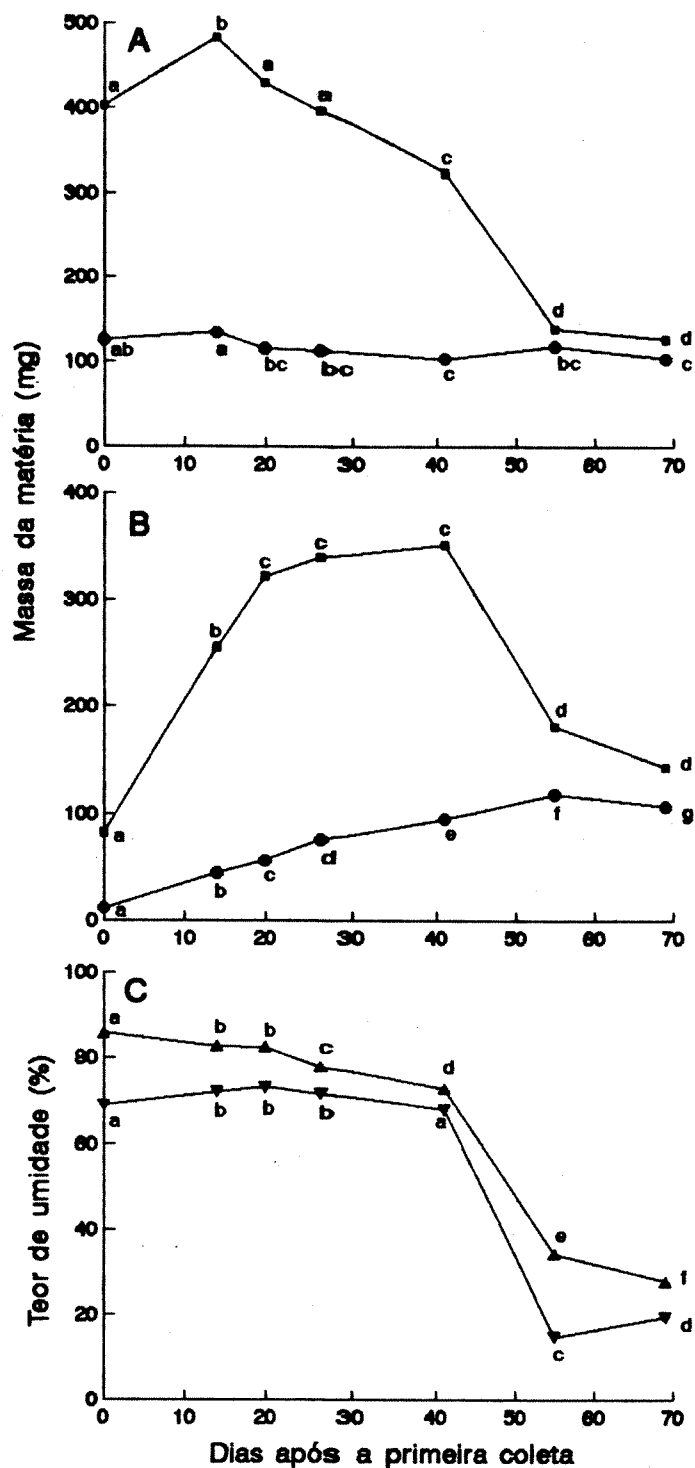


Figura 19. Massas da matéria fresca e seca do legume e da semente de *D. miscolobium* e o seu teor de umidade durante o desenvolvimento.

A. Massa do legume.

B. Massa da semente.

■ matéria fresca

● matéria seca

C. Teor de umidade

▲ semente

▼ fruto

Letras comparam os valores entre as diferentes coletas.



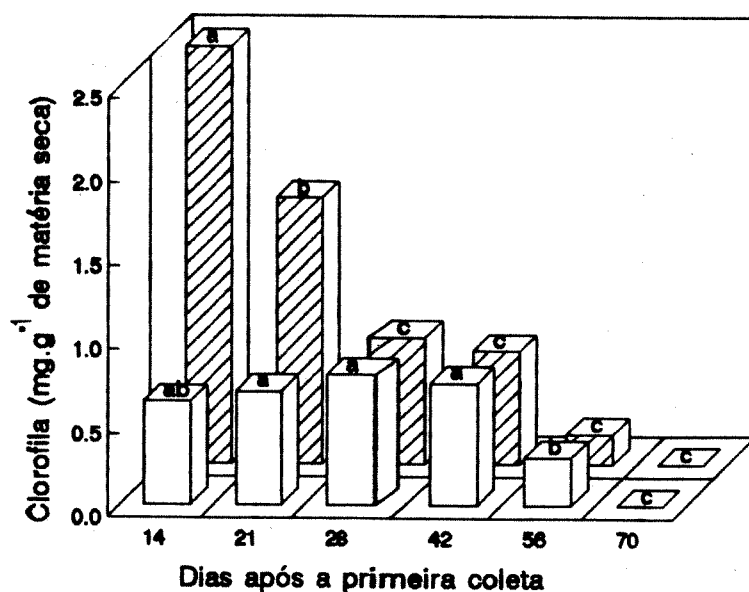


Figura 20. Conteúdo de clorofila durante a maturação dos frutos de *D. miscolobium*.

▨ semente  
□ legume

Letras comparam os dados de conteúdo de clorofila nas diferentes coletas, separadamente para o legume e a semente.

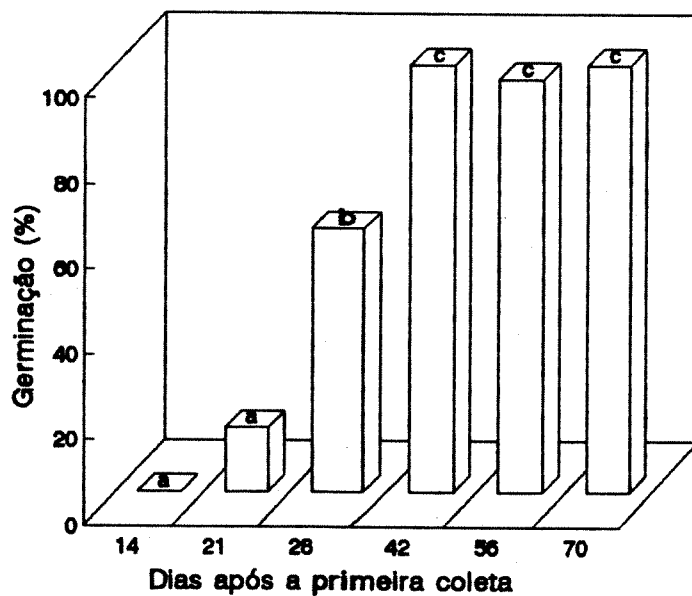


Figura 21. Germinação de sementes (recém-coletadas mantidas à temperatura ambiente por 13 dias) de *D. miscolobium* durante o período de maturação.

Letras comparam a germinação entre as diferentes coletas.

da massa da matéria seca máxima. A germinação máxima dessas sementes foi atingida aproximadamente 15 dias após o início da embebição.

Quando a maturação foi atingida, 88% dos frutos apresentaram só uma semente, enquanto que apenas 12% apresentaram duas. Entre os frutos com duas sementes, a maioria (85%) teve a semente da posição apical com maior massa de matéria fresca após atingir peso constante à temperatura ambiente. Apenas 12,5% dos frutos com duas sementes tiveram a semente da posição basal com maior massa; 2,5% tiveram ambas as sementes com a mesma massa. Isto pode ser observado pela distribuição das sementes em diferentes classes de massa (Figura 22), em que ocorreram mais sementes apicais em classes de maior massa. Apesar de serem menores, as sementes de frutos com duas sementes somaram juntas massa média maior que a única semente dos outros frutos (Tabela 8).

Tabela 8. Massa da matéria fresca de frutos e sementes (após atingir massa constante a temperatura ambiente) de *D. miscolobium*.

Frutos analisados	$\bar{x} \pm lc$ (mg)	
	Legume	Semente
Frutos com uma semente	111,1 $\pm$ 2,2	104,5 $\pm$ 2,4
Frutos com duas sementes	166,2 $\pm$ 8,0	apical 97,1 $\pm$ 5,6
		basal 79,9 $\pm$ 6,3

lc: limite de confiança

Separando-se os frutos maduros de acordo com o aspecto externo (Tabela 9) foi observada uma produção de quase 80% de sementes aparentemente normais (externamente intactas) nas coletas de 1992. Cerca de 12% dos frutos apresentaram sinais de predação por insetos em sua parte externa, sendo a maioria danos muito pequenos (Figura 23A). Poucos frutos apresentaram danos maiores (Figura 23B), mas, mesmo neste caso, as sementes encontraram-se intactas. No caso de frutos perfurados por insetos, estes apresentaram sempre suas sementes também danificadas, com a presença da larva do inseto. Já em 1993, a porcentagem de frutos e sementes danificados foi bem maior (Tabela 9).

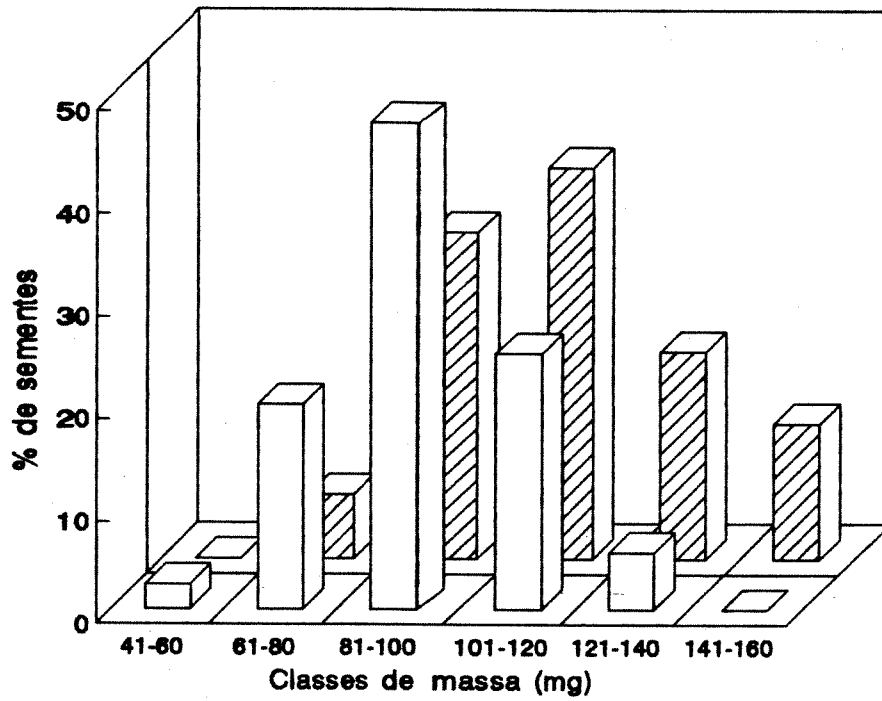
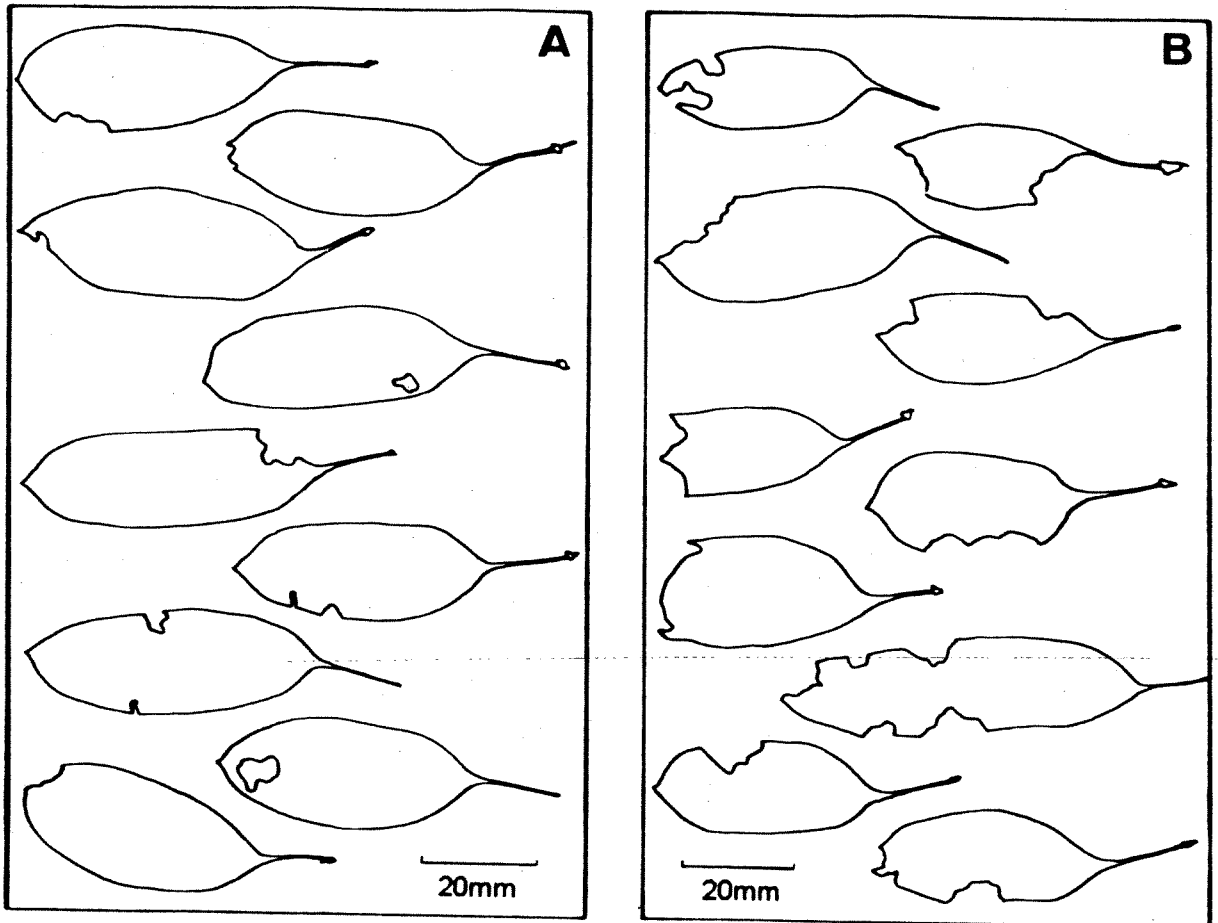


Figura 22. Porcentagem de sementes maduras, apicais e basais, de *D. miscolobium* de acordo com a sua massa (após atingirem massa constante à temperatura ambiente).

▨ sementes apicais  
 □ sementes basais



**Figura 23.** Aspecto dos frutos maduros de *D. miscolobium*, com partes predadas por insetos.

**A.** Frutos com danos pequenos.

**B.** Frutos com danos maiores.

Tabela 9. Análise de frutos e sementes maduros de *D. miscolobium* de acordo com o aspecto externo, nas coletas de 1992 e 1993.

Aspecto	Porcentagem ( $\bar{X} \pm \text{lc}$ )		
	1992		1993
Frutos danificados	11,9 $\pm$ 2,0	7,0 $\pm$ 1,3	37,8 $\pm$ 3,7
Escuros	5,5 $\pm$ 1,2	2,9 $\pm$ 0,8	6,0 $\pm$ 1,0
Perfurados (insetos)	6,5 $\pm$ 1,4	7,0 $\pm$ 1,3	31,8 $\pm$ 3,9
Frutos aparentemente normais	88,7 $\pm$ 1,4	92,9 $\pm$ 1,3	62,2 $\pm$ 3,7
Predados por insetos	12,4 $\pm$ 1,2	12,4 $\pm$ 1,5	48,8 $\pm$ 2,4
Externamente intactos	76,3 $\pm$ 1,4	80,6 $\pm$ 2,2	13,4 $\pm$ 1,7
Sementes manchadas e escuras	10,4 $\pm$ 1,2	13,2 $\pm$ 1,9	27,6 $\pm$ 2,7
Sementes aparentemente normais	78,3 $\pm$ 2,1	79,8 $\pm$ 2,5	34,6 $\pm$ 5,5
Número de amostras	20	20	20
Número de frutos/amostra	103,8 $\pm$ 4,0	110,2 $\pm$ 3,7	101,4 $\pm$ 6,7

lc: limite de confiança

### 3.1. Aborto de frutos

Frutos jovens abortados foram coletados ao acaso sob as árvores e separados em 4 classes de comprimento, simulando os diferentes estádios de desenvolvimento, e analisados quanto ao aspecto externo (Figura 24). Frutos pequenos (até 21mm) foram abortados em grande quantidade, apesar do aspecto normal. Com o aumento do tamanho, diminuiu o aborto de frutos aparentemente normais (de 83,3% em frutos pequenos para 12,0% em frutos maiores), ao mesmo tempo que aumentou a porcentagem de frutos danificados por insetos (de 0,6%, passou para 77,2%). Foram selecionados os frutos jovens abortados que apresentavam aparência externa normal para a análise quanto ao crescimento de tubos polínicos e desenvolvimento do embrião. Também como no caso dos frutos jovens coletados das árvores, foi observada uma proporção maior de frutos com o óvulo apical fecundado (Tabela 10). Dos 18 frutos abortados (comprimento de 11 a 65mm) submetidos a secções em parafinas, 10 apresentaram embrião (Figura 25) na semente apical, 4 em ambas as sementes e 4 não apresentaram embrião (Tabela 11).

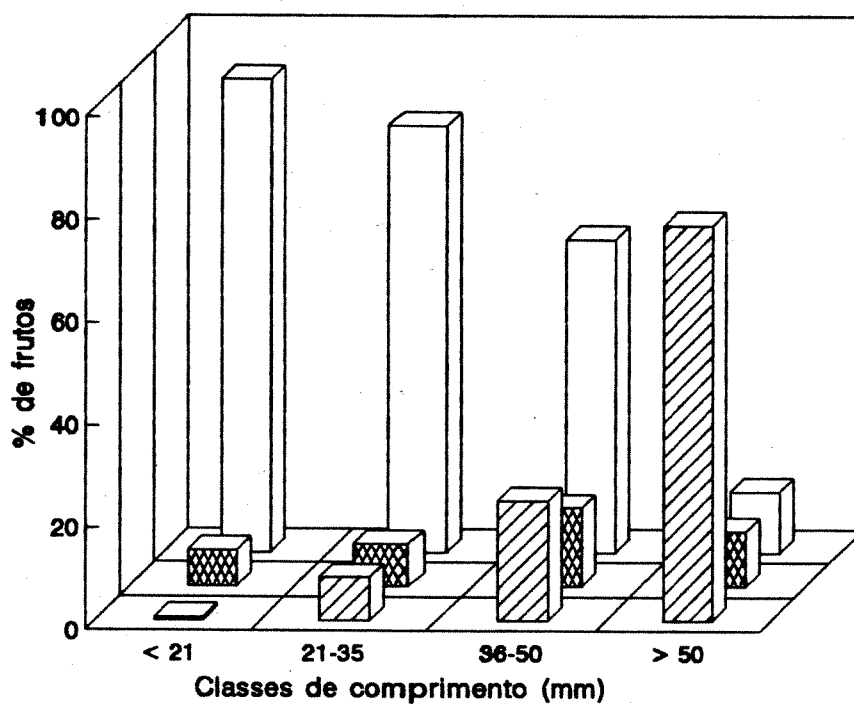


Figura 24. Porcentagem de frutos abortados de *D. miscolobium*, em relação ao seu aspecto externo, por classe de comprimento.

- aparentemente normal
- ▨ com manchas escuras
- ▧ predado por inseto

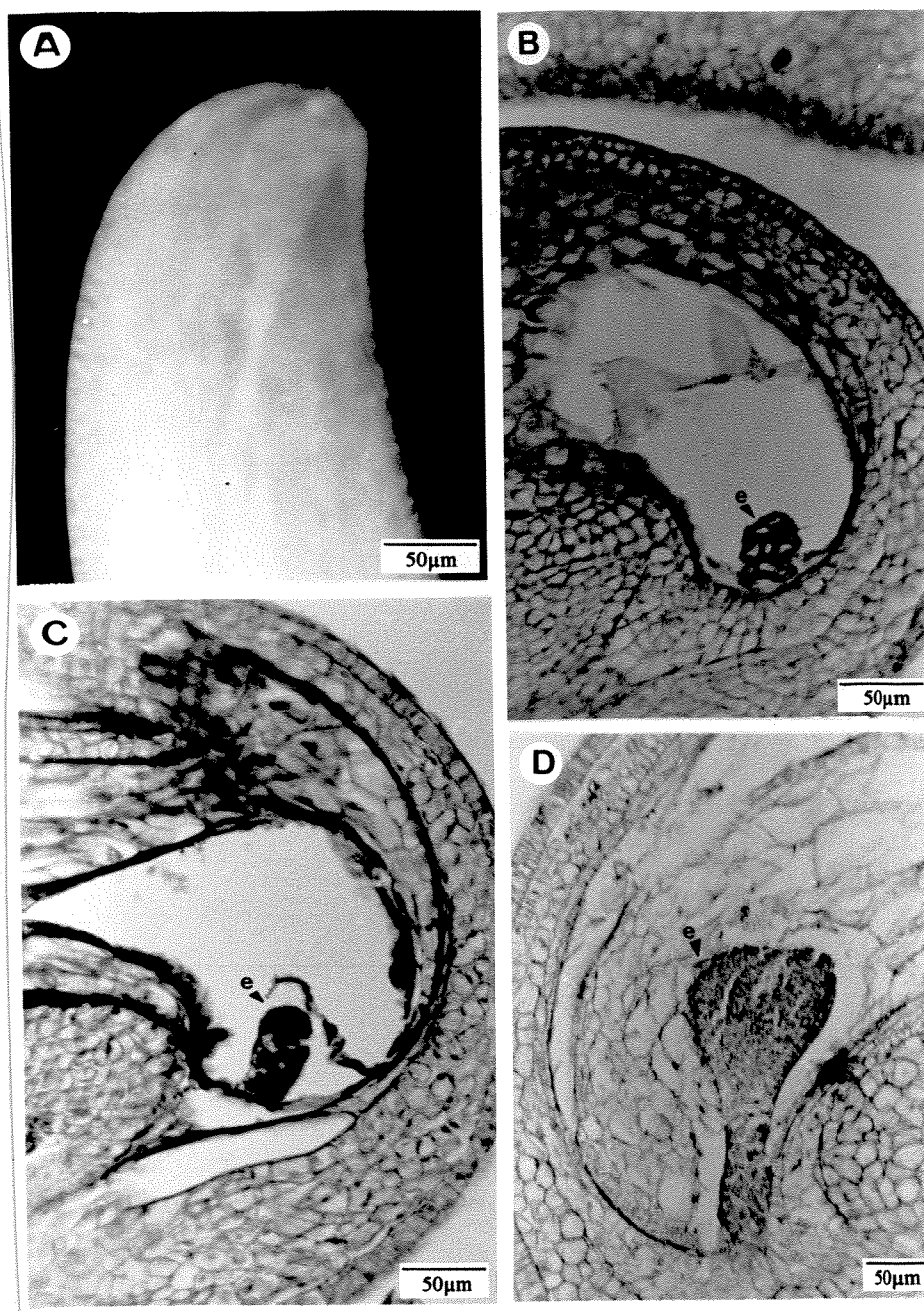
Tabela 10. Pistilos e frutos jovens abortados de *D. miscolobium*, coletados ao acaso sob as árvores, analisados através da microscopia de fluorescência quanto à presença de tubos polínicos atingindo os óvulos (ou sementes), apical ou basal.

Comprimento do pistilo ou fruto (mm)	Número de pistilos ou frutos analisados	Número de frutos com tubo polínico no óvulo ou na semente		
		apical	basal	ambos
12	1	0	0	1
13	1	0	0	0
14	2	0	0	0
15	2	1	0	0
16	5	3	0	1
17	4	2	1	1
18	1	1	0	0
19	2	0	0	1
20	1	1	0	1
<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>5</b>

Tabela 11. Frutos jovens abortados de *D. miscolobium*, coletados ao acaso sob as árvores, analisados através de cortes histológicos quanto a presença de embrião nas sementes, apical ou basal.

Comprimento do pistilo ou fruto (mm)	Comprimento dos óvulos ou das sementes ( $\mu\text{m}$ )		Número de pistilos ou frutos analisados	Número de frutos com embrião na semente		
	apical	basal		apical	basal	ambas
11	690	901	1	0	0	0
13	952	1071	1	0	0	1
14	1131	-	1	1	0	0
15	1214	786	1	1	0	0
16	1267	1250	2	1	0	1
17	1214	678	1	1	0	0
20	1286	1042	1	1	0	1
21	1258	1072	3	2	0	1
23	917	1357	1	0	0	0
27	1750	-	1	1	0	0
34	1726	-	1	0	0	0
42	-	1667	1	0	0	0
64	2857	-	1	1	0	0
65	3321	-	1	1	0	0
<b>Total</b>			<b>17</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>4</b>

-- não foi possível obter a medida.



**Figura 25.** Cortes longitudinais, em parafina, de frutos jovens abortados de *D. miscolobium*, coletados sob as árvores.

- A.** Detalhe do tubo polínico penetrando a micrópila.
- B.** Embrião (e) em fruto de 16mm de comprimento.
- C.** Embrião (e) em fruto de 27mm de comprimento.
- D.** Embrião (e) em fruto de 64mm de comprimento.



#### 4. GERMINAÇÃO DA SEMENTE MADURA

A semente de *D. miscolobium* germinou dentro do fruto, quando este foi colocado em placa de Petri com água. A germinação atingiu o máximo de 66%, 22 dias após o início da embebição (Figura 26). Removendo-se as sementes dos legumes, foram detectadas algumas manchadas ou totalmente escuras (ver tabela 9). Assim, a germinação dessas sementes foi comparada à das aparentemente normais. Sementes escuras não germinaram e apenas 15% das manchadas germinaram; sementes aparentemente normais iniciaram a germinação já no 4º dia e atingiram 87% (Figura 27), que é um valor maior do que apresentado na figura 26.

O tamanho da semente (Tabela 12) teve efeito sobre a germinação. Ao final de 10 dias após o início da embebição, atingida a germinação máxima, esta foi significativamente menor entre as sementes de menor massa (em termos de matéria fresca após atingirem massa constante à temperatura ambiente); sementes com massa acima de 100mg germinaram de maneira bastante semelhante entre si (Figura 28). Novamente, os valores são maiores do que os da figura 26. As massas da matéria fresca das sementes utilizadas no teste do tetrazólio foram iguais às das sementes utilizadas para verificar a germinação, embora a porcentagem de sementes com eixo embrionário corado tivesse sido menor que a porcentagem observada para a germinação (ver figura 28). Pelo teste do tetrazólio foi observado também uma porcentagem menor de sementes viáveis entre as sementes de menor massa (Tabela 13). Sementes fervidas não ficaram coradas.

Tabela 12. Classes de tamanho das sementes maduras de *D. miscolobium* separadas pela massa da matéria fresca (após atingirem massa constante a temperatura ambiente), utilizadas para teste de germinação e de crescimento inicial.

Classes de tamanho	Massa $\bar{x} \pm 1c$ (mg)
< que 90mg	76,5 ± 1,7
100 a 120mg	109,1 ± 0,9
> que 130mg	141,7 ± 1,7

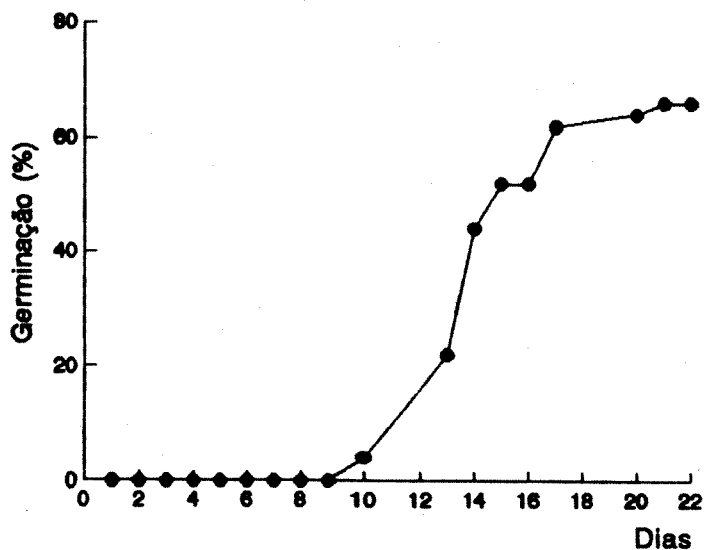


Figura 26. Germinação de sementes maduras de *D. miscolobium* mantidas dentro dos frutos, em placas de Petri. Os frutos foram colocados nas placas 6 dias após a sua coleta.

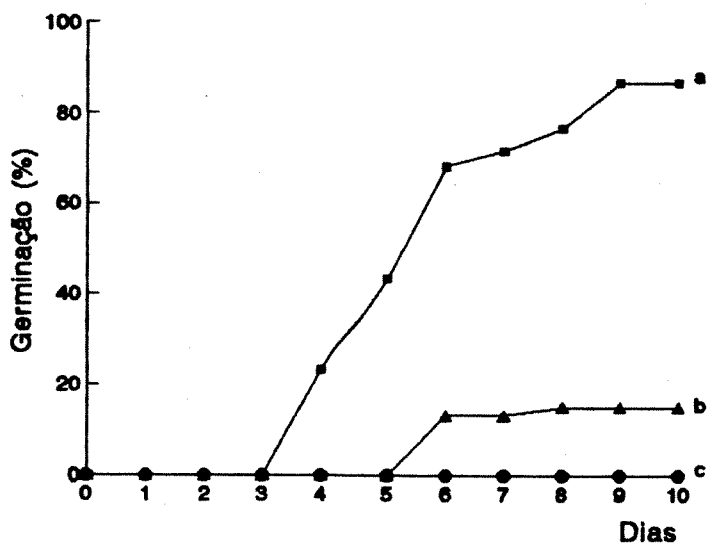


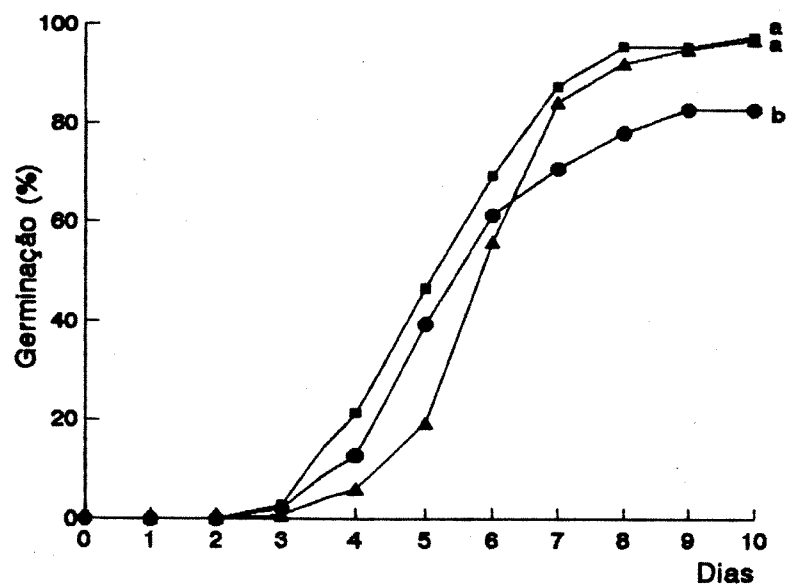
Figura 27. Germinação de sementes maduras de *D. miscolobium*, removidas dos frutos.

■ sementes aparentemente normais

▲ sementes manchadas

● sementes escuras

Letras comparam a germinação das sementes, no 10º dia após o início da embebição.



**Figura 28.** Efeito do tamanho das sementes de *D. miscolobium* sobre a germinação das mesmas.

As sementes, removidas dos frutos, foram separadas em três classes de massa da matéria fresca (após atingirem massa constante à temperatura ambiente).

● menor que 90mg

■ 100 a 120mg

▲ maior que 130mg

Letras comparam a germinação das sementes das 3 classes de massa, no 10º dia após o início da embebição.

Tabela 13. Porcentagem de eixos embrionários, corados ou não, de sementes de *D. miscolobium* de diferentes classes de tamanhos submetidas ao teste do tetrazólio.

	Eixo embrionário (%)		
	Classes de tamanho		
	< que 90mg	100 a 120mg	> que 130mg
Não coradas	30	20	5
Coradas	70	80	95
Vermelho muito claro	35	10	30
Extremidade da radícula vermelha	15	25	35
Vermelho intenso	20	45	30

## 5. ESTABELECIMENTO DA PLÂNTULA

### 5.1. Emergência

Quando os frutos, coletados em maio, foram mantidos descobertos na terra sob luz natural direta, não houve emergência de plântulas a partir de suas sementes. No entanto, quando foram cobertos, ou com tela sombrite ou com terra ou com ambas, a emergência de plântulas em terra do cerrado de Itirapina ocorreu aproximadamente 112 dias depois da sementeira.

Apenas com cobertura de terra (Figura 29A), a emergência ocorreu 119 dias após o início do experimento e atingiu 32% no dia 147. Dessas, apenas 6,2% (2% do total de frutos colocados) sobreviveram até o final do experimento. Só com sombrite (Figura 29B), houve germinação de sementes e emergência de plântulas de 35% dos frutos. Neste caso, a emergência ocorreu de forma gradual, iniciando-se 119 dias após a sementeira e atingindo o máximo apenas no dia 273. Das plântulas emergidas, 43% (15% do total de frutos)

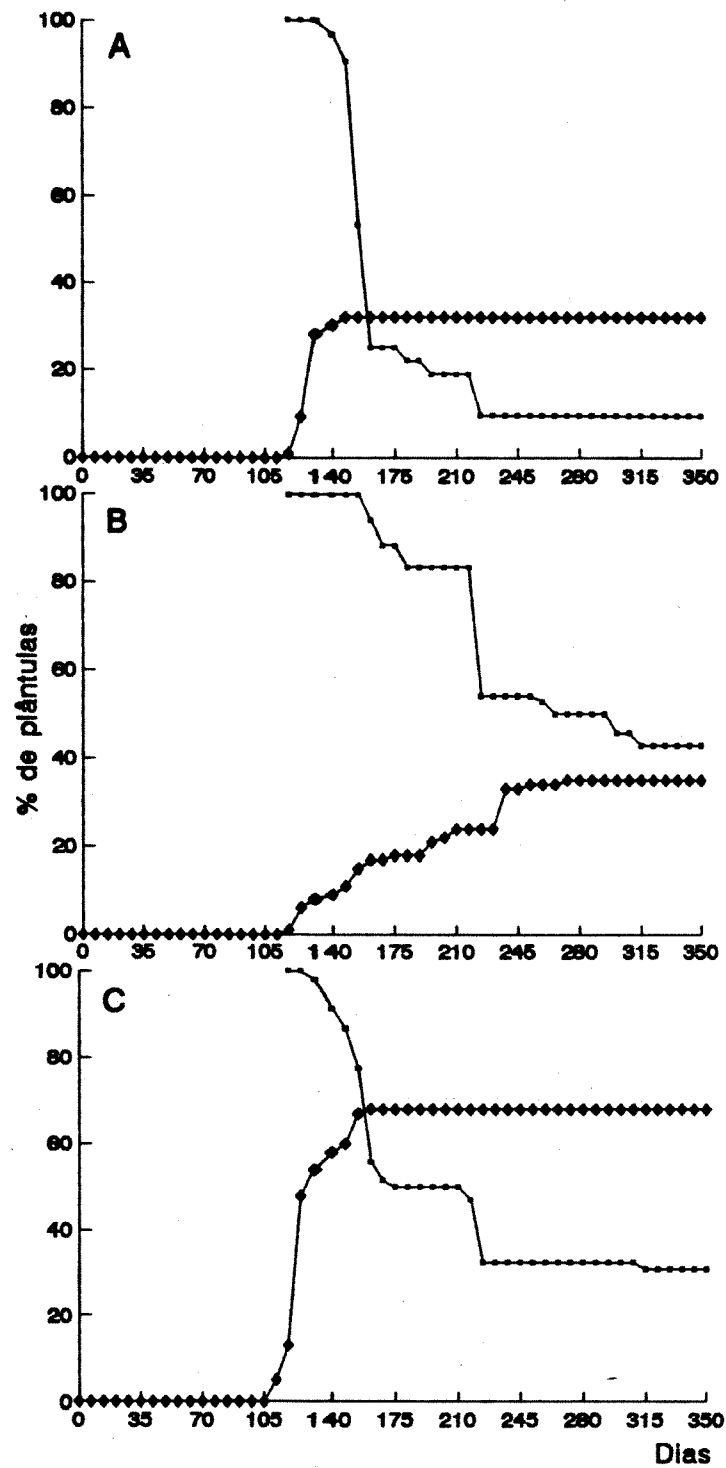


Figura 29. Estabelecimento de plântulas de *D. miscolobium* a partir de sementes contidas em frutos colocados (6 dias após a coleta) em vasos contendo terra do cerrado de Itirapina, em maio de 1992, em experimento realizado na UNICAMP.

- A. Frutos foram mantidos sem sombrite, cobertos com terra.  
 B. Frutos foram mantidos sob sombrite, sem cobertura de terra.  
 C. Frutos foram mantidos sob sombrite, cobertos com terra.

◆ plântulas emergidas  
 ▪ plântulas sobreviventes

sobreviveram até o final do experimento. A emergência foi maior no tratamento em que os frutos foram colocados sob camada de terra e sombrite (Figura 29C), iniciando no 112º dia e atingindo o máximo (68% dos frutos) no 161º. Das plântulas emergidas, 31% (21% dos frutos) sobreviveram até o final do experimento.

Acompanhando-se o crescimento em altura (Tabela 14), foram observadas plântulas mais altas com maior número de folhas no tratamento sob sombrite com cobertura de terra em relação às plântulas crescidas sem cobertura de terra, embora a diferença não tenha sido significativa. As plântulas emergiram em dias diferentes, portanto, não foi possível definir uma idade para cada coleta. A idade média das plântulas, a cada coleta, foi estimada em função da data de emergência das mesmas.

Tabela 14. Altura média e número médio de folhas de plântulas de *D. miscolobium* estabelecidas em diferentes condições.

A idade média das plântulas para o dia da coleta é indicado entre parênteses.

I. Frutos foram mantidos sem sombrite, cobertos com terra.

II. Frutos foram mantidos sob sombrite, sem cobertura de terra.

III. Frutos foram mantidos sob sombrite, cobertos com terra.

Tratamento	Altura média $\bar{x} \pm lc$ (cm)			
	19/10/92	20/01/93	12/04/93	10/05/93
I	3,6 ± 0,4 (16 d)	6,8 * (108 d)	8,7 * (149 d)	9,2 ** (157 d)
II	4,7 ± 0,8 (19 d)	4,6 ± 1,5 (64 d)	9,0 ± 1,3 (148 d)	9,5 ± 1,1 (156 d)
III	4,5 ± 0,4 (21 d)	8,3 ± 0,8 (110 d)	11,5 ± 1,6 (222 d)	12,1 ± 1,5 (234 d)

Tratamento	Número de folhas $\bar{x} \pm lc$			
	19/10/92	20/01/93	12/04/93	10/05/93
I	2,2 ± 0,2 (16 d)	4,3 * (108 d)	5,7 * (149 d)	4,5 ** (157 d)
II	1,9 ± 0,6 (19 d)	3,0 ± 1,6 (64 d)	6,5 ± 1,2 (148 d)	5,9 ± 1,0 (156 d)
III	2,2 ± 0,2 (21 d)	5,8 ± 0,8 (110 d)	7,1 ± 1,0 (222d)	6,4 ± 0,9 (234 d)

lc: limite de confiança.

\*: não foi calculado o limite de confiança, pois a média representa apenas três plântulas.

\*\* : não foi calculado o limite de confiança, pois a média representa apenas duas plântulas.

No ano seguinte, a emergência das plântulas em terra de cerrado iniciou-se aproximadamente 42 dias após a semeadura em três tratamentos: sem sombrite e com os frutos cobertos com uma camada de terra (Figura 30A), com sombrite e com os frutos

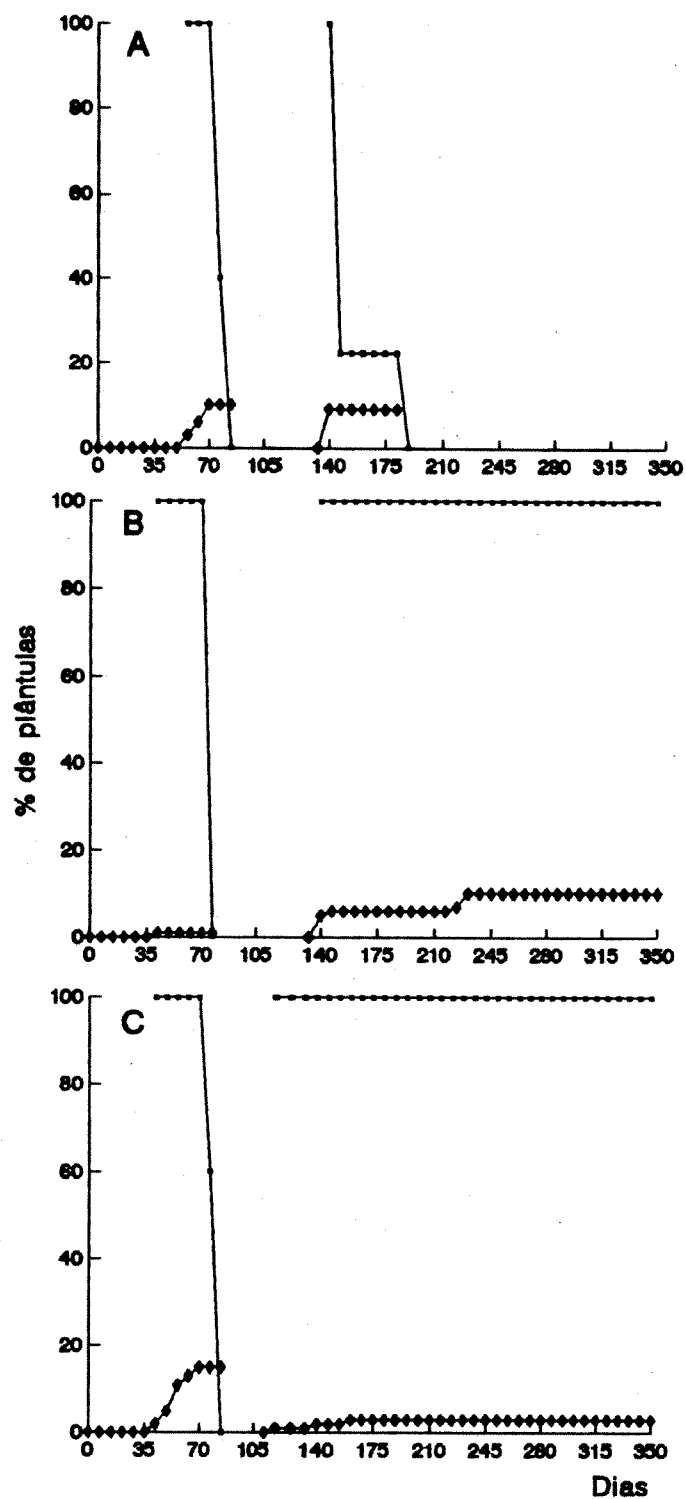


Figura 30. Estabelecimento de plântulas de *D. miscolobium* a partir de sementes contidas em frutos colocados (8 dias após a coleta) em vasos contendo terra do cerrado de Itirapina, em maio de 1993, em experimento realizado na UNICAMP.

- A. Frutos foram mantidos sem sombrite, cobertos com terra.  
 B. Frutos foram mantidos sob sombrite, sem cobertura de terra.  
 C. Frutos foram mantidos sob sombrite, cobertos com terra.

◆ plântulas emergidas  
 ■ plântulas sobreviventes

descobertos (Figura 30B) e com sombrite e com os frutos cobertos com terra (Figura 30 C). Como no ano anterior, plântulas não emergiram nos vasos mantidos sem sombrite com os frutos descobertos. Todas as plântulas emergidas nos três tratamentos morreram até o 84º dia. A emergência recomeçou no 119º dia no tratamento com sombrite e cobertura com terra; nos outros dois tratamentos, a emergência reiniciou no 140º dia. Levando-se em consideração as duas fases de emergência, quando os vasos foram mantidos sem sombrite com frutos colocados sob uma camada de terra (Figura 30A), a emergência foi de 19% e até o final do experimento, a sobrevivência foi nula. Sob sombrite, sem cobertura com terra sobre os frutos, a emergência foi de apenas 10% e apenas as plântulas da segunda fase sobreviveram até o final do experimento (Figura 30B). Da mesma forma, sob sombrite e com os frutos cobertos com terra, a emergência total foi de 18% e todas as plântulas da segunda fase sobreviveram (Figura 30C).

Os resultados obtidos em um experimento realizado no cerrado em Itirapina, SP, neste mesmo período (início em maio), estão na figura 31. Não houve emergência de plântulas quando os frutos foram mantidos descobertos. Sem sombrite, mas com cobertura de terra (Figura 31A), 5% dos frutos apresentaram emergência de plântulas no 147º dia, mas já no dia 175 a sobrevivência foi nula. Sob sombrite, com e sem cobertura dos frutos com terra, emergiu uma plântula (1%) 63 dias após a semeadura, mas até o 105º dia havia morrido (Figuras 31B,C). No 147º dia do experimento, reiniciou-se a emergência nesses tratamentos sob sombrite: com os frutos descobertos (Figura 31B), 8 plântulas emergiram e dessas, apenas três sobreviveram (3% do total de frutos colocados na terra); com os frutos cobertos com terra (Figura 31C), 9 plântulas emergiram, dos quais 6 sobreviveram (6% dos frutos). Sob a copa da árvore, 16% dos frutos cobertos com terra (Figura 31D) e 14% dos descobertos (Figura 31E), apresentaram germinação das sementes e emergência de plântulas. A sobrevivência foi de 25% (4% do total de frutos) e de 43% (6% do total de frutos), respectivamente para os tratamentos com e sem terra.

Quando os frutos, maduros em maio, foram armazenados por 4 meses, e então, colocados na terra, a emergência de plântulas começou entre os dias 14 e 42 depois da



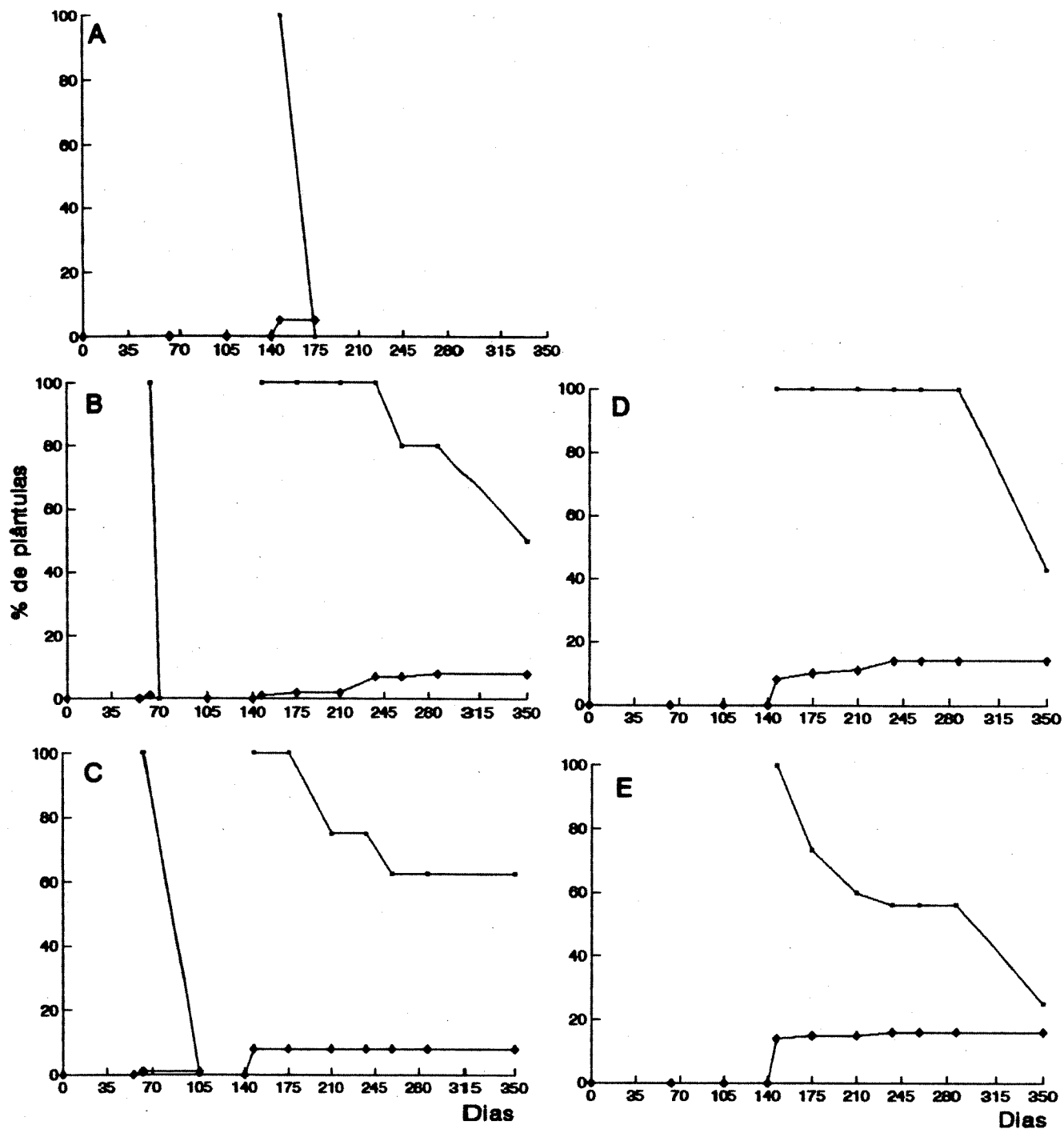


Figura 31. Estabelecimento de plântulas de *D. miscolobium* a partir de sementes contidas em frutos colocados (8 dias após a coleta) em vasos contendo terra do cerrado de Itirapina, em maio de 1993, em experimento realizado na Estação Experimental de Itirapina, SP.

