

UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

**POTENCIAL DOS FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NA FIXAÇÃO DE
CARBONO EM *Archontophoenix alexandrae* H. Wendl. & Drude e *Euterpe
edulis* Martius (ARECACEAE)**

MARISTELA RAITZ BOOZ

BLUMENAU

2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

MARISTELA RAITZ BOOZ

**POTENCIAL DOS FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NA
FIXAÇÃO DE CARBONO EM *Archontophoenix alexandrae* H. Wendl. & Drude
e *Euterpe edulis* Martius (ARECACEAE)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Regional de Blumenau, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre.

Orientadora: Rosete Pescador
Co-orientador: Sidney Luiz Stürmer

BLUMENAU

2009

MARISTELA RAITZ BOOZ

**POTENCIAL DOS FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NA FIXAÇÃO DE
CARBONO EM *Archontophoenix alexandrae* H. Wendl. & Drude e *Euterpe
edulis* Martius (ARECACEAE)**

Dissertação aprovada como requisito para
obtenção do título de Mestre no Programa
de Pós-Graduação em Engenharia
Ambiental da Universidade Regional de
Blumenau,

Aprovado em: ____/____/____

Prof. Dr. Rosete Pescador
Presidente

Dr. Gilmar Roberto Zaffari
Examinador Externo

Prof. Dr. Karin E. de Quadros
Examinador Interno

Prof. Dr. Lucia Sevegnani
Suplente

Com amor dedico e agradeço:

Fabricio Booz, meu esposo, pelo amor e por depositar em mim tanta confiança e admiração.

Mariana Booz, minha filha, presente de vida, por me trazer muita luz.

AGRADECIMENTOS

Na realização desta pesquisa contei com o apoio, presença e amizade de muitas pessoas, como:

Rosete Pescador, pela amizade, pelo empenho em orientar, proporcionando amadurecimento profissional e pessoal, por compartilhar comigo e com todo o pessoal do laboratório de biotecnologia a luminosa experiência de seu reconhecido saber.

Sidney Luiz Stürmer, pela co-orientação deste trabalho e apoio concedido durante o mestrado.

José Abel Raitz e Ana Maria Raitz, pelo exemplo de vida, otimismo nas dificuldades e dedicação a Mariana.

Ismael Raitz, pela amizade, apoio e ajuda na preparação dos reagentes.

Emerson Raitz, pela amizade.

Carlos Efrain Stein, pela ajuda nas análises estatísticas.

Josiane Borderes, pelo companheirismo e apoio durante o mestrado.

Danieli Schneiders e Karoline Soares, pelo companheirismo, ajuda no experimento em campo (enfrentando sol e chuva), por todo apoio durante o mestrado.

Alino, Amanda, Bruna, Carla, Caroline, Djeine, Jaqueline, Juliane, Raquel, pelo companheirismo e ajuda durante todo o mestrado.

Daiane, pela ajuda na coloração das raízes.

Celso, pelo apoio no laboratório de bioquímica.

André, por sempre estar disposto a solucionar dúvidas relacionadas ao PPGEA.

Adilson Pinheiro pelo apoio e compreensão das questões relacionadas à burocracia de um programa de Pós Graduação.

EPAGRI, em nome de **Teresinha Catarina Heck**, por permitir a realização do experimento e por todo apoio concedido durante o mesmo.

Professores do PPGEA, que além de transmitirem seus conhecimentos, tornaram-se amigos.

Colegas do Curso, pela colaboração e união.

Laboratório de Botânica e de Bioquímica, que sempre deram apoio e colaboraram com equipamentos e espaço para a realização desta pesquisa.

FURB/CCEN/DCN, Universidade e funcionários, pelo apoio e oportunidades.

CNPq, pela concessão da bolsa.

A todos, porque seria impossível nomeá-los sem esquecer alguém, pelo sorriso, pela força, pelas críticas, importantes apoios que me permitiram vencer mais esta etapa.

MUITO OBRIGADA!

RESUMO

No presente estudo procurou-se avaliar o efeito da associação de fungos micorrízicos arbusculares no crescimento das espécies *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis* e seus efeitos no desenvolvimento, alocação de matéria seca e parâmetros fisiológicos relacionados com a fixação de carbono. Foram utilizadas 776 sementes germinadas em substrato composto por areia, sendo 216 mudas transferidas a condições de campo, 160 dias após germinação. As coletas constituíram-se de 20 amostras representativas de cada tratamento, sendo 5 delas utilizadas para a quantificação dos teores de açúcares solúveis totais e amido, 10 para mensuração da massa seca e 5 para avaliação da colonização micorrízica aos 0, 21, 28, 35, 42, 49 e 160 dias após germinação. Como resultados observou-se que as sementes de *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis* apresentaram 100% e 92% de germinação, respectivamente e que não houve colonização micorrízica. O crescente aumento de biomassa foi diretamente proporcional ao aumento de clorofilas **a** e **b** em ambas as espécies. As relações de biomassa e teores de açúcares solúveis totais incrementaram a mobilização dos compostos de reserva dos endospermas para as demais partes da planta à medida que a redução da biomassa e açúcares dos endospermas refletiu o aumento da produção de biomassa da parte aérea e radicular. Sete meses após a implantação das mudas em campo as duas espécies estudadas apresentaram sobrevivência superior a 95%. A espécie *Archontophoenix alexandrae* apresentou incrementos em diâmetro e altura significativamente superiores aqueles encontrados em *Euterpe edulis*. As plantas de *Archontophoenix alexandrae* acumularam 62% mais biomassa que as plantas de *Euterpe edulis*.

Palavras-chave: Fotossíntese. Palmeira-real. Palmeira Juçara.

ABSTRACT

This study sought to evaluate the effect of association of arbuscular mycorrhizal fungi on growth of species *Archontophoenix alexandrae* and *Euterpe edulis* and its effects on development, allocation of biomass and physiological parameters related to carbon fixation. We used 776 seeds germinated on substrate composed of sand, with 216 transplanted in the field 160 days after germination. The collections were made from 20 samples for each treatment, and 5 used for the estimation of total soluble sugars and starch, 10 for measurement of biomass and 5 for evaluation of mycorrhizal colonization in 0, 21, 28, 35, 42, 49 and 160 days after germination. The seeds of *Archontophoenix alexandrae* and *Euterpe edulis* showed 100% and 92% germination, respectively. Mycorrhizal colonization was not detected. The growing of biomass was directly proportional to the increase of chlorophyll **a** and **b**. The relationship of biomass and contents of total soluble sugars have showed compounds of the mobilization of endosperm reserves to other parts of the plant as the reduction of biomass and sugars of endosperm reflects the increase in biomass production of root and shoot. Seven months after the establishment of seedlings in the field both species showed higher survival at 95%. The species *Archontophoenix alexandrae* showed increases in height and diameter significantly larger than the species *Euterpe edulis*. Plants of *Archontophoenix alexandrae* accumulated 62% more biomass than the plants of *Euterpe edulis*.

Key words: Photosynthesis. Royal Palm. Juçara Palm.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	OBJETIVOS	11
1.1.1	Objetivo geral	11
1.1.2	Objetivos específicos	11
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1	A FOTOSSÍNTESE COMO MECANISMO PARA FIXAR CARBONO	12
2.2	PIGMENTOS	14
2.3	AÇÚCARES SOLÚVEIS TOTAIS	15
2.4	AMIDO	16
2.5	FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES	17
2.6	IMPORTÂNCIA E CARACTERÍSTICAS DAS ESPÉCIES	18
2.6.1	Palmeira-real – <i>Archontophoenix alexandrae</i>	18
2.6.2	Palmeira juçara – <i>Euterpe edulis</i>	20
3	MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1	INOCULAÇÃO DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES	21
3.2	ENSAIO EM CASA DE VEGETAÇÃO	22
3.2.1	Análise de Crescimento	22
3.2.2	Alocação de Carbono	23
3.3	ENSAIO EM CONDIÇÕES DE CAMPO	24
3.4	ANÁLISE DOS DADOS	25
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1	EFEITO DA INOCULAÇÃO DE FMAs NO CRESCIMENTO E ALOCAÇÃO DE CARBONO	26
4.1.1	Germinação	26
4.1.2	Biomassa Vegetal	28
4.1.3	Colonização Micorrízica	32
4.1.4	Teores de Fósforo	34
4.1.5	Clorofila	36
4.1.6	Teores de Açúcares Solúveis Totais	39
4.1.7	Teores de Amido	42
4.2	EFEITO DA INOCULAÇÃO DE FMAs NO CRESCIMENTO E ALOCAÇÃO DE CARBONO EM CONDIÇÕES DE CAMPO	45
4.2.1	Sobrevivência das Plantas	45
4.2.2	Crescimento das Plantas	47
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
	REFERÊNCIAS	54

1 INTRODUÇÃO

O estado de Santa Catarina é um grande produtor de palmito, sendo que o método de obtenção do mesmo é baseado na exploração extrativista e irracional, que levou a inclusão da espécie *Euterpe edulis* Martius (Arecaceae) a fazer parte Lista oficial do IBAMA, como espécie da flora brasileira ameaçada de extinção.

Por outro lado a palmeira-real, *Archontophoenix alexandrae* H. Wendl. & Drude (Arecaceae), espécie exótica, passa a ser uma alternativa para o pequeno produtor que tem suas áreas de plantio aumentadas no estado de Santa Catarina, em detrimento de suas qualidades agrônômicas, industriais e comerciais (RAMOS, 2002).

É de conhecimento que o aumento da população mundial vem causando considerável impacto ambiental, tendo como consequência a redução da qualidade de vida. As atividades agrícolas e industriais tem como efeito o aumento dos níveis de poluição ambiental, causado pelo acúmulo de rejeitos sólidos, líquidos e gasosos, além da desregrada queima de florestas e combustíveis fósseis. Um destes problemas é o efeito sobre o aquecimento global, conhecido por efeito estufa, que faz aumentar gradativamente a temperatura no planeta, cuja causa principal deve-se ao aumento da emissão de gases, principalmente o dióxido de carbono (CO₂).

Frente ao problema da elevação das concentrações de gases que provocam o efeito estufa na atmosfera, soluções poderão ser encontradas procurando-se alternativas de mecanismos que fixam CO₂ com maior eficiência ou que então mantenham o carbono capturado por mais tempo. Para encontrarmos tais mecanismos devemos entender melhor quais leis governam o ciclo do carbono na Terra, e estas dependem, de forma considerável, do funcionamento das plantas (GRIFFIN; SEEMANN, 1996, BUCKERIDGE; AIDAR 2002, OMETTO *et al.* 2005).

Os vegetais apresentam a capacidade de realizar fotossíntese, que tem como função, além de outras a fixação do CO₂ da atmosfera, cujo evento liga diretamente a biosfera com a atmosfera, bem como a fisiologia dos vegetais, tanto em sistemas agrícolas quanto os naturais (MARABESI, 2007).

Assim, segundo (GRIFFIN; SEEMANN, 1996) com o aumento da concentração de CO₂ na atmosfera, o mesmo pode levar ao aumento da

fotossíntese líquida e com isto incrementar a biomassa e obter maiores produtividades nos sistemas agrícolas e ou nos sistemas naturais.

Diante do exposto, a eficiência de processos fisiológicos nos vegetais, é influenciada pelos fatores ambientais, os quais definem os teores de fotoassimilados sintetizados e consumidos, levando as diferentes espécies terem diferenças competitivas no ambiente.

Uma estratégia bastante eficiente utilizada para aumentar a taxa fotossintética, consiste no uso de mudas de plantas colonizadas por fungos micorrízicos arbusculares (FMAs). Esses organismos estabelecem associações simbióticas mutualísticas com 95% das espécies vegetais, que dentre as várias vantagens, destaca-se o aumento da capacidade das plantas de absorver nutrientes, de forma especial o fósforo. (SMITH; READ, 1997) e com isto a possibilidade de aumentar a fixação do carbono.

Lembrando que Florestas em particular apresentam um grande potencial para fixar carbono, pois são capazes de transformá-lo em biomassa (carboidratos estruturais principalmente) através da fotossíntese. Nesse sentido, não restam dúvidas sobre a importância de se conhecer o funcionamento das espécies que compõem uma floresta tropical e ou sistemas agrícolas tão importantes e como estes se comportarão frente às mudanças previstas para esse século.

Diante destas premissas, o presente trabalho mostra de forma comparativa, o potencial da utilização de fungos micorrízicos arbusculares na germinação de sementes, teores de açúcares solúveis totais, amido e pigmentos fotossintetizantes em plântulas e seu desempenho no campo em duas espécies vegetais *E. edulis* e *A. alexandrae*, cujos resultados possam servir como base para verificar a importância das espécies, como alternativas ao pequeno produtor e suas capacidades de fixarem carbono atmosférico.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar o potencial das espécies *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis* na fixação de carbono atmosférico, na ausência e presença de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs).

1.1.2 Objetivos específicos

- a) Avaliar a germinação, produção de biomassa vegetal e alocação de carbono para parte aérea e radicular das espécies *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis*;
- b) Avaliar o efeito da associação de fungos micorrízicos arbusculares no crescimento das plantas, através dos teores de açúcares solúveis totais, amido, fósforo, pigmentos fotossintetizantes;
- c) Avaliar o percentual de sobrevivência e crescimento das espécies *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis* em campo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A FOTOSSÍNTESE COMO MECANISMO PARA FIXAR CARBONO

A produção da biomassa nos vegetais é influenciada pelos fatores ambientais como luz, temperatura, concentração de CO₂ da atmosfera, bem como a umidade e fertilidade do solo, os quais estão intimamente relacionados com a fotossíntese e a respiração celular (CALDEIRA, 2002).

Importante salientar, que a fixação de carbono atmosférico, através da fotossíntese, passa a ser o único processo de importância biológica que pode armazenar energia, mostrando ser capaz de produzir grande parte dos recursos energéticos do planeta (TAIZ; ZEIGER, 2004).

O termo fotossíntese significa literalmente “síntese com o uso da luz”, sendo então, este processo, capaz de transformar a energia luminosa, em energia elétrica e convertê-la, através da fixação do carbono, em energia química resultando com isto a síntese de compostos de carbono, que apresentam funções como fonte energética para a célula, osmorregulador, sinalizador de processos fisiológicos, transforma-se em açúcar de reserva ou ainda constituinte de parede celular que é de fato o carbono fixado (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Diante do exposto, os organismos fotossintéticos utilizam a energia solar para sintetizar componentes orgânicos e estes podem ser usados, mais tarde, em processos fisiológicos e ou imobilizados na parede celular pelo vegetal (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Na germinação das sementes, suas reservas apresentam grande importância no estabelecimento do indivíduo vegetal, no ambiente, no seu sucesso de sobrevivência e desenvolvimento, pois, a mobilização das reservas sustenta a plântula nos estádios iniciais até o momento que a mesma torna-se autotrófica. Isto é de grande importância, pois nesta fase heterotrófica, o estabelecimento da plântula, envolvendo o desenvolvimento rápido de um sistema radicular e sistemas fotossintéticos eficientes requerem grandes demandas para seus bons desenvolvimentos e assim levar a uma assimilação de carbono mais eficiente e maior do que aquela utilizada no processo de respiração celular. (BUCKERIGE *et*

al., 2000). Desta forma, o estabelecimento inicial do sistema fotossintético em plântulas, está diretamente relacionado com metabolismo das reservas da semente conforme descrito por EINIG *et al.* 1999.

Em palmeiras, objeto de estudo do presente trabalho, as reservas estão presentes no endosperma e após a mobilização destas a plântula passa a ser dependente da fixação de carbono através da fotossíntese, conforme acontece com as plantas que apresentam como fonte de reserva nas sementes o endosperma (BUCKERIDGE *et al.*, 2000).

Para que aconteça o processo fotossintético os fotossistemas I e II deverão ser constituídos principalmente por pigmentos, sendo os mais importantes as clorofilas e os carotenóides, os quais, deverão estar presentes nas duplas membranas do tilacóide no interior do cloroplasto que quando associados a substâncias que apresentam capacidade de oxidoreduzir, são responsáveis pela transdução de energia e assim, pela efetivação da etapa fotoquímica da fotossíntese (NEVES, 2005), cujo produto desta etapa são as moléculas de ATP e NADPH.

O processo de fixação de carbono na fotossíntese se dá através da carboxilação da ribulose-1,5-bifosfato (RuBP, açúcar de 5 carbonos) pela enzima ribulose-1,5-bifosfato carboxilase/oxigenase (Rubisco).

Competitivamente a Rubisco catalisa também a oxigenação da RuBP, etapa inicial da fotorrespiração, assim, mesmo que a Rubisco apresente capacidade de reagir com o substrato CO_2 , ela apresenta também afinidade com O_2 , que ocorre em até 550 vezes superior que o primeiro, fazendo com que a competição entre os dois substratos gasosos pela enzima seja um dos fatores determinantes da eficiência da fotossíntese nas atuais concentrações de CO_2 atmosférico (GRIFFIN; SEEMANN, 1996).

O armazenamento do carbono assimilado na fotossíntese ocorre através da síntese de carboidratos, compostos produzidos em grande quantidade pelas plantas e que possuem altas proporções de carbono. As plantas apresentam reservas de carboidratos intracelulares (sacarose, compostos da série rafinósica e frutanos nos vacúolos e amido em amiloplastos do citoplasma) e extracelulares (polissacarídeos de parede celular), sendo este último o local onde ocorre a maior proporção de armazenamento, conforme também anteriormente citado (BUCKERIDGE *et al.*, 2007) .

O amido é a forma mais significativa de reserva de carbono em plantas em termos de quantidade, universalidade e distribuição em diferentes espécies (MARTIN; SMITH, 1995). Este açúcar é prontamente utilizado pelo metabolismo de geração de energia e também fornece carbono para a biossíntese da maioria das biomoléculas presentes em células vegetais (BUCKERIDGE *et al.*, 2000).

