

SÍLVIA MARIA DE GODOY AVEIRO



BIOLOGIA DA REPRODUÇÃO E CRESCIMENTO

INICIAL DE *Qualea cordata* SPRENG.

(VOCHYSIACEAE), UMA ESPÉCIE ARBÓREA DO

CERRADO

Este exemplar corresponde à redação final  
da tese defendida pelo(a) candidato(a)  
*Silvia Maria de Godoy Aveiro*  
e aprovada pela Comissão Julgadora.

18/02/97 *GF*

Tese apresentada ao Instituto  
de Biologia da Universidade  
Estadual de Campinas, para a  
obtenção do título de Doutor em  
Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Gil Martins Felipe

Campinas - SP

1997



1802318

UNIDADE	30
N.º CHAMADA	11. UNIDAVL
V.	Es
TOMBO BC/	32306
PROC.	205198
C	<input type="checkbox"/>
D	<input type="checkbox"/>
PREÇO	3311,00
DATA	27/01/98
V.º CPD	

CM-00105154-5

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA CENTRAL DE UNICAMP

Av32b

Aveiro, Sílvia Maria de Godoy

Biologia da reprodução e crescimento inicial de *Qualea cordata* Spreng. (Vochysiaceae), uma espécie arbórea do cerrado. / Sílvia Maria de Godoy Aveiro. -- Campinas, SP : [s.n.], 1997.

Orientador: Gil Martins Felipe.

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

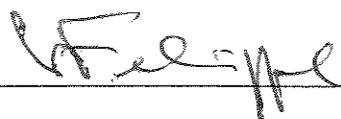
1. Cerrados. 2. Plantas - Reprodução. 3. Fenologia.  
4. Plantas - Desenvolvimento. 5. Plantas - Nutrição.  
6. Amostragem - Estatística. I. Felipe, Gil Martins.  
II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Biologia. III. Título.

LOCAL E DATA: Campinas, 18 de fevereiro de 1997

BANCA EXAMINADORA:

TITULARES:

Prof.Dr. Gil Martins Felipe



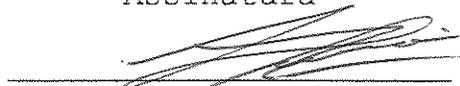
Assinatura

Profa.Dra. Maria Terezinha  
Silveira Paulilo



Assinatura

Prof.Dr. Luciano Maurício Esteves



Assinatura

Profa.Dra. Lilian Beatriz Penteado  
Zaidan



Assinatura

Profa.Dra. Ângela Maria Ladeira



Assinatura

SUPLENTES:

Prof.Dr. Ivany Ferraz Marques Válio



Assinatura

Profa.Dra. Marília de Moraes Castro



Assinatura

À minha mãe, Maria Elza Antunes de Godoy,  
pela nobreza de sua sabedoria no passado  
e pela tristeza de sua inocência no presente.

## Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Gil Martins Felipe, pela orientação dedicada, pelas oportunidades oferecidas e por ter feito, por tantas vezes, com que eu acreditasse na minha capacidade de vencer esta etapa.

Ao Dr. Peter E. Gibbs, da Universidade de Saint Andrews, Escócia, pelos esclarecimentos na parte de biologia da reprodução e por ter me acolhido em seu laboratório na Escócia.

À Marta Bianchi, por todos os ensinamentos sobre a biologia da reprodução e as técnicas para o estudo da mesma e, também, por ter me acolhido com tanto carinho durante a minha permanência na Escócia.

À Profa. Dra. Maria Terezinha Paulilo, pelos ensinamentos sobre as técnicas de extração de RUBISCO.

Às Profas. Dras. Ângela Maria Ladeira e Lilian B. P. Zaidan e ao Prof. Dr. Luciano M. Esteves pela revisão crítica do trabalho na fase de pré-banca.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), pelo apoio financeiro dado pela concessão da bolsa de doutorado.

A International Cooperation EC-Brazil (contrato CII/0620), que colaborou, financeiramente, para que parte deste trabalho pudesse ser realizada na Universidade de Saint Andrews, Escócia.

À Dra. Rogéria Pereira de Souza pela amizade, pela grande colaboração que me prestou na realização das eletroforeses e em tantas outras ocasiões e, por ter cedido as sementes de *Esembeckia leiocarpa*.

À Profa. Dra. Cláudia Regina Haddad por ter se responsabilizado por mim no departamento de fisiologia vegetal da UNICAMP.

Às Dras. Eliana Akie Simabukuro e Regina Miyuki Sasaki pela amizade, companheirismo e por todos os esclarecimentos nos mais diversos aspectos deste trabalho.

A todos os amigos do departamento de fisiologia vegetal, em especial a Eliana Chagas e Angela Pierre Vitória, por ter me "socorrido" em tantas situações de dificuldade durante a aprendizagem das técnicas de eletroforese.

Ao José Eduardo, à Elaine, ao Alexandre e ao Rafael por terem me ajudado na resolução dos problemas de última hora que tive com o computador.

A todos os meus amigos e familiares que, indiretamente, estiveram sempre colaborando para a realização deste trabalho.

A Manoel Fernando Aveiro, meu marido, pelo amor e carinho com que sempre me incentivou e por ter me ensinado que a determinação e a perseverança são fundamentais para o alcance de nossos objetivos.

## Índice

	Página
Resumo.....	i
Summary.....	iv
1. Introdução.....	01
2. Objetivos.....	12
3. Material e métodos.....	14
3.1. Fenologia e biologia da reprodução.....	14
3.2. Crescimento de plântulas.....	19
3.3. Análise estatística.....	28
4. Resultados.....	30
4.1. Fenologia e biologia da reprodução.....	30
4.2. Crescimento de plântulas.....	43
Adição semanal de solução nutritiva com terra de cerrado de Itirapina.....	43
Efeito de substratos diferentes.....	67
Conteúdo da enzima ribulose bifosfato carboxilase (RUBISCO) em folhas jovens expandidas.....	95
5. Discussão.....	98
6. Literatura citada.....	121

## Índice de Figuras

	Página
Figura 1: Representação esquemática da flor de <i>Qualea cordata</i> .....	31
Figura 2: Desenvolvimento de ovários de <i>Qualea cordata</i> a partir do tratamento de autopolinização realizado em 1994.....	33
Figura 3: Óvulo de um pistilo autopolinizado de <i>Qualea cordata</i> , fixado 4 dias após a polinização. Zigoto em início de desenvolvimento.	34
Figura 4: Óvulos de um pistilo autopolinizado de <i>Qualea cordata</i> (A e B), fixado 8 dias após a polinização. Zigoto em início de desenvolvimento, em dois óvulos diferentes.....	35
Figura 5: Óvulo penetrado de pistilo de <i>Qualea cordata</i> submetido à polinização cruzada artificial, fixado 72h após a polinização (A) e à autopolinização artificial, fixado 4 dias após a polinização (B).....	38
Figura 6: Enrolamento de tubos polínicos na região distal do ovário de <i>Qualea cordata</i> . Pistilo submetido à polinização cruzada artificial, fixado 48h após a polinização.....	40

Figura 7: Óvulos de um pistilo de <i>Qualea cordata</i> submetido à polinização cruzada artificial, fixado 8 dias após a polinização. Embrião em desenvolvimento nas porções distal (A) e proximal (B) do ovário.....	41
Figura 8: Comprimento (cm) da parte aérea (A) e da raiz (B) de plantas de <i>Qualea cordata</i> crescidas em terra de cerrado de Itirapina e submetidas a diferentes tratamentos com solução nutritiva..	44
Figura 9: Comprimento do eixo (raiz + parte aérea) de plantas de <i>Qualea cordata</i> crescidas em terra de cerrado de Itirapina e submetidas a diferentes tratamentos com solução nutritiva.....	46
Figura 10: Massa de matéria seca da parte aérea (A) e da raiz (B) de plantas de <i>Qualea cordata</i> crescidas em terra cerrado de Itirapina e submetidas a diferentes tratamentos com solução nutritiva.....	48
Figura 11: Massa de matéria seca do eixo (parte aérea + raiz) de plantas de <i>Qualea cordata</i> crescidas em terra de cerrado de Itirapina e submetidas a diferentes tratamentos com solução nutritiva.	50
Figura 12: Razão entre raiz e parte aérea, em termos de comprimento (A) e massa de matéria seca (B) de plantas de <i>Qualea cordata</i> crescidas em terra de cerrado de Itirapina e submetidas a diferentes tratamentos com solução nutritiva.....	52

Figura 13: Área foliar ( $\text{cm}^2$ ) de plantas de <i>Qualea cordata</i> crescidas em terra de cerrado de Itirapina e submetidas a diferentes tratamentos com solução nutritiva.....	54
Figura 14: Conteúdo estimado de proteínas de plantas de <i>Qualea cordata</i> crescidas em terra de cerrado de Itirapina e submetidas a diferentes tratamentos com solução nutritiva.....	57
Figura 15: Conteúdo estimado de proteínas do eixo de plantas de <i>Qualea cordata</i> crescidas em terra de cerrado de Itirapina e submetidas a diferentes tratamentos com solução nutritiva.....	60
Figura 16: Taxa de crescimento relativo ( $\overline{\text{TCR}}$ ) da parte aérea (A) e da raiz (B) de plantas de <i>Qualea cordata</i> crescidas em terra de cerrado de Itirapina e submetidas a diferentes tratamentos com solução nutritiva.....	62
Figura 17: Taxa de crescimento relativo ( $\overline{\text{TCR}}$ ) de plantas de <i>Qualea cordata</i> crescidas em terra de cerrado de Itirapina e submetidas a diferentes tratamentos com solução nutritiva.....	63
Figura 18: Taxa de assimilação líquida ( $\overline{\text{TAL}}$ ) de plantas de <i>Qualea cordata</i> crescidas em terra de cerrado de Itirapina e submetidas a diferentes tratamentos com solução nutritiva.....	65
Figura 19: Taxa fotossintética média ( $\overline{\text{TF}}$ ) de plantas de <i>Qualea cordata</i> crescidas em terra de cerrado de Itirapina e submetidas a diferentes trata-	

mentos com solução nutritiva.....	66
Figura 20: Comprimento (cm) da parte aérea (A) e da raiz (B) de plantas de <i>Qualea cordata</i> cultivadas em terras de diferentes procedências.....	69
Figura 21: Comprimento do eixo (parte aérea + raiz) de plantas de <i>Qualea cordata</i> cultivadas em terras de diferentes procedências.....	70
Figura 22: Massa de matéria seca da parte aérea (A) e da raiz (B) de plantas de <i>Qualea cordata</i> cultivadas em terras de diferentes procedências.....	72
Figura 23: Massa de matéria seca do eixo de plantas de <i>Qualea cordata</i> cultivadas em terras de diferentes procedências.....	73
Figura 24: Razão entre raiz e parte aérea, em termos de comprimento (A) e massa de matéria seca (B) de plantas de <i>Qualea cordata</i> cultivadas em terras de diferentes procedências.....	75
Figura 25: Área foliar (cm <sup>2</sup> ) de plantas de <i>Qualea cordata</i> cultivadas em terras de diferentes procedências.....	77
Figura 26: Conteúdo de açúcares solúveis de plantas de <i>Qualea cordata</i> cultivadas em terras de diferentes procedências.....	80
Figura 27: Conteúdo de Polissacarídeos Solúveis em Água de plantas de <i>Qualea cordata</i> cultivadas em terras de diferentes procedências.....	83

Figura 28: Conteúdo de amido em plantas de <i>Qualea cordata</i> cultivadas em terras de diferentes procedências.....	86
Figura 29: Taxa de crescimento relativo ( $\overline{\text{TCR}}$ ) da parte aérea (A) e da raiz(B) de plantas de <i>Qualea cordata</i> cultivadas em terras de diferentes procedências.....	91
Figura 30: Taxa de crescimento relativo ( $\overline{\text{TCR}}$ ) de plantas de <i>Qualea cordata</i> cultivadas em terras de diferentes procedências.....	92
Figura 31: Taxa de assimilação líquida ( $\overline{\text{TAL}}$ ) de plantas de <i>Qualea cordata</i> cultivadas em terras de diferentes procedências.....	93
Figura 32: Taxa fotossintética média ( $\overline{\text{TF}}$ ) estimada de plantas de <i>Qualea cordata</i> cultivadas em terras de diferentes procedências.....	94
Figura 33: Géis de poliacrilamida utilizados em eletroforese para a determinação do conteúdo de RUBISCO (49kDa) em tecidos foliares de <i>Qualea cordata</i> e <i>Esembeckia leiocarpa</i> .....	96

## Índice de Tabelas

Tabela 1: Análise química das terras utilizadas como substrato de crescimento de plantas de <i>Qualea cordata</i> .....	21
Tabela 2: Óvulos penetrados em ovários de <i>Qualea cordata</i> observados sob microscópio de fluorescência.....	37
Tabela 3: Óvulos penetrados de <i>Qualea cordata</i> nas porções distal e proximal de ovários fixados em diferentes tempos após a polinização cruzada artificial (PCA) ou autopolinização artificial (APA), observados sob microscópio de fluorescência.....	39
Tabela 4: Número de sementes em frutos de <i>Qualea cordata</i> . Sementes viáveis sempre encontradas próximas ao pedúnculo, parte proximal do fruto.....	42
Tabela 5: Coeficiente de variação (%) do experimento e dos tratamentos, limite de confiança (lc) atual e valor de n ideal para cada ponto mostrado nas figuras 8 e 9.....	47
Tabela 6: Coeficiente de variação (%) do experimento e dos tratamentos, limite de confiança (lc) atual e valor de n ideal para cada ponto mostrado nas figuras 10 e 11.....	51

Tabela 7: Coeficiente de variação (%) do experimento e dos tratamentos, limite de confiança (lc) atual e valor de n ideal para cada ponto mostrado na figura 12 (A e B).....	53
Tabela 8: Coeficiente de variação (%) do experimento e dos tratamentos, limite de confiança (lc) atual e valor de n ideal para cada ponto mostrado na figura 13.....	55
Tabela 9: Coeficiente de variação (%) do experimento e dos tratamentos, limite de confiança (lc) atual e valor de n ideal para cada ponto mostrado nas figuras 14 (A e B).....	58
Tabela 10: Coeficiente de variação (%) do experimento e dos tratamentos, limite de confiança (lc) atual e valor de n ideal para cada ponto mostrado nas figuras 14(C e D).....	59
Tabela 11: Coeficiente de variação (%) do experimento e dos tratamentos, limite de confiança (lc) atual e valor de n ideal para cada ponto mostrado nas figuras 20 e 21.....	71
Tabela 12: Coeficiente de variação (%) do experimento e dos tratamentos, limite de confiança (lc) atual e valor de n ideal para cada ponto mostrado nas figuras 22 e 23.....	74
Tabela 13: Coeficiente de variação (%) do experimento e dos tratamentos, limite de confiança (lc) atual e valor de n ideal para cada ponto mostrado na figura 24 (A e B).....	76

Tabela 14: Coeficiente de variação (%) do experimento e dos tratamentos, limite de confiança (lc) atual e valor de n ideal para cada ponto mostrado na figura 25.....	78
Tabela 15: Coeficiente de variação (%) do experimento e dos tratamentos, limite de confiança (lc) atual e valor de n ideal para cada ponto mostrado na figura 26(A e B).....	81
Tabela 16: Coeficiente de variação (%) do experimento e dos tratamentos, limite de confiança (lc) atual e valor de n ideal para cada ponto mostrado na figura 26(C e D).....	82
Tabela 17: Coeficiente de variação (%) do experimento e dos tratamentos, limite de confiança (lc) atual e valor de n ideal para cada ponto mostrado na figura 27(A e B).....	84
Tabela 18: Coeficiente de variação (%) do experimento e dos tratamentos, limite de confiança (lc) atual e valor de n ideal para cada ponto mostrado na figura 27(C e D).....	85
Tabela 19: Coeficiente de variação (%) do experimento e dos tratamentos, limite de confiança (lc) atual e valor de n ideal para cada ponto mostrado na figura 28(A e B).....	87
Tabela 20: Coeficiente de variação (%) do experimento e dos tratamentos, limite de confiança (lc) atual e valor de n ideal para cada ponto mostrado na figura 288(C e D).....	88

Tabela 21: Concentração de proteínas e da enzima RUBISCO  
em tecidos foliares de plantas de *Qualea cordata*  
e *Esembeckia leiocarpa*..... 97

## Resumo

Este trabalho incluiu alguns aspectos da reprodução e do crescimento inicial da espécie arbórea do cerrado *Qualea cordata* (Vochysiaceae). Para o estudo da reprodução foram feitos o acompanhamento da produção natural de frutos no campo e, também, tratamentos de polinização artificial que envolveram polinização cruzada e autopolinização. Também no campo, foram feitas observações sobre a fenologia da espécie. Em casa de vegetação foram conduzidos os experimentos para a análise do crescimento inicial das plântulas.

A dispersão de sementes ocorreu em final do mês de julho e início do mês de agosto, por anemocoria, sendo acompanhada por abscisão foliar. Ainda durante o período de dispersão de sementes já surgiram os primeiros brotos foliares. A floração ocorreu no período de outubro a novembro e, concomitantemente, o início da formação dos frutos, os quais só chegaram à maturação em julho do ano seguinte.

Não houve produção de frutos a partir do tratamento de autopolinização artificial, mesmo tendo sido observados a penetração de óvulos pelos tubos polínicos e o início do desenvolvimento do embrião. Isto caracterizou a espécie como autoincompatível e dotada de um sistema de autoincompatibilidade tardia.

A análise do crescimento de plântulas a partir da adição de nutrientes ao substrato mostrou que a solução nutritiva sem fósforo (-P) promoveu o desenvolvimento da raiz, em comprimento, no final do experimento. Tal promoção também foi

verificada quando se observou o crescimento, em comprimento e massa de matéria seca, do eixo da planta. Quanto a este parâmetro, a relação entre raiz e parte aérea chegou a ter valores significativamente superiores para plantas tratadas sem a adição de nutrientes. O conteúdo relativo de proteínas da parte aérea e da raiz de plantas tratadas com solução nutritiva completa foi superior ao apresentado pelas plantas submetidas aos demais tratamentos.

No estudo do efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento das plântulas, verificou-se que o substrato com maior disponibilidade de nutrientes (terra da mata) não promoveu de maneira expressiva o desenvolvimento das plântulas. Em termos comprimento e massa de matéria seca quando houve diferença significativa, os valores apresentados pelas plantas crescidas em terra do cerrado de Itirapina (a que apresentava menor disponibilidade de nutrientes) estiveram abaixo dos apresentados pelas plantas crescidas nos demais substratos. O mesmo foi verificado para área foliar, sendo que, neste caso, no início do experimento, as plantas crescidas em terra da mata apresentaram valores superiores às demais. Em termos de conteúdo de carboidratos na raiz, de maneira geral, os maiores valores foram observados para as plantas crescidas em terra do cerrado de Itirapina.

Este quadro indica um certo de adaptação da espécie, no sentido de superar as limitações apresentadas pelo substrato em que ela ocorre naturalmente.

O ritmo lento de crescimento das plântulas pode estar relacionado ao conteúdo baixo da enzima ribulose bifosfato

carboxilase (RUBISCO) apresentado pelas folhas recém-expandidas de *Q. cordata* em relação ao das folhas da espécie de mata *Esembeckia leiocarpa*.

Os dados obtidos neste trabalho, em relação ao desenvolvimento das plântulas, apresentaram muita variação. Isto dificultou bastante a conclusão dos fatos ao se avaliar o efeito dos tratamentos. Tal variação, no entanto, é sempre esperada quando se trata do estudo de uma espécie não cultivada. Um caminho para a reversão deste problema seria o aumento do número de repetições para cada experimento. Foi feito, então o cálculo do número de repetições necessário para que, em cada experimento, o coeficiente de variação baixasse a níveis aceitáveis. Este número é apresentado em tabelas que se seguem a cada figura em que os dados foram submetidos à análise estatística. Chegou-se, então, à conclusão de os experimentos tornar-se-iam fisicamente inviáveis pelo número exagerado de repetições que seria necessário.

A alta variação, as características reprodutivas e a ocorrência restrita da espécie nos cerrados de estado de São Paulo, levaram a uma interpretação no sentido de que a espécie estaria passando por um processo evolutivo o qual poderia ser retratado por fatores de ampla variabilidade genética e plasticidade fenotípica.

## Summary

This work is about the reproductive biology and the early development of the tree species from Brazilian cerrado *Qualea cordata* (Vochysiaceae). Some aspects about the phenology of the species were observed.

The seed dispersal occurred by the end of July and the beginning of August, when the leaves were falling down. During the dispersal time it was possible to observe some new leaves growing up. The flowering time was in October and November, when the fruits were at the beginning of their development. These ones reached the maturity only in July of the following year.

The species showed to be self-incompatible with a late-acting self-incompatibility system. In all fruits observed there were much more inviable seeds than the viable ones. These last ones were always localized at the proximal part of the fruits.

The early development of the plants was investigated considering the addition of nutrients to the growing soil and the use of soils from two different cerrado regions and a forest region. The seedlings were not expressively favored by the large availability of nutrients. This indicates some adaptability rate to the natural conditions of the environment where the species naturally occurs (the dystrophic soils of cerrado formations).

The slow rates of development were related to the small contents of the RUBISCO enzyme in the young leaves which were compared to the ones in *Esembeckia leiocarpa*, a tree species that typically occurs in the forest formations.

The variation levels between the samples in the experiments turned difficult the conclusion about the effect of the treatments. Nevertheless, it is always expected when the analysed species is not a cultivated one. The genetic variability is required for the evolutionary process which *Q. cordata* is probably suffering. In the work, it is showed that, to minimize the variation it would be necessary to increase the number of samples, what would turn the experiment fisically inviable.

## 1. Introdução

A família Vochysiaceae é de grande representatividade nas regiões de cerrado. Em Planaltina, região do Distrito Federal, RIBEIRO *et al.* (1985) estudaram a composição florística de três diferentes tipos fisionômicos de cerrado. Nesse estudo, os autores obtiveram valores de IVI (índice de valor de importância) para a família Vochysiaceae que indicaram ser esta a família de maior importância em relação à flora lenhosa do cerrado. Analisando a composição florística de uma área de cerrado em Cuiabá, MT, NASCIMENTO & SADDI (1992), constataram que o maior valor de IVI correspondeu à família Vochysiaceae. GIANOTTI (1988) e GIANOTTI & LEITÃO-FILHO (1992) indicaram que, entre as famílias por eles encontradas na vegetação de cerrado da Estação Experimental de Itirapina, SP, a família Vochysiaceae apresentou maior valor de dominância relativa. Segundo os autores, 11,24% do total de indivíduos observados pertenciam a esta família que apresentou o 2º maior IVI num total de 44 famílias relacionadas. Neste mesmo levantamento florístico foi, também, registrada a ocorrência de quatro diferentes espécies da família Vochysiaceae. Em outros levantamentos feitos nas Reservas de Moji Guaçu-SP (GIBBS *et al.*, 1983) e de Luís Antônio-SP (TOLEDO-FILHO, 1984), foram registradas, respectivamente, cinco e três espécies da família.

De maneira geral, a família Vochysiaceae é considerada como uma das mais características da vegetação de cerrado (GOODLAND, 1970). Inclusive, algumas estratégias típicas desse tipo de vegetação são bem representadas por espécies da família. É o caso de *Qualea grandiflora* que, segundo HARIDASAN(1982), apresenta cerca de 5g de alumínio por kg de folha, o que a qualifica como uma espécie acumuladora de alumínio e, portanto, dotada de características altamente adaptativas ao ambiente de cerrado.

De acordo com STAFLEU (1953) o gênero *Qualea* (Vochysiaceae) compreende 59 espécies que se distribuem pela América do Sul, ocorrendo em matas ou savanas. É de ampla ocorrência nos cerrados brasileiros, independentemente do tipo de solo que caracteriza os limites entre as diferentes formações de cerrado (RATTER et al., 1977). Alguns trabalhos de fitossociologia consideram a espécie *Q. parviflora* como uma das mais importantes na região central do Brasil como, por exemplo, OLIVEIRA-FILHO et al. (1989). Em uma comparação de resultados de vários trabalhos, os autores mostraram que, quase sempre, as espécies *Q. grandiflora* e *Q. parviflora* estiveram entre as mais importantes. No estudo sobre a composição florística de uma área de cerrado, em Cuiabá, MT, NASCIMENTO & SADDI (1992) verificaram, a nível de espécie, o maior valor de IVI para *Q. parviflora*.

LEITÃO-FILHO (1992) cita o gênero *Qualea* como um dos mais ricos em espécies na região dos cerrados do estado de São Paulo. Em um estudo sobre a composição florística da região de cerrado da Estação Experimental e Reserva Biológica

de Moji Guaçu, MANTOVANI (1983) constatou que, entre outros gêneros, este é um dos mais bem representados. As espécies *Q. grandiflora*, *Q. multiflora* e *Q. parviflora* ocorrem nesta região, apresentando dispersão anemocórica de sementes e floração nos últimos meses do ano (MANTOVANI & MARTINS, 1993). Na área de cerrado do Parque Ecológico Municipal de Bauru, SP, CAVASSAN (1990) indicou a espécie *Q. grandiflora* como a décima mais importante, em termos de índice de valor de importância (IVI), sendo que, além desta, também ocorrem na região, *Q. densiflora* e *Q. multiflora*, as quais apresentaram valores mais baixos de IVI.

Nos três ambientes de cerrado analisados por RIBEIRO et al. (1985) os autores encontraram espécies do gênero *Qualea*, sendo *Q. grandiflora* uma espécie comum a todos. Em um dos ambientes estudados, destacaram-se *Q. parviflora* e *Q. grandiflora* que, dentre outras espécies, apresentaram maior número de indivíduos por hectare de área estudada. De modo geral, as espécies *Q. parviflora* e *Q. grandiflora* são, de acordo com os autores, as mais importantes na fisionomia de cerrado como um todo. A espécie de maior IVI da família foi *Q. grandiflora* que apresentou o 4º maior valor em relação ao total de espécies observadas. Outras espécies do gênero *Qualea* encontradas na área foram *Q. dichotoma* e *Q. multiflora*. No estudo feito por NASCIMENTO & SADDI (1992) sobre a composição florística de uma área de cerrado em Cuiabá-MT, a nível de espécie, o maior valor de IVI foi apresentado por *Q. parviflora*. De acordo com LEITÃO-FILHO

(1992), as espécies de *Qualea* que ocorrem no estado de São Paulo são *Q. grandiflora*, *Q. parviflora*, *Q. multiflora*, *Q. dichotoma* e *Q. cordata*.

Além da ampla ocorrência do gênero constatada em regiões de cerrado, algumas espécies têm, também, sua ocorrência registrada em formações florestais. É o caso de *Q. gestasiana*, citada por SILVA & LEITÃO-FILHO (1982), como uma das espécies características da mata atlântica de encosta no município de Ubatuba, SP. Outro exemplo de ocorrência do gênero em ambientes de mata é dado por ASSUMPÇÃO *et al.* (1982) que observaram a ocorrência da espécie *Q. jundiahy* na mata da fazenda Barreiro Rico, no município de Anhembi, SP. *Q. multiflora* é citada por BERTONI (1984), que estudou a composição florística de uma floresta no interior do estado de São Paulo, em Porto Ferreira e, também, por OLIVEIRA-FILHO & MACHADO (1993) em um estudo sobre a composição florística de uma floresta semidecídua na Serra de São José, em Minas Gerais.

O nome popular das espécies do gênero *Qualea* é pau-terra, como cita LEITÃO-FILHO (1992) para *Q. cordata*, *Q. dichotoma*, *Q. grandiflora* e *Q. multiflora*. Segundo LORENZI (1992), há alguma variação nessa denominação popular como, por exemplo, *Q. jundiahy*, conhecida, popularmente, como pau-terra-da-mata, *Q. parviflora*, como pau-terra-mirim, *Q. dichotoma*, pau-terra-da-areia e *Q. grandiflora*, pau-terra-do-campo.

Como aplicação econômica, tem-se referência de que as árvores do gênero *Qualea* podem servir de fonte de madeira para a fabricação de forro para casas e, também, de brinquedos (LORENZI, 1992). De acordo com HERINGER (1974), na região do Distrito Federal, a madeira de *Q. grandiflora* é usada para a confecção de postes e a indústria de tecelagem da região utiliza material corante, extraído da madeira de *Q. cordata*.

As plantas do gênero *Qualea* perdem suas folhas, caracteristicamente, uma vez por ano, na estação seca. BARROS & CALDAS (1980) observaram na área de cerrado da Estação Biológica da Universidade de Brasília, que o gênero apresenta o período de queda de folhas geralmente em maio e brotação mais intensa em setembro. Outros autores afirmam que a ocorrência dos eventos de queda de folhas e brotação ocorrem no período da estação seca em espécies do gênero (STAFLEU, 1953; BARBOSA, 1983; PAULILO & FELIPPE, 1992).

A floração de algumas espécies de *Qualea* do cerrado concentra-se, normalmente, na estação chuvosa, entre os meses de setembro e fevereiro (BARROS & CALDAS, 1980; BARBOSA, 1983; OLIVEIRA, 1991). As flores das espécies de *Qualea* parecem manter um certo padrão de apresentação, sendo zigomorfas, com pétala, estame e estilete únicos (BARBOSA, 1983; OLIVEIRA, 1991; LORENZI, 1992). Segundo FISCHER & GORDO (1993), nove espécies de abelhas visitam flores de *Q. cordata* na região da Serra do Cipó, MG. De acordo com os autores, espécies de *Centris*, especialmente, *C. tarsata*, apresentam, assim como *Ptilotopus* sp., características morfológicas que

indicam uma atividade efetiva destas espécies como polinizadoras de *Q. cordata*. As plantas de *Qualea* encontram-se entre as espécies de cerrado que apresentam nectários extraflorais (NEFs). A espécie *Q. grandiflora*, entre outras, apresenta seus NEFs próximos à inserção das folhas. De acordo com OLIVEIRA et al. (1987) e COSTA et al. (1992), os NEFs exercem um importante papel na atração de insetos que acabam limitando a taxa de herbivoria que se observa, normalmente, em plantas em início de desenvolvimento no campo.

Quanto ao período de frutificação, BARROS & CALDAS (1980) observaram que, em duas espécies de *Qualea* (*Q. parviflora* e *Q. multiflora*), a frutificação se iniciou na estação chuvosa, mais precisamente, em janeiro. BARBOSA (1983) mostrou que, nestas espécies e, também, em *Q. grandiflora*, o período de frutificação foi extenso e que a liberação das sementes deu-se em época de elevadas intensidades de vento, facilitando a dispersão das mesmas que são aladas. Este padrão de sementes, assim como frutos encapsulados, aparecem em várias espécies do gênero e da família em geral (LORENZI, 1992; OLIVEIRA & MOREIRA, 1992).

As sementes de *Q. grandiflora* e *Q. cordata* (FELIPPE, 1990; GODOY & FELIPPE, 1992a) podem ser separadas, a olho nu, em dois grupos: sementes claras e escuras, sendo que estas últimas são muito friáveis e totalmente inviáveis. Outras espécies de *Qualea*, tais como *Q. parviflora* e *Q. multiflora*, apresentam esta mesma característica em relação às suas sementes (observação pessoal). FELIPPE (1990) e GODOY & FELIPPE (1992a) constataram, em média, uma porcentagem de

18,4% e 17,7% de sementes claras ou viáveis em cada fruto de *Q. grandiflora* e *Q. cordata*, respectivamente. Nesta última, as sementes viáveis apresentam-se, invariavelmente, dispostas na região basal dos frutos, próximas ao pedúnculo. A observação de sementes escuras de ambas as espécies, diafanizadas ou analisadas por cortes anatômicos, possibilitou a constatação da ausência de estruturas embrionárias nas mesmas.

Dados sobre a germinação de sementes de *Q. grandiflora* (FELIPPE, 1990) e *Q. cordata* (GODOY, 1991) mostraram que ambas as espécies são indiferentes à luz para a germinação. A embebição ocorreu em sementes intactas de ambas as espécies, evidenciando que a testa não oferece uma barreira definitiva para a penetração de água. No entanto, a embebição, assim como a germinação de sementes intactas de *Q. grandiflora* foram bem mais lentas que as daquelas previamente escarificadas química ou mecanicamente (FELIPPE, 1990). Já as sementes de *Q. cordata*, totalmente escarificadas química ou mecanicamente, apresentaram germinação bastante reduzida em relação às sementes parcialmente escarificadas por um pequeno corte da testa, as quais iniciaram a germinação mais rapidamente que sementes intactas. Embora tenham demorado mais para iniciarem a germinação, as sementes intactas tiveram uma velocidade de germinação similar à apresentada por aquelas parcialmente escarificadas (GODOY, 1991).

As espécies de *Qualea* seguem o padrão de crescimento predominante entre a maioria das espécies de cerrado, ou seja, apresentam um crescimento lento (GODOY & FELIPPE,

1992b; PAULILO et al., 1993). Os períodos de crescimento mais intensos de plantas de *Q. grandiflora* cultivadas em canteiro ou em casa de vegetação coincidiram com os períodos de maior assimilação líquida dessas plantas (PAULILO, 1991). Segundo a autora, o crescimento é mais limitado em canteiro do que em casa de vegetação, o que pode estar relacionado com uma menor eficiência fotossintética das plantas no primeiro ambiente, já que a eficiência das plantas como produtoras de área assimiladora, medida através da razão de área foliar (RAF) foi correspondente entre as plantas cultivadas nos dois ambientes. FELIPPE & DALE (1990) afirmam que, em ambientes controlados, o crescimento lento de plântulas de *Q. grandiflora* é resultado de uma capacidade fotossintética baixa e, também, de uma taxa de expansão foliar baixa, evidenciada pela área foliar pequena (cerca de 2cm<sup>2</sup>) atingida por plantas com 40 dias de desenvolvimento.

De acordo com FELIPPE & DALE (1990), a lenta expansão foliar das plantas de *Q. grandiflora*, associada a outros fatores, contribui para a taxa de crescimento relativo baixa característica destas. Em plântulas desta espécie, o primeiro par de folhas surgiu na 9<sup>a</sup> semana de crescimento em canteiro e, na 5<sup>a</sup> semana em casa de vegetação, e o segundo surgiu nas 11<sup>a</sup> e 6<sup>a</sup> semanas, respectivamente (PAULILO, 1991). O crescimento foliar em árvores de *Q. grandiflora* estabelecidas no campo foi considerado lento por PAULILO & FELIPPE (1992) que observaram um aumento da velocidade de crescimento do 1<sup>o</sup> ao 7<sup>o</sup> pares de folhas. Contudo, a área foliar final dessas plantas, segundo os autores, é grande, cerca de 50cm<sup>2</sup>.

PAULILO *et al.* (1994) mostraram que plantas de *Q. grandiflora* crescem devagar tanto sob luminosidade alta como baixa. Contudo, os autores observaram que, sob irradiância alta, as folhas das plantas de *Q. grandiflora* apresentam espessura maior, conteúdo maior de clorofila e da enzima ribulose bifosfato carboxilase (RUBISCO), e esta com maior atividade. Tais observações levaram estes mesmos autores à conclusão de que a espécie é bem adaptada às condições de luminosidade do ambiente de cerrado.