- A. Frutos foram mantidos sem sombrite, cobertos com terra.
- B. Frutos foram mantidos sob sombrite, sem cobertura de terra.
- C. Frutos foram mantidos sob sombrite, cobertos com terra.
- D. Frutos foram mantidos sob copa de árvore, sem cobertura com terra.
- E. Frutos foram mantidos sob copa de árvore, cobertos com terra.

- ◆ plântulas emergidas
- plântulas sobreviventes

semeadura, nos 4 tratamentos. No entanto, a porcentagem maior de emergência ocorreu somente a partir do 105º dia, quando os frutos foram mantidos sem cobertura de terra, sob sombrite, atingindo o máximo de 15%. Nesse tratamento, todas as plântulas sobreviveram até o final do experimento (Figura 32C). Sob sombrite e cobertos com terra, toda emergência (33%) ocorreu rapidamente logo no início do experimento (entre os dias 28 e 49) e a sobrevivência foi de 88% (Figura 32D). Nos tratamentos sem sombrite, a emergência foi baixa e a sobrevivência foi nula já nos dias 42 e 77 do experimento, respectivamente para os frutos sem cobertura (Figura 32A) e com cobertura (Figura 32B) de terra.

Controlando-se a adição de água, a emergência de plântulas em terra do cerrado de Itirapina foi maior com 100ml a cada três dias. Neste caso, 66% dos frutos apresentaram germinação das suas sementes. Houve porcentagem semelhante no tratamento em que foram dados 200ml a cada 6 dias. Com adição de 50ml a cada três dias, foi observada a menor porcentagem de emergência: apenas 6% (Figura 33). Com adição de 200ml de água (Figura 34), a emergência foi melhor em terra da mata de Santa Genebra (56%) e em terra do cerrado de Itirapina (36%) do que em terra da mata do Instituto de Botânica (10%). Até o final do experimento, foi verificada a morte de algumas plântulas emergidas. Em terra de cerrado, foram observados 33, 21, 28, 21, 9 e 19% de mortes respectivamente nos tratamentos de adição de 50ml, 100ml, 200ml, 400ml a cada três dias, 200ml a cada 6 dias e 400ml a cada 12 dias; 7% das emergidas em terra de Santa Genebra morreram e nenhuma morreu em terra do Instituto de Botânica (mas, a emergência foi baixa). Utilizando-se terra da mata do Instituto de Botânica autoclavada, aumentou-se a emergência de plântulas tanto quanto em terra do cerrado de Itirapina, como pode ser visto na figura 35.

Quando removidas dos legumes e colocadas diretamente na terra do cerrado de Itirapina, 92% das sementes germinaram, iniciando a emergência já no dia 14, enquanto que as sementes contidas nos legumes iniciaram a emergência apenas do dia 21, com porcentagem de emergência bem menor (a comparação é apresentada na figura 36). Apenas 4,3% das plântulas provenientes de sementes nuas morreram.

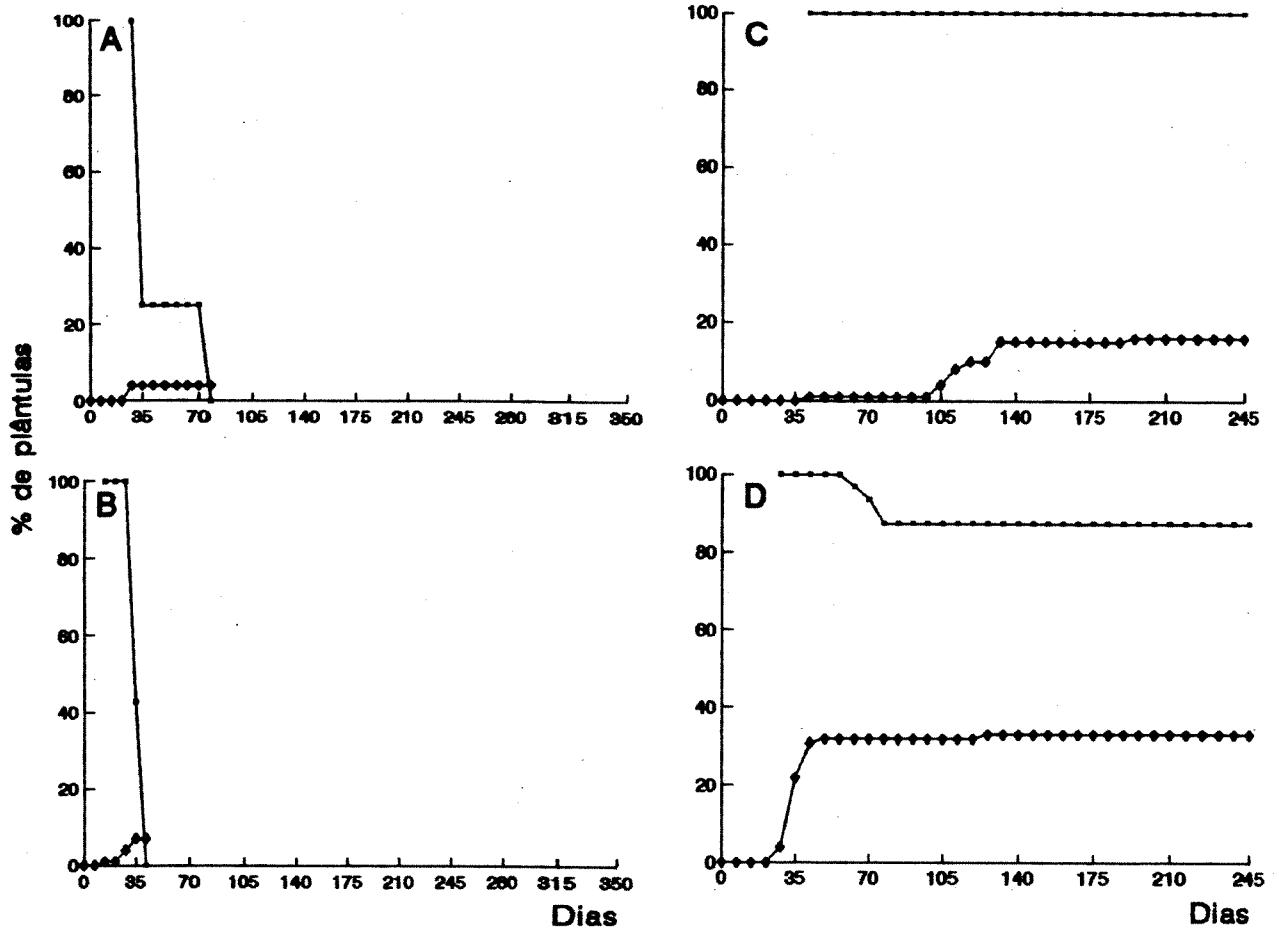


Figura 32. Estabelecimento de plântulas de *D. miscolobium* a partir de sementes contidas em frutos colocados (4 meses após a coleta) em vasos contendo terra do cerrado de Itirapina, em setembro de 1993, em experimento realizado na UNICAMP.

- A. Frutos foram mantidos sem sombrite, sem cobertura com terra.  
 B. Frutos foram mantidos sem sombrite, cobertos com terra.  
 C. Frutos foram mantidos sob sombrite, sem cobertura de terra.  
 D. Frutos foram mantidos sob sombrite, cobertos com terra.

- ◆ plântulas emergidas
- plântulas sobreviventes

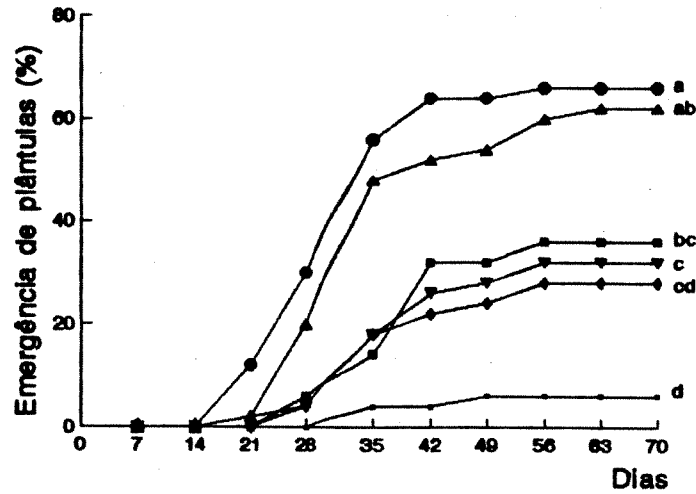


Figura 33. Emergência de plântulas (porcentagem em relação ao número inicial de frutos colocados na terra) de *D. miscolobium* em terra de cerrado (de Itirapina) a partir de sementes contidas nos frutos, submetidos a diferentes tratamentos de adição de água:

- 50ml de água a cada 3 dias
- 100ml de água a cada 3 dias
- 200ml de água a cada 3 dias
- ◆ 400ml de água a cada 3 dias
- ▲ 200ml de água a cada 6 dias
- ▼ 400ml de água a cada 12 dias

Letras comparam a emergência de plântulas nos diferentes tratamentos, 70 dias após o início do experimento.

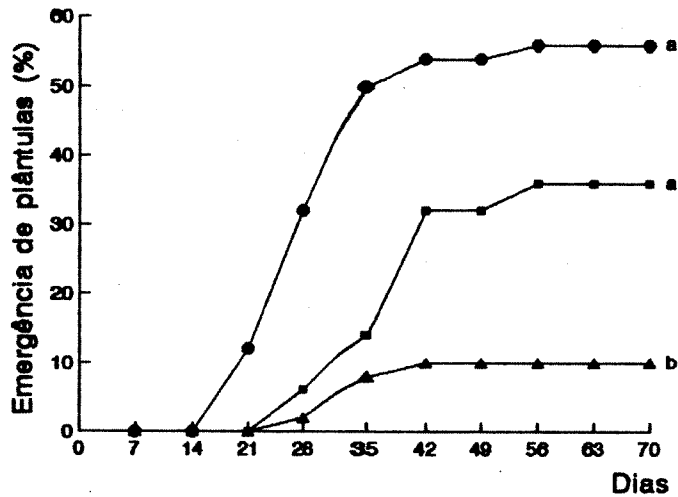


Figura 34. Emergência de plântulas (porcentagem em relação ao número inicial de frutos colocados na terra) de *D. miscolobium* em terra de cerrado (de Itirapina) e de mata (de Santa Genebra e do Instituto de Botânica), a partir de sementes contidas nos frutos, que receberam 200ml de água a cada três dias.

- terra da mata de Santa Genebra
- terra do cerrado de Itirapina
- ▲ terra da mata do Instituto de Botânica

Letras comparam a emergência de plântulas nas diferentes terras, 70 dias após o início do experimento.

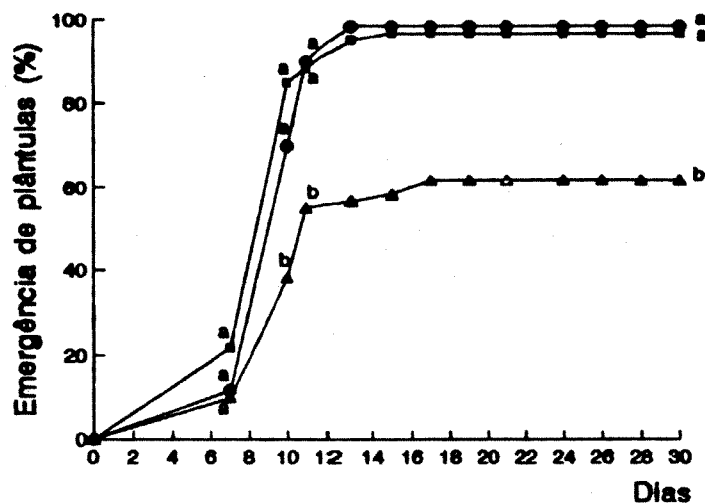


Figura 35. Emergência de plântulas (porcentagem em relação ao número inicial de sementes colocadas na terra) de *D. miscolobium* em terra de mata (do Instituto de Botânica), autoclavada ou não, e em terra de cerrado (de Itirapina).

- terra do cerrado de Itirapina
- terra da mata do Instituto de Botânica, autoclavada
- ▲ terra da mata do Instituto de Botânica

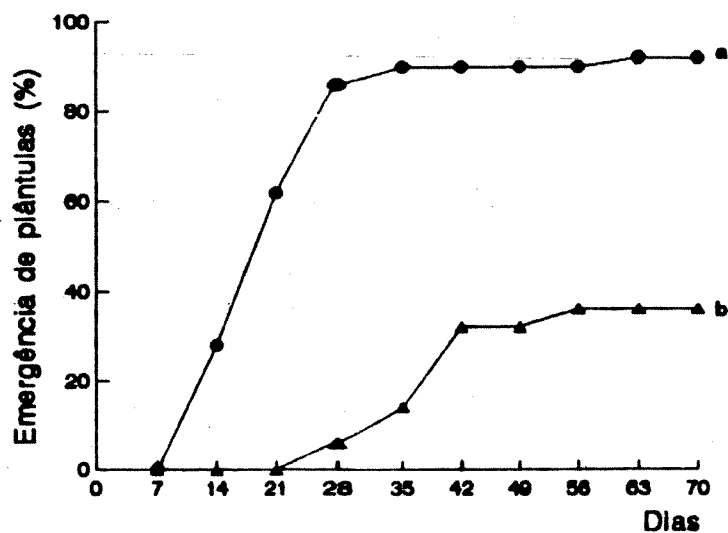


Figura 36. Emergência de plântulas de *D. miscolobium* em terra de cerrado (de Itirapina) a partir de sementes removidas dos frutos ou de sementes contidas nos frutos, que receberam 100ml de água a cada três dias (porcentagem em relação ao número inicial de sementes ou frutos colocados na terra).

- semente nua
  - ▲ fruto intacto (dados da figura 34)
- Letras comparam a emergência de plântulas nas duas condições, 70 dias após o início do experimento.

## 5.2. Crescimento

### 5.2.1. Efeito do tamanho da semente

O crescimento, em termos de massa da matéria seca, foi significativamente menor na raiz (Figura 37A) e no caule (Figura 37B) de plântulas provenientes das sementes pequenas. No caso das folhas (Figura 37C) e da plântula (Figura 37D), a diferença foi significativa apenas em relação às plântulas de sementes médias. A perda de massa dos cotilédones foi mais rápida (até o dia 90) nas sementes maiores (Figura 37E). Ao final do experimento (dia 177), de um modo geral, o crescimento foi semelhante entre as plântulas provenientes de sementes grandes e médias (Figura 37). O atraso no crescimento entre as plântulas provenientes de sementes pequenas foi também observado pelo cálculo da taxa média de crescimento absoluto,  $\overline{TCA}$  (Tabela 15).

Tabela 15. Efeito do tamanho das sementes (em termos de massa da matéria fresca) sobre a taxa média de crescimento absoluto ( $\overline{TCA}$ ) de plântulas de *D. miscolobium*.  
r = coeficiente de correlação

Classes de tamanho das sementes	Período (dias)		Período (dias)	
	15 a 91		15 a 177	
	r	$\overline{TCA}$ (mg.dia <sup>-1</sup> )	r	$\overline{TCA}$ (mg.dia <sup>-1</sup> )
< que 90mg	0,9934	4,6	0,9937	5,6
100 a 120mg	0,9811	7,9	0,9949	8,8
> que 130mg	0,9806	11,1	0,9797	8,5

Apesar das diferenças observadas entre os tratamentos, em termos de massa absoluta de matéria seca, a taxa média de crescimento relativo ( $\overline{TCR}$ ) foi semelhante entre as plântulas provenientes de sementes de diferentes classes de tamanho (Tabela 16). Além disso, as folhas apresentaram valor de  $\overline{TCR}$  maior entre as plântulas provenientes de sementes menores.

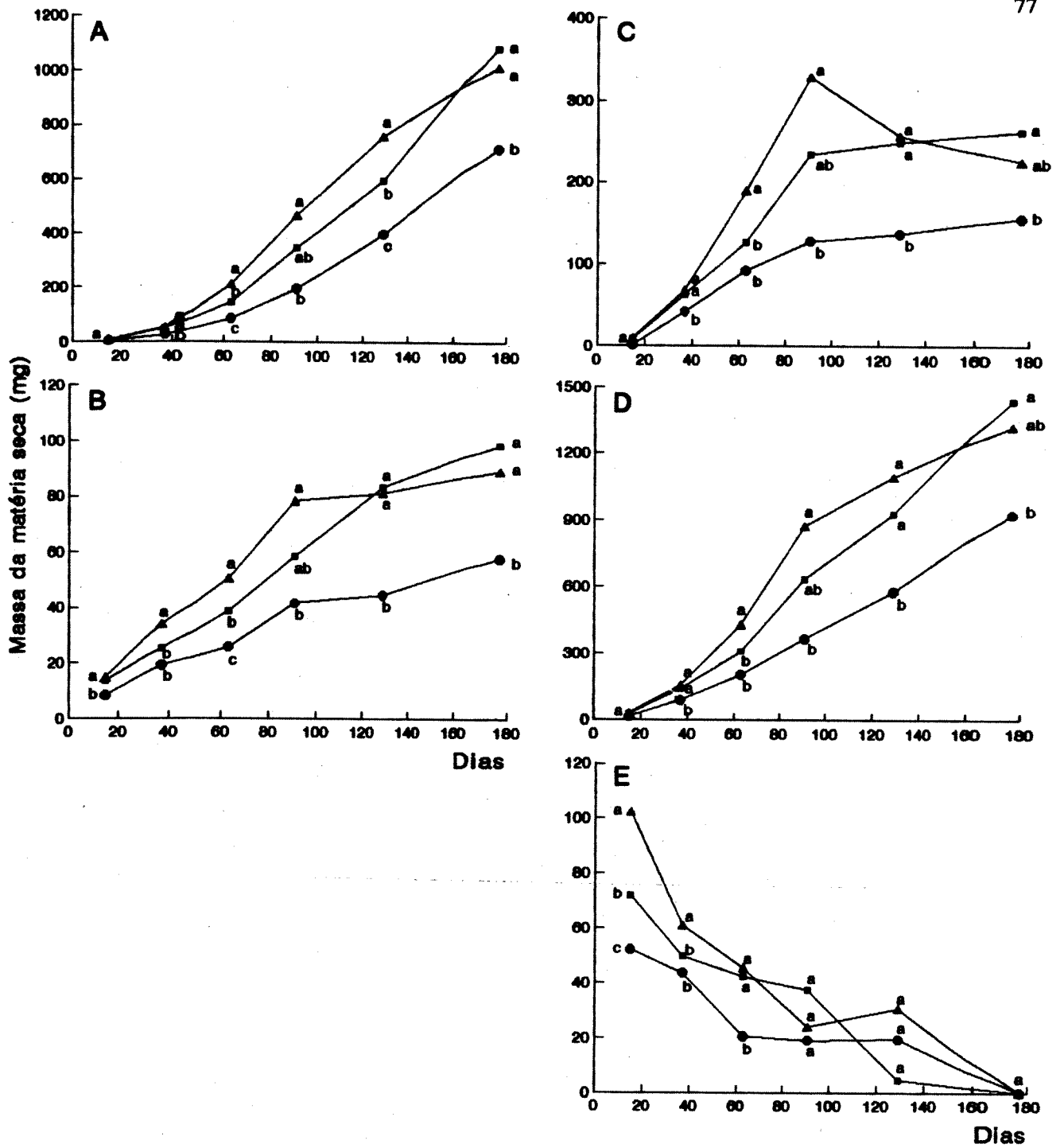


Figura 37. Efeito do tamanho (em massa) das sementes sobre o crescimento, em massa da matéria seca de plântulas de *D. miscolobium*.

A. Raiz.

B. Caule.

C. Folhas.

D. Plântula (raiz + caule + folhas).

E. Cotilédones.

● menor que 90mg

■ 100 a 120mg

▲ maior que 130mg

Letras comparam o acúmulo de matéria seca em cada parte da plântula, a cada coleta.

Figura 16. Efeito do tamanho das sementes (em termos de massa da matéria fresca) sobre a taxa média de crescimento relativo ( $\overline{\text{TCR}}$ ) de plântulas de *D. miscolobium* entre os dias 15 e 177.

Classes de massa	$\overline{\text{TCR}}$ (mg.mg <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup> )			
	Raiz	Caule	Folhas	Plântula
< que 90mg	0,030 a	0,011 a	0,031 a	0,025 a
100 a 120mg	0,031 a	0,012 a	0,021 b	0,024 a
> que 130mg	0,028 a	0,011 a	0,020 b	0,023 a

A figura 38 mostra a variação da  $\overline{\text{TCR}}$  ao longo do experimento, com valores maiores ocorrendo no início do crescimento, havendo uma redução da taxa de crescimento conforme as plântulas se tornaram mais velhas. Em quase todos os casos, a  $\overline{\text{TCR}}$  foi muito semelhante entre as plântulas provenientes das três classes de sementes indicando que a massa da semente não afetou o crescimento relativo.

Embora tenha apresentado menor massa, o alongamento da raiz de plântulas provenientes de sementes com massa menor que 90mg foi semelhante ao das outras duas classes. O alongamento da raiz foi rápido até 60 dias e depois parou (Figura 39A). O caule apresentou menor alongamento nas plântulas de sementes de menor tamanho (Figura 39B), mas isso não influenciou o comprimento total (Figura 39C). Houve uma grande variação no número de folhas nos três tratamentos, e assim, as diferenças que se observam na figura 40 não foram significativas. O número de folhas, como pode ser visto, cresceu exponencialmente até o dia 90 nos três tratamentos.

### 5.2.2. Efeito de Solução Nutritiva

A adição de solução nutritiva à terra do cerrado de Itirapina não mostrou efeito significativo sobre o crescimento em plântulas mantidas em canteiro (plantadas em sacos de muda), em termos de massa da matéria seca, até o segundo mês, mas após esse período promoveu fortemente o crescimento da plântula até o final do experimento. Esse efeito foi



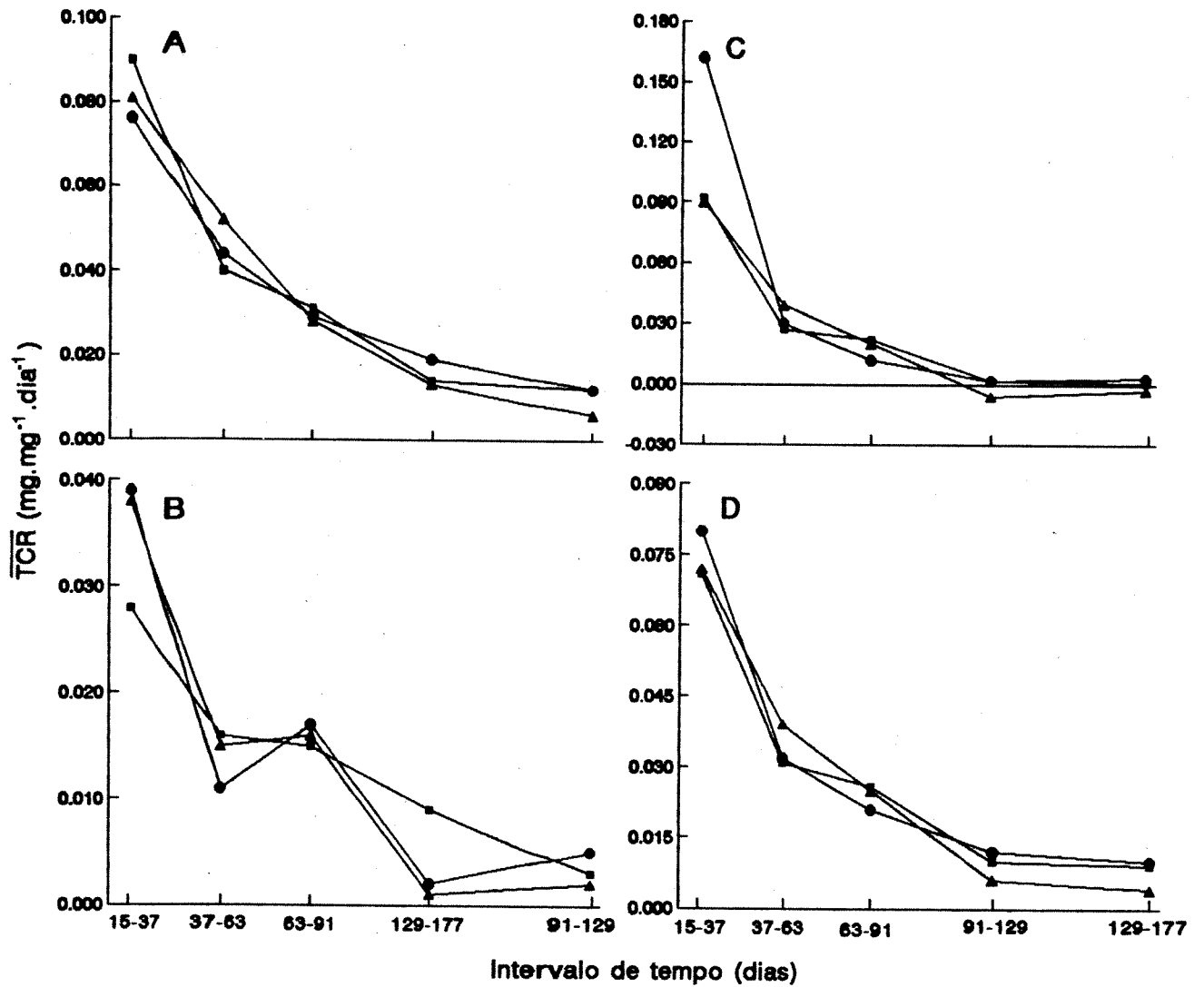


Figura 38. Efeito do tamanho (em massa) das sementes sobre a taxa média de crescimento relativo ( $\overline{TCR}$ ) de plântulas de *D. miscolobium*, ao longo do desenvolvimento.

A. Raiz.

B. Caule.

C. Folhas.

D. Plântula.

● menor que 90mg

■ 100 a 120mg

▲ maior que 130mg

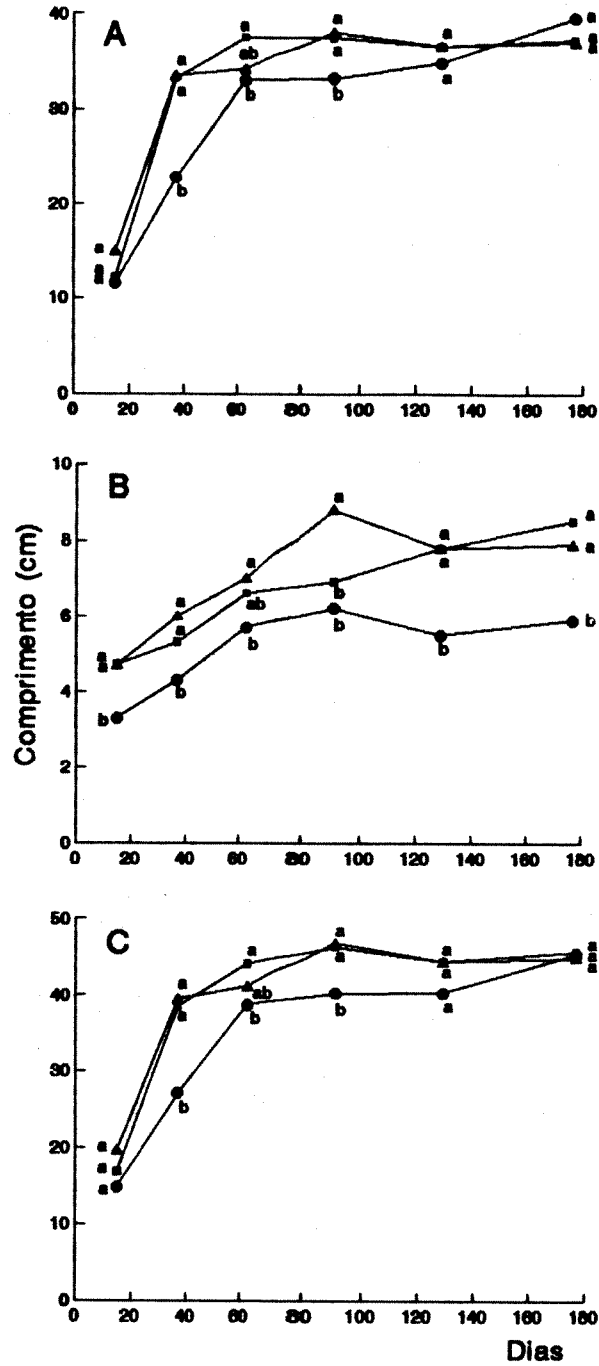


Figura 39. Efeito do tamanho (em massa) das sementes sobre alongamento de plântulas de *D. miscolobium*.

A. Raiz.

B. Caule.

C. Total.

● menor que 90mg

■ 100 a 120mg

▲ maior que 130mg

Letras comparam o comprimento de cada parte, a cada coleta.

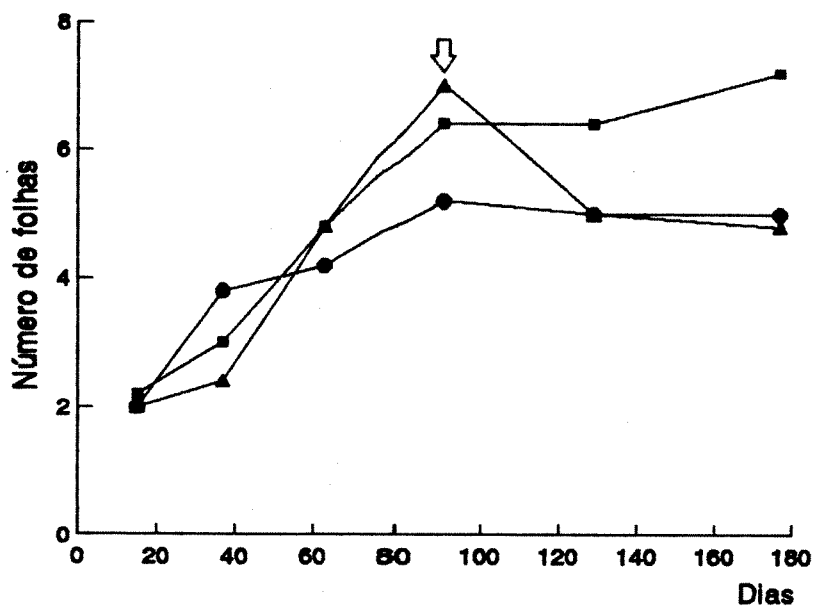


Figura 40. Efeito do tamanho (em massa) das sementes sobre o número de folhas durante o crescimento de *D. miscolobium*.

● menor que 90mg

■ 100 a 120mg

▲ maior que 130mg

↓ início da abscisão de folhas

observado na raiz, caule e folhas e soma de todas as partes (Figura 41), e no número de folhas (Figura 42) até 270 dias de crescimento. A perda de massa foi mais rápida nos cotilédones das plantas tratadas (Figura 41E). Apesar do maior crescimento da raiz em plântulas com adição de solução nutritiva, em termos de matéria seca, a razão raiz:parte aérea foi maior nas plântulas controle, sem solução nutritiva (Figura 43A). A taxa média de crescimento relativo ( $\overline{TCR}$ ) entre a primeira e a última coleta também foi maior para as plântulas que receberam solução nutritiva em relação às do controle, com exceção dos valores obtidos para as folhas, que foram semelhantes entre os dois tratamentos (Tabela 17).

Tabela 17. Efeito de solução nutritiva diluída 10 vezes sobre a taxa média de crescimento relativo ( $\overline{TCR}$ ) de plântulas de *D. miscolobium* crescidas em sacos de muda mantidos em canteiro.

Tratamentos	$\overline{TCR}$ (mg.mg <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup> )			
	Raiz	Caule	Folhas	Plântula
Controle (água)	0,020 a	0,009 a	0,015 a	0,017 a
Solução nutritiva	0,023 b	0,012 b	0,017 a	0,019 b

Apesar da grande diferença na massa da matéria seca entre os tratamentos, a raiz não mostrou diferença no alongamento entre os dois tratamentos, mas o caule apresentou um aumento no alongamento com a adição de solução nutritiva. No entanto, essa diferença não chegou a afetar o crescimento total (Figura 44). O crescimento da raiz ocorreu somente até o 90º dia, mas o caule teve crescimento contínuo por um longo período. A razão raiz:parte aérea, em termos de comprimento (alongamento) foi maior entre as plantas controle a partir da 4ª medida (Figura 43B). O alongamento da raiz foi medido apenas até o 210º dia, pois a grande ramificação que ocorreu no decorrer do experimento dificultou a obtenção dessa medida a partir de então.

Quando as plântulas foram mantidas em casa de vegetação, não foi verificado efeito da adição de solução nutritiva no dia da primeira coleta (dia 31). Não foram obtidas medidas de plântulas tratadas com solução nutritiva completa no dia 145 porque se

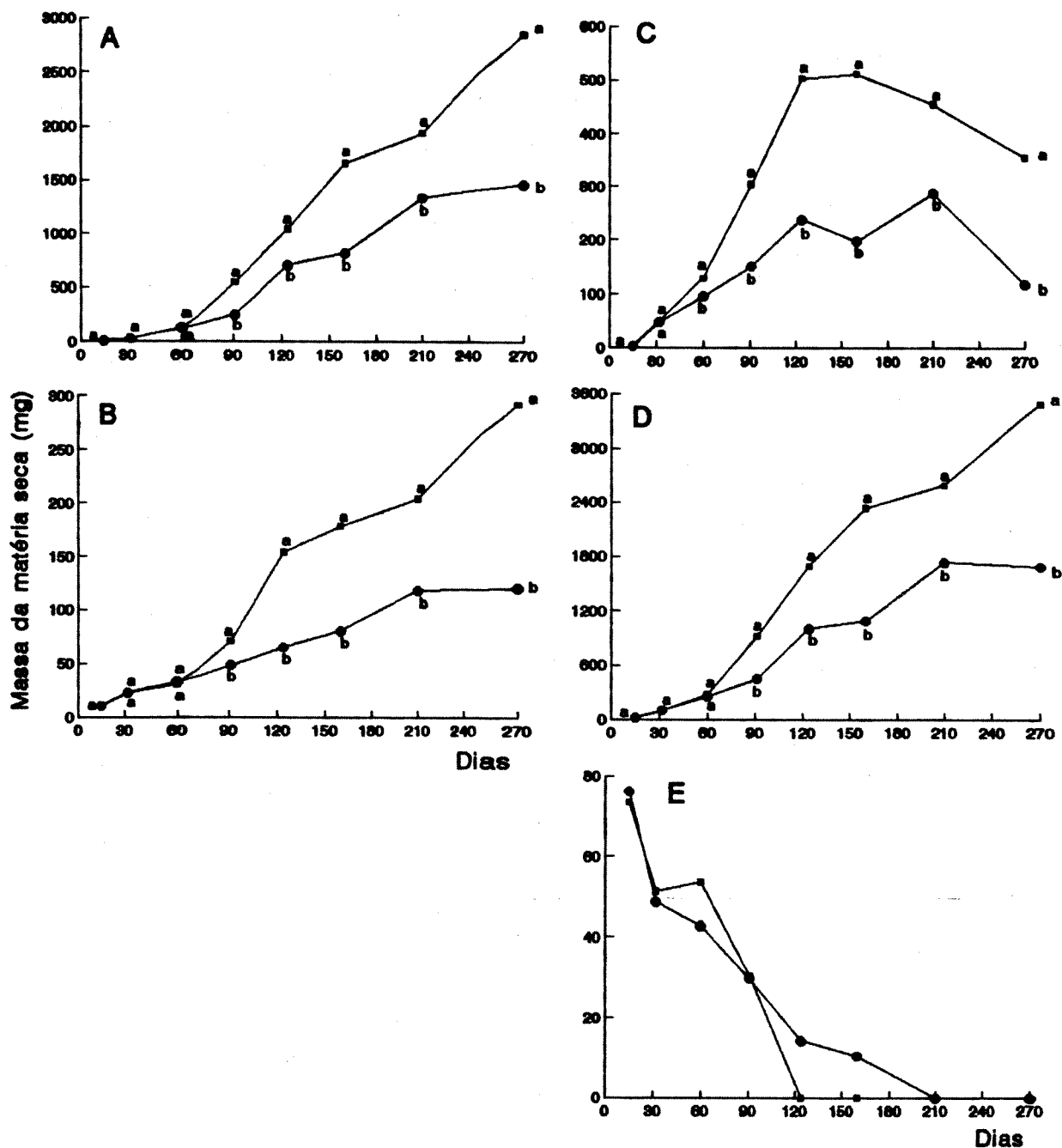


Figura 41. Efeito da adição de solução nutritiva de Hoagland (diluída 10 vezes) sobre o crescimento, em massa da matéria seca de plântulas de *D. miscolobium*, mantidas em canteiro, em terra de cerrado (de Itirapina).

A. Raiz.

B. Caule.

C. Folhas.

D. Plântula (raiz + caule + folhas).

E. Cotilédones.

● controle (água)

■ solução nutritiva

Letras comparam as massas entre os dois tratamentos, a cada coleta.

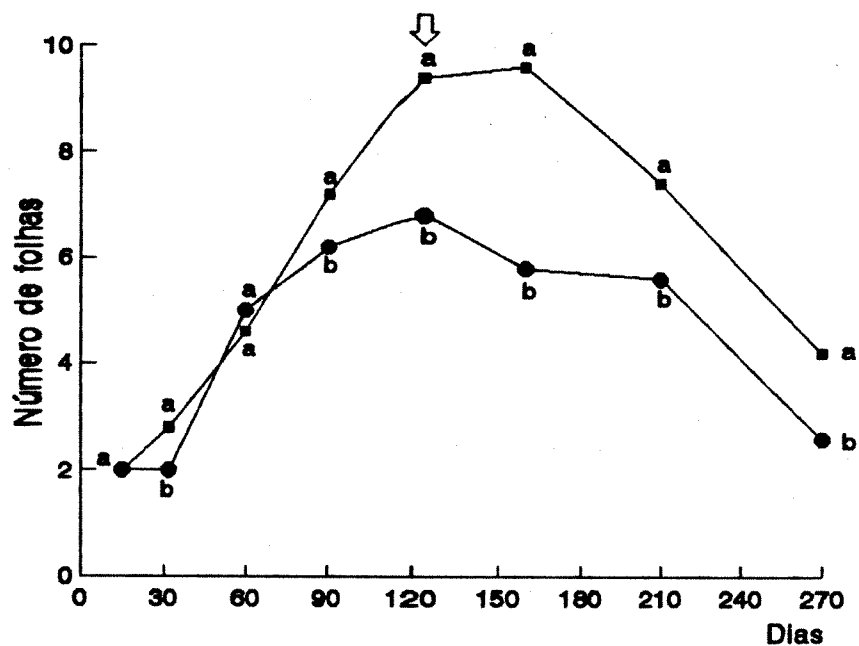


Figura 42. Efeito da adição de solução nutritiva de Hoagland (diluída 10 vezes) sobre o número de folhas durante o crescimento de plântulas de *D. miscolobium*, mantidas em canteiro, em terra de cerrado (de Itirapina).

● controle (água)

■ solução nutritiva

↓ início da abscisão de folhas

Letras comparam os números entre os dois tratamentos, a cada coleta.

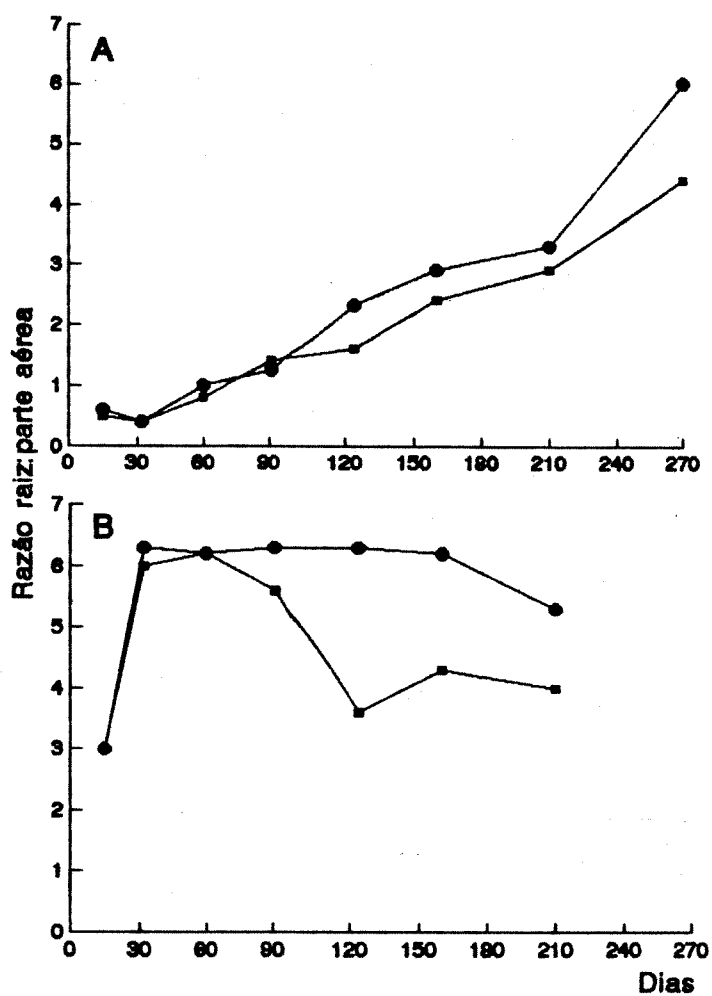


Figura 43. Efeito da adição de solução nutritiva de Hoagland (diluída 10 vezes) sobre a razão raiz:parte aérea de plântulas de *D. miscolobium*, crescidas em terra de cerrado (de Itirapina), no canteiro.

A. Em termos de massa da matéria seca.

B. Em termos de alongamento.

● controle (água)

■ solução nutritiva

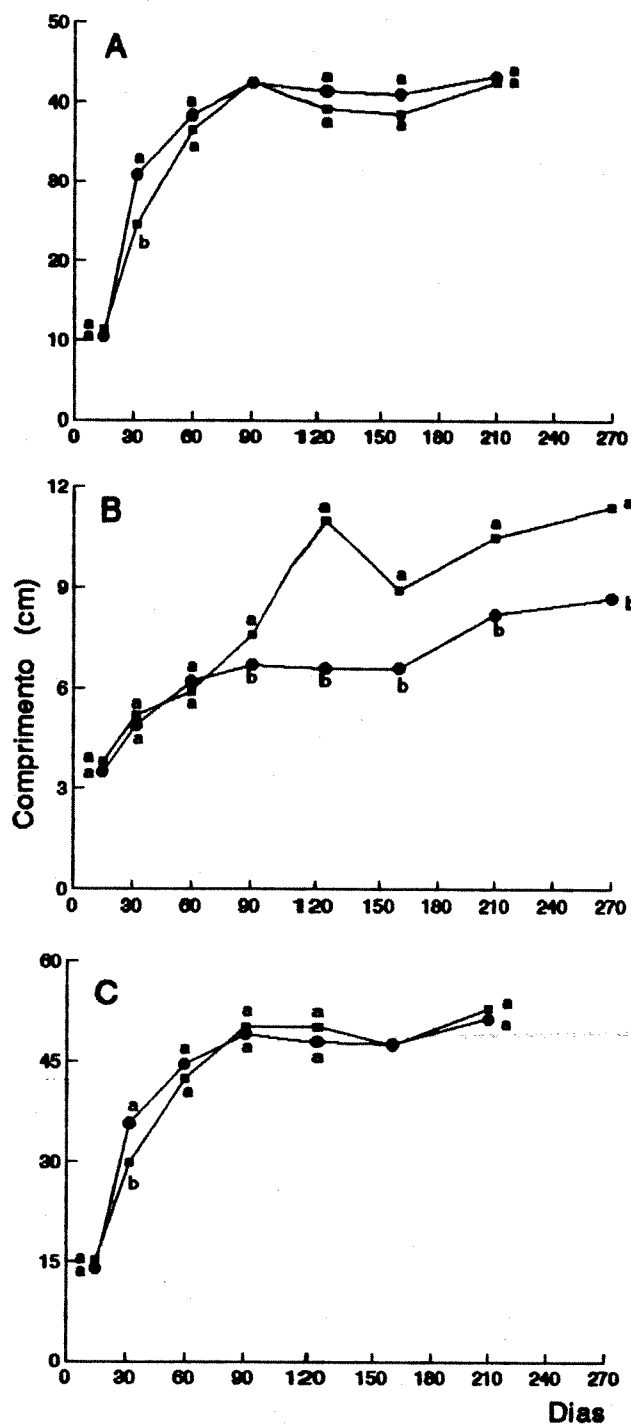


Figura 44. Efeito da adição de solução nutritiva de Hoagland (diluída 10 vezes) sobre o alongamento de plântulas de *D. miscolobium*, mantidas em canteiro, em terra de cerrado (de Itirapina).

A. Raiz.

B. Caule.

C. Total.

● controle (água)

■ solução nutritiva

Letras comparam os comprimentos entre os dois tratamentos, a cada coleta.



apresentaram com folhas amareladas com queda da maioria delas. A solução nutritiva teve pouco efeito sobre o acúmulo de matéria fresca da raiz, mas no final do experimento, as plântulas que receberam solução nutritiva apresentaram raízes de maior massa de matéria fresca do que as sem solução (Figura 45A). Em termos de massa da matéria seca da raiz, não houve diferença entre os tratamentos (Figura 46A). Entre os dias 31 e 108 do experimento, a  $\overline{TCR}$  da raiz foi maior com solução nutritiva diluída 10 vezes (Tabela 18). A parte aérea (caule + folhas), o caule e as folhas tiveram um crescimento bem maior tanto em matéria fresca (Figura 45B, C, D) como seca (Figura 46B, C, D), com solução nutritiva completa ou diluída duas vezes (na terceira coleta) do que com água ou diluída 10 vezes. Isto também foi verificado em termos de  $\overline{TCR}$  entre os dias 31 e 108 (Tabela 18). Nesse período, a  $\overline{TCR}$  da plântula como um todo foi maior com soluções nutritivas mais concentradas (Tabela 18). A razão raiz:parte aérea, em termos de massa, foi bem maior em plântulas que receberam água ou solução nutritiva diluída 10 vezes em relação àquelas que receberam soluções mais concentradas, tanto para a massa da matéria fresca (Figura 47A) como da matéria seca (Figura 47B). A diferença acentuou-se com a idade da plântula. Plântulas que receberam água ou solução nutritiva diluída 10 vezes apresentaram menor número de folhas do que as que receberam soluções mais concentradas (Figura 48A). Além do menor número, essas folhas tiveram menor área (Figura 48B), e como consequência, essas plântulas apresentaram área foliar total muito menor (Figura 48C). As plântulas controle (água) apresentaram inicialmente (primeira coleta) maior área foliar específica, AFE (Figura 49A). A razão de massa foliar, RMF (Figura 49B) foi maior com o aumento da concentração de solução nutritiva adicionada, assim como a razão de área foliar, RAF (Figura 49C). A taxa média de assimilação líquida (TAL), calculada entre os dias 31 e 108, no entanto, foi maior entre as plântulas que não receberam solução nutritiva ou que receberam solução nutritiva muito diluída (Tabela 19). Da mesma forma, a taxa fotossintética média ( $\overline{TF}$ ) estimada foi maior quando as plântulas receberam poucos nutrientes (solução diluída 10 vezes), apresentando valores muito baixos quando foram

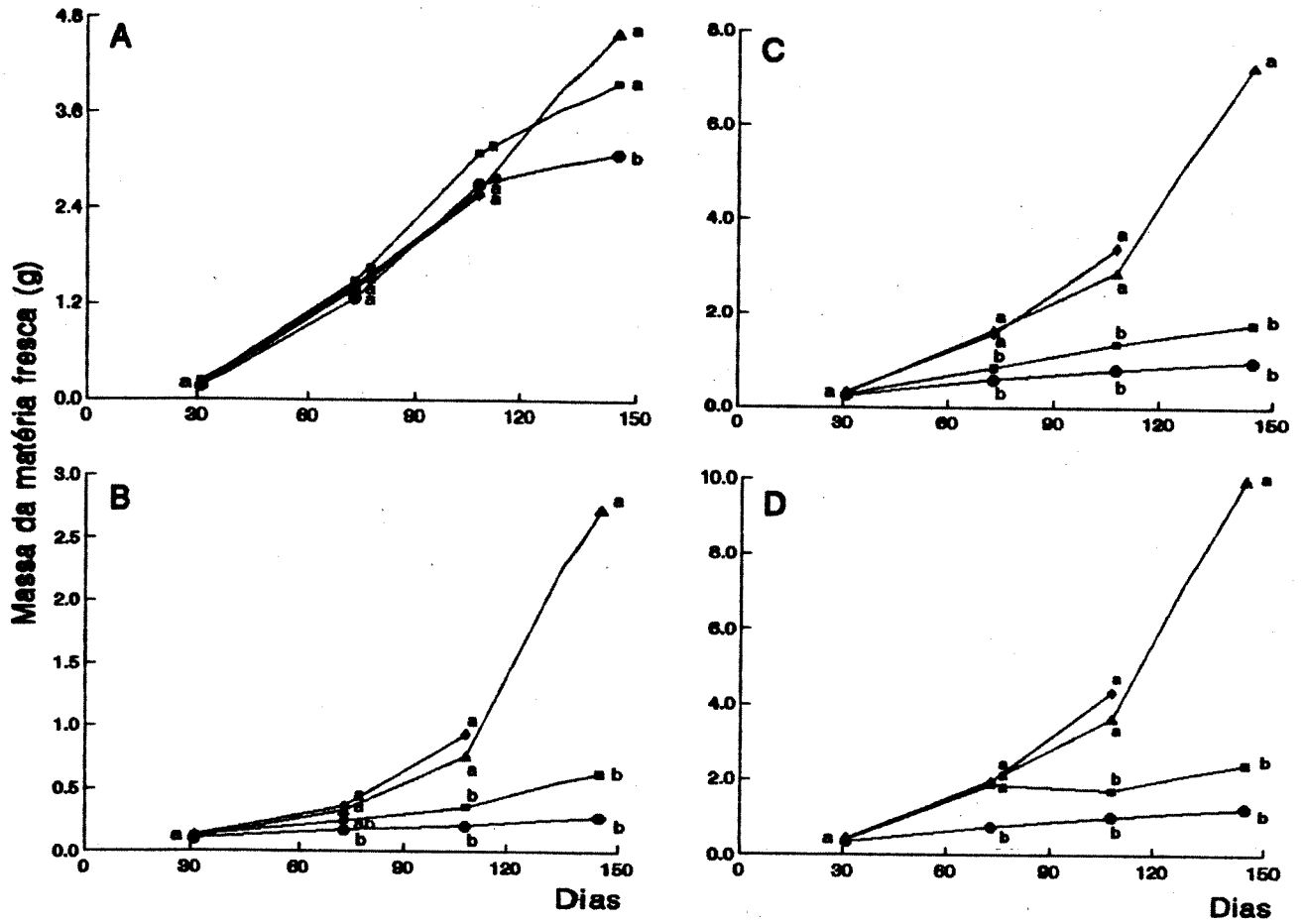


Figura 45. Efeito da adição de solução nutritiva de Hoagland, em diferentes concentrações, sobre o acúmulo de matéria fresca durante o crescimento inicial de *D. miscolobium*, em terra de cerrado (de Itirapina), em casa de vegetação.