Os carboidratos, além de atuarem como substrato para o crescimento, podem também regular a morfogênese e a diferenciação celular nos vegetais. Evidências indicam que o suprimento de açúcares pode regular a expressão de genes envolvidos em processos como a floração, fotossíntese, glicólise, metabolismo do nitrogênio e regulação do ciclo celular (SMEEKENS, 2000), podendo, esta regulação, ocorrer nos níveis de transcrição, tradução e pós-tradução (DELROT *et al.*, 2000).

2.2 PIGMENTOS

As clorofilas são os pigmentos naturais mais abundantes presentes nas plantas e ocorrem nos cloroplastos das células das folhas e células de outros órgãos como caule e frutos jovens nos vegetais. Estudos em uma grande variedade de plantas caracterizaram que os pigmentos clorofilianos são os mesmos. As diferenças aparentes na cor do vegetal são devidas à presença e distribuição variável de outros pigmentos associados, como os carotenóides, os quais sempre acompanham as clorofilas (VON ELBE, 2000).

Os pigmentos envolvidos na fotossíntese são as clorofilas **a** e **b**, os carotenóides e as ficobilinas. A clorofila **b**, os carotenóides e as ficobilinas constituem os chamados pigmentos acessórios. A energia absorvida pelos pigmentos é transferida para sítios bem definidos, localizados sobre as membranas tilacóides, os chamados centros de reação. Há dois centros de reação, um deles absorvendo em 680nm e outro em 700nm, os quais interagem entre si através de transportadores de elétrons. É a partir da molécula de clorofila, a qual absorve em 680 nm no espectro visível, que os elétrons oriundos da água são transferidos para a cadeia transportadora de elétrons da fotossíntese (KLUGE, 2004).

A clorofila **a** constitui três quartos do conteúdo total de clorofila, e é a única que tem capacidade de usar a energia na reação fotoquímica, os demais pigmentos

absorvem a energia e transmitem os elétrons através da ressonância para a clorofila **a** nos centros de reação (RAVEN, 2007). As clorofilas estão estreitamente relacionadas com a eficiência fotossintética das plantas e, conseqüentemente, ao seu crescimento e adaptabilidade a diferentes ambientes (NEVES, 2005). Sendo assim, a determinação dos teores de clorofila das folhas é importante porque a atividade fotossintética da planta depende em parte da capacidade da folha para absorver a luz.

2.3 AÇÚCARES SOLÚVEIS TOTAIS

Durante o crescimento e desenvolvimento das plantas, os açúcares participam de uma gama de processos vitais como germinação de sementes, desenvolvimento de plântulas, diferenciação radicular e foliar, transição foliar, amadurecimento de frutos, embriogênese, senescência, assim como respondem as variações de luz, estresse e patógenos (LEON; SHEEN, 2003).

As plantas são constituídas em grande parte por carboidratos, responsáveis por 60% ou mais da matéria seca vegetal, sendo produzidos pela assimilação de CO_2 , de tal maneira que o balanço de carbono e de minerais dentro da planta são interdependentes, a absorção de minerais coordena o crescimento em termos de acumulação de biomassa vegetal, e a assimilação de carbono torna disponível o material ao qual os minerais serão incorporados (LARCHER, 2000).

Nas plantas em geral, o amido e a sacarose são os principais carboidratos formados na fotossíntese. O primeiro é imóvel, sendo sintetizado nos cloroplastos dos órgãos fotossintetizantes, e nos amiloplastos em órgãos não-fotossintetizantes. O segundo é móvel e é sintetizado no citossol das células e descarregado no floema. A sacarose, por ser móvel, é o principal substrato para a respiração, que mantém o vegetal vivo e ativo. Uma vez translocada a locais não-fotossintetizantes, como as raízes, a sacarose é rapidamente convertida em frutose e glicose por enzimas invertases. Nestes órgãos, os carboidratos mais simples formados podem ser utilizados de três formas: na respiração, para a formação de ATP e outros compostos importantes; ser armazenados no vacúolo para posterior uso na respiração e, a glicose pode ser convertida em amido, servindo como reserva para

uso em situações onde há pouca atividade fotossintética da parte aérea (TAIZ; ZEIGER, 2004).

A síntese dos carboidratos, seu metabolismo e partição podem ser controlados em vários níveis, podendo-se citar a regulação alostérica de enzimas ou a expressão temporal de genes em um determinado tecido vegetal. Alguns açúcares solúveis regulam sua própria síntese e catabolismo. Folhas com teores elevados de açúcares solúveis podem ter os genes da fotossíntese inibidos, sendo, neste caso, induzida a expressão de genes ligados a biossíntese de amido (ROOK; BEVAN, 2003).

2.4 AMIDO

O amido constitui a mais importante reserva de nutrição em quase todas as plantas superiores, ocorrendo principalmente em sementes, tubérculos, rizomas e bulbos. Por ser facilmente digerido é um dos componentes mais importantes na alimentação humana (FREITAS, 2002). Ele é composto por unidades de glucose, constituído por uma mistura de dois homopolissacarídeos denominados amilose e amilopectina (AMARAL *et al.*, 2007). A amilopectina é o maior componente do amido nas folhas, é uma molécula grande, com estrutura ramificada e responsável pela natureza granular do amido. A amilose é menor, essencialmente linear e sintetizada dentro da matriz formada pela amilopectina (ZEEMAN *et al.*, 2004).

A biossíntese de amido envolve não somente a produção de glucanos, mas também sua conformação em uma forma organizada dentro do grão de amido. A simplicidade relativa na via de biossíntese deste polímero não explica a enorme variabilidade de composição de amido entre as diferentes espécies, variedades e tecidos. Em todas as espécies investigadas, existem isoformas das enzimas de cada um dos passos envolvidos na biossíntese de amido, o que permite a flexibilidade para especialização e controle da biossíntese. Podem ocorrer diferenças nos produtos, propriedades cinéticas, tempo de expressão durante a formação do grão de amido e nos órgãos em que são ativados (MARTIN; SMITH, 1995).

Em muitos tecidos de plantas, incluindo as folhas, o amido é degradado dentro do plastídio em que foi sintetizado (ZEEMAN *et al.*, 2004). A enzima que inicia o ataque aos grãos de amido é a α -amilase e estudos de bioquímica e análise de

sequências genômicas revelaram que esta enzima está presente dentro dos cloroplastos (LI *et al.*, 1992; STANLEY *et al.*, 2002).

2.5 FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES

As micorrizas são as relações mutualísticas mais comuns na natureza, sendo formadas por certos fungos do solo e as raízes da grande maioria das plantas (SMITH; READ, 1997). Entre os sete tipos de micorrizas conhecidos, as micorrizas arbusculares (MAs), formadas por fungos da Ordem Glomales, são as mais comuns nos ecossistemas terrestres.

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) são componentes chaves dos ecossistemas terrestres, formando associações simbióticas com as raízes das plantas e provendo a elas nutrientes (principalmente o fósforo) e recebendo em troca composto de carbono provenientes da fotossíntese (SMITH; READ, 1997). Em termos de importância para o ciclo global do carbono desta simbiose, as plantas podem alocar até 20% dos seus fotossintatos para o crescimento dos FMAs (JAKOBSEN; ROSENDAHL, 1990) e a extensa rede de hifas no solo produzida pelos FMAs prove uma via importante para o fluxo de carbono das raízes para o solo (STADDON, 1998), principalmente pela produção de enzimas como glomalina, que representa 4-5% do carbono e nitrogênio total de alguns solos (RILLIG *et al.*, 2001). Atuando como um reservatório do carbono produzido pelas plantas, os FMAs podem se beneficiar do aumento da disponibilidade de fotossintatos em condições de elevado CO₂ (STADDON *et al.*, 2004) e desta forma, contribuir significativamente para a fixação de carbono no solo.

O carbono, uma vez entrando no ambiente edáfico, é transformado e sofre a influência de uma série de processos biológicos e não-biológicos (VAN de GEJIN; VAN VEEN, 1993). Para a biota heterotrófica do solo, por exemplo, o carbono orgânico representa a única fonte de energia para seu metabolismo e em condições aeróbicas resulta na oxidação de material orgânico em CO₂ e mineralização de nutrientes os quais estarão disponíveis para as plantas (VAN de GEJIN; VAN VEEN, 1993). Os fatores não-biológicos, como propriedades do solo, condições climáticas, temperatura e aeração do solo, controlam os processos biológicos associados com a dinâmica do carbono. A textura do solo, por exemplo, se destaca uma vez que solos

mais argilosos tendem a acumular e estocar maiores quantidades de carbono do que solos arenosos de textura mais grossa (OADES, 1989). O tempo de residência da quantidade de carbono no solo também é dependente da textura do solo e do manejo (VAN VEEN; KUIKMAN, 1990); desta forma, o efeito relativo do aumento da produção primária devido ao aumento da concentração de CO₂ atmosférico dependerá do tipo de vegetação compondo cada ecossistema (VAN de GEJIN; VAN VEEN, 1993).

2.6 IMPORTÂNCIA E CARACTERÍSTICAS DAS ESPÉCIES

As espécies da família Arecaceae, plantas conhecidas como palmeiras, apresentam grande importância econômica e são exploradas comercialmente na produção de óleo, amido, palmito, cera e fibras. São também utilizadas como fonte de alimentos, bebidas e como matéria-prima para construção de barcos, pontes e casas. As plantas são utilizadas na ornamentação de praças, jardins e ambientes internos há vários séculos.

As palmeiras são de ocorrência predominantemente tropical (HENDERSON *et al.*, 1995), têm a capacidade de se estabelecer em diversos tipos de hábitat, como mata de terra firme, matas periodicamente inundadas, cerrado e em ambientes degradados. No Brasil encontram-se extensamente distribuídas, habitando os ecossistemas Floresta Amazônica, Atlântica, cerrado entre outros.

2.6.1 Palmeira-real – *Archontophoenix alexandrae*

A palmeira-real (*Archontophoenix* sp.) é originária do leste da Austrália e foi introduzida no Brasil como planta ornamental (UZZO *et al.*, 2004). Existem seis espécies, sendo que as de maior interesse para a extração do palmito são a *Archontophoenix alexandrae* e a *Archontophoenix cunninghamiana*.

A espécie *Archontophoenix alexandrae* possui estipe único, proeminente na base, rígido, anelado, com palmito grande, espesso e vistoso no topo; atinge entre 15 e 20 m de altura e 17 cm de diâmetro a altura do peito (LORENZI *et al.*, 2004). As folhas, com tamanho de 1 a 2,5 m de comprimento, quando velhas apresentam segmentos foliares

com coloração esbranquiçada na face inferior, medindo de 30 a 45 cm por 2 a 4 cm, acuminados e inteiros, ráquis floral com 30 a 40 cm de comprimento, semipêndula, muito ramificada (BOVI, 1998).

Em Santa Catarina, de acordo com Reitz (1974), floresce por toda a primavera, verão e outono, com frutificação abundante na primavera, verão e outono. Os frutos são do tipo drupa, de mesocarpo carnoso com uma única semente de formato arredondado levemente ovalada. Quando maduros, têm coloração vermelho-intenso (RAMOS; HECK, 2004).

O clima adequado para o cultivo de palmeira-real deve ser o subtropical ou tropical, quente e úmido, com temperatura média anual entre 20 a 22°C, precipitação pluviométrica de 1.500 a 1.970mm, com boa distribuição sazonal. A espécie adapta-se bem às áreas planas ou onduladas e à diferentes tipos de solos, desde os extremamente arenosos até aqueles com alto conteúdo de argila, bem estruturados, sem compactação; tolera pH baixo (RAMOS; HECK, 2004).

A. alexandrae possui uma variedade denominada de *Var. beatriceae*, também popularmente chamada de palmeira-escada, que difere da anterior pelas folhas ascendentes, base inchada e tronca em forma de degraus, fenômeno este causado pelas cicatrizes foliares (BOVI, 1998; REITZ; KLEIN, 1974).

O cultivo da palmeira-real para produção de palmito foi desenvolvido inicialmente na região litorânea de Santa Catarina, onde ambas as espécies e híbridos são muito utilizados há várias décadas em jardins e alamedas, como plantas ornamentais (RAMOS; HECK, 2004). Além da facilidade de germinação das sementes, da resistência às principais doenças que ocorrem em viveiro e do rápido crescimento das plantas, apresenta palmito de qualidade (UZZO *et al.*, 2004). A colheita de palmito, nas espécies do gênero *Archontophoenix*, é feita em plantas com idade a partir de 30 meses de campo, desde que cultivadas em regiões aptas e com adubação apropriada (BOVI *et al.*, 2001). As espécies tradicionais levam de 8 a 12 anos para estarem aptas para corte.

O cultivo da palmeira-real para a produção de palmito é hoje uma alternativa concreta, capaz de proporcionar alta produção em locais adequados, podendo alcançar de 6 a 8 toneladas por hectare em rotações de 30 a 40 meses.

2.6.2 Palmeira juçara – *Euterpe edulis*

Euterpe edulis possui o estipe único que cresce até 20 m de altura, forma o palmito na base das folhas e ocorre naturalmente na Floresta Atlântica. É popularmente conhecida como palmito juçara (LORENZI; MELLO FILHO, 2001). Caracteriza-se por produzir palmito de excelente qualidade, com valor econômico elevado e amplamente consumido na alimentação humana, porém é uma planta que não rebrota na base e o corte implica na sua morte (CARVALHO, 2003).

É uma espécie de extrema importância ecológica na cadeia alimentar do ecossistema florestal, pois apresenta altos níveis de interação com os animais e desempenha significativo papel na nutrição da fauna da floresta, uma vez que seu fruto serve de alimento para aves e mamíferos, como roedores, marsupiais, primatas e morcegos (REIS; KAGEYAMA, 2000).

O palmito juçara é explorado legal e clandestinamente nos Estados de São Paulo (Vale do Ribeira), Paraná (Litoral Norte) e Santa Catarina (Litoral Norte e Vale do Itajaí), segundo Reis e Reis (2000). Atraídas pela abundância da matéria-prima e pela simplicidade da tecnologia de processamento, as indústrias de conservas proliferaram e, conseqüentemente, o processo extrativista de obtenção da matéria-prima esgotou os maciços naturais de *E. edulis* (RAMOS; HECK, 2002). O extrativismo exacerbado ao longo dos séculos, vem contribuindo para a diminuição acentuada das populações desta espécie levando a inclusão da mesma na Lista Oficial do IBAMA, como espécie da flora brasileira ameaçada de extinção.

O palmito juçara não se adapta ao modelo agrícola convencional, ou seja, monocultivo a pleno sol, exigindo condições ecológicas específicas, típicas de espécies climáticas (CLEMENTS, 2000).

A utilização de *E. edulis* por empresas alimentícias catarinenses é regulamentada por uma Portaria Interinstitucional de Santa Catarina de 04 de junho de 1996, que prevê critérios gerais de exploração para espécies não madeiras. Em todas as situações, o instrumento para realização da exploração é o Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS), cujo roteiro básico compõe o anexo I da Portaria. A aprovação do PMFS depende de emissão de licença ambiental prévia pelo órgão estadual, a Fundação do Meio Ambiente (FATMA). A autorização para execução e fiscalização é realizada pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Para atingir os objetivos propostos, foram desenvolvidos experimentos em casa de vegetação e em condições de campo. Os experimentos foram realizados para avaliar o efeito da associação de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) no crescimento, na fotossíntese e no metabolismo do carbono das espécies *Euterpe edulis* (palmeira juçara) e *Archontophoenix alexandrae* (palmeira-real) .

3.1 INOCULAÇÃO DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação, no Departamento de Ciências Naturais da Universidade Regional de Blumenau (FURB). As sementes de *E. edulis* e *A. alexandrae* foram obtidas de plantas cultivadas na Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), localizada em Itajaí.

Como inóculo micorrízico, foi utilizado uma mistura dos isolados fúngicos *Acaulospora koskei* e *Gigaspora decipiens*. Os isolados foram obtidos da coleção de germoplasma do Laboratório de Botânica da FURB.

Para a produção do inóculo fúngico utilizado no experimento, solo inóculo de culturas puras contendo esporos, hifas fúngicas e fragmentos de raízes colonizadas foram homogeneizados com um substrato composto por solo e areia (1:2) esterelizado em autoclave, duas vezes a 121^o C por uma hora. Esta mistura foi colocada em potes de 1,5 Kg utilizando-se *Brachiaria brizantha* como hospedeiro. Potes contendo somente mistura de areia e solo esterelizada na mesma proporção foi montado para o estabelecimento do tratamento controle (não-inoculado). Os potes foram mantidos em casa de vegetação e após quatro meses, a rega foi suspensa e o substrato juntamente com as raízes das plantas foram homogeneizados, constituindo-se o solo inóculo micorrízico.

A semeadura foi feita em tubetes, utilizando como substrato areia esterilizada duas vezes em autoclave a 121^o C por uma hora, com intervalo de 24 horas entre cada esterilização. Nos tratamentos com isolados fúngicos, foram adicionados 5 mL

de solo inóculo imediatamente abaixo das sementes. Nos tratamentos controle foram adicionados 5 mL da mistura solo e areia.

3.2 ENSAIO EM CASA DE VEGETAÇÃO

Os tratamentos do experimento foram dispostos num delineamento inteiramente casualizado, contendo vinte repetições por tratamento, perfazendo um total de 560 plantas a serem incluídas no experimento (2 espécies x 2 tratamentos x 20 repetições x 7 coletas). Os tratamentos estabelecidos para o experimento são: controle não inoculado e inoculação com FMAs.

Para a análise, as coletas das amostras, foram feitas aos 0 (data de germinação), 21, 28, 35, 42, 49 e 160 dias após a germinação (DAG), contados a partir do dia da germinação da semente, ou seja, o aparecimento de radícula.