O ritmo lento de crescimento também é característico de *Q. cordata* (GODOY & FELIPPE, 1992b). Nesta espécie, o crescimento inicial é comprometido pela remoção de cotilédones efetuada no 10<sup>o</sup> dia de desenvolvimento. Tal comprometimento faz-se evidente principalmente em plantas tratadas com solução nutritiva, a qual teria intensificado o efeito negativo exercido pela remoção dos cotilédones sobre o desenvolvimento inicial das plantas (AVEIRO & FELIPPE, 1992). Em relação à espécie *Q. grandiflora*, PAULILO & FELIPPE (1994) observaram que o crescimento, em massa, do eixo das plantas cultivadas em casa de vegetação, ocorreu em função dos cotilédones, ou seja, as folhas apareceram sem que os cotilédones apresentassem decréscimo em massa, indicando que a atividade fotossintética mantida por estes nas primeiras semanas de crescimento foi suficiente para a respiração cotiledonar e, também para o crescimento do eixo. Segundo os autores, ocorreu um acúmulo de açúcares solúveis nos cotilédones das plantas ao longo de seu desenvolvimento, indicando que a translocação de carboidratos desta para

outras partes da planta não se fez de imediato, a partir da síntese de tais compostos.

O fornecimento de nutrientes através do tratamento das plantas com solução nutritiva não teve efeito de promoção do crescimento das plantas nos casos de *Q. grandiflora* e *Q. cordata* (FELIPPE & DALE, 1990; GODOY, 1991) o que talvez possa ser interpretado como um sinal de adaptabilidade dessas espécies às condições de baixos níveis de nutrientes, características dos ambientes de cerrado de maneira geral. PAULILO & FELIPPE (1995) observaram que plantas de *Qualea grandiflora* com 85 dias de idade, tratadas com adição de nutrientes ao substrato de crescimento, apresentaram 80% a mais de massa de matéria seca nas raízes. Segundo os autores, este fato deve estar relacionado com a maior plasticidade deste órgão em crescer mais ativamente a partir da maior disponibilidade de nutrientes. Partindo da suposição de que as espécies de cerrado teriam sido evolutivamente selecionadas para sobreviverem neste ambiente, os autores propuseram que esta plasticidade também deve ser uma característica geneticamente determinada, conferindo à espécie uma capacidade de "aproveitar" condições nutricionais extraordinárias para garantir o alcance de suas raízes ao lençol freático que se encontra em profundidades consideráveis no solo de cerrado.

Durante o desenvolvimento das plântulas de *Q. grandiflora*, PAULILO & FELIPPE (1994) constataram que a maior parte dos recursos são destinados ao desenvolvimento da raiz. Além desta espécie, o crescimento diferencial, em

comprimento, da raiz em relação à parte aérea, foi também observado em plântulas de *Q. cordata* (GODOY & FELIPPE, 1992b). Nas duas espécies a razão entre a massa de matéria seca da parte aérea e da raiz foi alta, inversamente ao observado em relação ao parâmetro comprimento. O conteúdo de carboidratos e de proteínas foi maior para parte aérea do que para raiz entre 6 e 8 semanas de desenvolvimento de plantas de *Q. grandiflora* (PAULILO & FELIPPE, 1994). O mesmo foi observado por GODOY & FELIPPE (1992b) em plantas de *Q. cordata*, em termos de carboidratos.

A limitação do crescimento de plântulas de *Q. grandiflora*, em resposta a um regime de deficiência hídrica, observada por PAULILO (1991), é um indício de adaptabilidade da espécie, no tocante à época de dispersão de suas sementes, a qual corresponde a um período que antecede a estação chuvosa (observação pessoal). Assim, no início de seu crescimento no campo, as plantas teriam assegurada a disponibilidade de água até que atingissem um determinado grau de desenvolvimento. Tal limitação foi constatada por PAULILO (1991) em termos de massa de matéria seca, reduzida em até 1,5 vez em relação às plantas controle, tratadas sob regime de rega diária.

## 2. Objetivos

*Q. cordata*, como pode ser visto, foi pouco estudada. Faltam dados sobre a fenologia da espécie como também da biologia da reprodução. Mais informações sobre o crescimento inicial desta espécie são necessários. Em vista disto e da importância da família Vochysiaceae e, particularmente, do gênero *Qualea*, na composição florística das formações de cerrado, as quais ocupam grande parte do território brasileiro, o presente trabalho, considerando a espécie *Q. cordata* Spreng., teve como objetivos:

- conhecer a biologia da reprodução da espécie, em termos de identificar se a mesma é autocompatível ou autoincompatível e, neste último caso, qual a estratégia de autoincompatibilidade apresentada.
- avaliar o crescimento inicial de plantas da espécie cultivadas em casa de vegetação, sob o efeito de diferentes tratamentos com relação ao tipo de substrato utilizado para o cultivo e ao suprimento nutricional diferenciado, procurando identificar, em termos relativos, a limitação oferecida pelo substrato de crescimento natural da espécie à assimilação de elementos minerais pelas plantas.
- quantificar, em termos relativos, a enzima ribulose bifosfato carboxilase (RUBISCO) nas plantas em

desenvolvimento inicial de *Q. cordata*, buscando um parâmetro de esclarecimento sobre o lento crescimento das mesmas em relação a outra espécie de mata.

### 3. Material e Métodos

#### 3.1. Fenologia e biologia da reprodução

A espécie estudada neste trabalho é *Qualea cordata* Spreng. (Vochysiaceae). As observações sobre a fenologia da espécie e, também, as polinizações artificiais para o estudo da biologia reprodutiva desta foram realizadas em árvores em uma área de cerrado no município de Itirapina - SP, localizada no km 216 da rodovia Washington Luiz (22°14'S e 47°49'W).

Os períodos de observações sobre a fenologia da espécie compreenderam os meses de setembro de 1989 a julho de 1990 e setembro de 1994 a julho de 1995. As fenofases consideradas foram quedas de folhas, brotação, floração, frutificação e dispersão de sementes.

Os experimentos de polinização artificial foram feitos a partir de 6 (1989) e 3 (1994) árvores marcadas segundo os requisitos altura acessível e presença de botões florais em fase inicial de desenvolvimento. Os tratamentos foram: 1) autopolinização artificial - as flores foram polinizadas com seus próprios grãos de pólen; 2) polinização cruzada artificial - as flores foram polinizadas com grãos de pólen de flores de árvores diferentes; 3) polinização natural - consistiu apenas na observação do desenvolvimento de frutos a

partir de flores que permaneceram sujeitas à ação de agentes polinizadores da região; 4) autopolinização espontânea - as inflorescências foram isoladas para que se observasse o desenvolvimento de frutos a partir de autofertilização ou por apomixia (tal tratamento não foi efetuado em 1994).

Para os tratamentos de autopolinização e polinização cruzada, as flores foram previamente emasculadas, sempre na fase de pré-antese. A emasculação foi feita com o auxílio de uma pinça, a qual foi cuidadosamente introduzida no botão floral para a retirada do único estame da flor; as polinizações artificiais foram efetuadas durante o mês de outubro, nas duas ocasiões, sempre no período da manhã, entre 8 e 11 horas, quando anteras e estigmas encontravam-se maduras e receptivos, respectivamente. A receptividade do estigma foi determinada a olho nu, a partir da visualização do brilho característico dado pela secreção destinada à aderência dos grãos de pólen. Para a transferência dos grãos de pólen de uma flor para o estigma de outra, o próprio estame da primeira foi utilizado como instrumento de apoio, sendo destacado e posicionado para que a antera entrasse em contato com o estigma da flor a ser polinizada, onde os grãos de pólen ficavam aderidos.

Logo após as polinizações artificiais, as flores foram isoladas com sacos de papel impermeável branco (papel manteiga), fixos na base dos galhos por arame, evitando assim a interferência de agentes polinizadores. Após 24h os sacos foram removidos, uma vez que já não havia mais a

possibilidade de interferência, por inviabilização dos estigmas após esse período.

Foram polinizadas cerca de 70 flores para cada tratamento, nos dois anos de observação. Parte destas foi coletada para análise posterior, em laboratório, e parte foi deixada na árvore, para acompanhar o estabelecimento de frutos. Para o acompanhamento do estabelecimento de frutos a partir da polinização natural, foram marcados, em 1989 e 1994, cerca de 30 botões. O reconhecimento dos tratamentos no campo foi feito através da marcação das inflorescências com fios de linha de cores diferentes.

Os pistilos foram coletados 24, 48, 72 e 96 horas após os tratamentos e, então, fixados em solução de FAA 70 (formol: ácido acético glacial: álcool etílico 70% na proporção de 1: 1: 18 v/v/v) e armazenados à temperatura de 5°C. As flores deixadas nas árvores foram visitadas semanalmente durante os 30 dias seguintes aos tratamentos sendo que, após este período, as visitas passaram a ser mensais.

No laboratório o material foi tratado de maneira que se pudesse observar o desenvolvimento dos tubos polínicos ao longo do estilete, os óvulos penetrados por estes e o zigoto em desenvolvimento. Os óvulos presentes na porção proximal (ou basal) dos ovários foram considerados separadamente para a constatação de um possível direcionamento preferencial dos tubos polínicos aos óvulos localizados em determinada porção do ovário.

Para a observação de tubos polínicos e óvulos penetrados os pistilos foram imersos em solução 8M de NaOH, a 60°C, durante 10min, no caso dos ovários, e 5min, no caso dos estiletes. Posteriormente, os pistilos foram lavados em água corrente por, aproximadamente, 30s. Anteriormente à montagem das lâminas, foram retirados os pêlos presentes no ovário para evitar a interferência destes na visualização dos tubos polínicos. Os pistilos foram então colocados sobre lâmina histológica, em uma gota de azul de anilina 1% (descolorido com fosfato de potássio 0,1M), sendo levemente esmagados sob lamínula e, então, observados sob microscópio de fluorescência. O tratamento é uma modificação do método de MARTIN (1959). O reconhecimento dos tubos polínicos foi feito a partir da fluorescência que possibilita o destaque dos mesmos em meio aos tecidos do pistilo. Para a contagem do número de óvulos penetrados foram considerados três pistilos, com média de 23 óvulos cada um, de cada tratamento, o que totalizou uma média de 68 óvulos por tratamento.

Para a observação do zigoto, o material foi tratado segundo modificação da metodologia descrita por STELLY et al. (1984). Tal modificação resultou nas seguintes etapas a partir do material fixado em etanol 70%: 1) hidratação - 15min em etanol 50%; 15min em etanol 25%; duas lavagens de 15min cada em água destilada e 15min em água corrente; 2) coloração - 24h em solução "Mayer's Haemalum" (10ml de hematoxilina 10% em solução alcoólica; 0,2g de iodeto de Na, 50g de "alum"; 1g de ácido cítrico; 1L de água); 3) descoloração - 48h em solução de ácido acético 1%; 4) lavagem

- 2h em água corrente; 5) desidratação - 15min em cada solução de etanol 25, 70, 95 e 100%; 6) clareamento - 16h em solução etanol: salicilato de metila (2: 1 v/v); 15min em solução etanol: salicilato de metila (1: 2 v/v) e armazenagem em solução etanol: salicilato de metila (1: 2 v/v).

A partir desse tratamento foi possível a observação de embriões em desenvolvimento, ao microscópio de interferência.

### 3.2. Crescimento de plântulas

Em todos os experimentos, conduzidos em casa de vegetação na Universidade Estadual de Campinas (22°54'S e 47°5'W), as plantas foram obtidas da seguinte maneira: sementes intactas foram colocadas em placas de Petri de 9cm de diâmetro, forradas com folha dupla de papel de filtro umedecido com 5ml de solução de Micostatin (Squibb) 500U/ml, e mantidas em câmaras Forma Scientific com luminosidade contínua e temperatura de 25°C constante por 15 dias. Após este período as plântulas foram transferidas para terra, em sacos para plantio de 45cm x 25cm e mantidas em casa de vegetação, sendo irrigadas diariamente. O número de repetições para cada coleta foi sempre de 5 plantas. Estas, tendo sido cultivadas da maneira descrita acima, em terra de cerrado, proveniente do município de Itirapina, foram tratadas com solução nutritiva de Hoagland (HOAGLAND & ARNON, 1938) completa ou sem fósforo (-P), por ser este um elemento que, quando em deficiência no solo, depois do Nitrogênio, maior limitação oferece ao desenvolvimento vegetal (SALISBURY & ROSS, 1991). Ainda que os solos de cerrado, tipicamente, apresentem baixos teores de P, um maior suprimento deste elemento às plantas de *Q. grandiflora* não promoveu o aumento da taxa de crescimento das mesmas (FELIPPE & DALE, 1991). Sendo o P um elemento importante na determinação do tipo de vegetação que se estabelece sobre um determinado substrato e,

visto que poucos trabalhos relacionados com a importância deste elemento no estabelecimento de espécies do cerrado, cujo solo apresenta níveis baixos de P quando comparado com o solo de outras formações vegetais, foram desenvolvidos, o fornecimento da solução nutritiva completa e sem P às plantas de *Q. cordata*, visa detectar a influência do maior suprimento deste elemento em relação aos demais na promoção do desenvolvimento das plântulas. O tratamento consistiu no fornecimento de 100ml da solução nutritiva às plantas a cada 7 dias, a partir do 7<sup>o</sup> dia após a transferência para sacos, sendo que, nos demais dias, a rega era feita com água. As plantas controle foram sempre regadas com água. As últimas plantas foram coletadas ao completarem 12 semanas de idade, contadas a partir da data da primeira rega com solução nutritiva. Na Tabela 1 encontra-se a análise química da terra de cerrado, proveniente de Itirapina, acrescida de solução nutritiva completa.

As plantas também foram avaliadas em relação ao efeito de diferentes substratos de crescimento. Para tal, foram utilizadas terras de diferentes procedências (análise química - Tabela 1): a. cerrado às margens da rodovia Washington Luiz; b. cerrado do município de Itirapina; c. mata de Santa Genebra, no município de Campinas. Neste experimento as plantas foram regadas diariamente com água. A avaliação do desenvolvimento das plantas, neste caso, foi feita ao longo de 18 semanas a partir da data de plantio.

As plantas foram avaliadas quanto ao comprimento da parte aérea, da raiz e do eixo (parte aérea + raiz). A área

foliar foi obtida por um programa de computador, o qual funciona à base da contagem da área dada pelo contorno de cada folha em imagens geradas por um scanner acoplado a um microcomputador, onde foram colocadas as folhas destacadas das plantas (CALDAS et al., 1992).

Tabela 1: Análise química das terras utilizadas como substrato de crescimento de plantas de *Qualea cordata*.

Origem da terra	P <sub>resina</sub> µg/cm <sup>3</sup>	M.O. %	I.A. pH CaCl <sub>2</sub>	K	Ca	Mg	H+Al	S.B.	CTC	V
				meq/100cm <sup>3</sup>						%
cerrado Itirapina										
+	5	0,9	4,4	0,35	0,5	0,2	2,3	1,1	3,4	31
sol. nutritiva										
cerrado Itirapina	2	0,5	4,2	0,07	0,3	0,1	2,3	0,5	2,8	17
cerrado Rod.W.Luiz	9	1,0	5,3	0,13	1,8	0,7	1,6	2,6	4,2	62
mata Santa Genebra	12	1,5	5,3	0,16	1,9	0,5	2,3	2,6	4,9	53

M.O. = matéria orgânica

I.A. = índice de acidez

H + Al = acidez potencial

S.B. = soma de bases

CTC = capacidade de troca catiônica: S.B. + (H = Al)

V = saturação de bases: S.B./CTCx100

Análise realizada pela Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas do Instituto Agronômico de Campinas.

Para a obtenção da massa de matéria seca da parte aérea e da raiz, estas partes foram mantidas em estufa a 80°C por 48h. Após a secagem, foi feita a pesagem em balança analítica. Os dados de massa de matéria seca foram tomados separadamente para raiz e parte aérea e utilizados para o cálculo da taxa média de crescimento relativo ( $\overline{TCR}$ ), segundo a fórmula proposta por WILLIAMS (1946):

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

onde  $M_1$  representa a massa de matéria seca no tempo 1 ( $t_1$ ) e  $M_2$  a massa de matéria seca no tempo 2 ( $t_2$ ).

A partir da área foliar e da massa de matéria seca foram calculadas as taxas médias de assimilação líquida ( $\overline{TAL}$ ) e taxa fotossintética média ( $\overline{TF}$ ), segundo WILLIAMS (1946) e BEADLE (1986):

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

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

onde  $A_1$  e  $A_2$  são, respectivamente, área foliar nos tempo 1 ( $t_1$ ) e 2 ( $t_2$ );  $M_1$  e  $M_2$ , massa de matéria seca nos tempo 1 ( $t_1$ ) e 2 ( $t_2$ );  $K$  - fator de conversão da quantidade de massa de matéria seca em quantidade de  $\text{CO}_2$  absorvido, que corresponde a 1,65 (SALISBURY & ROSS, 1978);  $H$  - fotoperíodo considerado como 12h, que é o valor médio aproximado para a latitude de  $22^\circ$  S (Smithsonian Meteorological Tables, Table 171, 6th ed., 1951).

Para as dosagens de carboidratos foram utilizadas 5 plantas por tratamento. As plantas de *Q. cordata* foram previamente congeladas e maceradas em graal e pistilo com um volume de solução de MCA (metanol, clorofórmio e água na proporção de 12: 5: 3 v/v/v), o qual variou conforme a massa do material (SHANON, 1968). O macerado foi então centrifugado a 83 xg por 10min, sendo o sobrenadante (I) armazenado e o resíduo ressuspendido em MCA e, novamente, submetido à

centrifugação. O sobrenadante (II) obtido desta centrifugação foi adicionado ao sobrenadante I e, desta mistura, foram retirados 4ml de extrato aos quais foram adicionados 1ml de clorofórmio e 1,5ml de água destilada (BIELESKI & TURNER, 1966). Tal mistura foi mantida em repouso até que se pudesse visualizar a fase aquosa em que se encontravam os açúcares solúveis extraídos do material. O precipitado resultante da última centrifugação em MCA foi ressuspensionado em solução de etanol 10% e centrifugado a 83 xg por 10min. O sobrenadante foi guardado e repetiu-se o mesmo procedimento por mais uma vez. Com a mistura dos dois sobrenadantes obteve-se a fração de PSA, polissacarídeos solúveis em água (SHANON, 1968). A última fase da extração consistiu na ressuspensão do precipitado em solução de ácido perclórico 30% e centrifugação a 83 xg por 10min, sendo este procedimento repetido após o armazenamento do sobrenadante obtido na primeira centrifugação. A adição dos dois sobrenadantes constituiu o extrato correspondente à fração de amido (YEMM & WILLIS, 1954). A dosagem foi feita segundo método proposto por McCREADY et al. (1950). De cada fração de extrato foram feitas três repetições de leitura e, para cada uma, foi retirada uma alíquota de 1ml do extrato à qual foram adicionados 2ml de solução de antrona 0,2% em ácido sulfúrico concentrado. A mistura foi agitada e aquecida em banho-maria a 100°C por 5min. A absorvância das amostras foi medida em espectrofotômetro Micronal a 620nm. Os valores foram comparados aos obtidos pela leitura da absorvância, também a 620nm, de soluções de glicose em concentrações de 20, 40, 60,

80 e 100µg/ml. No caso do teor de amido, os valores foram multiplicados pelo fator de correção 0,9 (McCREADY et al., 1950).

O conteúdo de nitrogênio total das plantas foi medido pelo método do micro-Kjeldahl (UMBREIT et al., 1957). As plantas foram separadas em parte aérea e raiz, que foram colocadas em estufa a 80°C por, pelo menos, 48h para secagem. Depois de seco, o material foi macerado em graal e, da fração em pó, foram retirados 5mg para a constituição de cada uma das três repetições destinadas à extração, as quais foram colocadas em tubos de ensaio. A cada tubo foi adicionado 1ml de uma solução contendo H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (ácido sulfúrico) 2N e CuSeO<sub>3</sub> (selenito de cobre) (0,2g/l); depois de serem cobertos com bolinhas de gude, os tubos foram colocados em digestor, sendo submetidos a uma temperatura média de 115°C durante, pelo menos, 12h. Após a digestão, as amostras foram clareadas com algumas gotas de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) e, após o resfriamento, ressuspendidas em 2ml de água destilada. Para a dosagem do conteúdo de nitrogênio total das amostras, foram adicionados, a cada tubo, 2ml de solução de Nessler, constituída por 1,75g de goma Ghatti, 4g de iodeto de potássio (KI) e 4g de iodeto de mercúrio (HgI<sub>2</sub>) dissolvidos em 1 litro de água destilada e, também, 3ml de uma solução 2N de NaOH. Após 15min foi feita a leitura da absorbância em espectrofotômetro Micronal a 490nm. Os valores do conteúdo de nitrogênio total das amostras foram obtidos pela comparação dos valores de absorbância destas com os de uma curva padrão preparada com sulfato de amônia [(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>] com 10,20, 30, 40

e  $50\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$  de nitrogênio. O conteúdo estimado de proteínas foi obtido através da multiplicação do valor do conteúdo de nitrogênio pelo fator 6,25. O método de quantificação de proteínas através da dosagem de nitrogênio total foi adotado neste trabalho pelo fato de a espécie apresentar altos teores de fenóis (observação pessoal). Segundo MATTOO *et al.* (1987), o método de Bradford, utilizado para a dosagem de proteínas, é criticado por dosar fenóis causando uma superestimativa a respeito do teor de proteínas em materiais cujo conteúdo de fenóis é elevado.

A extração de RUBISCO (ribulose bifosfato carboxilase - E.C. 4.1.1.39) foi feita a partir das últimas folhas expandidas de cada planta com três meses de idade (a partir da transferência para a terra). Para tal análise, para fins de comparação, foi considerada, além de *Q. cordata*, a espécie de mata *Esenbeckia leiocarpa*, cujas sementes foram coletadas na mata de Santa Genebra, no município de Campinas-SP. A massa média de matéria fresca constituinte dos discos de folhas retirados das plantas das duas espécies foi, respectivamente, 62,6mg e 60,1mg.

As plantas utilizadas para a extração de RUBISCO foram todas crescidas em casa de vegetação, tendo sido submetidas às mesmas condições de crescimento, com exceção da terra em que foram cultivadas (terra de cerrado de Itirapina para *Q. cordata* e terra da mata de Santa Genebra para *E. leiocarpa*). Não houve adição de solução nutritiva ao substrato. Para cada espécie foram utilizadas 5 plantas (5 repetições).

A metodologia adotada foi a proposta por SERVAITES et al. (1984) que propuseram uma modificação do método de FENNER et al. (1975). Os discos foliares foram macerados, separadamente, em graal, a 4°C, com 0,4ml do tampão de extração (tris-HCl, ph 8,0, 50mM; sacarose 0,2mM e NaCl 10mM). Cada amostra foi homogeneizada três vezes, resultando um volume final de 1,2ml de extrato. Este foi, então, colocado em tubos eppendorf e centrifugado a 12000 xg por 5min. O resíduo foi descartado e, do sobrenadante tomaram-se 100ul aos quais foram adicionados 25ul do tampão de aplicação (SDS - dodecyl sulfato 5%, glicerol 25%, mercaptoetanol 5%; tris-HCl, ph 6,8, 0,5M; azul de bromofenol 0,01%). A mistura foi submetida a uma temperatura de 100°C em banho-maria, por 5min e, posteriormente, mantida em freezer até ser submetida à eletroforese em gradiente descontínuo de poliacrilamida. O padrão eletroforético utilizado foi composto de uma mistura de Quimotripsinogênio, Ovoalbumina e Albumina de Soro Bovina (Pharmacia). A coloração dos géis, após a eletroforese foi feita com solução de azul de Coomassie ou pelo método de revelação com prata. Os géis foram, então, submetidos a um scanner que, acoplado a um microcomputador, forneceu os picos gráficos diferenciais correspondentes ao valor relativo da absorbância de cada banda contida em uma faixa do gel. A área formada por cada pico foi dada em porcentagem, com relação ao total de picos emitidos. Assim, a partir do conhecimento do conteúdo total de proteínas existente em cada amostra, foi possível deduzir a quantidade de RUBISCO pela relação deste conteúdo total, com a área formada pelo pico correspondente à

banda desta enzima no gel. A dosagem do conteúdo total de proteínas dos extratos foi feita da maneira descrita a seguir. A uma fração de 0,1ml do mesmo extrato submetido à eletroforese foram adicionados 5ml de reagente de Coomassie preparado a partir de 100mg de Coomassie Brilliant Blue G 250 dissolvidos em 50ml de etanol 50%. A esta solução foram acrescentados 100ml de ácido ortofosfórico 85%, e o volume final foi completado para um litro com água destilada. O extrato, já acrescido do reagente, foi agitado e, após dois minutos, submetido à leitura da absorvância a 595nm (BRADFORD, 1976). A quantidade total de proteínas contida nas amostras foi calculada a a partir de uma curva padrão de albumina de soro bovina (BSA) em concentrações variáveis entre 20 e 100 $\mu$ l/0,1ml.

### 3.3. Análise estatística

Os dados foram avaliados estatisticamente segundo SNEDECOR (1962).

Foram feitas comparações entre os tratamentos por análise de variância simples, utilizando-se o teste F. A diferença mínima significativa (DMS) foi determinada ao nível de 5% sempre que os valores de F foram significativos a 0,1%, 1% ou 5%. A verificação das diferenças entre os tratamentos foi feita pelo teste de Tukey, utilizando-se a DMS que, sempre que foi maior que a diferença entre as médias de dois tratamentos, indicou que as mesmas eram significativamente diferentes.

Nas figuras a comparação feita entre os tratamentos, em um mesmo ponto de coleta, é representada por letras.

Para cada experimento foram calculados o coeficiente de variação (CV) do experimento, o CV e o limite de confiança (lc) das repetições de cada tratamento, dentro de cada experimento, e o número ideal de repetições (n ideal) para a obtenção de um CV de 10% e de 20%, considerados ideais para experimentos conduzidos em laboratório e em condições de campo, respectivamente.

A análise estatística de valores derivados (TCR, TAL, TF) foi feita segundo a metodologia apresentada por SASSAKI (1995). Para tal, a média dos valores de medida da primeira coleta foi subtraída de cada medida da segunda coleta, onde

se obtiveram valores das repetições dos referidos parâmetros derivados. Estas repetições foram então consideradas para a aplicação da análise de variância. Tal artifício foi utilizado considerando-se que a análise das medidas de TCR, TAL e TF, parâmetros estes obtidos a partir da destruição das plantas, e com o pareamento de dados em ordem crescente, está sempre sujeita a erros, seja qual for a metodologia adotada (POOTER & LEWIS, 1986).

## 4. Resultados

### 4.1. Fenologia e biologia da reprodução

Em 1989 e 1994, as árvores de *Q. cordata* perderam suas folhas durante o mês de julho e, logo em seguida (final de julho/ início de agosto), surgiram os primeiros brotos com folhas novas. A abscisão foliar foi acompanhada da dispersão das sementes que ocorreu por anemocoria. A floração da espécie ocorreu em meados de outubro, estendendo-se até o início de novembro (estação chuvosa), e o desenvolvimento dos frutos teve início nesta mesma época, sendo que a maturação dos mesmos só ocorreu em julho de 1990 e junho de 1995.

As flores são hermafroditas e apresentam-se distribuídas em inflorescências axiais; sua estrutura é bastante simples, consistindo de uma única pétala branca, com guia de nectário destacado pela cor maravilha, androceu composto por um estame e gineceu por um pistilo. Estes dispõem-se de maneira oposta na flor, sendo notado o fenômeno de enantiofilia, o qual consiste na alternância de disposição do androceu em relação ao gineceu de uma flor para outra, o que assegura a transferência de grãos de pólen entre as mesmas, efetuada por agentes polinizadores. Quanto à simetria, as flores são zigomorfas (Figura 1). O ovário apresenta placentação axial e, em média, cerca de 20 óvulos.

A duração da flor de *Q. cordata* foi curta. A antese ocorreu pela manhã, por volta das 7h (horário de verão de



Figura 1: Representação esquemática da flor de *Qualea cordata*.

1989 e 1994), as anteras e os pistilos tornaram-se maduros ainda no período da manhã e, ao final da tarde já era possível perceber um certo grau de senescência da pétala que, em geral, foi abscidada no dia seguinte à antese.

O número de frutos maduros, a partir da polinização natural, foi correspondente a 5 e 10% do número de botões florais existentes nas inflorescências marcadas para acompanhamento em 1990 e 1995, respectivamente. Por outro lado, 30% dos botões destinados à polinização cruzada artificial originaram frutos maduros.

A espécie mostrou-se autoincompatível e não apomítica, uma vez que nenhum fruto proveniente dos tratamentos de autopolinização artificial e autopolinização espontânea chegou à maturação. No caso dos botões submetidos à autopolinização espontânea, não houve nem mesmo o início do desenvolvimento de frutos. Já a partir dos botões submetidos à autopolinização artificial, houve o início do desenvolvimento dos frutos, porém, todos caíram alguns dias após a polinização. A Figura 2 mostra os resultados para o ano de 1994.

No laboratório foi possível a visualização do zigoto em início de desenvolvimento em óvulos de ovários fixados 4 e 8 dias após a autopolinização artificial (Figuras 3 e 4).

Após 24h a partir da polinização cruzada ou autopolinização artificiais já foram vistos grãos de pólen germinados no estigma, porém, o desenvolvimento dos tubos polínicos ainda não havia sido suficiente para que estes alcançassem o ovário. Por outro lado, nos ovários fixados

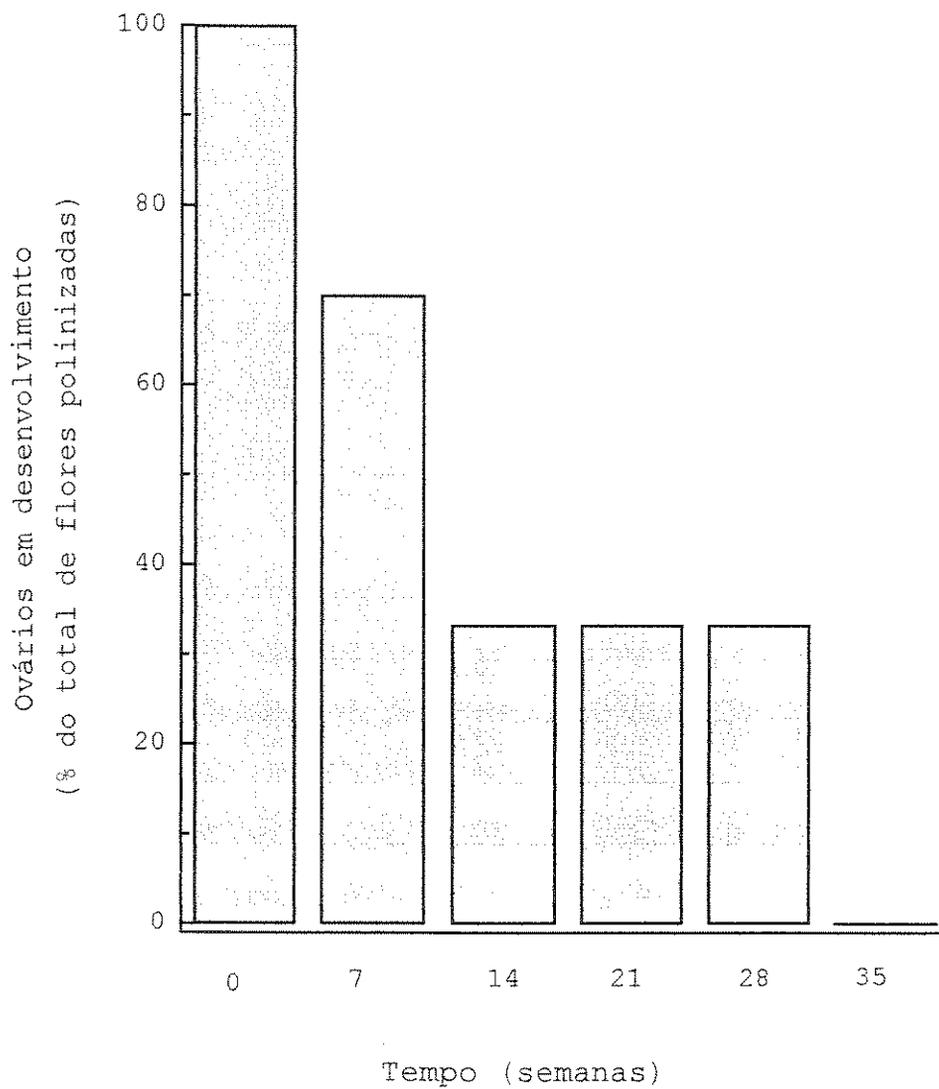


Figura 2: Desenvolvimento de ovários de *Qualea cordata* a partir do tratamento de autopolinização realizado em 1994.

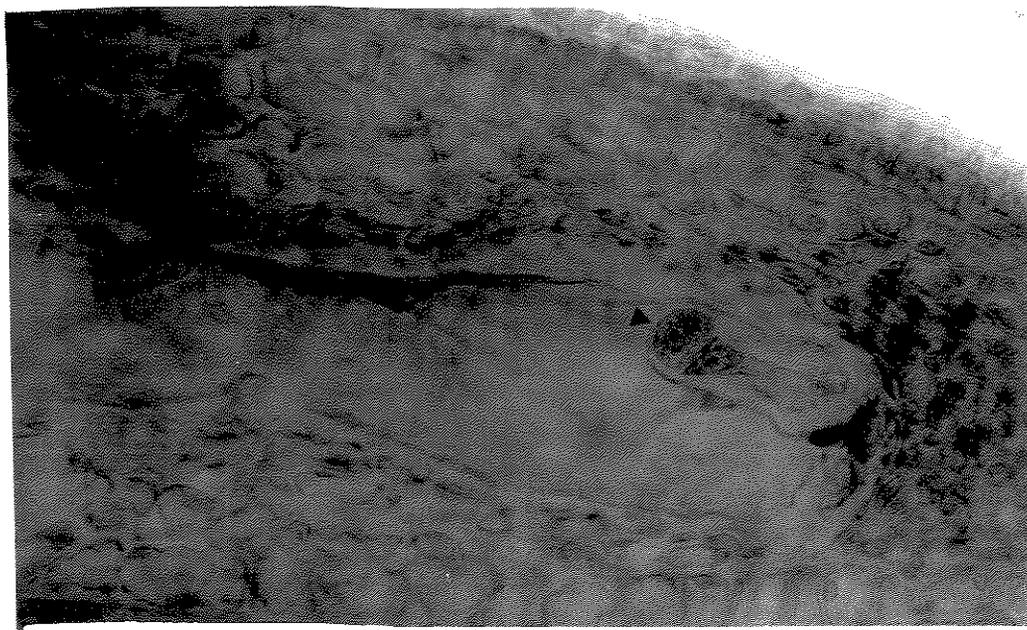


Figura 3: Óvulo de um pistilo autopolinizado de *Qualea cordata*, fixado 4 dias após a polinização. Zigoto em início de desenvolvimento. Aumento 50x.