A. Raiz.

B. Caule.

C. Folhas.

D. Parte aérea (caule + folhas).

● controle (água)

■ solução nutritiva diluída 10 vezes

▲ solução nutritiva diluída duas vezes

◆ solução nutritiva completa

Letras comparam as massas das diferentes partes, entre os tratamentos, a cada coleta.

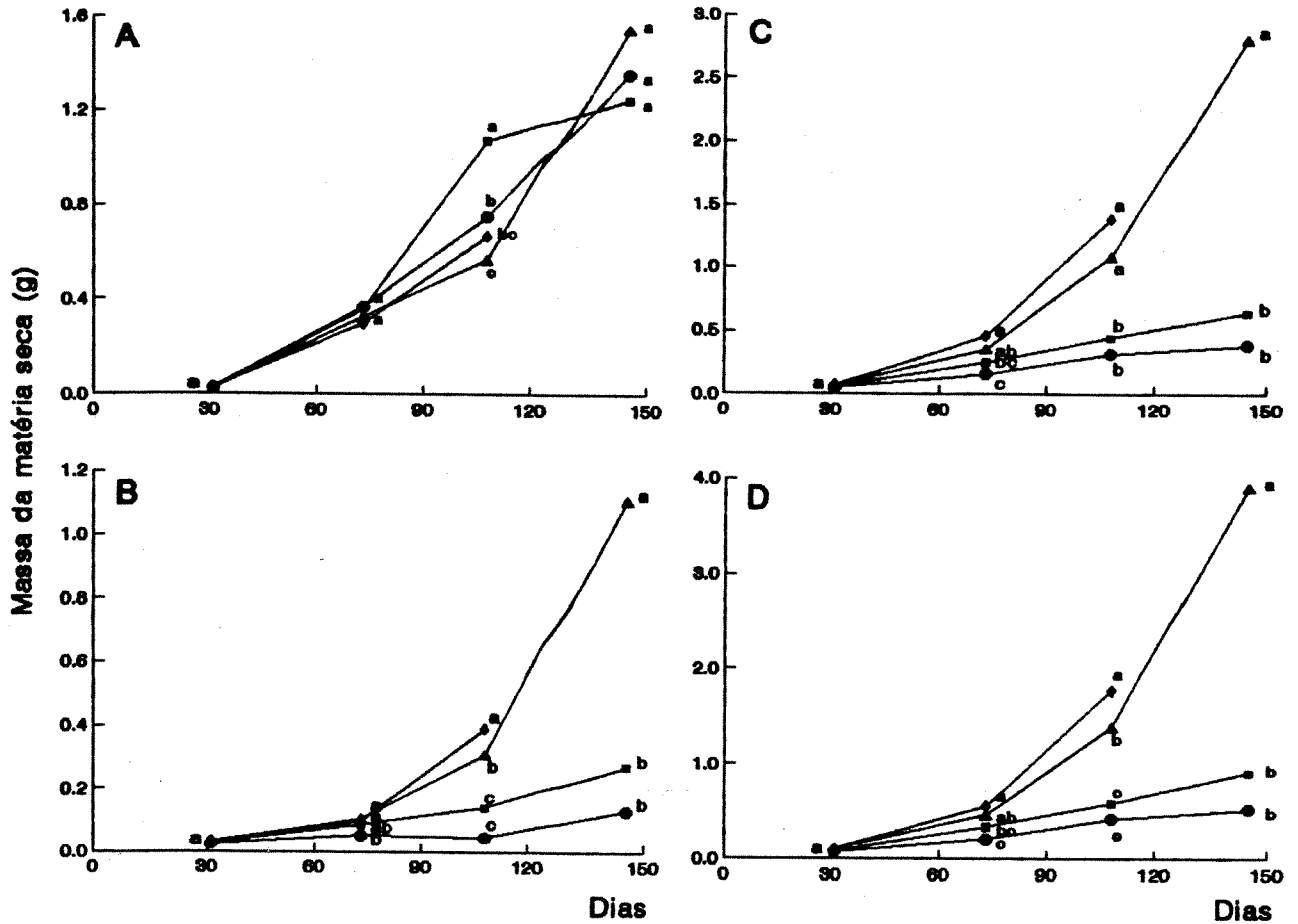


Figura 46. Efeito da adição de solução nutritiva de Hoagland, em diferentes concentrações, sobre o acúmulo de matéria seca durante o crescimento inicial de *D. miscolobium*, em terra de cerrado (de Itirapina), em casa de vegetação.

A. Raiz.

B. Caule.

C. Folhas.

D. Parte aérea (caule + folhas).

● controle (água)

■ solução nutritiva diluída 10 vezes

▲ solução nutritiva diluída duas vezes

◆ solução nutritiva completa

Letras comparam as massas das diferentes partes, entre os tratamentos, a cada coleta.

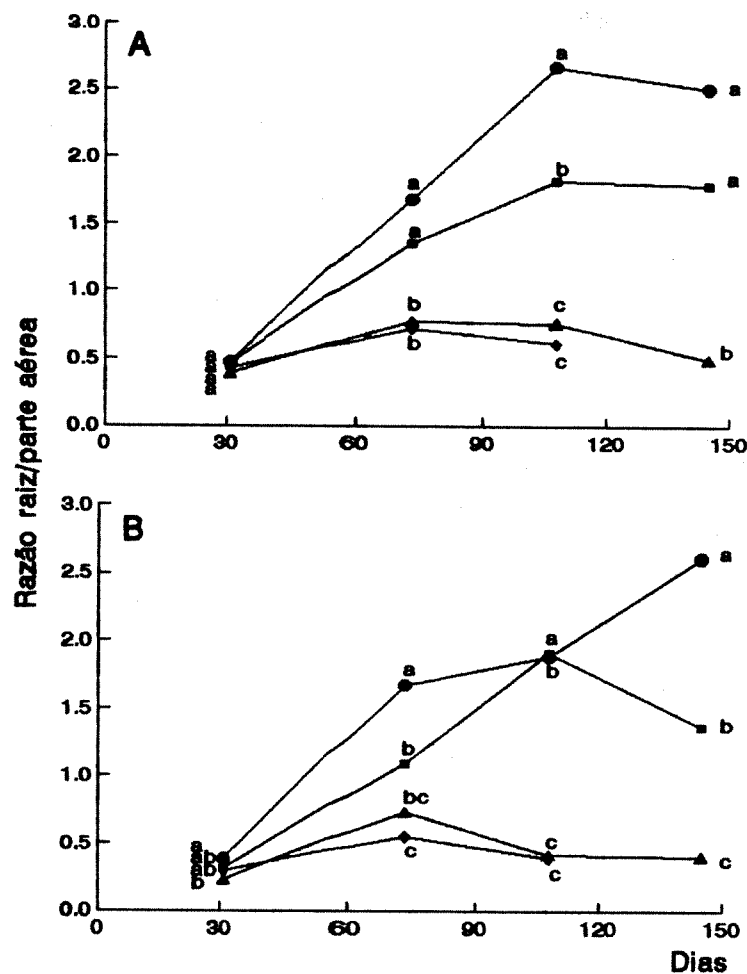


Figura 47. Efeito da adição de solução nutritiva de Hoagland, em diferentes concentrações, sobre a razão raiz:parte aérea de plântulas de *D. miscolobium*, crescidas em terra de cerrado (de Itirapina), em casa de vegetação.

A. Em termos de matéria fresca.

B. Em termos de matéria seca.

● controle (água)

■ solução nutritiva diluída 10 vezes

▲ solução nutritiva diluída duas vezes

◆ solução nutritiva completa

Letras comparam os valores entre os tratamentos, a cada coleta.

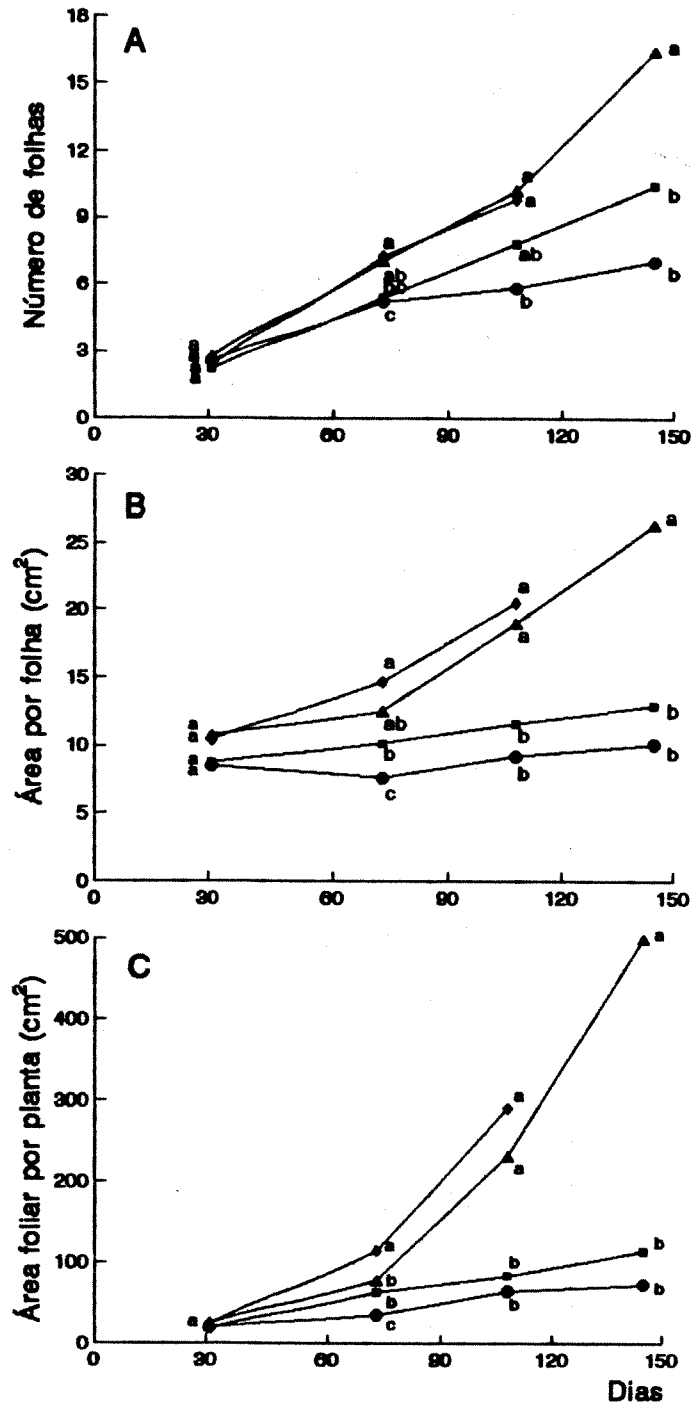


Figura 48. Efeito da adição de solução nutritiva de Hoagland, em diferentes concentrações, sobre o número de folhas e área foliar durante o crescimento de plântulas de *D. miscolobium*, em terra de cerrado (de Itirapina), em casa de vegetação.

A. Número de folhas.

B. Área foliar (média por folha).

C. Área foliar total (média por plântula).

● controle (água)

■ solução nutritiva diluída 10 vezes

▲ solução nutritiva diluída duas vezes

◆ solução nutritiva completa

Letras comparam os valores entre os tratamentos, a cada coleta.

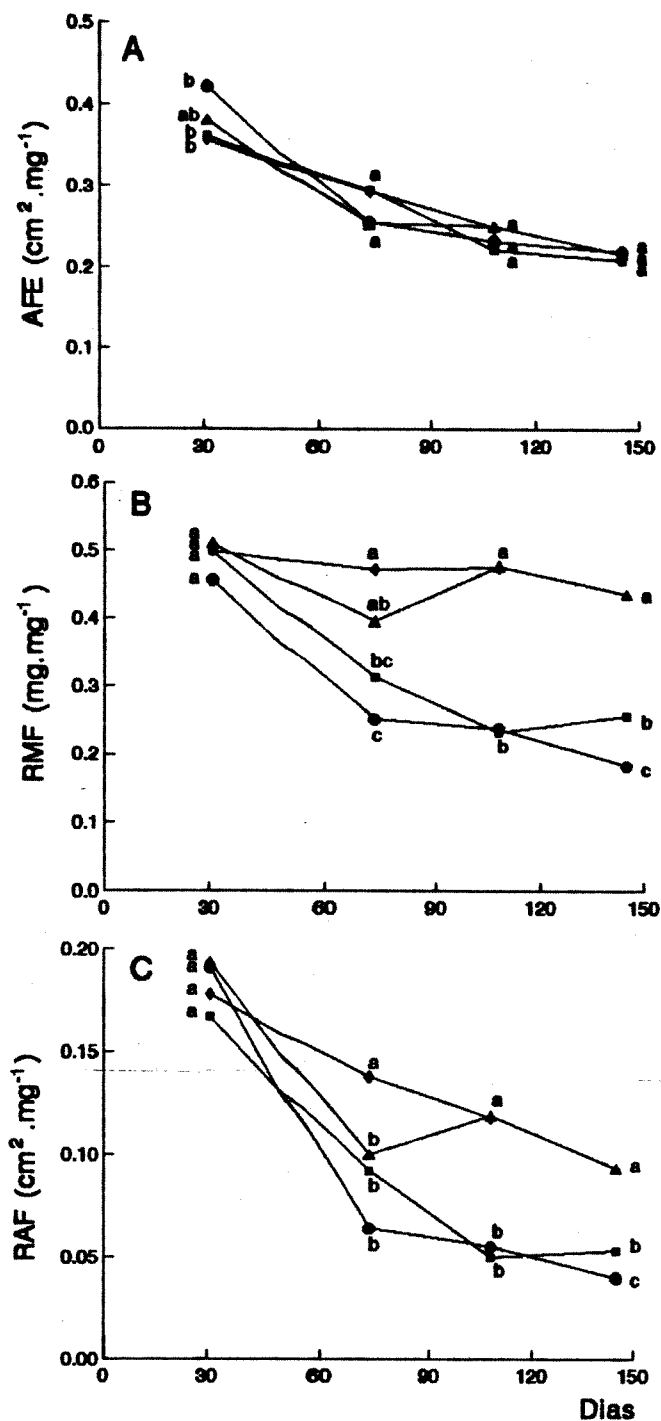


Figura 49. Efeito da adição de solução nutritiva de Hoagland, em diferentes concentrações, sobre a área foliar específica (AFE), a razão de massa foliar (RMF) e a razão de área foliar (RAF) durante o crescimento de plântulas de *D. miscolobium*, em terra de cerrado (de Itirapina), em casa de vegetação.

A. Área foliar específica.

B. Razão de massa foliar.

C. Razão de área foliar.

● controle (água)

■ solução nutritiva diluída 10 vezes

▲ solução nutritiva diluída duas vezes

◆ solução nutritiva completa

Letras comparam os valores entre os tratamentos, a cada coleta.

crescidas com soluções mais concentradas (Tabela 19). Houve um maior alongamento das plântulas que receberam soluções nutritivas mais concentradas (Figura 50).

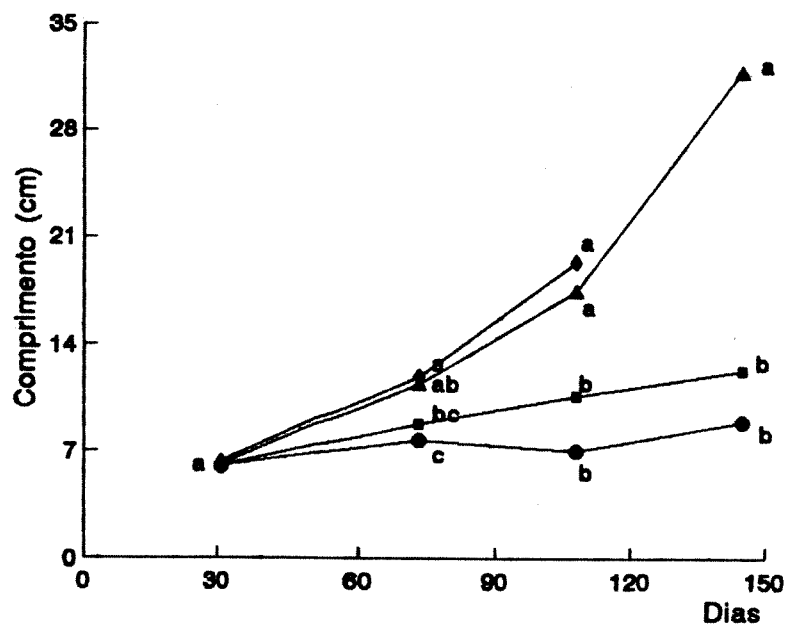
Tabela 18. Efeito de solução nutritiva de sobre a taxa média de crescimento relativo ( $\overline{TCR}$ ) de plântulas de *D. miscolobium*. Letras comparam os diferentes tratamentos em cada parte da plântula.

Tratamentos	$\overline{TCR}$ (mg.mg <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup> )			
	Raiz	Caule	Folhas	Plântula
Sem solução nutritiva	0,042 a	0,018 a	0,022 a	0,031 a
Solução nutritiva diluída 10 vezes	0,048 b	0,021 a	0,024 a	0,035 b
Solução nutritiva diluída duas vezes	0,040 a	0,030 b	0,033 b	0,038 c
Solução nutritiva completa	0,040 a	0,033 b	0,036 b	0,040 d

Tabela 19. Efeito de solução nutritiva sobre a taxa média de assimilação líquida ( $\overline{TAL}$ ) e taxa fotossintética média ( $\overline{TF}$ ) estimada de plântulas de *D. miscolobium*. Letras comparam os diferentes tratamentos.

Tratamentos	$\overline{TAL}$ (mg.cm <sup>-2</sup> .dia <sup>-1</sup> )	$\overline{TF}$ (μmol.m <sup>-2</sup> .s <sup>-1</sup> )
Sem solução nutritiva	0,36 a	3,16 a
Solução nutritiva diluída 10 vezes	0,46 b	3,98 b
Solução nutritiva diluída duas vezes	0,25 c	2,21 c
Solução nutritiva completa	0,28 c	2,40 c

No decorrer do experimento, não houve diferença entre os tratamentos em relação ao conteúdo total de açúcares solúveis na raiz. Apenas no final do experimento (dia 145), o conteúdo foi maior em plântulas crescidas com solução nutritiva diluída 10 vezes (Figura 51A). Apesar do conteúdo total ter sido semelhante nos tratamentos com água e solução nutritiva diluída duas vezes, o conteúdo relativo final foi maior nas raízes de plântulas sem solução nutritiva (Figura 51C); é bom lembrar que na raiz, a massa da matéria fresca foi menor nas plântulas controle (Figura 45A) e a massa da matéria seca foi semelhante entre os tratamentos (Figura 46). O aumento no conteúdo total de açúcares solúveis na parte



**Figura 50.** Efeito da adição de solução nutritiva de Hoagland, em diferentes concentrações, sobre o alongamento do caule durante o crescimento inicial de *D. miscolobium*, em terra de cerrado (de Itirapina), em casa de vegetação.

- controle (água)
- solução nutritiva diluída 10 vezes
- ▲ solução nutritiva diluída duas vezes
- ◆ solução nutritiva completa

Letras comparam os comprimentos, entre os tratamentos, a cada coleta.



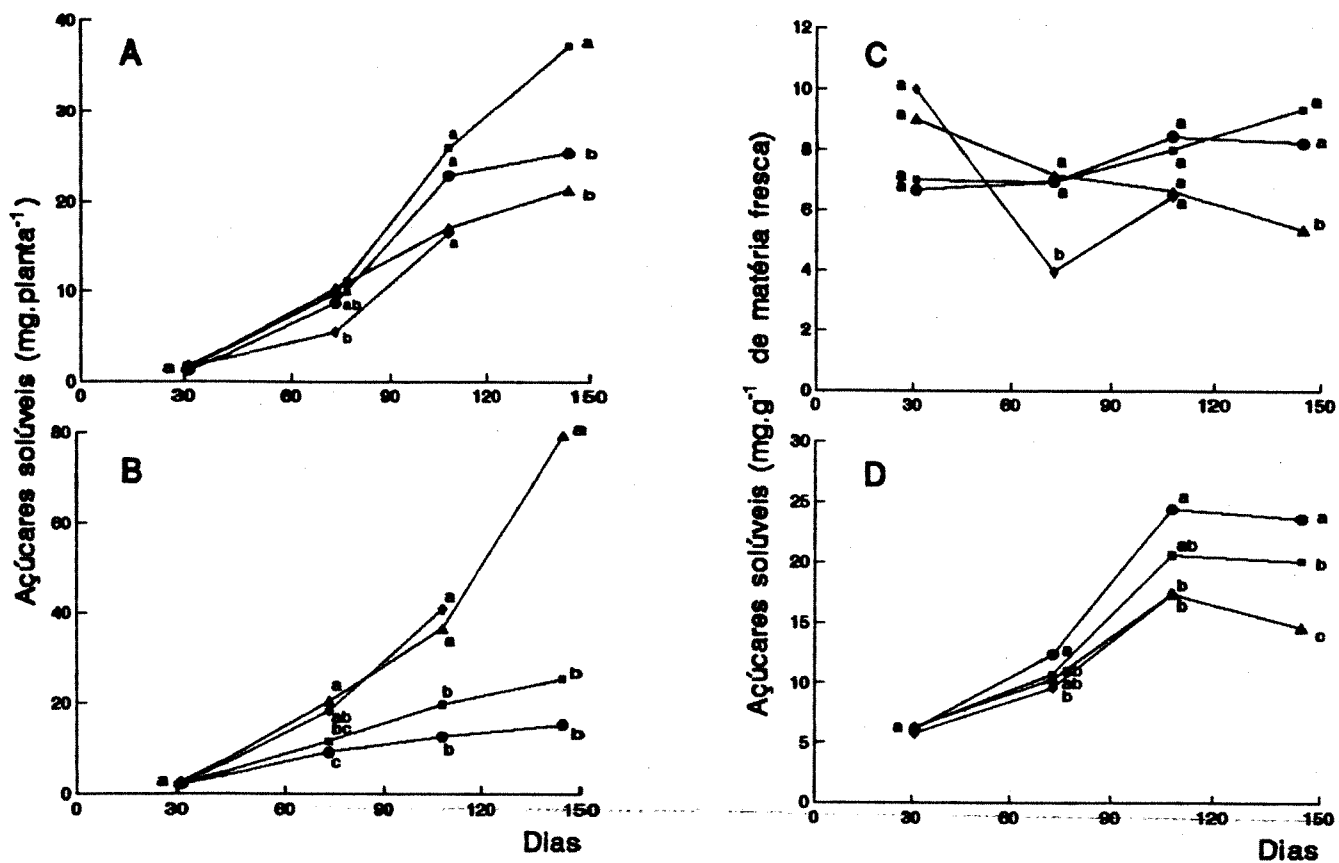


Figura 51. Efeito da adição de solução nutritiva de Hoagland, em diferentes concentrações, sobre o conteúdo de açúcares solúveis totais durante o crescimento inicial de *D. miscolobium*, em terra de cerrado (de Itirapina).

A. Raiz (conteúdo total).

B. Parte aérea (conteúdo total).

C. Raiz (conteúdo relativo)

D. Parte aérea (conteúdo relativo).

● controle (água)

■ solução nutritiva diluída 10 vezes

▲ solução nutritiva diluída duas vezes

◆ solução nutritiva completa

Letras comparam os conteúdos entre os tratamentos, em cada parte, a cada coleta.

aérea (Figura 51B) acompanhou o padrão de crescimento em acúmulo das massas das matérias fresca (Figura 45D) e seca (Figura 46D), que foi maior com as duas soluções mais concentradas. O conteúdo relativo apresentou padrão oposto, aumentando conforme diminuiu a concentração da solução nutritiva (Figura 51D). Esse padrão em que houve aumento do conteúdo total de açúcares solúveis e diminuição do seu conteúdo relativo com o aumento da concentração da solução nutritiva, foi observado, de um modo geral, tanto no caule como nas folhas isoladamente, nos dias 108 e 145 do experimento (Figura 52).

O conteúdo total de amido na raiz foi maior nas plântulas que somente receberam água em relação às que receberam solução nutritiva completa ou diluída duas vezes (Figura 53A). Da mesma forma, o conteúdo relativo de amido foi maior nas plântulas tratadas com água (Figura 53C). Na parte aérea, o acúmulo total de amido apresentou padrão oposto ao da raiz, sendo menor em plântulas tratadas com água do que com solução nutritiva diluída duas vezes. Solução nutritiva diluída 10 vezes teve o mesmo efeito da água, no dia 145 (Figura 53B). Mas, o conteúdo relativo de amido foi maior em plântulas com água ou solução nutritiva diluída 10 vezes em relação às mais concentradas (Figura 53D). Nas folhas, o conteúdo total de amido foi estatisticamente igual entre os tratamentos no dia 108 (Figura 54A), mas no dia 145, foi maior com solução nutritiva diluída duas vezes em relação à água ou à solução diluída 10 vezes (Figura 54B). O conteúdo relativo de amido nas folhas foi menor com concentrações mais altas de solução nutritiva no dia 108 (Figura 54C) e foi igual em todos os tratamentos no dia 145 (Figura 54D). O conteúdo total de amido no caule aumentou com o aumento da concentração da solução nutritiva no dia 108 (Figura 54A) e pela figura 54C verifica-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos, quanto ao conteúdo relativo de amido no caule. Já no dia 145, o conteúdo total de amido no caule aumentou com a solução nutritiva mais concentrada (Figura 54B) ao mesmo tempo que houve uma redução significativa no conteúdo relativo com o aumento da concentração da solução (Figura 54D).

Praticamente não houve diferença significativa no conteúdo total de nitrogênio da raiz (Figura 55A); porém, o conteúdo relativo acompanhou a concentração da solução nutritiva

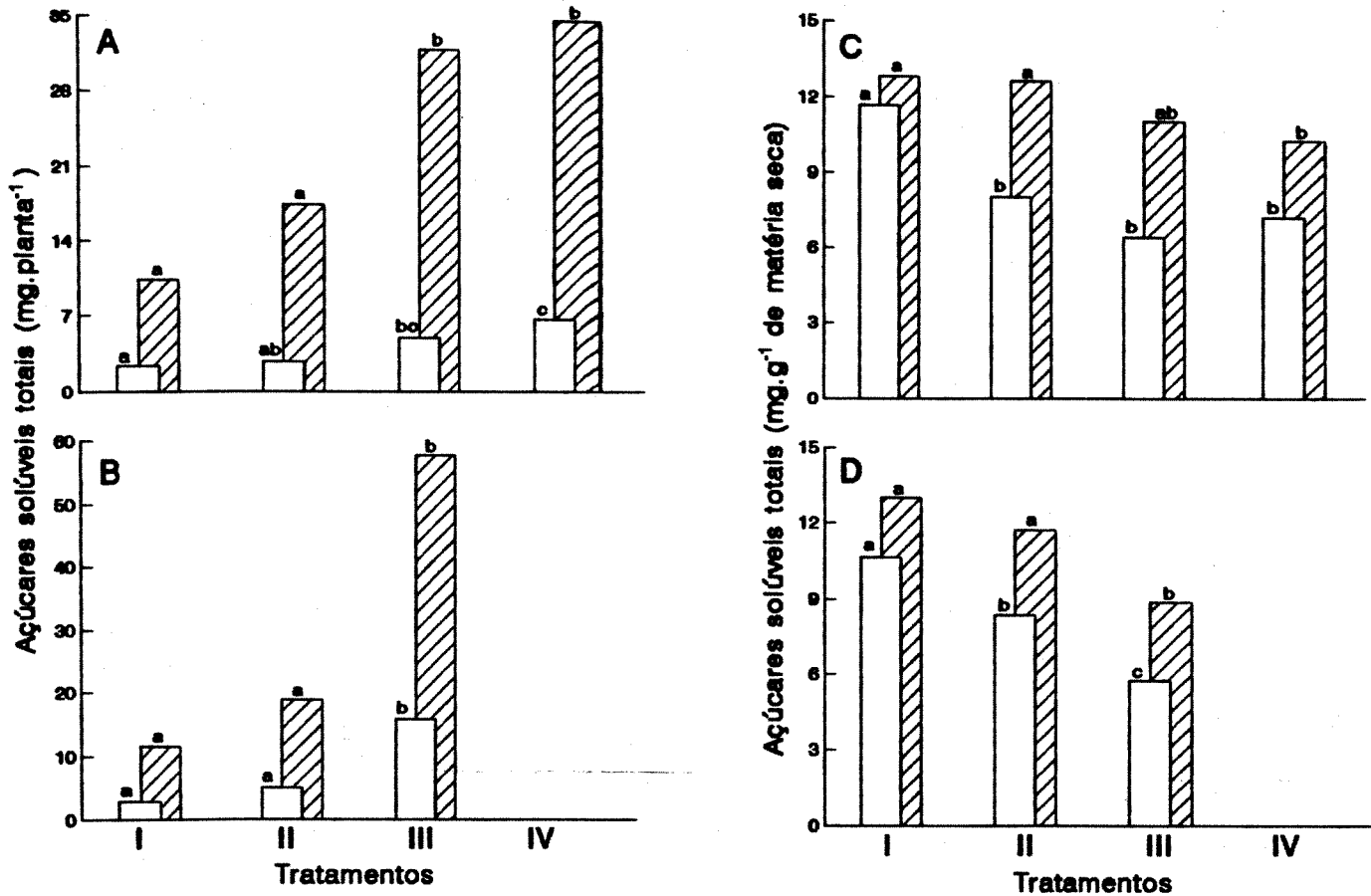


Figura 52. Efeito da adição de solução nutritiva, em diferentes concentrações, sobre o conteúdo de açúcares solúveis totais da parte aérea (caule e folhas) de plântulas de *D. miscolobium*, crescidas em terra de cerrado (de Itirapina).

A. Conteúdo total, no dia 108.

B. Conteúdo total, no dia 145.

C. Conteúdo relativo, no dia 108.

D. Conteúdo relativo, no dia 145.

▨ folhas

□ caule

I. controle (água)

II. solução nutritiva diluída 10 vezes

III. solução nutritiva diluída duas vezes

IV. solução nutritiva completa

Letras comparam os conteúdos entre os tratamentos, a cada coleta, separadamente para o caule e para as folhas.

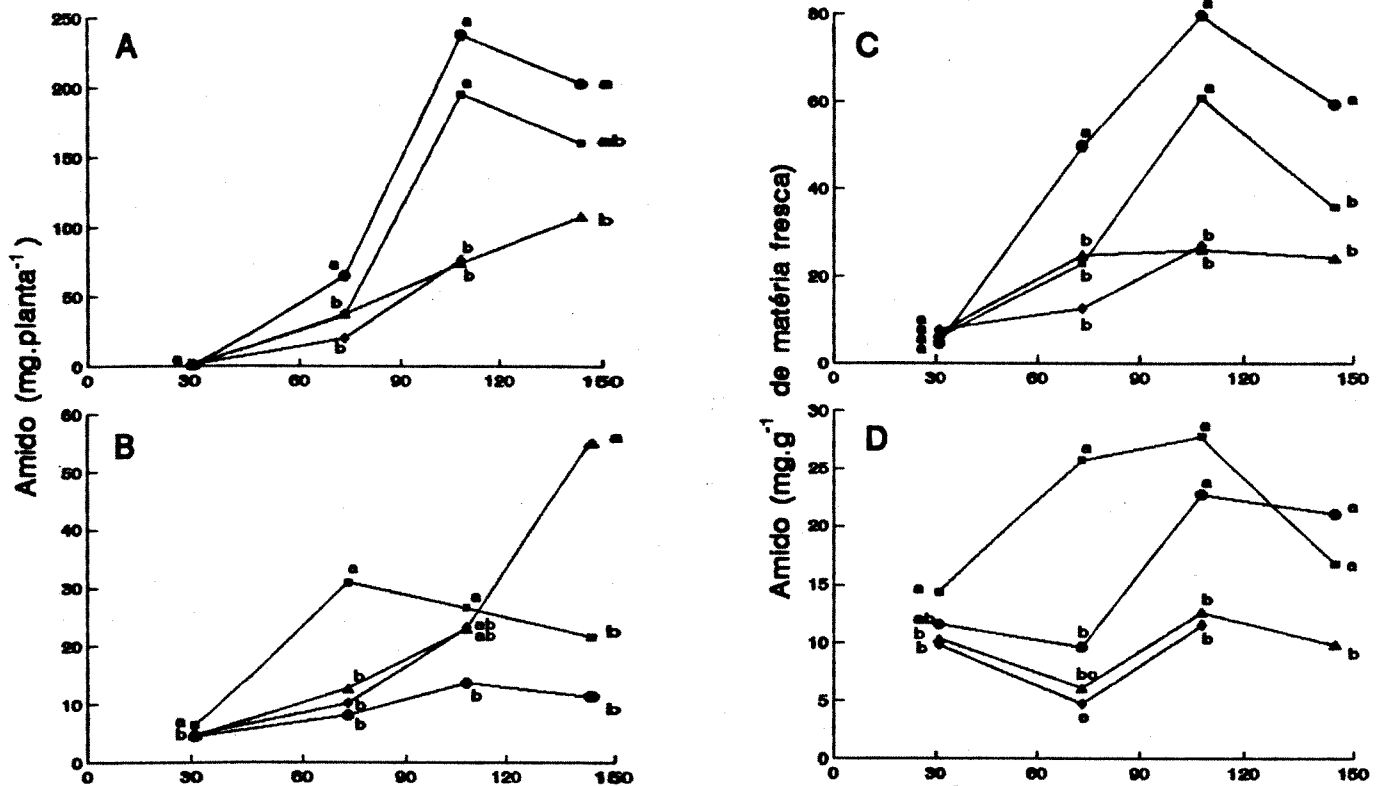


Figura 53. Efeito da adição de solução nutritiva de Hoagland, em diferentes concentrações, sobre o conteúdo de amido durante o crescimento inicial de *D. miscolobium*, em terra de cerrado (de Itirapina).

A. Raiz (conteúdo total).

B. Parte aérea (conteúdo total).

C. Raiz (conteúdo relativo)

D. Parte aérea (conteúdo relativo).

● controle (água)

■ solução nutritiva diluída 10 vezes

▲ solução nutritiva diluída duas vezes

◆ solução nutritiva completa

Letras comparam os conteúdos entre os tratamentos, em cada parte, a cada coleta.

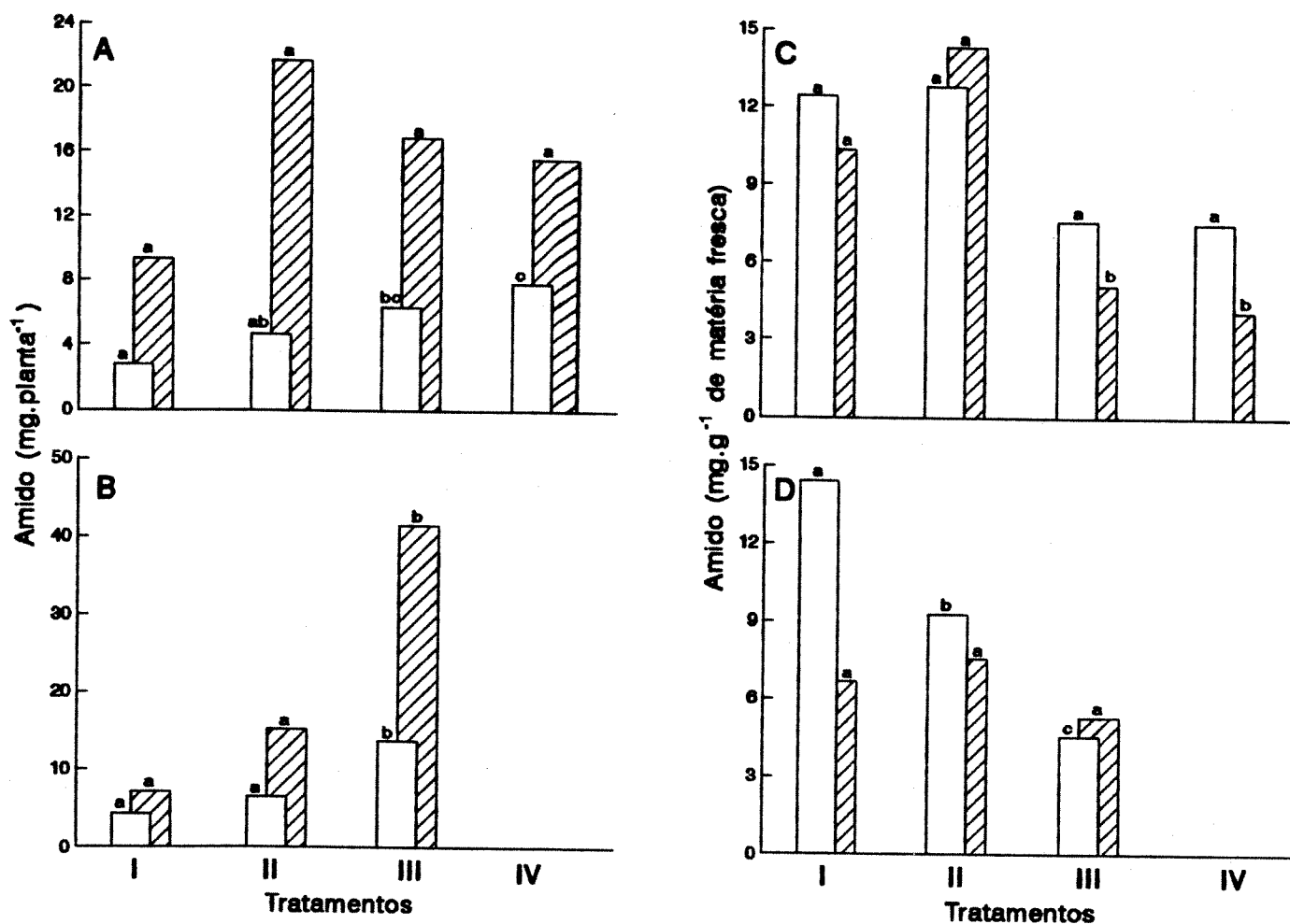


Figura 54. Efeito da adição de solução nutritiva de Hoagland, em diferentes concentrações, sobre o conteúdo de amido da parte aérea (caule e folhas) de plântulas de *D. miscolobium*, crescidas em terra de cerrado (de Itirapina).

A. Conteúdo total, no dia 108.

B. Conteúdo total, no dia 145.

C. Conteúdo relativo, no dia 108.

D. Conteúdo relativo, no dia 145.

▨ folhas  
□ caule

I. controle (água)

II. solução nutritiva diluída 10 vezes

III. solução nutritiva diluída duas vezes

IV. solução nutritiva completa

Letras comparam os conteúdos entre os tratamentos, a cada coleta, separadamente para o caule e para as folhas.

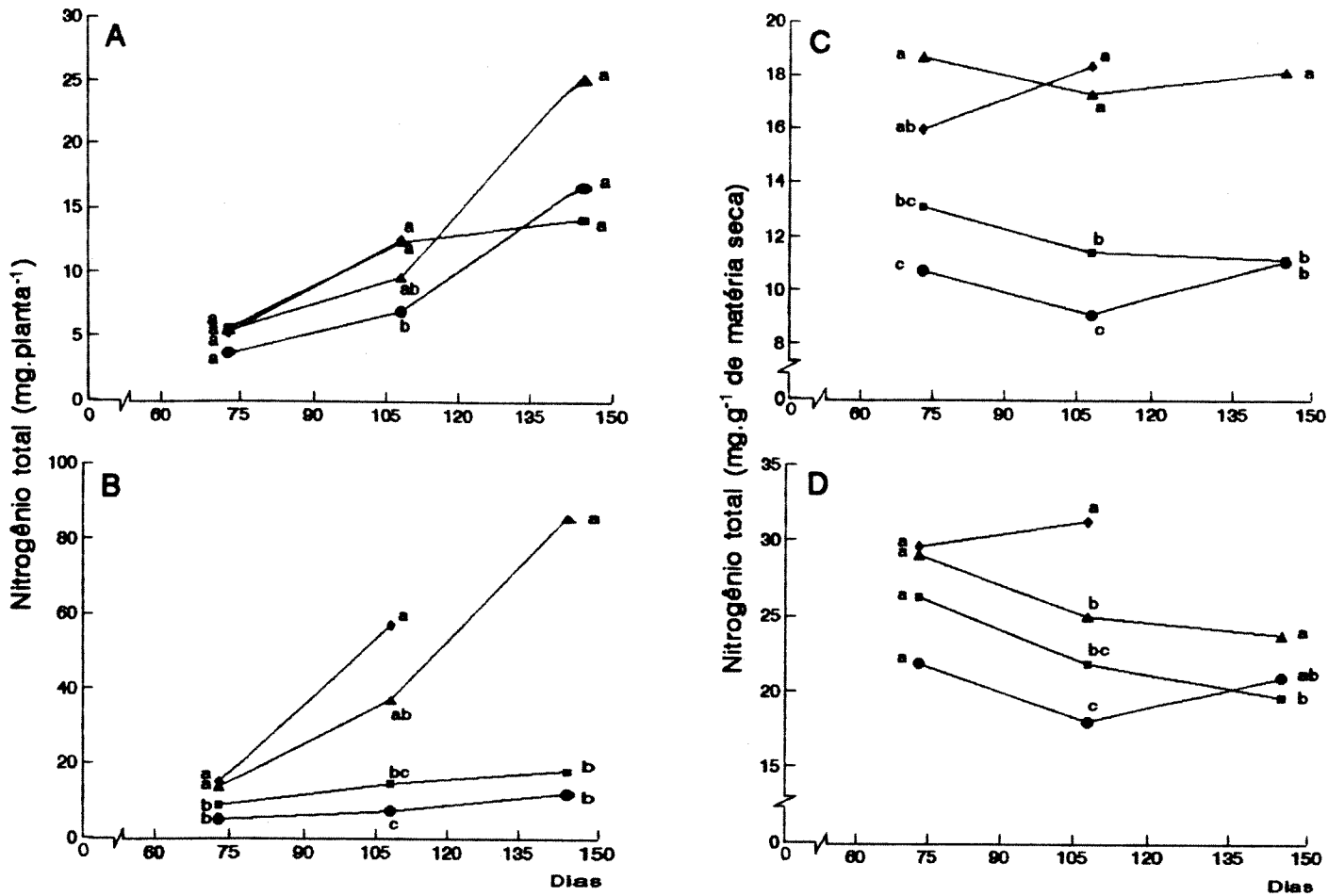


Figura 55. Efeito da adição de solução nutritiva de Hoagland, em diferentes concentrações, sobre o conteúdo de nitrogênio total durante o crescimento inicial de *D. miscolobium*, em terra de cerrado (de Itirapina).

- A. Raiz (conteúdo total).  
 B. Parte aérea (conteúdo total).  
 C. Raiz (conteúdo relativo)  
 D. Parte aérea (conteúdo relativo).

- controle (água)
- solução nutritiva diluída 10 vezes
- ▲ solução nutritiva diluída duas vezes
- ◆ solução nutritiva completa

Letras comparam os conteúdos entre os tratamentos, em cada parte, a cada coleta.

adicionada e foi maior nas raízes de plântulas crescidas com soluções mais concentradas (Figura 55C). Na parte aérea, o conteúdo total (Figura 55B) de nitrogênio aumentou bastante com o crescimento das plântulas quando receberam soluções nutritivas mais concentradas; o conteúdo relativo (Figura 55D) também se manteve mais alto nessas plântulas, apesar de não ter aumentado com a idade.

O conteúdo de proteínas totais foi estimado multiplicando-se o valor do conteúdo de nitrogênio pelo fator 6,25, podendo ser calculada, então, a razão carboidratos totais (açúcares solúveis + amido):proteínas totais, que é mostrada na tabela 20. Verificaram-se valores menores para tratamentos com concentrações maiores da solução nutritiva. Pela tabela 21 observa-se que houve uma redução na razão raiz:parte aérea, em termos de conteúdo de carboidratos e proteínas totais, com o aumento da concentração da solução nutritiva adicionada.

Tabela 20. Efeito de solução nutritiva sobre a razão carboidratos:proteínas em plântulas de *D. miscolobium*.

Dia	Razão carboidratos:proteínas							
	Raiz				Parte aérea			
	água	n/10	n/2	n	água	n/10	n/2	n
73	3,0	1,2	1,3	0,7	0,6	0,7	0,4	0,3
108	5,6	2,6	1,4	1,1	0,5	0,5	0,3	0,2
145	2,0	2,1	0,8	-	0,4	0,4	0,2	-

Tabela 21. Efeito de solução nutritiva sobre a razão raiz:parte aérea, em termos de conteúdo de carboidratos e de proteínas em plântulas de *D. miscolobium*.

Dia	Razão raiz:parte aérea							
	Conteúdo de carboidratos				Conteúdo de proteínas			
	água	n/10	n/2	n	água	n/10	n/2	n
73	4,0	1,1	1,4	0,8	0,8	0,7	0,4	0,4
108	10,1	4,6	1,5	1,4	1,0	0,9	0,3	0,2
145	8,1	4,0	0,9	-	1,4	0,8	0,3	-

### 5.2.3. Efeito do tipo de solo

Os resultados da análise química dos substratos (Tabela 1) mostram que os de cerrado são mais ácidos do que os de mata. A terra do cerrado de Itirapina tem uma porcentagem extremamente baixa de matéria orgânica (0,7%), comparada a da mata do Instituto de Botânica (6,4%). A terra do cerrado de Campininha e da mata de Santa Genebra apresentam porcentagens intermediárias de matéria orgânica (3,6 e 3,0%, respectivamente). De acordo com a avaliação, a terra de Itirapina apresenta uma quantidade muito baixa de fósforo; os teores de bases trocáveis (potássio, cálcio e magnésio) também são muito baixos, resultando na porcentagem de saturação de bases (V) mais baixa (8%) entre os substratos utilizados. A terra de Campininha apresenta teores um pouco maiores desses compostos do que a de Itirapina. A terra da mata do Instituto de Botânica apresenta teores médios desses compostos; a terra de Santa Genebra é a que apresenta teores mais elevados de fósforo e bases trocáveis, com porcentagem de saturação de bases maior (72%) entre os substratos utilizados.

Pelos resultados da análise granulométrica dos substratos utilizados (Tabela 2), pode-se fazer a classificação da textura, segundo RAIJ (1983): com mais de 85% de areia, a terra de Itirapina é considerada arenosa; com mais de 35% de argila, as terras do Instituto de Botânica e de Santa Genebra são consideradas argilosas; com menos de 85% de areia e menos de 35% de argila, a terra de Campininha é caracterizada como barrenta.