3.2.1 Análise de Crescimento

Em cada coleta, 20 repetições foram amostradas, das quais 10 de cada tratamento foram utilizadas para a mensuração da matéria fresca (MF) da raiz, parte aérea e endosperma, os quais foram segmentados e pesados individualmente. Após, as amostras foram mantidas em estufa de secagem, durante 48 horas a 60° C para obter-se a matéria seca (MS). Das outras 10 repetições também foi mensurada a MF.

Após a determinação da MS, a parte aérea foi encaminhada para o laboratório da EPAGRI (Caçador, SC) para a determinação da quantidade de fósforo. Para esta determinação, 5 g de cada amostra foi submetida à digestão úmida nitroperclórica e analisada através da leitura pelo método colorimétrico de vanadato-molibdato.

Para avaliação da colonização micorrízica, utilizou-se 1 g de raízes da MF. As raízes foram descoloradas para a visualização das estruturas fúngicas pelo método proposto por Koske e Gemma (1989). Nesse processo, as raízes são inicialmente imersas em KOH 10% e deixadas em banho-maria (90° C) por 60 minutos. Após esta etapa, o sistema radicial foi lavado com água corrente e imerso em HCL 1%

durante 5 minutos. O excesso de HCL foi retirado e as raízes foram levadas novamente ao banho-maria por 60 minutos, cobertas com solução corante composta por ácido láctico, glicerina e água destilada na proporção (1:2:1) contendo 0,05% de corante Azul de Tripan. Finalmente, as raízes foram lavadas em água corrente para retirar o excesso de solução corante, e mantida a 4° C até a avaliação.

A verificação e quantificação da porcentagem de colonização radicular pelos FMAs foi feita por meio da observação destas raízes sob microscópio estereoscópio através da técnica da intersecção das linhas cruzadas, proposta por Giovannetti e Mosse (1980). Nesta técnica utiliza-se uma placa quadriculada contendo as amostras, acompanham-se as linhas horizontais da placa e contam-se as raízes que interceptam essas linhas, verificando se há ou não colonização no ponto de intersecção. A partir do número total, obtém-se a porcentagem de colonização radicular.

Para determinar o teor de clorofila foliar, 1 g da MF congelada da parte aérea foi macerada com nitrogênio líquido sendo, em seguida, acrescentados 3 mL de acetona pura gelada. O macerado resultante foi filtrado em papel filtro e coletado em balão volumétrico de 50 mL. A acetona pura foi adicionada sobre o macerado restante no papel filtro, até atingir o volume final de 50 mL de filtrado. Esse procedimento foi realizado no escuro. As absorbâncias das clorofilas **a** e **b** foram lidas em espectrofotômetro a 663 e 647 nm, respectivamente e a dos carotenóides, a 470 nm. A concentração dos pigmentos foi determinada de acordo com as equações definidas em Lichtenthaler (1987).

$$\text{Clorofila a} \rightarrow \text{Cl.a} = 12,7 \cdot A_{663} - 2,69 \cdot A_{647}$$

$$\text{Clorofila b} \rightarrow \text{Cl.b} = 22,9 \cdot A_{647} - 4,68 \cdot A_{663}$$

$$\text{Carotenóides} \rightarrow C = (1000 \cdot A_{470} - 1,82 \cdot \text{Cl.a} - 85,02 \cdot \text{Cl.b})/198$$

A unidade para todas as equações acima é µg de pigmento por grama de massa fresca.

3.2.2 Alocação de Carbono

Para estimar a alocação do carbono para a parte aérea e radicular foi medida a quantidade de carboidratos solúveis. Na extração e análise dos carboidratos solúveis totais foram utilizadas amostras contendo cerca de 1g de MF da parte

aérea, radicular e endosperma. Essas amostras foram congeladas em nitrogênio líquido e mantidas sob refrigeração até o término das coletas, sendo submetidas à uma extração tripla por fervura em etanol 80%, durante cinco minutos. Os extratos foram centrifugados a 3.000 rpm, por 10 minutos, também por três vezes (entre uma fervura e outra), e em seguida filtrados em microfibras de vidro, depositados em proveta igualando o volume com álcool 80% para 10 ml. O resíduo sólido foi mantido em refrigeração, para posteriormente utilizá-los para extração e quantificação do amido.

A quantificação de açúcares solúveis totais foi realizada através da análise colorimétrica utilizando-se o método do fenol-sulfúrico (DUBOIS *et al.*, 1956), com leitura em espectrofotômetro a 490 nm de absorvância.

Para a extração e quantificação do amido (carboidratos de reserva) foi utilizado o resíduo sólido da extração com etanol. A cada resíduo sólido foi adicionado 1 mL de água destilada gelada, esfriada em banho de gelo e 1,3 ml de ácido perclórico 52%, sendo mantido em temperatura ambiente por 15 minutos e agitado ocasionalmente com bastão de vidro. Em seguida, adicionou-se 2 mL de água deionizada, agitando-se e centrifugando-se posteriormente em 1.500 rpm por 15 minutos.

Depois de decantado o sobrenadante, filtrou-se o extrato em microfibras de vidro depositando-o em proveta de 10 ml. Ao resíduo sólido, adicionou-se novamente 0,5 ml de água deionizada (resfriada em banho de gelo) e 0,65ml de ácido perclórico 52%, agitou-se ocasionalmente a solução durante 15 minutos. Este foi centrifugado (1.500 rpm por 15 minutos) e depois de decantado filtrou-se o extrato em microfibras de vidro depositando-o em proveta juntamente com a primeira fração e ajustando o volume com água deionizada para 10 ml.

A quantificação de amido foi feita através de análise calorimétrica utilizando-se o método do fenol-sulfúrico a uma absorvância de 490 nm, da mesma forma que a extração de açúcar.

3.3 ENSAIO EM CONDIÇÕES DE CAMPO

Os tratamentos do experimento foram dispostos num delineamento inteiramente casualizado, contendo cinquenta e quatro repetições por tratamento,

perfazendo um total de 216 plantas a serem incluídas no experimento (2 espécies x 2 tratamentos x 54 repetições). Os tratamentos estabelecidos para o experimento foram: controle não inoculado e inoculação com FMAs. As plantas foram mantidas em condições de casa-de-vegetação até o transplante.

Aos 160 DAG as mudas foram transplantadas para o campo, sendo medidas a altura total e o diâmetro. O local escolhido para transplante foi a Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), localizada em Itajaí. No transplante, foi mantida uma distância de 1,5 m entre as plantas, as quais foram dispostas aleatoriamente nas linhas de plantio. As mudas de *E. edulis* foram mantidas em local sombreado por plantas arbóreas, pois não suportam sol direto nem sombreamento excessivo. Foram realizadas duas adubações com superfosfato simples, a primeira ocorreu no momento do transplante (junho/2008) e a segunda no mês de outubro/2008.

O acompanhamento foi feito mensalmente após o transplante, durante sete meses. Neste acompanhamento foram adotados três parâmetros: sobrevivência, biometria de diâmetro em nível de colo e altura total da planta. A sobrevivência foi calculada com base na porcentagem do número de plantas sobreviventes mensalmente em relação ao número inicial de mudas transplantadas. A mensuração do diâmetro foi feita com auxílio de um paquímetro e a altura total obtida com a utilização de fita métrica. O valor de incremento total de altura e diâmetro para cada tratamento foi calculado de acordo com a relação: Média altura/diâmetro no 7º mês – Média altura/diâmetro no transplante.

3.4 ANÁLISE DOS DADOS

Nesse estudo, o objetivo central foi analisar possíveis diferenças entre os tratamentos (controle não inoculado e inoculação com FMAs), pressupondo que as espécies respondam de modo diferente a estes tratamentos. A altura total das plantas, a MS e a MF da parte aérea e radicular, a quantidade de fósforo da parte aérea, conteúdo de clorofila na parte aérea, dos carboidratos solúveis na parte aérea e radicular e da colonização micorrízica nas raízes foram comparadas entre os tratamentos para uma mesma espécie e entre as duas espécies em um mesmo tratamento através da Análise da Variância (ANOVA). As médias foram comparadas

pelo teste Tukey admitindo-se nível de significância igual a 5%. As análises estatísticas foram feitas utilizando-se o software JMP® (SAS, 2002).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 EFEITO DA INOCULAÇÃO DE FMAs NO CRESCIMENTO E ALOCAÇÃO DE CARBONO

4.1.1 Germinação

A germinação das sementes foi considerada a partir do aparecimento da radícula, sendo que em *E. edulis* ocorreu acerca de 64 dias após a semeadura e o percentual de germinação foi de 92%. Para a espécie *A. alexandrae*, a germinação ocorreu acerca de 45 dias após a semeadura, cujo percentual de germinação foi de 100%.

Para Broschat (1994), a germinação de sementes para várias espécies de palmeiras é lenta, desuniforme e a percentagem de germinação pode ser muito baixa, principalmente pelas sementes recalcitrantes, as quais não toleram umidade inferior a 28% que gera perda de viabilidade e conseqüentemente, diminuição nas taxas de germinação, característica de *E. edulis* (REIS *et al.*, 1999).

Neste estudo os valores de germinação apresentados para *E. edulis* foram superiores aos citados para a espécie. A taxa de germinação obtida por Martins-Corder; Saldanha (2006) foi de 38% aos 210 dias, para Negreiros e Perez (2004) foi de 44%, aos 160 dias, para Andrade *et al.* (1999) foi 73% aos 100 dias e por último observado por Nodari *et al.* (1998) foi 73% aos 180 dias.

Os valores obtidos da porcentagem de germinação de *A. alexandrae* foram semelhantes aos citados por Teixeira *et al.* (2006), que encontraram taxas de germinação no intervalo de 90 a 100% aos 45 dias da semeadura. Porém diferiu de Charlo *et al.* (2006), que encontraram uma taxa de germinação de 72 a 86% acerca de 53 a 72 dias.

Fatores que podem ter favorecido o percentual elevado de sementes germinadas no presente estudo, deve-se provavelmente a utilização de areia como substrato sem adição de nutrientes minerais, visto que, segundo Meerow (1991) as

sementes de palmeiras, são consideradas grandes e apresentam teores elevados de reserva em seus endospermas, importantes para os estádios iniciais da germinação e até o início de formação da plântula, cujas necessidades nutricionais estão ali contidas, não necessitando de fonte suplementar de nutrientes.

Portanto, na germinação de sementes as características dos substratos utilizados passam a ser definitivas para a sua eficiência. Características consideradas importantes são as físicas que correspondem à boa estrutura, aeração, capacidade de retenção de água (POPINIGIS, 1977).

Assim segundo (BROSCHAT, 1994) o substrato para a germinação de sementes de palmeiras deve ser bem drenado, porém capaz de reter umidade suficiente, conforme característica do substrato composto por areia, utilizado no presente trabalho.

Ainda, têm-se outros estudos, como os realizados por Bovi *et al.* (1989) que buscaram a obtenção de substratos que sejam mais adequados para a germinação de sementes de palmeiras. Os referidos autores mostraram que ao utilizarem sementes de *E. edulis* verificaram que não houve diferença significativa entre os substratos em condições de laboratório, porém, observaram que sementes colocadas para germinar em vermiculita, serragem e areia apresentaram melhor desenvolvimento.

Aguiar *et al.* (2005), estudando o efeito da luz, temperatura e substrato na germinação de sementes de *Rhapis excelsa*, observaram que a 25° C em substrato composto por areia, observaram aumento no percentual e velocidade de germinação da espécie, independente da presença ou ausência de luz.

Ledo *et al.* (2002) observaram que sementes de pupunha (*Bactris gasipaes*) na areia proporcionou maior porcentagem de germinação, quando comparada com sementes em vermiculita, justificaram que a vermiculita favoreceu a incidência de fungos, afetando a germinação das sementes. Outro fator importante na germinação das sementes é o manejo de água no substrato (PIVETTA *et al.*, 2008), ou seja, eles deverão ter características, de manutenção de água disponível e oxigênio. (VILLALOBOS; HERRERA, 1991).

4.1.2 Biomassa Vegetal

Resultados de massa seca (MS) média das raízes de plântulas de *Euterpe edulis* e *Archontophoenix alexandrae* inoculadas ou não com FMAs não foram significativamente diferente, independente dos tratamentos utilizados, conforme pode se observado na Figura 1. Porém diferiram de acordo com os tempos de cultura, aos 21, 28, 42, 49 e 160 DAG, cujas médias das MS apresentaram um aumento significativo em relação ao dia de germinação, sendo que aos 160 DAG esse aumento foi significativamente superior em relação a todos demais tempos analisados, o que era esperado.

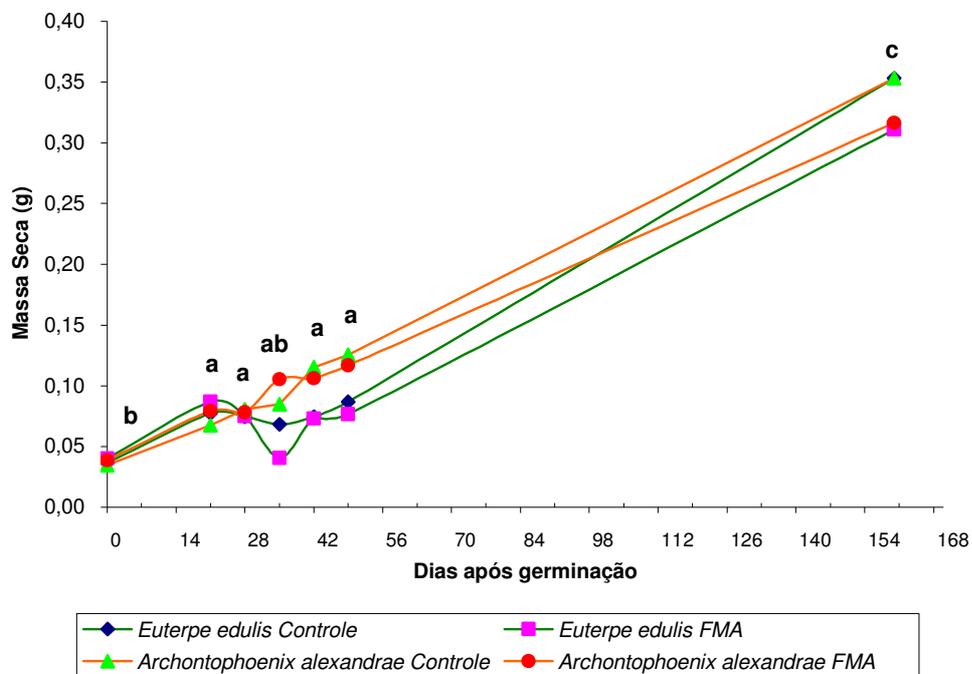


Figura 1. Massa seca (MS) média das raízes (g) de plântulas de *Euterpe edulis* e *Archontophoenix alexandrae* inoculadas ou não com FMAs. Letras diferentes mostram diferença estatística significativa segundo Tukey ($p=0,05$).

A MS média da parte aérea de plântulas de *Euterpe edulis* e *Archontophoenix alexandrae* inoculadas ou não com FMAs (Figura 2) mostrou-se de maneira semelhante aquelas apresentadas para raízes, ou seja, sem diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos e apresentando um aumento significativo aos 160 DAG quando comparados com os demais dias após germinação. Aos 49 DAG houve

um aumento significativo de MS média , cujo valor foi de 0,12 g, quando comparado com o dia da germinação, com valor de 0,02 g.

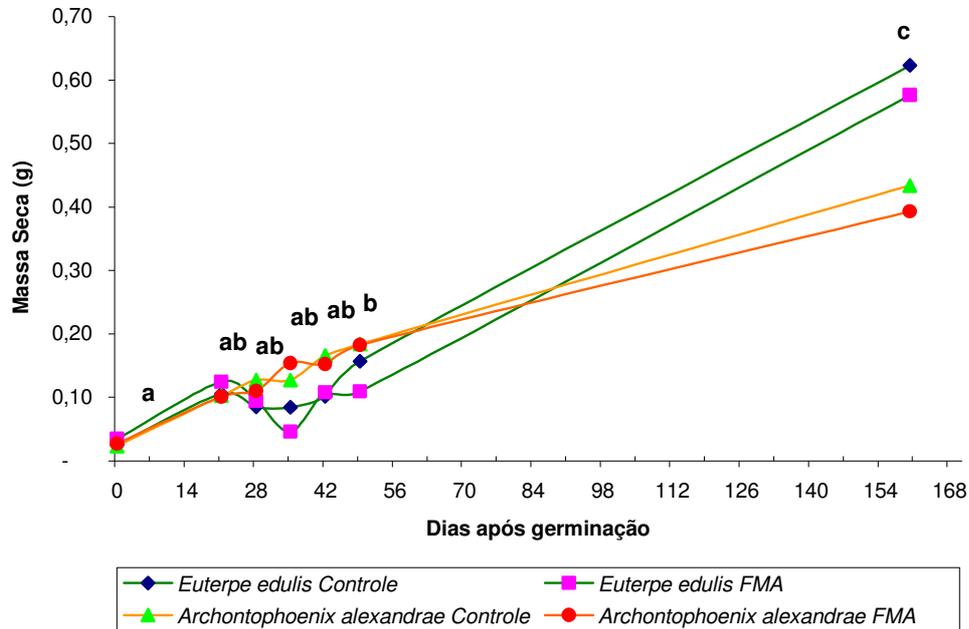


Figura 2. Massa seca (MS) da parte aérea (g) de plântulas de *Euterpe edulis* e *Archontophoenix alexandrae* inoculadas ou não com FMAs. Letras diferentes mostram diferença estatística significativa segundo Tukey ($p=0,05$).

No que se refere à análise dos valores médio da MS do endosperma (Figura 3) os mesmos não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos em *E. edulis* e *A. alexandrae* inoculadas ou não com FMAs, mas houve uma redução gradativa de MS média ao longo dos DAG, visto que, no processo da germinação de sementes começa a ocorrer hidrólise das reservas contidas no endosperma, principalmente o amido, para disponibilizar substrato para a respiração celular, fundamental no desenvolvimento das plântulas. Esta redução de MS ao longo dos DAG apresentou diferenças significativas somente em relação o dia da germinação quando comparado aos demais DAG.

