

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

**ACÚMULO DE CARBONO NO SOLO E NA BIOMASSA DE TRÊS ESPÉCIES
ARBÓREAS ASSOCIADAS A FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (FMAs)**

ANDRESSA FRANZOI SGROTT

BLUMENAU

2010

ANDRESSA FRANZOI SGROTT

**ACÚMULO DE CARBONO NO SOLO E NA BIOMASSA DE TRÊS ESPÉCIES
ARBÓREAS ASSOCIADAS A FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (FMAs)**

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

Orientador: Dr. Sidney Luiz Stürmer
Co-orientadora: Dra. Rosete Pescador

BLUMENAU

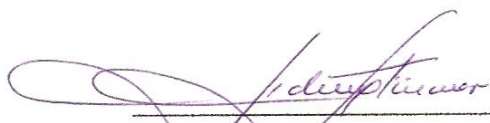
2010

ACÚMULO DE CARBONO NO SOLO E NA BIOMASSA DE TRÊS ESPÉCIES ARBÓREAS ASSOCIADAS A FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES

por

ANDRESSA FRANZOI SGROTT

Dissertação aprovada como requisito para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental na Universidade Regional de Blumenau – FURB.

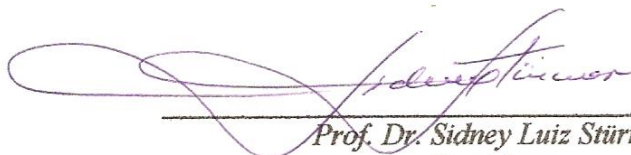


Prof. Dr. Sidney Luiz Stürmer
Orientador



Prof. Dr. Adilson Pinheiro
Coordenador

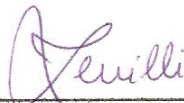
Banca examinadora:



Prof. Dr. Sidney Luiz Stürmer
Presidente



Prof. Dr. Cláudio Roberto Fonseca Souza Soares
Examinador externo (UFSC)



Profa. Dra. Tatiele Anete Bergamo Fenilli
Examinadora interna

Blumenau, 17 de dezembro de 2010

Com amor, agradeço e dedico:

A Deus, pela vida.

A todos os meus familiares, em especial:

À minha mãe Efigênia, por seu amor, confiança, atenção e dedicação, verdadeiro exemplo de vida; à minha irmã Priscila, pelo carinho e confiança em mim depositados e ao meu noivo Douglas, por todo amor e atenção; e por trazerem tanta felicidade à minha vida!

AGRADECIMENTOS

Para a realização desta pesquisa, contei com a ajuda de muitas pessoas, as quais devo minha gratidão, entre elas:

Sidney Luiz Stürmer, pela orientação, amizade e paciência durante todo o mestrado;

Rosete Pescador, por sua amizade e co-orientação;

Ao pessoal dos laboratórios de Micorrizas, Botânica, Biotecnologia e Bioquímica, por todo companheirismo e ajuda durante os experimentos realizados;

Ao Felipe, ao Chico, à Taciane e à minha mãe Efigênia, pela valiosa ajuda nos trabalhos realizados a campo;

Ao pessoal da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), estação de Itajaí, em especial à Teresinha Catarina Heck, por autorizarem a realização do experimento em seu estabelecimento e também ao Alécio Borinelli, pela ajuda em campo, no abate das mudas;

À BUNGE, em nome de Eduardo Zimmer e sua equipe, pela implementação do projeto na Unidade de Pesquisa 7 (Gaspar);

Ao Adilson Pinheiro e ao André Sant'ana, por estarem sempre dispostos a solucionar dúvidas e problemas relacionados ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (PPGEA);

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa;

A todos os professores do PPGEA, pela transmissão do conhecimento ao longo do curso;

Aos familiares – pai, mãe, irmãos, avós, tios, primos, Mimi, Quio - e amigos, por toda atenção e carinho dedicados;

A todos que colaboraram de alguma forma durante mais essa etapa de minha vida, contribuindo para meu crescimento pessoal e profissional;

MUITO OBRIGADA!

RESUMO

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) têm papel fundamental no processo de produção de mudas para que as mesmas tornem-se mais tolerantes no processo de transplante, apresentando conseqüentemente maior sobrevivência no campo. Esses benefícios são importantes, tanto no aspecto ambiental, como em projetos de revegetação de florestas fluviais, quanto no econômico, gerando maior produtividade e rentabilidade para o produtor no estabelecimento de sistemas agroflorestais (SAFs). Além disto, projetos que busquem a restituição dos processos ecológicos do ecossistema original aliados à captura e fixação do CO₂ atmosférico são cada vez mais importantes, tendo em vista os problemas decorrentes do aquecimento global. Esta dissertação contou com três estudos que objetivaram avaliar a potencialidade de fixação de carbono na biomassa das espécies vegetais *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis* quando associadas com FMAs e analisar o efeito dos FMAs no desenvolvimento, na fixação de carbono e produção de biomassa de *Schinus terebinthifolius* em uma área de recuperação de floresta fluvial ao longo do Rio Itajaí-Açu. A inoculação com FMAs tendeu a aumentar as quantidades de açúcar solúvel e amido nas partes aérea e radicular em *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis* quando já não possuíam mais o endosperma. A campo, a espécie *Archontophoenix alexandrae* apresentou uma taxa de crescimento significativamente maior que *Euterpe edulis* e a inoculação com FMAs resultou numa tendência a maior produção de biomassa seca total em ambas as espécies. Na floresta fluvial em recuperação, através do cálculo da estimativa de carbono realizado na biomassa de *Schinus terebinthifolius*, ficou evidenciado que a utilização de isolados fúngicos pode ser uma alternativa viável, contribuindo de maneira significativa para o aumento na quantidade de carbono fixado na biomassa das plantas. Deste modo, o uso dos FMAs demonstrou ser uma alternativa interessante, contribuindo para melhorias tanto em termos de desenvolvimento, quanto fisiológicos das espécies estudadas.

Palavras-chave: fungos micorrízicos arbusculares, sistema agroflorestal, floresta fluvial, fixação de carbono, carboidratos.

ABSTRACT

Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) play a pivotal role on seedling production as they turn seedlings to be more tolerant during transplant process which increases plant survival. These benefits are important environmentally in revegetation of riparian forests and economically as they increase productivity and rentability for farmers when implanting agroforestry systems. Besides that, projects that aims to restablish ecological processes linked with carbon fixation are becoming important due to the global warming problems. This work is based on three studies that aimed to evaluate the potential for carbon fixation in the biomass of *Archontophoenix alexandrae* and *Euterpe edulis* when associated with AMF and to analyze the effects of AMF in the development, carbon fixation and biomass production of *Schinus terebinthifolius* in an area of revegetation of riparian forest in the Itajai river. Inoculation with AMF increased quantities of soluble carbohydrates and starch in shoots and roots in *Archontophoenix alexandrae* and *Euterpe edulis* when the endosperm was removed from the seedling. At field conditions, *Archontophoenix alexandrae* had a significantly higher growth rate than *Euterpe edulis* and AMF inoculation resulted in larger biomass production in both species compared to non-inoculated plants. In the riparian area under revegetation, the use of fungal isolates to inoculate woody seedlings increased the estimates of fixed carbon in *Schinus terebinthifolius* biomass. In conclusion, the inoculation of AMF is an important strategy during seedling production as they contribute to development and physiology of plant species.

Key-words: arbuscular mycorrhizal fungi, agroforestry system, riparian forest, carbon fixation, carbohydrates.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	10
LISTA DE FIGURAS	12
1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 A SOCIEDADE HUMANA E A FLORESTA	16
2.2 O EFEITO ESTUFA E O MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO (MDL)	17
2.3 IMPORTÂNCIA DAS FLORESTAS NA FIXAÇÃO DE CARBONO	20
2.4 SISTEMAS AGROFLORESTAIS (SAFs)	23
2.5 FLORESTAS FLUVIAIS	26
2.6 FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (FMAs)	28
2.7 ESPÉCIES ESTUDADAS	32
2.7.1 <i>Euterpe edulis</i> e <i>Archontophoenix alexandrae</i>	32
2.7.2 <i>Schinus terebinthifolius</i>	34
3 OBJETIVOS	35
3.1 Objetivos gerais	35
3.2 Objetivos específicos	35
4 ESTUDO 1 – CRESCIMENTO, ACÚCARES SOLÚVEIS E DE RESERVA EM <i>Archontophoenix alexandrae</i> E <i>Euterpe edulis</i> INOCULADOS COM FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM CONDIÇÕES DE CASA DE VEGETAÇÃO	36
4.1 INTRODUÇÃO	37
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	39
4.2.1 Obtenção de mudas e montagem do experimento	39
4.2.2 Determinação da biomassa aérea seca	40
4.2.3 Mensuração da porcentagem de colonização radicular	41
4.2.4. Determinação dos teores de clorofila	42
4.2.5 Mensuração de açúcares solúveis e amido	42
4.2.6 Análise estatística	42
4.3 RESULTADOS	43
4.4 DISCUSSÃO	51

4.5 CONCLUSÕES	55
5 ESTUDO 2 – ANÁLISE DA FIXAÇÃO DE CARBONO NA BIOMASSA DE <i>Euterpe edulis</i> E <i>Archontophoenix alexandrae</i> EM CONDIÇÕES DE CAMPO	56
5.1 INTRODUÇÃO	57
5.2 MATERIAL E MÉTODOS	59
5.2.1 Mensuração de altura e diâmetro	60
5.2.2 Determinação da biomassa seca e da porcentagem de carbono	60
5.2.3 Análise estatística	60
5.3 RESULTADOS	60
5.4 DISCUSSÃO	67
5.5 CONCLUSÕES	70
6 ESTUDO 3 – FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NA FIXAÇÃO DE CARBONO NA BIOMASSA DE <i>Schinus terebinthifolius</i> EM ÁREA DE AMBIENTE FLUVIAL EM RECUPERAÇÃO	71
6.1 INTRODUÇÃO	72
6.2 MATERIAL E MÉTODOS	75
6.2.1 Coleta de dados	76
6.2.2 Determinação de nutrientes foliares	76
6.2.3 Determinação de carbono no solo	76
6.2.4 Estimativa de carbono na biomassa	77
6.2.5 Análise estatística	77
6.3 RESULTADOS	77
6.4 DISCUSSÃO	81
6.5 CONCLUSÕES	83
CONCLUSÃO GERAL	84
REFERÊNCIAS	85
ANEXOS	103

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1	Valores (média \pm desvio padrão) de clorofila (mg/g Massa Fresca), biomassa aérea seca (g) e fósforo na parte aérea (g/kg) em <i>Archontophoenix alexandrae</i> , 5 e 10 meses após serem submetidas aos tratamentos com inoculação (FMA) ou sem inoculação (CTL)	43
Tabela 4.2	Valores (média \pm desvio padrão) de clorofila (mg/g Massa Fresca), biomassa aérea seca (g) e fósforo na parte aérea (g/kg) em <i>Euterpe edulis</i> , 5 e 10 meses após serem submetidas aos tratamentos com inoculação (FMA) ou sem inoculação (CTL)	44
Tabela 4.3	Valores (média \pm desvio padrão) de clorofila (mg/g Massa Fresca), biomassa aérea seca (g) e fósforo na parte aérea (g/kg) em <i>Archontophoenix alexandrae</i> e <i>Euterpe edulis</i> , 5 meses após serem submetidas aos tratamentos com inoculação (FMA) ou sem inoculação (CTL)	45
Tabela 4.4	Valores (média \pm desvio padrão) de clorofila (mg/g Massa Fresca), biomassa seca aérea (g), fósforo na parte aérea(g/kg), amido (mg/g Massa Fresca) e açúcar solúvel (mg/g Massa Fresca) nas duas espécies nos Grupos 1 e 2	51
Tabela 5.1	Altura (cm) (média \pm desvio padrão) de <i>Archontophoenix alexandrae</i> e <i>Euterpe edulis</i> nos tratamentos com inoculação (FMA) ou sem inoculação (CTL), no período de março de 2009 a setembro de 2010	61
Tabela 5.2	Diâmetro (mm) (média \pm desvio padrão) de <i>Archontophoenix alexandrae</i> e <i>Euterpe edulis</i> nos tratamentos com inoculação (FMA) ou sem inoculação (CTL), no período de março de 2009 a setembro de 2010. Não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos	61
Tabela 5.3	Incremento de altura (cm) e diâmetro (mm) em <i>Archontophoenix alexandrae</i> e <i>Euterpe edulis</i> no período de março de 2009 a setembro de 2010	62
Tabela 5.4	Biomassa seca (g) (média \pm desvio padrão) por parte da planta e total nos tratamentos com inoculação (FMA) ou sem inoculação (CTL) de <i>Archontophoenix alexandrae</i> e <i>Euterpe edulis</i> . Não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos	65
Tabela 5.5	Carbono (g/Kg) por parte da planta nos tratamentos com inoculação (FMA) ou sem inoculação (CTL) em <i>Archontophoenix alexandrae</i> e <i>Euterpe edulis</i>	66
Tabela 6.1	Resumo da Análise de Variância para o efeito dos tratamentos de inoculação na altura e diâmetro de <i>Schinus terebinthifolius</i> . Valores de probabilidade menores que 0,05 representam diferença significativa entre os tratamentos aplicados	78

Tabela 6.2	Incremento total (maio/08 – maio/10) de altura (cm) e diâmetro (mm) de <i>Schinus terebinthifolius</i> por tratamento	79
Tabela 6.3	Carbono (g/Kg) na biomassa foliar de <i>Schinus terebinthifolius</i> e no solo, por tratamento	80

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Diferentes categorias passíveis de serem adotadas em Sistemas Agroflorestais	24
Figura 4.1	Valores de Amido (mg/g Massa Fresca) no Grupo 1 (10 meses) entre os tratamentos com (FMA) e sem inoculação (CTL) em <i>Archontophoenix alexandrae</i> e <i>Euterpe edulis</i> . Não ocorreu diferença significativa entre os dois tratamentos nas partes aérea e radicular dentro de cada espécie (P<0,05)	44
Figura 4.2	Valores de Açúcar Solúvel (mg/g Massa Fresca) no Grupo 1 (10 meses) entre os tratamentos com (FMA) e sem inoculação (CTL) em <i>Archontophoenix alexandrae</i> e <i>Euterpe edulis</i>	45
Figura 4.3	Valores de Amido (mg/g Massa Fresca) no Grupo 2 (5 meses) entre os tratamentos com (FMA) e sem (CTL) inoculação em <i>Archontophoenix alexandrae</i> e <i>Euterpe edulis</i>	46
Figura 4.4	Valores de Açúcar Solúvel (mg/g Massa Fresca) no Grupo 2 (5 meses) entre os tratamentos com (FMA) e sem (CTL) inoculação em <i>Archontophoenix alexandrae</i> e <i>Euterpe edulis</i>	46
Figura 4.5	Valores de Clorofila Total (mg/g Massa Fresca) entre os Grupos 1 e 2 nos tratamentos com (FMA) e sem (CTL) inoculação em <i>Archontophoenix alexandrae</i> e <i>Euterpe edulis</i>	47
Figura 4.6	Valores de Biomassa aérea seca (g) entre os Grupos 1 e 2 nos tratamentos com (FMA) e sem (CTL) inoculação em <i>Archontophoenix alexandrae</i> e <i>Euterpe edulis</i>	47
Figura 4.7	Valores de Fósforo na parte aérea (g/kg) entre os Grupos 1 e 2 nos tratamentos com (FMA) e sem (CTL) inoculação em <i>Archontophoenix alexandrae</i> e <i>Euterpe edulis</i>	48
Figura 4.8	Valores de Amido na parte aérea (mg/g MF) entre os Grupos 1 e 2 nos tratamentos com (FMA) e sem (CTL) inoculação em <i>Archontophoenix alexandrae</i> e <i>Euterpe edulis</i>	48
Figura 4.9	Valores de Amido na parte radicular (mg/g MF) entre os Grupos 1 e 2 nos tratamentos com (FMA) e sem (CTL) inoculação em <i>Archontophoenix alexandrae</i> e <i>Euterpe edulis</i>	49
Figura 4.10	Valores de Açúcar Solúvel na parte aérea (mg/g MF) entre os Grupos 1 e 2 nos tratamentos com (FMA) e sem (CTL) inoculação em <i>Archontophoenix alexandrae</i> e <i>Euterpe edulis</i>	49
Figura 4.11	Valores de Açúcar Solúvel na parte radicular (mg/g MF) entre os Grupos 1 e 2 nos tratamentos com (FMA) e sem (CTL) inoculação em	

	<i>Archontophoenix alexandrae</i> e <i>Euterpe edulis</i>	50
Figura 5.1	Altura (cm) de <i>Archontophoenix alexandrae</i> e <i>Euterpe edulis</i> no período de março de 2009 a setembro de 2010 (medições semestrais)	62
Figura 5.2	Diâmetro (mm) de <i>Archontophoenix alexandrae</i> e <i>Euterpe edulis</i> no período de março de 2009 a setembro de 2010 (medições semestrais)	62
Figura 5.3	Incremento de altura (cm) semestral nos diferentes tratamentos aplicados em cada espécie	63
Figura 5.4	Incremento de diâmetro (mm) semestral nos diferentes tratamentos aplicados em cada espécie	64
Figura 5.5	Comparação da biomassa seca total entre as espécies, sem levar em consideração os tratamentos	65
Figura 5.6	Carbono (g/Kg) por parte da planta em <i>Archontophoenix alexandrae</i> e <i>Euterpe edulis</i>	66
Figura 6.1	Croqui com a disposição das mudas em quincôncios	76
Figura 6.2	Altura (cm) semestral de <i>Schinus terebinthifolius</i> por tratamento	79
Figura 6.3	Diâmetro (mm) semestral de <i>Schinus terebinthifolius</i> por tratamento	79
Figura 6.4	Fósforo (g/kg) na biomassa foliar de <i>Schinus terebinthifolius</i> por tratamento	80
Figura 6.5	Estimativa da quantidade de carbono (Kg) na biomassa de <i>Schinus terebinthifolius</i> nos diferentes tratamentos aplicados em maio/2010. Letras diferentes representam diferença significativa entre os tratamentos (P<0,05)	81

1 INTRODUÇÃO

As florestas são preciosas fontes de recursos naturais, importantes não apenas para o ser humano, mas sim para toda a manutenção da vida no Planeta. Contudo, a ação antrópica vem explorando e destruindo de forma cada vez mais veloz os recursos florestais, causando uma série de problemas, tais como a perda da biodiversidade e a destruição do solo. Como as florestas têm papel fundamental no ciclo do carbono, o desmatamento também contribui muito para o aumento do efeito estufa. Sabe-se ainda que a destruição das florestas também influencia no acúmulo dos gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera, tanto em virtude das queimadas, pela liberação do CO₂, quanto pela diminuição das árvores que capturam e fixam o carbono em sua biomassa por meio da fotossíntese. Além disto, a retirada da vegetação também pode causar a perda de carbono no solo.