Em experimentos em que as plântulas foram mantidas em canteiro (plantadas em sacos de muda), foi verificada uma porcentagem de sobrevivência de plântulas menor em terra da mata do Instituto de Botânica do que em terra do cerrado de Itirapina. No primeiro experimento, aos 94 dias, a sobrevivência das plântulas foi de 83,3% em terra de cerrado e de 66,7% em terra de mata. No segundo experimento, foi de 100% em terra de cerrado e de 65% em terra de mata, aos 180 dias. Apesar da menor sobrevivência em terra de mata, foi verificado, em geral, um crescimento maior das plântulas em termos de comprimento do caule (Figuras 56A,D), número de folhas (Figura 56B) e massa da matéria seca das



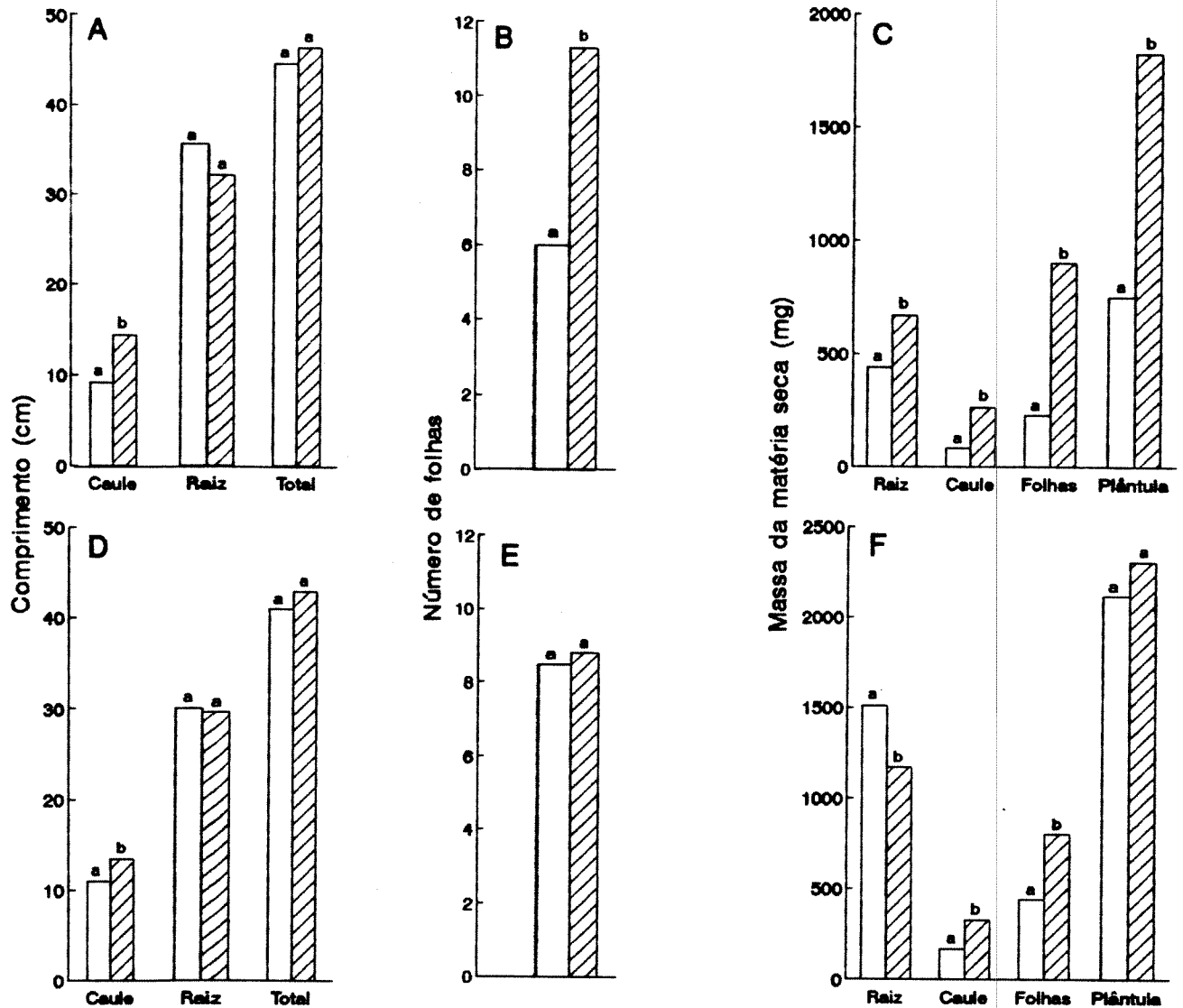


Figura 56. Crescimento de plântulas de *D. miscolobium*, mantidas em canteiro, em terra de cerrado (de Itirapina) e de mata (do Instituto de Botânica): medidas obtidas 94 dias (A, B, C) e 180 dias (D, E, F) após o início da embebição das sementes.

A, D. Comprimento.

B, E. Número de folhas.

C, F. Acúmulo de massa da matéria seca.

□ terra de cerrado

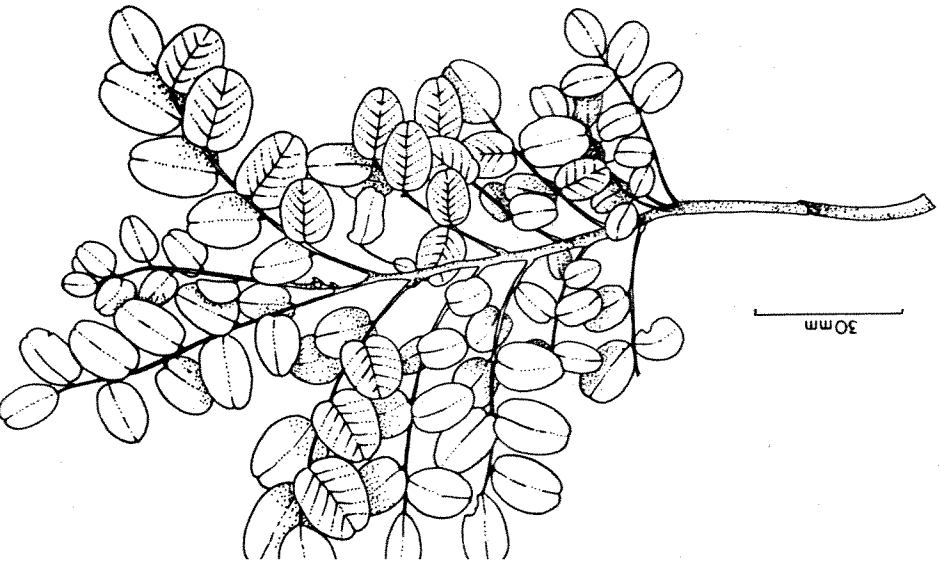
▨ terra de mata.

Letras comparam as medidas obtidas em terra de cerrado e de mata.

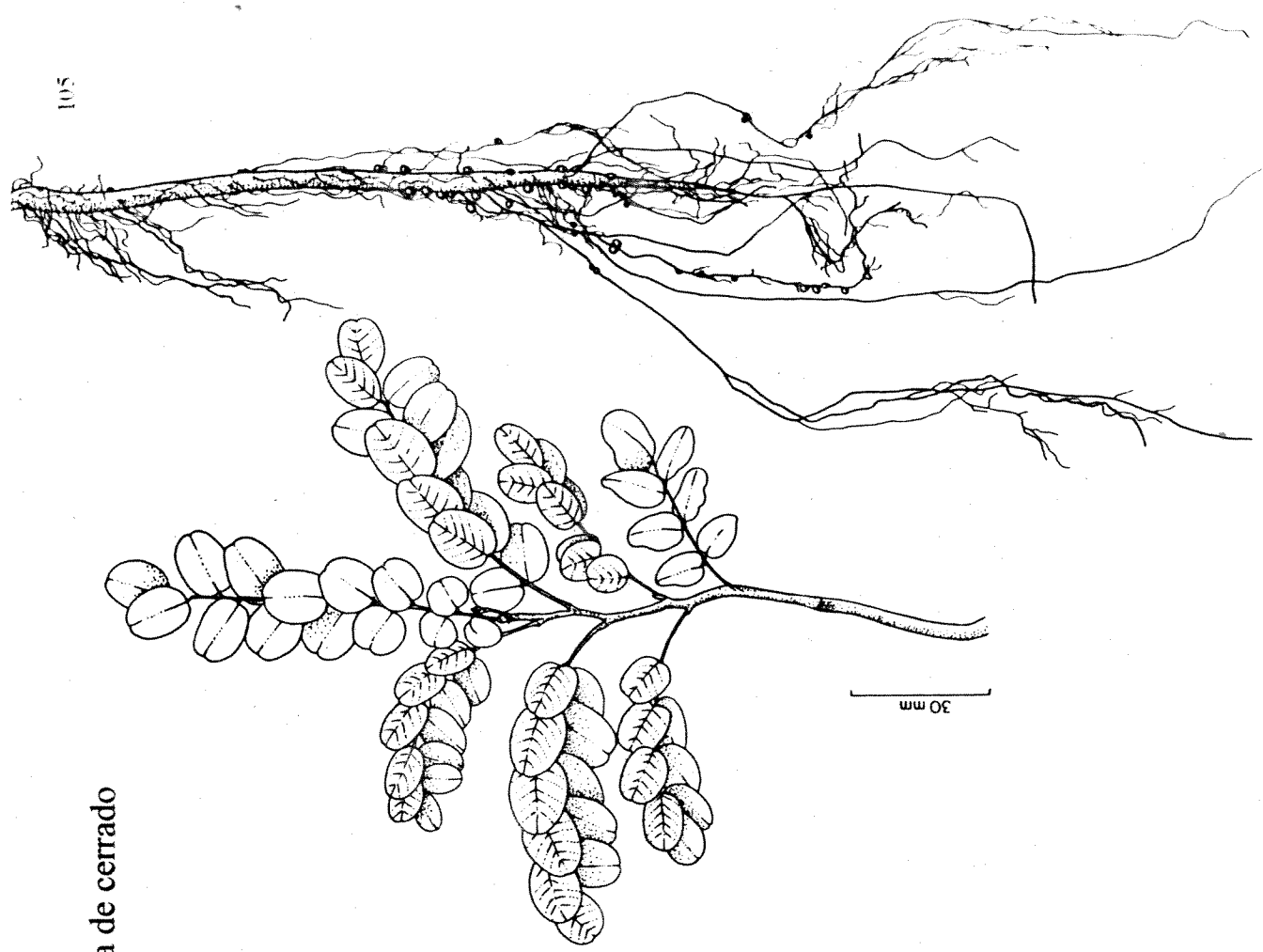
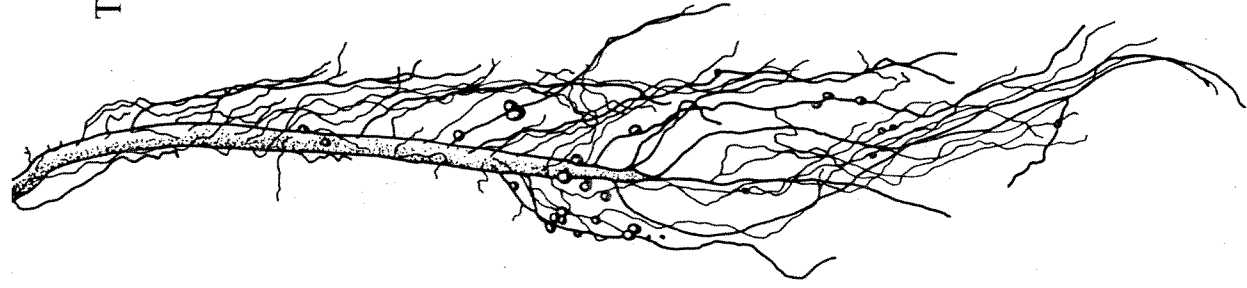
diferentes partes (Figuras 56C,F), com exceção da raiz aos 180 dias e plântula toda. Foi observada uma quantidade maior de ramificações nas raízes de plântulas crescidas em terra de cerrado comparadas às crescidas em terra de mata. Além disso, plântulas crescidas em terra de cerrado apresentaram um grande número de nódulos em suas raízes. As plântulas mantidas em terra de mata, ou não apresentaram nódulos, ou o número de nódulos foi muito reduzido. De um modo geral, as plântulas produziram folhas com folíolos maiores em terra de mata do que na de cerrado (Figura 57).

Em um outro experimento, realizado sob condição de luz natural, a análise fatorial (feita para os dados de sobrevivência no dia 123), mostrou interação entre os efeitos da localização dos vasos (dentro e fora da casa de vegetação) e da origem do substrato utilizado (terra do cerrado de Itirapina, do cerrado de Campininha, da mata de Santa Genebra e da mata do Instituto de Botânica). A sobrevivência das plântulas foi maior em casa de vegetação do que em canteiro nos vários substratos testados, sendo exceção com a terra de Itirapina, em que a sobrevivência foi alta e igual nas duas condições (Figura 58). Em casa de vegetação, a sobrevivência foi de 100% em terra de Itirapina, menor em terra do Instituto de Botânica e com valores intermediários em terra de Campininha e Santa Genebra. No canteiro, a sobrevivência foi também baixa em terra do Instituto de Botânica, mas foi menor ainda em terra de Santa Genebra.

Foi comparado o crescimento (massa da matéria seca) de plântulas com 266 dias, mantidas em casa de vegetação, em terra do cerrado de Itirapina e da mata de Santa Genebra, em experimentos realizados na UNICAMP e no Instituto de Botânica de São Paulo. A análise fatorial mostrou interação entre os efeitos dos locais de realização do experimento e da origem dos substratos. Quanto ao local do experimento, houve diferença no número de folhas e em massa da matéria seca total da plântula apenas quando foi utilizada terra de Itirapina, sendo menor em São Paulo. Mas, ao considerar a origem dos substratos, o crescimento, tanto em número de folhas como em massa da matéria seca total foi sempre maior em terra de Santa Genebra (Figura 59). Quanto à massa da matéria seca de cada parte da plântula, a raiz e as folhas apresentaram o mesmo padrão de crescimento



Terra de cerrado



105



Terra de mata

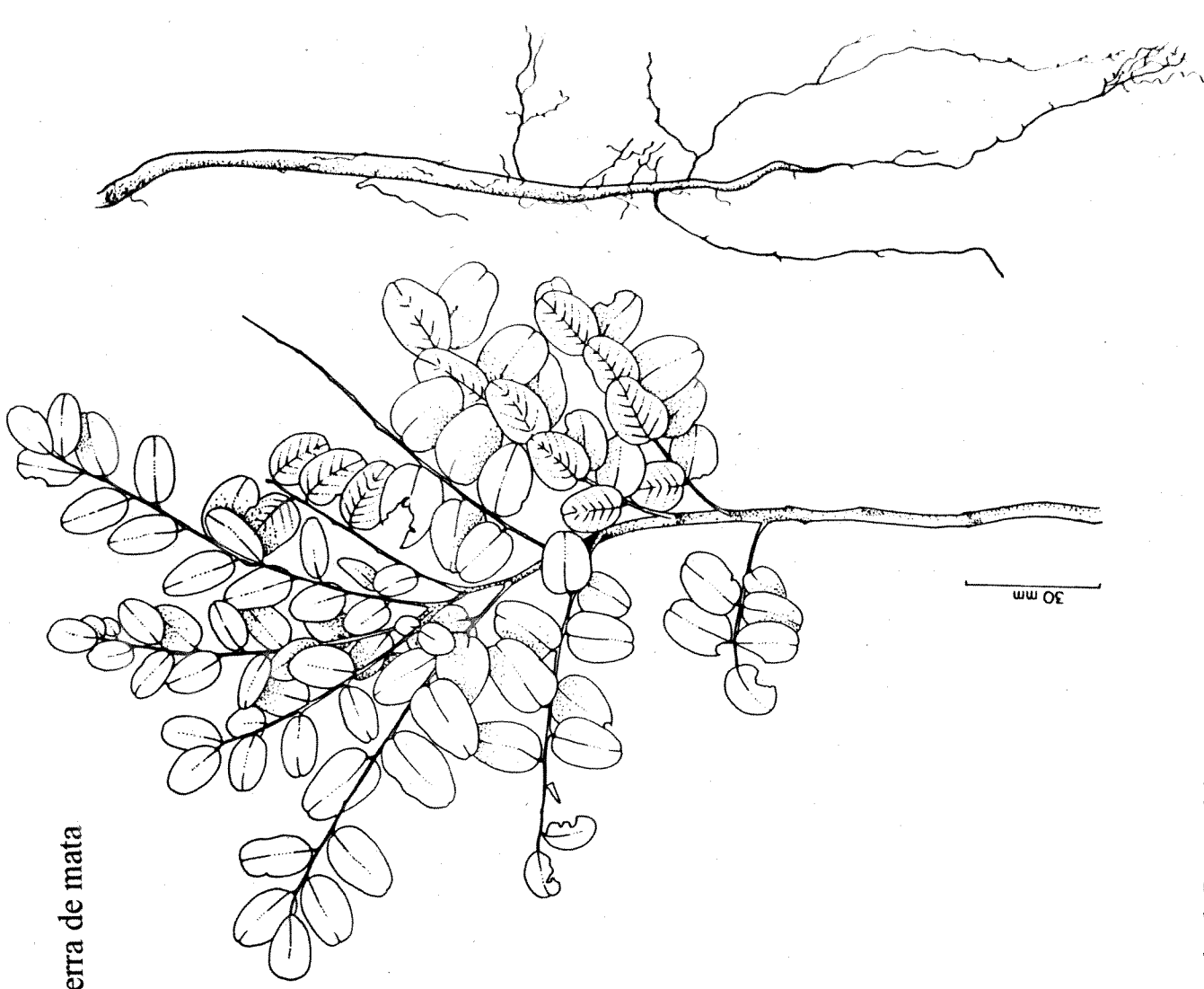


Figura 57. Aspecto de plântulas de *D. miscolobium* com 180 dias, crescidas em terra de cerrado (de Itirapina) ou de mata (do Instituto de Botânica).

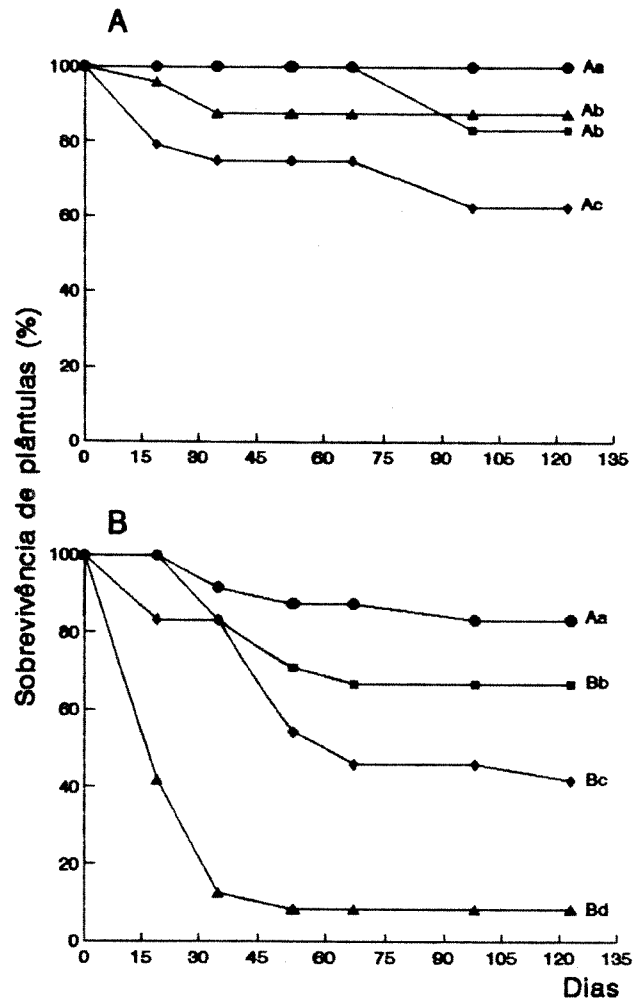


Figura 58. Sobrevivência de plântulas (em relação ao número inicial de plântulas transferidas para a terra) de *D. miscolobium* crescidas em terras de diferentes origens (cerrado de Itirapina, cerrado de Campininha, mata de Santa Genebra e mata do Instituto de Botânica).

A. Em casa de vegetação.

B. No canteiro.

- terra do cerrado de Itirapina
- terra do cerrado de Campininha
- ▲ terra da mata de Santa Genebra
- ◆ terra da mata do Instituto de Botânica

Letras maiúsculas comparam a sobrevivência das plântulas em casa de vegetação e ao ar livre. Letras minúsculas comparam a sobrevivência das plântulas nas terras de diferentes origens, 123 dias após o início da embebição das sementes.

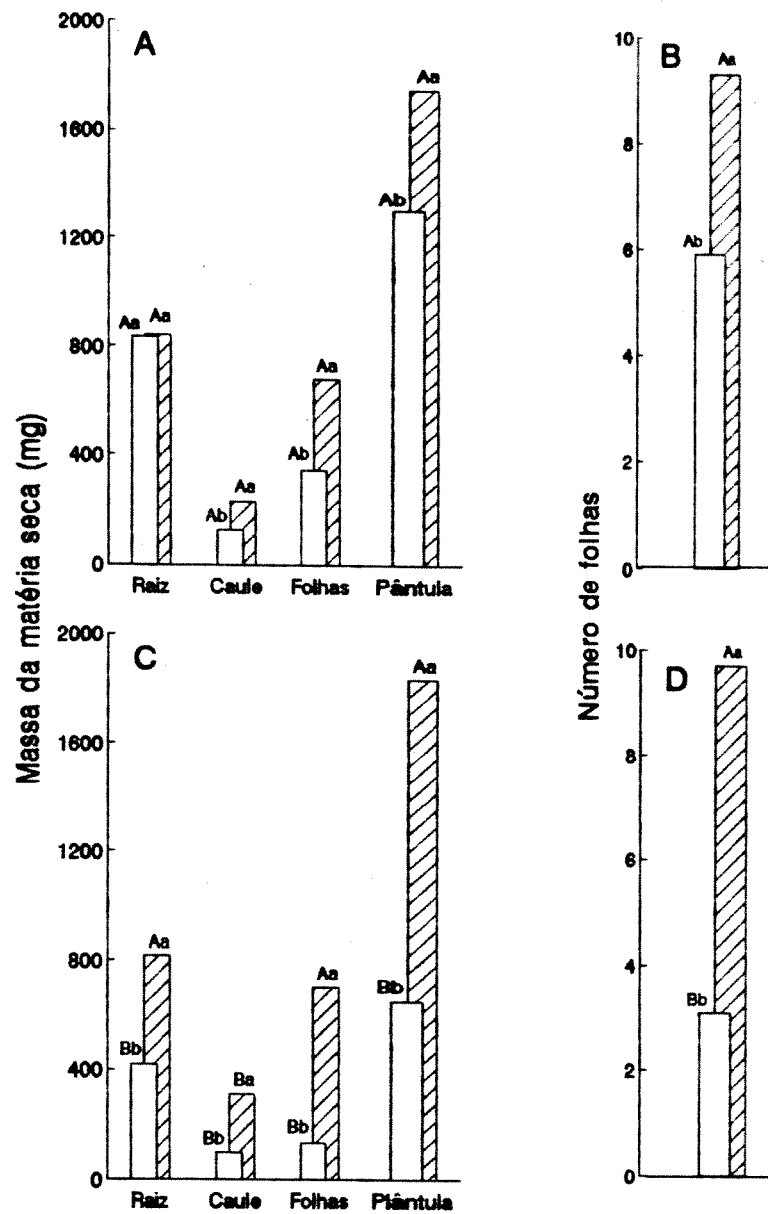


Figura 59. Crescimento, em termos de número de folhas e de acúmulo de matéria seca, de plântulas de *D. miscolobium*, em casa de vegetação, em terra de cerrado (de Itirapina) e de mata (de Santa Genebra), na UNICAMP e no Instituto de Botânica de São Paulo: medidas obtidas 266 dias após o início da embebição das sementes.

A, B. Experimento realizado no Instituto de Botânica de São Paulo.

C, D. Experimento realizado na UNICAMP.

□ terra de cerrado  
 ▨ terra de mata.

Letras maiúsculas comparam o efeito do local de realização do experimento. Letras minúsculas comparam o efeito da terra utilizada.

da plântula toda, em que a massa foi menor em São Paulo quando utilizada terra de Itirapina, mas foi igual nos dois lugares quando utilizada terra de Santa Genebra. Quando comparado o crescimento nos dois tipos de solo, a massa da matéria seca das folhas e do caule foi sempre maior em terra de Santa Genebra; o da raiz foi maior em terra de Santa Genebra em São Paulo, mas igual em Campinas.

Acompanhando-se o número de folhas, em outro experimento realizado em casa de vegetação, em plântulas crescidas sob luz contínua em terra do cerrado de Campininha e da mata do Instituto de Botânica foi observado que as plântulas perderam as folhas no período de maio a final de agosto, quando então iniciaram a produção de novas folhas, mesmo sendo irrigadas diariamente (Figura 60).

#### 5.2.4. Efeito do fotoperíodo

##### a. No outono, em terra de cerrado e de mata

Em relação ao alongamento do caule, *D. miscolobium* respondeu ao fotoperíodo, diferentemente, dependendo do tipo de terra. Em terra de mata, 12h e 16h de luz promoveram, de um modo geral, o alongamento em relação a 8h, já a partir da segunda coleta (Figura 61A). Entretanto, em terra de cerrado, o fotoperíodo de 16h promoveu o crescimento do caule em relação aos outros dois fotoperíodos testados, tendo o efeito sido notado na época da terceira coleta (Figura 61B). Não foi verificada interação entre o fotoperíodo e o tipo de terra quanto à velocidade de alongamento do caule. A velocidade foi maior no fotoperíodo de 16h, independente do tipo de solo usado (Tabela 22). Não houve diferença na velocidade de alongamento do caule (Tabela 22) ou no comprimento do caule (Figura 61) em terra de cerrado e de mata dentro do mesmo fotoperíodo.

O número de nós (Figura 62) em ambos os tipos de solo foi maior, no decorrer do experimento, com fotoperíodo de 16h do que com 8h. Só houve diferença entre terra de

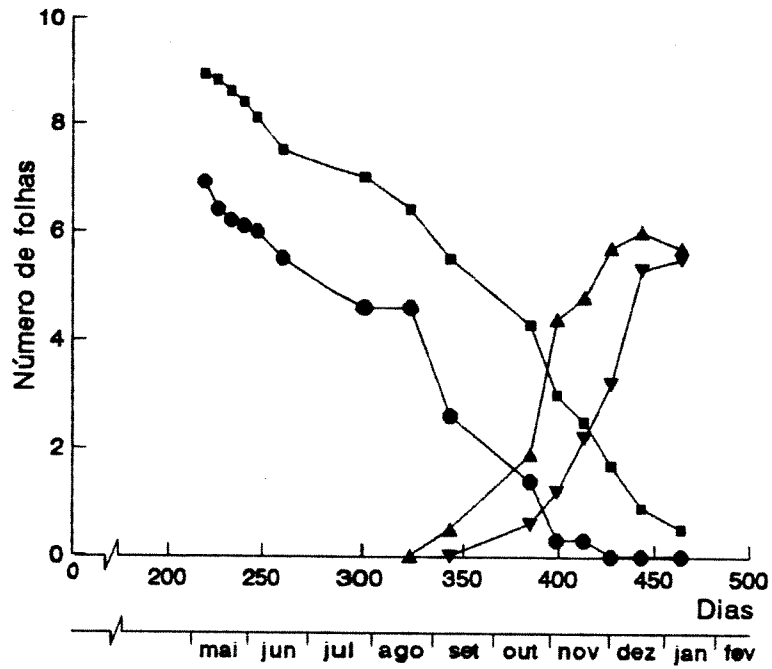


Figura 60. Acompanhamento, ao longo do ano (maio a fevereiro), do número de folhas em plântulas de *D. miscolobium*, crescidas em casa de vegetação, no Instituto de Botânica de São Paulo, sob luz contínua, em terra de cerrado (de Campininha) e de mata (do Instituto de Botânica). O tempo refere-se à idade da plântula, em dias após a embebição das sementes.

- folhas já existentes no início do acompanhamento, em terra de cerrado
- folhas já existentes no início do acompanhamento, em terra de mata
- ▲ folhas novas, em terra de cerrado
- ▼ folhas novas, em terra de mata

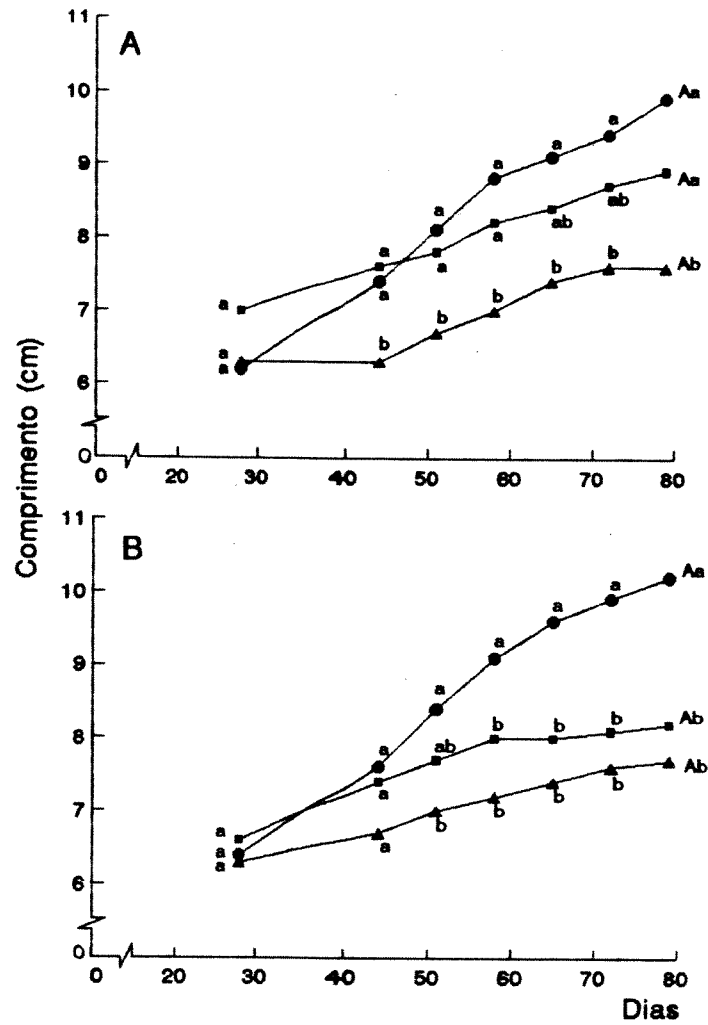


Figura 61. Efeito do fotoperíodo sobre o alongamento do caule de plântulas de *D. miscolobium* crescidas em terra de cerrado de (Campininha) e de mata (do Instituto de Botânica de São Paulo), no outono.

A. em terra de mata.

B. em terra de cerrado.

▲ 8h

■ 12h

● 16h

Letras minúsculas comparam os diferentes tratamentos fotoperiódicos, em cada idade, em cada tipo de terra. Letras maiúsculas comparam o efeito do tipo de terra, em cada fotoperíodo, na última coleta.



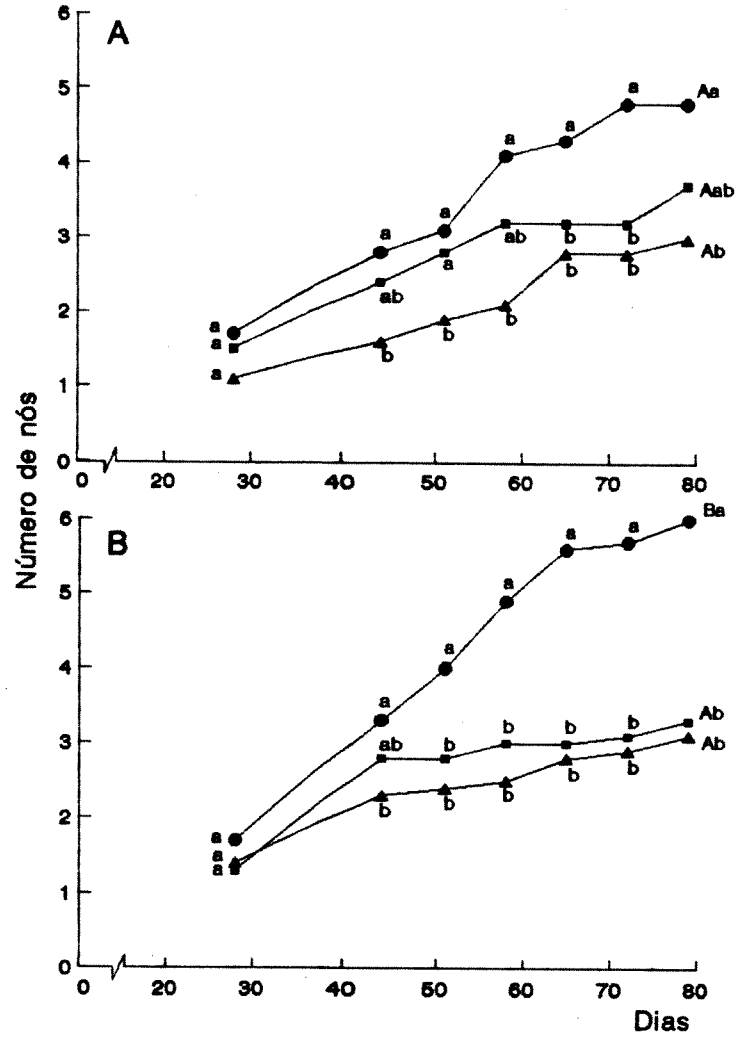


Figura 62. Efeito do fotoperíodo sobre o número de nós de plântulas de *D. miscolobium* crescidas em terra de cerrado de (Campininha) e de mata (do Instituto de Botânica de São Paulo), no outono.

A. em terra de mata.

B. em terra de cerrado.

▲ 8h

■ 12h

● 16h

Letras minúsculas comparam os diferentes tratamentos fotoperiódicos, em cada idade, em cada tipo de terra. Letras maiúsculas comparam o efeito do tipo de terra, em cada fotoperíodo, na última coleta.

cerrado e de mata com fotoperíodo de 16h no número de nós, sendo maior em terra de cerrado. Os dados para o número de folhas (Figura 63) acompanharam os do número de nós. O número médio de folíolos por folha foi semelhante nos três fotoperíodos e entre os dois tipos de terra; o comprimento médio de cada entrenó foi igual para as plântulas crescidas nos três fotoperíodos, tanto em terra de mata como de cerrado (dados não apresentados).

Tabela 22. Velocidade de alongamento do caule de plântulas de *D. miscolobium* crescidas em terra de cerrado e de mata sob fotoperíodos de 8, 12 e 16 horas, no outono.

Letras maiúsculas comparam os dois tipos de terra, em cada fotoperíodo; letras minúsculas comparam os fotoperíodos em cada tipo de terra.

Terra	Velocidade de alongamento (cm.dia <sup>-1</sup> )		
	Fotoperíodo		
	8 horas	12 horas	16 horas
Cerrado	2,9x10 <sup>-2</sup> Aa	3,1x10 <sup>-2</sup> Aa	7,8x10 <sup>-2</sup> Ab
Mata	3,1x10 <sup>-2</sup> Aa	3,8x10 <sup>-2</sup> Aa	7,3x10 <sup>-2</sup> Ab

No final do experimento, a maioria das plântulas ainda apresentava cotilédones. Foi obtido o valor médio ao redor de 22mg de massa da matéria seca para um cotilédone, independente do tipo de terra e do fotoperíodo utilizados.

No dia 79 foi determinada a massa da matéria seca das plântulas (Figura 64). Não houve interação entre fotoperíodo e tipo de terra para as medidas de raiz, caule, folhas e parte aérea. Foi verificada interação entre fotoperíodo e tipo de terra quando foi considerada a soma de todas as partes (plântula). Dentro de cada fotoperíodo, não houve diferença entre os dois tipos de terra, com exceção da massa das folhas no fotoperíodo de 16h, que foi maior em terra de cerrado. Já para a plântula toda, o crescimento foi maior em terra de cerrado sob fotoperíodo de 8h e 16h.

Não houve interação entre fotoperíodo e tipo de terra quanto à taxa média de crescimento absoluto ( $\overline{TCA}$ ). No outono, a taxa foi igual entre as plântulas crescidas em terra de cerrado e de mata, num mesmo fotoperíodo; mas, entre os fotoperíodos, ela foi

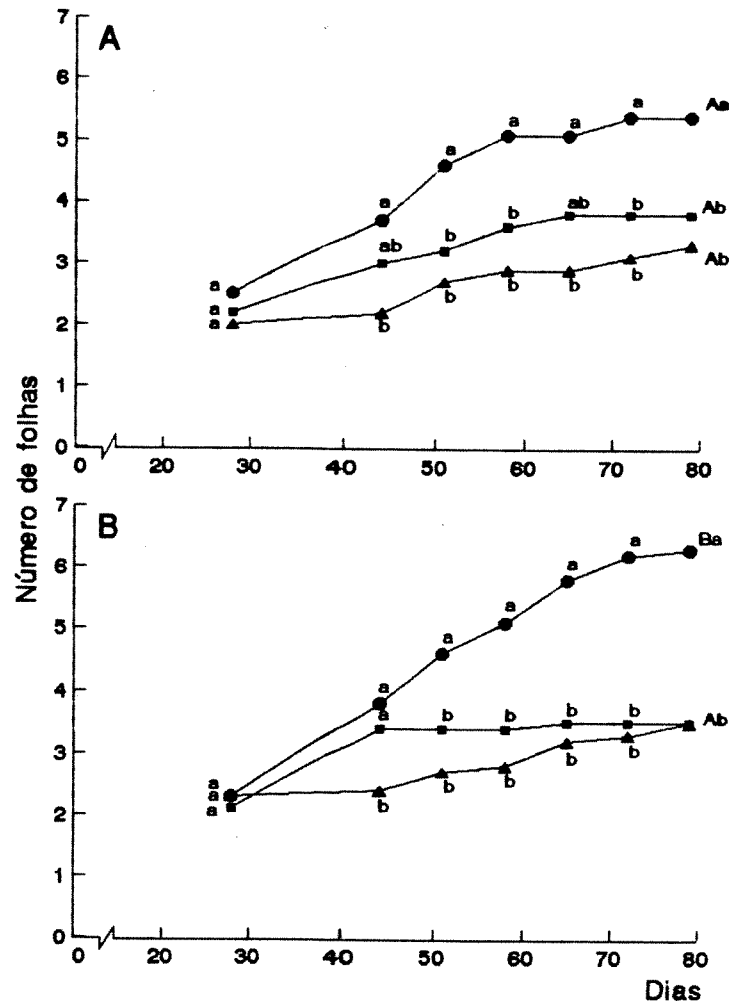


Figura 63. Efeito do fotoperíodo sobre o número de folhas de plântulas de *D. miscolobium* crescidas em terra de cerrado de (Campininha) e de mata (do Instituto de Botânica de São Paulo), no outono.

A. em terra de mata.

B. em terra de cerrado.

▲ 8h

■ 12h

● 16h

Letras minúsculas comparam os diferentes tratamentos fotoperiódicos, em cada idade, em cada tipo de terra. Letras maiúsculas comparam o efeito do tipo de terra, em cada fotoperíodo, na última coleta.

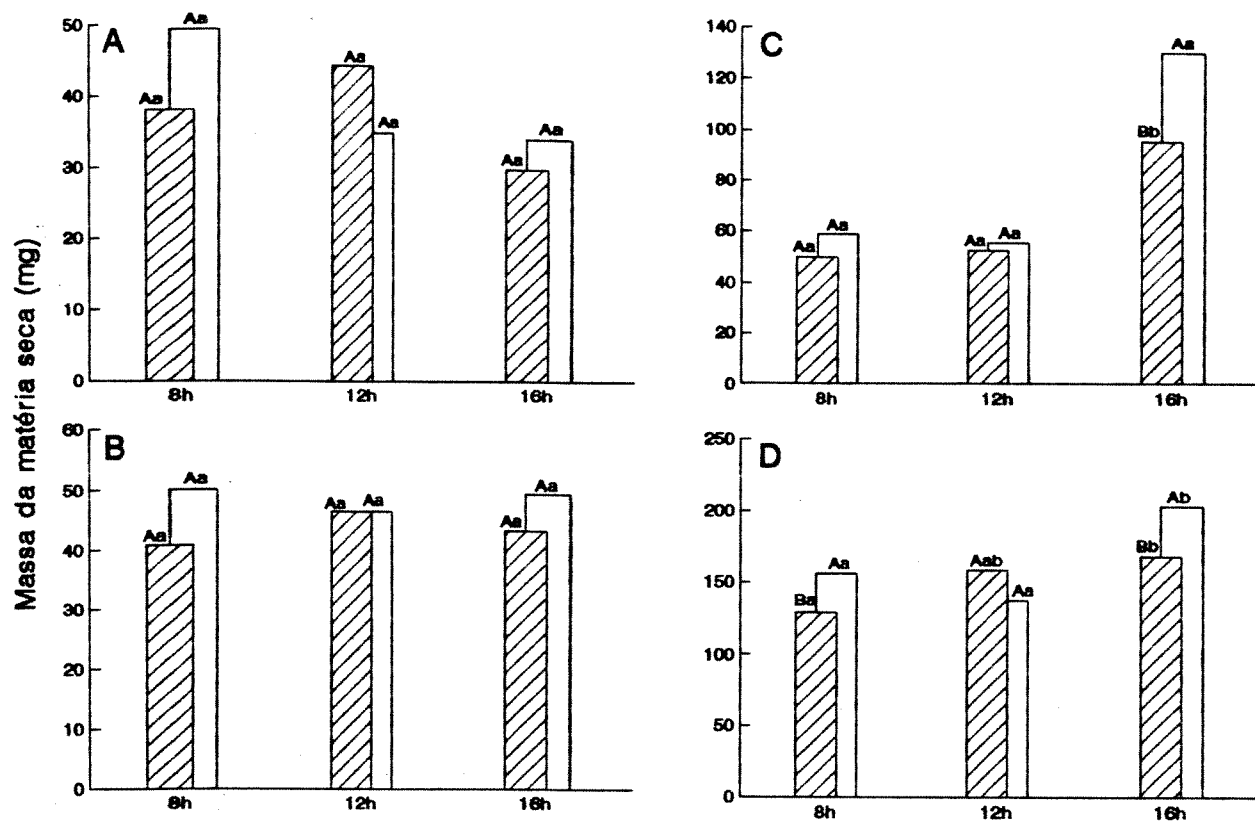


Figura 64. Efeito do fotoperíodo sobre o acúmulo de matéria seca das diferentes partes de plântulas de *D. miscolobium* crescidas em terra de cerrado de (Campininha) e de mata (do Instituto de Botânica de São Paulo), no outono.

- A. Raiz.  
 B. Caule.  
 C. Folhas.  
 D. Plântula (raiz + caule + folhas).

▨ terra de mata  
 □ terra de cerrado

Letras minúsculas comparam os diferentes tratamentos fotoperiódicos, em cada idade, em cada tipo de terra. Letras maiúsculas comparam o efeito do tipo de terra, em cada fotoperíodo.

sempre maior no de 16h (Tabela 23). Também não houve interação entre fotoperíodo e tipo de solo para valores da taxa média de crescimento relativo ( $\overline{\text{TCR}}$ ). Esta foi semelhante para as plântulas em terra de cerrado e de mata nos três fotoperíodos (Tabela 23). Em terra de cerrado, a  $\overline{\text{TCR}}$  foi maior com fotoperíodo de 16h do que com 8h e 12h; em terra de mata, não houve diferença entre os três fotoperíodos.

A  $\overline{\text{TCA}}$  das várias partes da plântula é mostrado na tabela 24. Não houve interação entre fotoperíodo e tipo de solo quanto a esse parâmetro, que foi muito semelhante para cada órgão entre os três fotoperíodos; as exceções foram as folhas, cuja  $\overline{\text{TCA}}$  foi maior em fotoperíodo de 16h em ambos os tipos de solo. Somente a  $\overline{\text{TCA}}$  das folhas mostrou diferença entre os dois tipos de terra, que foi maior em terra de cerrado em relação à de mata, sob fotoperíodo de 16h.

Tabela 23. Taxa média de crescimento absoluto ( $\overline{\text{TCA}}$ ) e taxa média de crescimento relativo ( $\overline{\text{TCR}}$ ) de plântulas de *D. miscolobium* crescidas em terra de cerrado e de mata, no outono, sob fotoperíodos de 8, 12 e 16 horas. Cálculo feito entre a transferência da plântula para a terra (dia 7) e o final do experimento. Letras maiúsculas comparam os dois tipos de terra, em cada fotoperíodo; letras minúsculas comparam os diferentes fotoperíodos, em cada tipo de terra.

Terra	$\overline{\text{TCA}}$ (mg.dia <sup>-1</sup> )		
	Fotoperíodo		
	8 horas	12 horas	16 horas
Cerrado	2,1 Aa	2,1 Aa	2,9 Ab
Mata	1,7 Aa	1,8 Aa	2,2 Ab

Terra	$\overline{\text{TCR}}$ (mg.mg <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup> )		
	Fotoperíodo		
	8 horas	12 horas	16 horas
Cerrado	0,044 Aa	0,042 Aa	0,048 Ab
Mata	0,041 Aa	0,044 Aa	0,044 Aa

Tabela 24. Taxa média de crescimento absoluto ( $\overline{TCA}$ ) das diferentes partes de plântulas de *D. miscolobium* crescidas em terra de cerrado e de mata, sob fotoperíodos de 8, 12 e 16 horas, no outono.

Cálculo feito entre a germinação (dia 0) da semente e o final do experimento.

Letras maiúsculas comparam os tipo de terra, em cada fotoperíodo, para cada órgão; letras minúsculas comparam os diferentes fotoperíodos, em cada terra, para cada órgão.

Parte da plântula	Terra	$\overline{TCA}$ (mg.dia <sup>-1</sup> )		
		Fotoperíodo		
		8 horas	12 horas	16 horas
Raiz	Cerrado	0,62 Aa	0,44 Aa	0,43 Aa
	Mata	0,48 Aa	0,57 Aa	0,37 Aa
Caule	Cerrado	0,63 Aa	0,59 Aa	0,62 Aa
	Mata	0,52 Aa	0,59 Aa	0,55 Aa
Folhas	Cerrado	0,74 Aa	0,70 Aa	1,64 Ab
	Mata	0,64 Aa	0,67 Aa	1,20 Bb

#### b. Em terra de cerrado, no outono e na primavera

Em relação ao alongamento do caule (Figura 65), este foi maior com fotoperíodo de 16h do que em 8h e 12h, independentemente da época do ano (outono ou primavera). No entanto, a velocidade de alongamento foi maior na primavera, nos três fotoperíodos (Tabela 25). Não houve diferença no alongamento final do caule no outono (dia 79) e na primavera (dia 77) nos fotoperíodos de 12h e 16h. O aumento em número de nós (Figura 66) foi maior em fotoperíodo de 16h do que 8h e 12h, tanto no outono como na primavera. Sob fotoperíodo de 12h, o número de nós foi maior na primavera do que no outono (Figura 66) e em 8h, o número de folhas foi maior na primavera do que no outono (Figura 67).

Pela tabela 26 pode ser visto que, nos três fotoperíodos a taxa média de crescimento absoluto ( $\overline{TCA}$ ) foi sempre maior na primavera do que no outono; na primavera, a  $\overline{TCA}$  foi menor em fotoperíodo de 8h do que de 12h, que por sua vez, foi menor do que de 16h. A taxa média de crescimento relativo ( $\overline{TCR}$ ) foi maior, dentro de cada fotoperíodo, na primavera do que no outono; este valor foi semelhante, tanto no outono como na primavera, para os fotoperíodos de 8h e 12h, em geral, menor que o valor do fotoperíodo de 16h

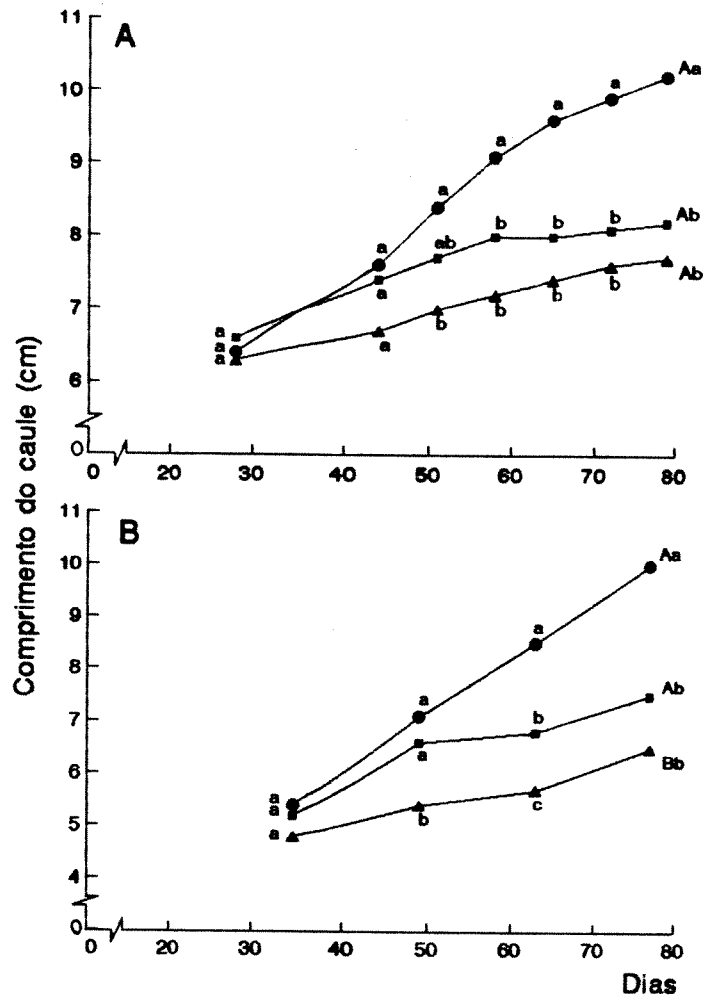


Figura 65. Efeito do fotoperíodo sobre o alongamento do caule de plântulas de *D. miscolobium* crescidas no outono e na primavera, em terra de cerrado (de Campininha).