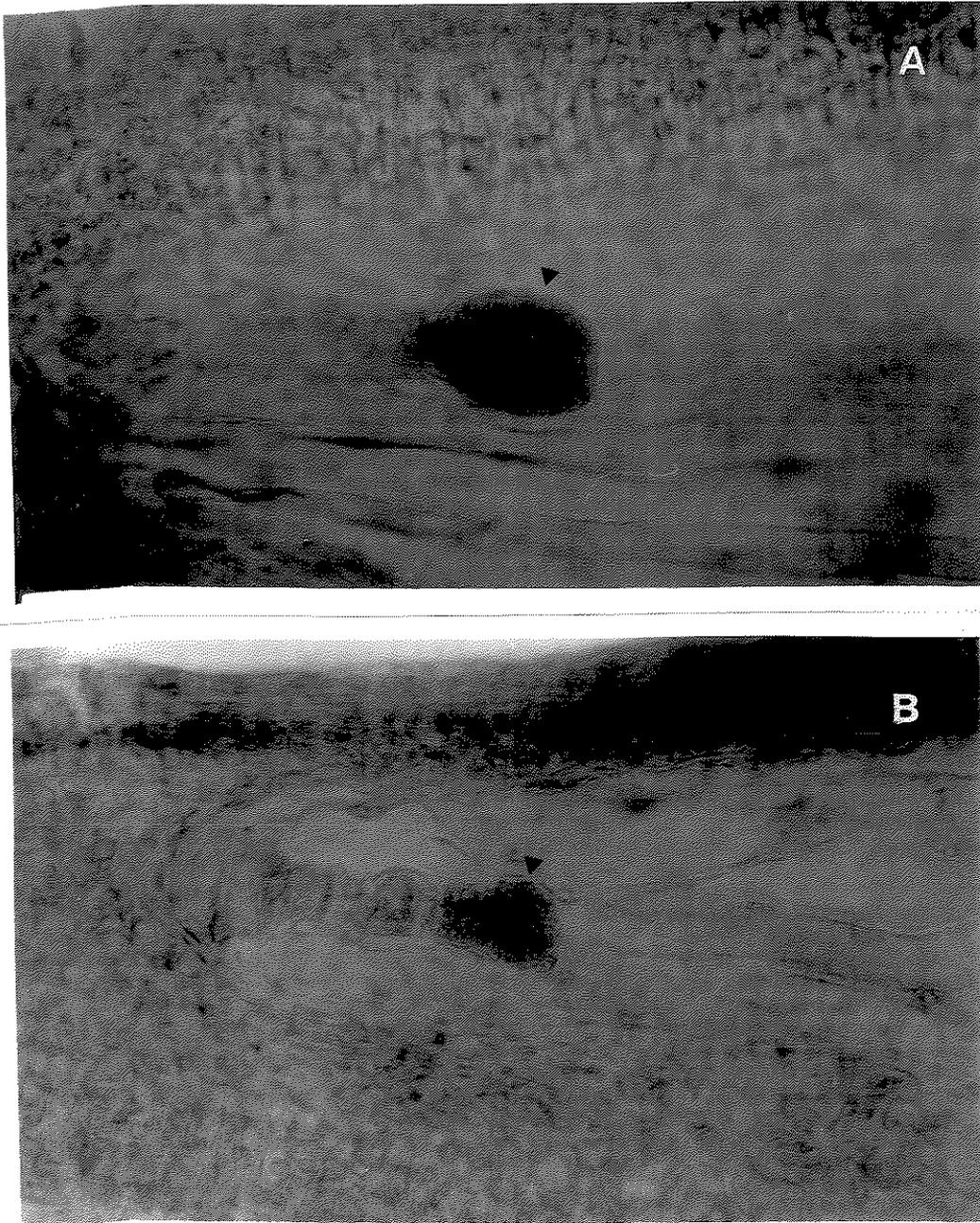


Figura 4: Óvulos de um pistilo autopolinizado de *Qualea cordata* (A e B), fixado 8 dias após a polinização. Zigoto em início de desenvolvimento, em dois óvulos diferentes. Aumento 50x.

após 48h a partir da polinização cruzada ou autopolinização artificiais, já foi bastante nítida a penetração dos óvulos pelos tubos polínicos, o que possibilitou a contagem do número de óvulos penetrados (Tabela 2). Em geral, a penetração dos óvulos pelos tubos polínicos foi de fácil visualização (Figura 5A, B).

Tendo sido feita uma contagem, separadamente, entre as porções distal e proximal do ovário, foi possível observar que nesta encontrava-se a maior parte dos óvulos penetrados (Tabela 3).

Foi possível observar a ocorrência de um intenso enrolamento dos tubos polínicos na porção distal do ovário, antes que penetrassem nos óvulos (Figura 6).

No caso de óvulos penetrados na porção distal do ovário, o desenvolvimento do zigoto pareceu ser deficiente em relação a óvulos penetrados na porção proximal do ovário (Figura 7A, B). Os óvulos apresentaram-se em um formato similar ao das sementes inviáveis escuras, de ocorrência bastante expressiva nos frutos de *Q. cordata*, sempre presentes na porção distal do fruto (Tabela 4). As sementes viáveis apresentaram uma conformação mais distinta dos óvulos. Houve, ainda, uma forma intermediária em que a semente era inviável, mas apresentava alguns traços de desenvolvimento embrionário, provavelmente interrompido.

Tabela 2: Óvulos penetrados em ovários de *Qualea cordata* observados sob microscópio de fluorescência.

PCA: polinização cruzada artificial

APA: autopolinização artificial

tempo após polinização	tratamento	número de óvulos observados	% de óvulos penetrados
24 horas	PCA	69	0
	APA	---	---
48 horas	PCA	75	34.7
	APA	62	34.0
72 horas	PCA	67	19.4
	APA	---	---
96 horas	PCA	---	---
	APA	42	38.0

--- não observado

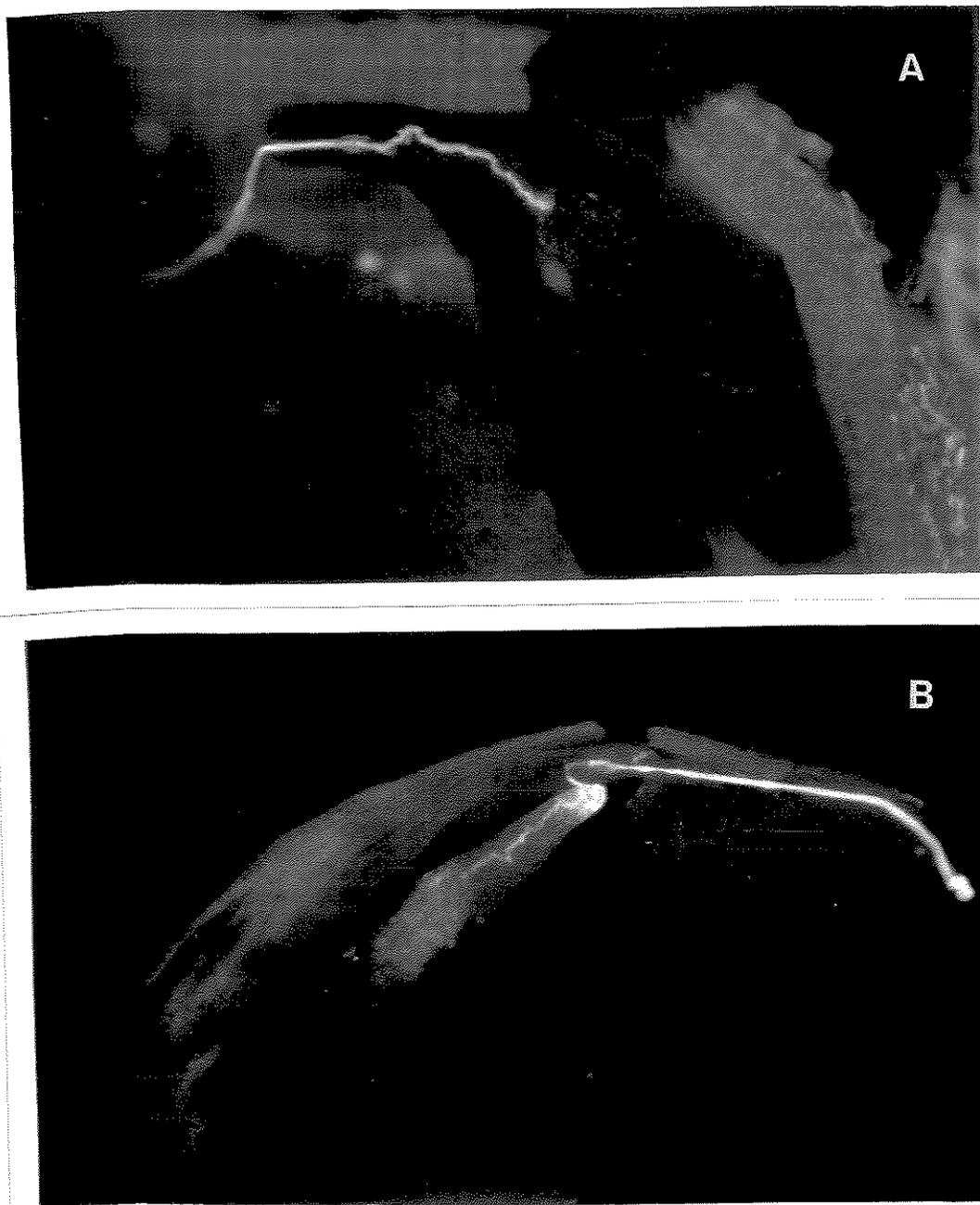


Figura 5: Óvulo penetrado de pistilo de *Qualea cordata* submetido à polinização cruzada artificial, fixado 72h após a polinização (A) e à autopolinização artificial, fixado 4 dias após a polinização (B). Aumento 10x.

Tabela 3: Óvulos penetrados de *Qualea cordata* nas porções distal e proximal de ovários, fixados em diferentes tempos após polinização cruzada artificial (PCA) ou autopolinização artificial (APA), observados sob microscópio de fluorescência.

tempo após polinização	tratamento	% do total de óvulos penetrados	
		porção distal	porção proximal
24 horas	PCA	---	---
	APA	---	---
48 horas	PCA	3.8	96.2
	APA	9.5	90.5
72 horas	PCA	15.4	84.6
	APA	---	---
96 horas	PCA	---	---
	APA	---	100

--- não observado

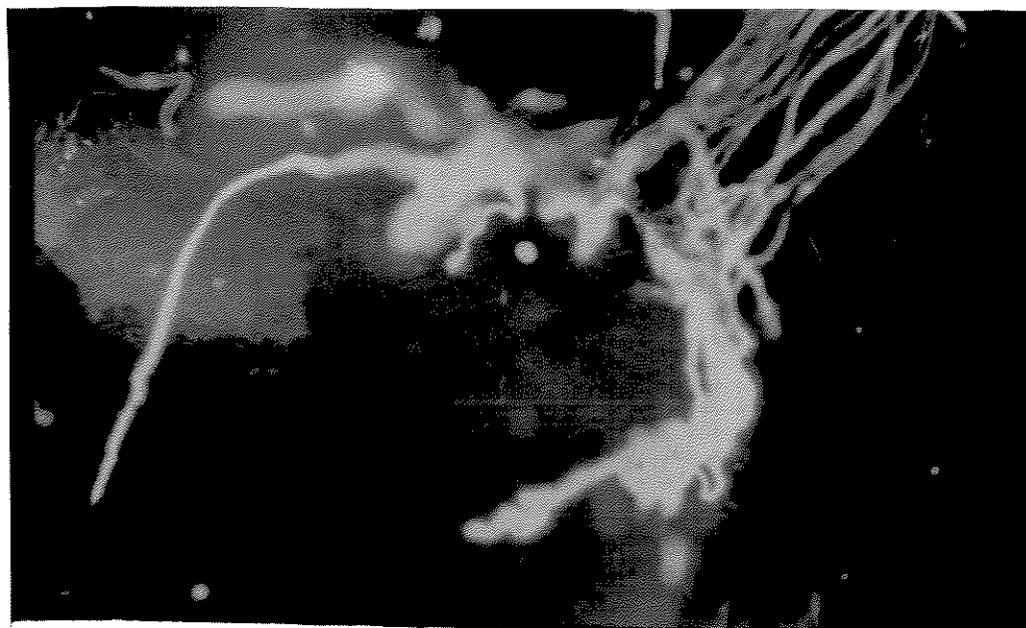


Figura 6: Enrolamento de tubos polínicos na região distal do ovário de *Qualea cordata*. Pistilo submetido à polinização cruzada artificial, fixado 48h após a polinização. Aumento 10x.

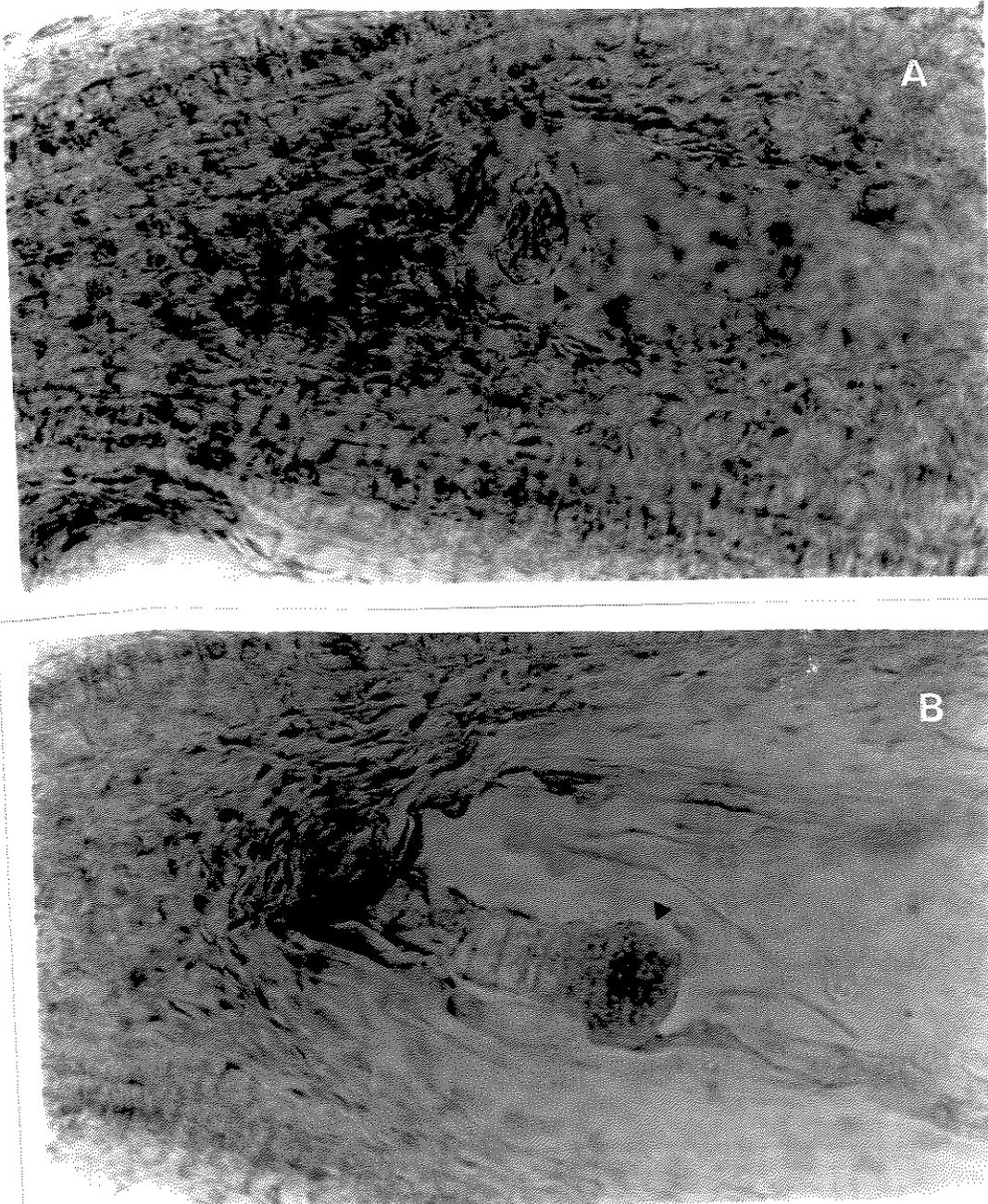


Figura 7: Óvulos de um pistilo de *Qualea cordata* submetido à polinização cruzada artificial, fixado 8 dias após a polinização.

Embrião em início de desenvolvimento nas porções distal (A) e proximal (B) do ovário. Aumento 40x.

Tabela 4: Número de sementes em frutos de *Qualea cordata*.

Sementes viáveis sempre encontradas próximas do pedúnculo, parte proximal do fruto.

fruto	número de sementes	
	viáveis	inviáveis
1	7	10
2	3	19
3	2	17
4	5	13
5	7	15
6	2	15
7	2	16
8	3	18
9	2	16
10	3	16
11	2	14
12	1	20
13	1	19
14	2	21
15	5	20
16	4	18
17	6	20
18	1	17
19	2	19
20	1	20

## 4.2. Crescimento de plântulas

### Adição semanal de solução nutritiva com terra de cerrado de Itirapina

Em casa de vegetação, no início do experimento as plântulas estavam com 1,1cm de comprimento da parte aérea, 6,3cm da raiz e 7,4cm do eixo.

A adição de nutrientes ao substrato de crescimento de plantas de *Q. cordata* não teve influência no crescimento, em comprimento, da parte aérea (Figura 8A). Já, com referência ao crescimento, também em comprimento, da raiz (Figura 8B), a solução nutritiva sem fósforo (-P) mostrou ter um efeito de promoção em relação ao desenvolvimento radicular das plantas tratadas sem adição de quaisquer nutrientes. No entanto, a diferença dos valores, em comprimento da raiz, entre plantas submetidas a estes dois tratamentos só foi significativa no último dia de análise, ou seja, 12 semanas após o início dos tratamentos. Neste mesmo aspecto, o tratamento com solução nutritiva completa não promoveu e tampouco limitou o crescimento da raiz das plantas, ou seja, estatisticamente, não houve diferença significativa entre esse tratamento e os demais (Figura 8B). Analisando-se o eixo da planta como um todo, observa-se que, assim como ocorreu para a raiz, a

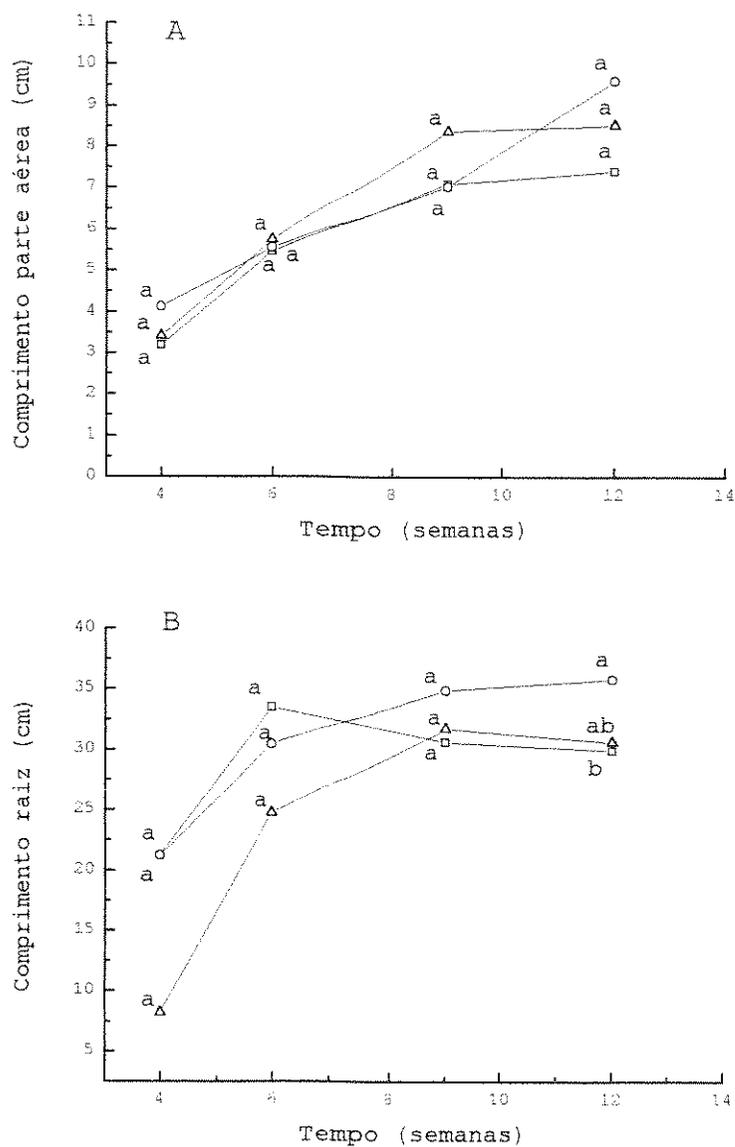


Figura 8: Comprimento (cm) da parte aérea (A) e da raiz (B) de plantas de *Qualea cordata* crescidas em terra de cerrado de Itirapina e submetidas a diferentes tratamentos com solução nutritiva.

Letras indicam comparação entre os tratamentos por DMS<sub>5%</sub> (Tukey), em cada ponto de coleta.

- H<sub>2</sub>O
- Sol. Nutrit. - P
- △— Sol. Nutrit. compl.

diferença entre os tratamentos com solução nutritiva -P e com água foi significativa apenas no último dia de análise (Figura 9). Não é surpreendente a inexistência de diferença significativa nesta figura para os dados referentes ao tempo de 4 semanas, por exemplo, quando se observam os dados do CV (coeficiente de variação) e do lc (limite de confiança) apresentados na Tabela 5. Para se baixar o valor do CV para cerca de 10% e do lc para 0,3, o número de repetições teria de ser 206, o que tornaria o experimento fisicamente inviável. Isto é verdade não só para os outros dias mencionados nesta tabela como para todas as tabelas de CV, lc e n ideal apresentadas daqui para a frente.

Tais observações feitas a respeito do comprimento da parte aérea e da raiz das plantas de *Q. cordata* submetidas a diferentes tratamentos com solução nutritiva, repetem-se no caso da matéria seca. Também, com relação a este parâmetro, não houve diferença significativa entre os tratamentos para a parte aérea (Figura 10A) e, para a raiz, apenas no último dia de análise (12 semanas a partir do início dos tratamentos), observou-se uma diferença significativa entre os tratamentos com solução nutritiva -P e com água. As plantas tratadas com solução nutritiva completa não apresentaram valores de massa de matéria seca da raiz que fossem significativamente diferentes dos valores apresentados pelas plantas submetidas aos demais tratamentos (Figura 10B). No desenvolvimento do eixo da planta não houve diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos; o maior valor apresentado pelas plantas tratadas com solução nutritiva -P não foi

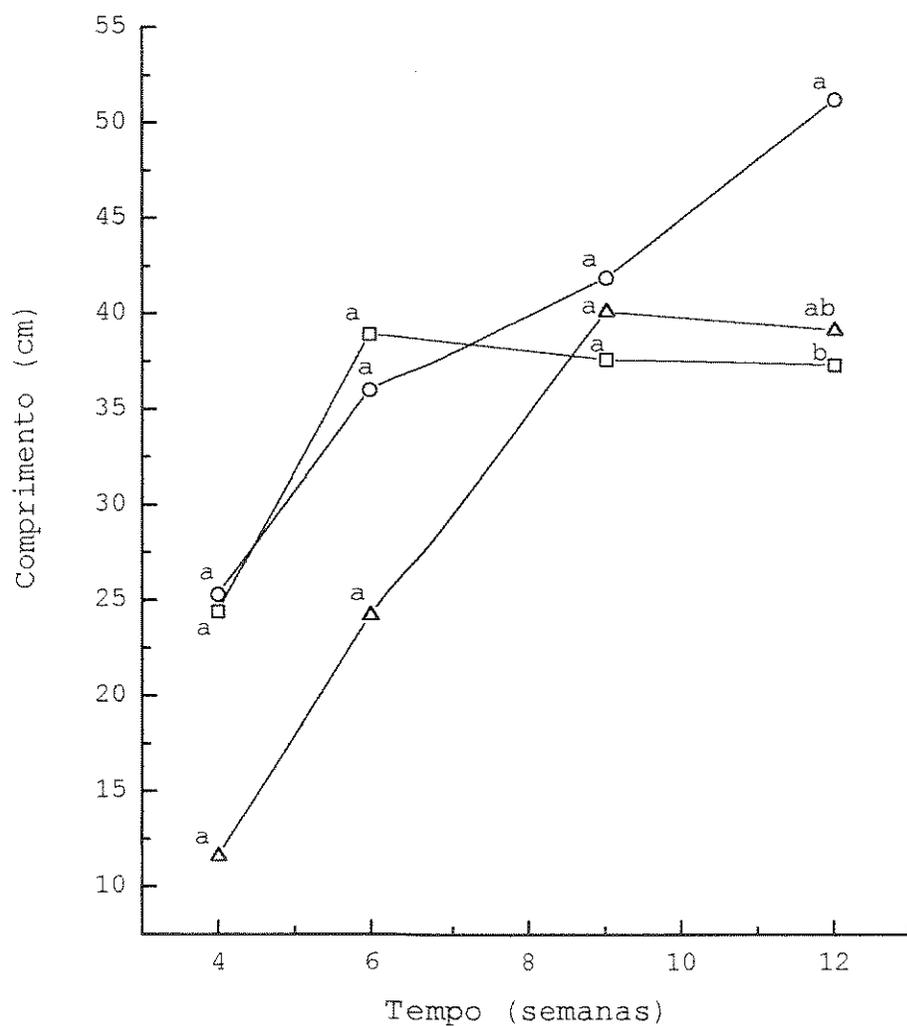


Figura 9: Comprimento do eixo (parte aérea + raiz) de plantas de *Qualea cordata* crescidas em terra de cerrado de Itirapina e submetidas a diferentes tratamentos com solução nutritiva. Letras indicam comparação entre os tratamentos por  $DMS_{5\%}$  (Tukey), em cada ponto de coleta.

- H<sub>2</sub>O
- Sol. Nutrit. -P
- △— Sol. Nutrit. compl.

Tabela 5: Coeficiente de variação (%) do experimento e dos tratamentos, limite de confiança (lc) atual e valor de n ideal para cada ponto mostrado nas figuras 8 e 9.

Tratamentos: I - H<sub>2</sub>O; II - Sol. nutrit. -P; III - Sol. nutrit. compl..

a. Coeficiente de variação do experimento

Tempo (semanas)	coeficiente de variação (%)		
	parte aérea	raiz	eixo
4	41,0	52,7	46,4
6	26,6	29,1	25,4
9	15,8	12,0	10,4
12	24,7	10,3	17,1

b. Coeficiente de variação de cada tratamento

Tempo (semanas)	coeficiente de variação (%)								
	parte aérea			raiz			eixo		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
4	25,7	34,0	54,1	65,1	30,3	25,3	57,8	30,3	29,2
6	24,7	14,6	35,3	40,7	11,5	19,8	11,7	9,2	22,4
9	11,3	11,5	20,4	8,0	15,1	10,6	8,1	11,1	11,4
12	18,5	14,5	36,1	10,5	7,9	10,8	9,4	21,3	13,2

c. Limite de confiança atual ( $\bar{X} \pm lc$ ) e valor de n (número de repetições) ideal por tratamento (n ideal calculado para um lc estimado para um coeficiente de variação de 10% ou de 20% para cada coleta de cada tratamento: 20% entre parênteses).

Tempo (semanas)	$\bar{X} \pm$ limite de confiança atual			n ideal		
	I	II	III	I	II	III
	parte aérea					
4	3,2±0,9	4,1±1,6	3,4±2,2	41 (10)	77 (19)	206 (52)
6	5,5±1,5	5,5±0,9	5,7±2,3	37 (9)	14 (3)	81 (20)
9	7,1±0,9	7,0±0,9	8,4±2,0	8 (2)	9 (2)	28 (7)
12	7,4±1,6	9,6±1,6	8,5±3,5	24 (6)	14 (3)	88 (22)
	raiz					
4	21,2±15,9	21,2±7,4	8,2±2,4	280 (70)	60 (15)	43 (11)
6	33,5±15,7	30,4±4,0	24,7±5,4	27 (11)	9 (2)	26 (6)
9	30,6±2,8	34,9±6,0	31,7±3,9	4 (1)	15 (4)	8 (2)
12	29,9±4,3	35,8±3,3	30,6±3,8	10 (2)	4 (1)	8 (2)
	eixo					
4	24,4±16,2	25,3±8,8	11,6±3,9	220 (55)	61 (15)	56 (14)
6	39,5±15,6	36,0±3,8	30,4±7,8	78 (19)	5 (1)	33 (8)
9	37,6±3,5	41,9±5,3	40,1±5,2	4 (1)	8 (2)	8 (2)
12	37,2±4,0	51,2±12,6	39,1±5,9	6 (1)	30 (7)	11 (3)

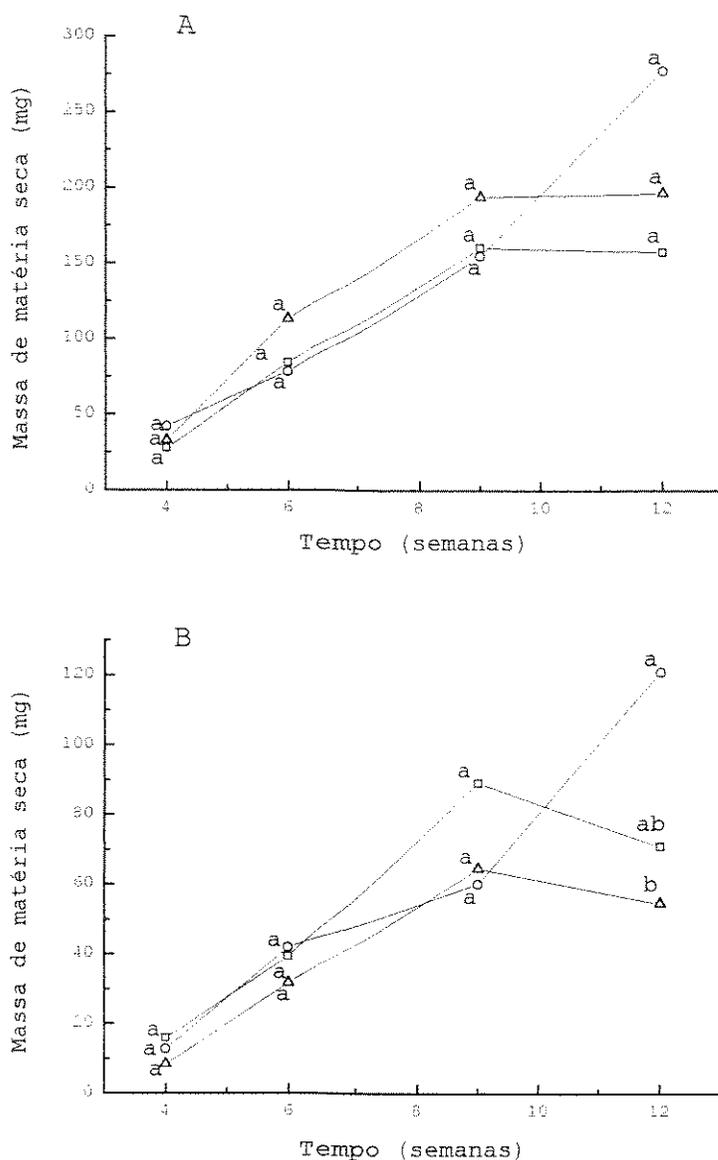


Figura 10: Massa de matéria seca da parte aérea (A) e da raiz (B) de plantas de *Qualea cordata* crescidas em terra de cerrado de Itirapina e submetidas a diferentes tratamentos com solução nutritiva. Letras indicam comparação entre os tratamentos por DMS<sub>5%</sub> (Tukey), em cada ponto de coleta.

- H<sub>2</sub>O
- Sol. nutrit. -P
- △— Sol. nutrit. compl.

significativo (Figura 11). Porém, tanto em termos de comprimento como de massa de matéria seca, a solução -P aumentou o crescimento da raiz de *Q. cordata*. Novamente, houve grande variação dos dados (Tabela 6).

A razão raiz: parte aérea, em termos de comprimento, foi sempre maior que 1 nos três tratamentos, mostrando crescimento muito maior da raiz em relação à parte aérea (Figura 12A), o que não ocorreu em termos de massa de matéria seca, que sempre foi maior na parte aérea (Figura 12B); neste último caso, a solução nutritiva completa foi a mais efetiva em promover o crescimento da parte aérea em relação à raiz. A Tabela 7 mostra a variação dos dados.

Embora, aparentemente, a área foliar das plantas tratadas com solução nutritiva -P tenha sido maior que a das plantas tratadas com água, após 12 semanas de tratamento, a análise estatística dos dados mostrou que não há diferença significativa entre os tratamentos neste ou em quaisquer outros dias de análise (Figura 13). Isto não é surpreendente quando se analisa a Tabela 8 e observa-se o número de repetições necessário para obter um coeficiente de variação baixo.