Deste modo, pode-se notar o surgimento de uma nova linha de pesquisa mundial, para capturar e fixar gases de efeito estufa. Esta nova linha pode basear-se na conservação de florestas já existentes, bem como também no reflorestamento de novas áreas. Projetos de reflorestamento também podem ser realizados em florestas fluviais, também conhecidas como matas ciliares. Estas, por sua vez, são de grande importância para o meio ambiente, exercendo papel fundamental na proteção dos recursos hídricos e na manutenção da biodiversidade. Além dos projetos de reflorestamento, os sistemas agroflorestais (SAFs) também podem ser considerados como uma boa opção na captura do carbono, representando uma alternativa viável aos sistemas de produção existentes, visto que combinam espécies florestais com produtos agrícolas, pecuários ou ambos.

Na implementação de projetos de reflorestamento ou de SAFs é muito importante que diversos fatores sejam levados em consideração, tais como as espécies vegetais a serem utilizadas e sua relação com o tipo de solo do local, além das interações com microorganismos. Neste aspecto, a associação de plântulas empregadas no reflorestamento e em SAFs com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) têm-se mostrado vantajosa. Estes fungos estabelecem uma associação micorrízica com as raízes das plantas, auxiliando as mesmas na absorção de nutrientes e água. Desta forma, um aumento no crescimento é uma das principais características que podem ser notadas nesta simbiose.

O efeito estufa é um problema global, mas que necessita de ações locais para diminuir os níveis de GEE na atmosfera. Assim a implantação de Sistemas Agroflorestais e o reflorestamento de Ambientes Fluviais, considerando a associação das plantas utilizadas com FMAs, representa uma estratégia para aumentar a fixação de carbono na biomassa e no solo.

Considerando o exposto, este trabalho abordará a associação dos FMAs com *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis* utilizados em um SAF e com *Schinus terebinthifolius* utilizado em uma área de recuperação de floresta fluvial e seus efeitos na fixação de carbono na biomassa e no solo. Os estudos abordam acompanhamento de crescimento vegetal em casa de vegetação e a campo, mensurando parâmetros de desenvolvimento (diâmetro, altura e biomassa) e fisiológicos (açúcar solúvel e amido) para estimativas de carbono acumulado na biomassa vegetal. Deste modo, através das análises a serem realizadas espera-se obter dados que sirvam de base para projetos semelhantes, mas de maiores extensões. Com efeito, pode-se contribuir para a diminuição de dióxido de carbono na atmosfera, diminuindo também o efeito estufa e conseqüentemente o aquecimento global, através de técnicas que visem o desenvolvimento sustentável.

O presente projeto enquadra-se dentro da área de concentração em Gestão Ambiental do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental – Nível de Mestrado, da Universidade Regional de Blumenau, com ênfase na linha de pesquisa Gestão dos Recursos Florestais e do Uso do Solo. Este projeto encontra-se também dentro das pesquisas desenvolvidas pelos pesquisadores do grupo Fluaçu.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A SOCIEDADE HUMANA E A FLORESTA

As floresta tiveram e continuam tendo uma importância fundamental ao longo da história da humanidade, acompanhando os seres humanos no seu processo de desenvolvimento. De uma maneira paradigmática, foi à custa deste mesmo desenvolvimento que as florestas foram sendo destruídas no decorrer dos séculos, mas não em processo tão acelerado como nos dias atuais (LEÃO, 2000; TRINDADE, 2007).

As florestas são essenciais à vida na Terra, sem elas o planeta seria um local desolado e inóspito. As grandes comunidades de árvores que compõem as florestas formam complexos sistemas ecológicos, que são encarregados por absorver o excesso de dióxido de carbono do ar e devolver o oxigênio. Além de atenuarem de forma significativa diversos eventos naturais (vento, chuva, calor, frio) que atingem o solo e toda a biota, as florestas também participam ativamente dos ciclos biogeoquímicos, reciclando água, carbono, oxigênio e nitrogênio. (SCHROEDER, 1992; LEÃO, 2000; FOELKEL, 2007). Além disso, as florestas são de extrema importância na formação de corredores ecológicos, possibilitando o deslocamento da fauna e o fluxo gênico entre as populações de espécies animais e vegetais (MARTINS, 2001; FOELKEL, 2007).

A ocupação do território brasileiro pode ser classificada pela ausência de planejamento com conseqüente destruição dos recursos naturais, especialmente as florestas. Durante todo o processo de colonização, grande parte das florestas nativas foram destruídas, cedendo local à agricultura, pastagens, cidades e estradas. A destruição das florestas acarreta numa série de problemas ambientais, entre eles a extinção de espécies, mudanças climáticas locais, erosão dos solos, assoreamento dos cursos d'água, entre outros. Nesse panorama, as matas ciliares também foram afetadas de forma intensa, uma vez que se constata que grande parte das cidades foi formada às margens dos rios, destruindo-se praticamente todo tipo de vegetação ciliar (MARTINS, 2001).

Felizmente, no decorrer do século XX, a relação de dependência mútua entre o ser humano e a floresta foi aceita, ficando claro ser insustentável a destruição das florestas através do avanço tecnológico e da exploração demográfica realizados de maneira tão intensa. A conscientização de que a floresta é um recurso renovável e ao mesmo tempo frágil, necessitando ser bem tratada e protegida, foi o primeiro passo importante a ser tomado com vistas à sua preservação (LEÃO, 2000).

As florestas são detentoras de uma rica biodiversidade (BRAGA et al., 2002). Arevalo et al. (2002) afirmam que elas podem ser consideradas como gigantescos reservatórios de

carbono, visto que através da fotossíntese este é absorvido e retido na biomassa, especialmente sob a forma de madeira. No entanto, o processo é facilmente revertido: ao queimar a madeira, o oxigênio do ar é utilizado para a combustão, ao passo que o carbono armazenado na madeira é devolvido para a atmosfera sob a forma de CO₂.

Segundo Parrotta (1992), florestas plantadas utilizando-se espécies arbóreas adequadas podem desempenhar papel importante na reabilitação de ecossistemas tropicais. Além disso, dadas as condições em que a Terra encontra-se atualmente, projetos de reflorestamento são colocados em prática por diversos países numa tentativa de não apenas reverter a perda de recursos naturais, mas também auxiliar na fixação e armazenamento de carbono (LEÃO, 2000; KRUG, 2008). Este interesse na fixação de carbono através das florestas plantadas dá-se devido à sua alta taxa de crescimento, e conseqüentemente também sua alta capacidade de fixação de CO₂ atmosférico (BALBINOT et al., 2003)

Segundo Leão (2000), cada vez mais estão surgindo técnicas de planejamento e manejo de florestas plantadas, tendo como conseqüência a conservação de valores ambientais, ecológicos, sociais e culturais, sendo esta a base para o manejo florestal sustentável. Um motivo bastante razoável para o plantio de mais árvores foi o surgimento no final do século XX de novos problemas ambientais, tal como a intensificação do efeito estufa.

2.2 O EFEITO ESTUFA E O MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO (MDL)

A vida na Terra é totalmente dependente da energia fornecida pelo sol que nela incide. Uma parte desta energia é refletida novamente para o espaço, sendo que a outra parte fica presa, devido à presença de diversos gases existentes de modo natural e em pequenas quantidades na atmosfera. O vapor d'água, o dióxido de carbono, o ozônio, o metano e o óxido nitroso prendem a energia solar, aquecendo o planeta, causando o denominado efeito estufa (BRAGA et al., 2002; LOBATO et al., 2009; BRASIL - MCT, 2009).

O efeito estufa é o responsável por manter a Terra a uma temperatura média perto dos 15°C. Assim, sem ele seria impossível a manutenção da vida no planeta como hoje se conhece. No entanto, com a crescente urbanização e industrialização ocorridas nas últimas décadas, os gases de efeito estufa têm sido emitidos cada vez com mais freqüência pelas atividades antrópicas ficando concentrados na atmosfera e formando uma espessa camada. Esta camada contribui para o aumento da quantidade de energia que é conservada na atmosfera pela absorção do calor refletido ou emitido pela superfície do planeta, provocando

o aumento da temperatura da superfície (LEÃO, 2000; BRAGA et al., 2002; CUNHA & PETER, 2008; LOBATO et al., 2009).

Assim, a intensificação do efeito estufa tem gerando uma série de efeitos catastróficos para todo o planeta, tais como o aquecimento global. Pesquisadores calculam que o planeta sofrerá um aumento em sua temperatura de cerca de 1,5 a 4,5° C até a metade deste século, se as emissões de gases causadores do efeito estufa continuarem de maneira descontrolada como no presente (LEÃO, 2000). De acordo com Braga et al. (2002), Soares & Oliveira (2002) e Lobato et al. (2009) além das mudanças climáticas, o aquecimento global acarretará no derretimento das geleiras, provocando conseqüentemente um aumento do nível dos oceanos, trazendo problemas de erosão litorânea, inundação, danificação de portos e estruturas costeiras, elevação dos lençóis de água e intrusão salina em aquíferos de abastecimento. Mudanças no clima ocorrerão, estabelecendo novos padrões nos regimes dos ventos, na pluviosidade e na circulação dos oceanos, ocorrerá aumento na incidência de doenças, a agricultura e a silvicultura sofrerão impactos, todas as formas de vida no planeta serão afetadas.

Um dos principais gases causadores do efeito estufa é o dióxido de carbono (CO₂), cujos maiores responsáveis por sua emissão são os países desenvolvidos. Assim sendo, o controle do efeito estufa passa obrigatoriamente pela diminuição da emissão de dióxido de carbono na atmosfera (GOLDEMBERG, 2000; BRAGA et al., 2002; ROCHA, 2002). Essas emissões são decorrentes em grande parte pelo uso de carvão, petróleo e gás natural, bem como também pela destruição das florestas, consideradas sumidouros e reservatórios naturais responsáveis pela absorção do dióxido de carbono do ar (GOLDEMBERG, 2000; CUNHA & PETER, 2008; BRASIL - MCT, 2009).

Sabe-se que os níveis de dióxido de carbono cresceram em volume de 280 partes por milhão, antes da Revolução Industrial, para quase 360 no período atual (BRASIL - MCT, 2009). Nas florestas tropicais estima-se que hajam estocados, atualmente, cerca de 10.000 a 25.000 t de carbono/km². Com a retirada desta floresta através da queima, cerca de 2/3 deste carbono voltam para a atmosfera, na forma de dióxido de carbono (REZENDE, 2000 apud ROCHA, 2002), contribuindo para o aumento do efeito estufa.

Buscando encontrar soluções, os cientistas afirmam ser necessária a aplicação de uma política de maior eficiência energética, objetivando conservar e diminuir o consumo de combustíveis fósseis. Também é preciso investimentos urgentes em pesquisas e na aplicação de fontes energéticas limpas, tais como as energias solar e eólica. A substituição do petróleo pelo gás natural também é importante, mas o passo fundamental na luta contra o aquecimento

global é a redução drástica da derrubada de florestas em paralelo ao incentivo do plantio/recuperação das mesmas. As árvores são responsáveis pela absorção de grande parte do dióxido de carbono presente na atmosfera, ou seja, sua derrubada implica na não absorção de CO₂, bem como também na devolução desse gás para a atmosfera (LEÃO, 2000).

Deste modo, fica claro que o ser humano pode contribuir de forma significativa para a diminuição dos gases de efeito estufa. Assim, foi estabelecida a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas durante a ECO-92, ocorrida em 1992 no Rio de Janeiro. A meta proposta foi a estabilização da concentração dos gases de efeito estufa na atmosfera, visando impedir que as ações humanas interfiram no clima mundial. A Convenção do Clima passou a vigorar apenas em 1994. Desde então, os países signatários do acordo reúnem-se, visando discutir o problema e propor soluções para o mesmo. Estas reuniões são denominadas Conferência das Partes (COP) (GOLDEMBERG, 2000; ROCHA, 2002; CUNHA & PETER, 2008).

Dentre todos os encontros da COP realizados, merece especial destaque o 3º, realizado em Quioto, no Japão. Durante a sua realização ficou definido um acordo com metas de redução, por parte dos países industrializados, das emissões dos gases de efeito estufa, além de ficarem estabelecidos critérios e diretrizes para o uso dos mecanismos de mercado. Tal acordo ficou conhecido mundialmente como o Protocolo de Quioto (ROCHA, 2002). De acordo com ele, os países industrializados signatários deverão reduzir entre 2008 e 2012 as emissões de poluentes que contribuem para a intensificação do efeito estufa. Esta redução deve ser de uma média de 5,2%, tendo como base o ano de 1990 (LEÃO, 2000; BRAGA et al., 2002; ROCHA, 2002; SANTIN & ALVIM, 2008).

A partir do Protocolo de Quioto ficou claro o potencial auxílio que o mercado poderia oferecer no processo de redução das emissões dos gases de efeito estufa, através da criação de um valor de transação (ROCHA, 2002). Pensando nisto, foi proposto o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) (Anexo 1), cujo objetivo é elaborar novas abordagens com vistas à redução das concentrações dos gases causadores do efeito estufa, em especial, o CO₂. O MDL considera as grandes emissões feitas pelos países industrializados, bem como a capacidade de absorção desses gases por países em desenvolvimento através de processos naturais (BRAGA et al., 2002; SANTIN & ALVIM, 2008). Até o ano de 1997 o MDL envolveu a participação de 59 países em obras de redução das emissões, que já alcançam uma ordem de 3,7 bilhões de toneladas de CO₂, contando com mais de 2.300 projetos (BRASIL - MCT, 2009).

Segundo o Ministério Brasileiro da Ciência e Tecnologia (2009), o Brasil pode ser considerado como um país líder neste processo de redução de emissões de gases de efeito estufa necessárias para o primeiro período de compromisso, ocupando a 3ª posição no ranking mundial. O Brasil foi um dos primeiros países a definir localmente as bases jurídicas necessárias para o desenvolvimento de projetos no âmbito do MDL, criando em 1999 a Autoridade Nacional Designada (AND), responsável pela aprovação de projetos com vistas à atender às expectativas do MDL, sendo também a responsável por definir normas e critérios locais específicos. Além disto, o Brasil é o responsável por diminuições anuais de 27.149.937 toneladas de CO₂, representando esse valor cerca de 6% do total mundial. Ao analisar os cerca de 234 projetos brasileiros envolvidos no MDL, constata-se que cerca de 65% objetivam a redução de dióxido de carbono (CO₂), seguido de 34% com vistas à redução de metano (CH₄) e apenas 1% de óxido nitroso (N₂O).

Deste modo, a concepção do MDL pode ser considerada como uma nova abordagem na redução das emissões dos gases de efeito estufa e consiste basicamente no seguinte: cada tonelada de CO₂ não emitida ou removida da atmosfera por um país em desenvolvimento (participante do Protocolo) poderá ser negociada no mercado mundial, criando deste modo uma nova atração para redução das emissões. Assim, cada país industrializado signatário do Protocolo tem suas metas de redução de CO₂. Deste modo, empresas que não reduzirem suas emissões poderão comprar Certificados de Redução de Emissões (CRE) dos países em desenvolvimento, usando-os para cumprir as metas estabelecidas por seu país (BRAGA et al., 2002; ROCHA, 2002; SANTIN & ALVIM, 2008).

Além disso, é importante ressaltar que os recursos obtidos através da venda dos CRE pelos países em desenvolvimento devem ser, obrigatoriamente, investidos em projetos de fixação de carbono da atmosfera. O objetivo consiste também em não deixar que o carbono fixado retorne à atmosfera. Assim, por exemplo, a madeira produzida num projeto de reflorestamento do MDL não pode ser utilizada em nenhum processo de combustão (BRAGA et al., 2002).