A. Outono.

B. Primavera.

▲ 8h

■ 12h

● 16h

Letras minúsculas comparam os diferentes tratamentos fotoperiódicos, em cada idade, em cada período. Letras maiúsculas comparam o efeito do período, em cada fotoperíodo, na última coleta.

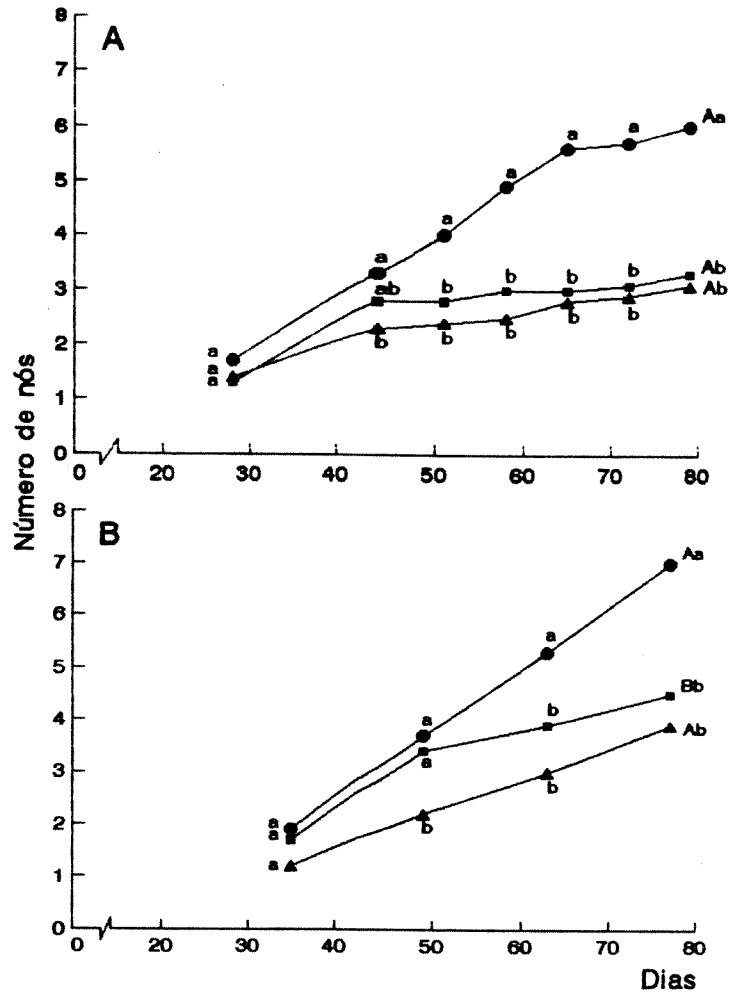


Figura 66. Efeito do fotoperíodo sobre o número de nós de plântulas de *D. miscolobium* crescidas no outono e na primavera, em terra de cerrado (de Campininha).

A. Outono.

B. Primavera.

▲ 8h

■ 12h

● 16h

Letras minúsculas comparam os diferentes tratamentos fotoperiódicos, em cada idade, em cada período. Letras maiúsculas comparam o efeito do período, em cada fotoperíodo, na última coleta.



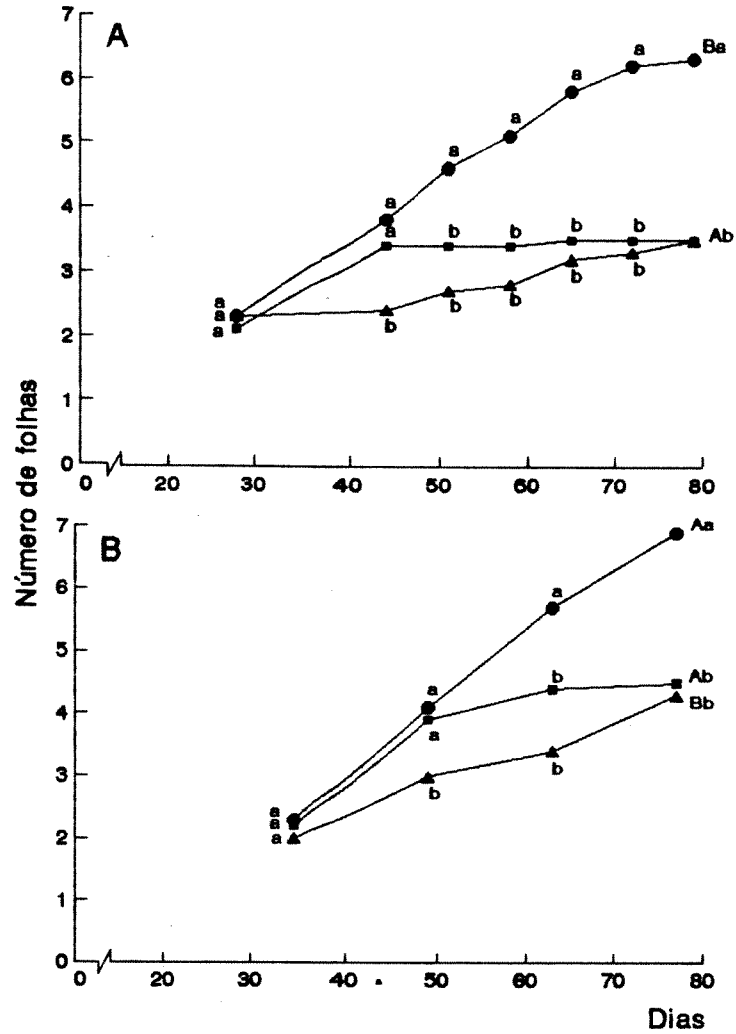


Figura 67. Efeito do fotoperíodo sobre o número de folhas de plântulas de *D. miscolobium* crescidas no outono e na primavera, em terra de cerrado (de Campininha).

A. Outono.

B. Primavera.

▲ 8h

■ 12h

● 16h

Letras minúsculas comparam os diferentes tratamentos fotoperiódicos, em cada idade, em cada período.

Letras maiúsculas comparam o efeito do período, em cada fotoperíodo, na última coleta.

(Tabela 26). A  $\overline{\text{TCR}}$  das diferentes partes da plântula é mostrado na tabela 27. Em todos os órgãos o valor foi maior na primavera do que no outono, com exceção do caule sob fotoperíodo de 8h.

Tabela 25. Velocidade de alongamento do caule de plântulas de *D. miscolobium* crescidas no outono e na primavera, sob fotoperíodos de 8, 12 e 16 horas, em terra de cerrado. Letras maiúsculas comparam os dois períodos, em cada fotoperíodo; letras minúsculas comparam os fotoperíodos em cada período.

Período	Velocidade de alongamento (cm.dia <sup>-1</sup> )		
	8 horas	12 horas	16 horas
Outono	2,9x10 <sup>-2</sup> Aa	3,1x10 <sup>-2</sup> Aa	7,8x10 <sup>-2</sup> Ab
Primavera	3,9x10 <sup>-2</sup> Ba	5,1x10 <sup>-2</sup> Ba	11,0x10 <sup>-2</sup> Bb

Tabela 26. Taxa média de crescimento absoluto ( $\overline{\text{TCA}}$ ) e taxa média de crescimento relativo ( $\overline{\text{TCR}}$ ) de plântulas de *D. miscolobium* crescidas no outono e na primavera, sob fotoperíodos de 8, 12 e 16 horas, em terra de cerrado. Cálculo feito entre a transferência da plantula para a terra (dia 7) e o final do experimento. Letras maiúsculas comparam os dois períodos, em cada fotoperíodo; letras minúsculas comparam os diferentes fotoperíodos, em cada período.

Período	$\overline{\text{TCA}}$ (mg.dia <sup>-1</sup> )		
	8 horas	12 horas	16 horas
Outono	2,1 Aa	2,1 Aa	2,9 Ab
Primavera	4,3 Ba	5,3 Bb	6,1 Bc

Período	$\overline{\text{TCR}}$ (mg.mg <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup> )		
	8 horas	12 horas	16 horas
Outono	0,044 Aa	0,042 Aa	0,048 Ab
Primavera	0,047 Ba	0,049 Bab	0,051 Bb

Tabela 27. Taxa média de crescimento absoluto ( $\overline{TCA}$ ) de plântulas de *D. miscolobium* crescidas no outono e na primavera, sob fotoperíodos de 8, 12 e 16 horas, em terra de cerrado.

Cálculo feito entre a germinação (dia 0) da semente e o final do experimento.

Letras maiúsculas comparam os dois períodos, em cada fotoperíodo, para cada órgão; letras minúsculas comparam os diferentes fotoperíodos, em cada período, para cada órgão.

Parte da plântula	Período	$\overline{TCA}$ (mg.dia <sup>-1</sup> )		
		Fotoperíodo		
		8 horas	12 horas	16 horas
Raiz	Outono	0,62 Aa	0,44 Aa	0,43 Aa
	Primavera	1,78 Ba	2,00 Ba	1,52 Ba
Caule	Outono	0,63 Aa	0,59 Aa	0,62 Aa
	Primavera	0,67 Aa	0,91 Bb	0,94 Bb
Folhas	Outono	0,74 Aa	0,70 Aa	1,64 Ab
	Primavera	1,57 Ba	2,02 Bb	3,24 Bc

c. No outono, em terra de cerrado e de mata, sob luz contínua

O alongamento do caule de plântulas crescendo sob luz contínua é apresentado na figura 68. Este parâmetro apresentou maior valor em terra de cerrado do que de mata.

O número de nós foi igual nos dois tipos de solo quando as plântulas foram mantidas sob luz contínua (Figura 69), assim como o número de folhas (Figura 70).

A massa da matéria seca das plântulas como um todo, assim como para as suas diferentes partes, foi sempre maior em terra de cerrado do que de mata (Figura 71). Tanto a taxa média de crescimento absoluto ( $\overline{TCA}$ ) como a taxa média de crescimento relativo ( $\overline{TCR}$ ) foram maiores em terra de cerrado do que de mata (Tabela 28), em plântulas crescendo sob luz contínua.

Tabela 28. Taxa média de crescimento absoluto ( $\overline{TCA}$ ) e taxa média de crescimento relativo ( $\overline{TCR}$ ) de plântulas de *D. miscolobium* crescidas em terra de cerrado e de mata, no outono, sob luz contínua.

Cálculo feito entre o dia da transferência (dia 7) e o final do experimento.

Letras comparam os dois tipos de terra.

Terra	$\overline{TCA}$ (mg.dia <sup>-1</sup> )	$\overline{TCR}$ (mg.mg <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup> )
Cerrado	2,2 a	0,053 a
Mata	4,3 b	0,043 b

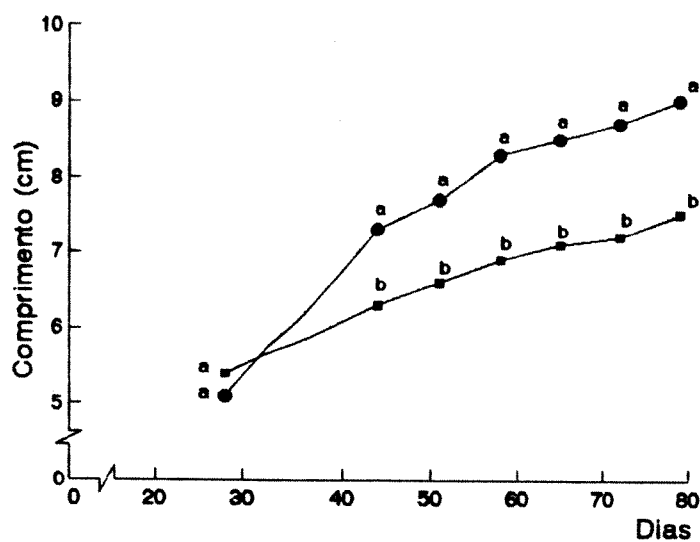


Figura 68. Crescimento, em termos de alongamento do caule, de plântulas de *D. miscolobium* sob luz contínua, em terra de cerrado (de Campininha) e de mata (do Instituto de Botânica).

● terra de cerrado

■ terra de mata

Letras comparam os diferentes tratamentos fotoperiódicos, em cada idade.

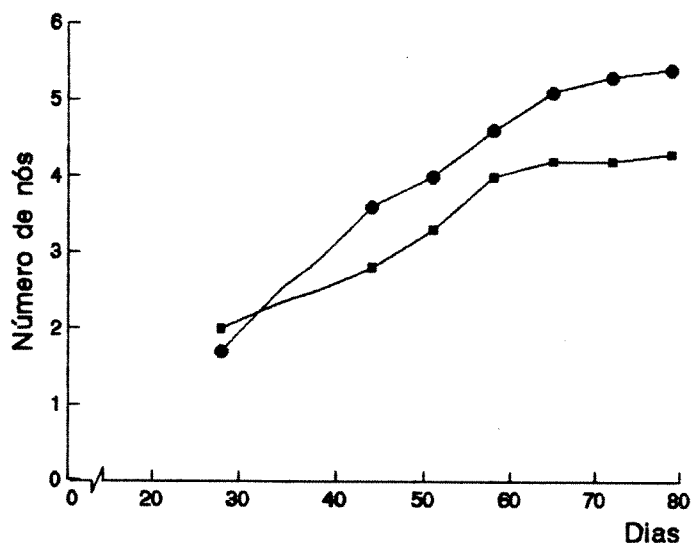


Figura 69. Crescimento, em termos de número de nós, de plântulas de *D. miscolobium* sob luz contínua, em terra de cerrado (de Campininha) e de mata (do Instituto de Botânica).

● terra de cerrado

■ terra de mata

Não houve diferença significativa entre os valores obtidos em terra de cerrado e de mata, em qualquer dia.

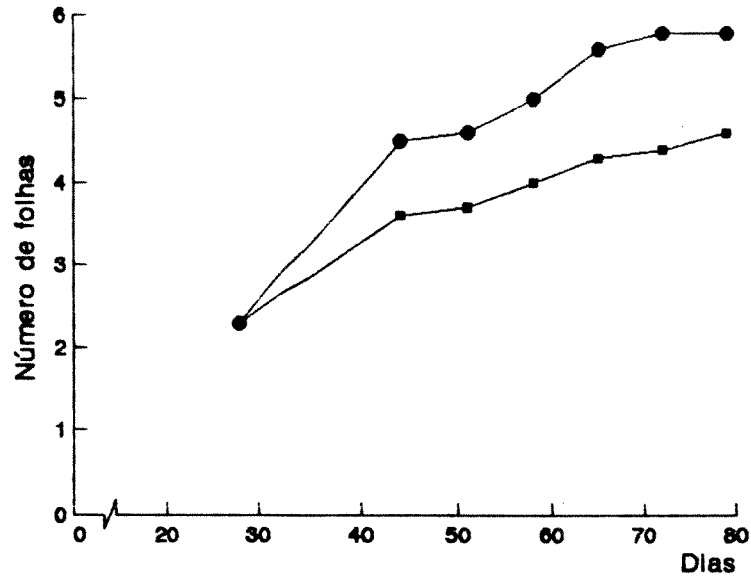


Figura 70. Crescimento, em termos de número de folhas, de plântulas de *D. miscolobium* sob luz contínua, em terra de cerrado (de Campininha) e de mata (do Instituto de Botânica).

● terra de cerrado

■ terra de mata

Não houve diferença significativa entre os valores obtidos em terra de cerrado e de mata, em qualquer dia.

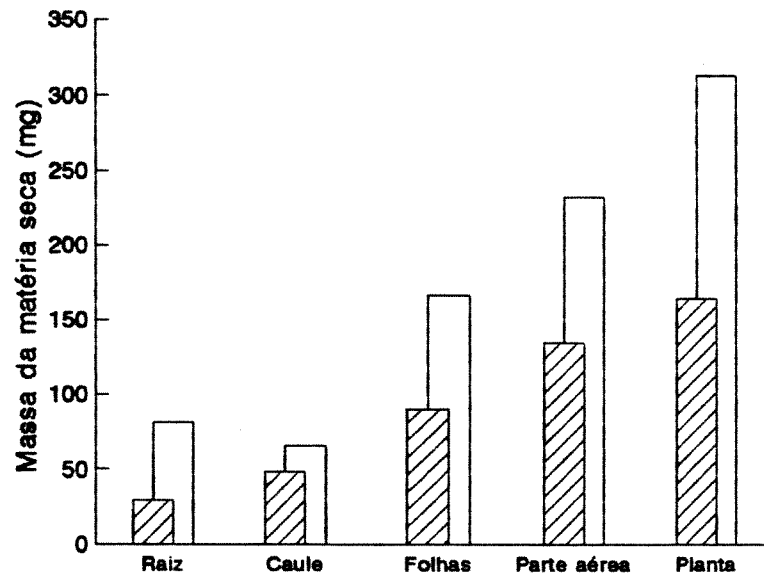


Figura 71. Crescimento, em termos de acúmulo de matéria seca das diferentes partes, de plântulas de *D. miscolobium* sob luz contínua, em terra de cerrado (de Campininha) e de mata (do Instituto de Botânica).

▨ terra de mata

□ terra de cerrado

Para todas as medidas, os valores obtidos em terra de cerrado foram significativamente superiores aos da mata.

### 5.2.5. Efeito da quantidade de água

#### a. Excesso

Também no caso deste experimento, a sobrevivência foi sempre maior em terra do cerrado de Itirapina (93,7 a 100%) do que em terra da mata do Instituto de Botânica de São Paulo (43,7 a 65,6%) até o final do experimento (Figura 72). Em terra de mata, a sobrevivência foi menor quando os sacos de muda foram mantidos continuamente em bandejas contendo água (tratamentos I e II). Em terra de cerrado, morreram apenas duas plântulas no tratamento III, com adição de água a cada dois dias, mas isso já foi suficiente para a diferença ser estatisticamente significativa em relação aos outros tratamentos em que a sobrevivência foi de 100%. As figuras 73 e 74 ilustram o aspecto geral de algumas plântulas ao final do experimento. Pelas figuras pode-se observar que, de um modo geral, as plântulas cresceram mais em terra de mata, com caules e raízes mais espessos e com folíolos maiores, às vezes com maior número de folhas. O tratamento só com adição de água a cada dois dias (tratamento III) promoveu o alongamento da raiz, produzindo raízes mais finas e menos ramificadas. O tratamento com manutenção em bandejas além da adição de água a cada dois dias foi o que produziu raízes mais curtas. As medidas de comprimento obtidas no dia da coleta (Figuras 75) confirmaram estas observações, em que o tratamento com menos água promoveu o alongamento da porção espessada da raiz em relação aos outros tratamentos. Os diferentes tratamentos não afetaram o comprimento do caule. Isto foi demonstrado também pelo cálculo da razão raiz:parte aérea (Tabela 29).

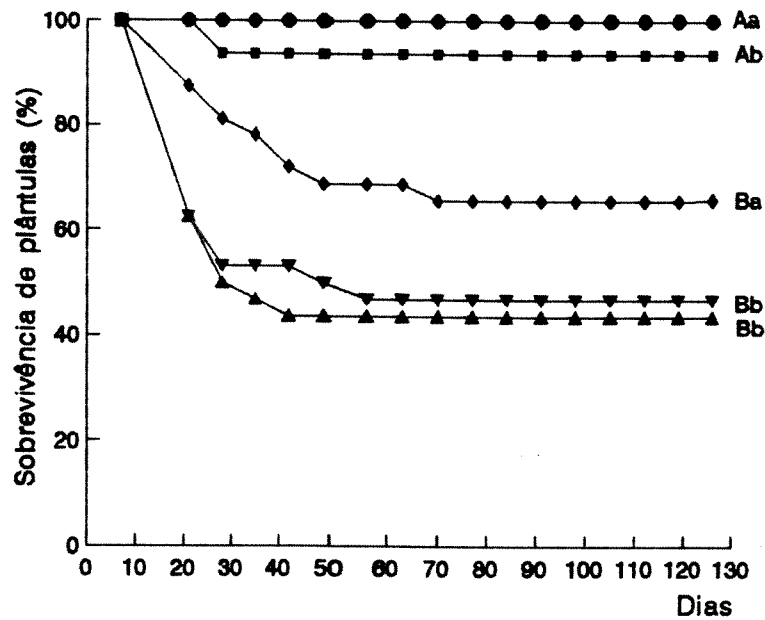
Tabela 29. Razão raiz:parte aérea, para as medidas de alongamento de plântulas de *D. miscolobium* submetidas a diferentes adições de água em terra de cerrado e de mata.

Tratamento I. manutenção contínua em bandejas com água e adição de 100 a 150ml de água a cada dois dias.

Tratamento II. manutenção contínua em bandejas com água.

Tratamento III. adição de 100 a 150ml de água a cada dois dias.

Terra	Razão raiz:parte aérea		
	Tratamento I	Tratamento II	Tratamento III
Cerrado	0,8	1,0	2,0
Mata	0,9	0,7	1,3



**Figura 72.** Sobrevivência de plântulas (em relação ao número inicial de plântulas transferidas para a terra) de *D. miscolobium* crescidas em terra de cerrado (de Itirapina) e de mata (do Instituto de Botânica) e submetidas a diferentes tratamentos de adição de água.

● terra de cerrado e manutenção contínua dos sacos com as plântulas em bandejas com água além da adição de 100 a 150ml de água a cada dois dias / tratamento com manutenção contínua dos sacos com as plântulas em bandejas com água (tratamentos I e II)

■ terra de cerrado e adição de 100 a 150ml de água a cada dois dias (tratamento III)

▲ terra de mata e manutenção contínua dos sacos com as plântulas em bandejas com água além da adição de 100 a 150ml de água a cada dois dias (tratamento I)

▼ terra de mata e manutenção contínua dos sacos com as plântulas em bandejas com água (tratamento II)

◆ terra de mata e adição de 100 a 150ml de água a cada dois dias (tratamento III)

Letras maiúsculas comparam o efeito do tipo de terra. Letras minúsculas comparam o efeito da adição de água, aos 126 dias (do início da embebição das sementes).

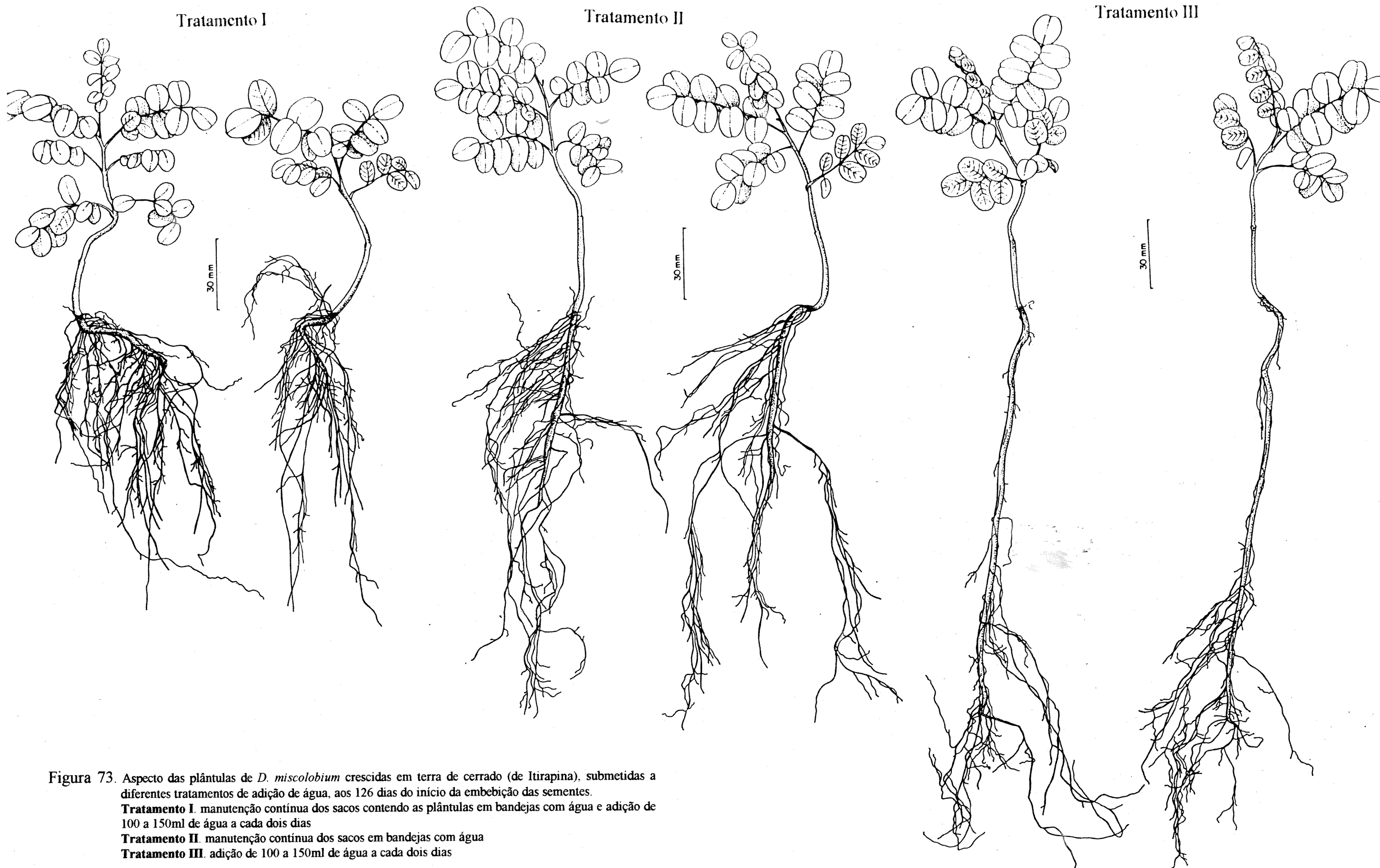


Figura 73. Aspecto das plântulas de *D. miscolobium* crescidas em terra de cerrado (de Itirapina), submetidas a diferentes tratamentos de adição de água, aos 126 dias do início da embebição das sementes.  
**Tratamento I.** manutenção contínua dos sacos contendo as plântulas em bandejas com água e adição de 100 a 150ml de água a cada dois dias  
**Tratamento II.** manutenção contínua dos sacos em bandejas com água  
**Tratamento III.** adição de 100 a 150ml de água a cada dois dias



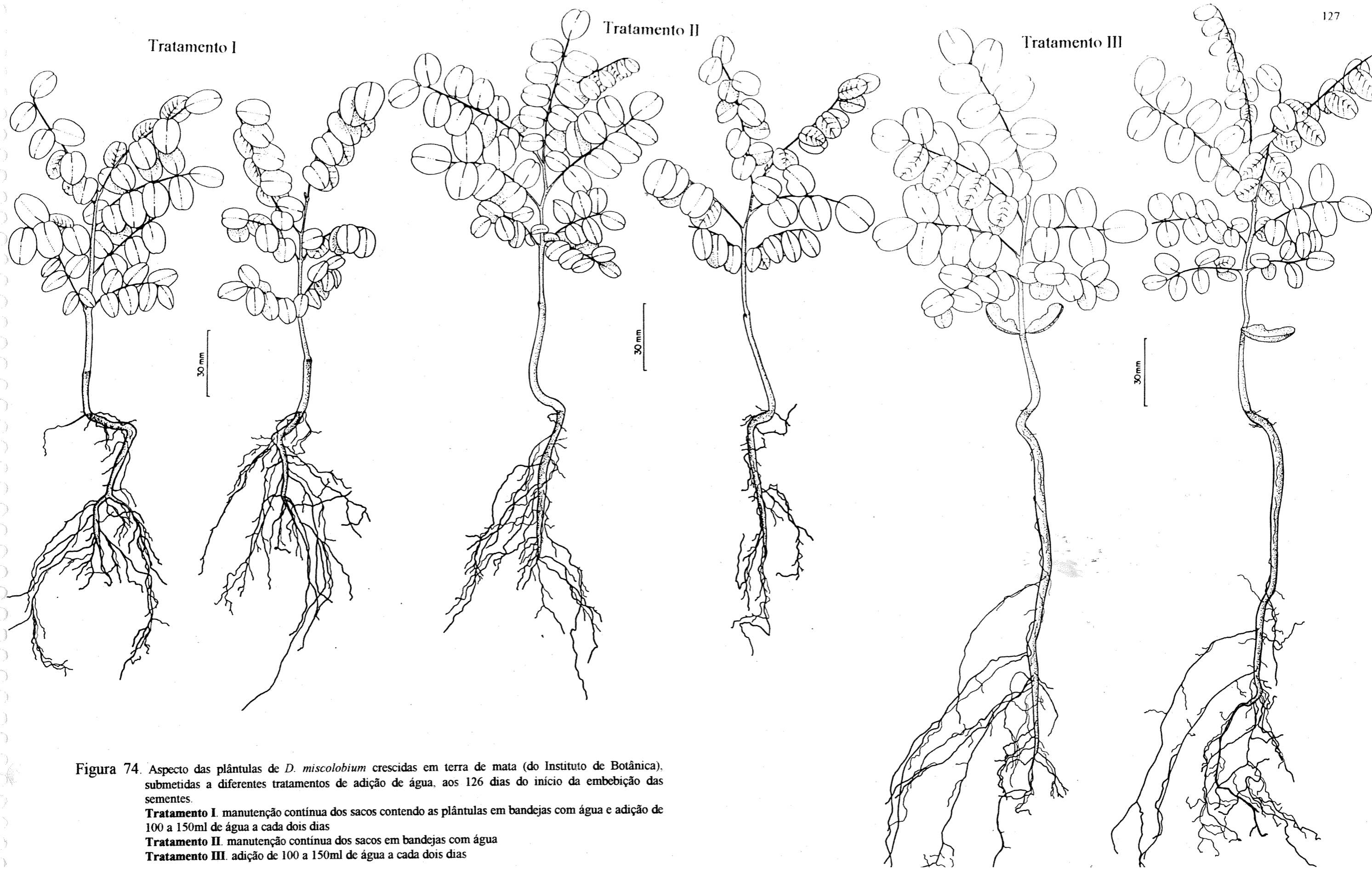


Figura 74. Aspecto das plântulas de *D. miscolobium* crescidas em terra de mata (do Instituto de Botânica), submetidas a diferentes tratamentos de adição de água, aos 126 dias do início da embebição das sementes.  
**Tratamento I.** manutenção contínua dos sacos contendo as plântulas em bandejas com água e adição de 100 a 150ml de água a cada dois dias  
**Tratamento II.** manutenção contínua dos sacos em bandejas com água  
**Tratamento III.** adição de 100 a 150ml de água a cada dois dias

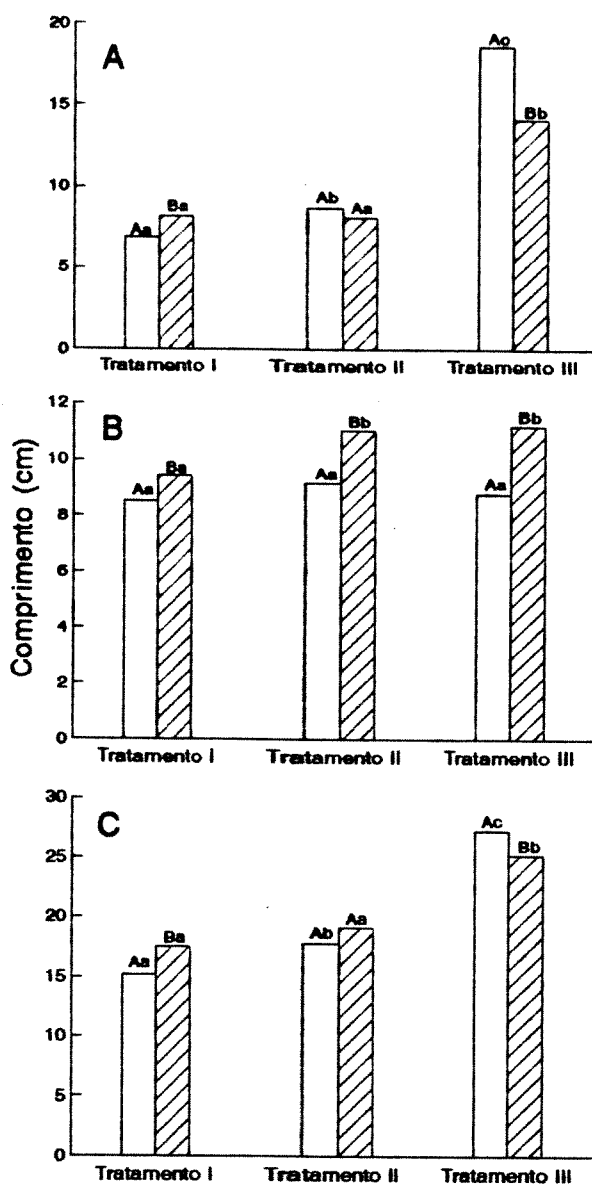


Figura 75. Efeito do tipo de solo (cerrado de Itirapina e mata do Instituto de Botânica), e de diferentes tratamentos de adição de água, sobre o alongamento de plântulas de *D. miscolobium*, ao final de 126 dias.

A. Raiz.

B. Caule.

C. Total.

**Tratamento I.** manutenção contínua dos sacos contendo as plântulas em bandejas com água e adição de 100 a 150ml de água a cada dois dias

**Tratamento II.** manutenção contínua dos sacos em bandejas com água

**Tratamento III.** adição de 100 a 150ml de água a cada dois dias

□ terra de cerrado

▨ terra de mata

Letras maiúsculas comparam o tipo de solo. Letras minúsculas comparam os tratamentos de adição de água para cada tipo de solo.

Através da análise fatorial, foi verificada a existência de interação entre os tratamentos de adição de água e tipos de solo com relação ao alongamento da porção espessada da raiz. Houve também interação entre os dois tipos de tratamento, com relação ao comprimento total da plântula, apesar de não ter ocorrido no alongamento do caule. A porção espessada da raiz foi maior em terra de cerrado do que em terra de mata no tratamento III; no tratamento II, o comprimento foi semelhante nos dois tipos de solo; no tratamento I foi menor. Em terra de cerrado, o alongamento da porção espessada da raiz foi promovido com a diminuição da quantidade de água. Em terra de mata, o alongamento foi promovido no tratamento III. O alongamento do caule foi sempre maior em terra de mata. Em terra de cerrado, o alongamento não diferiu entre os três tratamentos de adição de água; em terra de mata foi inibido no tratamento I. O alongamento total refletiu o da porção espessada da raiz. O acúmulo de matéria seca foi analisado ao final de 126 dias e pelas figuras 76, 77 e 78 verifica-se que em terra de mata as plântulas apresentaram grande variação de massa, estando distribuídas em maior número de classes de tamanho, enquanto que plântulas em terra de cerrado apresentaram crescimento mais uniforme, ficando concentradas em menor número de classes, principalmente em relação à parte aérea (caule e folhas). A menor uniformidade entre as massas das plântulas crescidas em terra de mata foi confirmada também pelo cálculo do coeficiente de variação (Tabela 30).

Pela análise fatorial, não foi verificada interação entre os efeitos dos tratamentos de adição de água e dos tipos de solo em relação à massa da matéria seca das plântulas, portanto, esses efeitos foram comparados separadamente. Pela figura 79, verifica-se que houve maior crescimento das plântulas em terra de mata em relação à de cerrado nos tratamentos I e III. Entre as plântulas crescidas em terra de cerrado, o tratamento III promoveu o crescimento em relação ao tratamento I. Em terra de mata, a diferença observada não foi significativa entre os três tratamentos de adição de água. A massa do caule foi sempre maior em terra de mata, mas não houve diferença entre os três tratamentos de adição de água em nenhum dos dois tipos de solo. A massa das folhas também foi sempre maior em terra de mata em relação à de cerrado; mas, em terra de cerrado, o

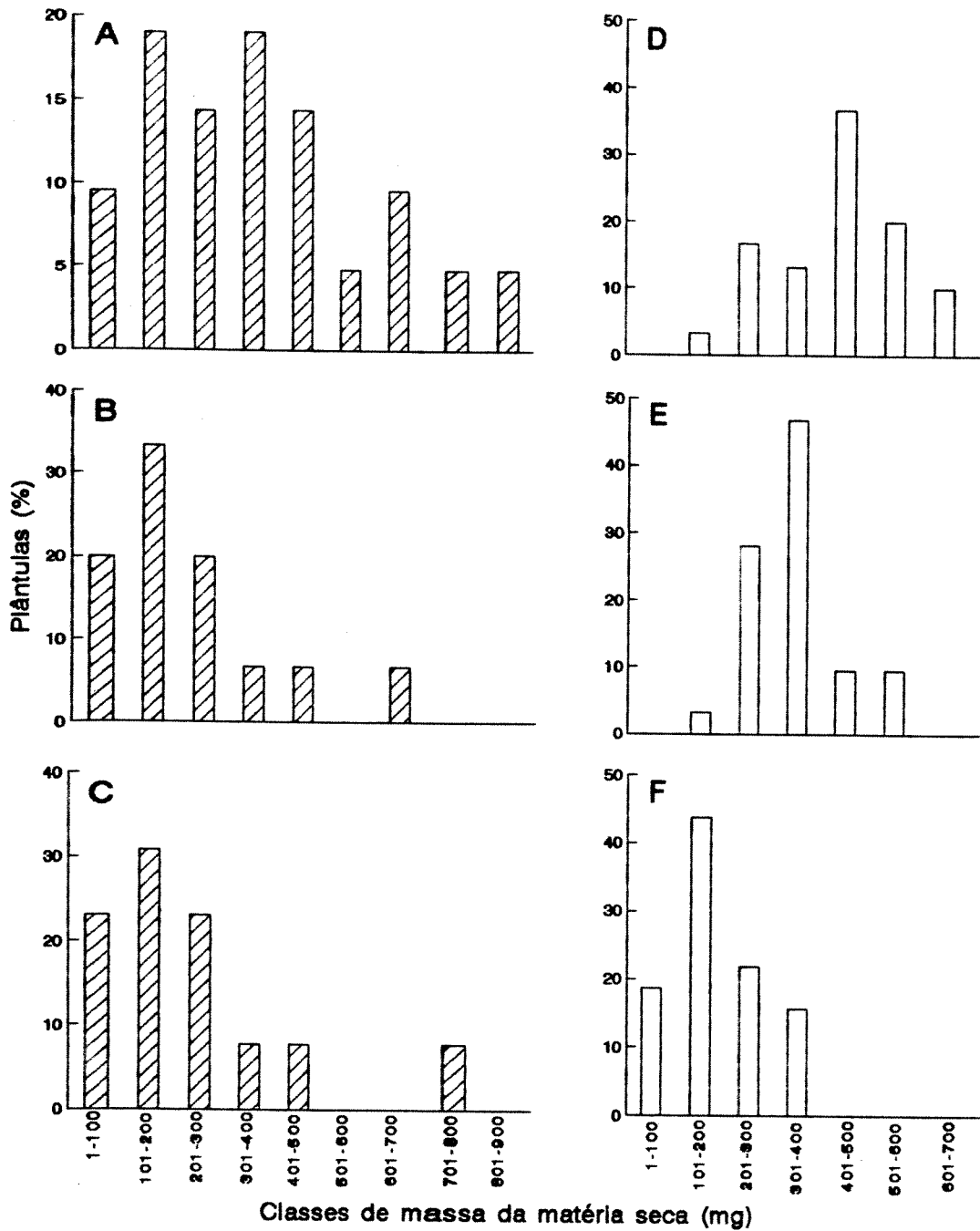


Figura 76. Distribuição em classes de massa, de acordo com a massa da matéria seca da raiz, de plântulas de *D. miscolobium*, crescidas em terra de cerrado (de Itirapina) e de mata (do Instituto de Botânica), submetidas a diferentes tratamentos de adição de água.

A, D. manutenção contínua dos sacos contendo as plântulas em bandejas com água e adição de 100 a 150ml de água a cada dois dias (tratamento I).

B, E. manutenção contínua dos sacos em bandejas com água (tratamento II).

C, F. adição de 100 a 150ml de água a cada dois dias (tratamento III).

▨ terra de mata  
 □ terra de cerrado

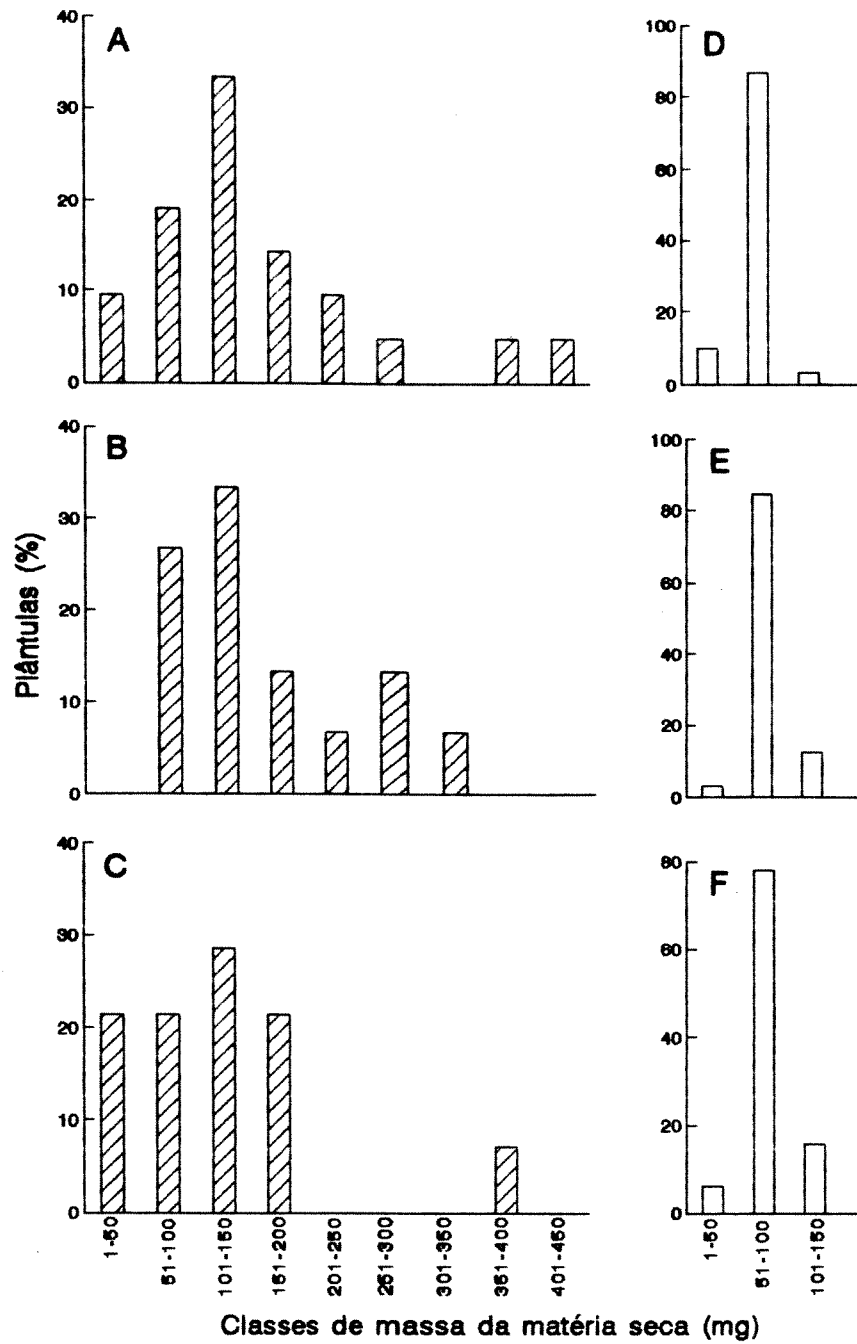


Figura 77. Distribuição em classes de massa, de acordo com a massa da matéria seca do caule, de plântulas de *D. miscolobium*, crescidas em terra de cerrado (de Itirapina) e de mata (do Instituto de Botânica), submetidas a diferentes tratamentos de adição de água.

A, D. manutenção contínua dos sacos contendo as plântulas em bandejas com água e adição de 100 a 150ml de água a cada dois dias (tratamento I).

B, E. manutenção contínua dos sacos em bandejas com água (tratamento II).

C, F. adição de 100 a 150ml de água a cada dois dias (tratamento III).

▨ terra de mata  
 □ terra de cerrado

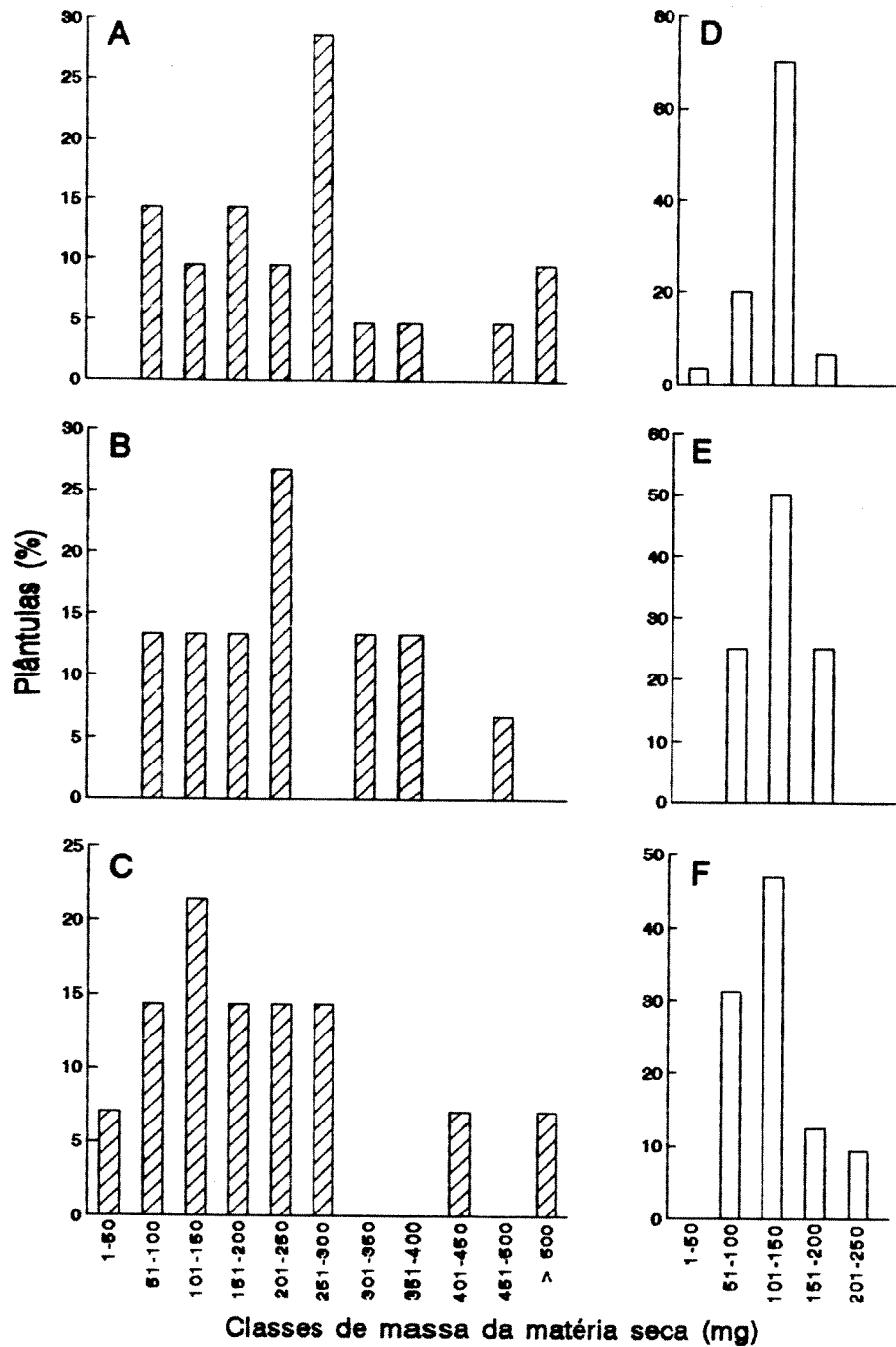


Figura 78. Distribuição em classes de massa, de acordo com a massa da matéria seca das folhas, de plântulas de *D. miscolobium*, crescidas em terra de cerrado (de Itirapina) e de mata (do Instituto de Botânica), submetidas a diferentes tratamentos de adição de água.

A, D. manutenção contínua dos sacos contendo as plântulas em bandejas com água e adição de 100 a 150ml de água a cada dois dias (tratamento I).

B, E. manutenção contínua dos sacos em bandejas com água (tratamento II).