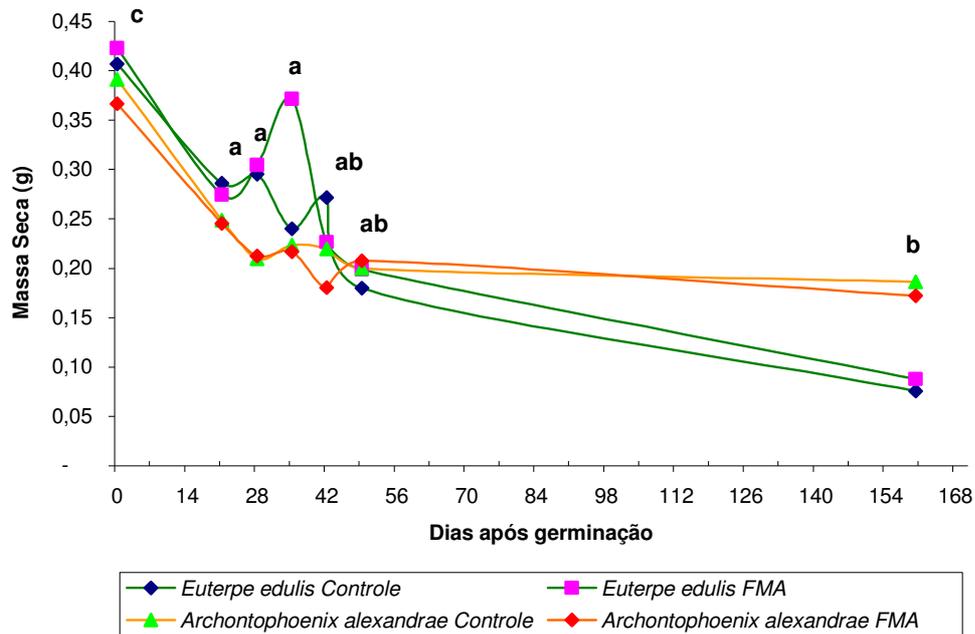


Figura 3. Massa seca (MS) do endosperma (g) de plântulas de *Euterpe edulis* e *Archontophoenix alexandrae* inoculadas ou não com FMAs. Letras diferentes mostram diferença estatística significativa segundo Tukey ($p=0,05$).

Assim, pode ser observado no presente trabalho, que o aumento nos valores MS encontrados nas partes aérea e radicular das plântulas ocorreu devido à um processo chamado “desvio ontogenético” (*ontogenetic drift*) que, em poucas palavras, envolve mudanças na alocação de biomassa entre os diferentes órgãos da planta ao longo do tempo, ou do seu desenvolvimento da mesma segundo POORTER ; NAGEL, 2000.

Durante a fase inicial do seu ciclo de vida, faz parte das estratégias de estabelecimento das espécies um investimento em altura e no desenvolvimento de novas folhas. Contudo, com o passar do tempo, as plantas devem formar tecidos de sustentação, através do caule e de aquisição de água e nutrientes através das raízes, para suprir as demandas das folhas, inclusive com maiores taxas respiratórias celulares em cada órgão que está crescendo, junto com os custos de manutenção e com isso as taxas de crescimento caem, seguindo provavelmente uma mudança de alocação de biomassa entre os diferentes órgãos (GODOY, 2007).

Como descrito anteriormente os endospermas apresentaram maiores valores médios de biomassa no início da germinação, com comportamento inversamente proporcional ao da parte aérea e radicular das plântulas a medida que estas

creciam. Estes resultados eram esperados, pois o endosperma é tecido de reserva, que inicialmente nutre a plântula, até seu estabelecimento como planta autotrófica. Assim, na fase inicial de germinação das sementes, os carboidratos armazenados no endosperma constituem a principal fonte de energia para o processo germinativo e de crescimento inicial das plântulas (BUCKERIDGE, 2004).

O valor de investimento em biomassa na raiz, na parte aérea e no endosperma não apresentou diferenças entre os tratamentos, mas a parte aérea apresentou maior investimento em biomassa que a radicular (Figuras 1 e 2).

De forma geral, na fase de vida estudada, as plantas, no presente estudo, independente da espécie, alocaram mais recursos para as folhas, investindo no processo de fixação de carbono. A menor distribuição de biomassa para raízes sob baixas condições de radiação resulta em uma resposta a atributos que melhoram o ganho de carbono sobre irradiância, como um aumento na área foliar ou que reflita uma estratégia buscando luminosidade, como um aumento na altura (THOMPSON *et al.*, 1992; WALTERS *et al.*, 1993; DIAS-FILHO, 1997; SOUZA *et al.*, 1999; PAEZ *et al.*, 2000; ALMEIDA *et al.*, 2004). Resultados de maior investimento em biomassa aérea também foram encontrados por Lima Júnior (2004) para *Cupania vernalis* Camb. (Sapindaceae), em que o sombreamento favoreceu o crescimento da parte aérea em detrimento ao sistema radicular. Em *Campomanesia rufa* Berg. (Myrtaceae), Rezende (2004) observou, para todos os tratamentos (0%, 30% e 70% de sombreamento), que as plantas concentraram cerca de 50% de sua massa seca nas folhas, 17% nos caules e 33% nas raízes.

A razão parte aérea/raiz mostra que *E. edulis* alocou 15% menos carbono para as raízes em relação a *A. alexandrae*, possivelmente refletindo uma estratégia de direcionamento de biomassa para a produção de folhas, aumentando o potencial fotossintético total da planta (Tabela 1). Quando a área foliar é restringida, a quantidade de biomassa produzida é menor, uma vez que o aproveitamento da energia luminosa é alterado em consequência da diminuição da superfície responsável pela interceptação da radiação luminosa (NOGUEIRA, 1997).

Tabela 1. Razão massa seca parte aérea/raiz (g) de plântulas de *Euterpe edulis* e *Archontophoenix alexandrae* inoculadas ou não com FMAs. Dados apresentados como média de todos os períodos.

Tratamentos	Razão aérea/raiz
<i>Euterpe edulis</i> Controle	1,53
<i>Euterpe edulis</i> FMA	1,56
<i>Archontophoenix alexandrae</i> Controle	1,35
<i>Archontophoenix alexandrae</i> FMA	1,33

4.1.3 Colonização Micorrízica

A colonização micorrízica foi avaliada aos 0, 21, 35, 42, 49 e 160 DAG das sementes e independentemente da espécie estudada, nenhum sinal de colonização micorrízica foi detectado nas raízes das plantas, tanto nos tratamentos inoculados quanto controles, ou seja, não inoculados.

A colonização das raízes e a resposta à inoculação para algumas espécies podem apresentar diferenças porque algumas espécies de FMAs podem ser mais efetivas do que outras, diferindo na extensão da colonização das raízes em resposta à inoculação (JAKOBSEN, 1995; SANDERS *et al.*, 1996).

A hipótese mais provável para justificar a ausência de resposta à inoculação com FMAs parece estar ligada ao alto teor nutritivo das sementes. Silva Júnior e Cardoso (2006) avaliaram a colonização micorrízica em cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum.) e pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth), cultivadas em sistema agroflorestal e monocultivo, evidenciando baixos percentuais de colonização micorrízica. Zangaro *et al.* (2003) trabalharam com 80 espécies vegetais, entre elas *E. edulis*, e verificaram que esta espécie apresentou baixa resposta à inoculação com FMAs. De acordo com estes autores a grande reserva nas sementes foi extremamente importante para a nutrição de mudas, promovendo seu crescimento inicial, o que pode justificar a baixa responsividade a colonização micorrízica. Zangaro *et al.* (2002) estudaram espécies nativas da Bacia do Rio Tibagi crescidas em substrato (85% subsolo e 15% areia) e encontraram um percentual de colonização muito baixo em *E. edulis*. De acordo com estes autores a baixa taxa de crescimento e a menor demanda pelos minerais podem ser algumas das razões

pelas quais esta espécie apresentou baixa colonização e resposta à inoculação. Mencionam ainda, que os motivos porque as espécies de plantas apresentam comportamento distinto quanto à colonização e resposta a inoculação certamente são de ordem evolucionária. Zangaro; Bononi; Trufen (2000) avaliaram mudas de 43 espécies nativas pertencentes a diferentes grupos sucessionais (pioneiras, secundárias precoces, secundárias tardias e clímax), entre as climax estava *E. edulis*, que apresentou baixo percentual de colonização micorrízica. Segundo estes autores, espécie com sementes contendo grandes reservas, especialmente as espécies secundárias tardias e clímax, podem manter o crescimento inicial nas mudas impedindo a colonização inicial da raiz e evitando o dreno do carbono pelos fungos micorrízicos. O crescimento inicial destas espécies nas fases finais de sucessão pode depender da duração das reservas do cotilédone ou endosperma, principalmente quando estão em solos de baixa fertilidade. No estudo destes autores as espécies secundárias tardias e clímax não apresentaram alteração significativa na produção de biomassa, na absorção mineral e na resposta à colonização micorrízica entre 9 e 31 semanas após a queda do cotilédone. A consequente diminuição na utilização da quantidade de minerais no interior das plantas poderia proporcionar um maior estímulo na colonização micorrízica e as espécies secundárias tardias e climax podem tornar-se dependentes da associação micorrízica em estágios posteriores do crescimento (Siqueira *et al.*, 1998).

Benefícios da micorrização foram evidenciados por Chu (1999) em *Euterpe oleracea* Mart. inoculadas com *Scutellispora gilmorei* e *Acaulospora* sp. após a germinação. Crescimento significativo foi observado por Sudo *et al.* (1996) em mudas de híbridos de palmeiras (*E. olerarcea* x *E. edulis*), inoculadas com misto *Glomus clarum*, *Glomus etunicatum* e *Gigaspora margarita*.

4.1.4 Teores de Fósforo

Para os teores médios de fósforo na parte aérea das plantas (Figura 4) *E. edulis* apresentou um teor significativamente mais elevado que *A. alexandrae*. Houve uma redução significativa no teor de fósforo aos 160 DAG em relação aos dias analisados antes deste. Aos 42 e 49 DAG também ocorreu uma redução quando comparada ao dia de germinação.

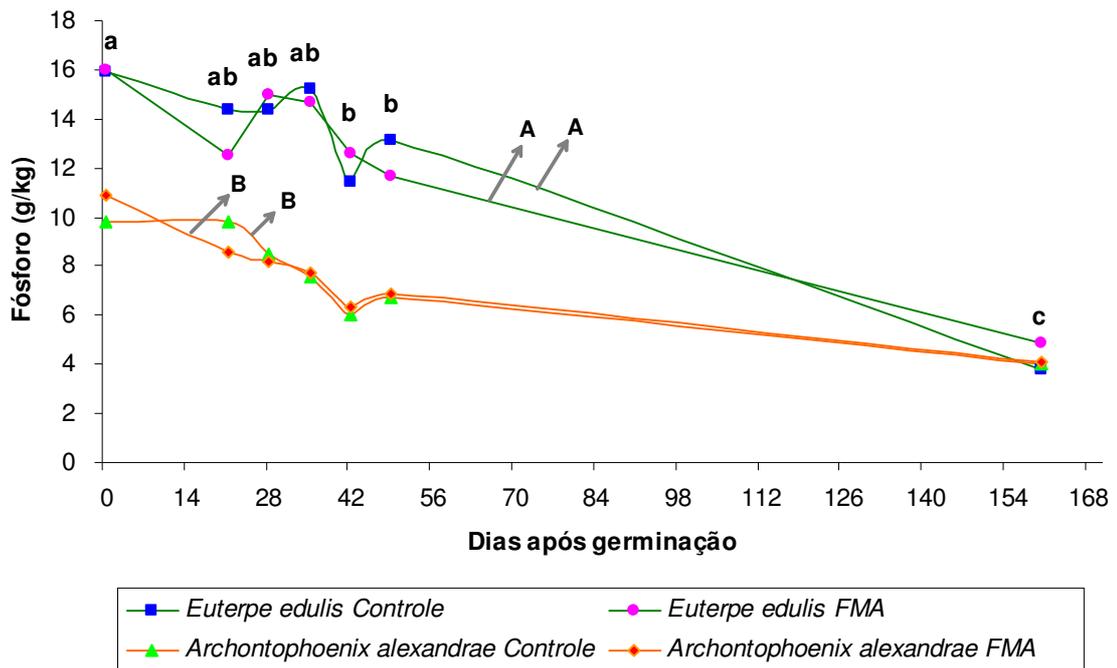


Figura 4. Teor médio de fósforo (g/kg) da parte aérea de plântulas de *Euterpe edulis* e *Archontophoenix alexandrae* inoculadas ou não com FMAs. Letras diferentes mostram diferença estatística significativa segundo Tukey ($p=0,05$). Letras minúsculas correspondem à comparação entre tempos de germinação. Letras maiúsculas correspondem à comparação entre tratamentos.

A simbiose que ocorre entre os FMAs e as plantas vasculares representa a associação mais amplamente distribuída nos ecossistemas terrestres, ocorrendo em aproximadamente 80% - 92% das famílias botânicas (TRAPPE, 1987; WANG; QIU, 2006). Nessa associação, os FMAs obtêm, através das raízes das plantas, compostos de carbono necessários para completar o seu ciclo de vida (SMITH; READ, 1997) enquanto que as plantas se beneficiam pela maior absorção de alguns nutrientes minerais, tais como o fósforo e nitrogênio, providenciado pelas hifas extra radiculares que exploram o solo rizosférico (GUADARRAMA *et al.*, 2004). Este aumento na absorção de nutrientes reflete, na maioria dos casos, num maior

incremento de biomassa por parte da planta e maior concentração de nutrientes, principalmente o fósforo.

No presente estudo era esperado que os tratamentos inoculados com FMAs apresentassem teores mais elevados de fósforo, porém isto não ocorreu. Essa resposta é justificada pela ausência de colonização micorrízica verificada no experimento e já descrita anteriormente.

A maior ou menor eficiência no aproveitamento do fósforo presente no solo é provocada por diferenças na absorção, translocação e utilização desse nutriente pelas plantas, bem como pelas diferenças associadas as características morfológicas e fisiológicas das plantas (ABICHEQUER; BOHNEN, 1998).

E. edulis apresentou teores de fósforo significativamente mais elevados que *A. alexandrae*. A maior eficiência na utilização de fósforo apresentada por *E. edulis* pode aumentar a capacidade desta espécie ao competir com outras em ambientes com baixos níveis de nutrientes. O fósforo é crucial no metabolismo das plantas, desempenhando papel importante na transferência de energia importantes para as atividades das células, principalmente no que diz respeito a respiração celular. As limitações na disponibilidade de fósforo no início do ciclo vegetativo podem resultar em restrições no desenvolvimento, das quais a planta não se recupera posteriormente.

Conforme citado anteriormente, a razão biomassa parte aérea/raiz mostra que *E. edulis* alocou 15% menos para as raízes em relação a *A. alexandrae* possivelmente refletindo uma estratégia de direcionamento de biomassa para a produção de folhas. Segundo Perotes (1996), o fósforo interfere no crescimento e produção foliar.

Em estudos com pupunheira, (BOVI *et al.*, 2002) constataram que o fósforo não apresentou respostas significativas de crescimento para a variável biomassa aérea. Entretanto, em plantas jovens de *Parapitadenia rigida* foi obtida a máxima resposta a 80 mg Kg⁻¹ de P, sendo afetada negativamente pelo baixo conteúdo de fósforo no solo (FOGAÇA, 1999). Mas a alta disponibilidade de fósforo no solo favoreceu o crescimento da parte aérea de *Parapitadenia rigida* (MÍSSIO *et al.*, 2004). Pode-se observar que os resultados positivos obtidos para a variável biomassa aérea das plantas jovens de palmitreiro são similares aos dessas espécies, demonstrando, dessa forma, que o fósforo é realmente um elemento fundamental

para o crescimento e desenvolvimento inicial de plantas, promovendo maior incremento de massa aérea quando em alta disponibilidade.

4.1.5 Clorofila

A concentração média de clorofila **a**, **b** e carotenóides em plântulas de *Euterpe edulis* e *Archontophoenix alexandrae* inoculadas ou não com FMAs não diferiu estatisticamente entre os tratamentos. No entanto, a clorofila **a** (Figura 5) apresentou um aumento significativo aos 21, 28, 35, 42, 49 e 160 DAG em relação a data de germinação, sendo que aos 160 DAG os valores eram significativamente superiores quando comparados com os demais tempos de avaliação.

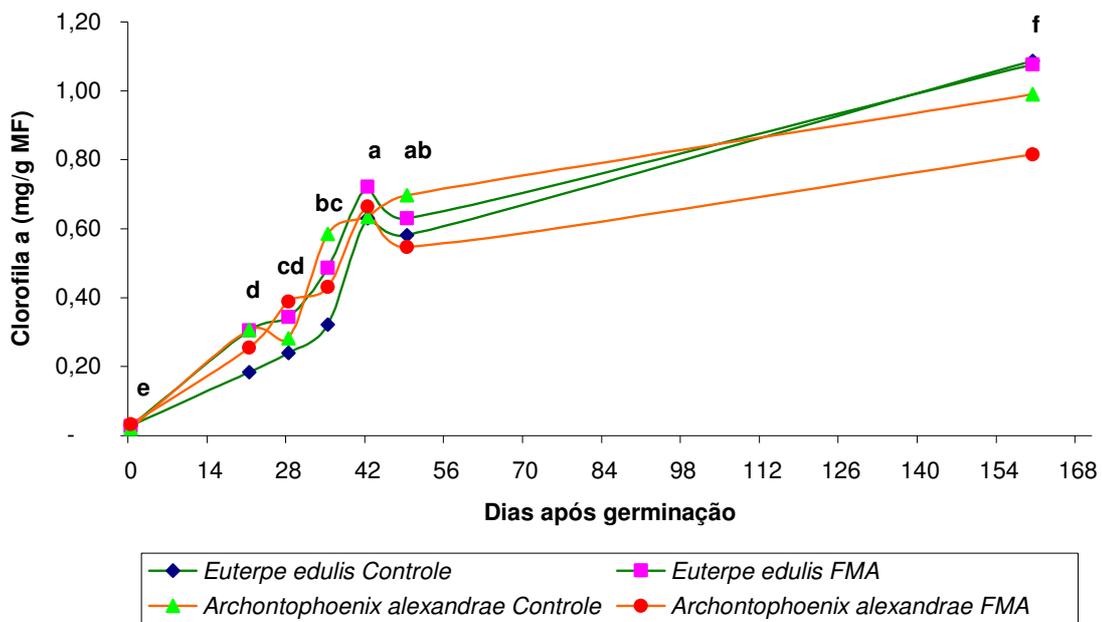


Figura 5. Teor médio de clorofila **a** (mg/g MF) de plântulas de *Euterpe edulis* e *Archontophoenix alexandrae* inoculadas ou não com FMAs. Letras diferentes mostram diferença estatística significativa segundo Tukey ($p=0,05$).