2.3 IMPORTÂNCIA DAS FLORESTAS NA FIXAÇÃO DE CARBONO

O MDL busca diversas alternativas para reduzir as concentrações dos gases causadores do efeito estufa. Uma prática que vem sendo frequentemente utilizada é o reflorestamento. Assim, o aumento do interesse pelas florestas nas últimas décadas pode ser facilmente explicado pelo fato destas apresentarem uma alta taxa de crescimento, possuindo grande capacidade de fixação do dióxido de carbono da atmosfera. Calcula-se que a

fotossíntese diária de uma árvore decídua é de 12 kg de hidratos de carbono e 9.000 litros de O₂. Além disso, no decorrer de um ano é produzida em uma floresta uma biomassa de cerca de 275 toneladas através da fotossíntese (NUTTO et al., 2002).

Segundo Hall & Rao (1980), Pereira (1991), Braga et al. (2002) e Marengo & Lopes (2005) a fotossíntese é de suma importância na fixação do carbono, consistindo na oxidação da água e na redução do CO₂ na presença de luz, para formar compostos orgânicos, como os carboidratos, através da seguinte reação simplificada:



A parte de carbono orgânico, fixado pela fotossíntese e não utilizada na respiração da planta (saldo do balanço de CO₂) auxilia no aumento de sua biomassa vegetal, podendo ser utilizado como reserva ou no seu crescimento. Assim, há uma correlação entre o saldo do balanço de CO₂ e o aumento da matéria seca: quanto maior for a absorção de CO₂, maior será também a taxa de crescimento. Sabe-se ainda que as plantas, constituintes fundamentais das florestas, são formadas em sua maior parte por carboidratos, sendo que estes constituem *ca.* de 60% da matéria seca vegetal. Após serem elaborados pela assimilação do CO₂, os carboidratos são distribuídos por toda a planta, de maneira a suprir suas necessidades. Assim, graças à fotossíntese, os vegetais transformaram-se num grande reservatório de carbono através da incorporação deste na biomassa (LARCHER, 2000).

As florestas são de grande importância para o equilíbrio do estoque de carbono, visto que armazenam grande quantidade de carbono em sua biomassa vegetal e no solo, quantidade esta maior que a existente na atmosfera (CALDEIRA et al., 2002; NUTTO et al., 2002). Estima-se que as florestas são responsáveis por cobrir uma área de cerca de 30% da superfície terrestre, estocando *ca.* 85% do carbono orgânico (CALDEIRA et al., 2002). Desta forma, com a destruição das florestas, grande parte deste carbono armazenado é devolvida à atmosfera, seja de uma forma mais acelerada, através das queimadas, seja de uma forma mais lenta, através da decomposição. Além disso, em torno de 25% do carbono que encontra-se no metro superior do solo também torna-se perdido caso haja desmatamento para fins de cultivo agrícola deste solo (HOUGHTON, 1994 apud NUTTO et al., 2002). Estima-se que o desmatamento tropical seja o responsável pela emissão de cerca de 1,6 bilhão de toneladas de carbono por ano (CHANG, 2002).

A capacidade de absorção e fixação de carbono nos sistemas florestais envolve diversos fatores, tais como o tipo de espécie, sua taxa de crescimento, longevidade, o clima local, entre outros. Além disto, as florestas secundárias e as plantações mais jovens têm, em geral, capacidade de fixar mais carbono. Tal fato é observado em virtude de florestas

primárias e plantações maduras já terem atingido um estágio de equilíbrio no que diz respeito à absorção de carbono, visto que liberam no processo de decomposição das árvores mortas praticamente a mesma quantidade que fixam de carbono (AREVALO et al., 2002)

Também é importante notar que há uma grande diferença entre as florestas permanentes e as manejadas no que diz respeito ao armazenamento de carbono. Ao passo que a primeira pode ser comparada a um grande armazém de carbono, num ciclo fechado, a segunda já não, visto que quando sua madeira é cortada, o carbono é retirado juntamente com esta. A madeira estocada em diferentes tipos florestais apresenta elevado potencial de fixação de carbono, capacitando a retenção na biomassa e produtos de madeira de aproximadamente 110 a 200 Mg ha⁻¹ de carbono (NABUURS & MOHREN, 1995 apud BALBINOT et al., 2003).

Assim, mesmo após ser retirada da floresta, a madeira pode contribuir de forma significativa para o armazenamento do CO₂ sendo utilizada na confecção de produtos de longa duração. Um exemplo disso pode ser a construção de uma casa usando cerca de 50 m³ de madeira. Assim, estar-se-ia armazenando algo em torno de 12,5 toneladas de carbono, o que corresponde a cerca de 45 toneladas de CO₂, que ficariam depositados por centenas de anos (NUTTO et al., 2002).

Sabe-se ainda que é possível encontrar também o carbono no solo. É por meio da entrada de matéria orgânica, através de diversos fatores, tais como a senescência de determinados constituintes da biomassa acima e abaixo do solo, a queda de folhas, resíduos, plantas e animais mortos que o carbono orgânico é fornecido (BALBINOT et al., 2003; CALDEIRA et al., 2002). Além disto, ao utilizar a energia solar, o CO₂ do ar, a água e os nutrientes do solo, os vegetais apresentam importante papel na adição ao solo de compostos orgânicos primários sintetizados durante a fotossíntese (VEZZANI, 2001 apud LOVATO et al., 2004). Pesquisas realizadas por Resende et al. (2002) em áreas de solos da Mata Atlântica demonstraram altos teores de carbono no solo, representando cerca de 160 t/hectare. Esse valor de carbono fixado no solo é muito alto, representando cerca de 35% do correspondente à biomassa de uma floresta tropical, que é, segundo Lieth & Whittaker (1975) apud Resende et al. (2002), de 45 kg/m².

É importante destacar que, em ecossistemas naturais, a origem do carbono orgânico do solo provém dos resíduos vegetais da vegetação nativa. No entanto, nos sistemas agroflorestais, a maior parte do carbono presente no solo apresenta pelo menos duas fontes distintas: a remanescente da vegetação nativa e a produzida através da decomposição de resíduos vegetais da cultura introduzida (BALBINOT et al., 2003; BERNOUX et al., 1999).

Dependendo da intensidade do fluxo de carbono proporcionado pelo subsistema vegetal, poderá haver maior ou menor atividade biológica, produção de compostos orgânicos secundários, agregação do solo e o surgimento de diferentes propriedades emergentes do sistema solo. De maneira geral, as propriedades emergentes do ciclo do carbono no solo, tais como o teor de matéria orgânica, a agregação, a porosidade, a infiltração de água, a retenção de água, a aeração, etc. melhoram a qualidade do solo (VAN BREEMER, 1993; VEZZANI, 2001 apud LOVATO, 2004).

Assim sendo, pode-se notar o grande e importante papel das florestas na fixação do carbono. May et al. (2005) afirmam que, entre as diversas estratégias do MDL, estão inclusas a regeneração das florestas e a implantação de florestas permanentes como sumidouros de carbono. Deste modo, diversos projetos de reflorestamento são cada vez mais comuns, tendo em vista a necessidade e benefícios dos mesmos para a contribuição com o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. Neste aspecto, mostra-se válido e importante o plantio de mudas em Sistemas Agroflorestais e Ambientes Fluviais.

2.4 SISTEMAS AGROFLORESTAIS (SAFs)

O agronegócio é considerado como uma atividade bem-sucedida, segura e produtiva, principalmente no Brasil, que apresenta um clima diversificado, com chuvas periódicas e muita energia solar. O país apresenta hoje cerca de 388 milhões de hectares de terras agricultáveis férteis e altamente produtivas, dos quais 90 milhões ainda não foram explorados. O agronegócio é, atualmente, um dos mais rentáveis ramos da economia nacional, responsável por 33% do Produto Interno Bruto (PIB), 42% das exportações totais e 37% dos empregos brasileiros (BRASIL - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA, 2009). No entanto, não se pode desconsiderar que o agronegócio também tem seus pontos negativos, principalmente no que diz respeito às questões ambientais. Rodigheri (1997) e Braga et al. (2002) afirmam que diversos têm sido os impactos causados ao meio ambiente, como o desmatamento de grandes extensões de florestas, o uso de fertilizantes e defensivos agrícolas com conseqüente contaminação dos lençóis freáticos, o empobrecimento do solo, a proliferação de pragas, tudo isto gerando um grande desequilíbrio ambiental.

Segundo Baggio et al. (1986) diversos esforços têm sido direcionados na busca de sistemas alternativos de produção ecológica e economicamente estáveis, tal como a adoção de Sistemas Agroflorestais (SAFs). Estes podem ser considerados como uma metodologia alternativa de utilização da terra, combinando espécies florestais com culturas agrícolas,

atividades pecuárias ou mesmo ambas. Estas combinações podem ser de caráter provisório ou permanente (ANDERSON et al., 1991; RODIGHERI, 1997; AMADOR & VIANA, 1998; DANIEL et al., 1999; FIORDA & REIS, 2007).

A grande vantagem dos SAFs é que eles causam impactos menores, restabelecendo simultaneamente diversos serviços de grande importância para a sociedade e o meio ambiente, tais como a manutenção de mananciais hídricos, a manutenção da estrutura e fertilidade do solo, a conservação da biodiversidade, o fornecimento de diversos produtos florestais tais como madeira, temperos, fitoterápicos, além do estímulo ao plantio de espécies com potencial econômico (ANDERSON et al., 1991; FIORDA & REIS, 2007; POLLMANN, 2008).

De acordo com Amador & Viana (1998) os SAFs podem adotar diferentes categorias conforme a combinação dos elementos que os compõem. Tais categorias são exemplificadas na Figura 1, adaptada de Daniel et al. (1999):

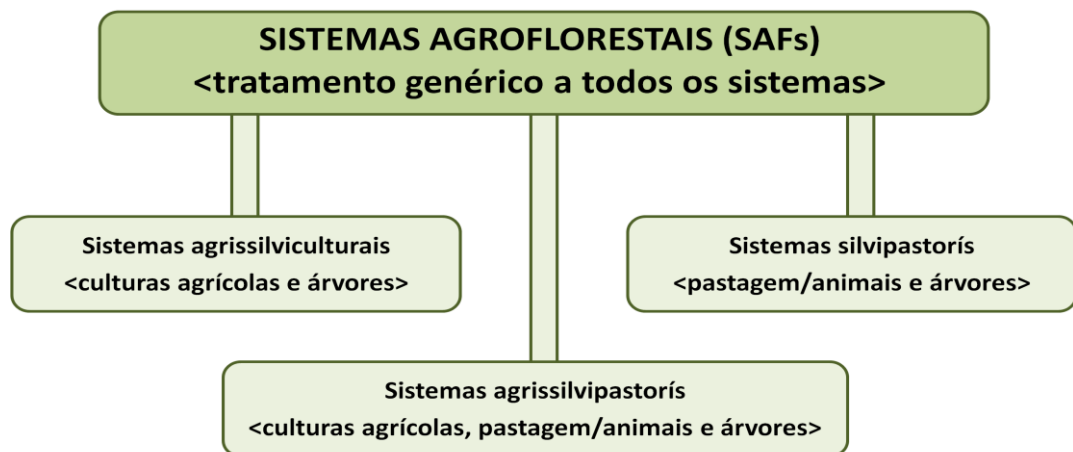


Figura 2.1 – Diferentes categorias passíveis de serem adotadas em Sistemas Agroflorestais.

Os SAFs fornecem produtos alimentares passíveis de serem comercializados pelos produtores, o que lhes garante uma renda adicional para a sustentabilidade financeira (ANDERSON et al., 1991; POLLMANN, 2008). Além disso, há uma redução dos custos de implantação e de manutenção florestal para os produtores que adotam estes sistemas, havendo ainda melhoria na distribuição da mão-de-obra ao longo do ano, produção mais diversificada, melhores condições de trabalho no meio rural e avanço da qualidade de vida do produtor. Os SAFs também auxiliam na manutenção da fertilidade do solo, através da proteção contra erosão por chuva ou vento, bem como incremento nas suas características produtivas, através do fornecimento de matéria orgânica. É importante destacar também que a cobertura arbórea auxilia na conservação da biodiversidade, em especial quando as árvores selecionadas são

frutíferas, atraindo aves que por sua vez auxiliam a regeneração florestal pela dispersão de sementes (ANDERSON et al., 1991; PASSOS & COUTO, 1997 apud RODIGHERI, 1997).

Segundo Reinert (1998); Mendonça et al. (2001) apud Arato et al. (2003) nos últimos anos, a recuperação de áreas degradadas pôde contar com o apoio do uso dos SAFs. Tais sistemas têm-se mostrado como uma boa alternativa de restauração, visto que proporcionam uma significativa melhoria nas propriedades físico-químicas de solos degradados e também na atividade microbiana.

Além disto, é importante ressaltar que os SAFs podem ser avaliados como reservatórios de carbono, dependendo, porém da finalidade e do modo como serão manejados e utilizados seus produtos (AREVALO et al., 2002). A fixação de carbono em SAFs pode ser considerada como uma importante alternativa, tanto ambiental, quanto econômica, visto que contribui para a redução do efeito estufa pela absorção de CO₂. Os resultados da fixação de carbono podem ser quantificados através da estimativa da biomassa da planta acima e abaixo do solo, pelo cálculo de carbono estocado em produtos madeireiros e também pela quantidade de CO₂ absorvida através da fotossíntese (KURZATKOWSKI, 2007). Sabe-se que a adoção de SAFs bem manejados, pode armazenar até 228 t/ha de carbono, incluindo a parte retida no solo (DIXON, 1995 apud SANTOS et al., 2004).

Segundo May et al. (2005), ao serem comparados com sistemas de produção anual ou pastagens, os SAFs fixam um volume maior de carbono em determinado período. Em estudos realizados acerca da fixação de carbono nestes sistemas, as estimativas da estocagem de biomassa e carbono revelaram uma estocagem de cerca de 7,5 t/ha de biomassa estocada nos componentes arbóreos. Quanto à verificação do teor de carbono, registrou-se uma média de estoque de 3,75 t/ha de carbono. Nas pesquisas de viabilidade sobre SAFs realizadas no Pontal do Paranapanema calculou-se que o incremento de carbono atingiria entre 35 e 50 t/ha de carbono em 21 anos (IPÊ, 2004 apud MAY et al. 2005).

Já na pesquisa realizada por Kurzatkowski (2007) pôde-se quantificar valores estimados de 161 e 134 t/ha de carbono em dois diferentes SAFs. Neste estudo, constatou-se que o maior potencial de fixação de carbono foi influenciado, em especial, pelo tipo das árvores implantadas, ou seja, espécies de grande porte, tais como o cedro rosa (*Cedrela fissilis* Vell.), baru (*Dipteryx alata*), jambo (*Syzygium* sp.) e tamarindo (*Tamarindus indica*) tendem a estocar mais carbono.

2.5 FLORESTAS FLUVIAIS

As florestas fluviais, também conhecidas como florestas ripárias, florestas ciliares, florestas de galeria, etc., apresentam considerável importância para o meio ambiente. Estas florestas podem ser consideradas como a vegetação encontrada às margens dos rios, independentemente de sua composição florística ou da área/região de ocorrência, sendo formada pelo conjunto de árvores, arbustos, cipós, etc. que ali se encontram (RODRIGUES & LEITÃO FILHO, 2000; FRANK et al., 2001; KAGEYAMA et al., 2002).

Estas áreas são muito importantes, pois além de contribuírem para a manutenção da qualidade dos recursos hídricos, também funcionam como corredores úmidos, protegendo a vida silvestre local. A mata ciliar protege o solo, tendo ainda função de esponja: quando chove, ao invés da água ir direto para o rio, ela acaba penetrando no solo, evitando enxurradas e regulando o ciclo d'água (RIZZI, 1985; FRANK et al., 2001).

Além disso, cada vez mais tem sido motivo de preocupação a perda das florestas fluviais, visto que as mesmas são responsáveis por garantir a estabilidade das áreas que margeiam os rios, prevenindo o assoreamento de reservatórios, a erosão (especialmente em regiões de topografia acidentada) e o empobrecimento do solo (MARTINS, 2001). Sabe-se ainda que estas florestas exercem o papel de grandes filtros, visto que as raízes das plantas contribuem na retenção de partículas do solo e outros diversos materiais, que acabariam sendo carregados para o rio com as chuvas, afetando conseqüentemente a qualidade da água e de toda vida local (RIZZI, 1985; FRANK et al., 2001). Outra importante função das florestas fluviais é o papel que elas exercem na manutenção da biodiversidade, em especial para espécies animais e vegetais que apresentam ciclos de vida dependentes da água, proporcionando ainda o fluxo gênico (COELHO, 2007).

Desta forma, pode-se notar que o contínuo processo de degradação destas florestas, além de desrespeitar a legislação, que torna obrigatória a preservação das mesmas, acarreta em diversos problemas ambientais (MARTINS, 2001).