O conteúdo de Nitrogênio só foi determinado para plantas com 9 e 12 semanas de idade e, portanto, apenas para estas foi estimado o conteúdo de proteínas, sendo que somente naquelas com 12 semanas foi verificada diferença significativa entre os tratamentos. O conteúdo relativo de proteínas da parte aérea de plantas tratadas com solução nutritiva completa, foi significativamente maior que o de

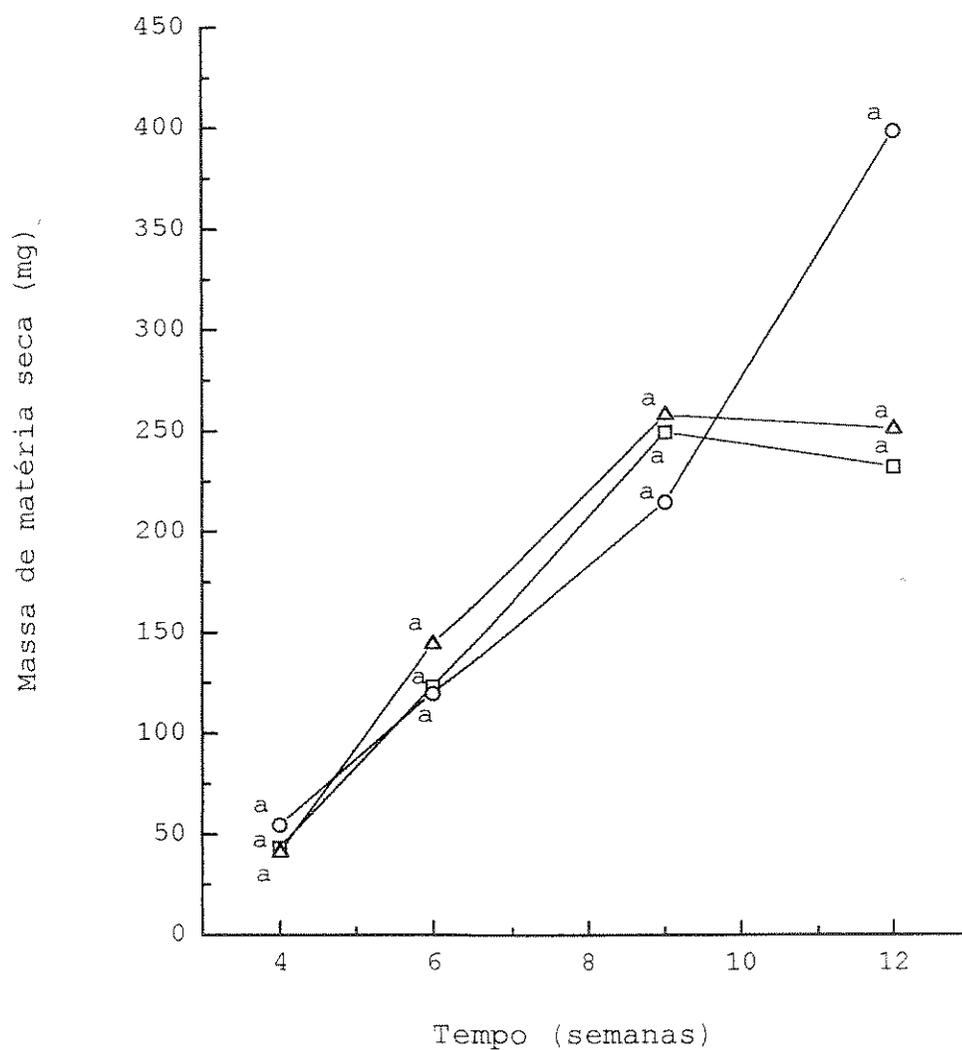


Figura 11: Massa de matéria seca do eixo (parte aérea + raiz) de plantas de *Qualea cordata* crescidas em terra de cerrado de Itirapina e submetidas a diferentes tratamentos com solução nutritiva. Letras indicam comparação entre os tratamentos por  $DMS_{5\%}$  (Tukey), em cada ponto de coleta.

- H<sub>2</sub>O
- Sol. Nutrit. -P
- △— Sol. Nutrit. compl.

Tabela 6: Coeficiente de variação (%) do experimento e dos tratamentos, limite de confiança (lc) atual e valor de n ideal para cada ponto mostrado nas figuras 10 e 11.

Tratamentos: I - H<sub>2</sub>O; II - Sol. nutrit. -P; III - Sol. nutrit. compl..

a. Coeficiente de variação do experimento

Tempo (semanas)	coeficiente de variação (%)		
	parte aérea	raiz	eixo
4	66,9	64,2	60,4
6	50,1	62,4	49,4
9	25,0	37,8	27,5
12	34,8	44,1	36,5

b. Coeficiente de variação de cada tratamento

Tempo (semanas)	coeficiente de variação (%)								
	parte aérea			raiz			eixo		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
4	69,3	60,5	71,6	66,0	58,4	56,2	66,7	51,0	71,6
6	37,9	39,6	58,4	68,4	52,7	66,4	43,7	42,9	58,4
9	35,4	16,5	20,1	34,8	50,5	26,5	34,9	24,6	20,1
12	25,7	26,4	48,5	34,1	35,6	71,1	30,3	27,5	48,5

c. Limite de confiança atual ( $\bar{X} \pm lc$ ) e valor de n (número de repetições) ideal por tratamento (n ideal calculado para um lc estimado para um coeficiente de variação de 10% ou de 20% para cada coleta de cada tratamento: 20% entre parênteses).

Tempo (semanas)	$\bar{X} \pm$ limite de confiança						n ideal
	atual						
	I	II	III	I	II	III	
	parte aérea						
4	27,6±22,0	41,9±29,1	32,8±27,0	318 (79)	241 (60)	339 (85)	
6	84,0±36,6	77,8±35,4	112,7±75,6	95 (14)	104 (26)	225 (56)	
9	160,4±65,3	154,6±29,4	193,5±44,8	83 (21)	18 (4)	27 (7)	
12	157,2±46,5	277,3±84,0	196,1±109,4	44 (11)	46 (11)	156 (39)	
	raiz						
4	15,7±11,9	12,6±8,5	8,2±5,3	288 (72)	226 (56)	208 (52)	
6	39,3±30,9	41,8±25,3	31,6±24,1	309 (72)	183 (46)	292 (73)	
9	89,0±35,6	60,0±34,9	64,4±19,7	80 (20)	167 (42)	47 (12)	
12	70,9±27,8	121,0±49,5	54,6±44,7	77 (19)	84 (21)	334 (84)	
	eixo						
4	43,3±33,2	54,5±32,0	32,8±27,0	294 (73)	172 (43)	339 (85)	
6	123,4±61,9	119,6±59,0	112,7±75,6	126 (31)	122 (30)	225 (56)	
9	249,6±100	214,6±60,7	193,5±44,8	84 (20)	40 (10)	27 (7)	
12	231,7±80,9	398,3±126	196,1±109,4	61 (15)	50 (12)	156 (39)	

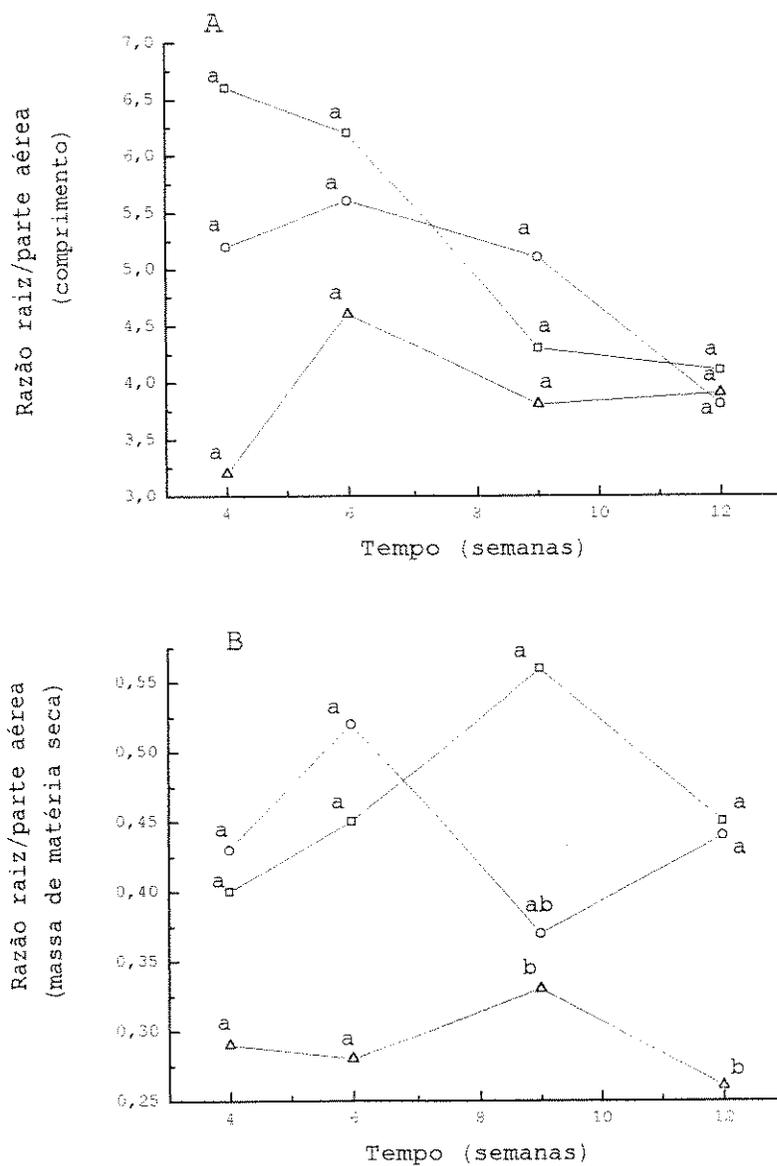


Figura 12: Razão entre raiz e parte aérea, em termos de comprimento (A) e massa de matéria seca (B) de plantas de *Qualea cordata* crescidas em terra de cerrado de Itirapina e submetidas a diferentes tratamentos com solução nutritiva.

Letras indicam comparação entre os tratamentos por  $DMS_{5\%}$  (Tukey), em cada ponto de coleta.

- H<sub>2</sub>O
- Sol. Nutrit. -P
- △— Sol. Nutrit. compl.

Tabela 7: Coeficiente de variação (%) do experimento e dos tratamentos, limite de confiança (lc) atual e valor de n ideal para cada ponto mostrado na figura 12 (A e B).

Tratamentos: I - H<sub>2</sub>O; II - Sol. nutrit. -P; III - Sol. nutrit. compl..

a. Coeficiente de variação do experimento

Tempo (semanas)	coeficiente de variação (%)	
	comprimento	massa de mat. seca
4	55,0	72,7
6	28,4	37,8
9	19,1	26,5
12	24,4	20,9

b. Coeficiente de variação de cada tratamento

Tempo (semanas)	coeficiente de variação (%)					
	comprimento			massa de matéria seca		
	I	II	III	I	II	III
4	65,9	15,6	54,9	82,2	75,5	56,2
6	32,2	22,3	28,5	53,8	26,0	66,4
9	9,8	24,3	16,7	12,0	42,6	26,5
12	24,3	20,7	27,8	15,3	24,5	71,1

c. Limite de confiança atual ( $\bar{X} \pm lc$ ) e valor de n (número de repetições) ideal por tratamento (n ideal calculado para um lc estimado para um coeficiente de variação de 10% ou de 20% para cada coleta de cada tratamento: 20% entre parenteses).

Tempo (semanas)	X ± limite de confiança			n ideal		
	atual					
	I	II	III	I	II	III
	comprimento					
4	6,6±5,0	5,2±0,4	3,2±0,8	287 (72)	16 (4)	199 (50)
6	6,2±2,3	5,6±0,5	4,6±0,6	68 (17)	33 (8)	54 (13)
9	4,3±0,5	5,1±0,5	3,8±0,3	6 (1)	39 (10)	18 (5)
12	4,1±1,1	3,8±0,3	3,9±0,5	39 (10)	28 (7)	51 (13)
	massa de matéria seca					
4	0,4±0,4	0,4±0,3	0,3±0,2	446 (112)	337 (94)	149 (37)
6	0,4±0,2	0,5±0,1	0,3±0,1	191 (48)	45 (11)	75 (19)
9	0,5±0,1	0,4±0,2	0,3±0,1	9 (2)	120 (30)	34 (8)
12	0,4±0,1	0,4±0,1	0,3±0,1	15 (4)	39 (10)	42 (10)

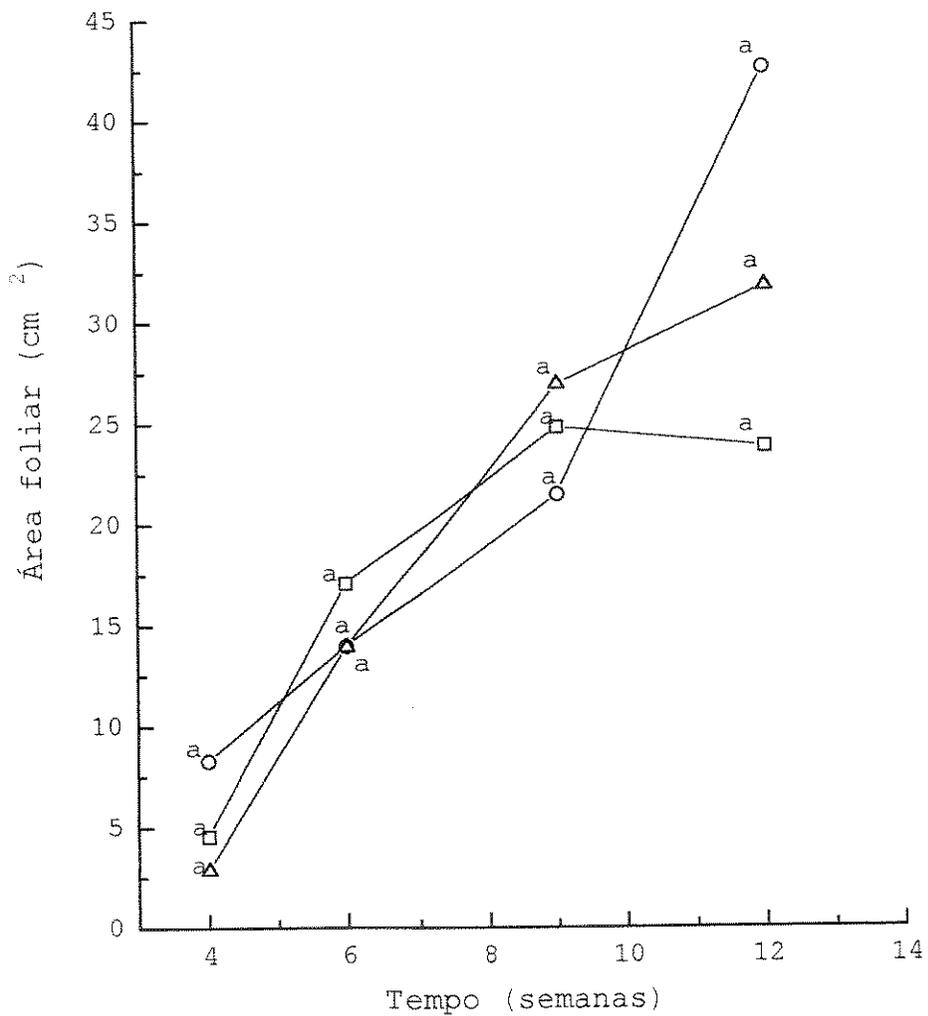


Figura 13: Área foliar (cm<sup>2</sup>) de plantas de *Qualea cordata* crescidas em terra de cerrado de Itirapina e submetidas a diferentes tratamentos com solução nutritiva. Letras indicam comparação entre os tratamentos por DMS<sub>5%</sub> (Tukey), em cada ponto de coleta.

- H<sub>2</sub>O
- Sol. Nutrit. -P
- △— Sol. Nutrit. compl.

Tabela 8: Coeficiente de variação (%) do experimento e dos tratamentos, limite de confiança (lc) atual e valor de n ideal para cada ponto mostrado na figura 13. Tratamentos: I - H<sub>2</sub>O; II - Sol. nutrit. -P; III - Sol. nutrit. compl..

a. Coeficiente de variação do experimento

Tempo (semanas)	coeficiente de variação (%)
4	85,1
6	41,3
9	41,7
12	34,1

b. Coeficiente de variação de cada tratamento

Tempo (semanas)	coeficiente de variação (%)		
	I	II	III
4	85,6	68,8	121,7
6	33,6	35,6	54,4
9	22,2	10,8	61,5
12	19,4	28,8	44,8

c. Limite de confiança atual ( $\bar{X} \pm lc$ ) e valor de n (número de repetições) ideal por tratamento (n ideal calculado para um lc estimado para um coeficiente de variação de 10% ou de 20% para cada coleta de cada tratamento: 20% entre parenteses).

Tempo (semanas)	X ± limite de confiança			n ideal		
	atual			I	II	III
	I	II	III			
4	4,5±4,5	8,3±6,6	2,8±3,9	495 (124)	313 (78)	979 (245)
6	17,1±6,6	14,0±5,7	13,9±8,7	74 (19)	84 (21)	195 (49)
9	24,8±6,3	21,5±2,7	27,0±19,1	33 (8)	8 (2)	250 (65)
12	23,8±5,3	42,6±14,1	31,8±16,4	25 (6)	55 (14)	133 (33)

plantas tratadas com água. Já as plantas tratadas com solução nutritiva -P apresentaram, na parte aérea, um conteúdo relativo de proteínas não significativamente diferente dos demais tratamentos (Figura 14A). Estas foram as únicas plantas cujas raízes apresentaram uma queda do conteúdo relativo de proteínas entre 9 e 12 semanas de tratamento. Neste dia de análise, os valores do conteúdo relativo de proteínas foram significativamente menores que os mesmos observados para plantas tratadas com solução nutritiva completa. As plantas tratadas com água não apresentaram diferença significativa em relação aos demais tratamentos (Figura 14B). Não houve diferença entre os tratamentos quando o conteúdo total de proteínas da parte aérea e da raiz das plantas foi estimado (Figuras 14C e D). Nas Tabelas 9 e 10 pode-se observar a variação dos dados e o número de repetições necessário para diminuir a mesma. Na Figura 15A pode-se observar que o conteúdo relativo de proteínas do eixo das plantas foi menor para plantas tratadas com água e maior para aquelas tratadas com solução nutritiva completa na 12<sup>a</sup> semana de desenvolvimento. O conteúdo total de proteínas do eixo das plantas na 9<sup>a</sup> semana foi crescente no sentido das plantas tratadas com água, solução nutritiva -P e solução nutritiva completa (Figura 15B). Na 12<sup>a</sup> semana as plantas tratadas com solução nutritiva -P apresentaram valores de conteúdo total de proteínas maiores que as demais e, aquelas tratadas com solução nutritiva completa, apresentaram valores maiores que as tratadas com água (Figura 15B). Os dados referentes ao conteúdo de proteínas do eixo das plantas não

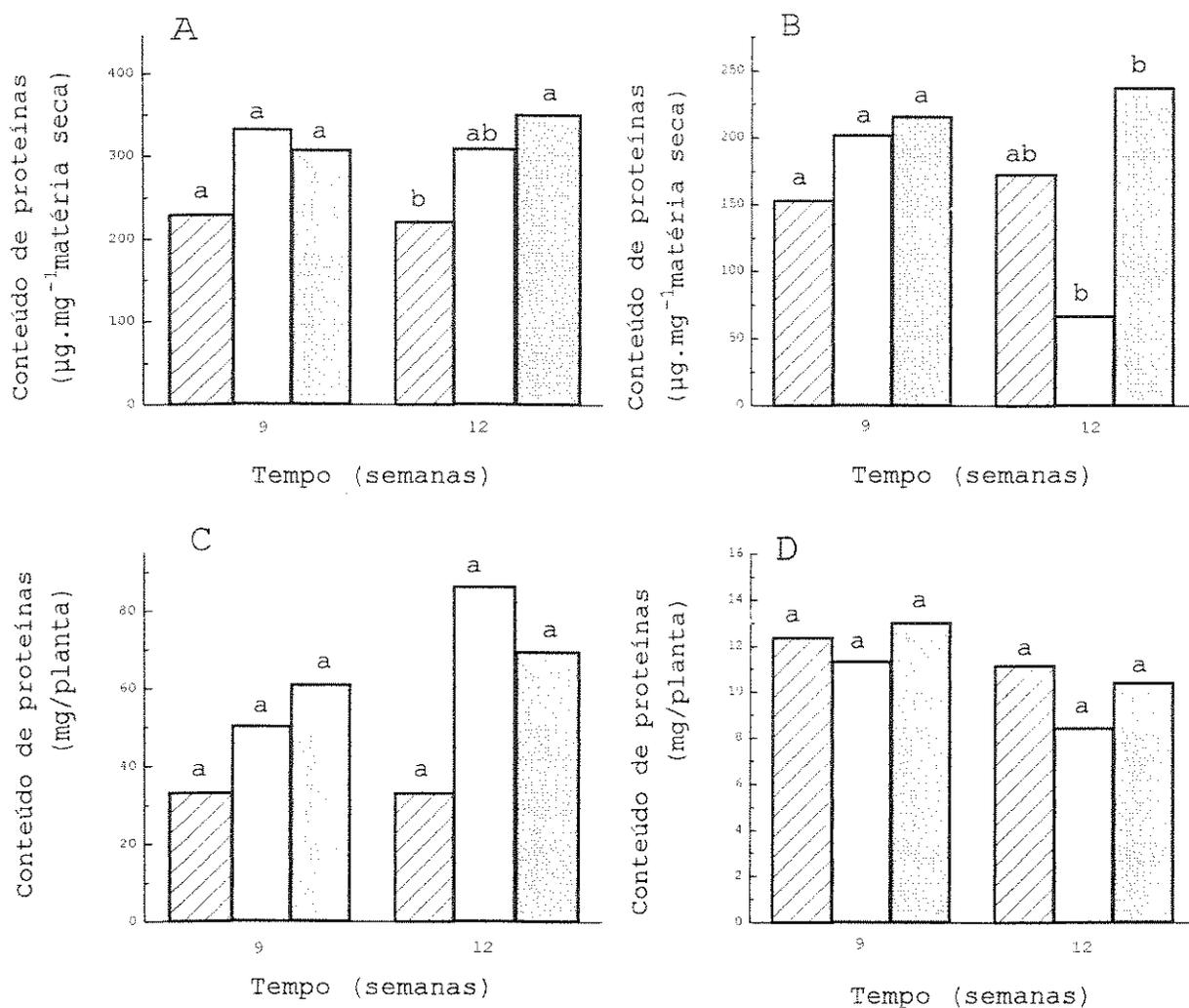


Figura 14: Conteúdo estimado de proteínas de plantas de *Qualea cordata* crescidas em terra de cerrado de Itirapina e submetidas a diferentes tratamentos com solução nutritiva.

A. conteúdo relativo parte aérea.

B. conteúdo relativo raiz.

C. conteúdo total parte aérea.

D. conteúdo total raiz.

Letras indicam comparação entre os tratamentos por  $DMS_{5\%}$  (Tukey), em cada ponto de coleta.

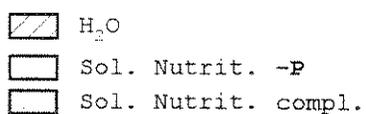


Tabela 9: Coeficiente de variação (%) do experimento e dos tratamentos, limite de confiança (lc) atual e valor de n ideal para cada ponto mostrado nas figuras 14 (A e B).

Tratamentos: I - H<sub>2</sub>O; II - Sol. nutrit. -P; III - Sol. nutrit. compl..

a. Coeficiente de variação do experimento

Tempo (semanas)	coeficiente de	variação	(%)
	parte aérea	raiz	
9	36,2	43,6	
12	22,3	46,8	

b. Coeficiente de variação de cada tratamento

Tempo (semanas)	coeficiente de			variação			(%)
	parte aérea			raiz			
	I	II	III	I	II	III	
9	47.3	27.7	26.2	51.9	29.2	48.2	
12	21.9	18.7	24.1	37.3	76.5	41.8	

c. Limite de confiança atual ( $\bar{X} \pm lc$ ) e valor de n (número de repetições) ideal por tratamento (n ideal calculado para um lc estimado para um coeficiente de variação de 10% ou de 20% para cada coleta de cada tratamento: 20% entre parênteses).

Tempo (semanas)	$\bar{X} \pm$ limite de confiança atual			n ideal		
	I	II	III	I	II	III
	parte aérea					
9	229,5±124,9	332,4±105,9	380,1±130,1	148(37)	51(13)	41(11)
12	221,0±55,8	309,0±66,3	350,5±97,2	32(8)	23(6)	38(10)
	raiz					
9	153,2±91,5	202,3±67,9	216,2±119,8	178(44)	56(14)	153(38)
12	172,9±74,0	66,9±58,9	237,4±113,9	92(23)	387(97)	115(29)

Tabela 10: Coeficiente de variação (%) do experimento e dos tratamentos, limite de confiança (lc) atual e valor de n ideal para cada ponto mostrado nas figuras 14 (C e D).

Tratamentos: I - H<sub>2</sub>O; II - Sol. nutrit. -P; III - Sol. nutrit. compl..

a. Coeficiente de variação do experimento

Tempo (semanas)	coeficiente de	variação (%)
	parte aérea	raiz
9	38,7	39,8
12	49,1	44,8

b. Coeficiente de variação de cada tratamento

Tempo (semanas)	coeficiente de			variação (%)		
	parte aérea			raiz		
	I	II	III	I	II	III
9	22,6	16,1	49,7	30,6	56,6	30,8
12	9,6	33,6	64,6	14,3	77,4	38,5

c. Limite de confiança atual ( $\bar{X} \pm lc$ ) e valor de n (número de repetições) ideal por tratamento (n ideal calculado para um lc estimado para um coeficiente de variação de 10% ou de 20% para cada coleta de cada tratamento: 20% entre parênteses).

Tempo (semanas)	$\bar{X} \pm$ limite de confiança atual			n ideal		
	I	II	III	I	II	III
	parte aérea			raiz		
9	33,2±8,5	50,4±9,2	61,1±35,0	34(8)	17(4)	163(41)
12	33,2±3,6	86,4±33,2	69,8±51,9	6(1)	74(19)	276(69)
9	12,4±4,4	11,3±7,4	13,0±4,6	62(15)	212(53)	62(16)
12	11,2±1,8	8,4±7,4	10,4±4,6	13(3)	396(99)	98(24)

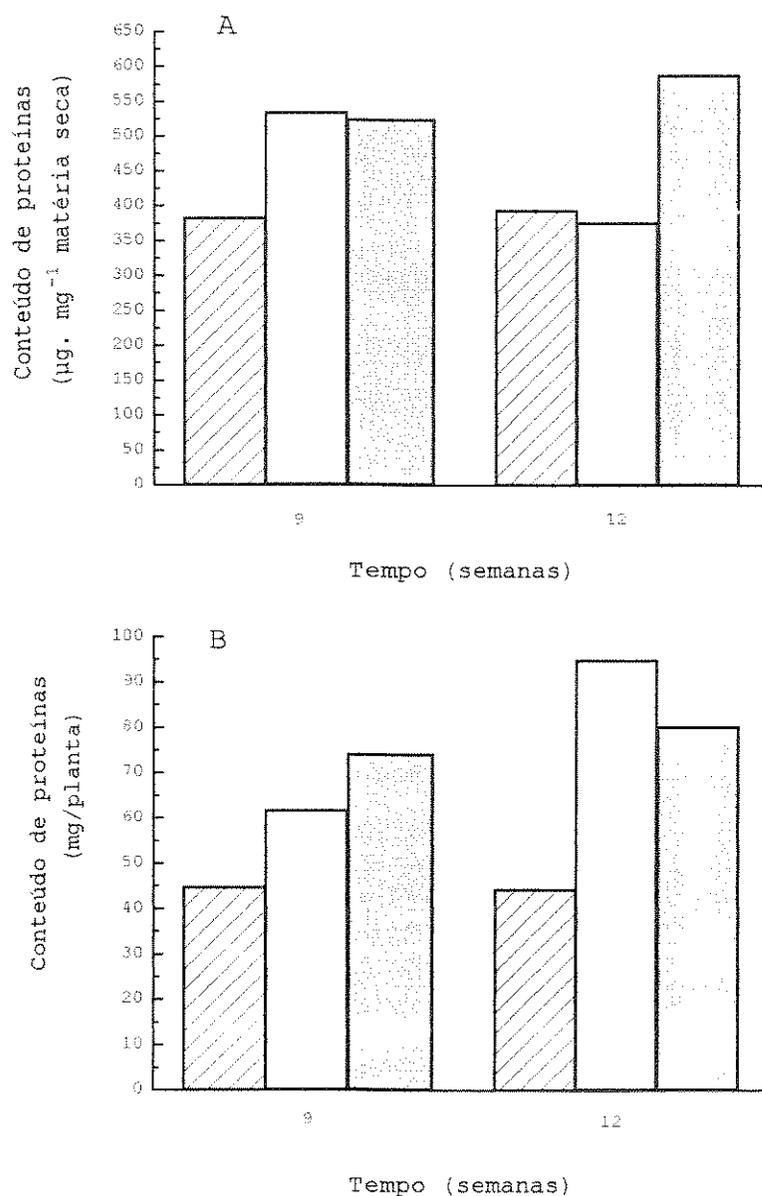
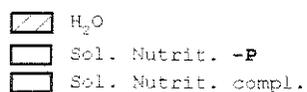


Figura 15: Conteúdo estimado de proteínas do eixo de plantas de *Qualea cordata* crescidas em terra de cerrado de Itirapina e submetidas a diferentes tratamentos com solução nutritiva. A. conteúdo relativo. B. conteúdo total.



foram submetidos à análise estatística, visto que sua maneira de determinação (soma dos valores obtidos na dosagem de parte aérea e raiz) daria margem a erros do ponto de vista estatístico.

Considerando a taxa média de crescimento relativo ( $\overline{\text{TCR}}$ ) da parte aérea das plantas, observou-se que, em todos os tratamentos envolvendo regimes nutricionais diferentes os maiores valores sempre foram registrados entre 4 e 6 semanas de tratamento e, os menores, entre 9 e 12 semanas (Figura 16A). Isto se repetiu para a raiz, com exceção do tratamento com solução nutritiva -P (Figura 16B). Quanto ao efeito dos tratamentos em cada um dos intervalos considerados, entre 4 e 6 semanas e 6 e 9 semanas não houve diferença significativa entre os mesmos. Já entre 9 e 12 semanas, os resultados mostram que as plantas tratadas com solução nutritiva completa tiveram um maior desenvolvimento da parte aérea em relação àquelas tratadas com solução nutritiva -P. Por outro lado, nenhum dos tratamentos promoveu ou restringiu o desenvolvimento das plantas em relação às controle, tratadas com água (Figura 16A). No que diz respeito à raiz, esta diferença, no último período de análise, deixa de ser significativa. De maneira geral, a  $\overline{\text{TCR}}$  do eixo das plantas foi maior, em todos os tratamentos, no período inicial de desenvolvimento, entre 4 e 6 semanas (Figura 17). No período seguinte (entre 6 e 9 semanas) os valores de  $\overline{\text{TCR}}$  para os três tratamentos apresentaram-se mais uniformes entre si e, entre 9 e 12 semanas, as plantas tratadas com água e solução nutritiva completa apresentaram valores negativos de  $\overline{\text{TCR}}$ ,

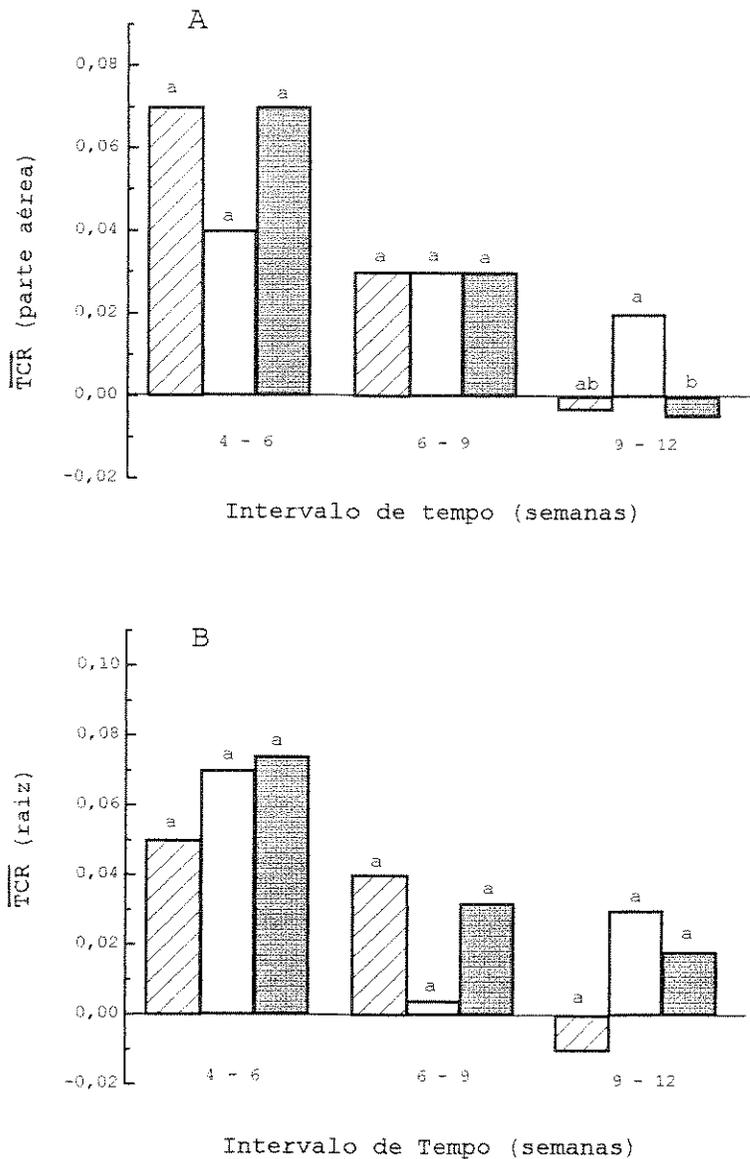


Figura 16: Taxa de crescimento relativo ( $\overline{TCR}$ ) da parte aérea (A) e da raiz (B) de plantas de *Qualea cordata* crescidas em terra de cerrado de Itirapina e submetidas a diferentes tratamentos com solução nutritiva. Letras indicam comparação entre os tratamentos por  $DMS_{5\%}$  (Tukey), em cada intervalo de tempo.

-  H<sub>2</sub>O
-  Sol. Nutrit. -P
-  Sol. Nutrit. compl.