De forma semelhante, também a clorofila **b**, apresentou um aumento significativo na concentração aos 160 DAG em relação aos demais tempos avaliados. Os teores médios de clorofila do 21, 28, 35, 42, 49 e 160 DAG também foram significativamente superiores ao dia de germinação (Figura 6).

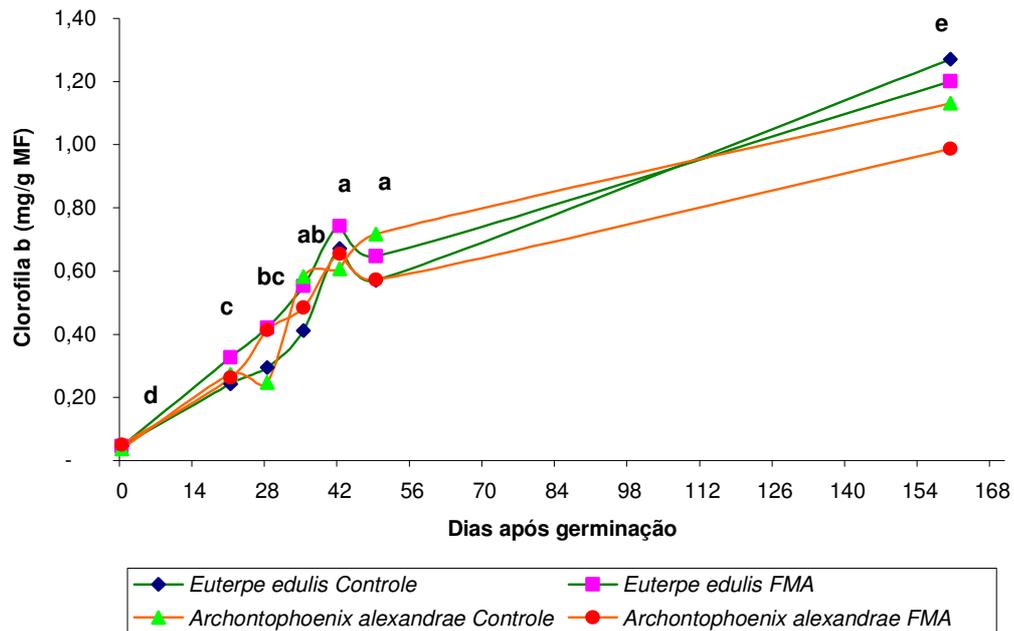


Figura 6. Teor médio de clorofila **b** (mg/g MF) de plântulas de *Euterpe edulis* e *Archontophoenix alexandrae* inoculadas ou não com FMAs. Letras diferentes mostram diferença estatística significativa segundo Tukey ($p=0,05$).

Com relação aos carotenóides, estes apresentaram uma concentração média mais elevada nos dias 21, 28, 35, 42, 49 e 160 DAG em relação a data de germinação (Figura 7).

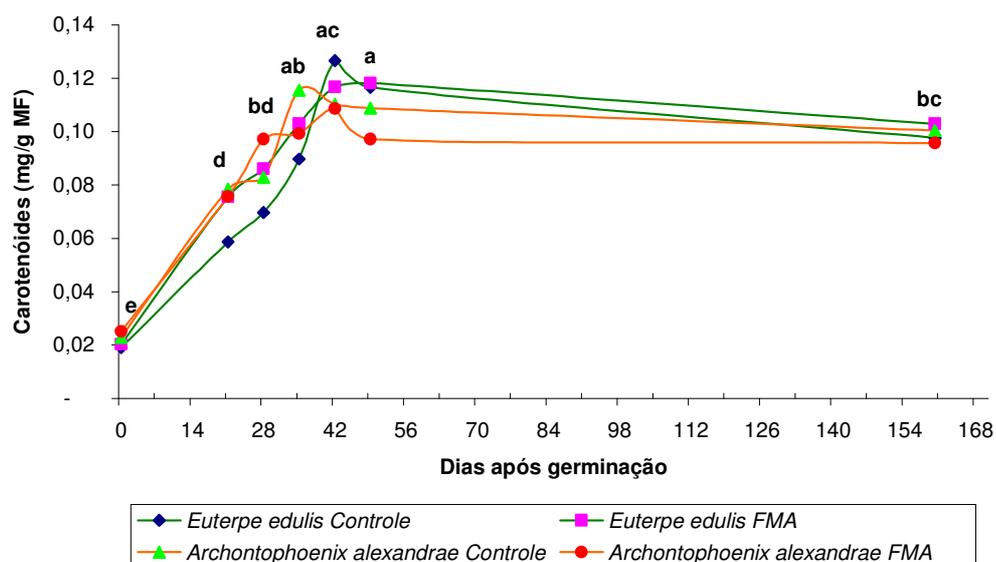


Figura 7. Teor médio de carotenóides (mg/g MF) de plântulas de *Euterpe edulis* e *Archontophoenix alexandrae* inoculadas ou não com FMAs. Letras diferentes mostram diferença estatística significativa segundo Tukey ($p=0,05$).

Após absorção da luz pelos pigmentos, ocorre transferência de energia luminosa que desencadeia os eventos químicos da fotossíntese, como fixação do CO₂ e produção de carboidratos (SUN; NICHIO; VOLGELMANN, 1998).

No geral, as espécies estudadas, independentemente de serem ou não inoculadas por FMAs, mostraram comportamentos semelhantes ao longo do desenvolvimento. Os teores de clorofilas **a**, **b** e carotenóides aumentaram ao longo do experimento, sendo que houve um aumento significativo das clorofilas **a** e **b** principalmente aos 160 DAG. Estes resultados eram esperados, visto que elevados teores desses pigmentos contribuem para a eficiência fotossintética, é evidência de plântulas com capacidade de realizar maior taxa fotossintética líquida, tornando as plântulas autotróficas.

Desta forma a produtividade das plantas é determinada pela luz interceptada e pela conversão eficiente dessa luz em produtos fotossintéticos. A eficiência de conversão que pode levar ao aumento de biomassa é determinada por uma série de processos fisiológicos e bioquímicos complexos, incluindo a fotossíntese (BANSAL *et al.*, 1993).

As clorofilas **a** e **b** captam comprimentos de ondas diferentes. Assim, as espécies pioneiras que apresentam maiores taxas de crescimento e naturalmente maior exposição ao sol possuem maior quantidade de clorofila **a**, pelo comprimento de onda disponível para captação. As espécies não pioneiras necessitam de maiores concentrações de clorofila **b** para a absorção mais eficiente da luz em locais sombreados. Observa-se, através dos resultados, que as espécies em estudo mesmo não apresentando diferenças significativas nas concentrações desses pigmentos, tiveram teores mais elevados de clorofila **b**. De acordo com Iannelli-Servin (2007) e Luttge (1997), as espécies não pioneiras apresentam maiores taxas de clorofila **b**, isto ocorre porque a maior quantidade de pigmentos assegura que a menor quantidade de luz que incide nas suas folhas seja capturada com maior eficiência, deste modo o fluxo de energia pode ser transferido aos centros de reação, representada pela clorofila **a**. Assim os resultados obtidos para os teores de clorofila **a** e **b** reafirmam esta hipótese, pois são consideradas espécies não pioneiras.

Os valores de clorofila e biomassa apresentaram fortes correlações, variando entre 80% e 89%. Isto indica que o aumento de clorofila foi diretamente proporcional

ao aumento de biomassa, ou seja, a eficiência fotossintética da planta proporcionou o aumento de biomassa.

4.1.6 Teores de Açúcares Solúveis Totais

Observou-se que *A. alexandrae* apresentou teores de açúcares solúveis totais (7,84 a 22,49 mg/gMF) significativamente mais elevados que *E. edulis* (2,67 a 14,44mg/gMF) (Figura 8). Verificou-se também que os teores de açúcares solúveis totais não foram significativamente diferentes entre a data de germinação e o 21, 28, 49 DAG, porém apresentaram teores médios significativamente inferiores aos 35 e 42 DAG.

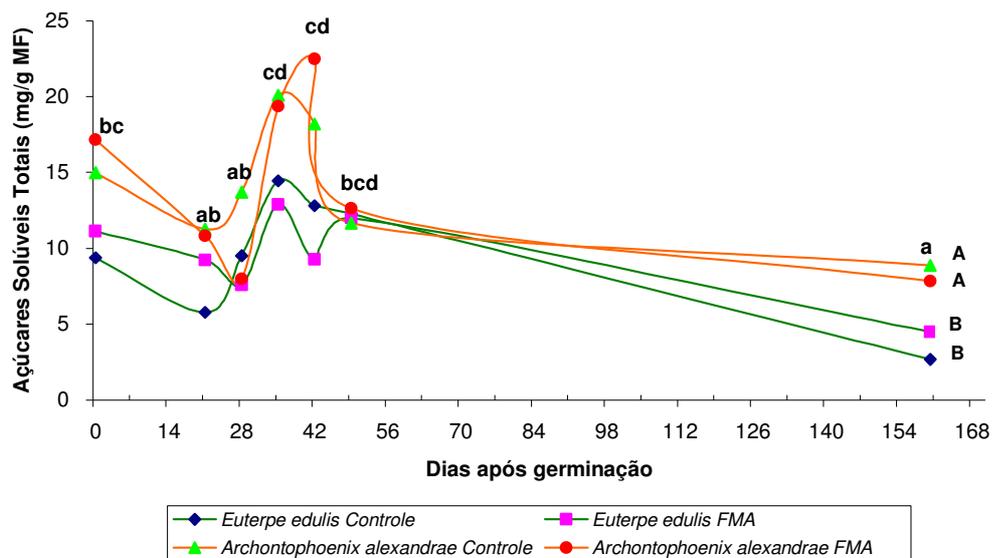


Figura 8. Teor médio de açúcares solúveis totais (mg/g MF) na parte aérea de plântulas de *Euterpe edulis* e *Archontophoenix alexandrae* inoculadas ou não com FMAs. Letras diferentes mostram diferença estatística significativa segundo Tukey ($p=0,05$). Letras minúsculas correspondem à comparação entre tempos de germinação. Letras maiúsculas correspondem à comparação entre tratamentos.

A concentração média de açúcares solúveis totais na raiz variou de 1,02 a 3,42 mg/g MF. Não houve diferenças significativas entre o 49 e 160 DAG, mas houve em relação ao dia de germinação e o 21^o DAG (Figura 9).

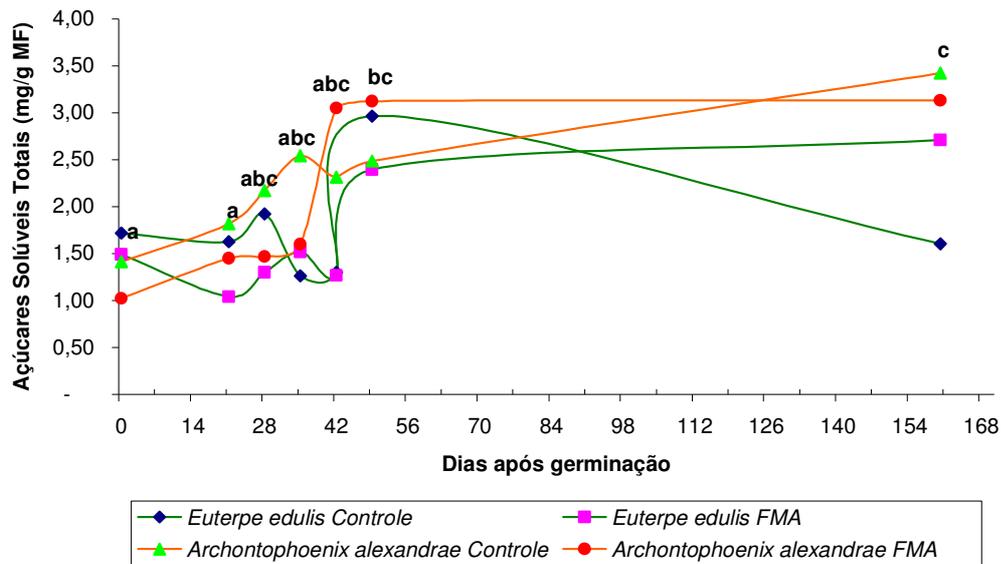


Figura 9. Teor médio de açúcares solúveis totais (mg/g MF) nas raízes de plântulas de *Euterpe edulis* e *Archontophoenix alexandrae* inoculadas ou não com FMAs. Letras diferentes mostram diferença estatística significativa segundo Tukey ($p=0,05$).

Com relação ao endosperma, o mesmo apresentou diferenças significativas entre as duas espécies estudadas, sendo que a espécie *A. alexandrae* apresentou teores mais elevados de açúcares totais (0 a 13,20 mg/gMF) que *E. edulis* (0 a 5,30 mg/gMF). Houve também uma diminuição significativa dos teores de açúcares solúveis totais aos 160 DAG em relação aos demais tempos avaliados (Figura 10).

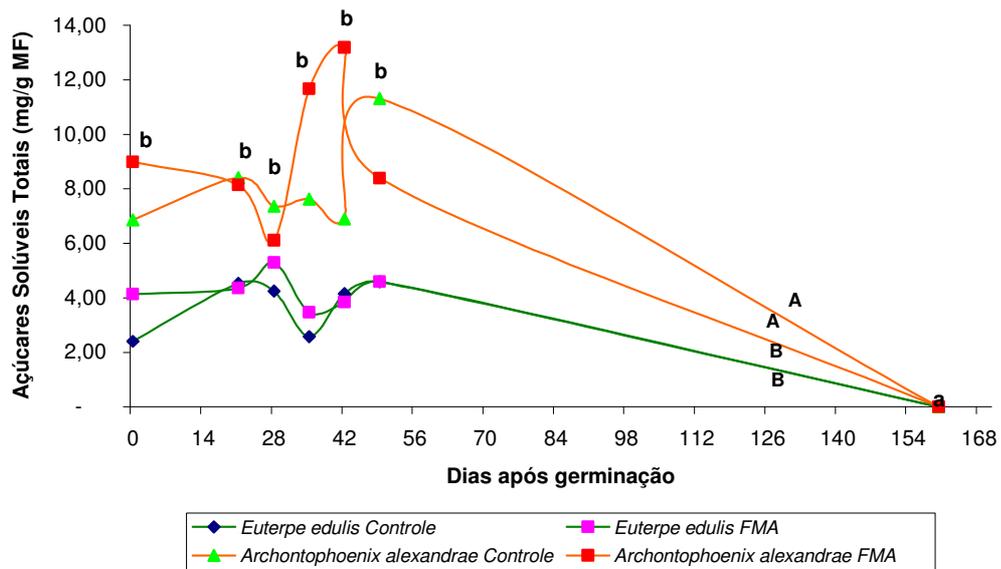


Figura 10. Teor médio de açúcares solúveis totais (mg/g MF) no endosperma de plântulas de *Euterpe edulis* e *Archontophoenix alexandrae* inoculadas ou não com FMAs. Letras diferentes mostram diferença estatística significativa segundo Tukey ($p=0,05$). Letras minúsculas correspondem à comparação entre tempos de germinação. Letras maiúsculas correspondem à comparação entre tratamentos.

Os teores endógenos de açúcares são importantes controladores do metabolismo vegetal, determinando se o sistema deve ser direcionado para o acúmulo ou para a degradação de reservas. A presença de grandes quantidades de sacarose geralmente indica que há alguma fonte de energia importante em ação na planta, e isso é interpretado pelo metabolismo como um sinal para acumular reservas (BUCKERIDGE *et al.*, 2004).

Teores de carboidratos totais do endosperma reduziram-se gradativamente durante o desenvolvimento, apresentando uma queda significativamente acentuada aos 160 DAG. A quantidade total de reservas da semente disponível para uma plântula não é determinada somente pela sua massa, mas é também influenciada pela composição química (KITAJIMA, 1996). Pode-se sugerir que a grande quantidade de carboidratos totais observada no endosperma de *A. alexandrae* não garante apenas o fornecimento de energia para a germinação, mas também confere maior armazenabilidade a essas sementes.

Das duas espécies analisadas no presente trabalho, *A. alexandrae* apresentou maiores teores médios de açúcares totais no endosperma e na parte aérea das plântulas, mostrando garantia de maior dinâmica de crescimento e conseqüentemente maior eficiência na captação de CO₂ da atmosfera.

Na maioria das plantas, a sacarose é o principal açúcar exportado dos locais de síntese (folhas) para as regiões de consumo (caule, gemas vegetativas, raízes e órgãos reprodutivos) onde será utilizada para o crescimento e/ou armazenamento.