Comumente as espécies vegetais que colonizam as margens dos cursos d'água, compondo as florestas fluviais, são denominadas pioneiras ou secundárias iniciais, podendo ocorrer, raramente, as secundárias tardias. As plantas pioneiras e secundárias iniciais são caracterizadas por suportarem as variações bruscas dos fatores ambientais, apresentarem rápido crescimento e reprodução, possuírem hábitos variados (ervas, arbustos, árvores), além de produzir flores que são polinizadas por insetos ou pelo vento, e frutos e sementes que são dispersados por animais, pela água ou pelo vento. Além disso, o período de alagamento é um

seletor de espécies passíveis de colonizarem as margens dos cursos d'água (SEVEGNANI, 2001).

De acordo com Pasdiora (2003), as florestas fluviais apresentam-se, comumente, como ambientes estruturais heterogêneos. Tal fator, juntamente com a alta fertilidade do solo, o crescimento urbano pouco planejado e a própria natureza extrativista do homem, faz das florestas fluviais um local ideal para a ocupação humana. Deste modo, pode-se notar que há décadas a ocupação indisciplinada contribui para a degradação destes locais.

Segundo Souza & Kobiyama (2003) é possível notar alterações nos processos físicos, químicos, biológicos e geomorfológicos dos ambientes fluviais devido à ação antrópica, havendo muitas vezes a necessidade de recuperação dos mesmos. Os projetos com esta finalidade devem sempre estar embasados em conhecimentos técnicos e científicos, a fim de possibilitar que o recurso natural tenha condições de auto-desenvolvimento depois de serem criadas pelo homem as condições básicas. Assim, deve ficar clara a importância da não reconstrução total do dano causado ao meio, mas sim, da possibilidade do ecossistema tornar-se auto-sustentável.

Nos últimos anos, o principal objetivo em se recuperar uma área de floresta fluvial era restabelecer as funções de proteção do solo e da água, além de restituir a biodiversidade e os processos ecológicos do ecossistema original (MELO & DURIGAN, 2006). Atualmente porém, devido às ameaças de aquecimento global causadas pela intensificação do efeito estufa e suas conseqüências negativas, a recuperação destas florestas passou a ter como objetivo também o papel de sumidouros de carbono (COELHO, 2007; VELASCO & HIGUCHI, 2009). Assim, de acordo com Melo & Durigan (2006) ao fixarem o carbono atmosférico, estas florestas auxiliam na diminuição do efeito-estufa. Estes autores realizaram estudo no Vale do Paranapanema, em São Paulo, onde verificaram que o estoque de biomassa nos plantios em faixas ciliares pode ser superior ao estoque de florestas naturais maduras que cobrem grandes áreas; constataram ainda que o ritmo de crescimento e fixação de carbono em plantios de restauração é maior que o de florestas naturais em estágio de sucessão secundária na mesma região.

Deste modo, fica cada vez mais evidenciada a grande importância de se preservar e recuperar as florestas fluviais. Pelo fato de ocuparem diferentes ambientes ao longo das margens dos rios, estas florestas apresentam uma heterogeneidade florística muito grande (MARTINS, 2001; PASDIORA, 2003). Assim, quando se busca recuperar esse tipo de floresta, diversos pontos devem ser levados em consideração, tais como a obtenção das sementes, a produção das mudas, a forma de plantio e também a escolha das espécies

adequadas. É interessante que a seleção de espécies leve em consideração alguns fatores, tais como: escolha de espécies nativas com ocorrência nas florestas fluviais da região, utilização de espécies pioneiras e de rápido crescimento, espécies atrativas à fauna, plantio de espécies adaptadas à condição de umidade do solo.

2.6 FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (FMAs)

Diversos estudos realizados desde meados do século XIX demonstraram que as plantas possuem a capacidade de estabelecer relações mutualísticas com certos tipos de fungos presentes no solo. Denominada Micorriza, tal associação pode ser considerada como uma relação mutualística não patogênica que permite que a planta ofereça ao fungo, com auxílio da fotossíntese, energia e carbono, essenciais à sua sobrevivência e multiplicação. Em troca os fungos transferem às raízes da planta, através das hifas fúngicas, a água e os nutrientes minerais do solo absorvidos, principalmente o fósforo (SIQUEIRA, 1996; SIQUEIRA & FRANCO, 1988 apud CARNEIRO et al., 1998; SMITH & READ, 1997).

Acredita-se que esta relação entre fungo e planta tenha surgido há cerca de 400 milhões de anos, período em que as plantas sofriam a transição de seu habitat, da água para a terra (SIQUEIRA, 1996). Um dos efeitos mais marcantes dessa associação pode ser facilmente notado no que diz respeito ao maior crescimento das plantas (e conseqüentemente, maior fixação de carbono por parte destas), fato esse atribuído ao aumento da absorção dos nutrientes, especialmente em solos degradados (CALDEIRA et al., 1997; JANOS, 1980; SMITH & READ, 1997 e VANDRESEN et al., 2007). Para exemplificar, Bressan et al. (2001) em estudos com sorgo e soja em Minas Gerais, constataram que a inoculação de fungos micorrízicos colaborou para o aumento da matéria seca, para a produção de grãos e também para os teores dos nutrientes N, P, K, Zn e Cu. Também observou-se no estudo realizado por Oliveira et al. (2003) com bananeiras na Amazônia, que a associação com fungos micorrízicos contribuiu para a absorção de Ca, Cu, K e Zn.

A associação micorrízica também implica numa maior resistência por parte das plantas às condições ambientais desfavoráveis (SIQUEIRA et al., 1995). Assim, fica clara a importante contribuição das micorizas no crescimento e sobrevivência das plantas, especialmente em áreas degradadas, onde grande parte dos solos apresenta baixa fertilidade, sendo carente em certos nutrientes, tais como o nitrogênio e o fósforo. Contudo, é importante ressaltar que, de acordo com estudos realizados, a associação micorrízica na natureza é comumente inibida por certos fatores, tais como: alta fertilidade (SIQUEIRA et al., 1995,

VANDRESEN et al., 2007), perturbação e erosão do solo, utilização de fungicidas e desmatamento (EMBRAPA, 2009).

Dos diversos tipos existentes de associações micorrízicas, dois são considerados de maior importância econômica e ecológica: as ectomicorrizas e as endomicorrizas do tipo arbuscular. As ectomicorrizas são menos representadas que as endomicorrizas em florestas tropicais, e diferem destas pelas seguintes características: colonização de apenas raízes curtas; não ocorre penetração do fungo nas células corticais, formando em torno destas uma rede de micélio, que constitui um manto contínuo ao redor da raiz. Esta característica é de grande importância, visto que o tecido fúngico torna-se passagem obrigatória para o fluxo de elementos nutritivos entre o solo e a raiz, bem como também organismos invasores das raízes (CARVALHO, 1996).

As micorrizas arbusculares estabelecidas pelos fungos micorrízicos arbusculares – FMAs (Divisão Glomeromycota) são o tipo mais comum nos ecossistemas terrestres, sendo capazes de estabelecer simbiose com a grande maioria das espécies de plantas (SIQUEIRA et al., 2002; DREW et al., 2003; AONO et al., 2004; EMBRAPA, 2009; KIRIACHEK et al., 2009). Quando os FMAs colonizam as raízes das plantas, ocorre na parte mais interna do córtex a diferenciação das hifas intracelulares em arbúsculos, por meio da contínua ramificação dicotômica de suas extremidades. Os arbúsculos podem ser considerados como estruturas temporárias, apresentando um ciclo curto, de aproximadamente quatro a cinco dias, sendo os responsáveis pela troca bidirecional de nutrientes entre os simbioses. Sabe-se que tanto as células vegetais quanto as hifas fúngicas sofrem profundas alterações morfológicas e fisiológicas no período de desenvolvimento dos arbúsculos, determinando a funcionalidade da simbiose. Também é possível verificar a ocorrência, em associações micorrízicas arbusculares envolvendo algumas espécies de fungos, de hifas que se diferenciam em estruturas globosas denominadas vesículas, que são ricas em lipídios, apresentando função de reserva (LAMBAIS, 1996).

Segundo Smith & Read (1997) pode haver nas células do córtex, do ponto de vista anatômico, a formação de arbúsculos típicos ou não, se a colonização fúngica for do tipo Arum ou Paris. A colonização de padrão anatômico Arum é caracterizada pela presença de arbúsculos típicos resultante da intensa ramificação dicotômica no interior das células do córtex do hospedeiro. Já a colonização de padrão anatômico Paris é caracterizada pela presença abundante de pelotões e hifas enveladas no interior das células do córtex.

Rillig et al. (2001) afirmam já ser reconhecida a influência dos FMAs nos processos de agregação do solo, na fisiologia das plantas, na composição das comunidades vegetais.

Através desta simbiose, a obtenção de nutrientes ocorre de uma forma mais eficiente, pois há um aumento de exploração do solo pelo micélio externo do fungo, além de uma maior superfície de contato com a solução do solo. Assim, é possível notar uma melhoria no crescimento de plantas associadas aos FMAs (LOVATO et al., 1996).

Em estudos realizados por Oliveira & Oliveira (2004) em um sistema agroflorestral de solo pobre na Amazônia, observou-se a importância dos FMAs no balanço nutricional das plantas estudadas, havendo correlação positiva entre a colonização micorrízica e a concentração foliar de diversos nutrientes, tais como Ca, Mg, P, Cu, Fe e Zn.

Assim, com o auxílio dos FMAs, plantas podem adaptar-se à baixa fertilidade de solos pobres, visto que estas aumentam a capacidade de absorção dos nutrientes do solo pelas plantas. O aumento na absorção de fósforo no solo pode ser considerado como um dos mais importantes benefícios oferecidos pelos FMAs (GRAHAM et al.; 1996; OLIVEIRA et al., 2003).

Além da importância que apresentam para as plantas devido ao aumento na absorção dos nutrientes, os FMAs também são importantes para todo o ecossistema, visto que promovem sua estabilidade, atuando de maneira destacada na ciclagem dos nutrientes em ecossistemas florestais, além de serem responsáveis por auxiliar na agregação do solo (PEREIRA et al., 1996; RILLIG et al., 2001; BRASIL – MMA, 2006). É importante destacar ainda que um dos principais meios pelo qual o carbono, fixado durante a fotossíntese, entra no solo, é através da produção de raízes finas. Nesta questão, os FMAs apresentam importante papel, devido à sua atuação na produção das mesmas (ATKINSON et al., 2003; NORBY & JACKSON, 2000).

De acordo com Carneiro et al. (1998), são muito importantes os estudos envolvendo a associação micorrízica em diferentes espécies vegetais, pois servem como base para pesquisas na produção de mudas, possibilitando maiores sucessos em reflorestamentos, contribuindo ainda para a preservação ambiental através da diminuição da aplicação de insumos agrícolas.

Nos últimos quinze anos, muitos estudos têm sido feitos sobre a interação entre espécies arbóreas e FMAs. Pouyú-Rojas & Siqueira (2000) trabalhando com sete espécies florestais constataram que a inoculação com FMAs estimulou o crescimento e aumentou os teores de alguns nutrientes nas plantas. Zangaro et al. (2002), no Paraná, demonstraram que a resposta de espécies arbóreas à inoculação com FMAs foi muito elevada entre todas as espécies arbóreas pioneiras, sendo de média a muito alta para praticamente todas as secundárias iniciais. Deste modo, os FMAs mostraram-se importantes componentes das raízes das espécies que compõem as fases iniciais da sucessão arbórea. No decorrer do tempo, o

estabelecimento destas espécies altamente micotróficas pode produzir significativas melhorias no ambiente a ser revegetado, tais como a redução da perda de nutrientes livres no solo através de sua fixação pela comunidade biótica, o impedimento da irradiação direta no solo através do sombreamento, melhoramento da estrutura do solo, o regresso da reciclagem de minerais, bem como também o aumento da disponibilidade destes nas camadas superficiais do solo.

Diversas pesquisas realizadas com espécies arbóreas em associação com FMAs têm demonstrado bons resultados que podem ser utilizados com sucesso na recuperação de áreas degradadas. Vandresen et al. (2007), no norte do Paraná, indicaram que espécies arbóreas inoculadas com FMAs em viveiro, apresentaram maior sobrevivência do que as não inoculadas quando levadas a campo. Zangaro et al. (2003) demonstraram a importância da associação de plantas arbóreas com FMAs no estágio inicial de sucessão, contribuindo de modo significativo para a recuperação de solos degradados e para a instalação futura de espécies em outros estágios sucessionais. Ao estudarem 31 espécies arbóreas tropicais, Carneiro et al. (1996) constataram que a grande maioria das espécies apresentou alta dependência micorrízica, sendo que somente cinco espécies (16%) não apresentaram sinais de micorrização.

Além de espécies arbóreas, vários estudos demonstraram a importância dos FMAs para o crescimento e nutrição de espécies de palmeiras. A associação micorrízica é muito importante em palmeiras devido ao seu sistema radicular, que é fasciculado, pouco profundo, com raízes grossas e sem pelos radiculares (BOVI et al., 1978). Carvalho (1997) notou o auxílio dos FMAs na melhoria da nutrição fosfática e potássica do dendezeiro. Em estudos realizados a campo por Ramos-Zapata et al. (2006) com a espécie de palmeira *Desmoncus orthacanthos* Martius em associação ou não com FMAs, constatou-se maiores área foliar e absorção de fósforo, além de um aumento triplo na sobrevivência dos indivíduos inoculados com FMAs em comparação aos não inoculados.

É possível notar, cada vez mais, a necessidade de maiores estudos envolvendo os sistemas agroflorestais, as florestas fluviais e a associação com fungos micorrízicos arbusculares, objetivando, além da captura e fixação do CO₂ atmosférico, a redução do uso de fertilizantes químicos, contribuindo assim para o alcance de uma agricultura ambientalmente comprometida, com menos dependência de insumos e que contribua para o desenvolvimento sustentável.

2.7 ESPÉCIES ESTUDADAS

2.7.1 *Euterpe edulis* e *Archontophoenix alexandrae*

Segundo Joly (2002) as palmeiras (família Arecaceae) podem ser consideradas uma boa alternativa para cultivo em sistemas agroflorestais. Possuem grande valor econômico, visto que são utilizadas pelo ser humano para diversos fins, tais como a ornamentação, produção de fibras industriais, cera, redes, cordas, além de servirem como alimento, através da extração do palmito, óleo, azeite, coco. Além disso, também são muito importantes do ponto de vista ecológico, pois servem de alimento para diversas espécies de animais, fornecendo ainda sombra para pequenas populações de plântulas (ANDREAZZI et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2010).

A família Arecaceae apresenta mais de 240 gêneros e cerca de 2600 espécies, distribuídos principalmente em regiões tropicais (LORENZI et al., 2004; MIGUEL et al., 2007). No Brasil, podem ser encontrados nos biomas Floresta Amazônica, Mata Atlântica, Cerrado, entre outros (MIGUEL et al., 2007).

O Brasil é um grande produtor e exportador do palmito, detendo 95% do mercado mundial de exportação (UZZO et al., 2002) para mais de sessenta países (BOVI et al., 2001). De acordo com Uzzo et al. (2002) designa-se palmito o produto comestível, que é formado por folhas ainda não desenvolvidas e imbricadas, que saem a partir do meristema apical de palmeiras. O palmito é conhecido e utilizado como alimento desde épocas remotas, sendo atualmente comum o seu uso não apenas na culinária brasileira, mas também na internacional. Dentre as principais espécies exploradas, encontra-se o *Euterpe edulis* Mart., espécie nativa da Floresta Ombrófila Densa popularmente conhecida como Palmeira Juçara (FLEIG & RIGO, 1998; MORSBACH et al., 1998). De acordo com Fisch et al. (2000) esta espécie pode ser considerada como sendo a palmeira mais comum da Mata Atlântica.

Euterpe edulis pode atingir cerca de 20 metros de altura na idade adulta. Apresenta estipe único, reto, cilíndrico, não-estolonífero. Entre a parte onde termina o estipe e onde nascem as folhas, ocorre uma seção verde que é mais grossa que o estipe, formada pela base do conjunto de folhas. Dentro desta parte, encontra-se o palmito. A espécie apresenta folhas compostas, medindo até 3 metros de comprimento. Seus frutos são carnosos e fibrosos, e a semente é marrom, apresentando endosperma abundante e com alto teor de reservas (IPEF, 2010).

A palmeira juçara é considerada uma espécie de grande importância para o funcionamento do ecossistema em que ocorre, visto que seus frutos, sementes e o próprio palmito servem de alimentos para diversos animais que habitam estes mesmos ecossistemas,

tais como aves, roedores e até macacos (GALETTI & ALEIXO, 1998; REIS & REIS, 2000). Esta fauna, em contrapartida, auxilia na dispersão dos frutos, contribuindo de modo eficaz para a manutenção da dinâmica demográfica e do fluxo gênico da espécie (MARTINS-CORDER & SALDANHA, 2006; PINHEIRO, 2007).

Contudo, a exploração irracional e indiscriminada do palmito nas matas nativas para o consumo, tem reduzido a densidade de populações naturais, comprometendo a viabilidade econômica e a própria sustentabilidade da espécie (FLEIG & RIGO, 1998; MORSBACH et al., 1998; LIMA et al., 2008; CEMBRANELI et al., 2009). Além disso, a exploração racional da Palmeira Juçara sofre algumas restrições à sua exploração, sendo uma delas o ciclo de produção do palmito, que é relativamente longo, estando a planta pronta para o abate em cerca de 8 a 12 anos (MORSBACH et al., 1998).