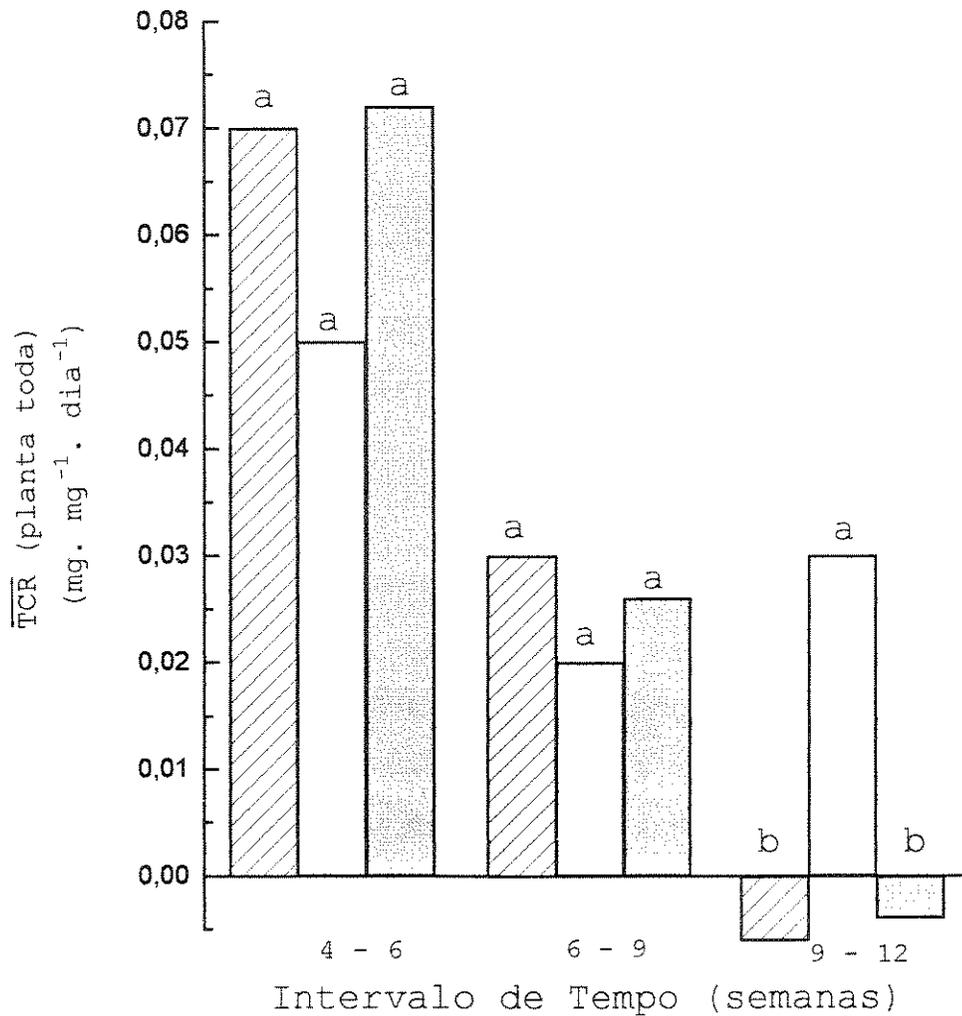
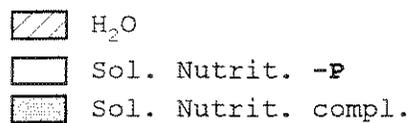


Figura 17: Taxa de crescimento relativo ( $\overline{\text{TCR}}$ ) de plantas de *Qualea cordata* crescidas em terra de cerrado de Itirapina e submetidas a diferentes tratamentos com solução nutritiva. Letras indicam comparação entre os tratamentos por  $\text{DMS}_{5\%}$  (Tukey), em cada intervalo de tempo.



enquanto as tratadas com solução nutritiva -P mantiveram uma TCR positiva, porém, inferior aos períodos anteriores. Esta diferença mostrou-se significativamente significativa (Figura 17).

Com relação à taxa média de assimilação líquida ( $\overline{TAL}$ ), os tratamentos não tiveram qualquer efeito que se mostrasse estatisticamente significativo sobre a  $\overline{TAL}$  da mesma (Figura 18)

A taxa fotossintética média ( $\overline{TF}$ ) estimada das plantas de *Q. cordata* foi significativamente maior entre 9 e 12 semanas, quando o tratamento foi solução nutritiva -P (Figura 19).

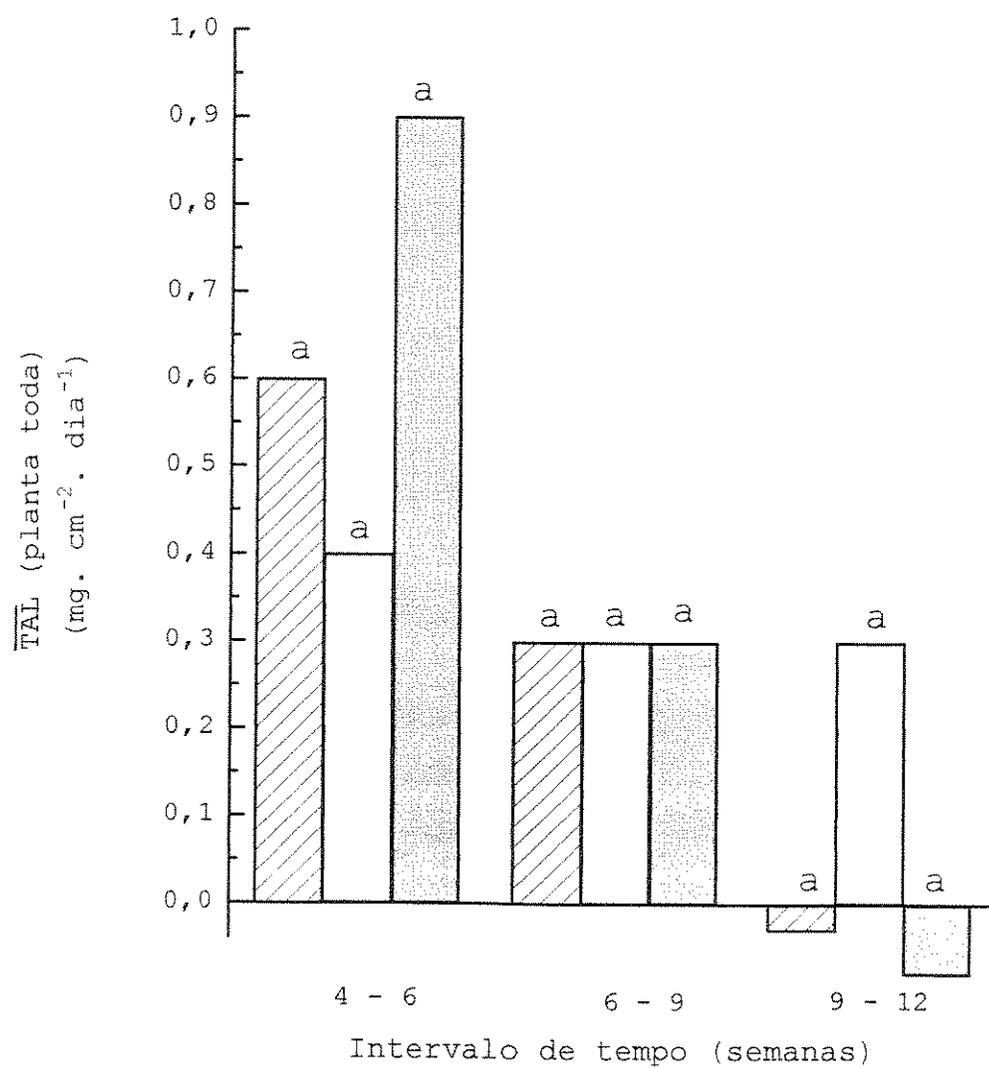
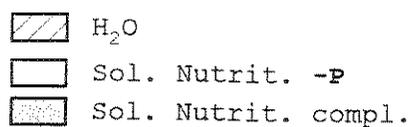


Figura 18: Taxa de assimilação líquida ( $\overline{TAL}$ ) de plantas de *Qualea cordata* crescidas em terra de cerrado de Itirapina e submetidas a diferentes tratamentos com solução nutritiva. Letras indicam comparação entre os tratamentos por  $DMS_{5\%}$  (Tukey), em cada intervalo de tempo.



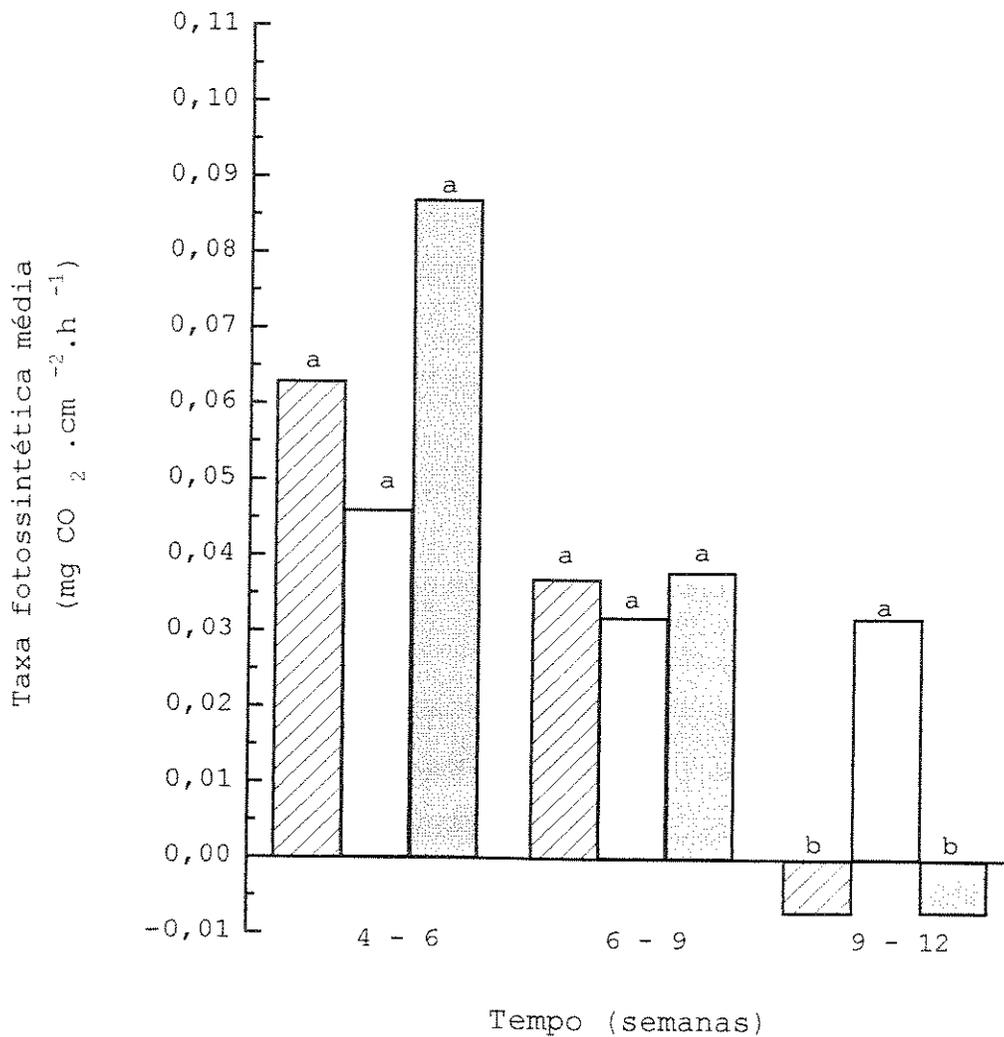
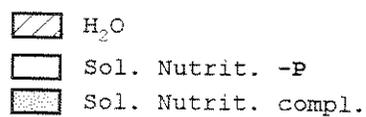


Figura 19: Taxa fotossintética média ( $\overline{TF}$ ) estimada de plantas de *Qualea cordata* crescidas em terra de cerrado de Itirapina e submetidas a diferentes tratamentos com solução nutritiva. Letras indicam comparação entre os tratamentos por DMS<sub>5%</sub> (Tukey), em cada intervalo de tempo.



## Efeito de substratos diferentes

A utilização de diferentes tipos de substratos (terra de cerrado de Itirapina, terra de cerrado às margens da rodovia Washington Luiz e terra da mata de Santa Genebra) para o cultivo de plantas de *Q. cordata* mostrou, ao final do experimento (18 semanas após o plantio), que o desenvolvimento destas não sofreu influência das características químicas de nenhum dos substratos.

Em termos de comprimento, tanto para a parte aérea como para a raiz, as plantas cultivadas em terra proveniente do cerrado localizado às margens da rodovia Washington Luiz, apresentaram-se, no início do experimento, significativamente menos desenvolvidas que as demais. Este quadro inverteu-se após 12 semanas de crescimento, quando as raízes destas plantas passaram a se apresentar significativamente mais desenvolvidas que aquelas cultivadas em terra proveniente do cerrado localizado no município de Itirapina. Nesta mesma fase do desenvolvimento, as plantas cultivadas em terra da mata de Santa Genebra, no município de Campinas, apresentaram comprimentos da parte aérea não diferentes, em termos estatísticos, de nenhum dos outros dois tratamentos. Já em termos de comprimento da raiz, estas plantas também apresentaram valores superiores aos apresentados por aquelas crescidas em terra do cerrado de Itirapina. Ao final do experimento, as plantas não apresentaram mais diferença em

termos de comprimento, considerando os diferentes substratos utilizados para o cultivo das mesmas (Figura 20A e B). O padrão de desenvolvimento do eixo das plantas, em comprimento, seguiu o que se verificou para a raiz (Figura 21). A grande variação dos dados é apresentada na Tabela 11.

Não houve diferença na massa de matéria seca das plantas nos três tipos de substratos da raiz, parte aérea e planta toda, com exceção da coleta na 12<sup>a</sup> semana redução dos valores referentes a este parâmetro de medida no caso das plantas cultivadas na terra de Itirapina (Figuras 22 e 23). A variação dos dados está na Tabela 12.

Nos três substratos utilizados, em termos de comprimento, a razão raiz:parte aérea foi alta (Figura 24A) mostrando que a raiz cresceu mais que a parte aérea no decorrer do experimento; em termos de massa de matéria seca (Figura 24B) a razão foi menor que 1, indicando mais massa na parte aérea do que na raiz. Novamente, houve grande variação dos dados (Tabela 13).

Com relação à área foliar das plantas com 12 semanas, os lotes em terra de mata e terra de cerrado às margens da rodovia, apresentaram valores de área foliar superiores aos do lote cultivado em terra do cerrado de Itirapina (Figura 25). Como pode ser visto na Tabela 14, houve grande variação dos dados.

A dosagem de carboidratos mostrou que, em termos de conteúdo relativo ou total de açúcares solúveis (AS), para a parte aérea, não houve efeito significativo de nenhum dos tratamentos (Figura 26A e C). Esta situação repete-se no caso

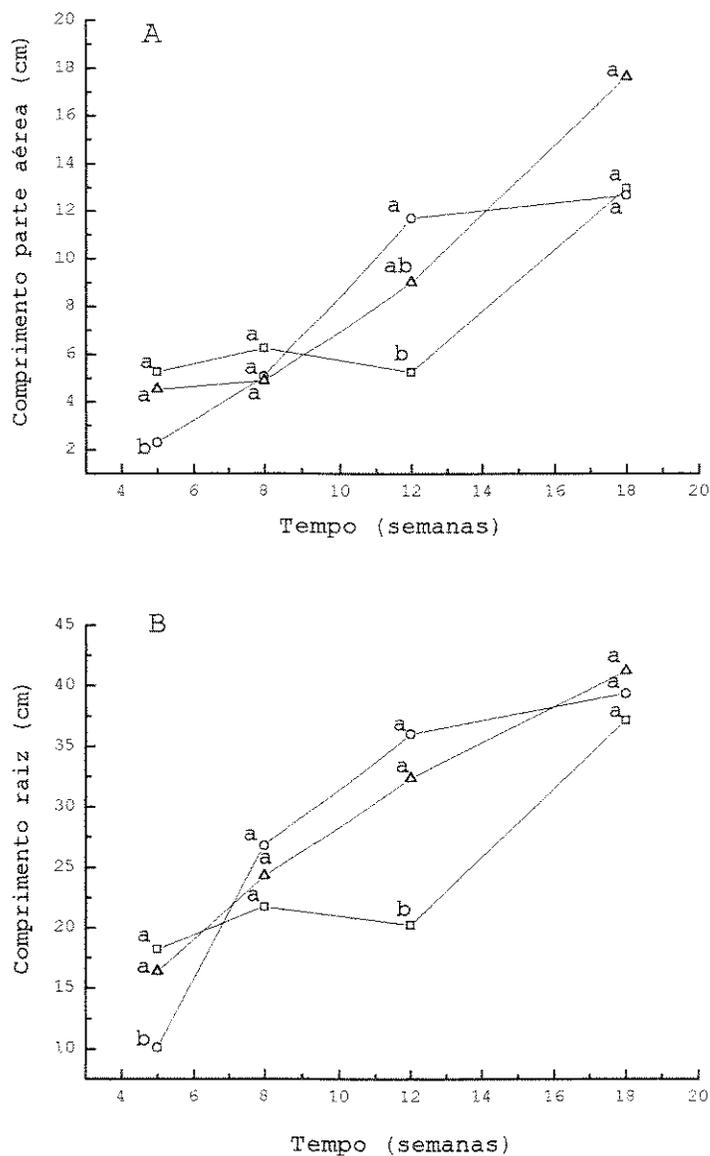


Figura 20: Comprimento (cm) da parte aérea (A) e da raiz (B) de plantas de *Qualea cordata*, cultivadas em terras de diferentes procedências.

Letras indicam comparação entre os tratamentos por DMS<sub>5%</sub> (Tukey), em cada ponto de coleta.

- Itirapina
- Rodov. W. Luiz
- △— Santa Genebra

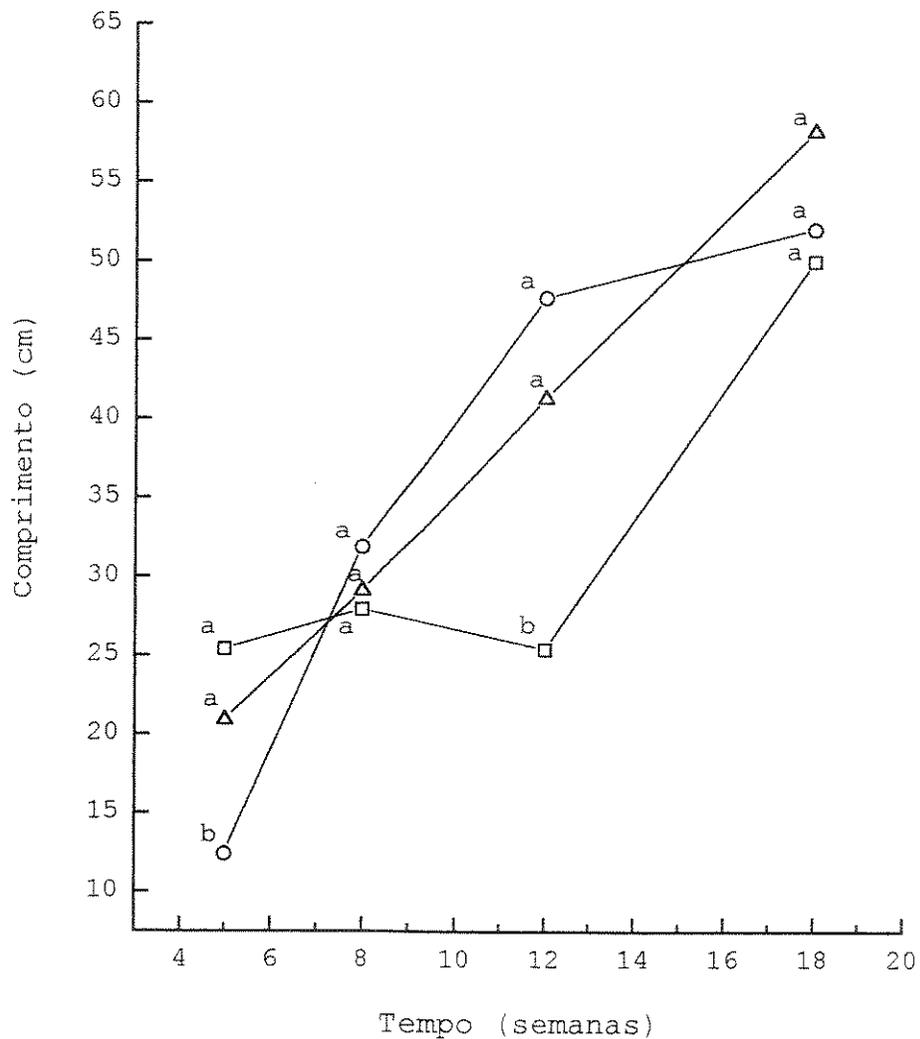


Figura 21: Comprimento do eixo (parte aérea + raiz) de plantas de *Qualea cordata* cultivadas em terras de diferentes procedências. Letras indicam comparação entre os tratamentos por  $DMS_{5\%}$  (Tukey), em cada ponto de coleta.

- cerrado Itirapina
- cerrado Rodv. W. Luiz
- △— mata Santa Genebra

Tabela 11: Coeficiente de variação (%) do experimento e dos tratamentos, limite de confiança (lc) atual e valor de n ideal para cada ponto mostrado nas figuras 20 e 21.

Tratamentos: I - cerrado Itirapina; II - cerrado Rodov. W. Luiz; III - mata Santa Genebra.

a. Coeficiente de variação do experimento

Tempo (semanas)	coeficiente de variação (%)		
	parte aérea	raiz	eixo
5	23,8	18,7	16,4
8	31,8	28,5	26,4
12	34,0	19,8	19,5
18	34,7	29,8	26,7

b. Coeficiente de variação de cada tratamento

Tempo (semanas)	coeficiente de variação (%)								
	parte aérea			raiz			eixo		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
5	17,7	16,2	29,1	22,4	20,8	3,0	18,7	18,5	8,0
8	24,7	26,2	44,5	40,2	21,4	24,1	34,0	19,9	24,8
12	17,7	32,2	36,8	22,4	22,4	12,5	18,7	20,3	17,1
18	45,4	18,1	33,7	36,5	33,7	16,8	38,0	29,6	6,2

c. Limite de confiança atual ( $\bar{X} \pm lc$ ) e valor de n (número de repetições) ideal por tratamento (n ideal calculado para um lc estimado para um coeficiente de variação de 10% ou de 20% para cada coleta de cada tratamento: 20% entre parênteses).

Tempo (semanas)	$\bar{X} \pm$ limite de confiança			n ideal		
	atual			I	II	III
	I	II	III	parte aérea		
5	5,2±1,1	2,3±0,4	4,5±1,5	21(5)	17(4)	56(14)
8	6,2±1,8	5,1±1,5	4,9±2,5	40(10)	45(11)	131(33)
12	5,2±1,1	11,7±4,3	9,0±3,8	21(5)	68(17)	90(22)
18	12,9±6,7	12,7±32,5	17,6±6,8	136(34)	22(5)	75(19)
	raiz			I	II	III
5	20,2±5,2	10,1±2,4	16,3±0,6	33(8)	29(7)	1(1)
8	21,7±10,0	26,8±6,6	24,3±6,7	107(27)	30(8)	38(10)
12	20,2±5,2	36,0±9,3	32,3±4,6	33(8)	33(8)	16(10)
18	37,1±15,6	39,3±15,3	41,2±7,9	88(22)	75(18)	48(19)
	eixo			I	II	III
5	25,4±5,5	12,4±2,6	20,9±1,9	23(6)	22(6)	4(1)
8	27,9±10,9	31,9±7,3	29,1±8,3	76(19)	26(6)	41(10)
12	25,4±5,4	47,7±11,1	41,3±8,1	23(6)	27(7)	19(5)
18	50,0±21,8	52,0±17,7	58,2±4,1	95(24)	58(14)	2(1)

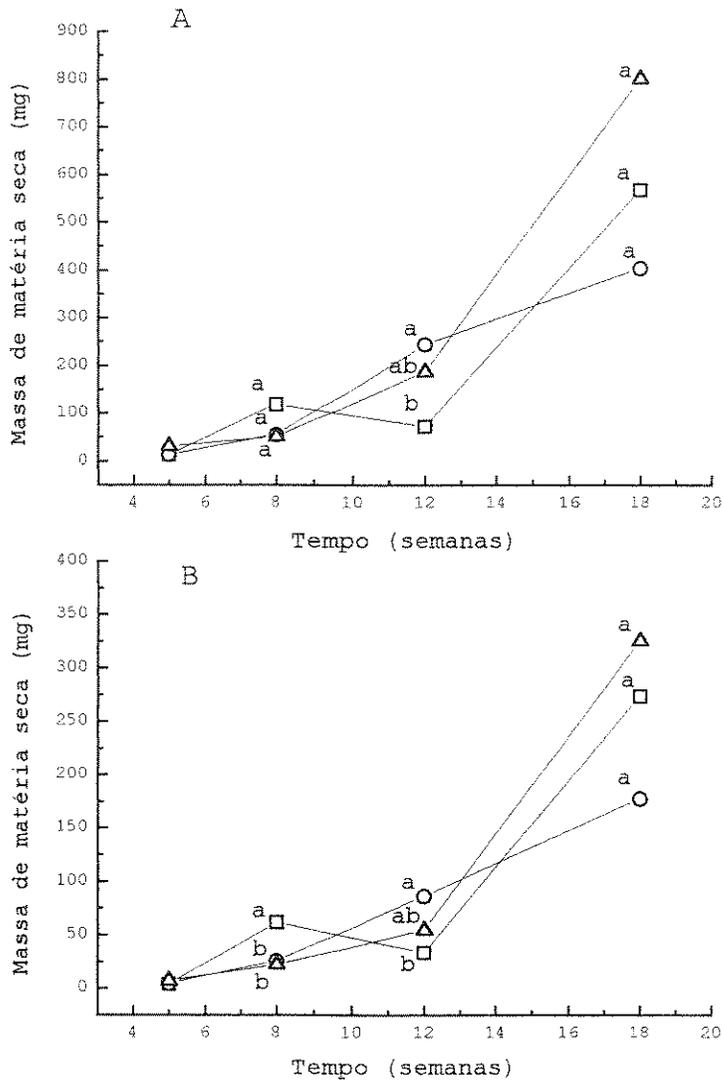


Figura 22: Massa de matéria seca da parte aérea (A) e da raiz (B) de plantas de *Qualea cordata* cultivadas em terras de diferentes procedências.

Letras indicam comparação entre os tratamentos por  $DMS_{5\%}$  (Tukey), em cada ponto de coleta.

- cerrado Itirapina
- cerrado Rodov. W. Luiz
- △— mata Santa Genebra

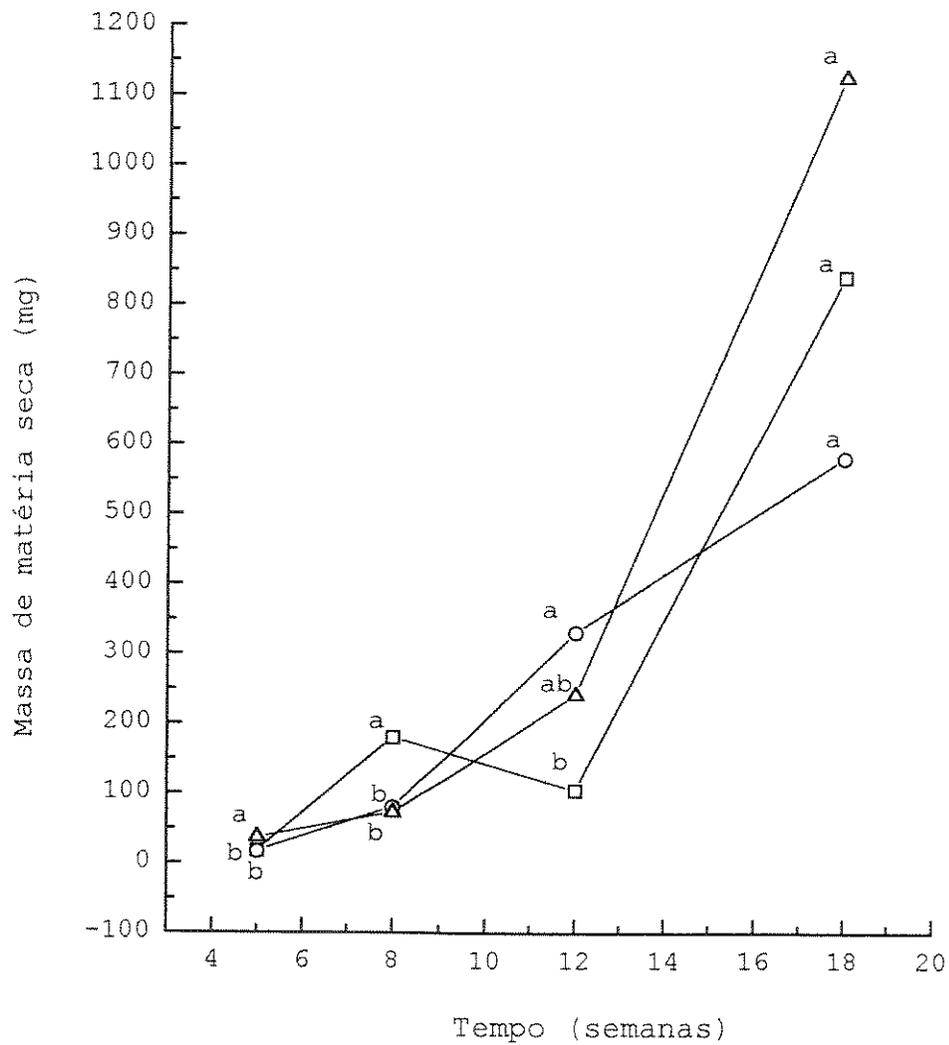


Figura 23: Massa de matéria seca do eixo de plantas de *Qualea cordata* cultivadas em terras de diferentes procedências. Letras indicam comparação entre os tratamentos por  $DMS_{5\%}$  (Tukey), em cada ponto de coleta.

- cerrado Itirapina
- cerrado Rodov. W. Luiz
- △— mata Santa Genebra

Tabela 12: Coeficiente de variação (%) do experimento e dos tratamentos, limite de confiança (lc) atual e valor de n ideal para cada ponto mostrado nas figuras 22 e 23.

Tratamentos: I - cerrado Itirapina; II - cerrado Rodov. W. Luiz; III - mata Santa Genebra.

a. Coeficiente de variação do experimento

Tempo (semanas)	coeficiente de variação (%)		
	parte aérea	raiz	eixo
5	36,6	73,0	41,2
8	55,0	50,1	50,9
12	49,3	47,7	44,1
18	57,4	74,6	56,4

b. Coeficiente de variação de cada tratamento

Tempo (semanas)	coeficiente de variação (%)								
	parte aérea			raiz			eixo		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
5	38,0	31,2	33,1	121,4	45,5	52,8	56,5	33,3	34,2
8	52,4	41,1	52,3	44,5	33,4	59,5	46,7	38,3	54,3
12	29,4	46,2	45,7	48,1	36,2	59,4	31,5	37,6	47,5
18	69,1	39,8	50,8	88,7	91,3	50,1	67,8	54,3	47,9

c. Limite de confiança atual ( $\bar{X} \pm lc$ ) e valor de n (número de repetições) ideal por tratamento (n ideal calculado para um lc estimado para um coeficiente de variação de 10% ou de 20% para cada coleta de cada tratamento: 20% entre parênteses).

Tempo (semanas)	$\bar{X} \pm$ limite de confiança			n ideal		
	atual			I	II	III
	I	II	III			
	parte aérea					
5	13,6±5,9	12,7±4,5	29,9±11,4	95(24)	64(16)	73(18)
8	117,8±55,6	54,9±25,9	50,4±30,3	181(45)	112(28)	181(45)
12	72,2±24,4	244±129,7	186±97,8	57(14)	141(35)	138(34)
18	566,9±450,4	402,9±184,3	801±467,9	316(79)	105(26)	171(43)
	raiz					
5	4,0±5,6	4,2±2,2	6,8±4,1	974(244)	137(34)	184(46)
8	61,6±31,5	25,3±9,7	21,7±14,8	131(33)	74(18)	234(58)
12	32,6±18,0	87,2±36,3	55,2±37,7	153(38)	87(22)	233(58)
18	273,6±279,0	177,5±194,1	324,9±187	520(130)	551(138)	166(42)
	eixo					
5	17,6±11,4	16,9±6,5	36,7±14,4	211(53)	73(18)	77(19)
8	179,4±96,3	80,2±35,3	72,1±45,0	144(36)	97(24)	195(49)
12	104,8±37,9	331,2±143,2	241,2±131	65(16)	93(23)	149(37)
18	804,5±627,3	580,4±362,1	1126±620,8	304(76)	194(49)	152(38)

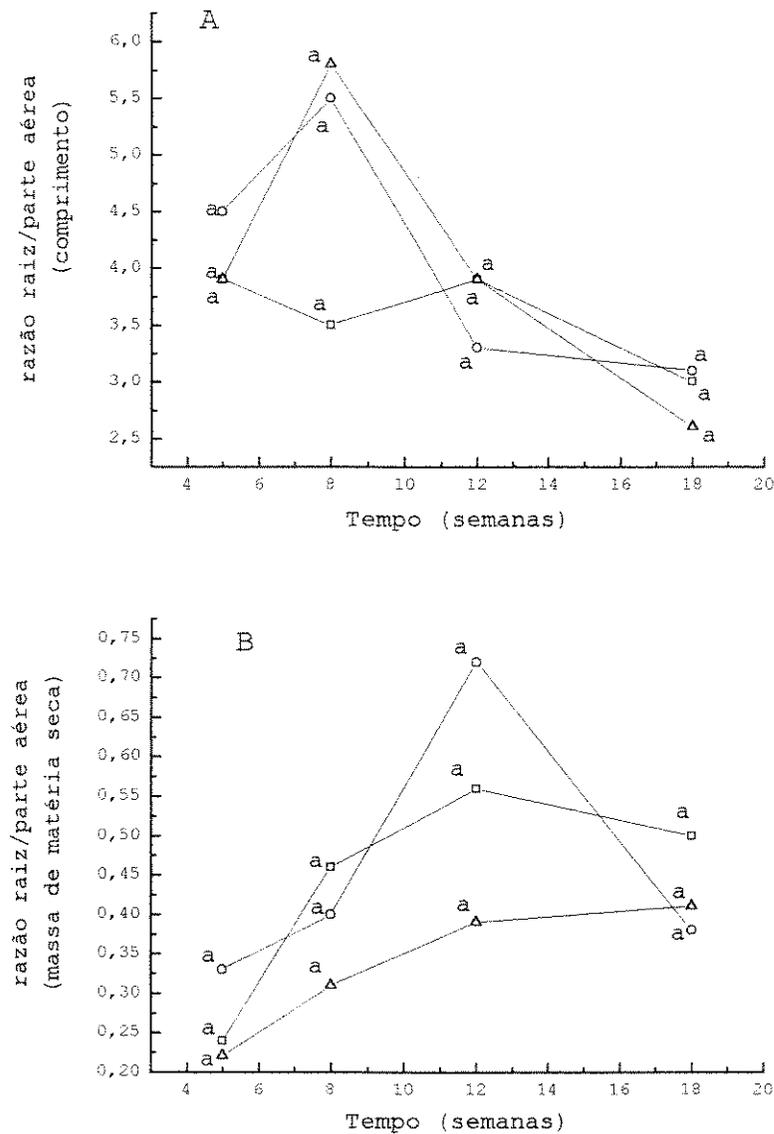


Figura 24: Razão entre raiz e parte aérea, em termos de comprimento (A) e massa de matéria seca (B) de plantas de *Qualea cordata* cultivadas em terras de diferentes procedências. Letras indicam comparação entre os tratamentos por  $DMS_{5\%}$  (Tukey), em cada ponto de coleta.

- cerrado Itirapina
- cerrado Rodov. W. Luiz
- △— mata Santa Genebra

Tabela 13: Coeficiente de variação (%) do experimento e dos tratamentos, limite de confiança (lc) atual e valor de n ideal para cada ponto mostrado na figura 24 (A e B).