Embora não verificado, no presente estudo, é de conhecimento que as hexoses liberadas a partir da hidrólise de sacarose podem ser utilizadas em processos anabólicos ou catabólicos e também fornecendo açúcares redutores para o processo de ajustamento osmótico. Dentre as enzimas que participam dessa hidrólise, as invertases parecem ser mais ativas do que a sacarose sintase (KINGSTON-SMITH *et al.*, 1999). Marur (1999) verificou que em algumas variedades de plantas de algodoeiro submetidas ao estresse hídrico ocorreu um ajustamento osmótico como conseqüência do acúmulo de solutos no simplasto, apresentando um aumento no teor de carboidratos redutores, que se mostrou associado à diminuição do potencial hídrico.

De acordo com Durda *et al.*, (2006), o tamanho das sementes parece não interferir na quantidade de assimilados dentro da mesma espécie independente do

tamanho das sementes. No entanto, ao serem comparadas as sementes de *Shizolobium parahyba* (Vellozo) S. F. Blake (Fabaceae) e *Talauma ovata* St. Hil. (Magnoliaceae), verificaram diferenças nos teores de açúcares solúveis totais e de amido, explicado possivelmente pela característica hierárquica no favorecimento de sementes da primeira espécie, visto que ela apresenta sementes grandes e com isso aumenta a sua capacidade de assimilar maiores teores comparativamente àqueles verificados nas sementes menores da segunda espécie. Esta hipótese não se aplica a este trabalho, pois, *A. alexandrae* apresenta sementes com pesos médios de 0,80 g enquanto que sementes de *E. edulis* pesam em média 1,10 g, porém os maiores teores de açúcares totais foram encontrados na espécie de semente com menor massa.

As correlações entre biomassa e açúcares solúveis totais foram positivas apenas para raízes (54% a 93%) e para endosperma (12% a 61%), variando conforme o tratamento. Isto ressalta a alocação de recursos dos endospermas para outras partes da planta a medida que a redução da biomassa e açúcares dos endospermas refletem no aumento de produção de biomassa de raízes.

4.1.7 Teores de Amido

A Figura 11 mostra as concentrações médias de amido na parte aérea das plantas estudadas. Houve um aumento significativo nos teores de amido aos 160 DAG em relação aos demais tempos avaliados. No 49 DAG as plântulas apresentaram uma concentração de amido significativamente superior quando comparado ao dia de germinação e significativamente inferior quando comparado ao 160 DAG.

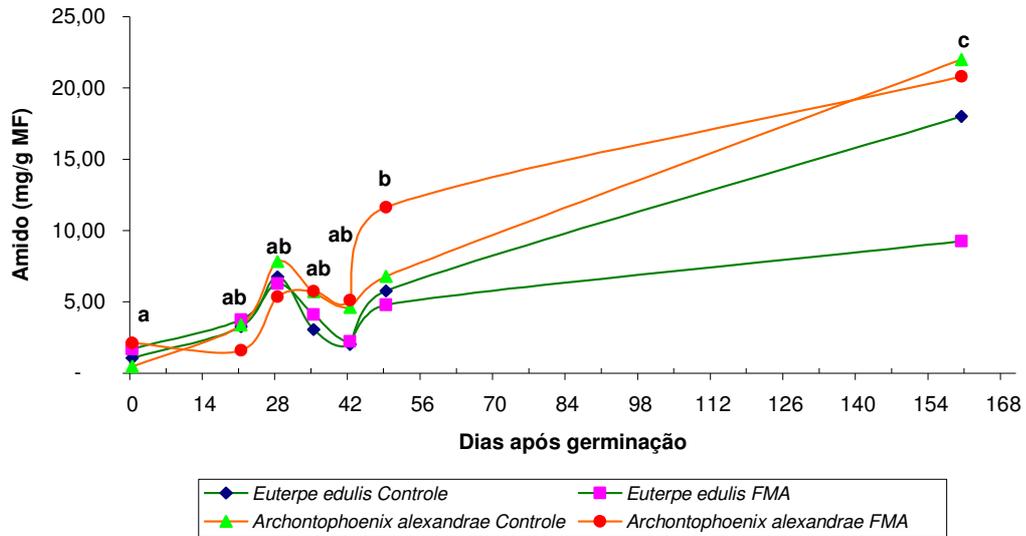


Figura 11. Teor médio de amido na parte aérea (mg/g MF) de plântulas de *Euterpe edulis* e *Archontophoenix* sp. inoculadas ou não com FMAs. Letras diferentes mostram diferença estatística significativa segundo Tukey ($p=0,05$).

Com relação ao teores médios de amido nas raízes de de plântulas de *E. edulis* e *A. alexandrae* inoculadas ou não com FMAs, estas apresentaram aumento significativo aos 160 DAG em relação ao dia de germinação, 21 e 28 DAG. (Figura 12).

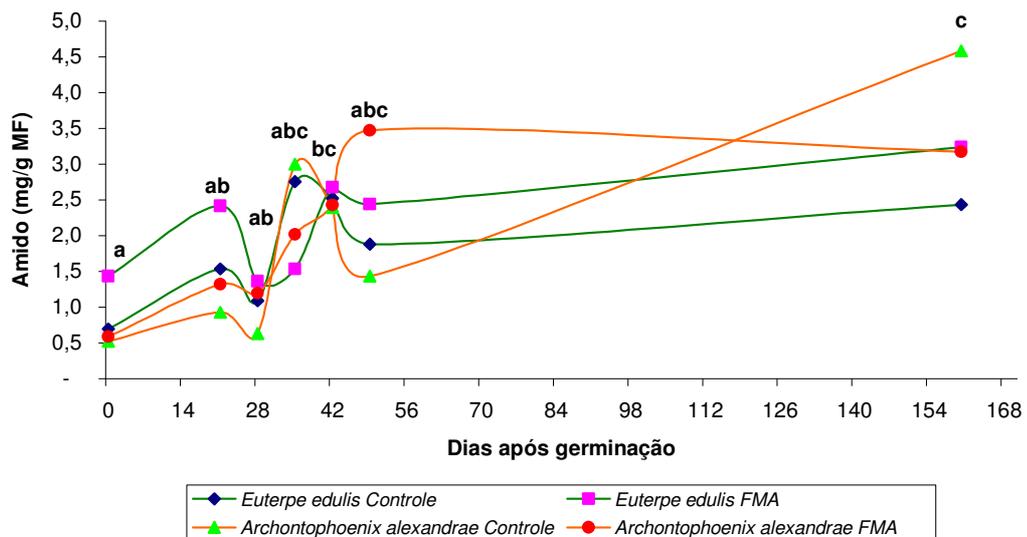


Figura 12. Teor médio de amido (mg/g MF) na raiz de plântulas de *Euterpe edulis* e *Archontophoenix* sp. inoculadas ou não com FMAs. Letras diferentes mostram diferença estatística significativa segundo Tukey ($p=0,05$).

Como se pode observar na Figura 13, a concentração média de amido no endosperma apresentou uma redução a partir do 21º DAG, sendo que os teores de amido no dia da germinação são significativamente superiores em relação aos demais dias avaliados.

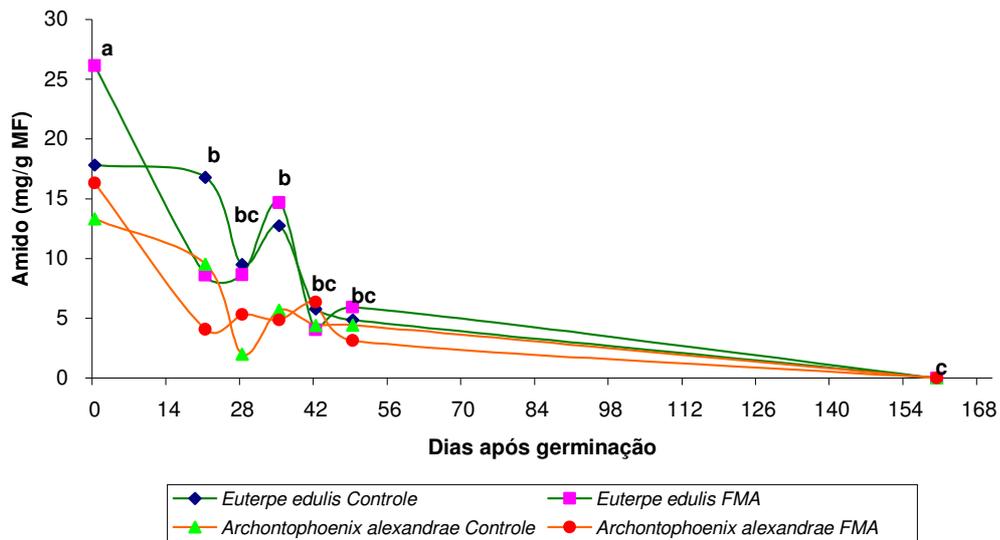


Figura 13. Teor médio de amido (mg/g MF) no endosperma de plântulas de *Euterpe edulis* e *Archontophoenix* sp. inoculadas ou não com FMAs. Letras diferentes mostram diferença estatística significativa segundo Tukey ($p=0,05$).

Durante sua vida produtiva, a planta sintetiza açúcares, cujos excedentes, não utilizados para manutenção e crescimento, são então depositados na forma de amido, o qual poderá sofrer o processo reverso, até açúcares, em situações em que a quantidade sintetizada pela planta é menor do que suas necessidades. Plantas em desenvolvimento, por necessitarem de sustentação para os órgãos em crescimento, têm suas porções de parede celular espessadas, em detrimento dos carboidratos não-estruturais (VAN SOEST, 1994).

Na Figura 13 é possível observar que os endospermas apresentavam altos teores de amido no início da germinação, que foram se reduzindo gradativamente ao longo do desenvolvimento. Segundo Buckeridge *et al.* (2004), o amido é sintetizado nas folhas durante o dia, a partir da fixação fotossintética de carbono, e mobilizado para os outros tecidos, seja de crescimento ou de reserva. O amido é hidrolisado nos tecidos que o acumulam, portanto a redução da quantidade de amido é uma consequência da atividade da amilase que o degrada, sendo acompanhado pelo

aumento da quantidade de açúcares solúveis totais (FILHO, 2001). Assim, o aumento nos teores de açúcares totais nas raízes e parte aérea das plântulas é justificado pela redução nos teores de amido do endosperma, pois representa a biomassa dos órgãos de reserva que vai sendo alocado para as demais partes da planta na forma de açúcares totais após sua degradação.

Com a mesma tendência verificada nos teores de açúcares totais, o aumento nos teores de amido na parte aérea e radicular das plântulas coincidiu com a redução da quantidade de amido nos endospermas (Figuras 11,12 e 13). Isso reforça a compreensão de que as reservas de amido no endosperma são necessárias para fornecer recursos para a planta que irá se desenvolver.

Os teores de amido mostraram correlação positiva com os teores de biomassa em todas as partes das plântulas. A parte aérea apresentou forte correlação (82% a 97%), as raízes apresentaram correlação entre 40% e 85% e o endosperma também apresentou forte correlação (85% a 92%), variando conforme o tratamento. Assim, foi possível observar com clareza que, quando o endosperma diminui sua biomassa, há redução nos teores de amido no mesmo. De forma semelhante, a quantidade de biomassa da parte radicular e parte aérea se eleva quando a quantidade de amido das mesmas aumenta. Estes dados concordam com aqueles verificados por Corte *et al.* (2006), que afirmam que a redução da massa seca dos cotilédones de *Caesalpinia peltophoroides* Benth. (Fabaceae) está diretamente associada à redução nos compostos de reserva nele estocados e ao aumento da massa seca das plântulas.

4.2 EFEITO DA INOCULAÇÃO DE FMAs NO CRESCIMENTO E ALOCAÇÃO DE CARBONO EM CONDIÇÕES DE CAMPO

4.2.1 Sobrevivência das Plantas

Sete meses após a implantação das mudas na Estação Experimental da Epagri, as duas espécies estudadas apresentaram sobrevivência superior a 95%, destacando-se *E. edulis* não inoculado com FMA, que apresentou sobrevivência de

100%. Este tratamento apresentou taxa de sobrevivência significativamente superior ao tratamento *A. alexandrae* não inoculado (Figura 14).

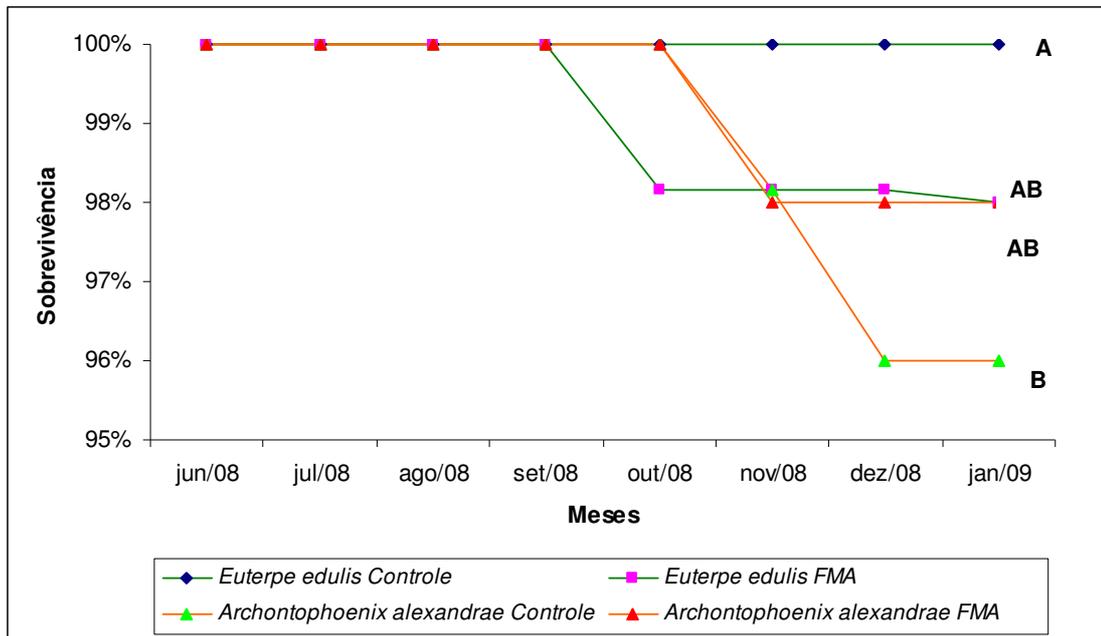


Figura 14. Taxa de sobrevivência para *Euterpe edulis* e *Archontophoenix alexandrae* inoculadas ou não com FMAs nos meses de junho/2008 a janeiro/2009. Letras diferentes mostram diferença estatística significativa segundo Tukey ($p=0,05$).

O modelo de plantio adotado nesse estudo foi eficaz, promovendo alta sobrevivência das espécies. A alta sobrevivência de *E. edulis* e *A. alexandrae* é um dado indicativo de que as espécies poderão se manter no ambiente atuando como fixadoras de carbono. Os percentuais mais baixos podem ser justificados por um período de precipitação acima da média para os meses de outubro, novembro e dezembro de 2008 (Figura 19).

Knowles e Parrotta (1995), em pesquisas com restauração de áreas degradadas por mineração na Amazônia, sugerem que espécies com taxa de sobrevivência a partir de 75% devem ser selecionadas para plantios. Na restauração de florestas tropicais secas estacionais no norte da Tailândia, o desempenho de mudas de 37 espécies arbóreas nativas foi avaliado, e foram consideradas com desempenho excelente as que apresentaram taxa de sobrevivência igual ou acima de 70% (ELLIOTT *et al.*, 2003).

4.2.2 Crescimento das Plantas

Os valores médios de altura e diâmetro registrados ao longo do estudo para *E. edulis* e *A. alexandrae* são apresentados nas Tabelas 2 e 3. *A. alexandrae* não inoculada apresentou valores médios de altura significativamente superiores aos demais tratamentos. Houve crescimento significativo no mês de setembro e novamente em dezembro. Nas Figuras 15, 16, 17 e 18 pode-se observar o crescimento após 7 meses de transplante em condições de campo.

Tabela 2. Altura média (cm) de *Euterpe edulis* e *Archontophoenix alexandrae* inoculadas ou não com FMAs no período de junho/2008 a janeiro/2009.

Tempo	Tratamentos											
	<i>Euterpe edulis</i>			<i>Euterpe edulis</i>			<i>Archontophoenix alexandrae</i>			<i>Archontophoenix alexandrae</i>		
	Controle			FMA			Controle			FMA		
jun-08	15,70	a	B	15,53	a	B	17,75	a	A	16,64	a	B
jul-08	16,78	a	B	16,72	a	B	19,82	a	A	18,55	a	B
ago-08	17,50	a	B	17,10	a	B	20,25	a	A	18,73	a	B
set-08	18,17	b	B	17,85	b	B	20,06	b	A	18,75	b	B
out-08	18,56	b	B	18,50	b	B	19,67	b	A	18,71	b	B
nov-08	20,51	b	B	20,81	b	B	20,77	b	A	19,39	b	B
dez-08	23,00	c	B	23,68	c	B	26,05	c	A	22,78	c	B
jan-09	24,91	c	B	24,94	c	B	31,10	c	A	27,67	c	B

Letras diferentes mostram diferença estatística significativa, segundo Tukey ($p=0,05$). Letras minúsculas correspondem à comparação entre tempo. Letras maiúsculas correspondem à comparação entre tratamentos.

Tabela 3. Diâmetro médio (mm) de *Euterpe edulis* e *Archontophoenix alexandrae* inoculadas ou não com FMAs no período de junho/2008 a janeiro/2009.