Deste modo, a *Archontophoenix alexandrae* (F. Muell.) H. Wendl. & Drude, popularmente conhecida como Palmeira-Real-da-Austrália vem se apresentando cada vez mais como uma alternativa interessante e viável à produção de *Euterpe edulis*. A Palmeira-Real-da-Austrália, originária da floresta costeira da parte norte e central de Queensland, na Austrália, tem ganhado cada vez mais a atenção de pesquisadores e produtores para a produção de palmito. Utilizada também na ornamentação de praças e jardins, esta planta apresenta alto índice de germinação, além de boa resistência às principais doenças que ocorrem em viveiros e rápido crescimento, atingindo cerca de 1 metro por ano (LORENZI et al., 2004; UZZO et al., 2004).

A espécie possui estipe simples, robusto, dilatado na base, apresentando palmito volumoso (NASCIMENTO et al., 2008). O florescimento ocorre da primavera ao outono, sendo que suas flores novas apresentam coloração branca ou creme. A frutificação ocorre da primavera ao outono, apresentando frutos de coloração vermelha. Os frutos são do tipo drupa, fruto de mesocarpo carnoso, apresentando uma única semente (RAMOS, 2002). As sementes têm coloração amarelo-esverdeado logo após o despulpamento, possuindo fibras que se soltam da extremidade apical (RAMOS, 2002, NASCIMENTO et al., 2008). Apresentam formato arredondado, podendo ser levemente ovalada. Despulpada, a semente apresenta externamente o endocarpo, camada dura e fibrosa do fruto que se desprende mediante a secagem. Sob o endocarpo encontra-se o tegumento, camada fina, e em seguida situa-se o endosperma, que é um tecido de reserva ou nutritivo, de coloração esbranquiçada. Dividindo a semente ao meio, longitudinalmente, visualiza-se o embrião, que dará origem à futura planta.

Quanto à altura, sabe-se que a espécie pode atingir 32 metros (RAMOS, 2002). Contudo, o abate pode ser realizado quando a planta atinge cerca de 3 metros, ou seja, em indivíduos com idade superior a 3 anos de campo, contanto que desenvolvidas em regiões apropriadas e com adubação adequada. Outro fator importante é que a espécie apresenta palmito de alta qualidade (BOVI et al., 2001).

2.7.2 *Schinus terebinthifolius*

A aroeira (*Schinus terebinthifolius* – Anacardiaceae) pode ser considerada como uma boa espécie para ser utilizada na recuperação de florestas fluviais, visto que pertence ao grupo ecológico das pioneiras e é indicada para o plantio em áreas encharcadas permanentemente e/ou áreas com inundação temporária (MARTINS, 2001). Além disso, de acordo com Lenzi & Orth (2004) esta é uma espécie nativa do Brasil e que apresenta ampla distribuição geográfica e grande plasticidade ecológica.

Além da importância ecológica que apresenta, a Aroeira é muito utilizada pelo homem para os mais diversos fins, tais como: uso na medicina popular como fitomedicamento, possuindo propriedades antimicrobiana, cicatrizante e antiinflamatória (VASCONCELOS et al., 2005); fabricação de cercas, moirões (BAGGIO, 1989); sua semente, também conhecida como pimenta-rosa, apresenta sabor suave e levemente apimentado, sendo muito utilizada como condimento na culinária (LENZI & ORTH, 2004).

3 OBJETIVOS

Para realizar o presente projeto, três estudos foram desenvolvidos, sendo estes constituídos de experimentos em casa de vegetação na Universidade Regional de Blumenau (Estudo 1 – Crescimento, açúcares solúveis e de reserva em *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis* inoculados com fungos micorrízicos arbusculares em condições de casa de vegetação) e a campo, na Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI (Estudo 2 - Análise da fixação de carbono na biomassa de *Euterpe edulis* e *Archontophoenix alexandrae* em condições de campo) e em uma Unidade de Pesquisa (UP 7) visando a recuperação de floresta fluvial às margens do Rio Itajaí-Açu (Estudo 3 - Fungos micorrízicos arbusculares na fixação de carbono na biomassa de *Schinus terebinthifolius* em área de ambiente fluvial em recuperação). Deste modo, dois objetivos gerais foram propostos.

3.1 Objetivos gerais

A) Avaliar a potencialidade de fixação de carbono na biomassa das espécies vegetais *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis* quando associadas com fungos micorrízicos arbusculares.

B) Analisar o efeito dos fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento e na fixação de carbono em *Schinus terebinthifolius* em uma área de recuperação de floresta fluvial ao longo do Rio Itajaí-Açu.

3.2 Objetivos específicos

A) Determinar a colonização micorrízica das espécies *A. alexandrae* e *E. edulis*.

B) Verificar a resposta de crescimento e quantidade de carbono em *A. alexandrae* e *E. edulis* à associação com FMAs.

C) Determinar o papel do endosperma na resposta micorrízica.

D) Determinar o efeito de diferentes isolados de FMAs na altura e diâmetro de *S. terebinthifolius*.

E) Estimar a quantidade de carbono de *S. terebinthifolius* quando associadas com 3 isolados de FMAs.

4 CRESCIMENTO, AÇÚCARES SOLÚVEIS E DE RESERVA EM *Archontophoenix alexandrae* E *Euterpe edulis* INOCULADOS COM FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM CONDIÇÕES DE CASA DE VEGETAÇÃO

SGROTT, A. F.¹; PESCADOR, R.²; STÜRMER, S. L.³

1 - Mestranda em Engenharia Ambiental, Universidade Regional de Blumenau.

2 - Professora da Universidade Federal de Santa Catarina

3 - Professor do Mestrado em Engenharia Ambiental, Universidade Regional de Blumenau.

RESUMO

A produção agrícola e pecuária tem contribuído muito para a degradação florestal, havendo grande necessidade de se adotarem novas alternativas de produção, aliando economia com preservação ambiental. Neste sentido, os Sistemas Agroflorestais (SAFs) têm contribuído muito, funcionando ainda como grandes reservatórios de carbono. A presente pesquisa buscou avaliar o crescimento e a quantidade de açúcares solúveis e de reserva na biomassa das espécies *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis*, utilizadas em SAFs, quando associadas com FMA, além de procurar determinar o papel do endosperma na resposta micorrízica das espécies envolvidas. Sementes destas espécies foram germinadas em casa de vegetação, separadas em dois grupos – plantas com (Grupo 1) e sem (Grupo 2) endosperma e posteriormente inoculadas ou não com FMA. Aos 5 e 10 meses após a inoculação foram verificados os teores de clorofila, biomassa aérea seca, fósforo e determinação de açúcares solúveis, de reserva (amido) e colonização micorrízica. Constatou-se que a espécie *Euterpe edulis* foi a que apresentou as maiores médias de biomassa, tanto no Grupo 1 quanto no Grupo 2, quando comparadas com *Archontophoenix alexandrae*. O tratamento com FMA tendeu a influenciar positivamente na produção de biomassa e na quantidade de fósforo na parte aérea em *Archontophoenix alexandrae*. Com relação à quantidade de açúcar solúvel e amido nas partes aérea e radicular dos indivíduos, os FMAs também tenderam a influenciar de modo positivo os indivíduos no Grupo 2. Assim, este estudo sugere que a inoculação dos FMAs deve ser feita apenas após a queda do endosperma, visando respostas mais eficazes.

Palavras-chave: *Euterpe edulis*, *Archontophoenix alexandrae*, fungos micorrízicos arbusculares, sistema agroflorestal.

4.1 INTRODUÇÃO

Uma opção de cultura para os Sistemas Agroflorestais (SAFs) são espécies de palmeiras (família Arecaceae) as quais são distribuídas em mais de 240 gêneros e *ca.* de 2600 espécies, ocorrendo principalmente em regiões tropicais (LORENZI et al., 2004; MIGUEL et al., 2007). As palmeiras apresentam amplo valor econômico por serem utilizadas pelo ser humano para os mais diversos fins, tais como ornamentação, produção de fibras industriais, cera, redes, cordas, além de servirem como alimento, através da extração do óleo, azeite, coco e palmito (JOLY, 2002). O Brasil é o maior produtor e exportador do palmito, detendo 95% do mercado de exportação mundial (MORSBACH et al., 1998; UZZO et al., 2002).

Dentre as principais espécies exploradas, merece especial destaque o *Euterpe edulis* Mart., espécie nativa do Brasil popularmente conhecida como Palmeira Juçara. Esta palmeira apresenta estipe único, cujo tamanho varia entre 10 a 20 metros de altura (LORENZI et al., 2004). A Palmeira Juçara também apresenta importante valor ecológico, pois produz frutos durante cerca de seis meses, os quais são muito procurados como fonte de alimento pela fauna. Esta, por sua vez, é responsável pela dispersão dos frutos, o que contribui grandemente para a manutenção da dinâmica demográfica e do fluxo gênico da espécie (MARTINS-CORDER & SALDANHA, 2006; PINHEIRO, 2007). Contudo, apesar de sua grande importância, a palmeira *Euterpe edulis* vem sofrendo nas últimas décadas uma exploração irracional, comprometendo a viabilidade econômica e a própria sustentabilidade da espécie. O plantio da Palmeira Juçara possui algumas restrições tais como o longo ciclo de produção do palmito, o qual está pronto para ser colhido entre 8 a 12 anos (MORSBACH et al., 1998).

Uma boa alternativa à produção de *Euterpe edulis* é a produção do palmito de *Archontophoenix alexandrae* (F. Muell.) H. Wendl. & Drude, popularmente conhecida como Palmeira-Real-da-Austrália (VALLILO et al., 2004), uma espécie que apresenta estipe único, proeminente na base e cicatrizes foliares regularmente dispostas no sentido horizontal (RAMOS, 2002). Originária da floresta costeira da parte norte e central de Queensland, na Austrália, esta palmeira apresenta um rápido crescimento, atingindo cerca de 1 metro por ano (LORENZI et al., 2004) e vem sendo cultivada nos últimos anos no sul do Brasil, sobretudo na região litorânea de Santa Catarina, com vistas à produção do palmito (CHARLO et al., 2006; LORENZI et al., 2004). Este, por sua vez, é de alta qualidade, sendo exportado para mais de sessenta países. Sua colheita pode ser realizada em indivíduos de idade superior a 3 anos de campo, contanto que desenvolvidas em regiões apropriadas e com adubação adequada (BOVI et al., 2001).

A produção das mudas em viveiros é parte fundamental no processo de desenvolvimento e produção de *E. edulis* e *A. alexandrae* (FONSECA et al., 2002; GOMES et al., 2002). Neste contexto de produção de mudas, vários estudos têm demonstrado ser vantajosa a inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), os quais estabelecem a associação micorrízica arbuscular (MA) (CAVALCANTE et al., 2002; SOARES et al., 2003; CARNEIRO et al., 2004; RUSSOMANNO et al., 2008; MACHINESKI et al., 2009; SCHIAVO et al., 2010). A associação MA é uma relação simbiótica extremamente comum na natureza, onde a planta oferece ao fungo energia e carbono que ela obtém através da fotossíntese (SIQUEIRA, 1996; SMITH & READ, 1997; BAGO et al., 2003). Em contrapartida, os fungos transferem às raízes da planta água e nutrientes minerais obtidos do solo, em especial o fósforo (SIQUEIRA, 1996; SMITH & READ, 1997). Como a associação proporciona um aumento da área de absorção de nutrientes pelas raízes das plantas, o solo pode ser explorado mais eficientemente, representando uma boa alternativa para a diminuição do uso de fertilizantes (BONFIM et al., 2007).

Assim, a inoculação de FMAs é uma prática recomendada na produção de mudas em viveiro, pois nestas condições é utilizado freqüentemente substrato esterilizado para eliminação de patógenos, prática que, conseqüentemente, também erradica os microorganismos simbiontes, como os FMAs. Além disto, diversos estudos demonstram que a associação com FMAs na fase de viveiro garante diversos benefícios para as mudas, tais como: maior tolerância no processo de transplante, maior sobrevivência das mudas quando levadas a campo, maior desenvolvimento e acúmulo de nutrientes (JANOS, 1980; VANDRESEN et al., 2007; MACHINESKI et al., 2009; SILVA JÚNIOR et al., 2010)

Pesquisas têm sido realizadas demonstrando os benefícios dos FMAs em espécies da família Arecaceae. Sudo et al. (1996) observaram que mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes*) colonizadas por FMAs apresentaram, em relação às não micorrizadas, significativos aumentos de altura (45%), diâmetro (22%), matéria seca da parte aérea (140%), matéria seca de raízes (89%), além de um aumento dos nutrientes acumulados na parte aérea. Carvalho (1997) observou a influência dos FMAs na melhoria da nutrição fosfática e potássica do dendezeiro, uma espécie de palmeira. Ramos-Zapata et al. (2006) comentam que muitas vezes um maior crescimento das plantas é promovido através da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares, mas ainda faltam muitos estudos acerca dos efeitos da inoculação sobre a produção e o desenvolvimento das mudas nas florestas tropicais. Os autores estudaram a espécie de palmeira *Desmoncus orthacanthos* Martius, inoculadas ou não com FMAs, as quais foram estabelecidas a campo. Os resultados obtidos ao longo de doze meses

demonstraram maior área foliar, maior absorção de fósforo e um aumento triplo na sobrevivência de plantas inoculadas com FMAs em comparação com as plantas não inoculadas.

Além do efeito na produção de biomassa e na nutrição mineral, os FMAs podem alterar as quantidades de substâncias de reserva nas plantas. Silveira et al. (2002) observaram que a inoculação com FMAs em abacateiro proporcionou, além de uma melhor nutrição e desenvolvimento vegetativo das plantas, um maior conteúdo na parte aérea em substâncias de reserva, tais como carboidratos, gorduras e ácidos graxos, com relação às plantas não inoculadas. Souza et al. (2005) ao trabalharem com o porta-enxerto Flying dragon de *Poncirus trifoliata* também observaram que o conteúdo em substâncias de reserva nos tecidos das plantas micorrizadas foi superior às não-micorrizadas. Este fato também pôde ser verificado por Nunes et al. (2008) ao trabalharem com porta-enxerto de pessegueiro, onde plantas inoculadas com FMAs apresentaram maiores teores de carboidratos, gorduras, ácidos graxos, tanto na parte aérea quanto na radicular.

Em certas ocasiões, pode-se notar certa dificuldade/não ocorrência da colonização micorrízica. Sabe-se que em espécies de palmeiras, os nutrientes (carboidratos) necessários nas fases iniciais da germinação até o início de formação da plântula são fornecidos pelo endosperma (BUCKERIDGE, 2004; KOBORI, 2006). Contudo, Zangaro et al. (2003) constataram que as grandes reservas nutricionais das sementes, importantes para sua nutrição e crescimento inicial, poderia justificar a baixa resposta de colonização dos FMAs.

Ainda são escassos os estudos acerca da influência dos FMAs no crescimento, desenvolvimento e acúmulo de substâncias de reserva em *Euterpe edulis* e *Archontophoenix alexandrae*, bem como não está bem estabelecido o papel do endosperma no processo de colonização micorrízica destas palmeiras. Assim sendo, este estudo buscou avaliar a potencialidade de fixação de carbono na biomassa das espécies vegetais *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis* quando associadas com fungos micorrízicos arbusculares, além de procurar determinar o papel do endosperma na resposta micorrízica das espécies envolvidas.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Obtenção de mudas e montagem do experimento

As mudas de *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis* foram obtidas na Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

(EPAGRI), em Itajaí. Sementes obtidas de plantas matrizes do banco de germoplasma de palmeiras da EPAGRI foram semeadas em bandejas contendo casca de arroz carbonizada.

Quando as plântulas estavam com 3 meses de idade, as mudas foram transferidas para tubetes (270 ml) e submetidas a dois tratamentos: a) controle não inoculado (CTL) e b) inoculadas com uma assembléia de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs). Estas plantas serão neste trabalho referidas como Grupo 1. O inóculo micorrízico utilizado foi composto por uma mistura dos isolados *Acaulospora koskei*, *Scutellospora heterogama* PNB102A, *Gigaspora albida* PRN201A e cultura armadilha SCT713 (contendo *Glomus clarum* e *Paraglomus laccatum*). O substrato utilizado foi areia previamente esterilizada em autoclave (1 hora, 121° C). No Grupo 2 as mudas foram transferidas para os tubetes somente após o término do endosperma (8 meses de idade) e submetidas aos mesmos tratamentos especificados para o Grupo 1. A inclusão do grupo 2 teve por objetivo determinar o papel do endosperma na resposta de plantas micorrizadas, fazendo-se a inoculação somente após findadas as reservas nutricionais fornecidas pelo endosperma. A rega foi feita 3 vezes por semana. Três meses após terem sido submetidas aos tratamentos, cada muda foi fertilizada com 10ml da Solução Long-Ashton modificada (10% de fósforo). O experimento foi desenvolvido em condições de casa de vegetação da Universidade Regional de Blumenau.

Para o Grupo 1, as coletas foram realizadas 150 e 300 dias após as mudas serem submetidas aos tratamentos e para o Grupo 2 a coleta foi realizada somente aos 150 dias. Em cada coleta, 20 plantas de cada tratamento foram selecionadas aleatoriamente, das quais 10 foram utilizadas para a mensuração de biomassa aérea seca e verificação da colonização micorrízica e 10 para a determinação dos teores de clorofila e mensuração de carboidratos solúveis e amido.