Tratamentos: I - cerrado Itirapina; II - cerrado rodov. W. Luiz; III - Mata Santa Genebra.

a. Coeficiente de variação do experimento

Tempo (semanas)	coeficiente de variação (%)	
	comprimento	massa de mat. seca
5	25,1	57,5
8	35,5	55,9
12	29,1	40,1
18	30,3	49,9

b. Coeficiente de variação de cada tratamento

Tempo (semanas)	coeficiente de variação (%)					
	comprimento			massa de matéria seca		
	I	II	III	I	II	III
5	23,7	22,3	29,1	89,0	28,9	59,2
8	37,4	25,9	40,4	33,8	68,0	31,8
12	23,7	31,7	31,8	33,5	49,0	33,1
18	26,4	16,5	46,4	54,2	55,9	30,7

c. Limite de confiança atual ( $\bar{X} \pm lc$ ) e valor de n (número de repetições) ideal por tratamento (n ideal calculado para um lc estimado para um coeficiente de variação de 10% ou de 20% para cada coleta de cada tratamento: 20% entre parênteses).

Tempo (semanas)	$\bar{X} \pm$ limite de confiança atual			n ideal		
	I	II	III	I	II	III
	comprimento					
5	3,9±1,1	4,5±1,1	3,9±1,3	37(9)	33(8)	56(14)
8	35±1,5	5,5±1,6	5,8±2,7	92(23)	44(11)	108(27)
12	3,9±1,1	3,3±1,2	3,9±1,4	37(9)	67(17)	67(17)
18	3,0±0,9	3,1±0,6	2,6±1,4	46(11)	18(4)	142(35)
	massa de matéria seca					
5	0,24±0,24	0,3±0,1	0,2±0,1	524(131)	55(14)	232(58)
8	0,56±0,22	0,7±0,5	0,4±0,1	76(19)	305(76)	67(17)
12	0,46±0,18	0,4±0,2	0,3±0,1	74(18)	159(40)	72(18)
18	0,5±0,3	0,4±0,2	0,4±0,1	194(49)	206(52)	62(15)

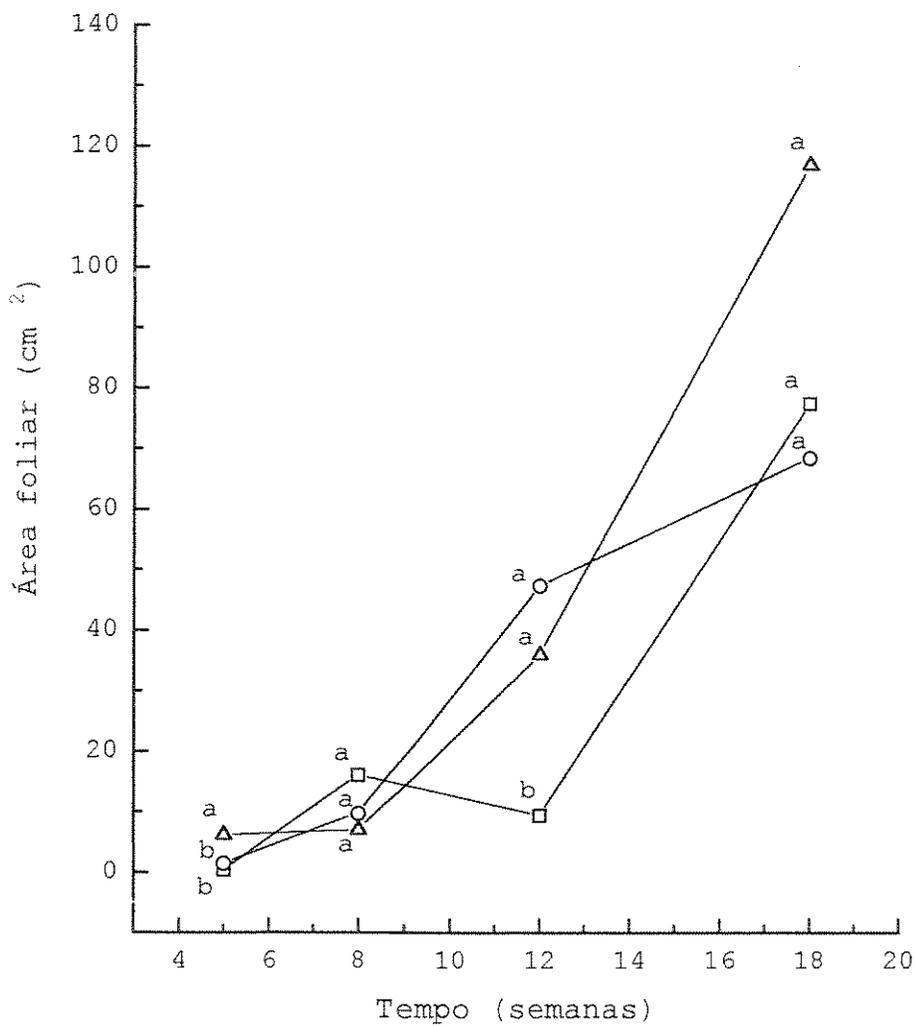


Figura 25: Área foliar (cm<sup>2</sup>) de plantas de *Qualea cordata* cultivadas em terras de diferentes procedências. Letras indicam comparação entre os tratamentos por DMS<sub>5%</sub> (Tukey), em cada ponto de coleta.

- Itirapina
- Rodov. W. Luiz
- △— Santa Genebra

Tabela 14: Coeficiente de variação (%) do experimento e dos tratamentos, limite de confiança (lc) atual e valor de n ideal para cada ponto mostrado na figura 25. Tratamentos: I - cerrado Itirapina; II - cerrado Rodov. W. Luiz; III - mata Santa Genebra.

a. Coeficiente de variação do experimento

Tempo (semanas)	coeficiente de variação (%)
5	61,4
8	56,0
12	49,9
18	53,0

b. Coeficiente de variação de cada tratamento

Tempo (semanas)	coeficiente de variação (%)		
	I	II	III
5	159,4	54,9	43,4
8	55,2	41,3	58,4
12	26,7	41,5	49,9
18	68,7	37,5	46,6

c. Limite de confiança atual ( $\bar{X} \pm lc$ ) e valor de n (número de repetições) ideal por tratamento (n ideal calculado para um lc estimado para um coeficiente de variação de 10% ou de 20% para cada coleta de cada tratamento: 20% entre parênteses).

Tempo (semanas)	$\bar{X} \pm$ limite de confiança atual			n ideal		
	I	II	III	I	II	III
5	0,3±0,5	1,4±0,9	6,1±3,0	1680(420)	199(50)	125(31)
8	16,1±10,2	9,7±4,6	7,0±4,7	201(50)	113(28)	225(56)
12	9,4±2,9	47,4±22,6	35,9±20,6	47(12)	114(28)	165(41)
18	77,5±61,2	68,4±29,5	116,8±62,6	312(78)	93(23)	144(36)

do conteúdo relativo ou total de polissacarídeos solúveis em água (PSA) (Figura 27A e C) e de conteúdo relativo de amido (Figura 28A) para a parte aérea das plantas. Apenas no caso do conteúdo total de amido da parte aérea das plantas coletadas no último período de análise (18 semanas), aquelas cultivadas em terra da mata de Santa Genebra apresentaram valores significativamente maiores que os apresentados pelas plantas cultivadas em terra do cerrado às margens da rodovia (Figura 28C). Em relação à raiz, as plantas cultivadas em terra do cerrado de Itirapina apresentaram valores superiores às demais, considerando-se o conteúdo relativo ou total de AS, no primeiro período de análise (8 semanas) e o conteúdo relativo apenas, no segundo período (12 semanas) (Figura 26B e D). O conteúdo relativo de PSA na raiz foi maior para as plantas crescidas em terra do cerrado de Itirapina, no segundo período de análise (12 semanas) (Figura 27B). Já em relação ao conteúdo total de PSA na raiz, as plantas crescidas em terra do cerrado às margens da rodovia é que apresentaram valores significativamente superiores às demais plantas, também no período de 12 semanas (Figura 27D). O teor de amido da raiz das plantas foi o que mais apresentou influência dos tratamentos. No período de 8 semanas os conteúdos relativo e total de amido da raiz das plantas cultivadas em terra do cerrado de Itirapina foram maiores que os das plantas cultivadas em terra da mata e, apenas no caso do conteúdo total, também foram maiores que os das plantas cultivadas em terra do cerrado às margens da rodovia (Figura 28B e D). No período de 12 semanas, as plantas cultivadas em

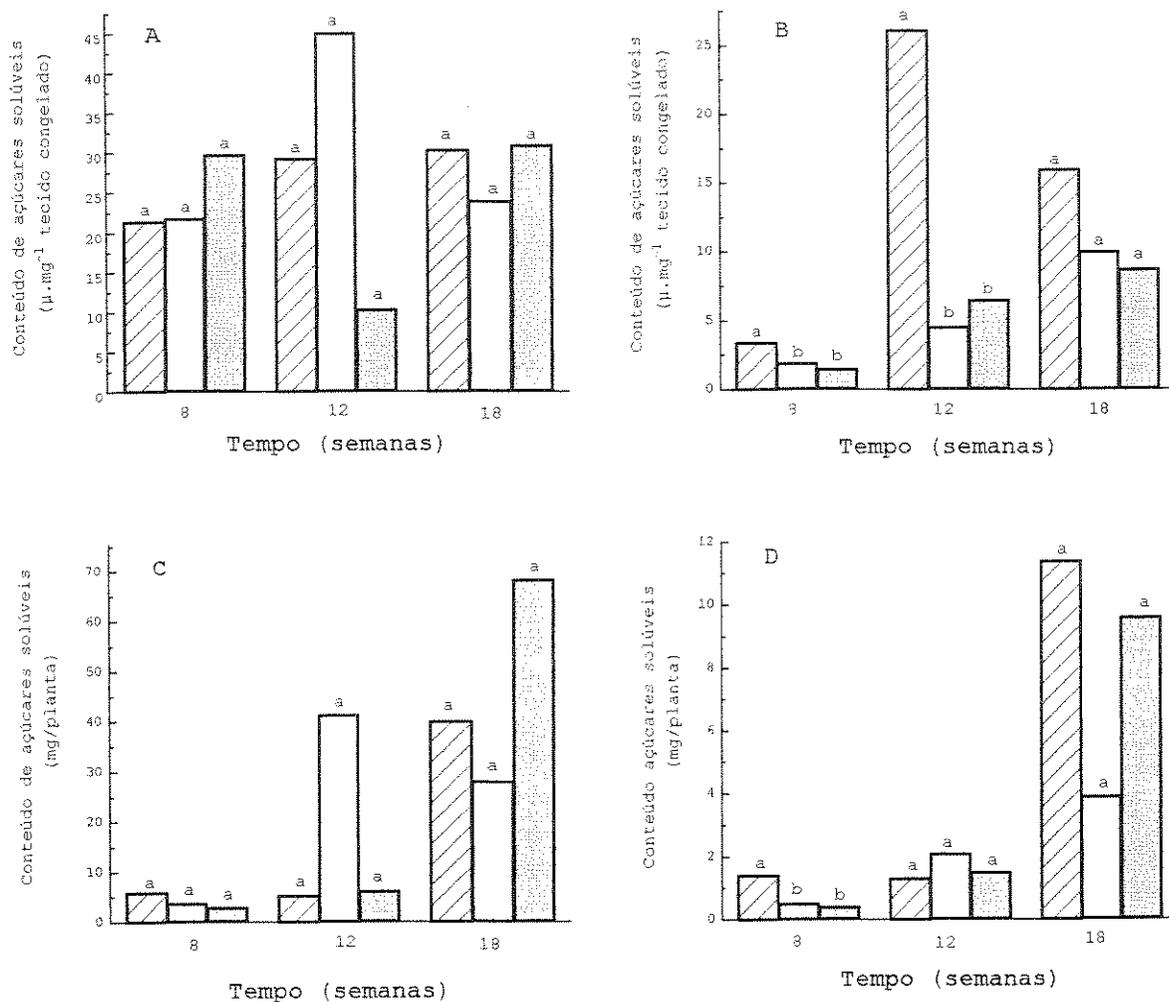


Figura 26: Conteúdo de açúcares solúveis de plantas de *Qualea cordata* cultivadas em terras de diferentes procedências.

A. conteúdo relativo parte aérea.

B. conteúdo relativo raiz.

C. conteúdo total parte aérea.

D. conteúdo total raiz.

Letras indicam comparação entre os tratamentos por  $DMS_{5\%}$  (Tukey), em cada ponto de coleta.

-  cerrado Itirapina
-  cerrado Rodov. W. Luiz
-  mata Santa Genebra

Tabela 15: Coeficiente de variação (%) do experimento e dos tratamentos, limite de confiança (lc) atual e valor de n ideal para cada ponto mostrado na figura 26 (A e B).

Tratamentos: I - cerrado Itirapina; II - cerrado Rodov. W. Luiz; III - mata Santa Genebra.

a. Coeficiente de variação do experimento

Tempo (semanas)	coeficiente de variação (%)	
	parte aérea	raiz
8	20,7	38,6
12	144,2	42,3
18	25,7	57,1

b. Coeficiente de variação de cada tratamento

Tempo (semanas)	coeficiente de variação (%)					
	parte aérea			raiz		
	I	II	III	I	II	III
8	25,5	7,3	20,8	11,3	61,1	60,1
12	12,5	156,0	22,0	32,4	52,5	34,4
18	24,8	21,7	28,3	42,4	87,9	30,9

c. Limite de confiança atual ( $\bar{X} \pm lc$ ) e valor de n (número de repetições) ideal por tratamento (n ideal calculado para um lc estimado para um coeficiente de variação de 10% ou de 20% para cada coleta de cada tratamento: 20% entre parênteses).

Tempo (semanas)	$\bar{X} \pm$ limite de confiança atual			n ideal		
	I	II	III	I	II	III
	parte aérea					
8	21,3±6,7	21,7±1,8	29,7±7,1	50(12)	3(1)	29(7)
12	29,2±4,2	44,9±80,6	10,3±2,6	10(3)	1609(402)	32(8)
18	30,3±8,6	23,9±5,9	30,9±10,0	41(10)	31(8)	53(13)
	raiz					
8	3,4±0,4	1,9±1,3	1,5±1,0	8(2)	246(62)	238(60)
12	26,1±9,7	4,5±2,7	6,5±2,6	69(17)	182(46)	78(19)
18	16,0±7,8	10,0±10,1	8,7±3,1	119(30)	510(128)	63(16)

Tabela 16: Coeficiente de variação (%) do experimento e dos tratamentos, limite de confiança (lc) atual e valor de n ideal para cada ponto mostrado na figura 26 (C e D).

Tratamentos: I - cerrado Itirapina; II - cerrado Rodov. W. Luiz; III - mata Santa Genebra.

a. Coeficiente de variação do experimento

Tempo (semanas)	coeficiente de variação (%)	
	parte aérea	raiz
8	45,5	40,4
12	220,6	55,4
18	67,5	81,9

b. Coeficiente de variação de cada tratamento

Tempo (semanas)	coeficiente de variação (%)					
	parte aérea			raiz		
	I	II	III	I	II	III
8	43,7	36,6	52,4	24,2	60,7	69,5
12	38,6	161,8	67,1	68,9	26,3	79,0
18	71,0	58,2	61,2	85,8	74,4	61,7

c. Limite de confiança atual ( $\bar{X} \pm lc$ ) e valor de n (número de repetições) ideal por tratamento (n ideal calculado para um lc estimado para um coeficiente de variação de 10% ou de 20% para cada coleta de cada tratamento: 20% entre parênteses).

Tempo (semanas)	$\bar{X} \pm$ limite de confiança atual			n ideal		
	I	II	III	I	II	III
	parte aérea					
8	5,9±3,0	3,7±1,5	2,9±1,7	126(31)	88(22)	182(45)
12	5,3±2,3	41,3±76,8	6,1±4,7	98(25)	1730(432)	297(74)
18	40,0±32,6	28,0±18,7	68,3±48,1	333(83)	223(56)	248(62)
	raiz					
8	1,4±0,4	0,5±0,3	0,4±0,3	39(10)	243(61)	319(80)
12	1,2±0,9	2,1±0,6	1,5±1,4	313(78)	46(11)	413(103)
18	11,4±11,2	3,9±3,3	9,6±6,8	487(122)	366(91)	252(63)

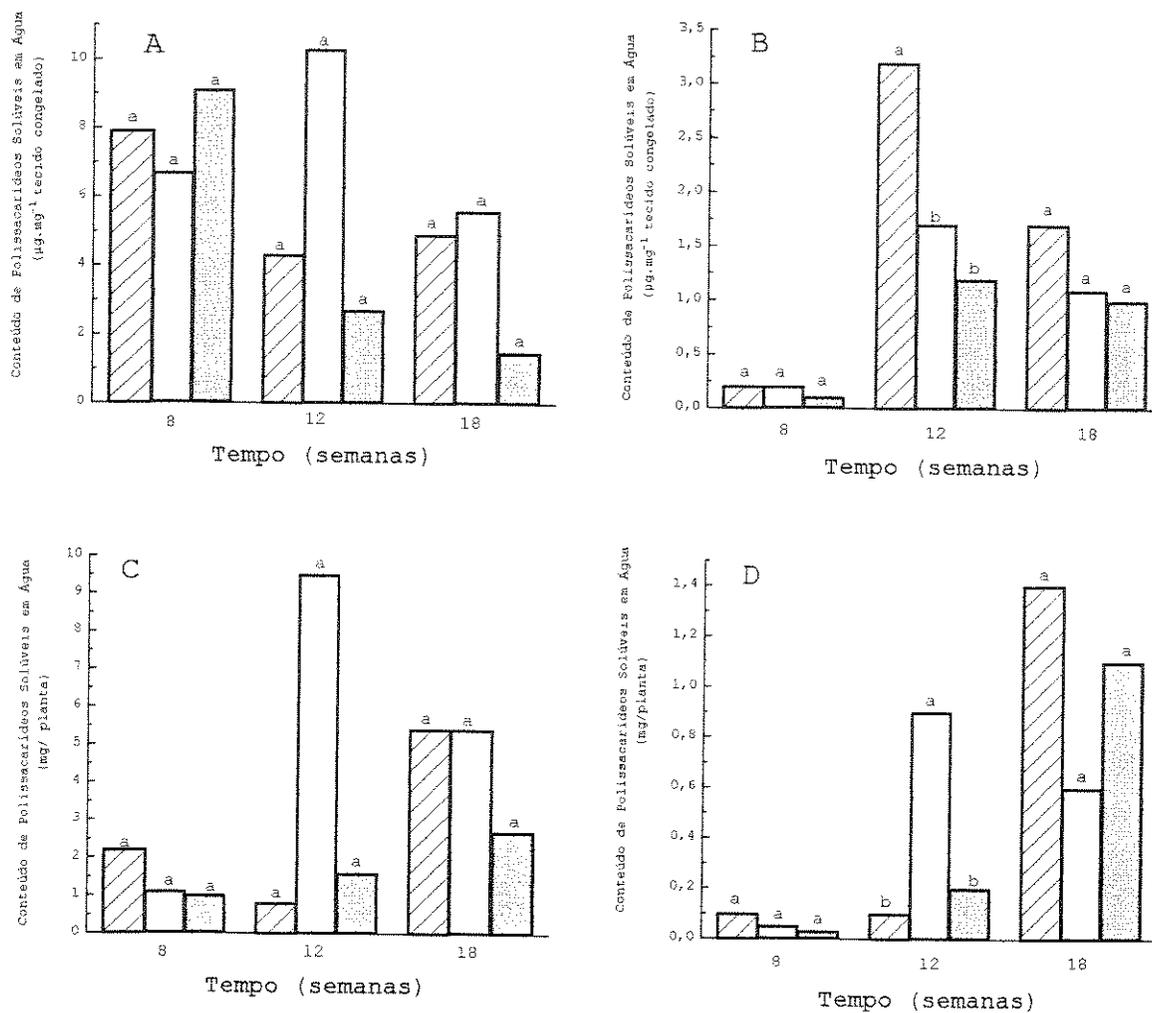


Figura 27: Conteúdo de Polissacarídeos Solúveis em água de plantas de *Qualea cordata* cultivadas em terras de diferentes procedências.

A. conteúdo relativo parte aérea.

B. conteúdo relativo raiz.

C. conteúdo total parte aérea.

D. conteúdo total raiz.

Letras indicam comparação entre os tratamentos por  $DMS_{5\%}$  (Tukey), em cada ponto de coleta.

-  cerrado Itirapina
-  cerrado Rodov. W, Luiz
-  mata Santa Genebra

Tabela 17: Coeficiente de variação (%) do experimento e dos tratamentos, limite de confiança (lc) atual e valor de n ideal para cada ponto mostrado na figura 27 (A e B).

Tratamentos: I - cerrado Itirapina; II - cerrado Rodov. W. Luiz; III - mata Santa Genebra.

a. Coeficiente de variação do experimento

Tempo (semanas)	coeficiente de variação (%)	
	parte aérea	raiz
8	29,2	49,9
12	151,2	26,7
18	71,5	70,9

b. Coeficiente de variação de cada tratamento

Tempo (semanas)	coeficiente de variação (%)					
	parte aérea			raiz		
	I	II	III	I	II	III
8	23,1	41,9	23,8	54,8	44,7	67,2
12	18,5	145,8	24,9	19,8	31,2	36,0
18	43,6	78,4	65,4	52,8	109,6	28,8

c. Limite de confiança atual ( $\bar{X} \pm lc$ ) e valor de n (número de repetições) ideal por tratamento (n ideal calculado para um lc estimado para um coeficiente de variação de 10% ou de 20% para cada coleta de cada tratamento: 20% entre parênteses).

Tempo (semanas)	$\bar{X} \pm$ limite de confiança atual			n ideal		
	I	II	III	I	II	III
	parte aérea					
8	7,9±2,1	6,7±3,2	9,1±2,5	35(9)	116(29)	37(9)
12	4,3±0,9	10,3±17,3	2,7±0,8	23(6)	1405(351)	41(10)
18	4,9±2,4	5,5±4,9	1,5±1,1	126(31)	407(102)	282(71)
	raiz					
8	0,1±0,06	0,2±0,1	0,1±0,08	198(50)	132(33)	298(75)
12	3,2±0,7	1,7±0,6	1,2±0,5	26(6)	64(16)	86(21)
18	1,7±1,0	1,1±1,4	1,0±0,3	185(46)	794(199)	55(14)

Tabela 18: Coeficiente de variação (%) do experimento e dos tratamentos, limite de confiança (lc) atual e valor de n ideal para cada ponto mostrado na figura 27 (C e D).

Tratamentos: I - cerrado Itirapina; II - cerrado Rodov. W. Luiz; III - mata Santa Genebra.

a. Coeficiente de variação do experimento

Tempo (semanas)	coeficiente de variação (%)	
	parte aérea	raiz
8	50,2	55,5
12	210,4	44,7
18	59,6	92,6

b. Coeficiente de variação de cada tratamento

Tempo (semanas)	coeficiente de variação (%)					
	parte aérea			raiz		
	I	II	III	I	II	III
8	35,1	70,9	61,6	48,4	48,3	80,5
12	44,7	150,5	81,0	25,5	32,7	61,1
18	54,7	61,3	54,3	93,0	134,7	53,4

c. Limite de confiança atual ( $\bar{X} \pm lc$ ) e valor de n (número de repetições) ideal por tratamento (n ideal calculado para um lc estimado para um coeficiente de variação de 10% ou de 20% para cada coleta de cada tratamento: 20% entre parênteses).

Tempo (semanas)	$\bar{X} \pm$ limite de confiança atual			n ideal		
	I	II	III	I	II	III
	parte aérea					
8	2,2±0,9	1,1±0,9	1,0±0,7	81(20)	332(83)	251(63)
12	0,8±0,4	9,5±16,4	1,6±1,5	132(33)	1497(374)	434(109)
18	5,4±3,4	5,3±3,7	2,7±1,7	198(49)	248(62)	195(49)
	raiz					
8	68,6±38,1	50,3±27,9	30,8±28,5	155(39)	155(38)	428(107)
12	137,2±40,2	867±326,3	236,6±166,3	43(11)	71(18)	247(62)
18	1415±1512,2	615,7±953,5	1064±653,1	571(143)	1199(300)	188(47)

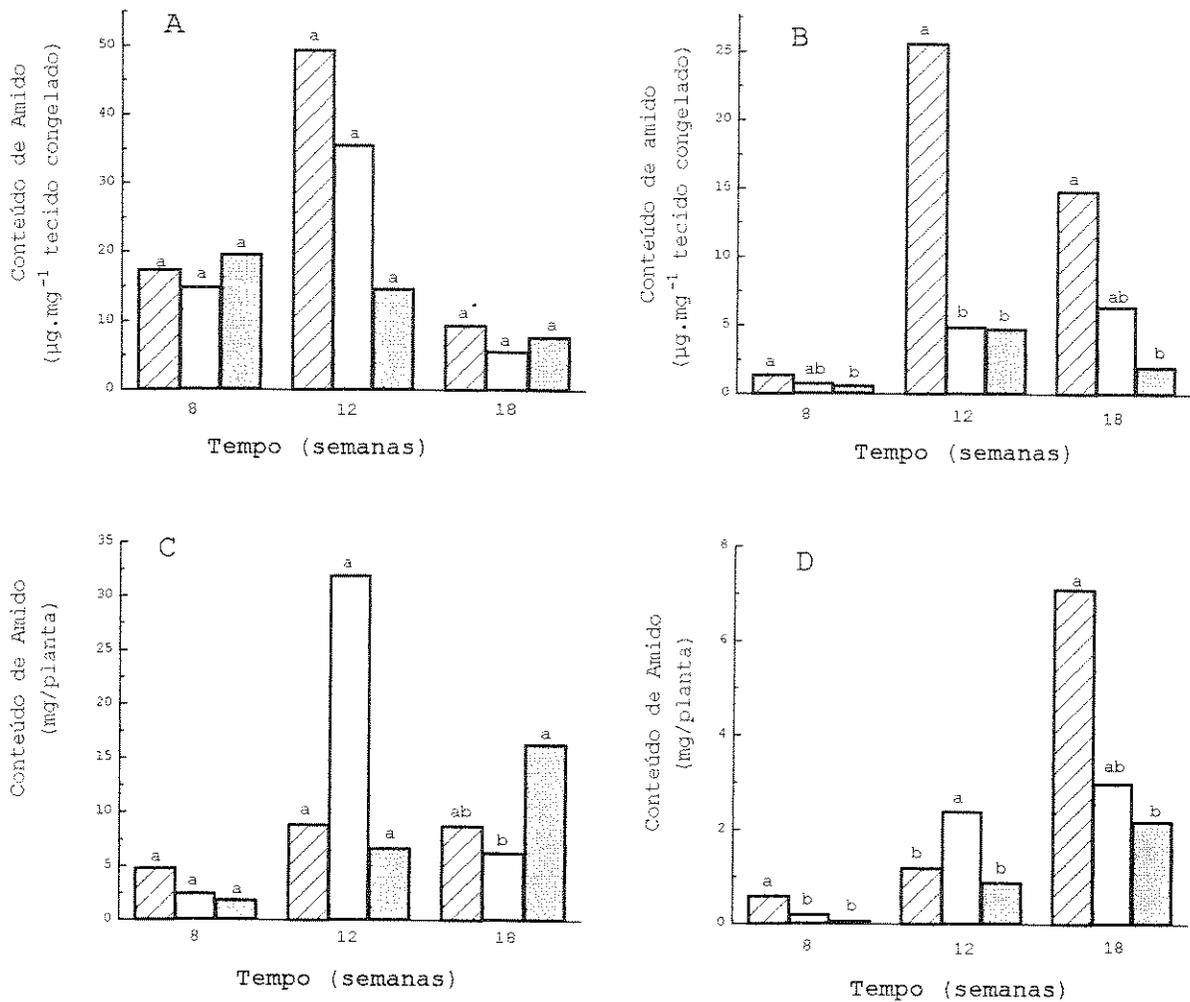


Figura 28: Conteúdo de amido em plantas de *Qualea cordata* cultivadas em terras de diferentes procedências. A. conteúdo relativo parte aérea. B. conteúdo relativo raiz. C. conteúdo total parte aérea. D. conteúdo total raiz. Letras indicam comparação entre os tratamentos por DMS<sub>5%</sub> (Tukey), em cada ponto de coleta.

 cerrado Itirapina  
 cerrado Rodov. W. Luiz  
 mata Santa Genebra

Tabela 19: Coeficiente de variação (%) do experimento e dos tratamentos, limite de confiança (lc) atual e valor de n ideal para cada ponto mostrado na figura 28 (A e B).

Tratamentos: I - cerrado Itirapina; II - cerrado Rodov. W. Luiz; III - mata Santa Genebra.

a. Coeficiente de variação do experimento

Tempo (semanas)	coeficiente de variação (%)	
	parte aérea	raiz
8	31,7	34,6
12	85,6	57,8
18	53,8	91,2

b. Coeficiente de variação de cada tratamento

Tempo (semanas)	coeficiente de variação (%)					
	parte aérea			raiz		
	I	II	III	I	II	III
8	42,3	0,04	28,8	31,0	40,1	30,2
12	14,6	0,54	49,7	44,9	33,9	35,8
18	69,5	0,54	32,7	76,3	70,2	18,2

c. Limite de confiança atual ( $\bar{X} \pm lc$ ) e valor de n (número de repetições) ideal por tratamento (n ideal calculado para um lc estimado para um coeficiente de variação de 10% ou de 20% para cada coleta de cada tratamento: 20% entre parênteses).

Tempo (semanas)	$\bar{X} \pm$ limite de confiança atual			n ideal		
	I	II	III	I	II	III
	parte aérea					
8	17,4±8,5	14,9±2,3	19,7±6,5	118(30)	12(3)	55(14)
12	49,4±5,7	35,6±55,4	14,7±8,4	14(3)	1210(302)	163(41)
18	9,4±7,5	5,7±13	7,8±2,9	320(80)	28(7)	70(18)
	raiz					
8	1,3±0,5	0,8±0,4	0,6±0,2	64(16)	106(27)	61(15)
12	25,6±13,2	4,9±1,9	4,8±2,0	134(33)	76(19)	85(21)
18	14,8±13,0	6,4±5,2	2,0±0,4	385(96)	325(81)	22(5)

Tabela 20: Coeficiente de variação (%) do experimento e dos tratamentos, limite de confiança (lc) atual e valor de n ideal para cada ponto mostrado na figura 28 (C e D).

Tratamentos: I - cerrado Itirapina; II - cerrado Rodov. W. Luiz; III - mata Santa Genebra.

a. Coeficiente de variação do experimento

Tempo (semanas)	coeficiente de variação (%)	
	parte aérea	raiz
8	46,5	52,2
12	191,9	44,4
18	52,0	67,1

b. Coeficiente de variação de cada tratamento

Tempo (semanas)	coeficiente de variação (%)					
	parte aérea			raiz		
	I	II	III	I	II	III
8	43,7	34,7	49,7	45,2	40,1	50,7
12	47,7	158,5	21,3	68,0	24,5	60,7
18	37,2	38,2	51,9	5,6	8,0	5,2

c. Limite de confiança atual ( $\bar{X} \pm lc$ ) e valor de n (número de repetições) ideal por tratamento (n ideal calculado para um lc estimado para um coeficiente de variação de 10% ou de 20% para cada coleta de cada tratamento: 20% entre parênteses).

Tempo (semanas)	$\bar{X} \pm$ limite de confiança atual			n ideal		
	I	II	III	I	II	III
	parte aérea					
8	4,8±2,4	2,5±1,0	1,9±1,1	126(31)	79(20)	163(41)
12	6,4±3,5	30,1±54,8	6,7±1,6	151(38)	1659(41 5)	30(7)
18	8,8±3,8	6,3±2,8	16,4±9,8	91(23)	97(24)	178(45)
	raiz					
8	566,1±294,1	216,1±99,6	149,4±87,1	135(34)	106(27)	170(42)
12	1234,2±964,6	2405,2±676,7	942,2±657,8	305(76)	39(10)	244(61)
18	7006,0±453,4	2960,0±273,7	2260,0±135,4	2(1)	4(1)	2(1)

terra do cerrado de Itirapina apresentaram um conteúdo relativo de amido superior às demais plantas (Figura 28B). O conteúdo total de amido foi maior para a raiz das plantas cultivadas em terra do cerrado às margens da rodovia, no período de 12 semanas (Figura 28D). No último período de análise (18 semanas), os conteúdos relativo e total de amido na raiz foram maiores para as plantas crescidas em terra do cerrado de Itirapina que os das plantas crescidas em terra da mata (Figura 28B e D). A variação dos dados referentes a açúcares solúveis, PSA e amido estão nas Tabelas 15, 16, 17, 18, 19 e 20.

A taxa média de crescimento relativo ( $\overline{TCR}$ ) da parte aérea das plantas cultivadas em terra de cerrado de Itirapina foi significativamente maior que a daquelas cultivadas em terra da mata de Santa Genebra, no período entre 5 e 8 semanas de desenvolvimento. Tal situação foi revertida no período seguinte (entre 8 e 12 semanas), quando as  $\overline{TCR}$ s das plantas cultivadas em terra da mata e do cerrado às margens da rodovia foram maiores que a apresentada por plantas crescidas em terra do cerrado de Itirapina a qual, inclusive, foi negativa. No último período de análise (entre 12 e 18 semanas), as plantas cultivadas em terra de cerrado às margens da rodovia apresentaram uma  $\overline{TCR}$  menor que a apresentada pelas plantas cultivadas em terra de Itirapina.

Com relação à  $\overline{TCR}$  das raízes, a situação foi a mesma observada para a parte aérea, com exceção do último período de análise, quando a diferença entre os valores foi significativa entre aqueles apresentados pelas plantas

cultivadas em terra da mata e as cultivadas em terra do cerrado às margens da rodovia (Figura 29B).

Em termos de eixo, entre 5 e 8 semanas, pode-se observar, pela Figura 30, que as plantas crescidas em terra de cerrado, seja de Itirapina ou da área às margens da rodovia, mantiveram uma  $\overline{\text{TCR}}$  maior que a apresentada pelas plantas crescidas em terra da mata. Estas, juntamente com as plantas crescidas em terra do cerrado às margens da rodovia, superaram as da terra de Itirapina, em termos de  $\overline{\text{TCR}}$  no período seguinte (8-12 semanas).

Quanto à taxa média de assimilação líquida ( $\overline{\text{TAL}}$ ), o quadro mostrou-se semelhante ao observado em termos de  $\overline{\text{TCR}}$  da planta como um todo, salvo o período entre 5 e 8 semanas em que os tratamentos apresentaram resultados diferentes entre  $\overline{\text{TCR}}$  e  $\overline{\text{TAL}}$ . Neste caso, em termos de  $\overline{\text{TAL}}$ , as plantas crescidas em terra de Itirapina apresentaram valores significativamente superiores aos apresentados pelas plantas crescidas em terra do cerrado às margens da rodovia, o que não se observou em relação à  $\overline{\text{TCR}}$  (Figura 31).

A taxa fotossintética média ( $\overline{\text{TF}}$ ) das plantas, sendo uma medida estimada, derivada dos valores de área foliar, assim como a  $\overline{\text{TAL}}$ , seguiu os mesmos padrões observados para esta medida, considerando-se as diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos (Figura 32).