Tempo	Tratamentos											
	<i>Euterpe edulis</i>			<i>Euterpe edulis</i>			<i>Archontophoenix alexandrae</i>			<i>Archontophoenix alexandrae</i>		
	Controle			FMA			Controle			FMA		
jun-08	3,84	a	B	3,71	a	B	3,53	a	A	3,60	a	B
jul-08	4,03	a	B	4,09	a	B	4,06	a	A	3,85	a	B
ago-08	4,96	ab	B	4,63	ab	B	5,05	ab	A	4,66	ab	B
set-08	6,01	ab	B	5,42	ab	B	6,10	ab	A	6,00	ab	B
out-08	5,93	bc	B	5,73	bc	B	7,14	bc	A	7,17	bc	B
nov-08	7,48	cd	B	7,23	cd	B	10,39	cd	A	9,55	cd	B
dez-08	9,32	df	B	8,65	df	B	13,05	df	A	11,60	df	B
jan-09	9,42	f	B	9,18	f	B	14,10	f	A	13,02	f	B

Letras diferentes mostram diferença estatística significativa segundo Tukey ($p=0,05$). Letras minúsculas correspondem à comparação entre tempo. Letras maiúsculas correspondem à comparação entre tratamentos.



Figura 15. Muda de *Archontophoenix alexandrae* no dia do transplante em condições de campo.



Figura 16. Muda de *Archontophoenix alexandrae* sete meses após transplante em condições de campo.



Figura 17. Muda de *Euterpe edulis* no dia do transplante em condições de campo.



Figura 18. Muda de *Euterpe edulis* sete meses após transplante em condições de campo.

A. alexandrae não inoculada também apresentou valores médios de diâmetro significativamente superiores aos demais tratamentos. Quanto as medidas mensais, não foram encontradas diferenças significativas entre os quatro primeiros meses de avaliação.

O maior crescimento das mudas nos últimos meses pode ter sido favorecido pela adubação realizada no mês de outubro e pelas temperaturas que se mantiveram em torno de 20 a 22°C, ideal para cultivo destas espécies (Figura 19).

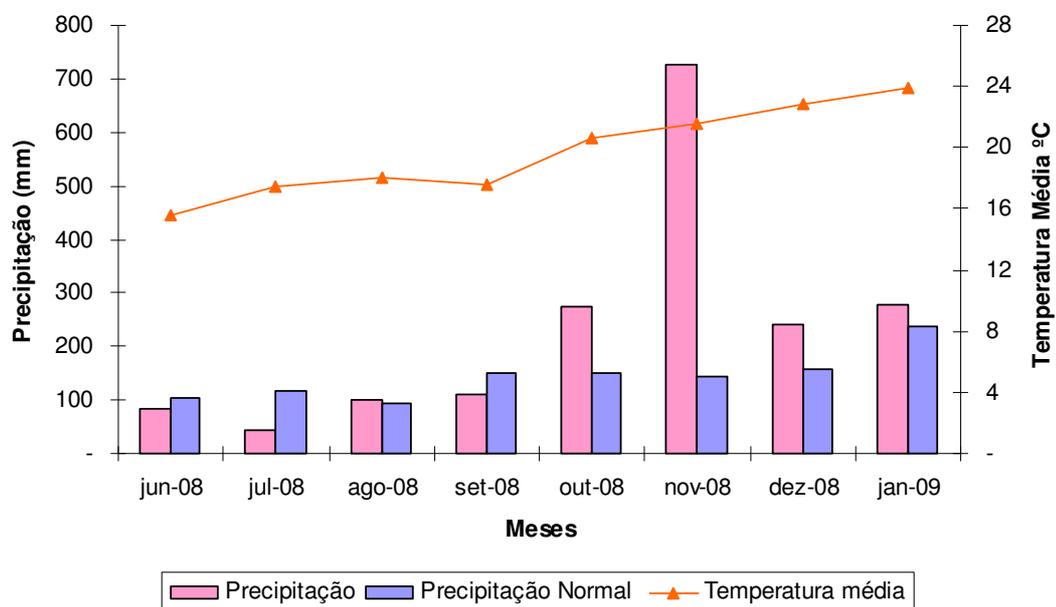


Figura 19. Precipitação do período experimental, precipitação normal (média de 25 anos) e temperatura média mensal do período experimental

A. alexandrae não inoculada alcançou um incremento total de 13,35 cm de altura, valores significativamente maiores que os registrados para *E. edulis* (Figura 20). No incremento em diâmetro, *A. alexandrae* também se mostrou significativamente superior a *E. edulis* mas, neste caso, tanto as plantas inoculadas quanto as não inoculadas com FMAs apresentaram incrementos superiores à *E. edulis*, 9,41 mm e 10,57 mm, respectivamente (Figura 21). Analisando em conjunto altura e diâmetro, *A. alexandrae* não inoculada alcançou um incremento de 62% a mais que *E. edulis* não inoculada.

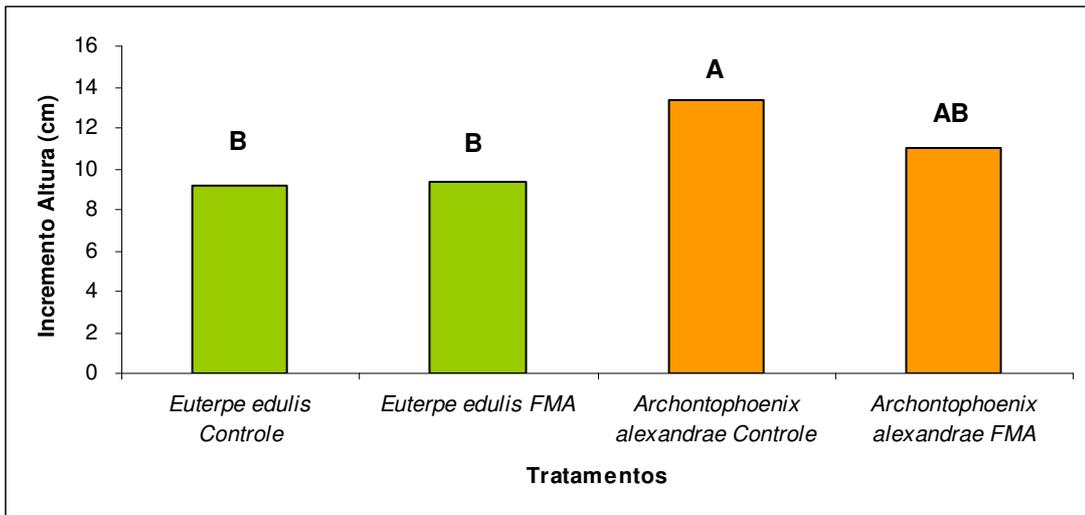


Figura 20. Incremento em altura de *Euterpe edulis* e *Archontophoenix alexandrae* inoculadas ou não com FMAs após sete meses de plantio. Letras diferentes mostram diferença estatística significativa, segundo Tukey ($p=0,05$).

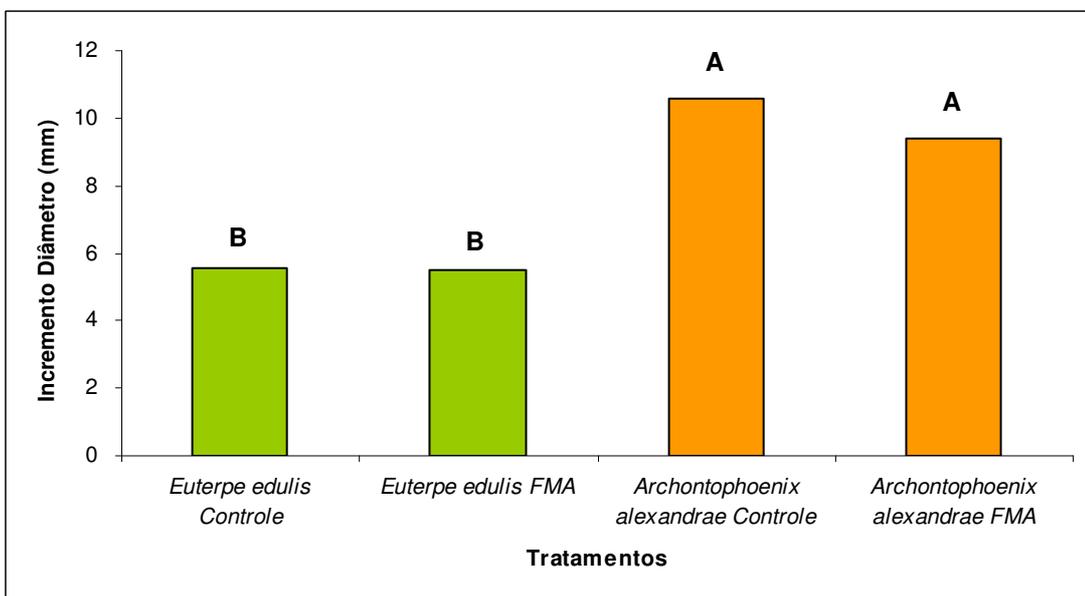


Figura 21. Incremento em diâmetro de *Euterpe edulis* e *Archontophoenix alexandrae* inoculadas ou não com FMAs após sete meses de plantio. Letras diferentes mostram diferença estatística significativa segundo Tukey ($p=0,05$).

Os parâmetros de crescimento de *E. edulis* e *A. alexandrae* não foram afetados pela inoculação com FMAs. Possivelmente por que não houve infectividade micorrízica, pois na avaliação feita no estudo em casa de vegetação aos 0, 21, 35, 42, 49 e 160 DAG das sementes, não se evidenciou colonização micorrízica.

O rápido crescimento possibilitou as plântulas de *A. alexandrae* um rápido aproveitamento de reservas nutricionais e hídricas do solo e, conseqüentemente realizar a fotossíntese, aumentando a chance de seu rápido estabelecimento. Em condições favoráveis as palmeiras de *A. alexandrae* apresentam crescimento rápido quando comparadas com outras palmeiras cultivadas (PINHEIRO, 1986) .

Os resultados apresentados neste trabalho para plantios com *A. alexandrae* revelam o potencial desta espécie para projetos que objetivem o restabelecimento de serviços ambientais, como os de fixação de carbono e regulação climática.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho não foi possível avaliar o efeito da associação de FMAs no crescimento das espécies *A. alexandrae* e *E. edulis* e seus efeitos na fotossíntese e no metabolismo do carbono. Em todos os tratamentos avaliados não foi detectada colonização micorrízica. A hipótese mais provável para justificar a ausência de resposta a inoculação com FMAs parece estar ligada ao alto teor nutritivo das sementes, que proporciona o crescimento inicial das mudas. Novos estudos devem ser realizados visando avaliar a inoculação com FMAs em estágios posteriores de crescimento.

As relações de biomassa e teores de açúcares solúveis totais ressaltaram a mobilização dos compostos de reserva do endosperma para as demais partes da planta à medida que a redução da biomassa e açúcares dos endospermas reflete o aumento da produção de biomassa da parte aérea e radicular.

A espécie *A. alexandrae* apresentou valores de crescimento (altura e diâmetro) significativamente maiores que a espécie *E. edulis*. Acredita-se que o maior crescimento visto pela espécie *A. alexandrae* foi influenciado pela diferença nos teores de açúcares solúveis totais encontrada entre as duas espécies. A espécie *A. alexandrae* alocou teores de açúcares solúveis totais para a parte aérea significativamente maiores que a espécie *E. edulis*, garantindo suprimento para a demanda de rápido crescimento. Se as plantas de *A. alexandrae* continuarem a investir em folhas ao longo de sua vida, então se espera que o efeito na biomassa seja bem maior do que os 62% observados no final do experimento.

As análises realizadas neste trabalho constituem apenas o princípio do conhecimento para se sugerir a utilização da espécie *A. alexandrae* em sistemas agroflorestais e monocultivo com o objetivo de aumentar a captação de CO₂ da atmosfera. É necessário avaliar o crescimento das espécies estudadas até o momento da colheita para verificar se o maior investimento nas folhas observado em *A. alexandrae* vai manter-se ao longo da vida.

REFERÊNCIAS

ABICHEQUER, A.D.; BOHNEN, H. Eficiência de Absorção, translocação e utilização de fósforo por variedades de trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p 21 -26, 1998.

AGUIAR, F.F.A.; BILIA, D. A. C.; KANASHIRO, S.; TAVARES, A. R.; BARBEDO, C. J. Germinação de sementes de *Rhapis excelsa* (Thunb.) Henry ex. Rehder: efeitos da temperatura, luz e substrato. **Hoehnea**, v.32, n.1, 2005, p.119-126.

ALMEIDA, L. P.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M.; ZANELA, S. M.; VIEIRA, C. V. Crescimento inicial de plantas de *Cryptocaria aschersoniana* Mez. submetidas a níveis de radiação solar. **Cienc. Rural** . 2004, vol.34, n.1, pp. 83-88.

AMARAL, L.I.V.; GASPAR, M.; COSTA, P.M.F.; AIDAR, M.P.M.; BUCKERIDGE, M.S. Novo método enzimático rápido e sensível de extração e dosagem de amido em materiais vegetais. **Hoehnea**, v.34, p.425-431, 2007.

ANDRADE, C. S.; LOUREIRO, M. B.; SOUZA, A. D. O.; RAMOS, F. N.; CRUZ, A. P. M. Reavaliação do efeito do substrato e da temperatura na germinação de sementes de palmitero (*Euterpe edulis* Mart.). **Revista Árvore**, v. 23, n. 3, p. 279-283, 1999.

BOVI, M.L.A.; SPIERING, S. H.; MELO, T. M. Temperaturas e substratos para germinação de sementes de palmitero e açazeiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE TECNOLOGIA DE SEMENTES FLORESTAIS, 2., 1989, Atibaia. **Anais**. Atibaia: Secretaria do Meio Ambiente, 1989. p.43.

BOVI, M.L.A. Cultivo da Palmeira Real Australiana Visando a Produção de Palmito. Instituto Agrônomo. Campinas. **Boletim Técnico**, 172. 1998.

BOVI, M.L.A.; SAES, L.A.; UZZO, R.P.; SPIERING, S.H. Adequate timing for heart-of-palm harvesting in king palm. **Horticultura Brasileira**, v.19, p.135-139, 2001.

BOVI, M.L.A.; GODOY JUNIOR; SPIERING. S. H. Resposta de crescimento da pupunheira à adubação NPK. **Scientia Agrícola**, v. 59, n. 1, 2002.

BROSCHAT, T. K. Palm seed propagation. **Acta Horticulturae**, v.360, 1994, p. 141-147.

BUCKERIDGE, M.S.; SANTOS, H.P.; TINÉ, M.A.S. Mobilisation of storage cell wall polysaccharides in seeds. **Plant Physiology and Biochemistry** 38: 141-156. 2000.

BUCKERIDGE, M.S.; AIDAR, M.P.M. Carbon Sequestration in the Rain Forest: Alternatives Using Environmentally Friendly Biotechnology. **Biota Neotropica** 2(1).2002. (<http://www.biotaneotropica.org.br>)

BUCKERIDGE, M.S.; AIDAR, M.P.M.; SANTOS, H.P.; TINÉ, M.A.S. Acúmulo de reservas. IN: FERREIRA, A G.; BORGHETTI, F. Germinação: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 324 p., 2004.

BUCKERIDGE, M. S.; MORTARI, L. C. ; MACHADO, M. R. **Respostas fisiológicas de plantas às mudanças climáticas: alterações no balanço de carbono nas plantas podem afetar o ecossistema?** IN: REGO, G. M.; NEGRELLE, R. R. B; MORELLATO, L. P. C. Fenologia - Ferramenta para conservação e manejo de recursos vegetais arbóreos (Editores Técnicos). - Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2007 (prelo).

CALDEIRA, M.V.W. *et al.* Carbono orgânico em solos florestais. In: SANQUETTA, C.R.; WATZLAWICH, L.F.; BALBINOT, R. M.; ZILLOTTO, M. A. B.; GOMES, F. dos S. (es). **As Florestas e o Carbono**. Curitiba, p. 191-213, 2002.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo: Embrapa Florestas, p.1039, 2003.

CEULEMANS, R.; JANSSENS, I.A.; JACH, M.E. Effects of CO₂ enrichment on trees and forests: lessons to be learned in view of future ecosystem studies. **Annals of Botany** 84: 577-590, 1999.

CHARLO, H.C.O.; MORÔ, F.V.; SILVA, V.L.; SILVA, B.M.S.; MORÔ, J.R. Aspectos morfológicos, germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de *Archontophoenix alexandrae* (Arecacea) em diferentes substratos. *Revista Árvore*, v. 30, n 6, p. 933-940, 2006.

CHU, E. Y. The effects of arbuscular mycorrhizal fungi inoculation on *Euterpe oleracea* Mart. seedlings. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 6, p. 1019-1024, jun. 1999.

CLEMENTS C. R. Manejo sustentável do Palmitreiro. In: Reis M. S.; REIS, A. *Euterpe edulis* Martius (palmitreiro): biologia, conservação e manejo. Itajaí: **Herbário Barbosa Rodrigues**, 2000.

CORTE, V. B.; BORGES, E. E. L.; PONTES, C. A.; LEITE, I. T. A.; VENTRELLA, M. C.; MATHIAS, A. A. Mobilização de reservas durante a germinação das sementes e crescimento de plântulas de *Caesalpinia peltophoroides* Benth. (Leguminosae-Caesalpinioideae). **Revista Árvore**, v. 30, n. 6, p. 941-949, 2006.

DELROT, S.; ATANASSOVA, R.; MAUROUSSET, L. Regulation of sugar, amino acid and peptide plant membrane transporter. **Biochimic et Biophysica Acta**, 1465: 281-306, 2000.

DIAS-FILHO, M.B. Physiological response of *Solanum crinitum* Lam. to contrasting light environments. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.8, p.789-796. Ago. 1997.

DURDA, F.; PESCADOR, R., UHLMANN, A. In: Congresso Nacional de Botânica, 57,2005, Gramado. **Dosagem de carboidratos nas sementes de *Schizolobium parahyba* e *Talauma ovata* de acordo com o tamanho seminal**. Anais Congresso Nacional de Botânica, 2006.

DUBOIS, M., GUILLES, A., HAMILTON, J.K., REBERS, P.A. & AMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* 28:350-355, 1956.

EINIG, W.; MERTZ, A.; HAMPP, R. Growth rate, photosynthetic activity, and leaf development of Brazil pine seedlings (*Araucaria angustifolia* [Bert.] O. Ktze.) **Plant Ecology** 143: 23-28. 1999.