4.2.2 Determinação da biomassa aérea seca

Para a determinação da biomassa aérea seca, a parte aérea foi separada da parte radicular. Na colheita do experimento, com o auxílio de régua e paquímetro digital foram medidas a altura e o diâmetro da parte aérea, respectivamente. A parte radicular foi separada do substrato e armazenada em água a 4° C para posterior mensuração da porcentagem de colonização micorrízica.

Em seguida, a parte aérea foi armazenada em sacos de papel, acondicionadas em estufa para secagem (65 °C), por um período de 72 horas e posteriormente pesadas em balança digital para determinação da biomassa aérea seca. A parte aérea foi enviada para o laboratório da EPAGRI para a análise de fósforo. Para tanto, foi realizada a digestão das

amostras, onde foram pesadas 500mg de amostra seca e moída em um tubo digestor. Adicionou-se 7 mL de uma mistura de ácido perclórico 70% e nítrico 65% na proporção 1:6. As soluções foram levadas ao bloco digestor, sendo aquecidas gradativamente até 190 °C. Os elementos analisados não se perdem por volatilização, tendo em vista que a temperatura não ultrapassa o ponto de ebulição do HClO₄. Um vapor castanho desprende-se, liberando NO₂ e, após cerca de 20 minutos, toda a matéria orgânica encontra-se digerida. Em seguida o volume foi completado até 50 mL com água deionizada. Na metodologia usada, o ânion H₂PO₄⁻ reage com molibdato (MoO₄²⁻) e vanadato (VO₃²⁻), em meio ácido, formando um complexo de coloração amarela que absorve a luz na região de 420nm. Do extrato da solubilização nítrico-perclórica, foram pipetados 2 mL e acrescentado 4 mL de uma mistura de reagentes molibdato de amônio (50gL⁻¹) e vanadato de amônio (2,5gL⁻¹), na proporção 50:50. Assim, em seguida as leituras foram feitas em espectrofotômetro, à 410 nm.

4.2.3 Mensuração da porcentagem de colonização radicular

Para verificação da colonização micorrízica, as raízes foram descoloridas seguindo a metodologia proposta por Koske & Gemma (1989) com alterações. Tais alterações foram necessárias para visualizar as estruturas fúngicas, visto que, seguindo os procedimentos da metodologia original, as raízes ficaram escuras e não pôde-se observar a presença/ausência de colonização micorrízica. Assim, as raízes foram imersas em KOH 10% por um período de 72 horas, com trocas diárias da solução de KOH 10%. Passado este período, as raízes imersas em KOH 10% foram levadas ao banho-maria a uma temperatura de 90 °C por uma hora. Após, as mesmas foram lavadas com água corrente e posteriormente imersas em uma solução de H₂O₂ alcalina por 30 min. Posteriormente, as raízes foram lavadas e imersas em HCl 1% durante 20 min. Em seguida, após a remoção do excesso de HCl 1%, as raízes foram cobertas com solução corante (ácido láctico, glicerina e água destilada na proporção 1:2:1 e contendo 0,05% de corante Azul de Tripán) e levadas novamente ao banho-maria (90 °C) por uma hora. Após este procedimento, as raízes foram lavadas com água corrente, visando retirar o excesso da solução corante, sendo em seguida mantidas em água a 4 °C até o momento de serem avaliadas.

Para a verificação da colonização radicular, 20 pedaços de 1cm de raízes finas de cada planta foram colocados em lâminas com PVLG (polivinil ácido láctico glicerol). Em seguida, cada segmento de raiz foi observado no microscópio, com um aumento de 100 vezes, e a presença de estruturas fúngicas micorrízicas (hifas, arbúsculos, vesículas) registradas.

4.2.4 Determinação dos teores de clorofila

Com o auxílio do medidor eletrônico *ClorofiLOG* (FALKER), os teores de clorofila foram determinados. Para tanto, foram realizadas três medições em cada amostra e feita a médias das mesmas.

4.2.5 Mensuração de açúcares solúveis e amido

A extração dos açúcares solúveis e do amido foi realizada na parte aérea e na parte radicular de cada amostra, seguindo a metodologia proposta por Dubois et al. (1956). Na colheita, as partes aérea e radicular foram separadas e pesadas em balança digital. As amostras foram em seguida maceradas com auxílio de cadinho, pistilo e nitrogênio líquido, sendo em seguida submetidas a uma extração tripla por fervura em etanol 80%, durante 5 min. Entre cada fervura, os extratos foram centrifugados por três vezes a 3.000 rpm, durante 10 min. Posteriormente, os extratos foram filtrados em microfibras de vidro, acondicionados em proveta e o volume igualado para 10 mL com álcool 80%. O resíduo sólido remanescente da extração dos açúcares solúveis foi utilizado para a extração e quantificação do amido. A cada resíduo sólido foi adicionado 1 mL de água destilada gelada e 1,3 mL de ácido perclórico 52%, e conservado em temperatura ambiente por 15 min. Posteriormente, foram adicionados 2 mL de água deionizada e as amostras foram centrifugadas (1.500 rpm) durante 15 min. Em seguida, os extratos foram filtrados em microfibras de vidro e depositados em provetas de 10 mL. Novamente foi acrescentado a cada resíduo sólido 0,5 mL de água deionizada gelada e 0,65 mL de ácido perclórico 52%, e centrifugados (1.500 rpm) durante 15 min. Após, os extratos foram filtrados e acondicionados nas provetas, cada qual juntamente com a sua primeira fração filtrada. Em seguida, o volume foi ajustado para 10 mL com água deionizada.

Através da análise colorimétrica utilizando-se o método do fenol-sulfúrico foi realizada a quantificação de carboidratos solúveis totais e de amido. A leitura foi feita com auxílio de espectrofotômetro a 490 nm de absorbância (DUBOIS et al., 1956).

4.2.6 Análise estatística

Os dados obtidos (altura, diâmetro, biomassa seca na parte aérea, fósforo na parte aérea, conteúdo de clorofila da parte aérea, açúcar solúvel, amido e colonização micorrízica) foram comparados entre os tratamentos de inoculação FMA e CTL, entre os grupos 1 e 2 e entre as espécies de palmeiras. Quando realizada a comparação entre os Grupos, utilizaram-se as médias dos indivíduos abatidos 10 meses após a inoculação no Grupo 1 e dos indivíduos abatidos 5 meses após a inoculação no Grupo 2, pelo fato destes indivíduos possuírem a

mesma idade. Os dados foram testados através da Análise da Variância (ANOVA). Foi aplicado o teste *t* de Student para comparação das médias ($P < 0,05$). Para a realização das análises estatísticas foi utilizado o software JMP® (SAS, 2002).

4.3 RESULTADOS

Grupo 1

Após 5 meses, a quantidade de clorofila total, clorofilas A e B em *Archontophoenix alexandrae*, tendeu a ser maior no tratamento com FMA, embora não diferiram significativamente do CTL. Após 10 meses também não houve diferença significativa entre os tratamentos FMA e CTL neste parâmetro. Da mesma forma, a biomassa aérea não foi estatisticamente diferente entre os tratamentos. Os níveis de fósforo na parte aérea foram significativamente maiores no tratamento FMA em relação ao CTL somente aos 5 meses (Tabela 4.1).

Comparando os tratamentos em *Euterpe edulis*, aos 5 e 10 meses no Grupo 1, foi constatado que as quantidades de clorofila tenderam a ser maiores no tratamento FMA, mas não diferiram significativamente do tratamento CTL. A média de biomassa aérea seca tendeu a ser maior em indivíduos submetidos ao tratamento CTL do que no FMA, contudo, também esta diferença não foi estatisticamente significativa (Tabela 4.2).

Tabela 4.1 – Valores (média \pm desvio padrão) de clorofila (mg/g Massa Fresca), biomassa aérea seca (g) e fósforo na parte aérea (g/kg) em *Archontophoenix alexandrae*, 5 e 10 meses após serem submetidas aos tratamentos com inoculação (FMA) ou sem inoculação (CTL).

Parâmetro	5 meses		10 meses	
	CTL	FMA	CTL	FMA
Clorofila Total	23,71 \pm 5,31	26,10 \pm 3,44	19,42 \pm 3,79	19,17 \pm 2,01
Clorofila A	19,80 \pm 4,32	21,50 \pm 2,86	15,78 \pm 3,38	15,58 \pm 1,79
Clorofila B	3,91 \pm 1,13	4,59 \pm 0,64	3,63 \pm 0,61	3,59 \pm 0,35
Biomassa Aérea Seca	0,28 \pm 0,07	0,24 \pm 0,06	0,38 \pm 0,07	0,43 \pm 0,05
Fósforo	1,51 \pm 0,62	2,19 \pm 0,67 *	1,99 \pm 0,61	2,30 \pm 0,88

* Diferença significativa entre os tratamentos, dentro de cada tempo ($P < 0,05$)

Tabela 4.2 – Valores (média \pm desvio padrão) de clorofila (mg/g Massa Fresca), biomassa aérea seca (g) e fósforo na parte aérea (g/kg) em *Euterpe edulis*, 5 e 10 meses após serem submetidas aos tratamentos com inoculação (FMA) ou sem inoculação (CTL).

Parâmetro	5 meses		10 meses	
	CTL	FMA	CTL	FMA
Clorofila Total	27,70 \pm 3,26	28,62 \pm 4,07	14,86 \pm 2,42	16,92 \pm 2,70
Clorofila A	22,81 \pm 2,77	23,67 \pm 3,45	12,26 \pm 2,20	14,05 \pm 2,44
Clorofila B	4,88 \pm 0,82	4,95 \pm 0,85	2,60 \pm 0,29	2,87 \pm 0,40
Biomassa Aérea Seca	0,46 \pm 0,09	0,41 \pm 0,06	0,67 \pm 0,07	0,63 \pm 0,10
Fósforo	1,99 \pm 0,49	2,30 \pm 0,46	2,48 \pm 0,65	1,63 \pm 0,30 *

* Diferença significativa entre os tratamentos, dentro de cada tempo (P<0,05)

Em relação à quantidade de amido e açúcar solúvel nas partes aérea e radicular de *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis*, não houve diferença significativa entre os tratamentos CTL e FMA (Figuras 4.1 e 4.2).

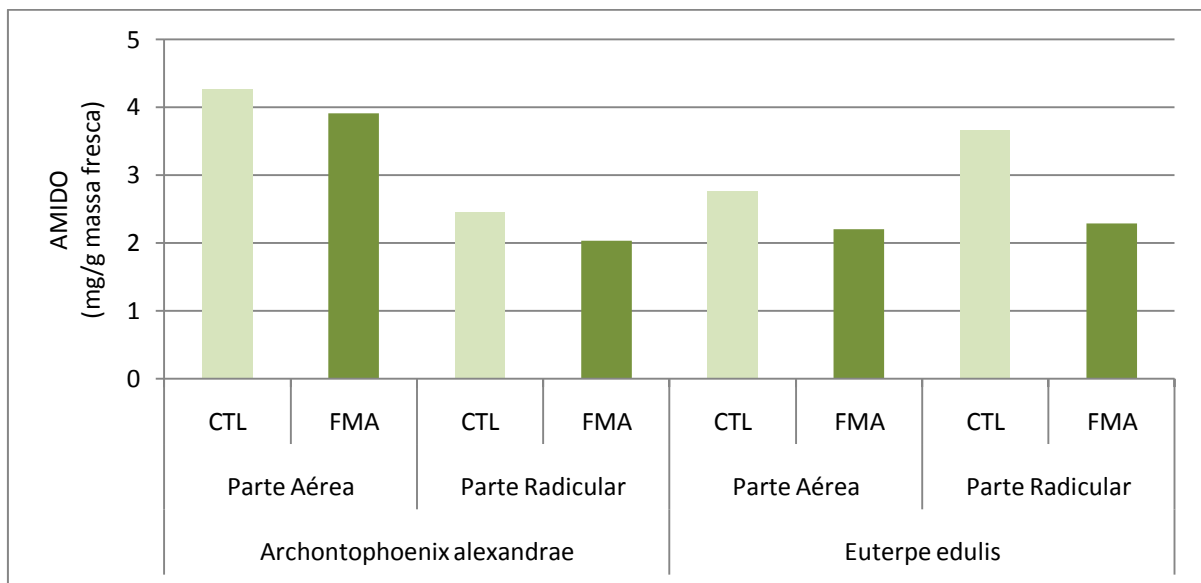


Figura 4.1 – Valores de Amido (mg/g Massa Fresca) no Grupo 1 (10 meses) entre os tratamentos com (FMA) e sem inoculação (CTL) em *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis*. Não ocorreu diferença significativa entre os dois tratamentos nas partes aérea e radicular dentro de cada espécie (P<0,05).

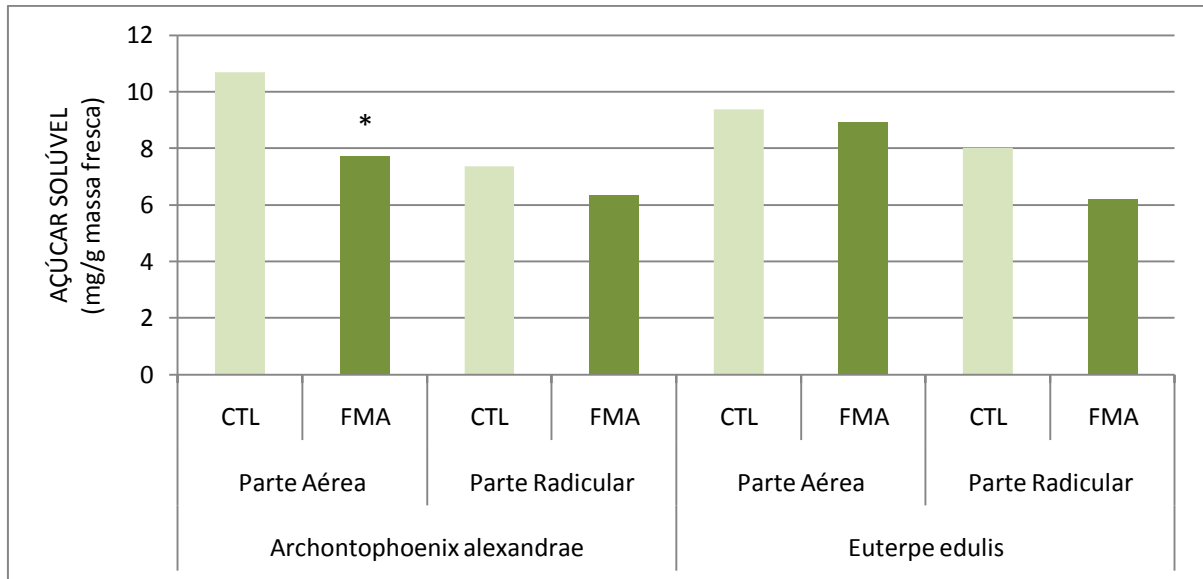


Figura 4.2 – Valores de Açúcar Solúvel (mg/g Massa Fresca) no Grupo 1 (10 meses) entre os tratamentos com (FMA) e sem inoculação (CTL) em *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis*.
* Diferença significativa entre os dois tratamentos na parte aérea ($P < 0,05$).

Grupo 2

Para ambas as espécies no Grupo 2, não houveram diferenças significativas entre os tratamentos em relação à quantidade de clorofila e fósforo. Plantas de *Archontophoenix alexandrae* submetidas ao tratamento FMA produziram, em média, 0,41g de biomassa aérea, sendo este valor significativamente diferente do tratamento CTL. Indivíduos de *Euterpe edulis* apresentaram, em média, biomassa aérea significativamente maior no tratamento CTL (Tabela 4.3).

Tabela 4.3 – Valores (média \pm desvio padrão) de clorofila (mg/g Massa Fresca), biomassa aérea seca (g) e fósforo na parte aérea (g/kg) em *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis*, 5 meses após serem submetidas aos tratamentos com inoculação (FMA) ou sem inoculação (CTL).

Parâmetro	<i>Archontophoenix alexandrae</i>		<i>Euterpe edulis</i>	
	CTL	FMA	CTL	FMA
Clorofila Total	24,11 \pm 3,14	21,48 \pm 5,54	20,14 \pm 4,11	17,16 \pm 2,02
Clorofila A	19,82 \pm 2,49	17,60 \pm 4,30	16,85 \pm 3,38	14,38 \pm 1,76
Clorofila B	4,29 \pm 0,66	3,87 \pm 1,24	3,29 \pm 0,75	2,78 \pm 0,27
Biomassa Aérea Seca	0,30 \pm 0,04	0,41 \pm 0,13 *	0,55 \pm 0,15	0,41 \pm 0,07 *
Fósforo	2,01 \pm 1,26	2,03 \pm 0,99	3,05 \pm 1,14	3,01 \pm 1,04

* Diferença significativa entre os tratamentos, dentro de cada espécie ($P < 0,05$)

Em *Archontophoenix alexandrae*, a inoculação com FMA aumentou significativamente a quantidade de amido no sistema radicular, mas não na parte aérea,

enquanto que para *Euterpe edulis* não houve diferença significativa entre os tratamentos de inoculação (Figura 4.3). A inoculação com FMA em *Euterpe edulis* aumentou significativamente a quantidade de açúcar solúvel, tanto na parte aérea como nas raízes. Para *Archontophoenix alexandrae* não houve diferença significativa entre os tratamentos em ambas as partes (Figura 4.4).