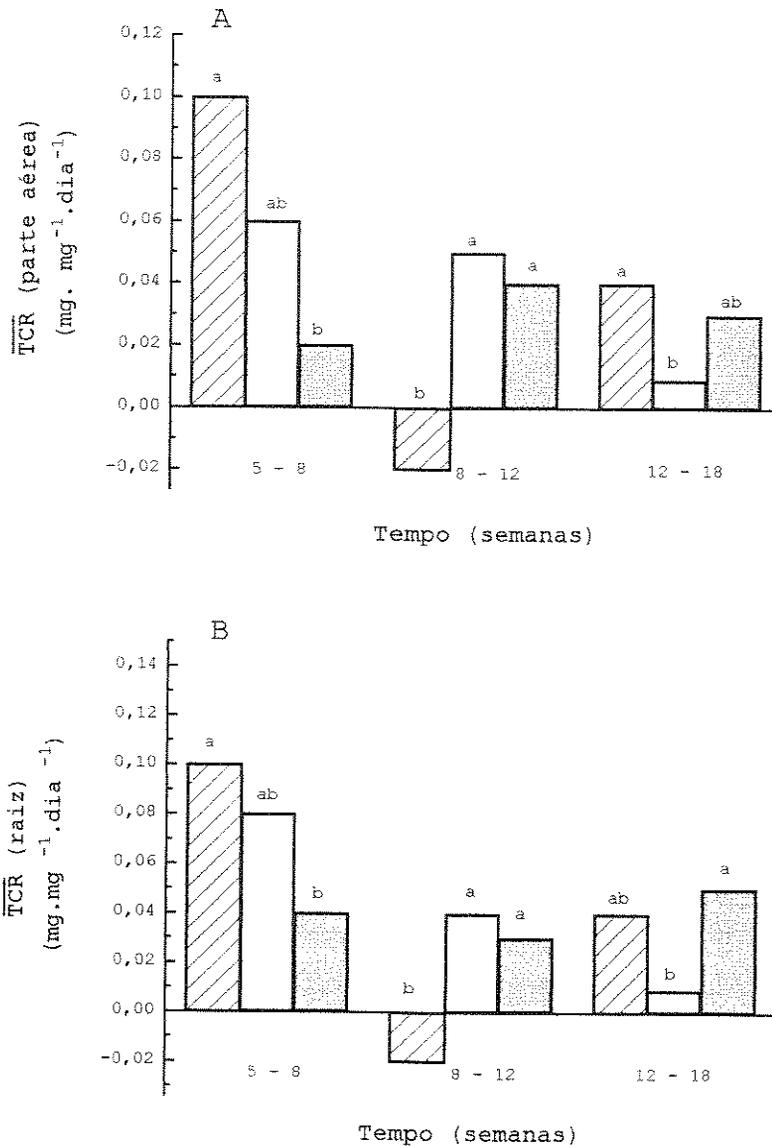


Figura 29: Taxa de crescimento relativo ( $\overline{\text{TCR}}$ ) da parte aérea (A) e da raiz (B) de plantas de *Qualea cordata* cultivadas em terras de diferentes procedências. Letras indicam comparação entre os tratamentos por DMS<sub>5%</sub> (Tukey), em cada intervalo de tempo.

-  cerrado Itirapina
-  cerrado Rodov. W. Luiz
-  mata Santa Genebra

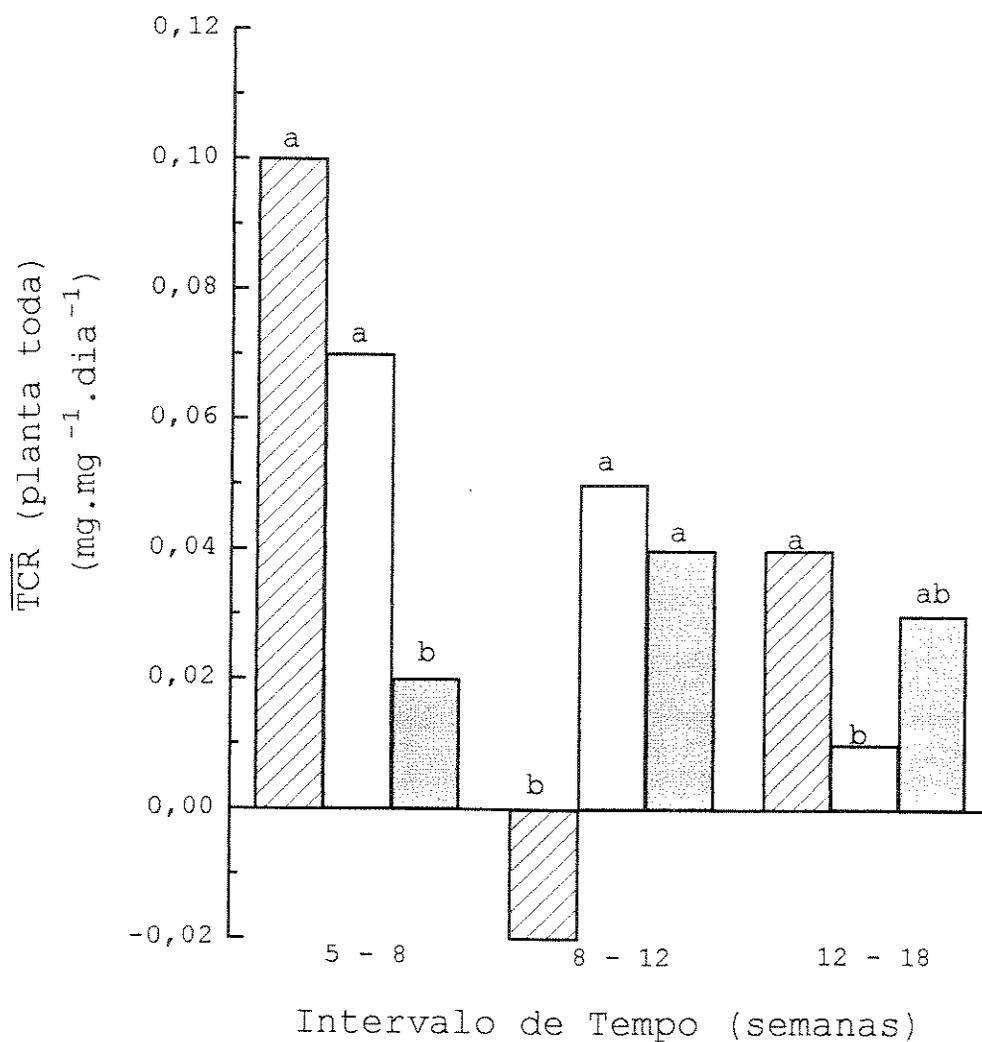


Figura 30: Taxa de crescimento relativo (TCR) de plantas de *Qualea cordata* cultivadas em terras de diferentes procedências. Letras indicam comparação entre os tratamentos por  $DMS_{5\%}$  (Tukey), em cada intervalo de tempo.

-  cerrado Itirapina
-  cerrado Rodov. W. Luiz
-  mata Santa Genebra

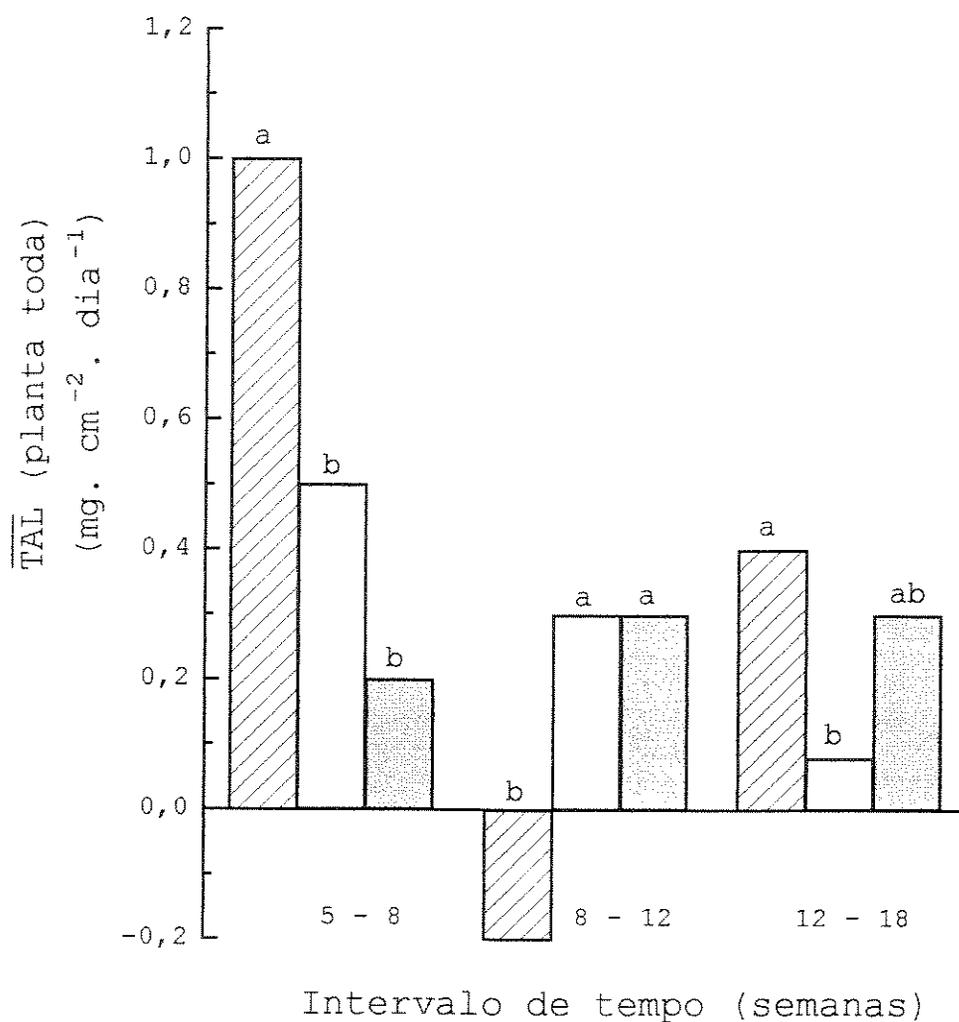


Figura 31: Taxa de assimilação líquida ( $\overline{TAL}$ ) de plantas de *Qualea cordata* cultivadas em terras de diferentes procedências. Letras indicam comparação entre os tratamentos por  $DMS_{5\%}$  (Tukey), em cada intervalo de tempo.

-  cerrado Itirapina
-  cerrado Rodov. W. Luiz
-  mata Santa Genebra

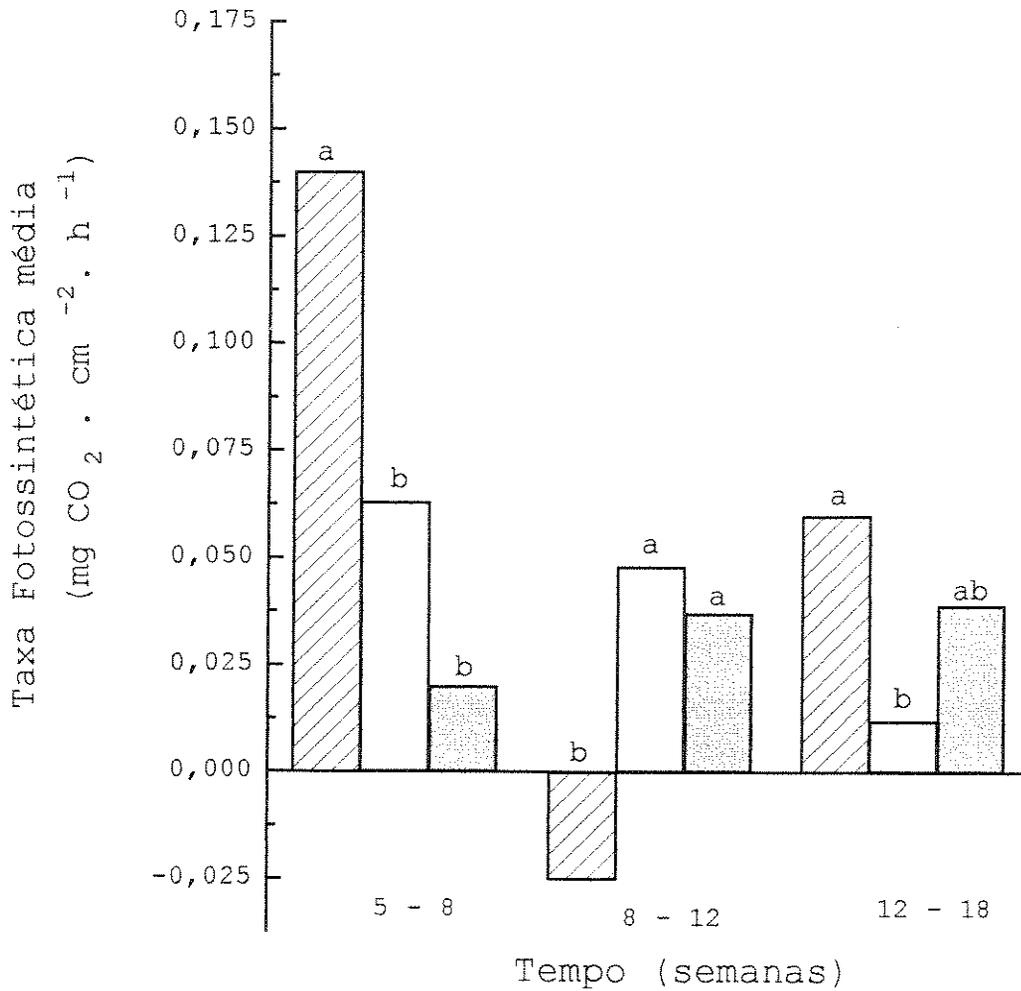


Figura 32: Taxa fotossintética média ( $\overline{\text{TF}}$ ) estimada de plantas de *Qualea cordata* cultivadas em terras de diferentes procedências. Letras indicam comparação entre os tratamentos por  $\text{DMS}_{5\%}$  (Tukey), em cada intervalo de tempo.

-  cerrado Itirapina
-  cerrado Rodov. W. Luiz)
-  mata Santa Genebra

Conteúdo da enzima ribulose bifosfato carboxilase  
(RUBISCO) em folhas jovens expandidas

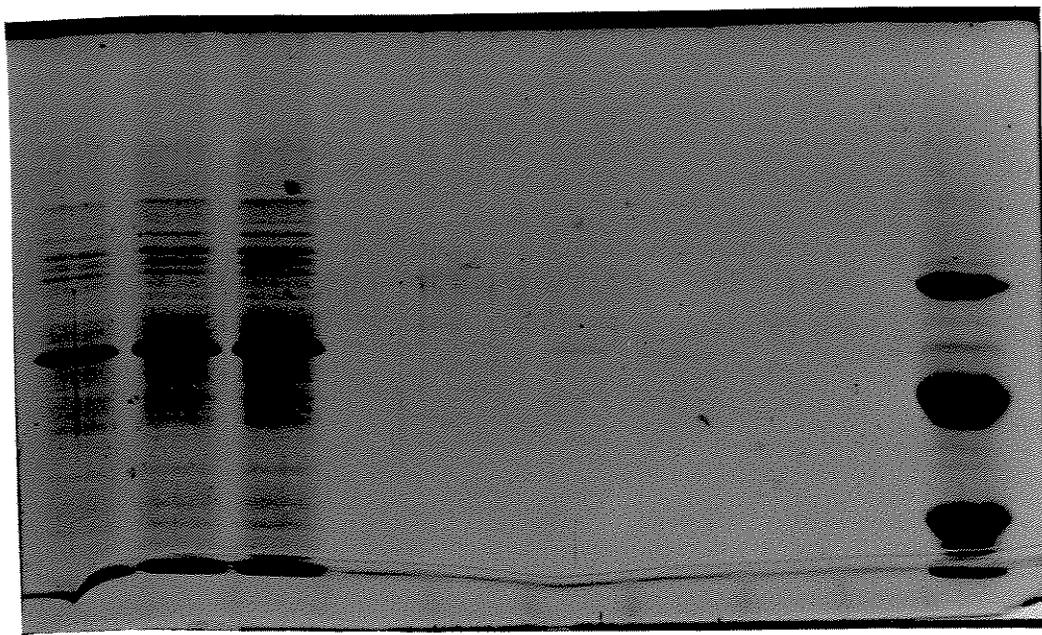
A extração e a dosagem da enzima RUBISCO mostraram que as folhas jovens expandidas de plantas de *Q. cordata*, crescidas em casa de vegetação, apresentaram valores de concentração desta enzima, em seus tecidos foliares, bastante inferiores aos apresentados pela espécie de mata aqui estudada, *E. leiocarpa*. A Figura 33 (A, B) mostra o padrão eletroforético das bandas de RUBISCO para ambas as espécies, considerando-se dois métodos de coloração diferentes. A partir disto, foram calculadas as concentrações de RUBISCO nos tecidos foliares das duas espécies, o que confirmou os baixos valores apresentados pela espécie *Q. cordata* (Tabela 21).

E E E Q Q Q

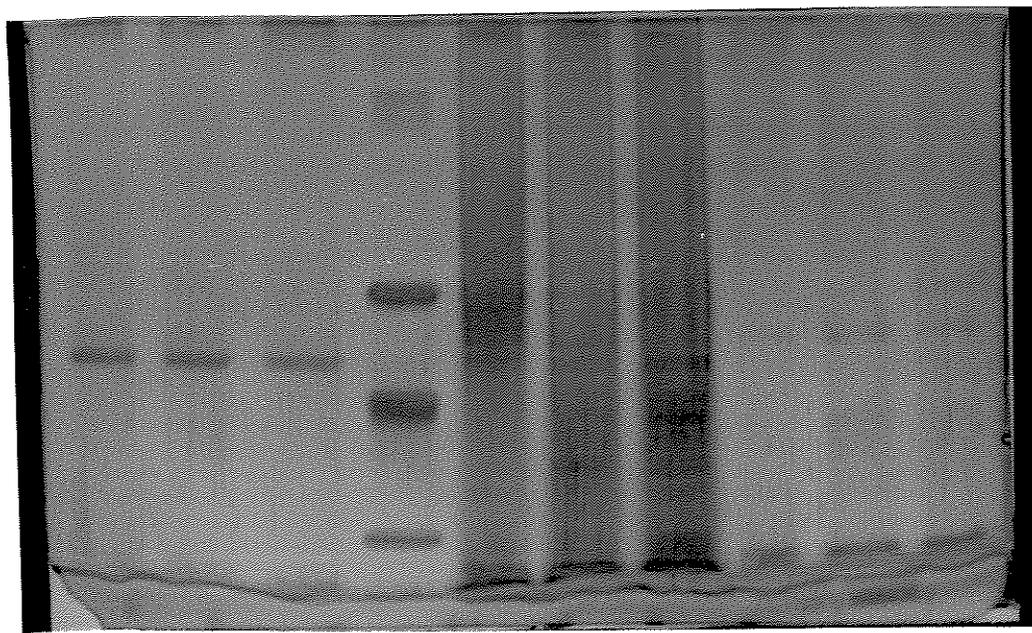
P

96

A



B



Q Q Q P E E E

Figura 33: Géis de poliacrilamida utilizados em eletroforese para a determinação do conteúdo de RUBISCO (49kDa) em tecidos foliares de *Qualea cordata* e *Esembeckia leiocarpa*.

Coloração com coomassie brilliant blue (A) e com prata (B).

Q = *Q. cordata*

E = *E. leiocarpa*

P = Padrão (Quimotripsinogênio - 25kDa;

Ovoalbumina - 43kDa;

Albumina de Soro Bovina - 67kDa)

Tabela 21: Concentração de proteínas e da enzima RUBISCO em tecidos foliares de plantas de *Qualea cordata* e *Esembeckia leiocarpa*. ( $\bar{x} \pm 1c$ )

	Espécie	
	<i>Q. cordata</i>	<i>E. leiocarpa</i>
conteúdo de proteínas ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ tecido fresco)	7,6 $\pm$ 0,6	23,6 $\pm$ 1,9
conteúdo de RUBISCO ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ tecido fresco)	1,2 $\pm$ 0,09	14,0 $\pm$ 1,1

## 5. Discussão

A reprodução de espécies típicas do ambiente de cerrado foi, durante muito tempo, considerada como sendo predominantemente vegetativa. Esta caracterização passou a ser invalidada por LABOURIAU *et al.* (1964) que observaram sementes germinadas e germinando em condições naturais de cerrado, bem como a ocorrência de plantas jovens, de porte intermediário entre as plantas adultas e aquelas recém-emergidas. A partir disso, o estudo dos sistemas reprodutivos de espécies de cerrado tornou-se relevante pela necessidade de se conhecer a biologia reprodutiva das espécies, englobando aspectos de sucesso reprodutivo das mesmas.

Segundo RATHCKE & LACEY (1985), o estudo fenológico de uma espécie compreende a determinação das épocas de ocorrência dos eventos que acontecem durante o ciclo de vida das plantas, como florescimento, frutificação, dispersão e germinação.

Os dados sobre época e forma de dispersão de sementes observados para *Q. cordata* são coerentes com o proposto por GOTTSBERGER & SILBERBAUER-GOTTSBERGER (1983) a respeito da relação entre anemocoria e sazonalidade de dispersão. Segundo esses autores, normalmente as espécies anemocóricas apresentam dispersão de suas sementes no final da estação seca. De acordo com os dados sobre a frutificação e dispersão de espécies do cerrado, aquelas dispersas durante a estação seca germinam prontamente, já que a proximidade da estação

chuvosa assegura boas condições para o estabelecimento da plântula. Tal mecanismo seria o que ocorre com *Q. cordata* e, também, com outras espécies de cerrado com sementes aladas como, por exemplo, *Kielmeyera coriacea* e *K. speciosa*, espécies anemocóricas, dispersas no final da estação seca (setembro-outubro), cujas sementes não apresentam período de dormência (OLIVEIRA & SILVA, 1993). As sementes dispersas durante a estação chuvosa, em sua maioria zoocóricas, normalmente apresentam períodos de dormência, que podem ser considerados longos. Assim a plântula não passa por um período de privação hídrica em fases críticas do seu desenvolvimento; isto garante um suprimento hídrico satisfatório durante o estabelecimento, ocorrendo a germinação das sementes na estação chuvosa seguinte àquela em que houve dispersão (FRANKIE et al., 1974). Dados sobre a fenologia de espécies de mata mostraram o mesmo padrão de dispersão, isto é, espécies anemocóricas sendo dispersas na estação seca e espécies zoocóricas na estação chuvosa (MORELATTO et al., 1989). Os autores mostram a existência de uma relação entre a queda de folhas e alguma atividade reprodutiva, principalmente em espécies anemocóricas que teriam suas sementes mais facilmente dispersas na ausência de folhas. GOLDENBERG (1994), ao estudar a biologia reprodutiva de espécies de Melastomataceae, no cerrado de Itirapina, SP, constatou uma concentração de espécies com frutificação entre meados da estação chuvosa e início da estação seca, sugerindo ser este um padrão seguido por espécies zoocóricas, no que diz respeito à sazonalidade da dispersão de sementes. Tal

observação também foi feita por OLIVEIRA (1991) que estudou a biologia reprodutiva de uma comunidade de espécies lenhosas do cerrado de Brasília, DF. A característica de um longo período para o desenvolvimento dos frutos de algumas espécies de cerrado parece estar relacionada com um processo adaptativo para a promoção da dispersão das sementes em uma época propícia ao estabelecimento.

Algumas espécies já foram investigadas do ponto de vista reprodutivo como, por exemplo, a leguminosa *Dalbergia miscolobium* Benth. que, segundo SASSAKI (1995), apresenta a fecundação cruzada como o sistema reprodutivo vigente dentro da espécie. De acordo com a autora, em populações vegetais que comumente se reproduzem por mecanismos vegetativos, tal observação é de indiscutível importância como uma contribuição da variabilidade genética das mesmas.

As taxas de maturação de frutos a partir de polinização natural foram consideravelmente baixas nos dois anos em que se fez o acompanhamento de plantas de *Q. cordata* no campo. BARBOSA (1983) verificou taxas baixas de frutificação em outras espécies de *Qualea* (*Q. grandiflora*, *Q. multiflora* e *Q. parviflora*). A baixa produção de frutos maduros é citada como frequente para várias espécies de cerrado como também, para espécies de outras formações vegetais (BAWA & WEBB, 1984; BAWA *et al.*, 1985; OLIVEIRA, 1991; OLIVEIRA & SILVA, 1993). Alguns autores relacionam taxa alta de aborto de frutos jovens com a insuficiência de nutrientes e fotoassimilados para a manutenção do desenvolvimento de todos os frutos iniciados. Isto foi demonstrado para algumas espécies

herbáceas como *Cassia fasciculata* (LEE & BAZZAS, 1982), *Lotus corniculatus* (STEPHENSON, 1984) e para espécies lenhosas estudadas por BAWA & WEBB (1984). SASSAKI (1995) verificou que entre os frutos jovens de *Dalbergia miscolobium* abortados, havia maior frequência de frutos não danificados. A autora apoia-se na idéia proposta por STEPHENSON (1981) de que o aborto de frutos não danificados ocorre antes do período de máximo investimento de recursos, o que asseguraria a disponibilidade de mais recursos para os frutos restantes. Os frutos não abortados quando jovens seriam aqueles formados por pólen viável, ou seja, de maior vigor genético. Estes, vindo a ser predados, são abortados.

Segundo BAWA (1974), uma espécie pode ser considerada autoincompatível se a produção de frutos nas polinizações cruzadas ultrapassar cinco vezes a produção de frutos nas auto-polinizações.

O fato de os frutos de *Q. cordata*, desenvolvidos a partir do tratamento de autopolinização artificial não terem chegado à maturação sugeriu um mecanismo de "autoincompatibilidade tardia", em que há uma rejeição pós-zigótica (SEAVEY & BAWA, 1986), já que foi possível a visualização do zigoto em óvulos de pistilos autopolinizados. Este mecanismo de auto-incompatibilidade aparece também em outras espécies como, por exemplo, *Vellozia squamata*, (OLIVEIRA et al., 1991) e *Dalbergia miscolobium* (SASSAKI, 1995), ambas de ocorrência registrada em ambientes de cerrado, *Aspidosperma macrocarpum*, *Hymenaea stignocarpa*, *Sclerolobium paniculatum* e *Vellozia squamata* (OLIVERA, 1991).

Segundo GIBBS & BIANCHI (1993), que observaram um sistema de autoincompatibilidade tardia em *Tabebuia ochracea* e *T. caraiba*, os óvulos autofecundados podem liberar um "sinal de rejeição", ou seja, um sinal hormonal diferente do que seria liberado por óvulos sujeitos à fecundação cruzada, para a planta mãe, causando sua rápida abscisão, mesmo tendo, aparentemente, iniciado um desenvolvimento normal.

O sistema de autoincompatibilidade por bloqueio do crescimento do tubo polínico, a nível de estigma ou estilete, tem suas bases genéticas bem definidas, envolvendo alelos múltiplos de um gene de incompatibilidade que controla o bloqueio do tubo polínico nas regiões do estigma e do estilete. Por outro lado, o sistema de autoincompatibilidade no nível de ovário ou de óvulo é pouco definido (SAGE et al., 1993). Segundo BARRETT (1988), algumas formas de sistema de auto-incompatibilidade a nível de ovário podem ter se originado a partir de um sistema ancestral mais familiar, o qual teria reações de rejeição no estigma ou no estilete. Sistemas de autoincompatibilidade com manifestações de rejeição no óvulo ou no zigoto parecem ser comuns em espécies arbóreas tropicais (BAWA et al., 1985). Embora não existam estudos sobre o controle genético de mecanismos de autoincompatibilidade de ação tardia (GIBBS & BIANCHI, 1993), pode-se inferir, aqui, que *Q. cordata* apresenta um mecanismo de eliminação de "genes não favoráveis à espécie" que é assegurado pelo aborto de embriões formados a partir de autopolinização, quando a possibilidade do encontro de genes deletérios recessivos é consideravelmente alta em relação a

embriões formados de polinizações cruzadas. Considerando a hipótese de (BARRETT, 1988) de que as formas de autoincompatibilidade em nível de ovário teriam se originado de formas ancestrais, de atuação em nível de estigma ou estilete, *Q. cordata* estaria, atualmente, apresentando o resultado de um processo evolutivo que teria encaminhado a espécie para um maior sucesso reprodutivo, ao longo de sua existência, possibilitando-a vencer algumas das diversas pressões seletivas vigentes num ambiente adverso ao desenvolvimento vegetal como é o cerrado. Neste processo evolutivo algumas estratégias visando a promoção da polinização cruzada já se fazem presentes como, por exemplo, a síndrome de enantiostilia em que a própria disposição de gineceu e androceu, em flores diferentes, faz com que a possibilidade de troca de grãos de pólen seja ampliada.

Algumas espécies do gênero *Qualea* parecem apresentar um amadurecimento tardio de seus óvulos. Os tubos polínicos desenvolvem-se rapidamente através do estilete destas espécies porém, segundo OLIVEIRA (1991), ocorre, de maneira peculiar, uma estratégia de ajuste do momento da penetração pelo tubo polínico com a maturação dos óvulos. O enrolamento de tubos polínicos observado em pistilos de *Q. cordata* sugere algum tipo de estratégia neste sentido. Segundo GIBBS (comunicação pessoal), o enrolamento de tubos polínicos pode ser devido a sinais químicos inadequados do óvulo imaturo, os quais estariam direcionando o crescimento dos tubos polínicos em direção à micrópila nos estádios finais de maturação desses óvulos.

O baixo número de sementes viáveis em relação ao de sementes inviáveis encontrado em cada fruto de *Q. cordata* analisado, poderia estar relacionado simplesmente com o posicionamento dos óvulos no ovário, uma vez que as sementes viáveis, invariavelmente, foram encontradas na porção proximal dos frutos, o que estaria proporcionando um favorecimento dos óvulos em termos de alocação de recursos para o seu desenvolvimento (GODOY, 1991). Considerando-se, porém, a penetração de óvulos localizados na porção distal do ovário, a qual esteve quase sempre presente entre os pistilos analisados, pode-se relacionar este fator de alocação de recursos com o atraso no desenvolvimento dos tubos polínicos na porção final do estilete. SASSAKI (1995) observou o aborto de uma das sementes contida nos frutos de *Dalbergia miscolobium*. Segundo a autora, embora a semente abortada corresponda ao óvulo mais próximo da fonte de suprimento nutricional no fruto (posição basal), o atraso na penetração deste óvulo, mais distante do estigma, estaria proporcionando uma "vantagem" ao óvulo apical que, sendo penetrado antes, poderia iniciar seu desenvolvimento, alocando, para isso, a maior parte dos recursos e tornando-os insuficientes para o desenvolvimento do outro óvulo, penetrado posteriormente. No caso de *Q. cordata*, além dos óvulos correspondentes às sementes viáveis no fruto estarem mais próximos da fonte de recursos, a penetração destes pelo tubo polínico estaria ocorrendo de maneira preferencial em relação aos demais, devido ao enrolamento dos tubos polínicos na base do estilete, provocado por um suposto sinal químico emitido

pelos óvulos imaturos. Assim, considerando o posicionamento do óvulo em relação à fonte de recursos, como, também, a penetração pelo tubo polínico ocorrida anteriormente, os óvulos localizados na porção proximal do fruto estariam sendo favorecidos.

As sementes viáveis de *Q. cordata* não apresentam dormência e a 25°C germinam cinco dias após o início da embebição (GODOY & FELIPPE, 1992a).

As formações de cerrado estão sujeitas às condições edáficas peculiares da região, tais como uma acidez marcante e uma deficiência de nutrientes acompanhadas de altos teores de alumínio. Tais condições são mais ou menos acentuadas, dependendo do tipo de cerrado que se considera (FERRI, 1975; LOPES & COX, 1977). As camadas superficiais dos solos sob cerrado apresentam uma deficiência de água que atua como mais uma condição adversa ao estabelecimento das plântulas, as quais, muitas vezes, apresentam uma razão raiz: parte aérea alta, o que lhes possibilita alcançar rapidamente as porções mais profundas do solo que são permanentemente úmidas (RIZZINI, 1965).

Em vista deste quadro e levando-se em conta a riqueza de espécies das vegetações de cerrado (FURLEY & RATTER, 1988), além do estudo da biologia da reprodução, o estudo do desenvolvimento inicial das plântulas de espécies características desta formação vegetal tornou-se de grande importância, principalmente no que se refere ao reconhecimento das diferentes estratégias de que dispõem tais

espécies para a viabilização de seu estabelecimento no ambiente.

Avaliando-se o desenvolvimento de plântulas de *Q. cordata* sob o efeito da adição de nutrientes, verificou-se que houve uma indiferença por parte das plântulas aos tratamentos, até a 9ª semana de crescimento. A partir de então, a solução nutritiva -P passou a exercer um efeito promotor do crescimento das plântulas, fato este que coincidiu com a época em que houve a queda dos cotilédones das mesmas. O efeito desta solução nutritiva sobre o crescimento, em comprimento, foi promotor, no que diz respeito à raiz, em relação às plantas tratadas com H<sub>2</sub>O, ou seja, sem a adição de nutrientes ao substrato. Já em termos de massa de matéria seca, tal efeito foi verificado, também para a raiz, em relação às plantas tratadas com solução nutritiva completa. É importante observar que as condições químicas apresentadas pela terra utilizada como substrato neste experimento podem ter exercido um papel limitante ao aproveitamento dos nutrientes adicionados ao substrato por parte das plantas, já que a adição da solução nutritiva não alterou significativamente o índice de acidez natural apresentada pela terra (Tabela 1). A limitação, neste caso, estaria sendo provocada pela fração de alumínio na forma de cátion trocável (Al<sup>+3</sup>) que aparece em condições de acidez acentuada (RAIJ, 1983). Também em pH baixo, os elementos fósforo e molibdênio deixam de estar disponíveis para as plantas (COELHO & VERLENGIA, 1973). PÉREZ-CORONA & VERHOEVEN (1996) concluíram, a partir dos resultados obtidos com o

tratamento de plantas de três espécies de *Carex* com diferentes níveis de suprimento de **P** ao solo, que outros fatores, além da concentração deste elemento, podem interferir no desenvolvimento das plantas como, por exemplo, a quantidade de matéria orgânica presente no solo que, segundo RAIJ (1983) quanto maior for, mais acidez potencial (H+Al) deverá ser apresentada pelo solo. Verificando-se os valores apresentados na Tabela 1, nota-se que, com a adição de solução nutritiva, o nível, em porcentagem, de matéria orgânica praticamente dobrou em relação ao nível naturalmente apresentado pela terra de cerrado utilizada neste experimento. Deve-se, portanto, considerar esta possibilidade de influência para este experimento ao avaliar os resultados obtidos para *Q. cordata*, ainda que os valores de acidez potencial tenham permanecido inalterados entre as duas análises da terra do cerrado de Itirapina (com e sem adição de nutrientes). Mesmo assim, considerando-se que solos distróficos como o do cerrado contêm níveis baixos de **P**, e que a solução nutritiva de Hoagland oferece níveis deste elemento muito acima daqueles aos quais as espécies típicas do ambiente estão adaptadas, pode-se interpretar como coerente o fato de, em termos de massa de matéria seca, a solução nutritiva -**P** ter sido promotora do desenvolvimento da raiz das plantas, em detrimento das mesmas tratadas com solução nutritiva completa. Segundo FELIPPE & DALE (1990), o crescimento de *Q. grandiflora* não se torna mais rápido pela adição de **P** ao substrato em níveis mais elevados aos quais a espécie está adaptada. Os autores observaram que, em termos

de massa de matéria seca, plantas de *Q. grandiflora* tiveram um crescimento mais efetivo quando não receberam **P** no substrato. A diferença entre os tratamentos foi observada 52 dias após o início do experimento. Segundo os autores, até esta data o crescimento em massa de matéria seca é independente do suprimento externo de **P**, provavelmente porque a concentração deste elemento nos cotilédones é suficiente para as necessidades mais imediatas da planta.