ELLIOTT, S.; NAVAKITBUMRUNG, P.; KUARAK, C.; ZANGGKUM, S.; ANUSARNSUNNTHOM, V. B.; LAKESLEY, D. 2003. Selecting framework tree species for restoring seasonally dry tropical forests in northern Thailand based on field performance. **Forest Ecology and Management** 184: 177-191.

ENGEL, V.L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quarto

espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v.3, n.1, p.39-45, jun. 1991.

FILHO, J.T.C. Alteração no potencial osmótico e teor de carboidratos solúveis em plantas jovens de lobeira (*Solanum lycocarpum*) em resposta ao estresse hídrico, **Revista Brasileira de Botânica**, v.24, p. 199-204, 2001.

FOGAÇA, M.A. F. **Nutrição mineral da grápia (*Apuleia leiocarpa* Vog. Macbride): Resposta à fertilização NPK em solo podzólico vermelho**. Santa Maria. UFSM, 1999. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, 1999.

FREITAS, F.O. Uso de grãos de amido na identificação e análise de materiais arqueológicos vegetais. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, v. 23, p. 26, 2002.

GIOVANNETTI, M. & MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesiculararbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist** 84:489-500, 1980.

GODOY, L de R.J.; **Ecofisiologia do estabelecimento de leguminosas arbóreas da Mata Atlântica, pertencentes a diferentes grupos funcionais, sob atmosfera enriquecida com CO₂: uma abordagem sucessional**. Tese (Doutorado) - Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo, 2007.

GRIFFIN, K.L.; SEEMANN, J. Plants, CO₂ and photosynthesis in the 21st century. **Chemistry & biology** 3: 245-254. 1996.

GRIME, J. P.; HUNT, R. Relative growth-rate: Its range and adaptative significance in a local flora. **Journal of Ecology**, 63: 393-422. 1975.

GUADARRAMA P, ÁLVAREZ-SÁNCHEZ J, BRIONES O. Seedling growth of two pioneer tropical tree species in competition: The role of arbuscular mycorrhizae. **Euphytica** 138: 113-121, 2004.

HENDERSON, A.; GALEANO, G. & BERNAL, R. 1995. **Field Guide to the Palms of the Americas**. New Jersey, Princeton University Press.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; RIBEIRO, R.J.; MINETTE, L.; BIOT, Y. 1998. Biomassa da parte aérea da vegetação de floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia Brasileira. **Acta Amazonica**, 28 (2): 153-165

IANNELLI-SERVIN, C.M. **Caracterização ecofisiológica de espécies nativas da mata atlântica sob dois níveis de estresse induzidos pelo manejo florestal em área de restauração florestal no estado de São Paulo**. Tese (Doutorado) - Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo, 2007.

JAKOBSEN, I. ; ROSENDAHL, L. Carbon flow into soil and external hyphae from roots of mycorrhizal cucumber plants. **New Phytologist** 115:77-83, 1990.

JAKOBSEN, I. Transport of phosphorus and carbon in VA Mycorrhizas. Pp. 297-324. In: A.Varma & B. Hock (eds.). **Mycorrhiza: structure, function, molecular biology and biotechnology**. Berlin, Springer-Verlag, 1995.

KETTERINS, Q.M.; COE, R.; NOORDWIJK, M. Van.; AMBAGAU, Y.; PALM, C.A. 2001. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests. **Forest Ecology and Management**, 146: 199-209.

KINGSTON-SMITH, A.H.; WALKER, R.P.; POLLOCK, C.J. Invertase in leaves: conundrum or control point? **Journal of Experimental Botany** 50:735-743. 1999.

KITAJIMA, K. Ecophysiology of tropical tree seedlings. In: MULKEY, S.S.; CHAZDON, R.L.; SMITH, A.P. **Tropical forest plant ecophysiology**. New York: Chapman & Hall, 1996. p. 559-596.

KLUGE, R.A. LCB - 311, **Fisiologia vegetal: apontamentos de aulas teóricas de fotossíntese**. ESALQ/USP. Capturado em 22 mar. 2004. Online. Disponível em: <http://orion.cpa.unicamp.br/sbfv/arquivos/aulas/gradOI/06fotoquímicaDAFotossintese/fotossinteseKluge>.

KNOWLES, O. H.; PARROTTA, J. A. 1995. Amazon forest restoration: an innovative system for native species selection based on phenological data and field performance indices. **Commonwealth Forestry Review** 74(3): 230-243.

KOSKE, R.E. & GEMMA, J.N.; A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. **Mycological Research** 92:486-505, 1989.

LARCHER, W.; **Ecofisiologia vegetal**. Rima. São Carlos, 531 p, 2000

LEDO, A.S.; MEDEIROS FILHO, S.; LEDO, F.J.S.; ARAÚJO, E.C. Efeito do tamanho da semente, do substrato e pré-tratamento na germinação de sementes de pupunha. **Ciência Agrônômica**, v.33, n.1, 2002, p.29-32.

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

LI, B.; SERVAITES, J. C.; GEIGER, D.; R. Characterization and subcellular localization of debranching enzyme and endoamylase from leaves of sugar beet. **Plant Physiology** 98: 1277-1284. 1992.

LIMA JÚNIOR, E. C. **Germinação, armazenamento de sementes e fisio-anatomia de plantas jovens de *Cupania venalis* Camb.** 2004. 115 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

LORENZI, H., FILHO, L.E.M. **The Tropical Plants of R. Burle Marx**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, p. 369-370. 2001.

LORENZI, H. et al. **Palmeiras brasileiras e exóticas cultivadas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2004.

LUTTGE, U. **Physiological ecology of tropical plants**. Berlin. New York. Springer. 384 p., 1997.

MARABESI, M.A. **Efeito do alto CO₂ no crescimento inicial e na fisiologia da fotossíntese em plântulas *Senna alata* (L.) Roxb.** São Paulo: USP, 2007, 78p. (Dissertação de Mestrado) – Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2007.

MARTIN, C.; SMITH, A. M. Starch biosynthesis. **The Plant cell** 7: 971-985. 1995.

MARTINS-CORDER, M.P.;SALDANHA, C.W. Germinação de sementes e crescimento de plântulas de diferentes progênies de *Euterpe edulis*. **Revista Árvore**. V.30, n.5, p. 693-699, 2006.

MARUR, C.J. Curvas pressão-volume e expansão foliar em cultivares de algodoeiro submetidos a déficit hídrico. **Scientia Agricola**, 56:563-569. 1999.

MEEROW, A. W. **Palm seed germination**. Fort Lauderdale: IFAS Cooperative Extension Service, 1991. 10p. (Bulletin, 274).

MISSIO, E.L.; NICOLOSO, F. T.; JUCOSKI, G. O.; SARTORI, L. Exigências nutricionais de grápia ao fósforo e enxofre em Argiloso vermelho distrófico arênico: efeito da adubação no crescimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, v. 4, p. 1051-1057, 2004.

NEGREIROS, G. F.; PEREZ, S. C. J. G. A. Resposta fisiológica de sementes de palmeiras ao envelhecimento acelerado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 4, p. 391-396, 2004.

NEVES, Orlando Sílvio Caires et al . Use of SPAD-502 in the evaluation of chlorophyll contents and nutritional status of herbaceous cotton to nitrogen, sulphur, iron and manganese. **Pesq. agropec. bras.** ,Brasília, v. 40, n. 5, 2005.

NODARI, R. O. ; FANTINI, A. C. ; GUERRA, M. P. ; REIS, M. S. ; SHUCH, O. . Conservação de frutos e sementes de palmitero (*Euterpe edulis* Martius) sob diferentes condições de armazenamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 22, p. 1-10, 1998.

NOGUEIRA, R.J.M.C., **Expressões fisiológicas da aceroleira (*Malpighia amatginata* D. C.)** 205 p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos 1997.

OADES, J.M. The retention of organic matter in soils. **Biogeochemistry** 5:35-70, 1989.

OMETTO, J.P.H.B.; NOBRE, A.D.; ROCHA, H.R.; ARTAXO, P.; MARTINELLI, L.A. Amazonia and the modern carbon cycle: lessons learned. **Oecologia**. Concepts, Reviews and Syntheses. 2005.

PAEZ, A.; GEBRE, G.M.; GONZALEZ, M.E.; TSCHAPLINSKI, T.J. Growth, soluble carbohydrates, and aloin concentration of *Aloe vera* plants exposed to three irradiance levels. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, v.44, p.133-139, 2000.

PEROTES, K.F. **Avaliação do processo de nutrição mineral nas palmeiras *Euterpe oleracea* Mart. (açazeiro) e *Euterpe edulis* Mart. (palmito)**. Belém: Faculdade de Ciências Agrárias do Pará. Monografia (Especialização em horticultura), 35p. 1996.

PINHEIRO, C.U.B. **Germinação de sementes de palmeiras**: Revisão bibliográfica. Teresina: EMBRAPA – UEPAE de Teresina, 1986. 102 p.

PIVETTA, K. F. L.; SARZI, I.; ESTELLITA, M.; BECKMANN-CAVALCANTE, M.Z. Tamanho do diásporo, substrato e temperatura na germinação de sementes de *Archontophoenix cunninghamii* (Arecaceae). **Revista de Biologia e Sementes da Terra**, v. 8, n. 1, p. 126-134. 2008.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: Agiplan, 1977. 209p.

POORTER, H.; NAGEL O., 2000. The role of biomass allocation in the growth response of plants to different levels of light, CO², nutrients and water: a quantitative review. **Aust. J. Plant Physiol.** 27:595-607.

RAMOS, A. **Análise do desenvolvimento vegetativo e produtividade da palmeira pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) sob níveis de irrigação e adubação nitrogenada**. São Paulo: USP, 2002, 126p. (Tese Doutorado) – Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente.

RAMOS, M.G., HECK, T.C. **Cultivo da palmeira-real-da-austrália para produção de palmito**. Florianópolis: Epagri, 32p. (Epagri. Boletim didático, 40). 2004.

- RAVEN, P.H.; EVERT, R.; EICHHORN, S. **Biologia Vegetal**. 760pp. Rio de Janeiro, 2007.
- REIS, A.; PAULILO, M. T. S.; NAKAZONO, E. M.; VENTURI, S. Efeito de diferentes níveis de dessecamento na germinação de *Euterpe edulis* Martius Arecaceae. **Insula**, Florianópolis, v. 28, p. 31-41, 1999.
- REIS, M. S. ; REIS, A. ***Euterpe edulis* Martius (palmiteiro)**: Biologia, conservação e manejo. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 2000.
- REIS, A.; KAGEYAMA, P. Y. Dispersão de sementes de *Euterpe edulis* Martius Palmae. **Sellowia**, v. 49-52, p. 60-92, 2000.
- REITZ, P. R. Palmeiras. In: Reitz, P. R. (ed.). **Flora ilustrada catarinense**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1974.
- REITZ, P.R; KLEIN, R.M.. **Palmeiras**. Itajaí: SC. Herbário Barbosa Rodrigues. p.106-115.1974.
- REZENDE, M. R. R.: **Germinação, armazenamento de sementes e crescimento inicial de plantas de *Campomanesia rufa*(Berg.) Nied**. 2004. 84 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia. Fisiologia Vegetal) Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- RILLIG, M.C., WRIGHT, S.F., NICHOLS, K.A., SCHMIDT, W.F., TORN, M.S. Large contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to soil carbon pools in tropical forest soils. **Plant and Soil** 233:167-177, 2001.
- ROMANO, M.R. **Análise de crescimento, produção de biomassa, fotossíntese e biosíntese de aminoácidos em plantas transgênicas de tabaco (*Nicotina tabacum* L.) Roxb**. São Paulo: USP, 2001, 81p. (Dissertação de Mestrado) – Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2001.
- ROOK, F.; BEVAN, M.W. Genetic approaches to understanding sugar-response pathways. **Journal of Experimental Botany**, 54: 495-501. 2003.

SANDERS, I.R.; CLAPP, J.P.; WIEMKEN, A. The genetic diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in natural ecosystems - a key to understanding the ecology and functioning of the mycorrhizal symbiosis. **New Phytologist** 133: 123-134, 1996.

SCHUMACHER, M. V.; HOPPE, J. M. **A complexidade dos ecossistemas**. Porto Alegre: Pallotti, 50p., 1997.

SILVA JUNIOR, J. P.; CARDOSO, E. J. B. N. Micorriza arbuscular em cupuaçu e pupunha cultivados em sistema agroflorestal e em monocultivo na Amazônia Central. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 2006, vol.41, n.5, pp. 819-825.

SIQUEIRA, J. O.; CARNEIRO, M. A. C.; CURI, N.; ROSADO, S. C. S.; DAVIDE, A. C. Mycorrhizal colonization and mycotrophic growth of native woody species as related to successional groups in southeastern Brazil. **Forest Ecology Management** 107:241-252. 1998.

SMEEKENS, S. Sugar – induced signal transduction in plants. **Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, 51: 49-81, 2000.

SMITH, S.E.; READ, D.J. **Mycorrhizal Symbiosis**. 2 editions, Academic Press, San Diego, CA, 1997.

SOUSA-SILVA, J. C.; et al. Desenvolvimento inicial de *Cabralea canjerana* Saldanha em diferentes condições de luz. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, Brasília, v.4 p.80-89, 1999.

STADDON, P.L. Insights into mycorrhizal colonization at elevated CO₂: a simple carbon partitioning model. **Plant and Soil** 205:171-180, 1998.

STADDON, P.L., GREGERSEN, R. & JAKOBSEN, I. The response of two *Glomus* mycorrhizal fungi and a fine endophyte to elevated atmospheric CO₂, soil warming and drought. **Global Change Biology**, 10:1909-1921, 2004.

STANLEY, D.; FITZGERALD, A.M; FARNDEN, J. K.F.; MCRAE, E. A. Characterization of putative α -amylases from apple (*Malus domestica*) and *Arabidopsis thaliana*. **Biologia** 57: 137-148. 2002.

- SUDO, A.; SILVA, E. M. R.; BOVI, M. L. A.; ALMEIDA, D. L.; COZZOLINO, K. Produção de Mudanças de Pupunheira Colonizadas Por Fungos Micorrizicos Arbusculares. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, p. 529-532, 1996.
- SUN, J.; NISHIO, J. N. & VOGELMANN, T. C. Green light drives CO² fixation deep within leaves. **Plant Cell Physiology**, 39(10): 1020-1026. 1998.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 3.ed., 719 p. 2004.
- THOMPSON, W.A.; HUANG, L.K.; KRIEDEMANN, P.E. Photosynthetic response to light and nutrients in sun-tolerant and shade-tolerant rainforest trees. II. Leaf gas exchange and component processes of photosynthesis. **Australian Journal of Plant Ecology** 19: 19-42, 1992.
- TRAPPE J. M. Phylogenetic and ecologic aspects of mycotrophy in the angiosperms from an evolutionary standpoint. *Ecophysiology of VA Mycorrhizal Plants* (ed. Safir, G. R.), 5-25, 1987.
- UPMEYER, D. J. & KOLLER, H.R. Diurnal trends in net photosynthetic rate and carbohydrate levels of soybean leaves. **Plant Physiol.** 51: 871-874, 1973.
- UZZO, R.P.; BOVI, M.L.A.; SPIERING, S.H.; SÁES, L.A. Coeficiente de caminhamento entre caracteres vegetativos e de produção de palmito da palmeira real australiana. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.1, jan./mar. 2004.
- VAN DE GEIJN, S.C. & VAN VEEN, J.A. Implications of increased carbon dioxide levels for carbon input and turnover in soils. **Vegetatio**, 104/105:283-292, 1993.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca, New York: Cornell. 476p, 1994.
- VAN VEEN, J.A. & KUIKMAN, P.J. Soil structural aspects of decomposition of organic matter by microorganisms. **Biogeochemistry** 11:213-233, 1990.
- VILLALOBOS, R.; HERRERA, J. Seed germination in pejobaye palm (*Bactris gasipes*) I. Effect of temperature and substrate. **Agronomia Costarricense**, v.15, 1991, p.57-62.

VON ELBE J.H. Colorantes. In: FENNEMA, O.W. **Química de los alimentos**. 2.ed. Zaragoza : Wisconsin - Madison, Cap.10, p.782-799. 2000.

WALTERS, M.B.; KRUGER, E.L.; REICH, P.B. Growth, biomass distribution and CO² exchange of northern hardwood seedlings in high and low light: relationships with successional status and shade tolerance. **Oecologia, Berlin**, v.94, p.7-16. 1993.

WANG B, QIU Y.L. Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. *Mycorrhiza* 16: 299 -363, 2006.

ZANGARO, W.; NISHIDATE, F.R.; CAMARGO, F.R.S.; ROMAGNOLI, G.G.; VANDRESEN, J. Relationship among AM fungi symbiosis, root morphology and seedling growth of tropical native woody species in south Brazil. **Journal of Tropical Ecology** 21: 529-540, 2005.

ZANGARO, W.; NISIZAKI, S.M.A.; DOMINGOS, J.C.B.; NAKANO, E.M. Mycorrhizal response and successional status in 80 woody species from south Brazil. **Journal of Tropical Ecology** 19: 315-324, 2003.

ZANGARO, W.; NISIZAKI, S.M.A.; DOMINGOS, J.C.B.; NAKANO, E.M. Micorriza arbuscular em espécies arbóreas nativas do rio Tibagi, Paraná. **Cerne**, v. 8, n. 1, p. 77-87, 2002.

ZANGARO, W.; BONONI, V. L. R.; TRUFEN, S. B. Mycorrhizal dependency, inoculum potential and habitat preference of native woody species in South Brazil. **Journal of Tropical Ecology** 16: 603-622, 2000.

ZEEMAN, S.C.; SMITH, S.M.; SMITH, A.M. The breakdown of starch in leaves. **New Phytologist** (Tansley review) 1-15. 2004.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)