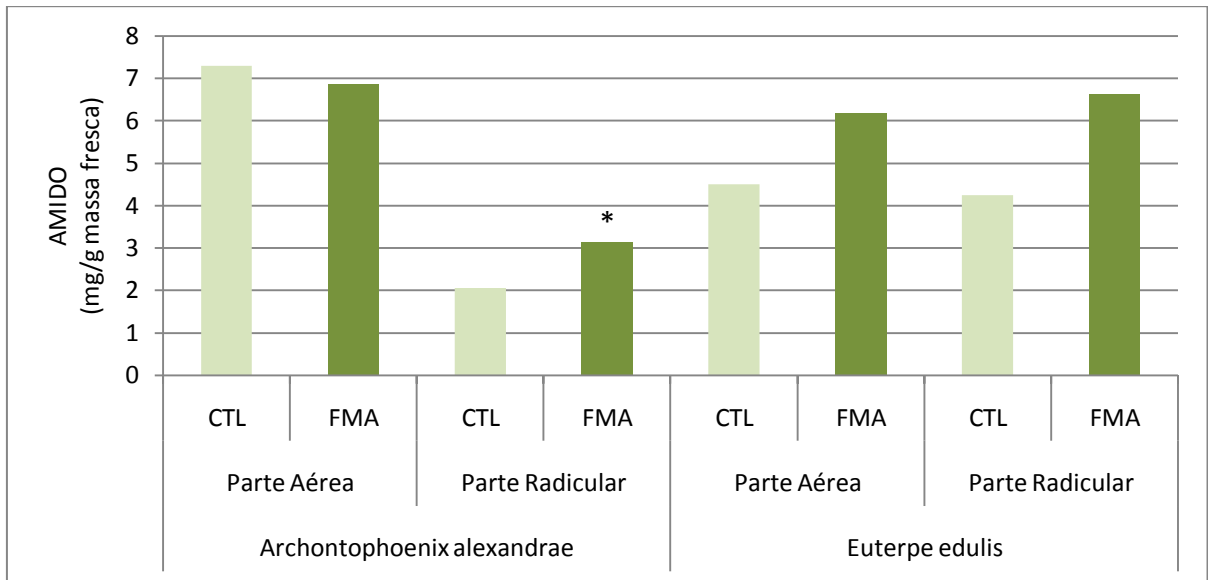


Figura 4.3 – Valores de Amido (mg/g Massa Fresca) no Grupo 2 (5 meses) entre os tratamentos com (FMA) e sem (CTL) inoculação em *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis*.

* Diferença significativa entre os dois tratamentos na parte radicular ($P < 0,05$).

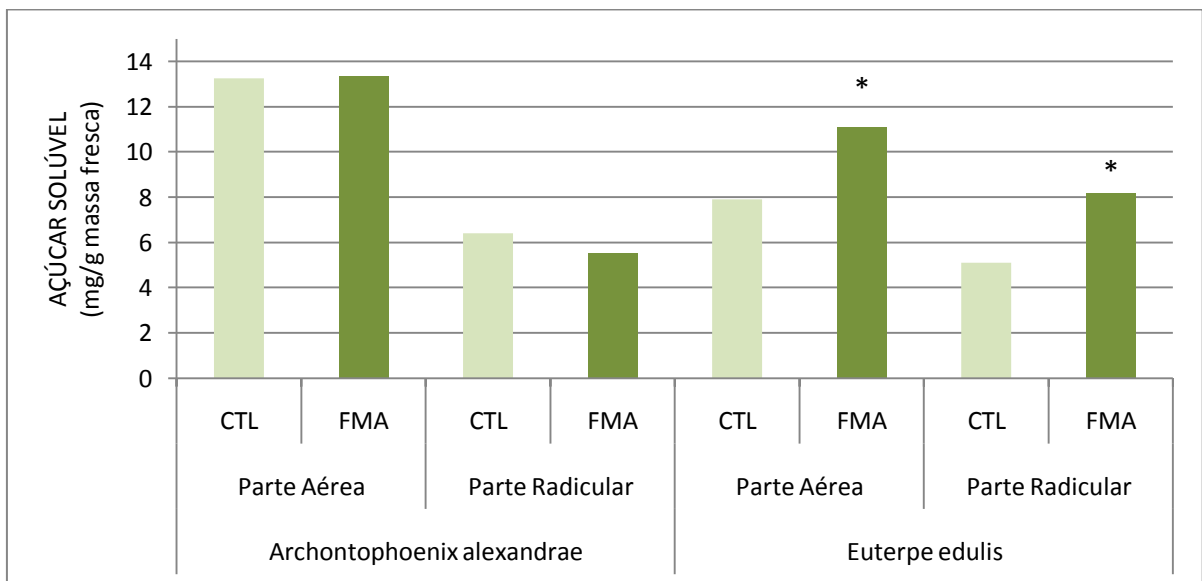


Figura 4.4 – Valores de Açúcar Solúvel (mg/g Massa Fresca) no Grupo 2 (5 meses) entre os tratamentos com (FMA) e sem (CTL) inoculação em *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis*.

* Diferença significativa entre os dois tratamentos nas partes aérea e radicular ($P < 0,05$).

Comparação entre os grupos 1 e 2

Archontophoenix alexandrae e *Euterpe edulis* tenderam a apresentar médias maiores de clorofila, ainda que nem sempre significativas, no Grupo 2 (Figura 4.5).

Comparando os dois grupos de plantas, percebe-se que plantas do Grupo 2 produziram menos biomassa que o Grupo 1 e esta diferença foi significativa em *Archontophoenix alexandrae* no tratamento CTL e em *Euterpe edulis* em ambos os tratamentos (Figura 4.6).

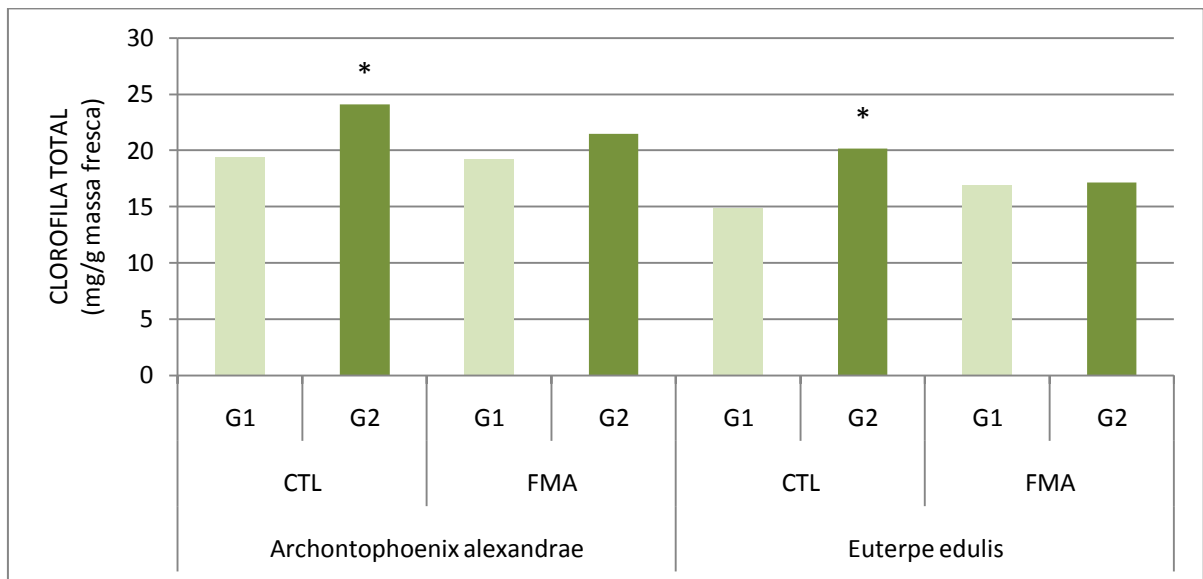


Figura 4.5 - Valores de Clorofila Total (mg/g Massa Fresca) entre os Grupos 1 e 2 nos tratamentos com (FMA) e sem (CTL) inoculação em *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis*.

* Diferença significativa entre os dois grupos nos tratamentos, dentro de cada espécie ($P < 0,05$).

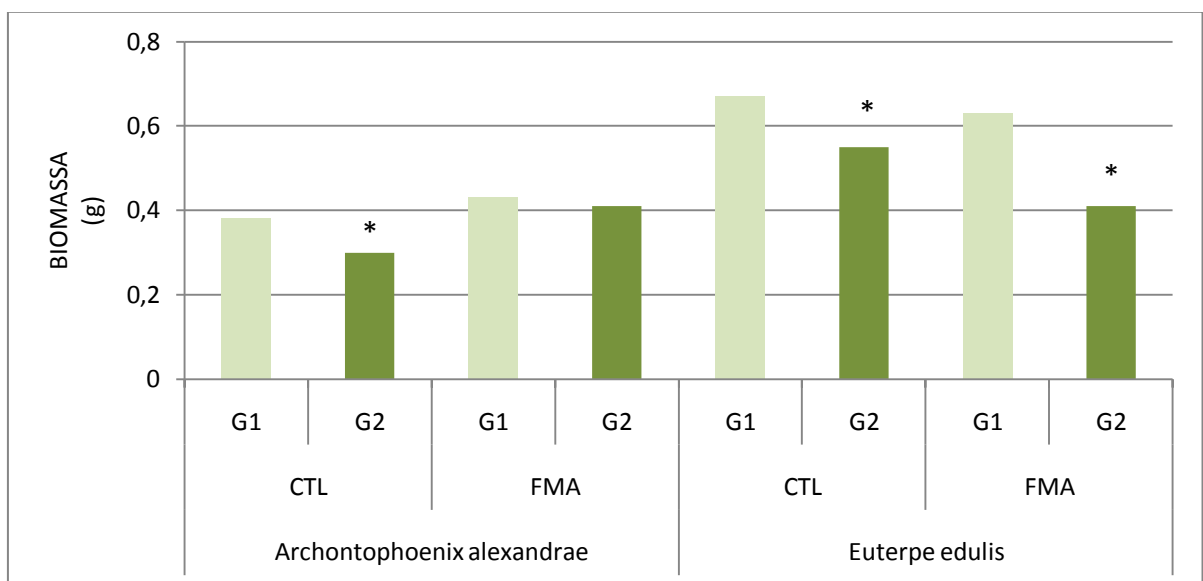


Figura 4.6 - Valores de Biomassa aérea seca (g) entre os Grupos 1 e 2 nos tratamentos com (FMA) e sem (CTL) inoculação em *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis*.

* Diferença significativa entre os dois grupos nos tratamentos, dentro de cada espécie ($P < 0,05$).

Não houve diferença significativa na quantidade de fósforo na parte aérea entre os dois grupos de plantas, independente do tratamento de inoculação. Em *Euterpe edulis* com FMA, plantas do Grupo 2 tiveram significativamente maiores quantidades de fósforo que as do Grupo 1 (Figura 4.7). Em ambas as espécies, plantas do Grupo 2 tenderam a apresentar maior quantidade de amido na parte aérea do que as do Grupo 1, independente do tratamento aplicado, sendo contudo, significativas apenas para *Euterpe edulis*. (Figura 4.8).

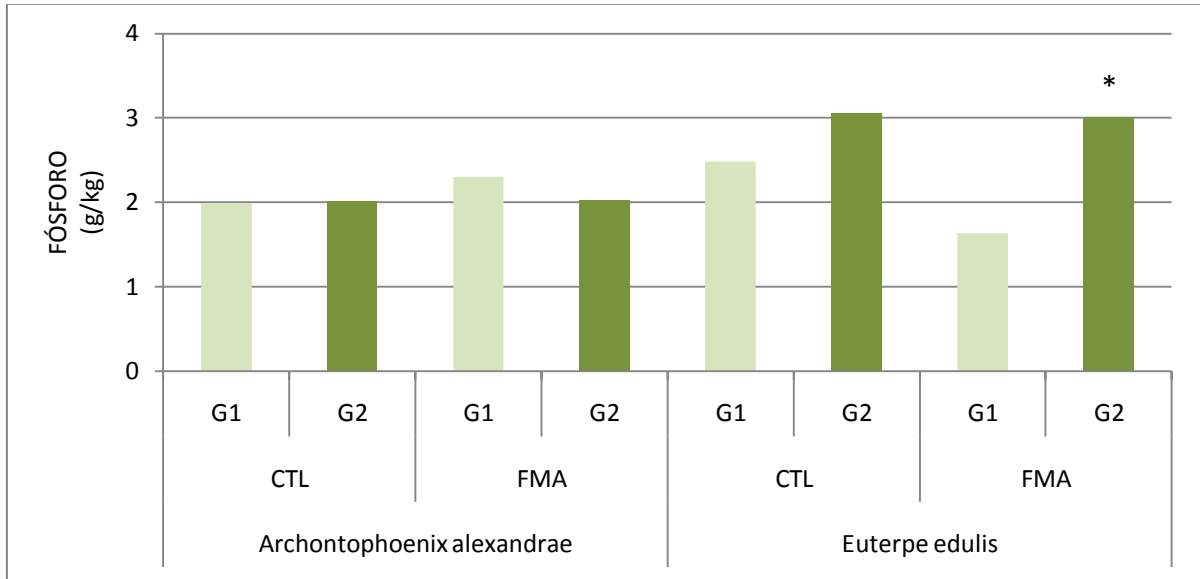


Figura 4.7 – Valores de Fósforo na parte aérea (g/kg) entre os Grupos 1 e 2 nos tratamentos com (FMA) e sem (CTL) inoculação em *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis*.

* Diferença significativa entre os dois grupos nos tratamentos, dentro de cada espécie (P<0,05).

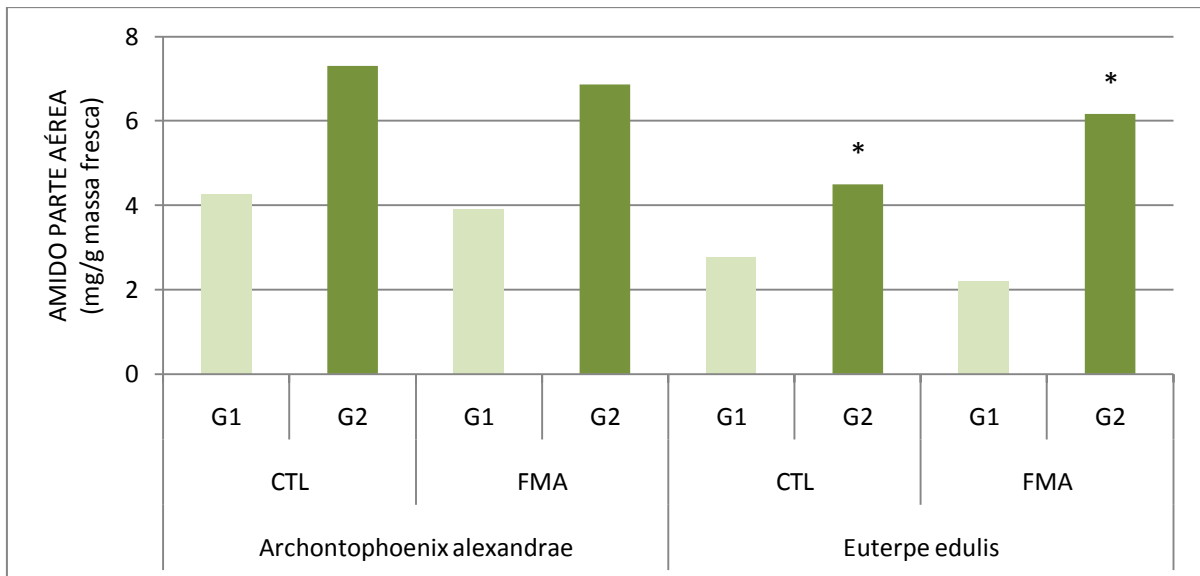


Figura 4.8 – Valores de Amido na parte aérea (mg/g MF) entre os Grupos 1 e 2 nos tratamentos com (FMA) e sem (CTL) inoculação em *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis*.

* Diferença significativa entre os dois grupos nos tratamentos, dentro de cada espécie (P<0,05).

Ao analisar o amido na parte radicular, *Euterpe edulis* tendeu a apresentar maiores médias no Grupo 2 em ambos os tratamentos, embora essas diferenças não tenham sido significativas. Já *Archontophoenix alexandrae* tendeu a apresentar maior média no Grupo 2 apenas no tratamento com FMA (Figura 4.9). Com relação à quantidade de açúcar solúvel na parte aérea, *Archontophoenix alexandrae* tendeu a possuir maiores médias, em ambos os tratamentos, no Grupo 2, sendo essa diferença significativa apenas no tratamento com FMA. Em *Euterpe edulis*, o tratamento com FMA tendeu a apresentar maior média no Grupo 2, porém não significativa (Figura 4.10).