C, F. adição de 100 a 150ml de água a cada dois dias (tratamento III).

▨ terra de mata  
 □ terra de cerrado

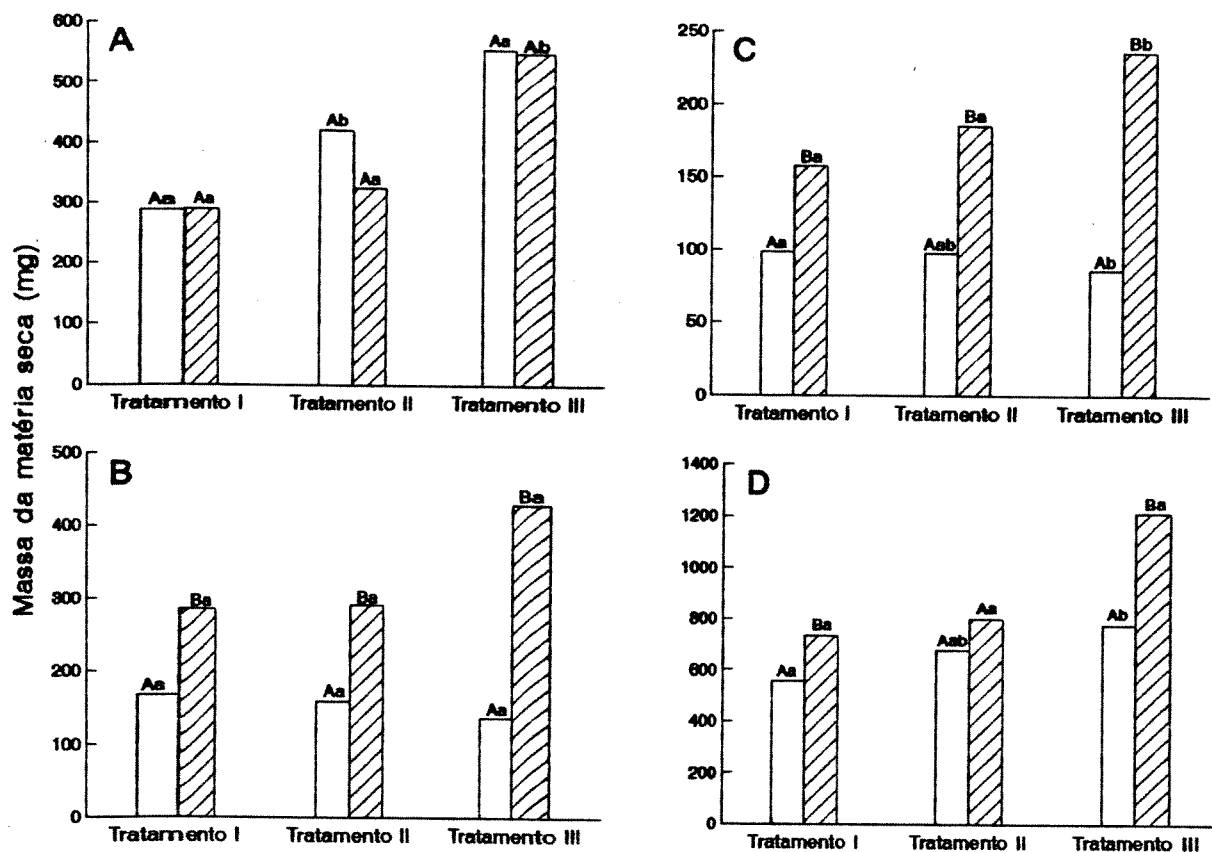


Figura 79. Efeito do tipo de solo (cerrado de Itirapina e mata do Instituto de Botânica), e de diferentes tratamentos de adição de água, sobre o crescimento, em massa da matéria seca, de plântulas de *D. miscolobium*, ao final de 126 dias.

A. Raiz.

B. Caule.

C. Folhas.

D. Plântula.

**Tratamento I.** manutenção contínua dos sacos contendo as plântulas em bandejas com água e adição de 100 a 150ml de água a cada dois dias

**Tratamento II.** manutenção contínua dos sacos em bandejas com água

**Tratamento III.** adição de 100 a 150ml de água a cada dois dias

□ terra de cerrado

▨ terra de mata

Letras maiúsculas comparam o tipo de solo. Letras minúsculas comparam os tratamentos de adição de água para cada tipo de solo.

tratamento III inibiu a massa em relação ao tratamento I, ao contrário do que ocorreu em terra de mata, onde o tratamento III promoveu a massa em relação aos tratamentos I e II. A massa da matéria seca da raiz foi sempre igual em terra de mata e de cerrado; o crescimento foi promovido no tratamento III, tanto em terra de mata como em terra de cerrado, em relação aos outros tratamentos (apenas em relação ao tratamento I, no caso da mata). O cálculo da razão raiz:parte aérea, em termos de massa da matéria seca (Tabela 31) mostrou bem a inibição do crescimento da raiz com adição de muita água (tratamentos I e II) em terra de cerrado. Mas, em terra de mata a razão raiz:parte aérea não foi tão diferente entre os diferentes tratamentos de adição de água.

Tabela 30. Coeficiente de variação das medidas de massa da matéria seca obtidas das 10 plântulas maiores de *D. miscolobium* submetidas a diferentes tratamentos de adição de água em terra do cerrado de Itirapina e da mata do Instituto de Botânica, na UNICAMP.

Tratamento I. manutenção contínua em bandejas com água e adição de 100 a 150ml de água a cada 2 dias.

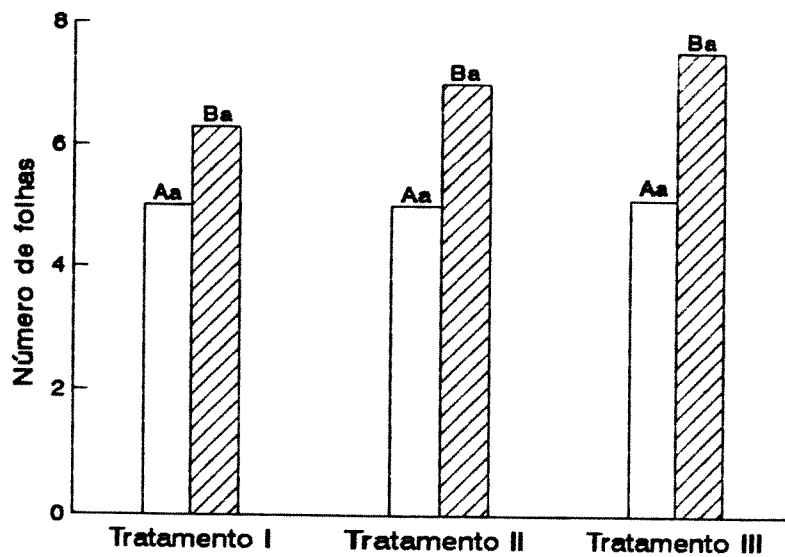
Tratamento II. manutenção contínua em bandejas com água.

Tratamento III. adição de 100 a 150ml de água a cada 2 dias.

Parte da plântula	Tratamentos	Coeficiente de variação (%)	
		Cerrado	Mata
Raiz	I	18,5	61,0
	II	18,1	55,9
	III	10,0	31,0
Caule	I	18,1	56,5
	II	15,9	41,7
	III	11,0	42,6
Folhas	I	22,5	69,5
	II	10,1	33,6
	III	17,2	57,3

Em terra de mata, as plântulas apresentaram maior número de folhas do que em terra de cerrado em qualquer tratamento de adição de água; mas, entre os tratamentos de adição de água não houve diferença no número de folhas em nenhum dos dois tipos de terra (Figura 80).





**Figura 80.** Efeito do tipo de solo (cerrado de Itirapina e mata do Instituto de Botânica), e de diferentes tratamentos de adição de água, sobre o número de folhas de plântulas de *D. miscolobium*, ao final de 126 dias.

**Tratamento I.** manutenção contínua dos sacos contendo as plântulas em bandejas com água e adição de 100 a 150ml de água a cada dois dias

**Tratamento II.** manutenção contínua dos sacos em bandejas com água

**Tratamento III.** adição de 100 a 150ml de água a cada dois dias

□ terra de cerrado

▨ terra de mata

Letras maiúsculas comparam o tipo de solo. Letras minúsculas comparam os tratamentos de adição de água para cada tipo de solo.

Tabela 31. Razão raiz:parte aérea, para as medidas de massa da matéria seca de plântulas de *D. miscolobium* submetidas a diferentes adições de água em terra do cerrado de Itirapina e da mata do Instituto de Botânica, na UNICAMP. Tratamento I. manutenção contínua em bandejas com água e adição de 100 a 150ml de água a cada 2 dias. Tratamento II. manutenção contínua em bandejas com água. Tratamento III. adição de 100 a 150ml de água a cada 2 dias.

Terra	Razão raiz:parte aérea		
	Tratamento I	Tratamento II	Tratamento III
Cerrado	1,1	1,6	2,5
Mata	0,6	0,7	0,8

### b. Escassez

Quando plântulas com 200 dias foram submetidas a escassez de água, foi verificada uma redução na condutância estomática, na taxa de transpiração e na taxa líquida de troca de CO<sub>2</sub>, acompanhando a diminuição no potencial hídrico da folha. Esses resultados podem ser vistos nas figuras 81A, B e C, onde foram colocados os valores médios em cada classe de potencial de água da folha (cada classe correspondeu a uma faixa de 0,1MPa). Colocando-se todos os pontos obtidos nas medições, observou-se uma distribuição bastante heterogênea dos valores de condutância estomática (Figura 81D), taxa líquida de troca de CO<sub>2</sub> (Figura 81E) e taxa de transpiração (Figura 81F), principalmente em valores altos de potencial hídrico da folha. Houve aumento na taxa líquida de troca de CO<sub>2</sub> com o aumento da condutância estomática até aproximadamente 0,05μmol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup> (Figura 82A), que foi atingida quando o potencial hídrico da folha era maior que -0,6MPa (Figura 81B). Condutâncias estomáticas maiores permitiram maiores taxas de transpiração (Figura 82B).

A figura 83A mostra a curva da taxa líquida de troca de CO<sub>2</sub> em resposta ao aumento da radiação fotossinteticamente ativa, atingindo a saturação por volta de 600μmol de fótons.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>. A condutância estomática (Figura 83B) já havia atingido o máximo em radiações bem baixas; a taxa de transpiração aumentou com o aumento da radiação, não mostrando sinais de saturação até o máximo de radiação utilizada neste trabalho, que foi de aproximadamente 1000μmol de fótons.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup> (Figura 83C)

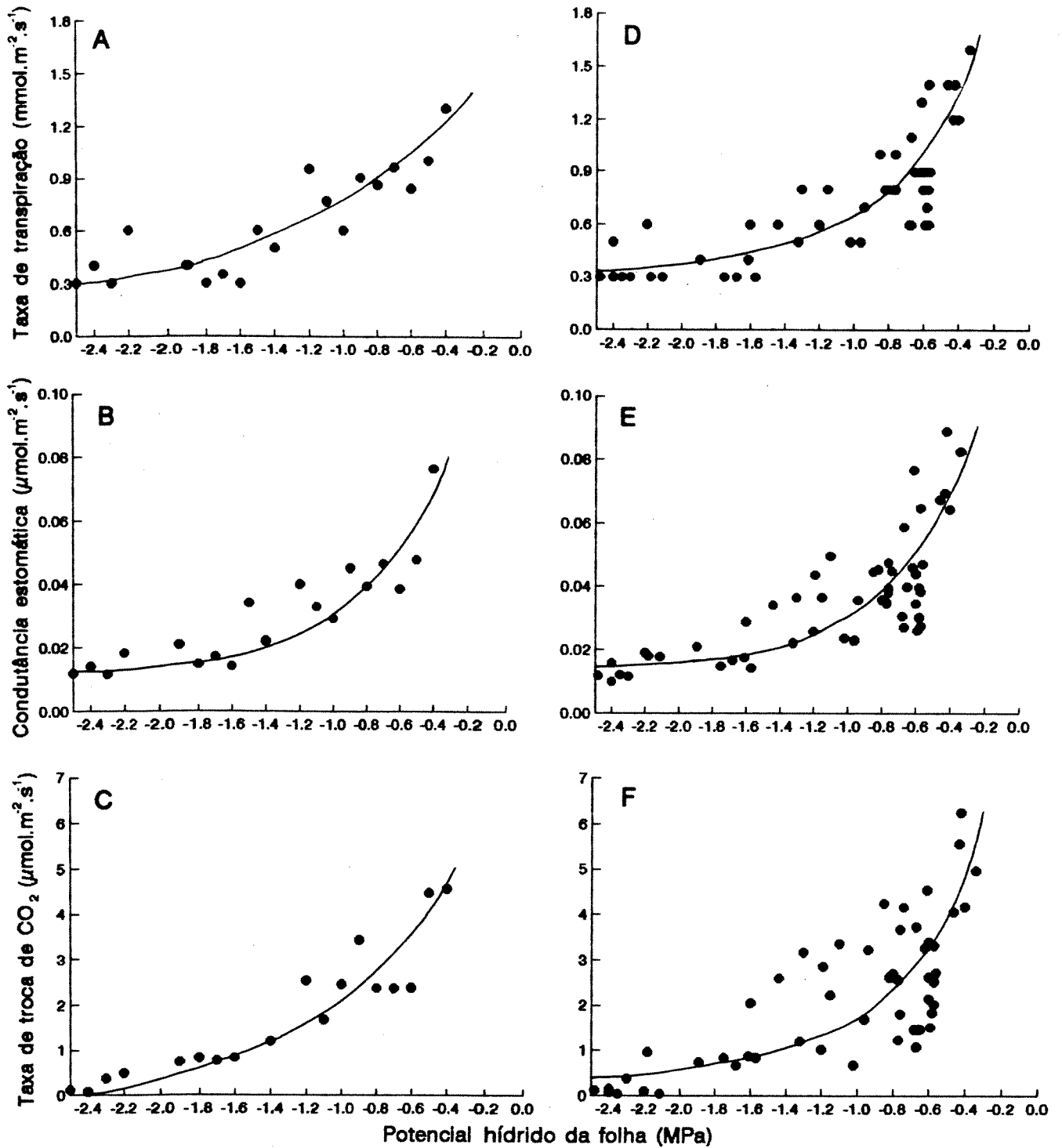


Figura 81. Efeito da suspensão de água sobre a transpiração, a condutância estomática e a fotossíntese de plântulas de *D. miscolobium* de 200 dias.

A, D. Taxa de transpiração.

B, E. Condutância estomática.

C, F. Taxa líquida de troca de CO<sub>2</sub>.

Nas figuras A, B e C estão representados os valores médios dentro de cada classe de potencial hídrico da folha (cada classe corresponde a uma faixa de 0,1MPa); nas figuras D, E e F estão representados todas as medidas obtidas no experimento.

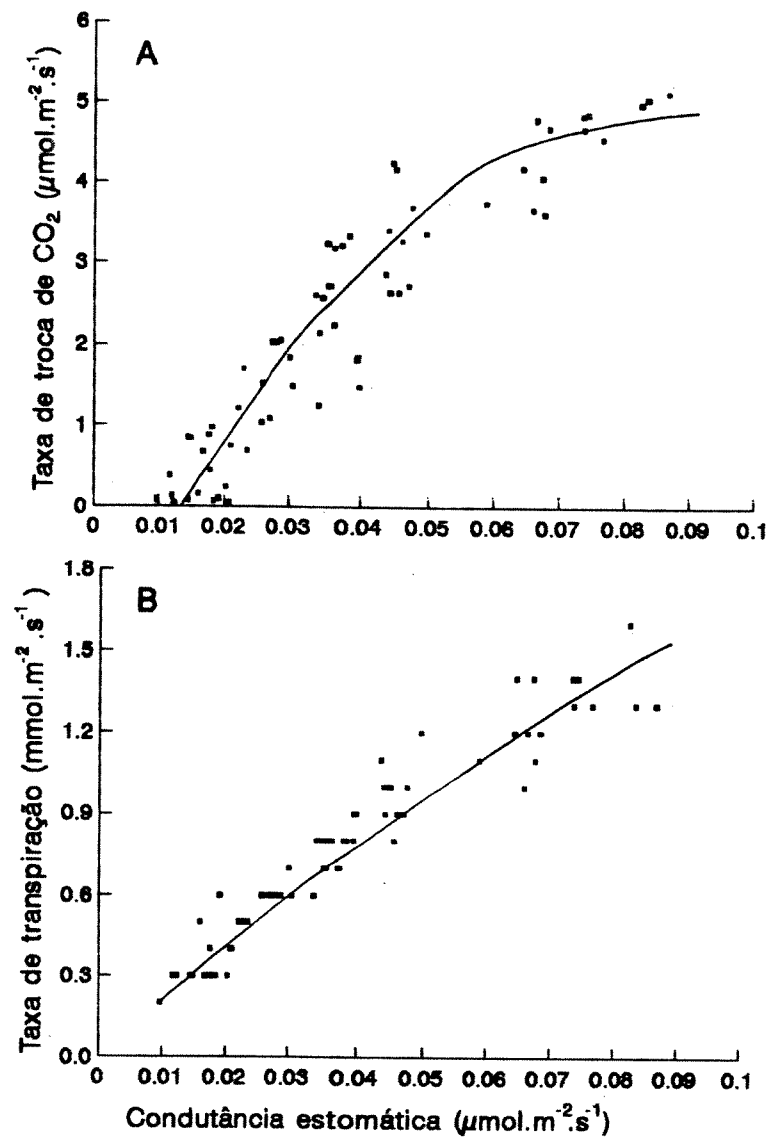


Figura 82. Relação entre condutância estomática e fotossíntese e transpiração em plântulas de *D. miscolobium* submetidas à suspensão de água.

A. Condutância estomática x taxa líquida de troca de CO<sub>2</sub>.

B. Condutância estomática x taxa de transpiração.

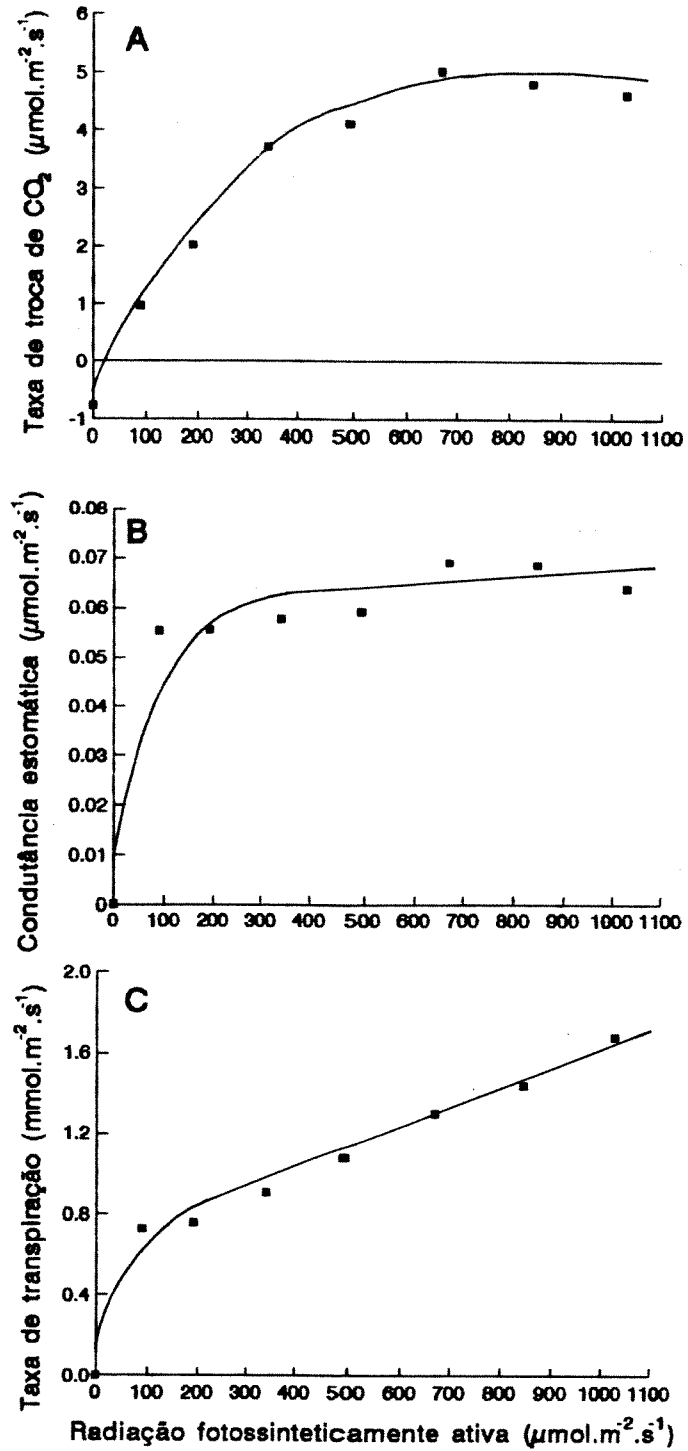


Figura 83. Respostas, em termos de fotossíntese, condutância estomática e transpiração, ao aumento da radiação fotossinteticamente ativa, em plântulas de *D. miscolobium*.

A. Taxa líquida de troca de  $\text{CO}_2$ .

B. Condutância estomática.

C. Taxa de transpiração.

## DISCUSSÃO

Através do acompanhamento da floração e da frutificação de *Dalbergia miscolobium* Benth. em 1992 e 1993 e através das observações feitas nos dois anos anteriores na mesma região, pode-se verificar que há uma variação muito grande quanto à produção de flores e frutos de uma árvore para outra e de um ano para outro. É possível também haver variação de um local para outro: BARROS & CALDAS (1980), num estudo de um ano sobre a fenologia de *D. miscolobium* na região de Brasília, DF, verificaram a existência de frutos ainda verdes em junho; no entanto, na área de estudo em Itirapina, os frutos já se encontravam maduros nesse mês, em todos os anos de observação.

Essas variações podem estar relacionadas a fatores climáticos e edáficos, como sugerido por CARTHEW (1993), os quais não são constantes ao longo do ano, podendo influenciar a presença de polinizadores e predadores, e conseqüentemente, a frutificação. Desta forma, em anos de menor produção de flores, e por conseguinte de frutos, poderia haver uma proporção maior de frutos e sementes danificados por insetos. Isto justificaria a menor produção de sementes aparentemente normais em 1993, ano em que foi verificada uma produção baixa de flores.

Além disso, cada árvore de *D. miscolobium* apresenta um ano de produção alta de flores e frutos seguido de um ou dois anos com produção baixa ou nula. Assim, num determinado período reprodutivo podem ser encontradas árvores com muitas flores e outras com poucas ou sem flores; no período seguinte, as situações dessas árvores podem ser invertidas. Tal condição pode ser uma conseqüência do esgotamento de nutrientes presentes na planta ao final de um período reprodutivo, de forma a dificultar o mesmo investimento no ano seguinte. Considerando a baixa fertilidade dos solos sob cerrados (ALVIM *et al.* 1968; GOODLAND, 1971a), é de se esperar que isso venha a afetar a reprodução da sua vegetação. No cerrado, é comum espécies arbóreas que produzem frutos em um ano,

passando anos a seguir sem frutificar. Isto foi verificado em *Magonia pubescens* (JOLY, 1979), *Qualea grandiflora* (PAULILO, 1991) e *Vochysia rufa* (JABER & BARROS, 1994). Isto poderia estar relacionado ao ciclo biológico da planta, independentemente das condições nutricionais do meio. No estudo com *Vochysia rufa*, JABER & BARROS (1994) sugerem ser esse padrão de floração e frutificação uma medida de economia associada aos fatores edáficos e climáticos.

Em *D. miscolobium*, mesmo nas árvores que têm produção alta de flores, apenas uma pequena porcentagem dessas flores forma frutos maduros, sendo que a maior parte é abortada na fase de flor ou de fruto jovem. A baixa porcentagem aqui observada (menos de 20%) compara-se às obtidas para outras espécies arbóreas tropicais, como *Bauhinia unguolata* (10,15%), *Caesalpinia eriostachys* (0,98%), *Cochlospermum vitifolium* (26%), *Dalbergia retusa* (8%), *Myrospermum frutescens* (3,4%), *Pterocarpus rohrii* (7%) e *Tabebuia rosea* (1%) (BAWA & WEBB, 1984). Num outro estudo, os mesmos autores (WEBB & BAWA, 1985) encontraram uma porcentagem de 7,7% de frutificação em *Bauhinia unguolata*. Em espécies arbóreas do cerrado, foram também encontradas porcentagens baixas de frutificação, como 4% em *Qualea grandiflora* e *Q. multiflora*, 0% em *Q. parviflora* (BARBOSA, 1983), 5% em *Hymenaea stigonocarpa*, 1 a 2% em *Sclerolobium paniculatum* (OLIVEIRA, 1991), 13% em *Kielmeyera coriacea*, 6,4% em *K. speciosa* (OLIVEIRA & SILVA, 1993), 6% em *Eriotheca gracilipes* e 9,6% em *E. pubescens* (OLIVEIRA *et al.*, 1992).

Vários fatores podem estar influenciando a queda de flores e frutos jovens dos espécimes de *D. miscolobium* estudados. Estando localizados numa área ao longo da estrada e próxima de cultivos, poderia haver a falta de polinizadores naturais, levando à abscisão de flores. O estudo feito com polinizações manuais em *D. miscolobium* mostra que a falta de polinizadores pode ser uma das causas do número pequeno de frutos formados, uma vez que, com a polinização cruzada (deposição garantida de pólen compatível) há aumento na proporção de flores que formam frutos maduros. Na verdade, isso poderia ser uma consequência de dois fatores, não mutuamente exclusivos: 1. a polinização manual

garante a deposição de um grande número de grãos de pólen; 2. a polinização cruzada manual garante a deposição de pólen compatível.

A deposição de poucos grãos de pólen, mesmo compatíveis, resultaria em embriões de pouco vigor, devido à inexistência de competição entre os tubos polínicos. Vários autores argumentam que a deposição de um grande número de grãos de pólen no estigma, levaria a uma competição entre os tubos polínicos garantindo que os óvulos fossem fecundados por tubos polínicos de crescimento mais rápido, com características genéticas melhores, que poderiam ser expressas no embrião formado, resultando sementes de melhor qualidade, as quais seriam preferencialmente desenvolvidas, dentro das condições existentes (WINSOR *et al.*, 1987; NIESENBAUM & CASPER, 1994; PALMER & ZIMMERMAN, 1994). A análise do ovário de frutos jovens abortados, porém, indica que a falta de pólen não é a causa principal do alto número de abortos, pois a maioria apresentou tubos polínicos penetrando a micrópila dos óvulos, e desenvolvimento inicial do embrião.

No entanto, não é possível saber se esses grãos de pólen depositados são da própria planta ou se são de outras plantas. Portanto, se considerar que a espécie é auto-incompatível, é aceitável a hipótese da deposição de pólen da própria planta contribuindo para o aborto de estruturas reprodutivas. Essa possibilidade é reforçada se for considerada a estrutura da flor de *D. miscolobium*, que facilita a ocorrência de autopolinização, devido à proximidade das anteras maduras ao estigma, no momento da antese. Qualquer visita por um polinizador, ainda que rápida, poderia efetuar a deposição de pólen da própria flor com um simples toque, como demonstrado neste estudo com o uso de uma pinça.

O aborto de frutos jovens poderia ser resultado da iniciação de mais frutos do que poderiam ser amadurecidos com os fotoassimilados e nutrientes disponíveis (STEPHENSON, 1981; LEE, 1988). Assim, a planta regularia a produção de frutos através da abscisão de flores e frutos jovens em função dos recursos disponíveis durante o período reprodutivo (LLOYD, 1980), como foi demonstrado para espécies herbáceas como *Cassia fasciculata* (LEE & BAZZAZ, 1982), *Lotus corniculatus* (STEPHENSON, 1984) e *Cassia nictitans* (LEE, 1989) e espécies lenhosas como as estudadas por BAWA & WEBB (1984):



*Bauhinia unguolata*, *Caesalpinia eriostachys*, *Cochlospermum vitifolium*, *Dalbergia retusa*, *Myrospermum frutescens*, *Pterocarpus rohrrii* e *Tabebuia rosea*.

CAMPBELL & HALAMA (1993) salientam a necessidade de muita atenção na interpretação dos dados sobre a limitação no sucesso reprodutivo pela disponibilidade de recursos ou pela transferência de pólen. Segundo esses autores, não se deve concluir automaticamente que não há limitação na transferência de pólen apenas com resultados positivos em experimentos de adição de nutrientes ou vice-versa, já que existe a possibilidade de ocorrerem efeitos indiretos, como por exemplo, o aumento no poder atrativo da flor em função da disponibilidade de recursos, conseqüentemente favorecendo a polinização. VAUGHTON (1991) demonstrou um efeito aditivo da disponibilidade de pólen (cruzado) e de nutrientes sobre o sucesso na produção de frutos em *Banksia spinulosa*.

Da análise de frutos jovens abortados de *D. miscolobium* verifica-se que, entre os frutos pequenos (em estádios precoces de desenvolvimento), a freqüência de frutos aparentemente normais é bem maior. O aborto de frutos não danificados, normalmente ocorre antes do período de máximo investimento de recursos, conservando assim, mais recursos para os frutos restantes (STEPHENSON, 1981): daí ser encontrado um grande número de frutos aparentemente normais de *D. miscolobium* abortados quando pequenos. Permaneceriam, então, nas árvores, os frutos formados por pólen viável, tantos quanto forem possíveis de desenvolver com as condições existentes. No entanto, se esses frutos são predados por insetos (e se as sementes forem danificadas), são eliminados da planta, da mesma forma que BAWA & WEBB (1984) verificaram nas árvores tropicais *Caesalpinia eriostachys* e *Cochlospermum vitifolium*. Assim, entre os abortados, encontrar-se-ia, relativamente, um número maior de frutos predados por insetos do que frutos aparentemente normais, à medida que ocorre o aumento em tamanho dos frutos. Mesmo sendo predados por insetos, caso as sementes fiquem intactas no interior dos frutos, estes não são abortados. Assim, entre os frutos maduros nas árvores, são encontrados aqueles com grandes porções predadas por insetos, tendo no seu interior sementes intactas.

Para interpretar a diferença observada entre a porcentagem de frutos formados considerando-se os botões marcados na pré-antese e a porcentagem de frutos formados considerando-se todos os botões da inflorescência, pode-se sugerir: as flores abertas precocemente teriam probabilidade maior de serem fecundadas e formar frutos maduros quando comparadas às flores abertas tardiamente, talvez em função da sua maior habilidade competitiva de obter recursos maternos. Esse padrão foi verificado em várias espécies herbáceas como *Cassia fasciculata* (LEE & BAZZAZ, 1982) e *Asphodelus albus* (OBESO, 1993) e espécies lenhosas como *Catalpa speciosa* (STEPHENSON, 1980), *Caesalpinia eriostachys*, *Myrospermum frutescens* (BAWA & WEBB, 1984), e muitas outras (citadas em STEPHENSON, 1981 e LEE, 1988). Existe alguma evidência de que é a presença de frutos mais velhos a causa da redução na possibilidade de iniciação de novos frutos (LINDOO & NOODÉN, 1976; HUFF & DYBING, 1980; LEE, 1989; VAUGHTON, 1993). Isso poderia ocorrer através do aumento da concentração de ácido abscísico nos frutos mais jovens, como verificado em *Phaseolus vulgaris* (TAMAS *et al.*, 1979), antes que houvesse um acúmulo alto de proteínas e carboidratos (DYBING *et al.*, 1986; NAKAMURA, 1986). Assim, os frutos formados depois seriam logo abortados, devido à reduzida habilidade competitiva para obtenção de recursos. Não se deve descartar ainda a possibilidade dos botões serem eliminados antes mesmo de sofrer antese ou das flores antes de serem fecundadas. Neste estudo, os botões marcados na pré-antese, na maioria das inflorescências, foram os primeiros a abrir (ver tabela 5). Assim, considerando apenas essas flores, proporcionalmente, haveria formação de mais frutos, justificando os resultados obtidos.

O crescimento do fruto, em termos de comprimento, é bastante proporcional ao número de dias após a antese e existe uma estreita relação entre o desenvolvimento da semente e do fruto (legume) até a expansão total do fruto (aproximadamente 55mm). Dessa forma, é perfeitamente aceitável considerar os diferentes comprimentos dos frutos como sendo diferentes estádios de desenvolvimento.

Apesar de apresentar dois óvulos, normalmente há desenvolvimento de apenas uma semente em *D. miscolobium*. Analisando-se frutos em diferentes estádios de desenvolvimento (diferentes comprimentos), observa-se que a maioria apresenta apenas a semente apical se desenvolvendo. Os resultados obtidos da análise de tubos polínicos, sugerem a possibilidade de ocorrer fecundação preferencial do óvulo apical (próximo ao estilete) em *D. miscolobium*, o que justificaria essa observação. É pouco provável que isso ocorra devido à falta de pólen, pois tendo apenas dois óvulos, mesmo uma deposição muito pequena de grãos de pólen seria suficiente para promover a fecundação de ambos (na teoria, apenas dois grãos seriam suficientes).

No entanto, em estádios mais precoces de desenvolvimento do fruto, verifica-se uma frequência maior de frutos com duas sementes; além disso, há uma redução dessa frequência com o crescimento dos frutos, sugerindo também a possibilidade de ambos os óvulos serem fecundados e ocorrer aborto preferencial da semente basal. Desta forma, a frequência de frutos com duas sementes seria bem menor entre os frutos de comprimento maior. Uma análise das sementes de frutos em diferentes estádios de desenvolvimento mostra que, geralmente, a semente basal é abortada quando se encontra entre 700 e 900 $\mu$ m, sugerindo a ocorrência de aborto antes que haja um grande investimento de recursos. Por comparação das medidas de comprimento dessas sementes com as medidas das sementes de frutos com idade conhecida, pode-se concluir que esse aborto da semente basal (preferencialmente) ocorra entre o 4<sup>o</sup> e o 6<sup>o</sup> dias após a antese. O desenvolvimento preferencial de óvulos mais próximos do estilete foi verificado em outras espécies, entre elas, *Chamaecrista fasciculata* - *Cassia fasciculata* (FENSTER, 1991).

O padrão de desenvolvimento e maturação das sementes, de acordo com as diferentes posições dentro do fruto, depende da espécie. Segundo ROCHA & STEPHENSON (1990), os óvulos podem ter probabilidade igual de serem fecundados, mas algumas posições podem ser favorecidas, limitando a produção de sementes; se ocorre competição por recursos maternos limitados entre as sementes em desenvolvimento, algumas posições podem ser favorecidas devido à proximidade às regiões vasculares. Além disso, pode existir

uma vantagem temporal para os óvulos fertilizados precocemente, na competição por recursos maternos.

O aborto da semente basal em *D. miscolobium* poderia estar baseado no atraso da fecundação devido à posição, a uma distância maior do estigma; o óvulo apical seria fecundado e iniciaria os processos de divisão e outras atividades anteriormente ao óvulo basal, com vantagem temporal na competição por recursos maternos, levando ao aborto da semente basal, embora esta esteja mais próxima ao local de chegada dos vasos. Outra informação que contribui para reforçar a idéia da desvantagem temporal por recursos da semente basal em *D. miscolobium* é que quando não há aborto da semente basal, esta se desenvolve menos que a semente apical, sendo, então, maior a freqüência de sementes de menor massa entre as basais, comparadas às apicais, quando se analisam os frutos maduros contendo as duas sementes.

A maturação preferencial de frutos com apenas uma semente em *D. miscolobium* pode ser uma característica selecionada, sendo vantajosa para a dispersão da espécie que se dá através do vento, com a semente contida no interior do fruto. A presença de mais uma semente aumentaria a massa total do fruto em cerca de 50%, o que poderia limitar a sua dispersão.

BAWA & WEBB (1984) também observaram em espécies de leguminosas (*Dalbergia retusa*, *Myrospermum frutescens* e *Pterocarpus rohrii*) que, embora muitas sementes fossem iniciadas na posição basal, poucas amadureciam. ROCHA & STEPHENSON (1990) observaram formação preferencial de sementes na extremidade apical em *Phaseolus coccineus*. Em estudos feitos com duas espécies de *Lathyrus*, HOSSAERT & VALÉRO (1988) sugerem que a maior diversidade genética provocaria uma competição maior entre os pólenes, havendo uma fertilização seletiva, resultando na fecundação dos óvulos mais próximos do estigma.

Comparando-se os resultados das autopolinizações e das polinizações cruzadas, verifica-se que a menor porcentagem de formação de frutos maduros a partir de flores autopolinizadas comparada às cruzadas é, em geral, resultado da abscisão de frutos no

início do desenvolvimento. De acordo com o critério proposto por BAWA (1974), em que a espécie é considerada auto-incompatível se a produção de frutos nas polinizações cruzadas ultrapassar 5 vezes a produção de frutos nas autopolinizações, *D. miscolobium* pode ser considerada uma espécie auto-incompatível. A auto-incompatibilidade parece ser um fenômeno bastante amplo entre as espécies hermafroditas arbóreas. OLIVEIRA (1991) encontrou 86% de espécies auto-incompatíveis, entre as estudadas numa comunidade de cerrado, em Brasília, DF.

A análise de pistilos de flores autopolinizadas e cruzadas sob microscopia de fluorescência revela a ocorrência do crescimento de tubos polínicos nos dois tratamentos, embora em menor número nas flores autopolinizadas; isto sugere que a fecundação é mais efetiva quando há polinização cruzada. Porém cabe mencionar aqui, que pistilos de *D. miscolobium* coletados após o quarto dia da antese apresentam pouca ou nenhuma fluorescência dos tubos polínicos, dificultando a sua observação; portanto, podendo confundir a interpretação dos resultados.

No entanto, as análises de cortes histológicos dos ovários revelam a formação de embrião tanto com polinização cruzada como com autopolinização, respectivamente em 57% e 42% dos pistilos analisados. Esses resultados dão grandes evidências de que a maior parte do mecanismo de auto-incompatibilidade nesta espécie ocorre a nível dos embriões formados.

Sistemas de auto-incompatibilidade com manifestação no óvulo ou no zigoto formado parecem ser comuns em espécies arbóreas tropicais (BAWA *et al.*, 1985). SEAVEY & BAWA (1986) denominaram como “sistema de auto-incompatibilidade de ação tardia” todos os fenômenos de auto-incompatibilidade manifestados após os tubos polínicos terem atingido o ovário. Seguindo o raciocínio dos autores, *D. miscolobium* seria caracterizada como uma espécie com sistema de auto-incompatibilidade de ação tardia com rejeição pós-zigótica. Segundo GIBBS & BIANCHI (1993), não existem estudos sobre o controle genético do mecanismo de auto-incompatibilidade mencionado por SEAVEY & BAWA (1986) sendo, portanto, prematuro considerar como sendo um dos tipos de mecanismo de

auto-incompatibilidade tradicionalmente conhecidos, cujos controles genéticos estão bem estabelecidos.

O aborto dos frutos jovens de *D. miscolobium* quando as flores são autopolinizadas parece ser resultado da inviabilidade do embrião formado, talvez como consequência da ação de genes deletérios. GIBBS & BIANCHI (1993) não encontraram diferenças citológicas após a polinização até o desenvolvimento inicial do embrião entre os óvulos autopolinizados e cruzados, em espécies que rejeitam totalmente os frutos formados das autopolinizações (*Chorisia chodatti*, *C. speciosa*, *Tabebuia caraiba*, *T. ochracea*). Os autores sugerem que os óvulos autofecundados podem liberar um “sinal de rejeição” (sinal hormonal diferente do que seria liberado por óvulos com fecundação cruzada) para a planta materna, causando a sua rápida abscisão, mesmo tendo aparentemente começado um desenvolvimento normal. Este tipo de rejeição pós-zigótica parece ocorrer em espécies alógamas como *Dalbergia retusa*, *Dipteryx panamensis*, *Myrospermum frutescens* (SEAVEY & BAWA, 1986) e várias outras citadas por GIBBS (1988) e poderia estar ligada a uma determinada combinação da variabilidade genética. Entre as espécies de cerrado estudadas, muitas apresentam este tipo de auto-incompatibilidade, como as já mencionadas *Tabebuia caraiba* e *T. ochracea* (GIBBS & BIANCHI, 1993) e outras como *Aspidosperma macrocarpon*, *Hymenaea stigonocarpa*, *Sclerolobium paniculatum*, *Vellozia squamata* (OLIVEIRA, 1991) e *Eriotheca gracilipes* (OLIVEIRA *et al.*, 1992).

A necessidade de fecundação cruzada para que haja sucesso na formação de embriões e conseqüente desenvolvimento da semente, caracteriza *D. miscolobium* como uma espécie xenógama, assim como outras espécies do cerrado já estudadas: *Byrsonima crassa* (KIRKBRIDE & GONZALES, 1982), *Qualea grandiflora*, *Q. multiflora*, *Q. parviflora* (BARBOSA, 1983), *Styrax camporum*, *S. ferrugineus* (SARAIVA, 1987), *Hymenaea stigonocarpa*, *Sclerolobium paniculatum*, *Vellozia squamata*, *Vochysia elliptica*, *V. pumila*, *V. pyramidalis*, *V. rufa* (OLIVEIRA, 1991), *Eriotheca gracilipes* (OLIVEIRA *et al.*, 1992) *Kielmeyera coriacea*, *K. speciosa* (OLIVEIRA & SILVA, 1993), *Vochysia cinnamomea*

(AFONSO *et al.*, 1994), *Miconia langsдорffii*, *M. pepericarpa*, *Tibouchina stenocarpa* (GOLDENBERG, 1994).

Cabe salientar que, mesmo com polinização cruzada manual, garantindo assim a deposição de pólen compatível, a queda de flores e de frutos jovens foi muito alta. Isso vem reforçar a idéia da limitação da frutificação por recursos maternos, além da polinização, suposição já mencionada. Segundo WIENS *et al.* (1987), em espécies alógamas (geneticamente heterozigotas) há uma perda maior de progênies potenciais durante a fase pré-emergente (antes da germinação), e em espécies autógamias (geneticamente homozigotas), ocorre uma seleção principalmente após a emergência. Os autores explicam o grande número de abortos de embriões e de frutos em espécies alógamas como consequência da interação entre a carga genética e a atuação da seleção durante o desenvolvimento: entre os embriões heterozigotos, geneticamente diversos, uns poderiam apresentar carga genética letal, outros poderiam ser menos vigorosos na competição por recursos.

*D. miscolobium* não apresenta agamospermia nem autopolinização espontânea, mas pode desenvolver alguns frutos quando é garantida a deposição de pólen da própria flor. É interessante notar que a produção de frutos maduros é maior quando as flores são apenas tocadas com pinça comparadas às flores cujos estigmas são tocadas com anteras maduras da mesma flor (teoricamente, com deposição de grãos de pólen mais efetiva do que no primeiro caso), ambos tratamentos de autopolinização. Provavelmente, isto é consequência da maior manipulação das flores no último caso, em que havia necessidade de forçar a abertura das alas e da carena para a exposição do estigma, possibilitando o contato da antera. A partir dessa observação, pode-se concluir que as manipulações dos botões para a sua marcação e das flores para a realização das polinizações manuais tenham também contribuído para a queda das flores e frutos jovens. Mesmo quando não é feita a polinização, as flores manipuladas para a remoção das anteras caem antes das flores apenas marcadas e protegidas, reforçando a idéia do efeito da manipulação das flores na sua queda.

Em *D. miscolobium*, a consequência da autopolinização pode manifestar-se também no desenvolvimento dos frutos, formando frutos menores comparados àqueles formados a partir de polinizações cruzadas, provavelmente como consequência da menor habilidade competitiva dos frutos formados através de autopolinizações. Essa diferença é observada até o 20º dia após a antese, quando deixa de ser significativa devido à abscisão de frutos menores entre aqueles que foram autopolinizados, embora sempre seja mantido o padrão menor nestes últimos. Em *Vellozia squamata*, um arbusto lenhoso do cerrado, também foi observada a formação de frutos menores quando as flores foram autopolinizadas (OLIVEIRA, 1991).

Com a garantia da deposição de pólen, aumentaria a possibilidade de fecundação de ambos os óvulos, sendo, portanto, maior a frequência de frutos com duas sementes comparados aos frutos de flores polinizadas naturalmente (apenas observação, sem contagem). Isto explicaria o fato dos frutos de polinizações manuais terem apresentado comprimento maior do que os de polinização natural (comparar figuras 8B e 16).

Ao atingir a expansão máxima em comprimento, embora ainda verdes, o legume (fruto sem a semente) de *D. miscolobium* já acumulou toda a matéria seca, enquanto que a semente ainda se encontra em desenvolvimento. Os teores de clorofila obtidos durante a maturação dos frutos (Figura 20) não representam valores reais, pois com a extração feita em etanol 80%, a quantificação foi realizada em função da equação de ARNON (1949), proposta para extrações feitas com acetona 80%. Segundo LICHTENTHALER & WELLBURN (1983), os picos de absorção das clorofilas *a* e *b* são determinados pelo solvente utilizado para a sua extração. Portanto, foi incorreta a leitura das absorbâncias nos comprimentos de onda propostos por ARNON (1949), assim como foi incorreto o uso da equação proposta pelo autor para a dosagem de clorofila no presente trabalho. Assim, embora não se possa saber a quantidade exata de clorofila nos legumes e sementes nas diferentes coletas, esses resultados mostram dados relativos que podem ser usados para comparação entre as coletas, durante a maturação. É possível também que a diferença existente, quanto ao conteúdo de clorofila, entre as primeiras coletas e as últimas seja maior



do que a observada, pois as últimas foram aquecidas por um tempo maior para a extração. Apesar dos erros metodológicos, é bastante evidente a queda no teor de clorofila ao longo da maturação, principalmente na semente.

As sementes apresentam grande capacidade de germinação mesmo quando são coletadas verdes, com alto teor de água, sem terem atingido a sua massa de matéria seca máxima: 62% das sementes germinaram quando apresentavam apenas 64% da matéria seca total. Provavelmente, nesta fase de desenvolvimento das sementes de *D. miscolobium* já ocorreram todas as divisões celulares, estando o embrião totalmente formado, podendo, portanto, iniciar o processo de germinação. O acúmulo posterior da matéria seca estaria relacionado apenas à síntese de material de reserva, necessária ao desenvolvimento da plântula. As curvas das matérias fresca e seca e do teor de umidade durante a maturação de sementes de *D. miscolobium* são semelhantes às obtidas em soja por OBENDORF *et al.* (1980). Eles também observaram a germinação dessas sementes antes de atingirem a massa da matéria seca máxima, período em que o eixo embrionário já havia acumulado toda a matéria seca. FIGUEIREDO & PEREIRA (1991) sugeriram a redução no conteúdo de ácido abscísico com o desenvolvimento da semente, permitindo a germinação de sementes imaturas de feijão.

É possível que as plântulas de *D. miscolobium* provenientes dessas sementes imaturas não se desenvolvessem adequadamente devido à carência de reservas nutritivas. MILES *et al.* (1988) observaram porcentagem baixa de germinação e de desenvolvimento de plântulas normais resultantes de sementes imaturas de soja; houve um aumento nessa porcentagem com o aumento da maturação das sementes. A queda no teor de umidade seria um sinal para o início da síntese de material de reserva (ADAMS & RINNE, 1980) e em *D. miscolobium*, esse processo acentua-se a partir do 28º dia da expansão máxima do fruto; nesta ocasião, observa-se uma redução no teor de umidade do legume concomitantemente à pequena redução na massa da matéria seca da mesma, provavelmente em função do desvio de material de reserva para as sementes em desenvolvimento.

Durante este trabalho foi verificado que os frutos maduros de *D. miscolobium* são dispersos, pelo vento, entre maio e junho, na região de Itirapina, durante a estação seca, porém após o mês de junho, na região de Brasília, DF, de acordo com BARROS & CALDAS (1980), mas ainda na estação seca. Num estudo realizado a nível de comunidade, num cerrado da região de Brasília, DF, OLIVEIRA (1991) observou que espécies anemocóricas apresentavam pico de dispersão na estação seca, enquanto que o pico de dispersão das espécies zoocóricas ocorria após o início das chuvas.