O sistema radicular das plantas é fortemente influenciado pelo suprimento mineral. O efeito depende da faixa de concentração de nutrientes e das condições ambientais (SATTELMACHER *et al.*, 1993). A razão entre raiz e parte aérea das plantas de *Q. cordata*, em termos de massa de matéria seca, mostra coerência com o proposto por WILSON (1988) que afirma ser o valor desta razão tanto mais alta quanto maior for o grau de deficiência de um determinado nutriente no solo. SASSAKI (1995) verificou, em plantas de *Dalbergia miscolobium*, também uma espécie típica de cerrado, um maior investimento em crescimento da raiz, nos casos de deficiência mineral. Esta foi a única ocasião em que a adição de solução nutritiva completa ao substrato de crescimento de *Q. cordata* teve efeito significativo sobre os demais tratamentos. Embora, separadamente, não tenham sido verificadas quaisquer diferenças significativas entre o tratamento com solução nutritiva completa e as plantas controle (tratadas sem a adição de nutrientes), ao se avaliar os valores de razão entre raiz e parte aérea das plantas, pôde-se verificar que, com a adição de nutrientes, houve um

maior investimento em crescimento da parte aérea, em relação à raiz, em termos de massa de matéria seca. Isto coincide com o observado para outras espécies de cerrado como *Q. grandiflora* (PAULILO & FELIPPE, 1995) e *Dalbergia miscolobium* (SASSAKI, 1995), em que os autores observaram maior desenvolvimento das plantas com a adição de nutrientes.

Por outro lado, a  $\overline{TCR}$  da parte aérea das plantas de *Q. cordata* tratadas com solução nutritiva completa mostrou que estas sofreram um efeito negativo da adição de nutrientes em relação à adição de solução nutritiva  $-P$  mas não em relação à parte aérea das plantas tratadas com água. Considerando-se a raiz e a planta como um todo, não se observa efeito dos tratamentos. Plantas de *Q. grandiflora* tiveram maior  $\overline{TCR}$  quando foi adicionada solução nutritiva de Hoagland a 50%, em relação às plantas tratadas com água (PAULILO, 1991). Segundo a autora, este fato foi consequência da maior  $\overline{TAL}$  apresentada pelas plantas tratadas com solução nutritiva. Para *Q. cordata*, os valores de  $\overline{TAL}$  não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos assim como ocorreu quando se avaliou a  $\overline{TCR}$  da planta como um todo. Os valores negativos observados para  $\overline{TCR}$  das plantas refletem um problema de amostragem, embora a análise estatística tenha apontado uma diferença significativa entre os tratamentos. Tal problema é compreensível quando se trata de um método de medida destrutivo como o que está em questão. Portanto, mesmo que as plantas tratadas com água e com solução nutritiva completa tenham apresentado valores de  $\overline{TCR}$  inferiores aos daquelas tratadas com solução nutritiva  $-P$ , deve-se considerar a

possibilidade de ocorrência de um problema de amostragem antes de se afirmar que os tratamentos tenham exercido efeito tão negativo a ponto de provocar a redução da massa de matéria seca das plantas. É importante reforçar esta idéia pelo fato de que não foi verificada queda de folhas no período em que os valores das taxas foram negativos, o que poderia explicar tal redução.

De acordo com HENRY & RAPER (1991), o crescimento foliar pode ser afetado negativamente pela escassez de nitrogênio no solo, o que estaria comprometendo a eficiência fotossintética da planta no tocante à expansão de suas folhas para o aumento da captação de energia destinada à promoção do processo fotossintético. No caso de *Q. cordata*, a área foliar das plantas não sofreu qualquer influência que fosse estatisticamente significativa, a partir dos tratamentos diferenciados em termos de suprimento nutricional. Também de forma não esperada, a  $\overline{TF}$  das plantas só apresentou diferença significativa no último período de análise, quando as plantas tratadas com solução nutritiva -P apresentaram valores maiores que as plantas submetidas aos demais tratamentos, inclusive aquele em que as plantas foram tratadas com solução nutritiva completa. Em algumas espécies foi verificada uma indiferença ao tratamento de aumento do suprimento nutricional quanto à taxa fotossintética. É o caso de *Quercus michauxii* que contrariamente ao observado em *Quercus nigra*, não apresentou diferença em sua taxa fotossintética quando tratada com nutrientes em relação às plantas controle. Por outro lado, a espécie *Carpinus caroliniana* apresentou uma queda

em sua taxa fotossintética em função de um maior suprimento nutricional (VAITKUS *et al.*, 1993). Em *Qualea grandiflora*, PAULILO *et al.* (1993) verificaram um aumento da fotossíntese a partir da adição de solução nutritiva ao substrato de crescimento das plantas.

Os dados de conteúdo de nitrogênio em *Q. cordata* mostraram que, em termos de conteúdo relativo ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  matéria seca), um maior suprimento de nutrientes favorece a maior captação do elemento, tanto por parte da raiz como da parte aérea. Já em termos de conteúdo total ( $\text{mg}/\text{planta}$ ), não houve resposta diferenciada em função do tratamento. Na verdade, considerando-se os dois aspectos, pode-se inferir que o fornecimento de nutrientes não teve influência efetiva no processo de alocação de nitrogênio entre raiz e parte aérea e, conseqüentemente, de proteínas, cujos teores foram calculados a partir das dosagens de nitrogênio total. Isto pelo fato de as plantas não terem mostrado resposta aos tratamentos no que diz respeito ao conteúdo total de nitrogênio, ou seja, o desenvolvimento das plantas, em aquisição de massa de matéria seca, a partir de um maior fornecimento de nutrientes, foi menor que nos demais tratamentos. Portanto, como conseqüência, o teor relativo de nitrogênio nestas plantas foi maior que nas demais, uma vez que todas mantiveram os mesmos níveis de captação do elemento. De maneira geral, o teor de nitrogênio sempre foi maior na parte aérea do que na raiz, podendo esta diferença chegar a ser de até cinco vezes. Em outras espécies de cerrado como, por exemplo, *Dalbergia miscolobium*, esta

relação é inversa ao observado neste trabalho para *Q. cordata*, ou seja, o conteúdo de nitrogênio chegou a ser quatro vezes maior na raiz do que na parte aérea.

O estudo do efeito de substratos diferentes no desenvolvimento das plântulas teve o mesmo princípio daquele em que foram adicionados nutrientes às plantas, ou seja, verificar a influência de diferentes níveis de suprimento nutricional sobre o desenvolvimento das plantas. Isto porque os substratos utilizados apresentam diferenças em termos de composição química como mostrado pela análise efetuada (Tabela 1). Neste aspecto, tem-se a terra da mata de Santa Genebra como o substrato potencialmente mais favorável ao desenvolvimento vegetal no que diz respeito a vários itens como, por exemplo, o teor de fósforo e de matéria orgânica. Avaliando-se, teoricamente, estes pontos, a terra do cerrado de Itirapina aparece como a menos favorável ao desenvolvimento de plantas e a terra do cerrado às margens da rodovia em um ponto intermediário, ou mesmo, de grande proximidade, em vários aspectos, com as características do solo da mata. A acidez potencial do solo resulta, segundo COELHO & VERLENGIA (1973), da parte não dissociada do hidrogênio e da quantidade de alumínio presente nos minerais de argila e óxidos de alumínio. Sendo assim, embora o teor de alumínio das terras analisadas não tenha sido quantificado, é possível inferir que a terra da mata de Santa Genebra apresente altos níveis de alumínio pelo fato de sua acidez potencial apresentar-se em um nível semelhante ao apresentado pela terra do cerrado de Itirapina. Segundo RAIJ (1983),

outro fator que pode também contribuir para o aumento da acidez potencial do solo é a quantidade de matéria orgânica. Segundo o autor, o processo de nitrificação, ocorrente durante a mineralização da matéria orgânica, é acidificante e, portanto, altos teores de matéria orgânica no solo são contribuintes significativos para o aumento da acidez potencial do mesmo.

Em termos de comprimento, da parte aérea ou da raiz, embora os substratos não tenham provocado uma diferença significativa nas medidas das plantas ao longo de todo o experimento, a terra proveniente do cerrado às margens da rodovia pareceu favorecer o desenvolvimento das plântulas quando completadas 12 semanas de crescimento. Quando no início do experimento, as plantas submetidas este tratamento apresentavam-se em uma situação oposta a esta, já que aquelas que cresciam em terras provenientes do cerrado de Itirapina e da mata de Santa Genebra apresentaram medidas significativamente superiores às primeiras. Este quadro foi revertido no decorrer do experimento, passando as plantas que cresciam em terra proveniente do cerrado às margens da rodovia a apresentarem valores superiores às demais. Considerando-se que este substrato corresponde ao mesmo em que a espécie ocorre naturalmente e de maneira singular no estado de São Paulo, seria coerente pensar que a espécie dispõe de estratégias próprias para o bom desenvolvimento de plântulas a partir das condições apresentadas pelo solo daquela região, embora não tenha sido observado o desenvolvimento das plântulas no campo. Tais considerações

são válidas também quando se leva em conta o parâmetro de massa de matéria seca das plantas. Nos dois casos, as medidas obtidas por ocasião da última análise apresentaram alta variação de dados e, portanto é difícil afirmar que a situação tenha se revertido, passando as plantas crescidas em terra da mata de Santa Genebra a apresentar valores de medidas superiores às demais, como sugere a tendência de traçado das curvas. Levando-se em conta a capacidade de troca catiônica e a saturação de bases apresentadas pela terra da mata de Santa Genebra, seria esperado que o crescimento das plantas cultivadas neste substrato em relação àquelas cultivadas em terra do cerrado de Itirapina, mas não àquelas crescidas em terra do cerrado às margens da rodovia cujos valores dos parâmetros citados são muito próximos aos apresentados em terra da mata de Santa Genebra.

No que diz respeito à razão raiz:parte aérea das plantas, os tratamentos de substratos diferentes não promoveram efeitos que provocassem diferenças significativas nos valores apresentados.

Os valores de área foliar (em termos de diferença significativa) das plantas crescidas em terra da mata de Santa Genebra nunca estiveram abaixo daqueles apresentados pelas plantas submetidas aos demais tratamentos. Paralelamente a esta observação tem-se que, tanto em termos de taxa média de crescimento relativo como de taxa média de assimilação líquida ou taxa fotossintética média, as plantas crescidas em terra da mata de Santa Genebra só estiveram abaixo das demais entre 8 e 12 semanas de experimento.

Segundo BEADLE (1986), a capacidade fotossintética da planta reflete a sua eficiência no sentido de produção de massa e, conseqüentemente, a sua taxa de crescimento. Assim, ainda que os dados de crescimento em comprimento e em massa de matéria seca não estejam coerentes com tal constatação, é válido observar que a terra da mata de Santa Genebra oferece melhores condições para que as plantas alcancem o seu potencial máximo de crescimento, e que, talvez, isto só pudesse ser confirmado, através dessas medidas, em período de experimentação mais longo que o considerado neste trabalho.

Em relação ao conteúdo de carboidratos nas plantas de *Q. cordata* observou-se que, em todos os casos, a parte aérea sempre apresentou maiores quantidades que a raiz. A variação entre os dados foi muito alta, o que tornou difícil a conclusão da influência dos tratamentos neste aspecto.

Os valores negativos de  $\overline{TCR}$ ,  $\overline{TAL}$  e  $\overline{TF}$  apresentados pelas plantas crescidas em terra do cerrado de Itirapina, no segundo período de análise, refletem, mais uma vez, o problema de amostragem já discutido anteriormente.

A quantificação da enzima RUBISCO em folhas novas de *Q. cordata* e *Esembeckia leiocarpa*, uma espécie característica de ambientes de mata, mostrou que esta última apresenta maior porcentagem da enzima em relação ao total do conteúdo de proteínas presente na folha. Enquanto *Q. cordata* apresentou, em média, 16% do total de proteínas correspondente à enzima RUBISCO, *E. leiocarpa* apresentou esta proporção ao redor de 59%.

PAULILO et al. (1994) observaram que a espécie *Qualea grandiflora* apresenta níveis de atividade da enzima RUBISCO semelhantes a várias espécies de coníferas já estudadas e, também, à espécie *Prunus avium* L.Stella. Os autores concluíram que o lento crescimento apresentado pela espécie não pode ser atribuído a uma capacidade baixa de assimilação de carbono por unidade de área foliar.

Considerando a afirmação de que o número reduzido de frutos produzidos por uma espécie em relação ao número de flores e, também, o grande número de frutos jovens abortados são consequência de uma escassez de nutrientes ((LEE & BAZZAS, 1982; STEPHENSON, 1984; BAWA & WEBB, 1984), conclui-se aqui que, embora isto possa ser verdade para a reprodução de *Q. cordata*, o crescimento inicial desta espécie não é afetado pela adição de nutrientes ao seu substrato.

A variação estatística encontrada nos dados obtidos neste trabalho limitou, em muito, a conclusão dos fatos. As tabelas elaboradas em função de cada figura que representa dados não derivados teve como objetivo mostrar que os altos valores de coeficiente de variação encontrados eram inevitáveis em função da necessidade de se aumentar o número de repetições, a ponto de tornar os experimentos fisicamente inviáveis, para que os coeficientes de variação fossem reduzidos. Considerando-se que o coeficiente de variação ao nível de 10% é considerado ideal para experimentos conduzidos em condições controladas e que, em condições de campo, este índice passa a 20% pode-se, através da observação dos valores apresentados nas tabelas, concluir que a validade das

conclusões tiradas a partir de muitos casos, é passível de questionamento. Como existe uma relação inversa entre o limite de confiança e o número de repetições da amostra, fica implícito que quanto maior o número de repetições, menor o limite de confiança da amostra. Diminuindo-se este valor, a amostra torna-se mais uniforme, sendo que a média retrata com maior fidelidade o resultado de um determinado tratamento sobre as plantas ou seja, a variação entre os dados é reduzida. Para que isto fosse implantado de maneira eficaz neste trabalho, de modo que o coeficiente de variação das amostras ou dos experimentos fosse reduzido a um nível aceitável (10% ou 20%) haveria a necessidade de se aumentar o número de repetições em uma escala tal que inviabilizaria por completo o trabalho. Um exemplo disso pode ser observado entre os dados de conteúdo total de açúcares solúveis em plantas cultivadas em substratos de diferentes procedências (Figura 29C). Embora a figura, aparentemente, indique que o conteúdo total de açúcares solúveis nas plantas crescidas em terra do cerrado às margens da rodovia é maior que aquele apresentado pelas demais plantas, a análise estatística indica que a diferença entre os dados não é significativa e, portanto, não se pode concluir que tenha havido qualquer efeito deste tratamento no teor de carboidratos. Analisando-se a Tabela 15, pode-se verificar que o coeficiente de variação do experimento atingiu 144,2%, o que é indiscutivelmente inaceitável, seja para condições de laboratório ou de campo. Para que este coeficiente fosse reduzido a níveis aceitáveis, haveria a necessidade de se

aumentar o número de repetições para 1609 plantas, no caso de um coeficiente de 10%, ou para 402 plantas, no caso de um coeficiente de 20%. Estes números foram estimados, considerando que o limite de confiança real existente entre as amostras fosse reduzido de  $44,9 \pm 80,6$  (Tabela 15) para  $44,9 \pm 4,5$  (considerando que o coeficiente de variação ideal seria correspondente a 10%) ou para  $44,9 \pm 9,0$  (para um coeficiente de variação de 20%). Sabendo-se que a análise de variância exige que todos os tratamentos em questão apresentem um mesmo número de amostras, neste experimento, seriam necessárias 4827 ou 1206 plantas, o que tornaria a montagem do experimento impraticável. Este problema já foi observado em outras ocasiões envolvendo plantas de cerrado. ARASAKI (1988) obteve coeficientes de variação de 47,39% para medidas de altura, 63,52% para valores de massa de matéria fresca e 83,59% para valores de massa de matéria seca de plantas de *Kielmeyera coriacea*. Esta variação é perfeitamente plausível quando se considera espécies não cultivadas. Segundo ALLARD (1965), o alto grau de variabilidade é essencial para a sobrevivência de uma população e pode-se acrescentar a esta observação, a importância adaptativa que se deve atribuir a esta variedade quando se observam as condições ambientais adversas a que estão sujeitas espécies nativas, especialmente aquelas que, naturalmente, ocorrem em ambientes de cerrado. ARASAKI (1988) interpreta a variação de dados por ele observada entre as plantas de *K. coriacea* como uma variabilidade genética ou uma plasticidade fenotípica. No

caso de *Q. cordata*, considerando a população estudada, podem estar atuando processos evolutivos contínuos que geram esta instabilidade fenotípica. Estes processos poderiam ser reconhecidos já na fase de início de desenvolvimento embrionário, quando há uma restrição no número de sementes produzidas em relação ao número de óvulos presentes no ovário de pistilos não polinizados. O mecanismo de auto-incompatibilidade, definido neste trabalho como sendo tardio, é outro indício de um processo evolutivo em pleno ajuste, pois o dispêndio de energia no início da formação de um fruto auto-polinizado que é, por motivos não detectados neste trabalho, posteriormente abortado, é algo que deveria ser evitado, caso a espécie dispusesse de uma estratégia evolutiva já bem definida. Tais aspectos, acrescidos da alta variação dos dados que dificultaram a caracterização da espécie a partir dos experimentos, quando analisados em conjunto e, considerando-se a ocorrência restrita da espécie na região em que o trabalho foi conduzido, levam a uma interpretação evolutiva em que se podem ressaltar fatores de variabilidade genética tanto quanto de plasticidade fenotípica. Esta, no entanto, estaria mais explícita caso as respostas aos experimentos de crescimento tivessem originado dados mais precisos para esta conclusão.

Mesmo tendo conhecimento de altos níveis de variação entre as amostras para diversas espécies de mata (SOUZA, 1996) e cerrado (ARASAKI, 1988; ARASAKI, 1993; SASSAKI, 1995) já estudadas, cabe ressaltar aqui que trabalhos realizados com espécies desses dois ambientes são de grande

importância para o conhecimento do desenvolvimento mesmas. Portanto, ainda que a variação de dados seja um fator que muitas vezes dificulta a conclusão de fatos observados a partir dos experimentos, é importante que estes não deixem de ser realizados pois é a partir dos mesmos que se faz o conhecimento das estratégias apresentadas pelas espécies, para a viabilização de seu estabelecimento no ambiente. Isto é particularmente importante para o Brasil, onde experimentos de desenvolvimento inicial de espécies arbóreas são ainda escassos.

## 6. Literatura citada

- ALLARD, R.W. 1965. Genetic systems associates with colonizing ability in predominanty self-pollinating species. In: Baker, H.G. & Stebbins, G.L. (eds.). *The genetic of colonizing species*. Academic Press, New York, 50-76p.
- ARASAKI, F.R. 1988. Relação entre parte aérea e sistema radicular de *Kielmeyera coriacea*. Tese de mestrado. Universidade de Campinas, Campinas-SP, 96p.
- ARASAKI, F.R. 1993. Crescimento foliar em árvores e crescimento inicial em plântulas de *Kielmeyera coriacea* Mart.. Tese de doutorado. Universidade de Campinas, Campinas-SP, 170p.
- ASSUMPCÃO, C.T.; LEITÃO, H.F. & CÉSAR, O. 1982. Descrição das matas da Fazenda Barreiro Rico, estado de São Paulo. *Revta brasil. Bot.* 5: 43-52.
- AVEIRO, S.M.G. & FELIPPE, G.M. 1992. Efeito da remoção de cotilédones no desenvolvimento inicial de *Qualea cordata*. *Hoehnea*. 19: 19-30.
- 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.

- BARRETT, S.C.H. 1988. The evolution, maintenance, and loss of self-incompatibility systems. In: J.Lovett Doust and L. Lovett Doust (eds.). *Plant Reproductive ecology: patterns and strategies*. Oxford University Press, New York. 98-124p.
- BARROS, M.A. & CALDAS, L.S. 1980. Acompanhamento de eventos fenológicos apresentados por cinco gêneros nativos do cerrado (Brasília - DF). *Brasil Florestal* 42: 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 bioproductive and photosynthesis* (J. Coombs & D.O. Hall, eds.), Pergamon Press, Oxford, p. 20-25.

- BERTONI, J.E. 1984. Composição florística e estrutura fitossociológica de uma floresta do interior do estado de São Paulo. Reserva Estadual de Porto Ferreira. Tese de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 196p.
- BIELESKI, R.L. & TURNER, N.A. 1966. Separation and estimation of amino acid in crude plant extracts by thin-layer eletrophoresis and chromatography. *Anal. Biochem.* 17: 278-293.
- BRADFORD, M. M. 1976. A rapid and sensitive method for quantification of micrograms quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* 72: 248-254.
- CALDAS, L.S.; BRAVO, C.; PICCOLO, H. & FARIA C.R.S.M. 1992. Measurement of leaf area with a hand-scanner linked to a microcomputer. *R. Bras. Fisiol. Veg.* 4: 17-20.
- CAVASSAN, O. 1990. Florística e fitossociologia da vegetação lenhosa em um hectare de cerrado no Parque Ecológico Municipal de Bauru (SP). Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 206p.
- COELHO, F.S. & VERLENGIA, F. 1973. *Fertilidade do solo*. Inst. Campinaeiro de Ensino Agrícola, Campinas, 384p.

- COSTA, F.M.C.B.; OLIVEIRA-FILHO, A.T. & OLIVEIRA, P.S. 1992. The role of extrafloral nectaries in *Qualea grandiflora* (Vochysiaceae) in limiting herbivory: an experiment of ant protection in cerrado vegetation. *Ecol. Entom.* 17:363-365.
- FELIPPE, G.M. 1990. *Qualea grandiflora*: the seed and its germination. *Revta brasil. Bot.* 13: 33-37.
- FELIPPE, G.M. & DALE, J.E. 1990. The effects of 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.
- FENNER, C.; TRAUT, R.R.; MASON, D.T. & WICKMAN-COEFFELT, J. 1975. Quantification of Coomassie Blue Stained Proteins in Poliacrylamide Gels Based on Analyses of Eluted Dye. *Anal. Biochem.* 63: 595.
- FERRI, M.G. 1975. Os cerrados de Minas Gerais. *Ciência e Cultura.* 27: 1217-1220.
- FISCHER, E.A. & GORDO, M. 1993. *Qualea cordata*, pollination by the territorial bee *Centris tarsata* in the "campos rupestres", Brazil. *Ciência e cultura* 45: 144-147.

- FRANKIE, G.W.; BAKER, H.G. & OPLER, P.A. 1974. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forest in the lowlands of Costa Rica. *J. Ecol.* 62: 881-919.
- FURLEY, P.A. & RATTER, J.A. 1988. Soil resources and plant communities of Central Brazilian cerrado and their development. *J. Biogeogr.* 15: 97-108.
- GIANOTTI, E. 1988. Composição florística e estrutura fitossociológica da vegetação de cerrado e de transição entre o cerrado e mata ciliar da Estação Experimental de Itirapina (SP). Tese de mestrado. Universidade Estadual de Campinas. Campinas. SP. 222p.
- GIANOTTI, E. & LEITÃO-FILHO, H. F., 1992. Composição florística do cerrado da estação experimental de Itirapina (SP). *Anais 8º Congr. SBSP*: 21-25.
- 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.
- GIBBS, P.E.; LEITÃO-FILHO, H.F. & SHEPHERD, G. 1983. Florisc composition and community structure in an area of cerrado in SE Brazil. *Flora*. 173: 433-449.

- GODOY, S.M.A. 1991. Crescimento inicial de *Qualea cordata* (Spreng.), uma espécie dos cerrados. Tese de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 106p.
- GODOY, S.M.A. & FELIPPE, G.M. 1992a. *Qualea cordata*: a semente e sua germinação. *Revta brasil. Bot.* 15: 17-21.
- GODOY, S.M.A. & FELIPPE, G.M. 1992b. Crescimento inicial de *Qualea cordata*, uma árvore dos cerrados. *Revta brasil. Bot.* 15:23-35.
- GOLDENBERG, R. 1994. Estudos sobre a biologia reprodutiva de espécies de Melastomataceae de cerrado em Itirapina, SP. Tese de mestrado. Universidade de Campinas. Campinas. 88p.
- GOODLAND, R. 1970. Plants of the cerrado vegetation of Brazil. *Phytologia* 20:57-78.
- GOTTSBERGER, G. & SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. 1983. Dispersal and distribution in the cerrado vegetation of Brazil. *Sonderbd naturwiss. Ver. Hamburg* 7: 315-352.
- HARIDASAN, M. 1982. Aluminium accumulation by some cerrado native species of central Brazil. *Plant and Soil* 65:265-273.

- 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.
- HERINGER, E.P. 1974. Árvores úteis da região geoeconômica do DF: Pau-terra, Jacaré, Umirirama, Quaruba, Ariana. Gênero *Qualea*. *Dendrologia IX Cerrado*. 6: 20-26.
- HOAGLAND, D.R. & ARNON, D.I. 1938. The water-culture method for growing plants without soil. *Univ. Calif. Agric. Expt. Stn. Circ.* 347.
- 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.
- LEE, T.D. & BAZZAZ, F.A. 1982. Regulation of fruit maturation in annual legume *Cassia fasciculata*. *Ecology*. 63: 1374-1388.
- LEITÃO-FILHO, H.F. 1992. A flora arbórea dos cerrados do estado de São Paulo. *Hoehnea* 19:151-163.
- LOPES, A.S. & COX, F.R. 1977. Cerrado vegetation in Brazil: an edaphic gradient. *Agronomy Journal*. 69: 828-831.

- LORENZI, H. 1992. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Ed. Plantarum. Nova Odessa. 368p.
- McCREADY, R.M.; GUGGOLZ, J. SILVIERA, V. & OWENS, H.S. 1950. Determination of starch and amylose in vegetables. *Anal. Chem.* 22: 1156-1158.
- MANTOVANI, W. 1983. Composição e similaridade florística, fenologia e espectro biológico do cerrado da reserva de Moji Guaçu, estado de São Paulo. Tese de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 147p.
- MANTOVANI, W. & MARTINS, F.R. 1993. Florística do cerrado da Reserva Biológica de Moji Guaçu, SP. *Acta bot. bras.* 7:33-60.
- MARTIN, F.N. 1959. Staining and observing pollen tubes in the style by means of fluorescence. *Stain Technol.* 34: 125.
- MATTOO, R.L.; ISHAG, M. & SALEEMUD DIN, M., 1987. Protein assay by coomassie brilliant blue method is unsuitable for plant tissues rich in phenols and phenolases. *Anal. Biochem.* 163: 376-384

- MORELATTO, L.P.C.; RODRIGUES, R.R.; LEITÃO-FILHO, H.F. & JOLY, C.A. 1989. Estudo comparativo da fenologia de espécies arbóreas de floresta de altitude e floresta mesófila semidecídua na Seara do Japi, Jundiaí, São Paulo. *Revta brasil. Bot.* 12: 85-98.
- NASCIMENTO, M.T. & SADDI, N. 1992. Structure and floristic composition in an area of cerrado in Cuiabá - MT, Brazil. *Revta brasil. Bot.* 15:47-55.
- OLIVEIRA, P.E. 1991 The pollination and reproductive biology of a cerrado wood community in Brazil. PhD Thesis. University of St. Andrews. St. Andrews. 138p.
- OLIVEIRA, P.E.; GIBBS, P.E. & BIANCHI, M. 1991. Pollination and breeding system of *Vellozia squamata* (Liliales: Velloziaceae): a species of the brazilian cerrados. *Bot. Acta* 104: 392-398.
- OLIVEIRA, P.E. & MOREIRA, A.G. 1992. Anemocoria em espécies de cerrado e mata de galeria de Brasília, DF. *Revta brasil. Bot.* 15:163-174.
- 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.S.; SILVA, A.F. & MARTINS, A.B. 1987. Ant foraging on extrafloral nectaries of *Qualea grandiflora* (Vochysiaceae) in cerrado vegetation: ants as potential antiherbivore agents. *Oecologia* 74:228-230.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T. & MACHADO, J.N.M. 1993. Composição florística de uma floresta semidecídua montana, na Serra de São José, Tiradentes, Minas Gerais. *Acta bot. bras.* 7:71-88.
- OLIVEIRA FILHO, A.T.; SHEPHERD, G.J.; MARTINS, F.R. & STUBBLEBINE, W.H. 1989. Environmental factors affecting physionomic and floristic variation in an area of cerrado in central Brazil. *Journal of Trop. Ecol.* 5: 413-431.
- PAULILO, M.T.S. 1991. *Qualea grandiflora* Mart.: crescimento inicial e crescimento foliar em árvores. Tese de doutorado. Universidade Estadual de Campinas. Campinas.SP. 183p.
- PAULILO, M.T.S.; BESFORD, R.T. & WILKINS, D. 1994. Rubisco, PEPcarboxilase and acclimation to irradiance in a Brazilian Cerrado tree species, *Qualea grandiflora* Mart. (Vochysiaceae). *Tree Physiology.* 14: 165-177.

- PAULILO, M.T.S. & FELIPPE, G.M. 1992. Crescimento de folhas das árvores de *Qualea grandiflora* Mart. *Revta brasil. Bot.* 15: 85-94.
- 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:
- PAULILO M.T.S. & FELIPPE, G.M. 1995. Resposta de plantas de *Qualea grandiflora* Mart., uma espécie arbórea do cerrado à adição de nutrientes minerais. *Revta brasil. Bot.* 18: 109-112.
- PAULILO, M.T.S.; FELIPPE, G.M. & DALE, J.E. 1993. Crescimento inicial de *Qualea grandiflora*. *Revta brasil. Bot.* 16: 37-46.
- PEREZ-CORONA, M.E. & VERHOEVEN, J.T.A. 1996. Effect of soil P status on growth and P and N uptake of *Carex* species from fens differing in P-availability. *Acta Bot. Neerl.* 45: 381-392.
- POOTER, H. & LEWIS, C. 1986. Testing differences in relative growth rate: a method avoiding curve fitting and pairing. *Physiol. Plant.* 67: 223-226.
- RAIJ, B. van. 1983. *Avaliação da fertilidade do solo*. Ed. Ave Maria Ltda., São Paulo, 142p.

- RATHCKE, B. & LACEY, E.P. 1985. Phenological patterns of terrestrial plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 16: 179-214.
- RATTER, J.A.; ASKEW, G.P.; MONTGOMERY, R.F. & GIFFORD, D. 1977. Observações adicionais sobre o cerrado de solos mesotróficos no Brasil Central. In *Simpósio sobre o cerrado*. Vol. 4 (M.G. Ferri, coord.). EDUSP e Itatiaia Editora. São Paulo - Belo Horizonte. p.303-316.
- RIBEIRO, J.F.; SILVA, J.C.S. & BATMANIAN, G.J. 1985. Fitossociologia de tipos fisionômicos de cerrado em Planaltina - DF. *Revta brasil. Bot.* 8: 131-142.
- RIZZINI, C.T. 1965. experimental studies on seedlings development. *Ann. Missouri Bot. Garden* 52: 410-426.
- SAGE, T.L.; BERTIN, R.I. & WILLIAMS, E.G. 1993. Ovarian and other late-acting self-incompatibility systems. In: E.G. WILLIAMS et al. (eds.). *Genetic control os self-incompatibility and reproductive development in flowering plants*. p. 116-140.
- SALISBURY, F.B. & ROSS, C.W. 1978. *Plant Physiology*. Wadsworth Publishing Company, California.
- SALISBURY, F. B. & ROSS, C. W. 1991. *Plant Physiology*. Wadsworth Publishing Company, California.

- SASSAKI, R.M. 1995. *Dalbergia miscolobium* Benth.: aspectos da biologia reprodutiva e do estabelecimento de plântulas. Tese de doutorado. Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 195p.
- SATTELMACHER, B.; GERENDAS, J. THOMS, K.; BRÜCK, H. & BAGDADY, N.H. 1993. Interaction between root growth and mineral nutrition. *Environm. Exper. Bot.* 33: 63-73.
- SEAVEY, S.R. & BAWA, K.S. 1986. Late-acting self-incompatibility in angiosperms. *Bot. Rev.* 52: 195-219.
- SERVAITES, J.C.; TORISKY, R.R. & CHAO, S.F. 1984. Diurnal changes in Ribulose 1,5-Biphosphate carboxylase activity and activation state in leaves of field-growth soybeans. *Plant Science Letters* 35: 115-121.
- SHANON, J.C. 1968. A procedure for extration and frationation of carbohydrates from imature *Zea mays* kernels. *Res. Bul.* 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). *Revta brasil Bot.* 5: 43-52.
- SNEDECOR, G.W. 1962. Statistical methods. The Iowa University Press, Iowa, 534p.

- SOUZA, R.P. 1996. Germinação, crescimento, atividade fotossintética e translocação de compostos de carbono em espécies arbóreas tropicais: estudo comparativo e influência de sombreamento natural. Tese de doutorado. Universidade de Campinas, Campinas, 300p.
- STAFLEU, F.A. 1953. A monograph of the Vochysiaceae. III. *Qualea*. *Acta Botanica Neerlandica* 2: 144-217.
- STELLY, D.M.; PELOQUIN, S.J.; PALMER, R.G. & CRANE, C.F. 1984. Mayer's Hemalum-methyl salicylate: a stain-clearing technique for observations within whole ovules. *Stain Technol.* 59: 155-161.
- 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.
- TOLEDO-FILHO, D.V. 1984. Composição florística e estrutura fitossociológica da vegetação de cerrado no município de Luís Antônio (SP). Tese de mestrado. Universidade Estadual de Campinas. Campinas.
- UMBREIT, W.W.; BURRIS & STAUFFER, J.E. 1957. *Manometric techniques*. New York. Burgess Publishing Co. 338p.

VAITKUS, M.R.; CIREVOLO, 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.

WILLIAMS, R.F. 1946. The physiology of plant growth with  
special reference to the concept of net assimilation  
rate. *Ann. Bot. N.S.* 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.

YEMM, E.W. & WILLIS, A.J. 1954. The estimation of  
carbohydrates in plant extracts by anthrone. *Biochem.  
J.* 57: 508-514.