O estabelecimento de plântulas no solo a partir das sementes depende de fatores intrínsecos e fatores ambientais. O tamanho das sementes é um desses fatores intrínsecos, pois o estabelecimento de plântulas é muito dependente dos cotilédones. *D. miscolobium* apresenta uma variação muito grande na massa das sementes. As causas da formação de sementes de tamanhos variados nesta espécie não são conhecidas, mas poderiam estar relacionadas à disponibilidade de recursos, à época da polinização, à posição do óvulo no ovário, à posição da flor na inflorescência, ou ainda da fonte de pólen (WINN, 1991). Os cotilédones são a maior parte das sementes de *D. miscolobium* e, portanto, a variação na massa das sementes reflete uma variação na quantidade de reservas deles. Maior quantidade de reservas resulta na formação de plântulas maiores, quando se compara uma faixa de tamanho de sementes (WESTOBY *et al.*, 1992). Isto também foi observado em *D. miscolobium*. O maior crescimento inicial, em termos absolutos, de plântulas de sementes maiores resulta em um sistema radicular maior, o que, em condições de deficiência hídrica, permite à plântula alcançar profundidades maiores, onde há maior disponibilidade de água (LEISHMAN & WESTOBY, 1994), e em condições de deficiência nutricional, fornece vantagem competitiva e capacidade de explorar um volume maior de solo (WULFF, 1986). Para a interpretação dos resultados obtidos neste trabalho, deve-se levar em conta a queda das folhas, a partir do terceiro mês do experimento. Esta queda foi maior do que a formação de folhas novas nas plântulas de sementes grandes. Isso levou a valores menores da TCR calculada para as folhas como também a uma redução na velocidade de crescimento quando se considerou o período após o terceiro mês. Apesar do maior crescimento absoluto das

plântulas provenientes de sementes grandes, a TCR foi semelhante nas três classes de tamanho. Na verdade, é comum haver uma correlação negativa entre o tamanho da semente e a  $\overline{TCR}$  das plântulas (GROSS, 1984; JURADO & WESTOBY, 1992). Uma das explicações dessa correlação negativa é que, plântulas provenientes de sementes pequenas teriam AFE maior (folhas mais finas) relativamente às de sementes grandes (MARAÑÓN & GRUBB, 1993). Segundo WESTOBY *et al.* (1992), conforme vai aumentando o período após a germinação, a  $\overline{TCR}$  passa a ser a principal determinante do tamanho da plântula, que fica cada vez menos dependente do seu tamanho inicial. Existiria, portanto, uma correlação forte entre o tamanho da semente e a massa da plântula nos primeiros dias, que diminuiria com o passar o tempo. Valores baixos de  $\overline{TCR}$  em plântulas provenientes de sementes grandes podem estar relacionados com a manutenção de recursos disponíveis para eventuais estresses (CHAPIN, 1991).

A partir dos resultados, pode-se especular sobre a possibilidade de ter havido uma pressão seletiva para a produção de frutos com apenas uma semente, porém de grande massa em *D. miscolobium*, para otimizar a dispersão do fruto e ao mesmo tempo, garantir o estabelecimento da plântula. Frutos contendo duas sementes, acumulariam menos massa, e portanto menos reserva, em cada uma delas, ao mesmo tempo que aumentaria a sua massa total, dificultando a sua dispersão. Dessas sementes, emergiriam plântulas relativamente menores, com sistemas radiculares menores, e portanto, com menor capacidade de explorar o meio. Em condições de cerrado, onde os fatores hídricos e edáficos são geralmente críticos, o tamanho do sistema radicular pode ser uma característica muito importante no estabelecimento das plântulas. AUGSPURGER (1986) verificou que em *Platipodium elegans*, a dispersão e o estabelecimento eram melhor atingidos quando os frutos, dispersos pelo vento, continham apenas uma semente em comparação aos frutos com duas sementes.

Os estudos aqui realizados indicam que os frutos de *D. miscolobium*, podem permanecer no solo, mantendo as sementes viáveis até o início das chuvas, em setembro, quando se inicia a emergência das plântulas. Esta pode ser uma estratégia da espécie para atravessar o período de seca, a emergência ocorrendo apenas quando as condições de

umidade forem adequadas. Essas sementes, estando já presentes no solo no começo da estação chuvosa, como no caso da maioria das sementes dispersas pelo vento, podem germinar prontamente, tendo um período de crescimento favorável relativamente longo antes da próxima estação seca (OLIVEIRA, 1991). Em outras espécies de cerrado, no entanto, a dispersão ocorre somente no início da estação chuvosa, podendo as sementes germinar imediatamente, como observado em *Kielmeyera coriacea* e *K. speciosa* (OLIVEIRA & SILVA, 1993). Se houver disponibilidade adequada de água logo após a dispersão, a emergência de plântulas de *D. miscolobium* ocorre rapidamente. O legume constitui uma proteção à semente mas ao mesmo tempo representa uma barreira para a expansão da radícula. Assim, verifica-se um atraso na germinação e emergência quando as sementes são mantidas no interior dos frutos. As chuvas ocorridas em 1992 durante a estação seca (Figura 1), não teriam sido suficientes para iniciar a germinação. Segundo MAYER (1986), as diferentes partes da semente devem atingir um determinado grau de hidratação para que possa aumentar a respiração e promover o metabolismo coordenado para desencadear o processo de germinação. Assim, quantidades pequenas de água não levariam à hidratação adequada de todas as partes da semente. Além disso, uma resposta não germinativa a uma pequena quantidade de chuva pode ser vantajosa ao estabelecimento da plântula, pois, geralmente, as sementes podem permanecer viáveis por vários ciclos de seca e chuva, mas uma vez que tenha ocorrido a germinação, as plântulas emergidas são muito sensíveis à desidratação, podendo ocorrer danos celulares irreversíveis (EVANS & ETHERINGTON, 1991). No mesmo período do ano seguinte, a ocorrência de chuvas foi maior (Figura 2), levando à germinação e à emergência de plântulas de *D. miscolobium*. No entanto, o período que se seguiu sem chuvas até setembro, não teria permitido a sobrevivência dessas plântulas.

Quantidades elevadas de água podem também danificar as sementes, prejudicando a emergência de plântulas em *D. miscolobium*. As chances de manutenção da viabilidade de suas sementes no solo são maiores quando os frutos permanecem enterrados ou em locais com atenuação da insolação. Os resultados sugerem que plântulas mantidas sob sombrite

com cobertura de terra podem apresentar um crescimento maior comparadas às dos outros tratamentos. No entanto, deve-se levar em conta que as primeiras apresentaram idade média maior, pois a emergência ocorreu rapidamente a partir do 112º dia, enquanto que no tratamento sob sombrite e sem cobertura de terra, a emergência ocorreu de forma gradual, apresentando, nos dias das medidas, sempre plântulas muito novas. No tratamento sem sombrite e sem cobertura de terra, embora a emergência tenha ocorrido rapidamente a partir do 112º dia, ela foi baixa e muitas plântulas morreram, ficando bastante restrita a amostragem para a obtenção das medidas, o que não permite a comparação com os outros tratamentos. Portanto, plântulas sob sombrite com cobertura de terra apresentaram tamanho maior em função da idade.

Em locais abertos com radiação solar direta, as sementes perdem a viabilidade, mesmo estando protegidas no interior do legume. Já quando os frutos são colocados na terra em setembro, a emergência começa logo, inclusive dos frutos colocados sob radiação direta, provavelmente em resposta à disponibilidade hídrica adequada. A velocidade de emergência é maior quando os frutos são enterrados, possivelmente porque a terra do cerrado de Itirapina, com alta porcentagem de areia fina, pode reter água, mantendo os frutos úmidos (e conseqüentemente, as sementes), principalmente sob sombrite. Já sem cobertura com terra, a emergência é gradual, dependendo da ocorrência de chuvas frequentes. A sobrevivência dessas plântulas também depende da disponibilidade de água; as mortes coincidem com dias seguidos sem chuva. Além disso, a atenuação da insolação aumenta a chance de sobrevivência das plântulas, possivelmente como um efeito indireto sobre a manutenção da umidade. FRANCO *et al.* (1993) observaram nesta mesma espécie, uma sobrevivência de 39% de plântulas sob cobertura arbórea e de 55% sob cobertura de gramínea contínua, durante a estação seca. Parece que a manutenção da viabilidade das sementes da espécie aqui estudada dependeria basicamente de temperaturas moderadas, e as respostas de emergência e de sobrevivência, da disponibilidade hídrica. No entanto, no campo, é forte o efeito de herbívoros (FRANCO *et al.*, 1993), o que pode ter contribuído

para as porcentagens de emergência e sobrevivência mais baixas no experimento realizado na Estação Experimental de Itirapina.

A diferença de emergência observada entre os dois anos de estudo pode ser explicada pela porcentagem de sementes aparentemente normais produzidas: em 1992, dos frutos aparentemente normais, quase 90% apresentaram sementes também aparentemente normais; já em 1993, desses frutos, apenas 56% apresentaram sementes normais, sendo muitas escuras e manchadas, sem poder de germinação. Assim, apesar de terem sido usados frutos aparentemente normais nos experimentos, a porcentagem de sementes danificadas foi maior em 1993, emergindo, portanto, menos plântulas.

Para o crescimento posterior das plântulas, o fator nutricional adquire importância fundamental depois que os cotilédones deixam de suprir as necessidades de reserva. No cerrado, já desde a década de 50, a deficiência nutricional do seu solo, foi apontado como o principal fator para o crescimento lento desta vegetação (ARENS, 1958a,b; 1963).

As plântulas de *D. miscolobium* são quase exclusivamente dependentes das reservas dos cotilédones até completar pelo menos o primeiro mês desde o início da embebição das sementes, não importando a quantidade de nutrientes presentes no substrato (SASSAKI & FELIPPE, 1992c). Após esse período, a quantidade de nutrientes presentes no substrato influencia o crescimento da plântula, verificado no presente trabalho em experimentos com uso de terra com quantidades diferentes de nutrientes (substratos de diferentes localidades) ou com adição de solução nutritiva. Com o uso de terras de diferentes localidades, dois aspectos do estabelecimento de plântulas de *D. miscolobium* devem ser analisados separadamente:

1. emergência e sobrevivência;
2. crescimento, propriamente dito.

Em terra de mata (especificamente, terra da mata do Instituto de Botânica de São Paulo), tanto a emergência como a sobrevivência de plântulas são prejudicadas, quando comparadas à terra de cerrado. Já o crescimento, de um modo geral, é promovido em terra de mata em relação à de cerrado. A emergência e a sobrevivência devem estar relacionadas

à quantidade de matéria orgânica em cada tipo de solo, que deve determinar a quantidade de microrganismos: pela análise química (Tabela 1), a terra da mata do Instituto de Botânica de São Paulo é a que apresenta mais matéria orgânica. *D. miscolobium*, sendo uma espécie típica da região de cerrado, onde o solo é bastante arenoso com pouca matéria orgânica, seria muito sensível ao ataque de microrganismos, afetando a sua emergência e sobrevivência. O experimento em que se utilizou terra autoclavada vem confirmar esta hipótese. A adição de grande quantidade de água neste tipo de terra, muito orgânica, favoreceria a presença de microrganismos, prejudicando ainda mais a emergência e sobrevivência de plântulas. Ou ainda, o excesso de água pode reduzir drasticamente a função da raiz, devido à falta de oxigênio (DREW, 1990; McMICHAEL & QUISENBERRY, 1993), afetando a sobrevivência das plântulas. MELHEM (1975) sugeriu o ataque de microrganismos prejudicando o estabelecimento de plântulas de *Dipteryx alata*, espécie típica dos cerrados, em terra de mata. Outra espécie arbórea de cerrado, *Dimorphandra mollis* também apresentou maior sobrevivência em terra de cerrado do que em terra do canteiro da UNICAMP (OLIVEIRA, 1992). A autora verificou um aumento na porcentagem de sobrevivência quando utilizou terra de canteiro esterilizada. A terra da mata de Santa Genebra é pouco orgânica em relação à do Instituto de Botânica, conseqüentemente, deve apresentar menos microrganismos prejudiciais ao estabelecimento das plântulas de *D. miscolobium*.

Os diferentes tipos de solo podem também prejudicar o estabelecimento das plântulas em função de sua capacidade de retenção de água. Provavelmente, esta é a explicação para as diferenças na porcentagem de sobrevivência de plântulas observadas nos experimentos realizados em casa de vegetação e em vasos em canteiro. Fora da casa de vegetação, sem atenuação da radiação solar, a evaporação seria mais acentuada, principalmente em solos com baixa capacidade de retenção de água. Entre os solos estudados, o da mata de Santa Genebra parece ter a menor capacidade de reter água, secando rapidamente e prejudicando a sobrevivência das plântulas. A terra de Itirapina, embora bastante arenosa, é constituída

de grande porcentagem de partículas muito finas (Tabela 2), que mantém a umidade por mais tempo.

Com relação à análise química dos substratos utilizados (Tabela 1), cabe salientar que a acidez ativa (índice de acidez - I.A.) foi determinada em solução de cloreto de cálcio, o que dá um pH mais baixo do que o real, com uma diferença de menos de uma unidade (RAIJ, 1983). Portanto, os valores de pH obtidos variam entre aproximadamente 4,5 (Campininha) e 6,3 (Santa Genebra). Os substratos provenientes de cerrado apresentam acidez alta, o da mata do Instituto de Botânica, acidez média e o da mata de Santa Genebra, acidez baixa, quase neutra. Esses são valores esperados, uma vez que os solos de cerrado são tradicionalmente conhecidos como solos ácidos (GOODLAND, 1971a; MALAVOLTA *et al.*, 1977). A maior fonte de acidez são minerais de argila alumino-silicato os quais liberam íons alumínio, de acordo com o pH (GOODLAND, 1971b). Em condições de acidez extrema, o alumínio surge em solução na forma de cátion trocável ( $Al^{3+}$ ), responsável por parte dos efeitos desfavoráveis da acidez dos solos sobre os vegetais (RAIJ, 1983). Além do alumínio, os compostos de ferro e manganês também são responsáveis pela fixação de fósforo e molibdênio em pH baixo, não os deixando disponíveis às plantas (COELHO & VERLENGIA, 1973). A acidez potencial ( $H+Al$ ) é dada pela parte não dissociada do hidrogênio e da quantidade de alumínio presente nos minerais de argila e óxidos de alumínio. Contribui também para aumentar a acidez potencial a presença de matéria orgânica, pois o resultado da nitrificação durante a mineralização da matéria orgânica é acidificante (RAIJ, 1983). Assim, a alta acidez potencial observada na terra proveniente do cerrado de Campininha em relação à terra do cerrado de Itirapina pode ser uma decorrência da alta porcentagem de matéria orgânica presente: 3,6% em Campininha em comparação a 0,7% em Itirapina. Da mesma forma, a grande quantidade de matéria orgânica no solo da mata do Instituto de Botânica pode ter contribuído para aumentar a sua acidez potencial. Deve-se levar em conta também que solos de floresta podem ter teores equivalentes ou até maiores de alumínio em comparação a solos de cerrado (SILVA & LEITÃO FILHO, 1982), o que pode resultar em valores confusos de acidez potencial, como



observados neste trabalho. HARIDASAN (1985) obteve quantidades de alumínio de 1,02 e 1,10meq/100g de solo, respectivamente coletados no cerrado e na floresta de galeria, com valor de pH menor em solo do cerrado (pH 4,8) em relação ao de floresta (pH 5,2).

Infelizmente, não foi determinada a quantidade de alumínio nos substratos utilizados, mas através dos dados obtidos na análise, pode-se inferir que, apesar dos valores confusos de acidez potencial, a saturação em alumínio seja mais alta nas terras de cerrado do que nas de mata. Pois, de acordo com RAIJ (1983), a parte da capacidade de troca catiônica (CTC) ocupada pelas bases trocáveis é a saturação de bases (V), que é calculada a partir da soma de bases (S), através da seguinte relação:

$$V = \text{CTC}/S \times 100, \text{ em } \%$$

Já a saturação de alumínio (m), que é a porcentagem da CTC efetiva ocupada pelo elemento (Al), é calculada através da relação:

$$m = \frac{\text{Al}}{S + \text{Al}} \times 100, \text{ em } \%$$

Embora não se possa obter valores exatos de m, pode-se verificar pela fórmula que, quanto menor o valor de S, maior é o valor de m (obviamente não proporcional). Ou seja, em solos com baixa saturação de bases, como observado nos dois cerrados aqui analisados, provavelmente há presença de altas concentrações de alumínio trocável.

Considerando-se que a quantidade elevada de alumínio é uma característica geral dos solos sob cerrados, acredita-se que todas as espécies deste tipo de vegetação sejam, no mínimo, tolerantes ao alumínio, podendo ainda ser acumuladoras facultativas ou obrigatórias (GOODLAND, 1971a). *D. miscolobium*, assim como as outras espécies da família, é apenas tolerante ao alumínio (GOODLAND, 1971a; HARIDASAN, 1982).

Através de experimentos comparando o crescimento inicial desta espécie em terra do cerrado de Itirapina e da mata do Instituto de Botânica foi verificada uma promoção no crescimento em terra de mata, a partir de uma certa idade, principalmente da parte aérea. Isto deve ser uma conseqüência da maior quantidade de nutrientes na terra de mata (Tabela

1), onde há uma porcentagem elevada de matéria orgânica, uma disponibilidade média de fósforo e altos teores de potássio, cálcio e magnésio, resultando em um valor alto de saturação de bases (67%), caracterizando um substrato extremamente rico em nutrientes disponíveis para a planta. Em comparação, a terra do cerrado de Itirapina apresenta quantidades extremamente baixas de fósforo, de matéria orgânica e de bases trocáveis, com uma saturação de bases muito baixa (8%); esta última, provavelmente em função da alta concentração de alumínio neste tipo de solo, com já mencionado, o que pode ter também contribuído para o menor crescimento em terra de cerrado. OLIVEIRA (1992) verificou menor crescimento de plântulas de espécies arbóreas (*Dimorphandra mollis* e *Enterolobium contortisiliquum*) com o aumento no teor de alumínio no substrato. No caso da raiz de plântulas de *D. miscolobium*, o crescimento é quase sempre indiferente à quantidade de nutrientes, podendo até apresentar menor crescimento em terras mais ricas (dependendo do experimento).

A presença de microrganismos poderia também explicar a grande variação dos dados de crescimento observada em plântulas crescidas em terra de mata: a variação seria resultado da interação entre o ataque de microrganismos e a resistência de cada plântula a esse ataque.

Independentemente da massa acumulada pela parte subterrânea de plântulas de *D. miscolobium*, em terra com deficiência de nutrientes (terra de cerrado), há formação de numerosas ramificações secundárias e nódulos; esta deve representar uma estratégia para exploração mais efetiva dos poucos nutrientes presentes no solo de cerrado. Em terra de mata, com grande disponibilidade de nutrientes, as plântulas não desenvolvem muitas ramificações, quase não formando nódulos.

Ainda em relação ao tipo de solo, utilizando-se terra do cerrado de Itirapina, foi verificado um crescimento maior das plântulas quando o experimento foi realizado na UNICAMP, na cidade de Campinas, comparado ao crescimento de plântulas no Instituto de Botânica de São Paulo, na cidade de São Paulo. Com terra da mata de Santa Genebra, no entanto, o crescimento foi maior em relação ao da terra de cerrado, mas foi semelhante nas

duas localidades. É difícil saber a causa exata dessa diferença de resposta observada, mas pode-se fazer uma sugestão baseada na composição nutricional dos dois tipos de solo e nas condições climáticas apresentadas pelas duas localidades. A região do Instituto de Botânica de São Paulo apresenta temperaturas mais baixas em relação à cidade de Campinas, o que proporcionaria um crescimento menor das plântulas. No entanto, o efeito desta condição climática desfavorável seria prejudicial às plântulas somente quando o suprimento de nutrientes é inadequado. Quando há quantidade adequada de nutrientes, como na terra da mata de Santa Genebra, com disponibilidade relativamente alta de fósforo e de matéria orgânica, tendo capacidade de troca de cátions de  $9,3\text{meq}/100\text{cm}^3$  de solo, com um valor de saturação de bases muito elevado, de 72% (Tabela 1), as plântulas poderiam apresentar um desenvolvimento mais próximo do seu crescimento potencial, geneticamente determinado (LAWLOR, 1991) e estariam menos susceptíveis aos efeitos negativos das condições climáticas.

O efeito de nutrientes sobre o crescimento inicial de *D. miscolobium* foi também analisado com adição de solução nutritiva de Hoagland na terra do cerrado de Itirapina, considerada de baixa fertilidade. Neste caso, é importante lembrar que, devido às propriedades químicas do substrato utilizado, os nutrientes adicionados podem não ter ficado totalmente disponíveis às plantas. Apesar disso, foi verificado que a adição de solução nutritiva diluída 10 vezes (uma ou duas vezes por semana) já é suficiente para promover o crescimento das plântulas. Adicionando-se concentrações maiores, plântulas que receberam solução nutritiva diluída apenas duas vezes, chegam a apresentar caule e folhas com massa da matéria seca três vezes maior em relação às do controle; as plântulas que receberam solução completa apresentam massas 4 vezes maiores que os valores obtidos nas do controle. O efeito promotor da adição de solução nutritiva em plântulas de *D. miscolobium* passa a ser significativo após o segundo mês de crescimento, confirmando a observação feita por SASSAKI & FELIPPE (1992c), em que não foi verificada promoção com adição de solução nutritiva no início do crescimento, sugerindo a dependência das reservas dos cotilédones nesse período. Em *Qualea grandiflora*, os cotilédones foliáceos,

fotossinteticamente ativos, contribuem para o crescimento do eixo nas primeiras semanas do desenvolvimento, antes do aparecimento das primeiras folhas (PAULILO & FELIPPE, 1994). Outros trabalhos recentes sobre o crescimento inicial de espécies arbóreas do cerrado têm também demonstrado o aumento do crescimento com adição de solução nutritiva, como em *Kielmeyera coriacea* (SELF, 1989) e *Qualea grandiflora* (PAULILO & FELIPPE, 1995), dando suporte à hipótese inicialmente proposta por ARENS (1958a,b; 1963). Assim como foi verificado em experimentos com uso de terra de mata, o efeito promotor da adição de nutrientes em terra de cerrado em plântulas de *D. miscolobium* é mais pronunciado na parte aérea do que na raiz. Isto fica evidente pelo cálculo da razão raiz:parte aérea, em que os valores diminuem com o aumento da concentração da solução nutritiva. Geralmente, a razão raiz:parte aérea é alta quando um determinado nutriente é deficiente (WILSON, 1988), mas algumas arbóreas como *Pinus*, *Carpinus caroliniana* e *Acer rubrum* mostraram-se indiferentes ao aumento da concentração de nutrientes no substrato, quanto a esse parâmetro (VAITKUS *et al.*, 1993), indicando que existem variações entre as espécies quanto à eficiência na aquisição e uso de nutrientes. Os dados de crescimento de plântulas de *D. miscolobium* com adição de solução nutritiva, juntamente àqueles obtidos com o uso de terra de mata, sugerem que, em caso de deficiência nutricional, esta espécie aumenta o investimento no sistema radicular (em termos de massa e número de ramificações), podendo aumentar o volume de solo a ser explorado.

Neste trabalho, foi verificado que o investimento relativo de carboidratos e de nitrogênio total para a raiz é tanto maior quanto menor a quantidade de nutrientes no solo, chegando a ter até 10 vezes mais carboidratos na raiz do que na parte aérea em plântulas crescendo em terra sem adição de solução nutritiva; em terra mais rica, essa relação cai para aproximadamente 1,5. Esse padrão de maior alocação de carbono para a raiz foi observado em plântulas de soja, crescendo com deficiência de nitrogênio (RUFTY *et al.*, 1984). Quanto ao conteúdo de nitrogênio, geralmente este foi maior na parte aérea; mas, da mesma forma que os carboidratos, o direcionamento relativo para a raiz também aumentou em terra com menos nutrientes.

Analisando-se separadamente o crescimento da raiz e da parte aérea de *D. miscolobium* em função da adição de solução nutritiva, verifica-se que o acúmulo de carboidratos na parte aérea acompanha o seu crescimento, sendo maior quanto maior a concentração de solução nutritiva utilizada. Já na raiz, apesar do crescimento praticamente indiferente à solução nutritiva, o conteúdo total de carboidratos é geralmente maior em plântulas crescendo com poucos nutrientes.

A escassez de nitrogênio pode resultar numa redução do crescimento foliar, paralelamente a um aumento no crescimento radicular; isto é acompanhado de um aumento na concentração de carboidratos solúveis na raiz (HENRY & RAPER, 1991). De acordo com esses autores, esse acúmulo de carboidratos solúveis na raiz quando há deficiência de nitrogênio, é um pré-requisito para que possa ocorrer uma rápida absorção desse elemento quando este se torna novamente disponível. Não existem evidências sobre este tipo de adaptação em plantas nativas do cerrado, mas seria um mecanismo bastante adequado para espécies como *D. miscolobium*, crescendo em solos muito pobres. A existência de uma baixa concentração de nitrogênio na terra do cerrado de Itirapina pode ser inferida a partir do conteúdo de matéria orgânica de apenas 0,7%. Assim, apresentando capacidade de alongamento rápido da raiz nessas condições, o acúmulo de carboidratos solúveis poderia representar uma reserva de substrato para elevar o metabolismo quando a extensão da raiz permitir a exploração de um novo volume de solo. Desta forma, aumentaria cada vez mais a possibilidade de alongar a raiz. Além disso, a disponibilidade de nitrogênio causaria sua rápida absorção, levando a um aumento da respiração, o que resultaria em uma demanda maior de fotoassimilados, estimulando a descarga do floema; juntamente com estes compostos, seriam transportadas substâncias reguladoras, como AIA (ácido indol-3-acético), as quais acabariam estimulando o crescimento da raiz (SATTELMACHER *et al.*, 1993). Com relação ao envolvimento hormonal no crescimento rápido da raiz de plantas do cerrado, POGGLIANI (1971), com dados pouco conclusivos, sugeriu a possibilidade de haver uma redução na atividade AIA-oxidásica a medida que aumenta a idade da planta, o que poderia resultar em um nível maior de AIA na raiz durante o desenvolvimento, ativando

o seu alongamento; entretanto, o autor não relacionou isso com o estado nutricional dos solos de cerrado.

Quanto ao conteúdo relativo de carboidratos, os maiores valores foram obtidos em plântulas de *D. miscolobium* crescendo com concentração baixa de nutrientes, tanto na raiz como na parte aérea. PAULILO & FELIPPE (1994) sugerem que em *Qualea grandiflora*, o acúmulo de carboidratos em condições de escassez de nutrientes poderia ser uma consequência de um desequilíbrio no seu metabolismo, com má utilização dos produtos da fotossíntese, o que acarretaria em um crescimento lento da planta. Isto pode ocorrer também em *D. miscolobium* e pode-se sugerir que, apesar do crescimento menor em solos mais pobres, há uma economia maior de reservas de carboidratos. Plântulas, crescendo em locais com escassez de nutrientes, podem apresentar maior alocação de biomassa nas funções de sobrevivência, como defesa e armazenamento, mais do que de crescimento, conservando assim, mais reserva em seu tecido (CHAPIN, 1991). Usando os nutrientes de forma “conservativa”, essas plantas produziram serapilheira com alto teor de metabólitos secundários, que poderia inibir a ação de decompositores, ficando a reciclagem dos nutrientes também reduzida (HOBBIE, 1992).

Não é simples explicar os processos envolvidos no crescimento lento das plântulas, em substratos com escassez de nutrientes. A maioria dos estudos tratam, especificamente, dos efeitos da deficiência de nitrogênio. Vários autores (por exemplo, GOLDBACH *et al.*, 1975; CHAPIN, 1991) sugeriram que há um envolvimento hormonal (principalmente do ácido abscísico, ABA) no processo de crescimento lento em caso de deficiência nutricional. Assim, o crescimento lento com concomitante acúmulo de reservas nos tecidos de plantas em locais com escassez de nutrientes pode ser resultado de mudanças no balanço hormonal (CHAPIN, 1991). Segundo a hipótese proposta por CHAPIN (1991), a escassez de nitrogênio causa um aumento na concentração de ABA; isto reduziria a extensibilidade da parede celular, diminuindo o alongamento foliar e reduziria a condutância de água da raiz, diminuindo, portanto, a turgescência. Ambos os processos levariam à inibição do crescimento, diminuindo assim, a demanda de carbono. Portanto, haveria um acúmulo de

carboidratos, e para manter o equilíbrio nas necessidades de carboidratos, haveria uma redução na fotossíntese. Num estudo com girassol, no entanto, RADIN & BOYER (1982) não verificaram o efeito da deficiência de nitrogênio sobre a extensibilidade da parede.

A escassez de nitrogênio pode também resultar em concentrações baixas ou atividade baixa de enzimas fotossintéticas, como a ribulose bisfosfato carboxilase (RUBISCO) (GEZELIUS, 1986), ou ainda, um conteúdo menor de clorofila (LIU & DICKMANN, 1992), diminuindo assim, a fotossíntese, e conseqüentemente o crescimento. Além disso, a deficiência de nitrogênio pode alterar as relações hídricas da planta, ou seja, mesmo com suprimento adequado de água, plantas crescendo com falta desse elemento podem apresentar redução na turgescência das folhas em expansão, provavelmente devido à redução na condutividade hidráulica, diminuindo, portanto, a taxa de crescimento (RADIN & BOYER, 1982).

O comportamento fotossintético de espécies arbóreas em função do estado nutricional do substrato depende da espécie. Como exemplo, pode-se citar o trabalho de VAITKUS *et al.* (1993) onde foi verificado um aumento na taxa fotossintética com níveis maiores de nutrientes em *Quercus nigra* e *Acer rubrum*, ao passo que em *Carpinus caroliniana* foi observado redução na fotossíntese; *Pinus* e *Quercus michauxii* não responderam à variação na quantidade de nutrientes. *Nauclea diderrichii* e *Entandrophragma angolense* apresentaram taxas fotossintéticas mais elevadas quando crescidas com disponibilidade alta de nutrientes (RIDDOCH *et al.*, 1991). PAULILO *et al.* (1993) sugere que a maior taxa fotossintética das plântulas de *Qualea grandiflora* crescidas em câmara de crescimento em relação às crescidas em casa de vegetação seja função da maior quantidade de nutrientes, pois foi feita adição de solução nutritiva no primeiro caso.

Segundo BEADLE (1986), a taxa de crescimento da planta (TCR) é função da eficiência da planta em realizar fotossíntese (produzir matéria seca) e da eficiência da planta como produtora de área assimiladora. A primeira pode ser avaliada pela taxa de assimilação líquida (TAL) e a segunda pela razão de área foliar (RAF), embora a relação seja verdadeira apenas para a TCR instantânea.

No caso de *D. miscolobium*, o menor crescimento das plântulas em condições de deficiência nutricional, parece não ser devido à baixa taxa fotossintética, pois os resultados mostram valores de  $\overline{TAL}$  até maiores quando não foi adicionada solução nutritiva ou quando foi adicionada solução nutritiva muito diluída. O mesmo foi verificado quando foi estimada a taxa fotossintética média ( $\overline{TF}$ ). Isto pode ser melhor exemplificado quando se compara os valores da fotossíntese estimada para plântulas desta espécie com os de outras espécies arbóreas (Tabela 32), mostrando que, nas condições nutricionais a que são submetidas no cerrado, estas podem realizar fotossíntese numa taxa equivalente ou maior em relação às plântulas de outras espécies, muitas vezes crescendo em substratos mais ricos. No presente trabalho, foram estimados valores de  $\overline{TF}$  de até  $3,98 \mu\text{mol de CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  em plântulas de *D. miscolobium* crescendo em terra de cerrado.

Tabela 32. Taxa fotossintética de plantas jovens de diversas espécies arbóreas.

Espécie	Taxa fotossintética ( $\mu\text{mol de CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	Referência
<i>Acer rubrum</i>	5,24 a 7,20	VAITKUS <i>et al.</i> (1993)
<i>Alnus rubra</i>	11,12	KRUEGER & RUTH (1969)
<i>Betula verrucosa</i>	2,46	JARVIS & JARVIS (1964)
<i>Carpinus caroliniana</i>	5,20 a 8,29	VAITKUS <i>et al.</i> (1993)
<i>Cecropia glazioui</i>	6,63	SOUZA & VÁLIO (1995)
<i>Chorisia speciosa</i>	5,78	R.P. Souza (Comunicação pessoal)
<i>Entandrophragma angolense</i>	2,8 a 5,4	RIDDOCH <i>et al.</i> (1991)
<i>Esenbeckia leiocarpa</i>	4,08	R.P. Souza (Comunicação pessoal)
<i>Hymenaea courbaril</i>	1,39	SOUZA & VÁLIO (1995)
<i>Khaya senegalensis</i>	3,98	KWESIGA & GRACE (1986)
<i>Kielmeyera coriacea*</i>	0,63 a 3,79	ARASAKI (1988); SELF (1989)
<i>Myroxylon peruiferum</i>	3,74	R.P. Souza (Comunicação pessoal)
<i>Nauclea diderrichii</i>	1,90 a 6,90	RIDDOCH <i>et al.</i> (1991)
<i>Nicotiana tabacum</i>	12,73	HENRY & RAPER (1991)
<i>Picea verrucosa</i>	2,46	JARVIS & JARVIS (1964)
<i>Pinus serotina</i>	4,02 a 5,21	VAITKUS <i>et al.</i> (1993)
<i>Populus tremula</i>	1,77	JARVIS & JARVIS (1964)
<i>Qualea grandiflora*</i>	1,64 a 5,24	FELIPPE & DALE (1990); PAULILO <i>et al.</i> (1993)
<i>Quercus michauxii</i>	5,09 a 6,73	VAITKUS <i>et al.</i> (1993)
<i>Quercus nigra</i>	7,21 a 9,63	VAITKUS <i>et al.</i> (1993)
<i>Schizolobium parahyba</i>	3,15	R.P. Souza (Comunicação pessoal)
<i>Triplachiton scleroxylon</i>	9,03	KWESIGA & GRACE (1986)

\* espécies de cerrado

Obs: em alguns casos, a taxa fotossintética, em  $\mu\text{mol de CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , foi calculada a partir da unidade fornecida pelos autores.



Espécies de crescimento rápido, em geral herbáceas, podem apresentar taxas fotossintéticas muito altas com valores de até  $44\mu\text{mol de CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (MOONEY, 1972). MACHADO & LAGÔA (1994) verificaram taxa líquida de troca de  $\text{CO}_2$  de 42, 27 e  $19\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , respectivamente em milho, arroz e trigo. Assim, de um modo geral, a baixa taxa fotossintética parece ser uma característica comum às espécies arbóreas, não somente àquelas crescendo em solos pobres em nutrientes, como no cerrado. Além disso, o gasto de fotoassimilados na produção de tecido lenhoso, um processo concomitante à lenta expansão foliar, pode contribuir para o crescimento lento das plântulas de espécies arbóreas (GRIME & HUNT, 1975).

O estado nutricional do solo parece não ter efeito sobre a espessura da folha em *D. miscolobium*, pois a AFE foi semelhante em todos os tratamentos de adição de solução nutritiva. No entanto, o aumento de nutrientes leva à produção de um número maior de folhas, com folíolos maiores, aumentando, portanto, a proporção foliar por planta, em termos de área foliar (RAF). Isto sugere que a deficiência nutricional pode causar uma inibição na emergência de novas folhas. Portanto, o crescimento lento de plântulas de *D. miscolobium*, quando há menor disponibilidade de nutrientes, poderia ser uma consequência da menor capacidade para a produção de área fotossintetizante (RAF) e não da menor capacidade de realização da fotossíntese ( $\overline{\text{TAL}}$  e  $\overline{\text{TF}}$ ), como já foi visto.

Considerando a existência de uma baixa concentração de nitrogênio na terra utilizada (terra do cerrado de Itirapina), pode-se sugerir que essa deficiência acarretaria uma inibição na síntese de proteínas, prejudicando a divisão celular, diminuindo a atividade meristemática e portanto, afetaria a produção de novas folhas em *D. miscolobium*, como foi sugerido por RUFTY *et al.* (1984) em soja. Além disso, a diminuição da atividade meristemática poderia ainda ser uma consequência da redução no conteúdo de citocininas em função da deficiência de nitrogênio no solo (DARRAL & WAREING, 1981). Assim, parece lógico que um número menor de folhas, como também folhas de tamanho pequeno proporcionariam produção de menos fotoassimilados por planta, o que poderia explicar o menor crescimento da plântula de *D. miscolobium* em condições de deficiência nutricional.

Plântulas desta espécie parecem apresentar mecanismos para manter o crescimento normal da raiz em condições de deficiência nutricional, reduzindo o crescimento da parte aérea. O uso de nutrientes, no entanto, depende da disponibilidade de água no substrato, pois a água é o “transportador” dos nutrientes para a superfície da raiz; portanto, o estado hídrico do solo tem efeito direto sobre as relações raiz-nutriente (McMICHAEL & QUISENBERRY, 1993), e conseqüentemente sobre o crescimento da planta. No presente trabalho, foram adicionadas quantidades diferentes de água em terra de cerrado (pobre em nutrientes) e em terra de mata (rica em nutrientes). Não foram feitas medidas dos potenciais hídricos das terras, mas, comparativamente, considerou-se o tratamento I (manutenção contínua do recipiente em bandeja com água + adição de 100 a 150ml de água a cada dois dias) como um tratamento de excesso de água; o tratamento III (adição de 100 a 150ml de água a cada dois dias), apesar de chegar a secar a superfície entre as adições, foi considerado como adição adequada de água; o tratamento II (manutenção contínua do saco contendo terra em bandeja com água) foi considerado intermediário entre os outros, mantendo a terra sempre úmida. O alongamento da raiz foi inibido com o aumento da quantidade de água, mostrando padrão inverso quanto ao efeito do tipo de solo (quantidade de nutrientes) quando se comparam plântulas com adição adequada de água e plântulas com excesso de água, embora a massa da matéria seca acumulada tenha sido a mesma. Com uma quantidade menor de água, o alongamento foi maior em plântulas crescendo em terra de cerrado e com excesso, o alongamento foi maior em terra de mata. Quanto à produção de matéria seca, o excesso de água reduziu o crescimento da raiz independentemente da condição nutricional. O alagamento pode reduzir a força de dreno da raiz, em função da falta de O<sub>2</sub>, direcionando mais carbono para a parte aérea, resultando, então, em uma inibição do crescimento radicular (LIU & DICKMANN, 1992). A hipóxia pode reduzir o crescimento da raiz devido à inibição da mitose (ERDMANN *et al.*, 1988). No caso de *D. miscolobium*, por ser uma espécie típica dos cerrados, seria natural pensar que, em condições de campo, suas plântulas estariam mais sujeitas à falta de água do que de excesso. É importante lembrar que, a resposta das plântulas a baixos potenciais de água do

solo depende da espécie, de acordo com o tipo de ambiente em que está adaptado, sendo que o padrão observado em *D. miscolobium* (promoção do crescimento radicular e inibição do crescimento da parte aérea), é comum em espécies adaptadas a regiões com secas freqüentes (EVANS & ETHERINGTON, 1991). Espécies de regiões mediterrâneas também estão sujeitas a longos períodos de seca e podem apresentar o mesmo padrão de crescimento das espécies do cerrado, como foi demonstrado por RHIZOULOPOULOU & DAVIES (1991) em *Ceratonia siliqua*, cujas plântulas apresentam um sistema radicular profundo e um reduzido crescimento da parte aérea, podendo assim, sobreviver à estação seca.

Os resultados obtidos neste trabalho mostram uma redução na taxa de troca líquida de CO<sub>2</sub> em plântulas submetidas à deficiência hídrica. Essa taxa é nula quando o potencial hídrico da folha cai ao redor de -2,4MPa. Nesse momento, os estômatos devem estar praticamente fechados, pois as curvas de condutância estomática e de transpiração acompanharam o mesmo padrão, em função do potencial hídrico da folha. O mecanismo que leva ao fechamento estomático em função da deficiência hídrica não foi aqui estudado. Em muitos trabalhos, tem-se sugerido uma diminuição na condutância estomática, mesmo não havendo mudanças no estado hídrico da folha, mostrando o envolvimento de ABA produzido na raiz em resposta à redução de água no solo e transportado para a parte aérea influenciando o comportamento estomático, antes mesmo de haver uma redução no potencial hídrico da folha (DAVIES & ZHANG, 1991; MUNNS & SHARP, 1993; BANO *et al.*, 1993). Esses autores sugerem ainda, a interação desse mecanismo, com a redução na quantidade de citocininas transportadas da raiz, no controle do comportamento estomático. Em valores altos de potencial hídrico da folha, foi observada uma grande variação na condutância estomática em plântulas de *D. miscolobium* submetidas à deficiência hídrica. Isto sugere a ocorrência de fechamento dos estômatos antes que haja mudança no estado hídrico da folha, talvez em resposta a uma mudança no potencial da água do solo, detectada pela raiz, com a produção de uma substância mensageira transportada para a parte aérea pelo xilema, como foi sugerido por DAVIES & ZHANG (1991), MUNN & SHARP (1993)

e BANO *et al.* (1993). Desta forma, a taxa de transpiração e a taxa líquida de troca de CO<sub>2</sub>, respondendo à variação na abertura estomática, apresentariam também valores variados, mesmo com o potencial hídrico da folha sendo relativamente alto. Em condições de cerrado, onde as camadas superficiais do solo estão constantemente sujeitas à deficiência hídrica (embora as camadas mais profundas mantenham uma quantidade relativamente alta de água), este tipo de mecanismo de controle estomático é muito importante para não haver gasto excessivo de água mantendo lento o crescimento da parte aérea.

Os primeiros trabalhos sobre o balanço hídrico de plantas do cerrado chamaram a atenção para a grande profundidade de suas raízes, mantendo a transpiração irrestrita mesmo em períodos de seca longos, ficando as folhas com os estômatos abertos durante todo o dia (RAWITSCHER *et al.*, 1943; FERRI, 1944). No entanto, não se deve esquecer que esses pesquisadores sempre se referiram a plantas adultas, com sistema radicular já bastante desenvolvido. Ainda nessa época, RACHID (1947) já havia observado que as espécies de cerrado com raízes superficiais apresentavam restrição da transpiração nas horas mais quentes do dia. PEREZ & MORAES (1991) observaram redução na condutância estomática na época seca em espécies de cerrado, ficando os estômatos fechados durante algumas horas do dia. Assim, para as plântulas das espécies de cerrado, com sistema radicular ainda limitado (embora com alongamento rápido), é de fundamental importância mecanismos para evitar a perda de água. Com o dessecamento das camadas superiores do solo, as raízes finas superficiais podem sofrer desidratação parcial, o que seria um estímulo para a produção de ABA; este, seria transportado até as folhas através do fluxo transpiratório, onde regularia o comportamento estomático, diminuindo a condutância (ZHANG & DAVIES, 1989; DAVIES & ZHANG, 1991). Isso permitiria uma economia da água ainda transportada para a parte aérea a partir das camadas mais profundas, garantindo a manutenção da atividade metabólica, essencial à sobrevivência. PAULILO (1991) observou um aumento no conteúdo de ABA em plântulas de *Qualea grandiflora*, uma espécie arbórea do cerrado, aos 35 dias, quando submetidas à deficiência hídrica. De acordo com CHAPIN (1991), a resposta à deficiência hídrica, resultando em um

crescimento reduzido da plântula, é mediada basicamente pelo mesmo mecanismo envolvido na resposta à deficiência nutricional: aumento da concentração de ABA e redução no transporte de citocininas, alterando a extensibilidade da parede celular. Como já foi mencionado, o presente trabalho mostra que, com a redução relativa da quantidade de água disponível, há uma redução no crescimento da parte aérea e um aumento no crescimento da raiz, resultando em uma alta razão raiz:parte aérea, tanto em termos de comprimento como de massa da matéria seca. Em condições de deficiência hídrica, haveria um direcionamento de matéria seca para a raiz, garantindo o seu rápido alongamento e, portanto, oferecendo possibilidade de absorção de água presente nas camadas mais profundas do solo (HUCK *et al.*, 1983). Com esse direcionamento de carbono para o sistema radicular, pode haver uma redução no crescimento da parte aérea (SCHULZE, *et al.*, 1983), aumentando a razão raiz:parte aérea (HUCK *et al.*, 1986). Acredita-se que o crescimento diferencial da parte aérea e da raiz seja causado pelo acúmulo de ABA que ocorre em condições de deficiência hídrica (CREELMAN *et al.*, 1990). Em condições de baixo potencial hídrico, a produção de ABA ajudaria a manter o crescimento da raiz e inibiria o crescimento da parte aérea, como foi mostrado em plântulas de milho por SAAB *et al.* (1990). De acordo com ZHANG & DAVIES (1989), o ABA, produzido em resposta à deficiência hídrica nas camadas superficiais do solo e transportado para a parte aérea, restringe a condutância e a expansão foliar, aumentando a disponibilidade de carboidratos para o sistema radicular. Portanto, haveria um crescimento maior da raiz em relação à parte aérea.

A diferença na razão raiz:parte aérea de plântulas de *D. miscolobium* em função da disponibilidade hídrica é maior quando as plântulas são crescidas em terra de cerrado; em terra de mata, a diferença é menos acentuada entre os tratamentos de adição de água. Essa variação pode ocorrer em função da disponibilidade de nutrientes no solo. Em terra de cerrado, o fator nutricional pode limitar a fotossíntese, como já discutido, limitando a quantidade de fotoassimilados disponíveis para o crescimento. Se esse “pool” de carboidratos, já limitado, é direcionado para a raiz, o crescimento da parte aérea pode ficar

bastante afetado. Por outro lado, se houver possibilidade de produção de mais fotoassimilados, esse “desequilíbrio” no particionamento de carbono seria menos drástico, não afetando tanto o crescimento da parte aérea. Daí, a menor diferença na razão raiz:parte aérea observada em plântulas crescidas em terra de mata, entre os diferentes tratamentos de adição de água.

Foi verificado que a taxa líquida de troca de  $\text{CO}_2$  atingiu o máximo (com média ao redor de  $5,4\mu\text{mol de CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) com radiação fotossinteticamente ativa por volta de  $600\mu\text{mol de fótons}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . Essa curva da taxa líquida de troca de  $\text{CO}_2$  em função da radiação fotossinteticamente ativa indica que a radiação não foi um fator limitante na resposta das plântulas à deficiência hídrica, as quais foram submetidas a aproximadamente  $620\mu\text{mol de fótons}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Foi também verificado neste trabalho, o efeito do fotoperíodo sobre o crescimento de *D. miscolobium*. Na cidade de São Paulo, onde foi realizado o experimento, o fotoperíodo varia de 12 a 13,5 horas entre setembro e dezembro (primavera) e de 12,2 a 10,8 horas entre março e junho (outono) (Smithsonian Meteorological Tables, Table 171, 6<sup>th</sup> ed., 1951). Assim, o fotoperíodo de 12 horas, usado neste trabalho, é o que mais se aproxima do fotoperíodo natural. Com o aumento desse fotoperíodo para 16 horas de luz diária, há uma promoção no alongamento do caule de *D. miscolobium*. Segundo VINCE-PRUE (1975), o número de nós e o comprimento dos entrenós podem ser influenciados pelo fotoperíodo. A promoção no alongamento do caule de *D. miscolobium* ocorreu em função do aumento do número de nós, pois o comprimento médio de cada entrenó foi igual nos três tratamentos. Neste aspecto, não há trabalhos com espécies arbóreas de cerrado para comparação dos resultados. A espécie herbácea invasora *Bidens pilosa* também apresenta resposta fotoperiódica em relação ao alongamento do caule, com aumento no comprimento dos entrenós em fotoperíodos mais longos (KIRSZENZAFT & VÁLIO, 1979). Outra herbácea, que ocorre na região limítrofe Paraguai-Brasil, *Stevia rebaudiana*, tem maior alongamento sob dias longos, em função tanto do maior número de nós como do maior comprimento dos entrenós (METIVIER & VIANA, 1979). *Hymenaea courbaril*, uma arbórea tropical,

responde quantitativamente ao fotoperíodo natural, aumentando o comprimento do caule conforme os dias se alongam, mas não responde a intensidades luminosas relativamente baixas (STUBBLEBINE *et al.*, 1978). A promoção no alongamento do caule em dias longos tem sido associada ao efeito das giberelinas. Dentre estas, foi demonstrado para espécies lenhosas de clima temperado que GA<sub>1</sub> seria a giberelina envolvida no alongamento do caule (JUNTILLA & JENSEN, 1988, JUNTILLA 1993). Aumento na produção de GA<sub>1</sub> ocorre através da exposição das folhas a dias longos, havendo então transporte para o ápice, onde ocorreria a promoção do alongamento celular (TALON & ZEEVAART, 1992).

Com relação ao efeito fotoperiódico sobre o acúmulo de matéria seca em *D. miscolobium*, foi verificado uma promoção sob 16 horas de luz, em termos absolutos e relativos, tanto em terra de mata como de cerrado, nos dois períodos. Esse resultado reflete a maior massa das folhas neste fotoperíodo, pois o crescimento da raiz e do caule (exceção do caule, na primavera) foi semelhante nos três fotoperíodos testados. O aumento da matéria seca em fotoperíodos mais longos, mesmo com radiação de baixa intensidade, foi verificado em plantas herbáceas (HEIDE *et al.* 1985, JUNTILLA *et al.*, 1990). Em *Poa pratensis*, uma gramínea, o prolongamento do fotoperíodo com luz artificial aumentou muito mais a área do que a massa foliar, reduzindo o peso específico da folha (HEIDE *et al.*, 1985). No presente trabalho, não foram feitas medidas de área foliar. No entanto, pode-se dizer que, com o aumento do número de nós em função do prolongamento do período de luz, houve aumento proporcional no número de folhas em *D. miscolobium* (em geral, uma folha por nó), proporcionando maior área fotossintetizante durante as 8 horas de luz natural em casa de vegetação. Isto promoveria a distribuição de matéria seca nas folhas, que apresentariam, portanto, maior massa em relação às das plantas crescidas em fotoperíodos mais curtos. Segundo MALESZEWSKI *et al.* (1989, 1992), o aumento do fotoperíodo promove o crescimento foliar, levando a um aumento geral do crescimento, em função de maior absorção líquida de CO<sub>2</sub>.

Os dados obtidos sugerem, portanto, que a promoção no alongamento do caule de *D. miscolobium* com 16 horas de luz seja um efeito fotoperiódico e não uma consequência da

fotossíntese, uma vez que a massa do caule não é proporcionalmente promovida neste fotoperíodo. A radiação de  $3,5\mu\text{mol de f\u00f3tons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  no interior das c\u00e2maras onde foi dada a complementa\u00e7\u00e3o do per\u00edodo de luz, \u00e9 de baixa intensidade para a realiza\u00e7\u00e3o de fotoss\u00edntese. Fotoper\u00edodos mais longos promovem forma\u00e7\u00e3o e expans\u00e3o foliar, o que otimiza a fotoss\u00edntese em luz natural, aumentando o ac\u00famulo de mat\u00e9ria seca.

Analisando-se o efeito do tipo de solo, independentemente em cada fotoper\u00edodo, praticamente n\u00e3o houve diferen\u00e7a entre as plantas crescidas em terra de cerrado ou de mata, apesar do primeiro ser mais pobre em nutrientes. Como j\u00e1 menciono, isso pode ter ocorrido devido a uma certa independ\u00eancia dessas pl\u00e2ntulas em rela\u00e7\u00e3o ao substrato durante a fase inicial do desenvolvimento, dependendo mais das reservas dos cotil\u00e9dones, que permanecem nas pl\u00e2ntulas por muito tempo (SASSAKI & FELIPPE, 1992c). Al\u00e9m disso, a terra do cerrado de Campininha utilizada neste experimento \u00e9 nutricionalmente mais rica do que a terra do cerrado de Itirapina (ver tabela 1) utilizada em outros experimentos, o que pode ter contribuído para uma diferen\u00e7a menor no crescimento das pl\u00e2ntulas em compara\u00e7\u00e3o ao crescimento observado em terra de mata. Tamb\u00e9m deve-se levar em conta que a terra do cerrado de Campininha apresenta relativamente mais mat\u00e9ria org\u00e2nica do que a de Itirapina, podendo conter microrganismos prejudiciais ao crescimento.

A tabela 33 apresenta o efeito da luz cont\u00ednua em rela\u00e7\u00e3o aos tr\u00eas fotoper\u00edodos utilizados. Sob luz cont\u00ednua, as plantas permaneciam sempre em casa de vegeta\u00e7\u00e3o, sendo, portanto, submetidas a maiores diferen\u00e7as di\u00e1rias de temperatura (ver Figura 4) por per\u00edodos mais longos. Este fato poderia ter prejudicado o crescimento das plantas em terra de mata, as quais mesmo tendo recebido maior per\u00edodo de luz, praticamente n\u00e3o mostraram diferen\u00e7a em rela\u00e7\u00e3o \u00e0s respostas obtidas nos outros fotoper\u00edodos. J\u00e1 em terra de cerrado, de um modo geral, o comprimento n\u00e3o foi alterado, mas o n\u00famero de n\u00f3s e de folhas foi maior sob luz cont\u00ednua em rela\u00e7\u00e3o a 8 e 12 horas de luz. Em termos de massa, o crescimento foi maior em luz cont\u00ednua, pois, recebendo de 3 a 5 horas a mais de luz solar por dia, as plantas fariam mais fotoss\u00edntese e, portanto, acumulariam mais mat\u00e9ria seca. Em terra de mata, o efeito da fotoss\u00edntese n\u00e3o teria superado o efeito prejudicial do tipo de solo



(presença de microrganismos). Em *Dipteryx alata* foi observada a produção de folhas maiores em luz contínua em relação a 8 horas de luz (MELHEM, 1975). A autora verificou também que esta espécie é melhor adaptada a radiações elevadas. O maior crescimento de plântulas de *D. miscolobium* observado na primavera em relação ao outono, provavelmente é consequência das temperaturas maiores no primeiro caso, condições a que seriam adaptadas as plantas de cerrado. É possível também que na primavera, com incidência de radiação de maior intensidade, tenha proporcionado às plântulas um período maior por dia de intensidades próximas ou acima de  $600 \mu\text{mol de fótons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , mantendo por mais tempo a taxa fotossintética na faixa da saturação luminosa. Pois, considerando que o teto da casa de vegetação pode efetuar cortes de mais de 30% da radiação total, é de se esperar que no outono, quando a radiação é de menor intensidade, as plantas fiquem por menos tempo na faixa da fotossíntese máxima. ARASAKI & FELIPPE (1990) observaram maior crescimento, em termos de alongamento e acúmulo de massa, no período primavera-verão em comparação ao período outono-inverno em plântulas de outra espécie arbórea de cerrado, *Kielmeyera coriacea*.

Os resultados obtidos neste trabalho permitem conhecer os processos envolvidos no ciclo de vida de *D. miscolobium*, fornecendo importantes informações para o entendimento do estabelecimento e propagação de espécies arbóreas dos cerrados, onde as condições são bastante peculiares. O sistema de auto-incompatibilidade com rejeição do embrião formado, permite que a espécie selecione os melhores descendentes, além de garantir a variabilidade genética. Formando apenas uma semente por fruto, possibilita a este fruto alcançar uma distância maior da planta-mãe quando disperso pelo vento, garantindo a ocupação de novas áreas para o estabelecimento. A possibilidade de manutenção da viabilidade das sementes no solo por alguns meses permite que a dispersão ocorra na estação seca (favorável à maturação e ao desprendimento dos frutos das árvores) e que a germinação e a emergência venham a ocorrer apenas com o início das chuvas tendo, portanto, praticamente todo o período favorável de crescimento para que ocorra o estabelecimento das plântulas, antes da próxima estação seca. O rápido alongamento da raiz associado ao reduzido crescimento da

parte aérea, garante a sobrevivência da plântula durante a estação seca que se segue. As características de crescimento apresentadas pelas plântulas no ambiente natural refletem as condições edáficas, hídricas e climáticas a que são submetidas, estando adaptadas à escassez de nutrientes e à pouca disponibilidade hídrica nas camadas superficiais do solo, desenvolvendo-se bem na primavera, que é a estação de crescimento no cerrado. Embora a espécie esteja adaptada às condições de cerrado, os resultados deste trabalho mostram que o seu potencial de desenvolvimento é, na verdade, maior do que é manifestado na natureza, pois com o enriquecimento nutricional do solo ou com o aumento do fotoperíodo, há uma grande promoção no crescimento. Além disso, em condições controladas, a germinação das sementes e a sobrevivência das plântulas é de quase 100%, embora na natureza, a emergência seja bastante limitada em função da presença de herbívoros e excesso de insolação. Isto mostra que, espécies arbóreas do cerrado, como *D. miscolobium*, embora tradicionalmente conhecidas como espécies de crescimento lento, apresentando propagação vegetativa, podem ser melhor exploradas com tratamentos especiais, representando um grande potencial para uso em programas de recuperação de áreas devastadas ou mesmo programas de paisagismo com espécies nativas.

Tabela 33. Comparação dos valores obtidos em fotoperíodos de 8, 12 e 16 horas em relação aos da luz contínua, no outono, através da análise de variância simples.

<: valor significativamente menor em relação ao obtido sob luz contínua;

>: valor significativamente maior em relação ao obtido sob luz contínua;

=: valor igual em relação ao obtido sob luz contínua.

Parâmetro comparado	Solo	Fotoperíodo		
		8 horas	12 horas	16 horas
Comprimento do caule	Mata	=	=	>
	Cerrado	<	=	=
Comprimento médio de um entrenó	Mata	=	=	=
	Cerrado	=	=	=
Número de nós	Mata	=	=	=
	Cerrado	<	<	=
Número de folhas	Mata	<	<	=
	Cerrado	<	<	=
Massa seca da raiz	Mata	=	=	=
	Cerrado	=	<	<
Massa seca do caule	Mata	=	=	=
	Cerrado	<	<	<
Massa seca das folhas	Mata	=	=	=
	Cerrado	<	<	=
Massa seca da parte aérea (caule + folhas)	Mata	=	=	=
	Cerrado	<	<	=
Massa seca da plântula (parte aérea + raiz)	Mata	=	=	=
	Cerrado	<	<	<

## RESUMO

Neste trabalho foram estudados alguns aspectos do ciclo de vida da espécie arbórea dos cerrados, *D. miscolobium*. Os estudos se basearam no acompanhamento da frutificação e maturação de sementes, no campo, e em análise do crescimento de tubo polínico e da formação de embrião, no laboratório. Após a formação das sementes, o estabelecimento de plântulas a partir das mesmas foi acompanhado em experimentos conduzidos em vasos ou sacos de muda contendo terra em casa de vegetação, no canteiro e no campo, verificando o efeito de diferentes fatores.

Embora tenha sido verificado crescimento de tubo polínico e formação de embrião com polinização cruzada e com autopolinização, a porcentagem de flores que formaram frutos foi bem menor no segundo caso, caracterizando a espécie como xenógama. As análises mostram que o sistema de auto-incompatibilidade pode estar baseado na maior eficiência para a fecundação quando há polinização cruzada do que quando há autopolinização e também no aborto do embrião formado através da autopolinização, caracterizando um sistema de auto-incompatibilidade de ação tardia.

Foi verificado uma produção muito baixa de frutos em relação à produção de flores nos dois anos de estudo. Baseado nos resultados obtidos nas polinizações manuais, pode-se sugerir que isto seja uma conseqüência da deficiência na polinização, o que poderia ser causada por falta de polinizadores, deposição de pólen incompatível ou ainda deposição de um número insuficiente de grãos de pólen. Considerando a baixa fertilidade dos solos de cerrado, pode-se sugerir ainda, que seja resultado da pouca disponibilidade de recursos para a maturação de frutos.

Foi observado uma porcentagem maior de frutos com apenas a semente apical, embora o ovário fosse biovulado, talvez como conseqüência da fecundação preferencial do óvulo apical, devido à proximidade ao estigma; ou, caso ambos os óvulos sejam fecundados, devido à vantagem temporal da semente apical na competição por recursos, levando ao

aborto da semente basal. A produção de frutos com apenas uma semente pode permitir o acúmulo maior de reserva nesta, garantindo o estabelecimento, ao mesmo tempo que produz um fruto mais leve, favorável à dispersão pelo vento.

Foi verificado que as sementes apresentam poder de germinação mesmo quando coletadas verdes com alto conteúdo de água, sem ainda terem atingido a massa da matéria seca máxima. No entanto, não foi acompanhado o estabelecimento de plântulas provenientes dessas sementes. A porcentagem de produção de sementes maduras aparentemente normais foi diferente nos dois anos de estudo e isto afetou o estabelecimento de plântulas, apresentando uma emergência menor no ano em que a produção foi menor. A emergência de plântulas ocorreu com o início das chuvas, apresentando porcentagem maior quando os frutos foram mantidos cobertos com terra, em local sombreado, sem herbívoros. Os experimentos mostraram que apenas a disponibilidade adequada de água é necessária para iniciar a emergência de plântulas e garantir a sobrevivência no início do crescimento.

Após a emergência, vários fatores podem influenciar a sobrevivência e o crescimento das plântulas, garantindo ou não o seu estabelecimento. Foi verificado que a germinação e o crescimento de plântulas são melhores entre as sementes de massa acima de 100mg em relação às menores, provavelmente em função da quantidade de reservas presentes nos cotilédones.

O tipo de solo pode também ter efeito sobre o estabelecimento das plântulas. A terra da mata do Instituto de Botânica de São Paulo foi prejudicial à emergência e sobrevivência de plântulas devido à presença de microrganismos, muito comum em solos orgânicos como este. No entanto, devido a riqueza em nutrientes, as plântulas sobreviventes apresentaram crescimento maior do que em terra do cerrado de Itirapina, pobre em nutrientes, onde quase não existe matéria orgânica, tendo permitido a sobrevivência de cerca de 100% das plântulas. O crescimento foi também promovido em terra da mata de Santa Genebra, rica em nutrientes. E, por apresentar pouca matéria orgânica, a sobrevivência foi alta quando a disponibilidade hídrica foi adequada.

A análise de plântulas com adição de diferentes quantidades de água mostrou que o excesso de água prejudica o crescimento, principalmente da raiz, possivelmente em função das condições anaeróbicas. Assim, embora o crescimento da parte aérea também possa ser afetado (no caso das plântulas em terra de mata), a razão raiz:parte aérea foi menor em condições de excesso de água. Quando a disponibilidade hídrica no solo foi menor, houve promoção no crescimento da raiz, sendo uma adaptação favorável às condições de cerrado, onde as camadas superficiais do solo podem permanecer secas por muito tempo, devido à característica esparsa da vegetação. As medidas fisiológicas das plântulas obtidas durante o processo de entrada em condição de deficiência hídrica, mostraram valores de condutância estomática e de taxas de fotossíntese e transpiração muito variados em valores baixos de potenciais hídricos da folha. Isto poderia indicar que a informação de deficiência hídrica no solo estaria chegando aos estômatos antes de haver qualquer mudança no estado hídrico da folha, ainda túrgida.

A adição de solução nutritiva promoveu o crescimento das plântulas, direcionando, proporcionalmente, mais matéria seca para a parte aérea. Este resultado indica que em solos nutricionalmente pobres como os de cerrado, as plântulas investem mais no crescimento da raiz, o que foi demonstrado pelo maior acúmulo de carboidratos e de proteínas na raiz em relação à parte aérea, quanto menor a concentração da solução nutritiva adicionada. Isto permitiria à plântula explorar um volume maior de solo, garantindo a aquisição de nutrientes necessários, utilizando-os de forma econômica através da manutenção do crescimento reduzido da parte aérea.

Fotoperíodo longo (16h de luz em relação a 12 e 8h) promoveu o alongamento do caule através do aumento do número de nós, embora não tenha havido efeito sobre a sua massa de matéria seca. A velocidade de crescimento foi maior na primavera em todos os fotoperíodos testados, indicando que a espécie está adaptada a crescer nesta época do ano, em que, provavelmente, o fotoperíodo e as condições de radiação, temperatura e disponibilidade hídrica são favoráveis ao crescimento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, C.A. & RINNE, R.W. 1980. Moisture content as a controlling factor in seed development and germination. **Int. Rev. Cytol.** **68**: 1-8.
- AFONSO, A.P.; SANTOS, M.L. & OLIVEIRA, P.E.A.M. 1994. Biologia reprodutiva de *Vochysia cinnamomea* (Vochysiaceae). In **Resumos do XLV Congr. Nac. Bot.** (Sociedade Botânica do Brasil, ed.), São Leopoldo, p. 385-386.
- ALVIM, P.T.; SANTANA, C.J. & MIRANDA, E.R. 1968. Avaliação da fertilidade em alguns solos de cerrado em Brasília por meio de ensaios de microparcels. **Ciênc. Cult.** **20**: 613-619.
- ARASAKI, F.R. 1988. **Relação entre parte aérea e sistema radicular de *Kielmeyera coriacea***. Tese de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 96p.
- ARASAKI, F.R. 1993. **Crescimento foliar em árvores e crescimento inicial em plântulas de *Kielmeyera coriacea* Mart.** Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 170p.
- ARASAKI, F.R. & FELIPPE, G.M. 1987. Germinação de *Dalbergia violacea*, uma espécie dos cerrados. **Revta brasil. Biol.** **47**: 457-462.
- ARASAKI, F.R. & FELIPPE, G.M. 1990. Crescimento inicial de *Kielmeyera coriacea*. **Ciênc. e Cult.** **42**: 715-720.
- ARENS, K. 1958a. Considerações sobre as causas do xeromorfismo foliar. **Bol. Fac. Filos. Ciênc. Let. Univ. São Paulo** **15**: 25-26.
- ARENS, K. 1958b. O cerrado como vegetação oligotrófica. **Bol. Fac. Filos. Ciênc. Let. Univ. São Paulo** **15**: 59-77.
- ARENS, K. 1963. As plantas lenhosas dos campos cerrados como flora adaptada às deficiências minerais do solo. In **Simpósio sobre o cerrado** (M.G. Ferri, ed.), Ed. E. Blucher e EDUSP, São Paulo, p.249-265.
- ARNON, D.I. 1949. Cooper enzyme in isolated choroplast polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiol.** **24**: 1-15.

- AUGSPURGER, C.K. 1986. Double- and single-seeded indehiscent legumes of *Platypodium elegans*: consequences for wind dispersal and seedling growth and survival. **Biotropica** **18**: 45-50.
- BANO, A.; DÖRFFLING, K. BETTIN, D. & HAHN, H. 1993. Abscisic acid and cytokinins as possible root-to-shoot signals in xylem sap of rice plants in drying soil. **Aust. J. Plant Physiol.** **20**: 109-115.
- BARBOSA, A.A.A. 1983. **Aspectos da ecologia reprodutiva de três espécies de *Qualea* (Vochysiaceae) num cerrado de Brasília-DF**. Tese de mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, 92p.
- BARROS, M.A.G. & CALDAS, L.S. 1980. Acompanhamento dos eventos fenológicos apresentados por cinco gêneros nativos do cerrado (Brasília-DF). **Brasil Florestal** **10**: 7-14.
- BAWA, K.S. 1974. Breeding systems of tree species of a lowland tropical community. **Evolution** **28**: 85-92.
- BAWA, K.S. & WEBB, C.J. 1984. Flower, fruit and seed abortion in tropical forest trees: implications for the evolution of maternal reproductive patterns. **Am. J. Bot.** **71**: 736-751.
- BAWA, K.S.; PERRY, D.R. & BEACH, J.H. 1985. Reproductive biology of tropical lowland rain forest trees. I. Sexual systems and incompatibility mechanisms. **Am. J. Bot.** **72**: 331-345.
- BEADLE, C.L. 1986. Plant growth analysis. *In* **Techniques in bioproductivity and photosynthesis** (J. Coombs & D.O. Hall, eds.), Pergamon Press, Oxford, p.20-25.
- BIELESKY, R.L. & TURNER, N.A. 1966. Separation and estimation of amino acid in crude plant extracts by thin-layer electrophoresis and chromatography. **Anal. Biochem.** **17**: 278-293.
- CAMPBELL, D.R. & HALAMA, K.J. 1993. Resource and pollen limitations to lifetime seed production in a natural plant population. **Ecology** **74**: 1043-1051.
- CARTHEW, S.M. 1993. Patterns of flowering and fruit production in a natural population of *Banksia spinulosa*. **Aust. J. Bot.** **41**: 465-480.
- CARVALHO, A.M.V. 1989. **Systematic studies of the genus *Dalbergia* L.f. in Brazil**. PhD Thesis, University of Reading, Reading, 374p.



- CHAPIN, F.S. 1980. The mineral nutrition of the wild plants. **Annu. Rev. Ecol. Syst.** **11**: 233-260.
- CHAPIN, F.S. 1991. Integrated responses of plants to stress: a centralized system of physiological responses. **Bioscience** **41**: 29-36.
- COELHO, F.S. & VERLENGIA, F. 1973. **Fertilidade do solo**. Inst. Campineiro de Ensino Agrícola, Campinas, 384p.
- CREELMAN, R.A.; MASON, H.S.; BENSON, R.J.; BOYER, J.S. & MULLET, J.E. 1990. Water deficit and abscisic acid cause a differential inhibition of shoot *versus* root growth in soybean seedlings. **Plant Physiol.** **92**: 205-214.
- CROMER, R.N. & JARVIS, P.G. 1990. Growth and biomass partitioning in *Eucalyptus grandis* seedlings in response to nitrogen supply. **Aust. J. Plant Physiol.** **17**: 503-515.
- DARRALL, N.M. & WAREING, P.F. 1981. The effect of nitrogen nutrition on cytokinin activity and free amino acids in *Betula pendula* Roth. and *Acer pseudoplatanus* L. **J. Exp. Bot.** **32**: 369-379.
- DAVIES, W.J. & ZHANG, J. 1991. Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. **Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.** **42**: 55-76.
- DELOUCHE, J.C.; STILL, T.W. RASPET, M. & LIENHARD, M. 1962. The tetrazolium test for seed viability. **Miss. Agric. For. Exp. Stn. Tech. Bull.** **51**: 1-63.
- DIONELLO, S.B. 1978. **Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de *Kielmeyera coriacea* Mart.** Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 123p.
- DREW, M.C. 1990. Sensing soil oxygen. **Plant Cell Environ.** **13**: 681-693.
- DYBING, C.D.; GHLASI, H. & PAECH, C. 1986. Biochemical characterization of soybean ovary growth from anthesis to abscission of aborting ovaries. **Plant Physiol.** **81**: 1069-1074.
- ERDMANN, B.; WIEDENROTH, E.M. & OSTARECK, D. 1988. Anatomy of the root-shoot junction in wheat seedlings with respect to internal oxygen transport and root growth retardation by external oxygen shortage. **Ann. Bot.** **62**: 521-529.

- EVANS, C.E. & ETHERINGTON, J.R. 1991. The effect of soil water potential on seedling growth of some British plants. **New Phytol.** **118**: 571-579.
- FELIPPE, G.M. & DALE, J. 1990. The effects of the phosphate supply on growth of plants from the Brazilian cerrado: experiments with seedlings of the annual weed, *Bidens gardneri* Baker (Compositae) and the tree, *Qualea grandiflora* Mart. (Vochysiaceae). **Oecologia** **82**: 81-86.
- FENSTER, C.B. 1991. Effect of male pollen donor and female seed parent on allocation of resources to developing seeds and fruit in *Chamaecrista fasciculata* (Leguminosae). **Am. J. Bot.** **78**: 13-23.
- FERRI, M.G. 1944. Transpiração de plantas permanentes dos cerrados. **Bol. Fac. Filos. Ciênc. Letr. Univ. São Paulo Ser. Botânica** **41**: 159-224.
- FERRI, M.G. 1960. Nota preliminar sobre a vegetação do cerrado em Campo Mourão (Paraná). **Bol. Fac. Filos. Ciênc. Letr. Univ. São Paulo** **17**: 109-115.
- FIGUEIREDO, P.S. & PEREIRA, M.F.A. 1991. Germinação de sementes imaturas de *Phaseolus vulgaris*: envolvimento do ácido abscísico. **Revta brasil. Bot.** **14**: 83-88.
- FRANCO, A.C.; SOUZA, M.P. & NARDOTO, G.B. 1993. Efeito dos fatores ambientais no estabelecimento e crescimento de *D. miscolobium*. In **Resumos do XLV Congr. Nac. Bot.** (Sociedade Botânica do Brasil, ed.), São Leopoldo, p. 396.
- FURLEY, P.A. & RATTER, J.A. 1988. Soil resources and plant communities of the Central Brazilian cerrado and their development. **J. Biogeogr.** **15**: 97-108.
- GEZELIUS, K. 1986. Ribulose biphosphato carboxilase, protein and nitrogen in Scots pine seedlings cultivated at different nutrient levels. **Physiol. Plant.** **68**: 245-251.
- GIBBS, P.E. 1988. Self-incompatibility mechanisms in flowering plants: some complications and clarifications. **Lagascalia** **15**: 17-28.
- GIBBS, P.E. & BIANCHI, M. 1993. Post-pollination events in species of *Chorisia* (Bombacaceae) and *Tabebuia* (Bignoniaceae) with late-acting self-incompatibility. **Bot. Acta** **106**: 64-71.
- GODOY, S.M.A. & FELIPPE, G.M. 1992. Crescimento inicial de *Qualea cordata*, uma árvore dos cerrados. **Revta brasil. Bot.** **15**: 23-30.

- GODOY-AVEIRO, S.M. & FELIPPE, G.M. 1992. Efeito da remoção de cotilédones no desenvolvimento inicial de *Qualea cordata*. **Hoehnea** 19: 19-30.
- GOLDBACH, E; GOLDBACH, H; WAGNER, H. & MICHAEL, G. 1975. Influence of N-deficiency on the abscisic acid content of sunflower plants. **Physiol. Plant.** 34: 138-140.
- GOLDENBERG, R. 1994. **Estudos sobre a biologia reprodutiva de espécies de Melastomataceae de cerrado em Itirapina, SP.** Tese de mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 88p.
- GOODLAND, R. 1971a. Oligotrofismo e alumínio no cerrado. *In* **Simpósio sobre o cerrado** (M.G. Ferri, ed.), Ed. E. Blücher e EDUSP, São Paulo, p. 44-60.
- GOODLAND, R. 1971b. The cerrado oxisols of the Triângulo Mineiro, Central Brazil. **An. Acad. Brasil. Ciênc.** 43: 407-414.
- GRIME, J.P. & HUNT, R. 1975. Relative growth rate: its range and adaptative significance in a local flora. **J. Ecol.** 63: 393-422.
- GROSS, K.L. 1984. Effects of seed size and growth form on seedling establishment of six monocarpic perennial plants. **J. Ecol.** 72: 369-387.
- HARIDASAN, M. 1982. Aluminium accumulation by some cerrado native species of Central Brazil. **Plant Soil** 65: 265-273.
- HARIDASAN, M. 1985. Accumulation of nutrients by eucalyptus seedlings from acid and calcareous soils of the cerrado region of Central Brazil. **Plant Soil** 66: 35-45.
- HEIDE, O.M., BUSH, M.G. & EVANS, L.T. 1985. Interaction of photoperiod and gibberellin on growth and photosynthesis of high-latitude *Poa pratensis*. **Physiol. Plant.** 65: 135-145.
- HENRY, L.T. & RAPER, D. Jr. 1991. Soluble carbohydrate allocation to roots, photosynthetic rate of leaves, and nitrate assimilation as affected by nitrogen stress and irradiance. **Bot. Gaz.** 152: 23-33.
- HOAGLAND, D.R. & ARNON, D.I. 1938. The water culture method for growing plants without soil. **Univ. Calif. Agric. Expt. Stn. Circ.**, 347.
- HOBBIE, S.E. 1992. Effects of plant species on nutrient cycling. **Trends Ecol. & Evol.** 7: 336-339.

- HOSSAERT, M. & VALÉRO, M. 1988. Effect of ovule position in the pod on patterns of seed formation in two species of *Lathyrus* (Leguminosae: Papilionoideae). **Am. J. Bot.** **75**: 1714-1731.
- HUCK, M.G.; ISHIHARA, K. PETERSON, C.M. & USHIJIMA, T. 1983. Soybean adaptation to water stress at selected stages of growth. **Plant Physiol. (Bethesda)** **73**: 422-427.
- HUCK, M.G.; PETERSON, C.M.; HOOGENBOOM, G. & BUSCH, C.D. 1986. Distribution of dry matter between shoot and roots of irrigated and nonirrigated determinate soybeans. **Agron. J.** **78**: 807-817.
- HUFF, A. & DYBING, C.D. 1980. Factors affecting shedding of flowers in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). **J. Exp. Bot.** **31**: 751-762.
- HUNT, R. 1982. **Plant growth curves: the functional approach to plant growth analysis**. Edward Arnold Ltd., London, 248p.
- JABER, F.A. & BARROS, M.G. 1994. Fenologia e esforço reprodutivo em *Vochysia rufa* Mart. In **Resumos do XLV Congr. Nac. Bot.** (Sociedade Botânica do Brasil, ed.), São Leopoldo, p.385-386.
- JARVIS, P.G. & JARVIS, M.S. 1964. Growth rates of wood plants. **Physiol. Plant.** **17**: 654-666.
- JOHANSEN, D.A. 1940. **Plant microtechnique**. McGraw-Hill Book Co., New York, London, 523p.
- JOLY, C.A. 1979. **Fisiologia da germinação e aspectos taxonômicos do gênero *Magonia* St. Hill. (Sapindaceae)**. Tese de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 95p.
- JUNTTILA, O. 1993. Interaction of growth retardants, daylength, and gibberellins A<sub>19</sub>, A<sub>20</sub> and A<sub>1</sub> on shoot elongation in birch and alder. **J. Plant Growth Regul.** **12**: 123-127.
- JUNTTILA, O. & JENSEN, E. 1988. Gibberellins and photoperiodic control of shoot elongation in *Salix*. **Physiol. Plant.** **74**: 371-376.
- JUNTTILA, O, SVENNING, M.M. & SOLHEIM, B. 1990. Effects of temperature and photoperiod on vegetative growth of white clover (*Trifolium repens*) ecotypes. **Physiol. Plant.** **79**: 427-434.

- JURADO, E. & WESTOBY, M. 1992. Seedling growth in relation to seed size among species of arid Australia. **J. Ecol.** **80**: 407-416.
- KIRKBRIDE, M.C.G. & GONZALES, M.I. 1982. Notas preliminares sobre o sistema de reprodução da espécie *Byrsonima crassa* Nied. em uma área de cerrado do Distrito Federal. In **Resumos do XXXIII Congr. Nac. Bot.** (Sociedade Botânica do Brasil, ed.), Maceió, p.167.
- KIRSZENZAFIT, S.L. & VÁLIO, I.F.M. 1979. Vegetative growth of *Bidens pilosa* L. under different photoperiods. **Revta brasil. Bot.** **2**: 41-44.
- KLEIN, A.L., ZAIDAN, L.B.P. & FELIPPE, G.M. 1992. Flowering and heterophylly in *Bidens gardneri* Baker. **Revta brasil. Bot.** **15**: 139-144.
- KRAMER, P.J. 1983. **Water relations of plants**. Academic Press, San Diego, 489p.
- KRUEGER, R. & RUTH, A. 1969. Photosynthesis of seedlings. **Can. J. Bot.** **47**: 519-526.
- KWESIGA, F. & GRACE, J. 1986. The role of red/far-red ratio in the response of tropical tree seedlings to shade. **Ann. Bot. (Lond.)** **57**: 283-290.
- LABOURIAU, L.G. 1963. Problemas de fisiologia ecológica dos cerrados. In **Simpósio sobre o cerrado** (M.G. Ferri, ed.), Ed. E. Blucher e EDUSP, São Paulo, p. 237-276.
- LABOURIAU, L.G. 1966. Revisão da situação da ecologia nos cerrados. **An. Acad. Brasil. Ciênc.** **38**: 5-38.
- LABOURIAU, L.G.; VÁLIO, I.F.M. & HERINGER, E.P. 1964. Sobre o sistema reprodutivo de plantas dos cerrados. I. **An. Acad. Brasil. Ciênc.** **36**: 449-464.
- LABOURIAU, L.G.; VÁLIO, I.F.M.; SALGADO-LABOURIAU, M.L. & HANDRO, W. 1963. Nota sobre a germinação de sementes de plantas de cerrado em condições naturais. **Revta. brasil. Biol.** **23**: 227-237.
- LAWLOR, D.W. 1991. Concepts of nutrition in relation to cellular processes and environment. In **Plant growth: interactions with nutrition and environment** (J.R. Porter & D.L. Lawlor, eds.), Cambridge University Press, Cambridge, p. 1-32.
- LEE, T.D. 1988. Patterns of fruit and seed production. In **Plant reproductive ecology: patterns and strategies** (J. Lovett Doust & Lovett Doust, eds.), Oxford University Press, Oxford, p. 179-202.

- LEE, T.D. 1989. Patterns of fruit and seed production in a Vermont population of *Cassia nictitans* L. (Caesalpinaceae). **Bull. Torrey Bot. Club** 116: 15-21.
- LEE, T.D. & BAZZAZ, F.A. 1982. Regulation of fruit maturation in an annual legume *Cassia fasciculata*. **Ecology** 63: 1374-1388.
- LEISHMAN, M.R. & WESTOBY, M. 1994. The role of seed size in seedling establishment in dry soil conditions - experimental evidence from semi-arid species. **J. Ecol.** 82: 249-258.
- LICHTENTHALER, H.K. & WELLBURN, A.R. 1983. Determinations of total carotenoids and chlorophylls *a* and *b* of leaf extracts in different solvents. **Biochem. Soc. Trans.** 11: 591-592.
- LINDOO, S.J. & NOODÉN, L.D. 1976. The interrelation of fruit development and leaf senescence in "Anoka" soybeans. **Bot. Gaz.** 137: 218-223.
- LIU, Z. & DICKMANN, D.I. 1992. Responses of two hybrid *Populus* clones to flooding, drought, and nitrogen availability. I. Morphology and growth. **Can. J. Bot.** 70: 2265-2270.
- LLOYD, D.G. 1980. Sexual strategies in plants. I. An hypothesis of serial adjustment of maternal investment during one reproductive session. **New Phytol.** 86: 69-79.
- LORENZI, H. 1992. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Ed. Plantarum Ltda., Nova Odessa, 352p.
- McCLUNG, A.C.; FREITAS, L.M.; GALLO, J.R.; QUINN, L.R. & MOTT, G.O. 1958. Alguns estudos preliminares sobre os possíveis problemas de fertilidade dos solos de diferentes campos cerrados de São Paulo e Goiás. **Bragantia** 17: 29-44.
- McCREADY, R.M.; GUGGOLZ, J.; SILVEIRA, V. & OWENS, H.S. 1950. Determination of starch and amylose in vegetable. **Anal. Chem.** 22: 1156-1158.
- MACHADO, E.C. & LAGÔA, A.M.M.A. 1994. Trocas gasosas e condutância estomática em três espécies de gramíneas. **Bragantia** 53: 141-149.
- McMICHAEL, B.L. & QUISENBERRY, J.E. 1993. The impact of the soil environment on the growth of root systems. **Environ. Exp. Bot.** 33: 53-61.

- MALAVOLTA, E.; SARRUGE, J.R. & BITTENCOURT, V.C. 1977. Toxidez de alumínio e de manganês. *In IV Simpósio sobre o cerrado: bases para utilização agropecuária* (M.G. Ferri, ed.), Ed. Itatiaia e EDUSP, Belo Horizonte e São Paulo, p. 207-301.
- MALESZEWSKI, S., TOMCZYK, M.M. & KOLACINSKA, B. 1989. Carbon dioxide exchange and growth of rye cultivated under various photoperiods and night temperatures. *Photosynthetica* **23**: 560-565.
- MALESZEWSKI, S., TOMCZYK, M.M. & KOLACINSKA, B. 1992. Carbon dioxide exchange and growth of *Triticale* cultivated under various photoperiods and night temperatures. *Plant Physiol. & Biochem.* **30**: 511-515.
- MARAÑÓN, T. & GRUBB, P.J. 1993. Physiological basis and ecological significance of the seed size and relative growth rate relationship in Mediterranean annuals. *Funct. Ecol.* **7**: 591-599.
- MARTIN, F.N. 1959. Staining and observing pollen tubes in the style by means of fluorescence. *Stain Technol.* **34**: 125.
- MAYER, A.M. 1986. How do seeds sense their environment? Some biochemical aspects of the sensing of water potential, light and temperature. *Isr. J. Bot.* **35**: 3-16.
- MELHEM, T.S. 1975. Desenvolvimento da plântula de *Dipteryx alata* Vog. (Leguminosae-Lotoideae). *Hoehnea* **5**: 91-121.
- METIVIER, J. & VIANA, A.M. 1979. The effect of long and short daylength upon the growth of whole plants and the level of soluble proteins, sugars, and stevioside in leaves of *Stevia rebaudiana* Bert. *J. Exp. Bot.* **50**: 1211-1222.
- MILES, D.F.; TEKRONY, D.M. & EGLI, D.B. 1988. Changes in viability, germination, and respiration of freshly harvested soybean seed during development. *Crop Sci.* **28**: 700-704.
- MONTEIRO, A.M.; CROZIER, A. & SANDBERG, G. 1988a. Endogenous hormones, germination and early growth of *Dalbergia dolichopetala*. *J. Plant Physiol.* **132**: 762-765.
- MONTEIRO, A.M.; CROZIER, A. & SANDBERG, G. 1988b. The biosynthesis and conjugation of indole-3-acetic acid in germinating seed and seedlings of *Dalbergia dolichopetala*. *Planta* **174**: 561-568.

- MONTEIRO, A.M.; SANDBERG, G. & CROZIER, A. 1987. Detection of abscisic acid, indole-3-acetic acid and indole-3-ethanol in seeds of *Dalbergia dolichopetala*. **Phytochemistry** 26: 327-328.
- MOONEY, H.A. 1972. The carbon balance of plants. **Annu. Rev. Ecol. Syst.** 3: 315-346.
- MUNNS, R. & SHARP, R.E. 1993. Involvement of abscisic acid in controlling plant growth in soils of low water potential. **Austr. J. Plant Physiol.** 20: 425-437.
- NAKAMURA, R.R. 1986. Maternal investment and fruit abortion in *Phaseolus vulgaris*. **Am. J. Bot.** 73: 1049-1057.
- NIESENBAUM, R.A. & CASPER, B.B. 1994. Pollen tube number and selective fruit maturation in *Lindera benzoin*. **Am. Nat.** 144: 184-191.
- OBENDORF, R.L.; ASHWORTH, E.N. & RYTKO, G.T. 1980. Influence of seed maturation on germinability in soybean. **Crop Sci.** 20: 483-486.
- OBESO, J.R. 1993. Selective fruit and seed maturation in *Asphodelus albus* Miller (Liliaceae). **Oecologia** 93: 564-570.
- OLIVEIRA, L.M.Q. 1992. **Estudo comparativo em *Dimorphandra mollis* Benth. e *Enterolobium cortortisiliquum* (Vell.) Morong.** Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 221p.
- OLIVEIRA, P.E.A.M. 1991. **The pollination and reproductive biology of a cerrado woody community in Brazil.** PhD thesis, University of Saint Andrews, Saint Andrews, 138p.
- OLIVEIRA, P.E. & SAZIMA, M. 1990. Pollination biology of two species of *Kielmeyera* (Guttiferae) from Brazilian cerrado vegetation. **Plant Syst. Evol.** 172: 35-49.
- OLIVEIRA, P.E. & SILVA, J.C.S. 1993. Reproductive biology of two species of *Kielmeyera* (Guttiferae) in the cerrados of Central Brazil. **J. Trop. Ecol.** 9: 67-79.
- OLIVEIRA, P.E.; GIBBS, P.E.; BARBOSA, A.A. & TALAVERA, S. 1992. Contrasting breeding systems in two *Eriotheca* (Bombacaceae) species of the Brazilian cerrados. **Plant Syst. Evol.** 179: 207-219.



- OSTIN, A.; MONTEIRO, A.M.; CROZIER, A.; JENSEN, E. & SANDBERG, G. 1992. Analysis of indole-3-acetic acid metabolites from *Dalbergia dolichopetala* by high performance liquid chromatography-mass spectrometry. **Biol. Plant.** **100**: 63-68.
- PALMER, T.M. & ZIMMERMAN, M. 1994. Pollen competition and sporophyte fitness in *Brassica campestris*: does intense pollen competition result in individuals with better pollen? **Oikos** **69**: 80-86.
- PAULILO, M.T.S. 1991. *Qualea grandiflora* Mart.: crescimento inicial e crescimento foliar em árvores. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 183p.
- PAULILO, M.T.S. & FELIPPE, G.M. 1994. Contribuição dos cotilédones e partição de matéria durante o crescimento inicial de *Qualea grandiflora* Mart. (Vochysiaceae). **Revta brasil. Bot.** **17**: 87-91.
- PAULILO, M.T.S. & FELIPPE, G.M. 1995. Resposta de plântulas de *Qualea grandiflora*, uma espécie arbórea de cerrado, à adição de nutrientes minerais. **Revta brasil. Bot.** **18** (no prelo)
- PAULILO, M.T.S.; FELIPPE, G.M. & DALE, J. 1993. Crescimento inicial de *Qualea grandiflora*. **Revta brasil. Bot.** **16**: 37-46.
- PEREZ, S.C.J.G.A. & MORAES, J.A.P.V. 1991. Determinações de potencial hídrico, condutância estomática e potencial osmótico em espécies dos estratos arbóreo, arbustivo e herbáceo de um cerradão. **Revta brasil. Fisiol. Veg.** **3**: 27-37.
- POGGIANI, F. 1971. Estudo do crescimento e da atividade AIA-oxidase em algumas espécies de cerrado. In **III Simpósio sobre o cerrado** (M.G. Ferri, ed.), Ed. E. Blucher e EDUSP, São Paulo, p. 26-43.
- POORTER, H. & LEWIS, C. 1986. Testing differences in relative growth rate: a method avoiding curve fitting and pairing. **Physiol. Plant.** **67**: 223-226.
- RACHID, M. 1947. Transpiração e sistemas subterrâneos da vegetação de verão dos campos cerrados de Emas. **Bol. Fac. Filos. Ciênc. Letr. Univ. São Paulo** **80**: 1-135.
- RADIN, J.W. & BOYER, J.S. 1982. Control of leaf expansion by nitrogen nutrition in sunflower plants: role of hydraulic conductivity and turgor. **Plant Physiol.** **69**: 771-775.

- RAIJ, B. van. 1983. **Avaliação da fertilidade do solo**. Ed. Ave Maria Ltda., São Paulo, 142p.
- RANDI, A.M. 1987. **Aspectos fotomorfogênicos, bioquímicos e citoquímicos durante a germinação de esporos de *Cyathea delgadii* Sternb.** Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 192p.
- RAWITSCHER, F.K.; FERRI, M.G. & RACHID, M. 1943. Profundidade dos solos e vegetação em campos cerrados do Brasil meridional. **An. Acad. Brasil. Ciênc.** 15: 267-294.
- RHIZOPOULOU, S. & DAVIES, W.J. 1991. Influence of soil drying on root development, water relations and leaf growth of *Ceratonia siliqua* L. **Oecologia** 88: 41-47.
- RIDDOCH, I.; LEHTO, T. & GRACE, J. 1991. Photosynthesis of tropical tree seedlings in relation to light and nutrient supply. **New Phytol.** 119: 137-147.
- RIZZINI, C.T. 1965. Experimental studies on seedlings development. **Ann. Missouri Bot. Garden** 52: 410-426.
- RIZZINI, C.T. 1979. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos sociológicos e florísticos**. Ed. de Humanismo, Ciência e Tecnologia Ltda. e EDUSP, São Paulo, 374p.
- RIZZINI, C.T. & HERINGER, E.P. 1962. Studies on the underground organs of trees and shrubs from some Southern Brazilian savannas. **An. Acad. Brasil. Ciênc.** 34: 235-247.
- ROCHA, O.J. & STEPHENSON, A.G. 1990. Effect of ovule position on seed production, seed weight, and progeny performance in *Phaseolus coccineus* L. (Leguminosae). **Am. J. Bot.** 77: 1320-1329.
- RUFTY, T.W. Jr.; RAPER, C.D. & HUBER, S.C. 1984. Alterations in internal partitioning of carbon in soybean plants in response to nitrogen stress. **Can. J. Bot.** 62: 501-508.
- SAAB, I.N.; SHARP, R.E.; PRITCHARD, J. & VOETBERG, G.S. 1990. Increased endogenous abscisic acid maintains primary root growth and inhibits shoot growth of maize seedlings at low water potentials. **Plant Physiol.** 93: 1329-1339.
- SALGADO-LABOURIAU, M.L. 1973. A semente de *Magonia pubscens* St. Hil., morfologia e germinação. **An. Acad. Brasil. Ciênc.** 45: 501-537.

- SALISBURY, F.B. & ROSS, C.W. 1978. **Plant physiology**. Wadsworth Publishing Company, California.
- SARAIVA, L.C. 1987. **Biologia floral e sistemas de cruzamento de *Styrax camporum* Pohl e *S. ferrugineus* Ness e Mart. (Styracaceae) no cerrado de Corumbataí, Estado de São Paulo**. Tese de Mestrado, Universidade Estadual de São Paulo, Rio Claro, 88p.
- SASS, J.E. 1951. **Botanical microtechnique**. The Iowa University Press, Iowa, 228p.
- SASSAKI, R.M. & FELIPPE, G.M. 1992a. Desenvolvimento inicial de *Dalbergia miscolobium* em casa de vegetação e em cerrado. **Hoehnea** 19: 75-83.
- SASSAKI, R.M. & FELIPPE, G.M. 1992b. Viabilidade de sementes de *Dalbergia miscolobium* Bentham (Fabaceae). **Revta brasil. Bot.** 15: 1-3.
- SASSAKI, R.M. & FELIPPE, G.M. 1992c. Remoção dos cotilédones e desenvolvimento inicial de *Dalbergia miscolobium*. **Revta brasil. Bot.** 15: 5-16.
- SATTELMACHER, B.; GERENDAS, J.; THOMS, K. BRÜCK, H. & BAGDADY, N.H. 1993. Interaction between root growth and mineral nutrition. **Environ. Exp. Bot.** 33: 63-73.
- SCHULZE, F.D.; SCHILLING, K. & NAGARAJAH, S. 1983. Carbohydrate partitioning in relation to whole plant production and water use of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Oecologia** 58: 169-177.
- SEAVEY, S.R. & BAWA, K.S. 1986. Late-acting self-incompatibility in angiosperms. **Bot. Rev.** 52: 195-219.
- SELF, G.K. 1989. **Studies of xylopodium formation and early seedling growth in *Kielmeyera coriacea* Mart.** PhD Thesis, University of Edinburgh, Edinburgh, 219p.
- SHANNON, J.C. 1968. A procedure for the extraction and fractionation of carbohydrates from immature *Zea mays* kernels. **Res. Bull.** 842: 1-8.
- SILVA, A.F. & LEITÃO FILHO, H.F. 1982. Composição florística e estrutura de um trecho da Mata Atlântica de encosta no município de Ubatuba (São Paulo, Brasil). **Rev. brasil. Bot.** 5: 43-52.
- SNEDECOR, G.W. 1962. **Statistical methods**. The Iowa University Press, Iowa, 534p.

- SOUZA, R.P. & VÁLIO, I.F.M. 1995. Características fotossintéticas de plantas jovens de seis espécies arbóreas tropicais. In **Resumos do XLVI Congr. Nac. Bot.** (Sociedade Botânica do Brasil, ed.), Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, p.263.
- STEPHENSON, A.G. 1980. Fruit-set, herbivory, fruit reduction, and the fruiting strategy of *Catalpa speciosa* (Bignoniaceae). **Ecology** **61**: 57-64.
- STEPHENSON, A.G. 1981. Flower and fruit abortion: proximate causes and ultimate functions. **Annu. Rev. Ecol. Syst.** **12**: 253-279.
- STEPHENSON, A.G. 1984. The regulation of maternal investment in an indeterminate flowering plant (*Lotus corniculatus*). **Ecology** **65**: 113-121.
- STUBBLEBINE, W, LANGENHEIM, J.H. & LINCOLN, D. 1978. Vegetative response to photoperiod in the Tropical leguminous tree *Hymenaea courbaril* L. **Biotropica** **10**: 18-29.
- TALON, M. & ZEEVAART, J.A.D. 1992. Stem elongation and changes in the levels of gibberellins in shoot tips induced by differential photoperiodic treatments in the long day plant *Silene armeria*. **Planta** **188**: 457-461.
- TAMAS, I.A.; WALLACE, D.H.; LUDFORD, P.M. & OZBUN, J.L. 1979. Effect of older fruits on abortion and abscisic acid concentration of younger fruits in *Phaseolus vulgaris* L. **Plant Physiol.** **64**: 620-622.
- UMBREIT, W.W.; BURRIS, R.H. & STAUFFER, J.E. 1957. **Manometric techniques**. Burgess Publishing Co., New York, 338p.
- VAITKUS, M.R.; CIRAVOLO, T.G.; McLEOD, K.W.; MAVITY, E.M. & NOVAK, K. 1993. Growth and photosynthesis of seedlings of five bottomland tree species following nutrients enrichment. **Am. Midl. Nat.** **129**: 42-51.
- VÁLIO, I.F.M. & MORAES, V. 1966. Sobre o sistema reprodutivo de plantas de cerrado. II. **An. Acad. Brasil. Ciênc.** **38**: 220-225.
- VAUGHTON, G. 1991. Variation between years in pollen and nutrient limitation of fruit-set in *Banksia spinulosa*. **J. Ecol.** **78**: 389-400.
- VAUGHTON, G. 1993. Nonrandom patterns of fruit set in *Banksia spinulosa* (Proteaceae): interovary competition within and among inflorescences. **Int. J. Plant Sci.** **154**: 306-313.

- VINCE-PRUE, D. 1975. **Photoperiodism in plants**. Mc Graw Hill, London, 444p.
- WEBB, C.J. & BAWA, K.S. 1985. Patterns of fruit and seed production in *Bauhinia unguolata* (Leguminosae). **Plant Syst. Evol.** 151: 55-65.
- WESTOBY, M.; JURADO, E. & LEISHMAN, M. 1992. Comparative evolutionary ecology of seed size. **Trends Ecol. & Evol.** 7: 368-372.
- WIENS, D.; CALVIN, C.L.; WILAON, C.A.; DAVERN, C.I.; FRANK, D. & SEAVEY, S.R. 1987. Reproductive success, spontaneous embryo abortion, and genetic load in flowering plants. **Oecologia** 71: 501-509.
- WILLIAMS, R.F. 1946. The physiology of plant growth with special reference to the concept of net assimilation rate. **Ann. Bot.** 10: 41-72.
- WILSON, J.B. 1988. A review of evidence on the control of shoot:root ratio in relation to models. **Ann. Bot.** 61: 433-449.
- WINN, A.A. 1991. Proximate and ultimate sources of within-individual variation in seed mass in *Prunella vulgaris* (Lamiaceae). **Am. J. Bot.** 78: 834-844.
- WINSOR, J.A., DAVIES, L.E. & STEPHENSON, A.G. 1987. The relationship between pollen load and fruit maturation and the effect of pollen load on offspring vigor in *Cucurbita pepo*. **Am. Nat.** 129: 643-656.
- WULFF, R.D. 1986. Seed size variation in *Desmodium paniculatum*. II. Effects on seedling growth and physiological performance. **J. Ecol.** 74: 99-114.
- ZHANG, J. & DAVIES, W.J. 1989. Abscisic acid produced in dehydrating roots may enable the plant to measure the water status of the soil. **Plant Cell Environ.** 12: 73-81.