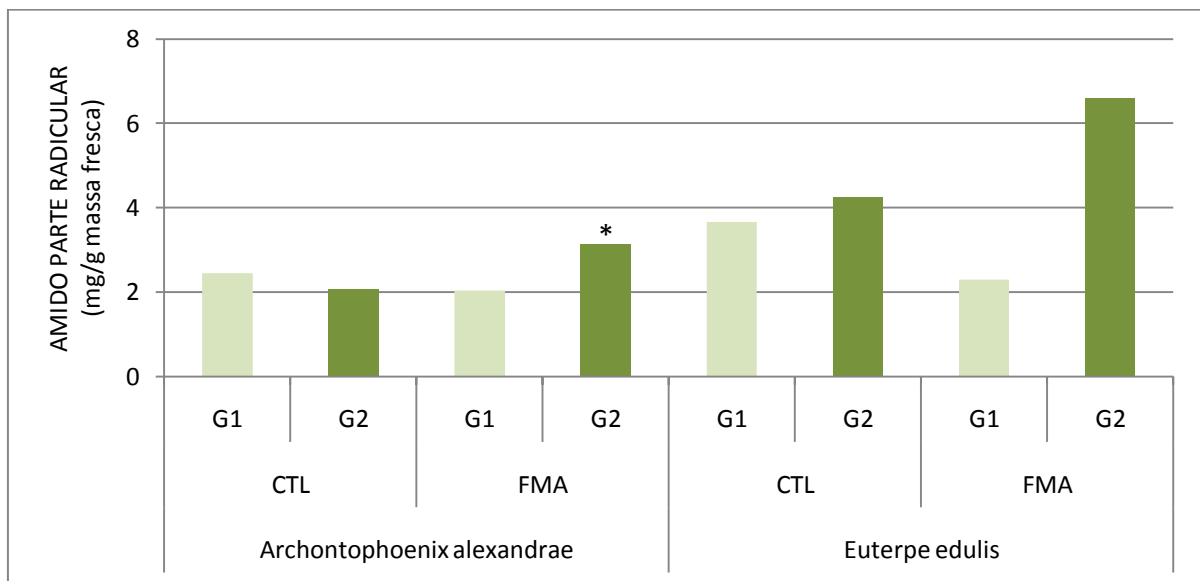


Figura 4.9 – Valores de Amido na parte radicular (mg/g MF) entre os Grupos 1 e 2 nos tratamentos com (FMA) e sem (CTL) inoculação em *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis*.

* Diferença significativa entre os dois grupos nos tratamentos, dentro de cada espécie ($P < 0,05$).

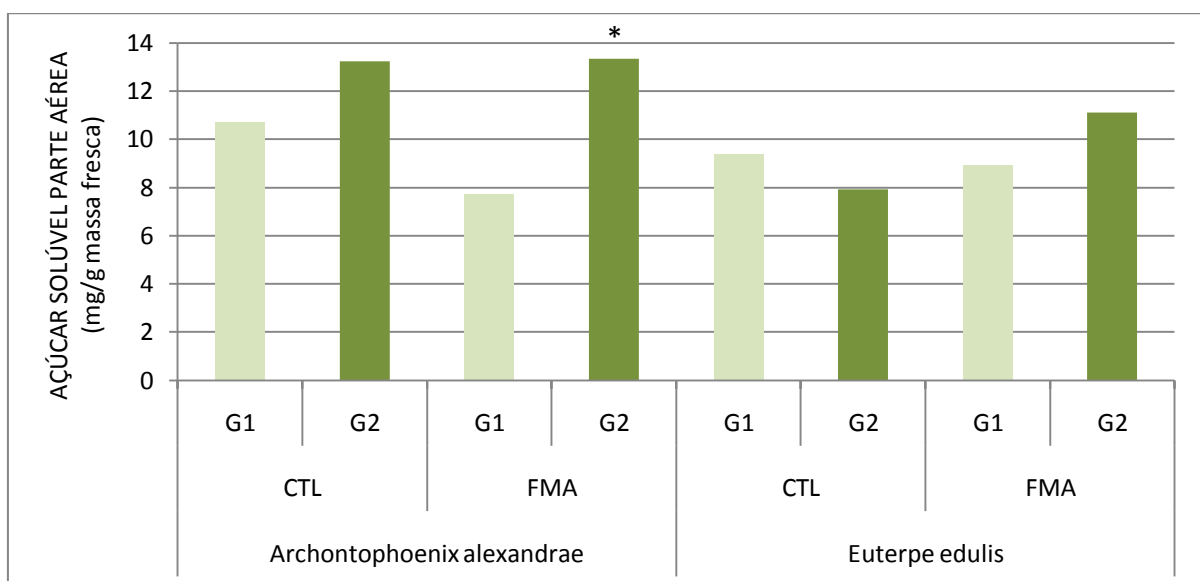


Figura 4.10 – Valores de Açúcar Solúvel na parte aérea (mg/g MF) entre os Grupos 1 e 2 nos tratamentos com (FMA) e sem (CTL) inoculação em *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis*.

* Diferença significativa entre os dois grupos nos tratamentos, dentro de cada espécie ($P < 0,05$).

Comparando o açúcar solúvel na parte radicular, as maiores médias tenderam a ser, em geral, no Grupo 1, mas nem sempre foram significativas tais diferenças. Apenas em *Euterpe edulis*, no tratamento com FMA, o Grupo 2 tendeu a apresentar maior média (Figura 4.11).

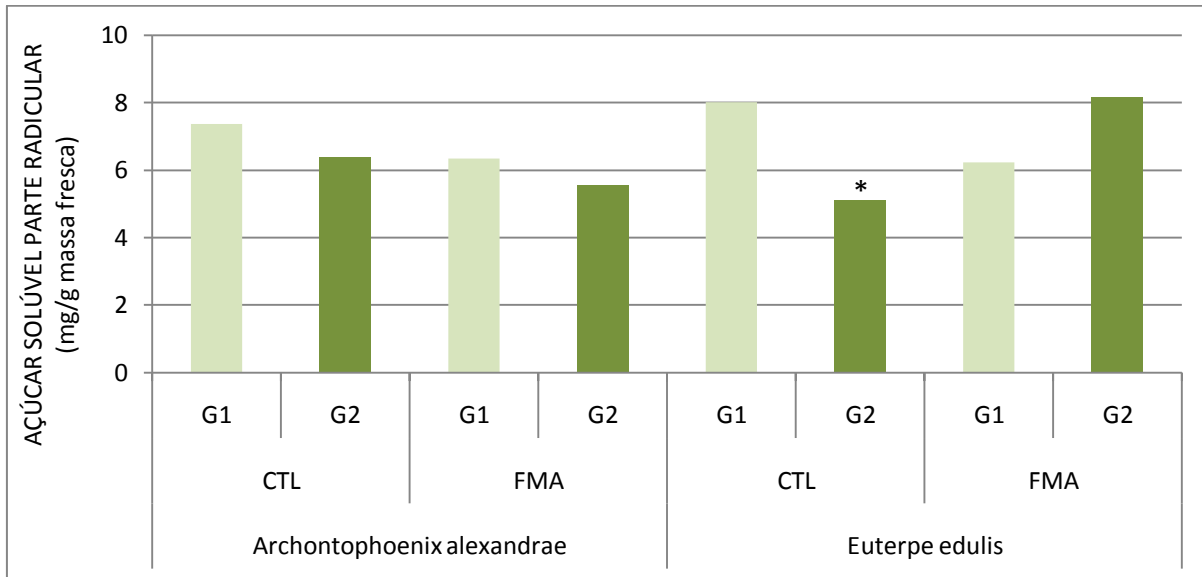


Figura 4.11 – Valores de Açúcar Solúvel na parte radicular (mg/g MF) entre os Grupos 1 e 2 nos tratamentos com (FMA) e sem (CTL) inoculação em *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis*.

* Diferença significativa entre os dois grupos nos tratamentos, dentro de cada espécie ($P < 0,05$).

Comparação entre as espécies

Ao comparar as duas espécies no Grupo 1, notou-se que, em relação às quantidades de clorofila e amido na parte aérea, os indivíduos de *Archontophoenix alexandrae* apresentaram médias significativamente maiores. A biomassa aérea foi significativamente maior nos indivíduos de *Euterpe edulis*. Os demais parâmetros analisados não apresentaram diferenças significativas entre as duas espécies (Tabela 4.4).

No Grupo 2, observou-se que as médias de clorofila e açúcar solúvel na parte aérea foram significativamente maiores em *Archontophoenix alexandrae*. No entanto, os representantes de *Euterpe edulis* apresentaram, em média, valores de biomassa seca, fósforo na parte aérea e amido na parte radicular significativamente maiores. Não foram constatadas diferenças significativas entre as duas espécies nos demais parâmetros analisados (Tabela 4.4).

Tabela 4.4 – Valores (média ± desvio padrão) de clorofila (mg/g Massa Fresca), biomassa seca aérea (g), fósforo na parte aérea(g/kg), amido (mg/g Massa Fresca) e açúcar solúvel (mg/g Massa Fresca) nas duas espécies nos Grupos 1 e 2.

Parâmetro	Grupo 1		Grupo 2	
	<i>A. alexandrae</i>	<i>E. edulis</i>	<i>A. alexandrae</i>	<i>E. edulis</i>
Clorofila Total	19,30 ± 2,95	15,89 ± 2,71 *	22,79 ± 4,58	18,65 ± 3,50 *
Clorofila A	15,68 ± 2,63	13,15 ± 2,44 *	18,71 ± 3,61	15,61 ± 2,91 *
Clorofila B	3,61 ± 0,48	2,73 ± 0,36 *	4,08 ± 0,99	3,03 ± 0,61 *
Biomassa Seca Aérea	0,41 ± 0,06	0,65 ± 0,09 *	0,35 ± 0,10	0,48 ± 0,13 *
Fósforo	2,13 ± 0,74	2,05 ± 0,66	2,02 ± 1,10	3,03 ± 1,06 *
Amido aéreo	4,09 ± 1,78	2,48 ± 0,84 *	7,08 ± 5,12	5,34 ± 3,35
Amido radicular	2,24 ± 0,97	2,97 ± 1,80	2,59 ± 0,86	5,43 ± 5,56 *
Açúcar Solúvel aéreo	9,21 ± 3,01	9,15 ± 3,50	13,28 ± 3,92	9,50 ± 3,62 *
Açúcar Solúvel radicular	6,85 ± 1,45	7,12 ± 2,55	5,97 ± 1,87	6,63 ± 3,48

* Diferença significativa entre as duas espécies dentro de cada grupo (P<0,05)

Colonização micorrízica

Quanto à análise da colonização micorrízica, constatou-se que nas raízes das duas espécies estudadas não ocorreu colonização, independente dos grupos. Contudo, foi confirmada a presença de esporos novos no substrato onde estas mudas estavam plantadas, sendo observados, em média, 100,12 esporos/50 mL de solo para o Grupo 1 e 17,25 esporos/50 mL de solo para o Grupo 2.

4.4 DISCUSSÃO

No presente estudo, ao comparar as médias de clorofila entre plantas do grupo 1 e 2, notou-se que em ambas as espécies de palmeiras estas médias tenderam a ser maiores no Grupo 2, cujas mudas já não possuíam mais as reservas fornecidas pelo endosperma. Segundo Grant et al. (2001), primeiramente as plantas vivem de suas reservas na semente, sendo que o suprimento externo apresenta pouco efeito no crescimento. Como o endosperma é o responsável pelo fornecimento dos nutrientes necessários nas fases iniciais de desenvolvimento destas espécies, é provável que as mesmas não tenham investido nestes pigmentos necessários para a realização da fotossíntese no Grupo 1. Findadas as reservas do endosperma, as plantas passaram a depender apenas da fotossíntese para a fabricação dos seus carboidratos, fator este que pôde ter levado a produção de maior quantidade de clorofila nos indivíduos do Grupo 2. Booz (2009) também observou que os teores de clorofila nas espécies *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis*, independente dos tratamentos com FMAs e CTL, aumentaram ao longo do desenvolvimento.

Fazendo a comparação da biomassa aérea entre os dois Grupos, pôde-se notar que, em ambas as espécies, e tanto no tratamento CTL quanto no FMA, mesmo não sendo sempre significativas, as médias tenderam a ser maiores no Grupo 1. Tal fato poderia ser justificado pelo término das reservas do endosperma: no Grupo 1, ainda se valendo destas reservas, a planta cresce com mais facilidade. No entanto, quando terminam as reservas fornecidas pelo endosperma, a planta passa obrigatoriamente a depender da fotossíntese para a sua sobrevivência. Deste modo, neste período de transição, a planta pode ter sofrido algum estresse decorrente do término dos nutrientes que antes eram fornecidos pelo endosperma, afetando seu ganho em biomassa.

Comparando o fósforo na parte aérea entre os dois grupos, notou-se que em *Euterpe edulis*, nos dois tratamentos aplicados, as maiores médias tenderam a ocorrer no Grupo 2. Este fato pode ser justificado levando em consideração uma maior necessidade das plantas em obter os nutrientes necessários ao seu crescimento e sobrevivência, visto que neste estágio de desenvolvimento já não contam mais com os nutrientes fornecidos pelo endosperma. Neste sentido, os FMAs mostram-se de extrema importância, auxiliando na absorção do fósforo. Contudo, em *Archontophoenix alexandrae*, os indivíduos do tratamento com FMAs tenderam a apresentar maior média no Grupo 1.

Neste estudo, foram quantificados também os carboidratos solúveis (amido e açúcar solúvel) presentes nas espécies em questão. Constatou-se assim que a inoculação com FMAs não influenciou a alocação destes compostos nas partes aérea e radicular quando comparada ao tratamento CTL no Grupo 1. Nas plantas do Grupo 2, os níveis de açúcar solúvel e amido tenderam a ser, geralmente, maiores no tratamento com FMA do que no CTL, embora nem sempre estes resultados tenham sido estatisticamente significativos. Os carboidratos podem ser considerados como importantes fontes de energia que compõe a parte estrutural das células e são considerados os constituintes bioquímicos mais abundantes nos vegetais, podendo representar 50 a 80% do seu peso seco total (KAYS, 1991 apud CANIATO, 2007). Assim, sem o endosperma fornecendo os nutrientes necessários, estas espécies necessitam da associação com FMAs, o que pôde ter influenciado em maiores valores de amido e açúcar solúvel. Importante ressaltar que, embora nem sempre de forma significativa, de maneira geral as plantas do Grupo 2 tenderam a apresentar maiores valores de amido e açúcar solúvel que o Grupo 1. Estes resultados possuem duas implicações. Primeiro, no sistema de produção para o consumo do palmito, a inoculação dos fungos deve ser feita apenas após o término dos nutrientes fornecidos pelo endosperma, garantindo assim um melhor aproveitamento da associação simbiótica e, por consequência, melhores resultados em termos de crescimento e

desenvolvimento. Segundo, o uso dessas espécies de palmeiras em SAFs para fixação de carbono deve vir acompanhado da retirada do endosperma, juntamente com a associação micorrízica. Este procedimento aumentou as quantidades de açúcar solúvel, amido e, assim, carbono para as raízes, o que pode influenciar na quantidade de carbono no solo. Silveira et al. (2002) com abacateiro (*Persea* sp.), constataram que plantas micorrizadas apresentaram desenvolvimento vegetativo e conteúdo de substâncias de reserva significativamente maiores que o da testemunha. Também Souza et al. (2005) constataram maior conteúdo de substâncias de reserva nos tecidos da espécie *Poncirus trifoliata* quando inoculada com FMA.

Pôde-se constatar que o tratamento com FMAs influenciou significativamente na produção de biomassa apenas em *Archontophoenix alexandrae* (Grupo 2). Esse dado mostra-se muito importante, tendo em vista que, em projetos de reflorestamento ou mesmo para produtores que utilizam esta espécie, a utilização destes fungos pode trazer maiores benefícios, em especial, o aumento da produção. No experimento realizado por Chu (1999) com a espécie de palmeira *Euterpe oleracea*, a autora constatou um incremento resultante da inoculação com FMAs de 92% em altura, 116% em diâmetro, 361% em produção de matéria seca quando comparados com o tratamento CTL sem inoculação. Já Ramos-Zapata et al. (2009), ao trabalharem com a espécie de palmeira *Desmoncus orthacanthos*, constataram que a biomassa seca total não respondeu significativamente a colonização micorrízica.

De modo geral, plantas submetidas ao tratamento com FMAs no Grupo 1 tenderam a ter maiores valores de fósforo na parte aérea quando comparadas com o tratamento CTL, embora essa diferença tenha sido significativa apenas aos 5 meses. Sabe-se que na relação simbiótica entre os FMAs e as raízes das plantas há uma troca de benefícios entre ambos. Enquanto as plantas fornecem ao fungo energia e carbono oriundos da fotossíntese, os fungos transferem às raízes da planta água e nutrientes minerais absorvidos do solo, principalmente o fósforo (SIQUEIRA, 1996; SMITH & READ, 1997, CALDEIRA et al., 1997).

Ao comparar a biomassa entre as duas espécies, sem levar em consideração os tratamentos aplicados, observou-se que tanto no Grupo 1, quanto no Grupo 2, as médias de biomassa aérea foram significativamente maiores em *Euterpe edulis*. Este fato pode ser considerado como uma estratégia da própria espécie em alocar maiores recursos na formação de biomassa aérea nesse estágio inicial de desenvolvimento. Outra possibilidade que justificaria tal situação é o fato das espécies terem sido mantidas em casa de vegetação, onde a incidência de sol/luminosidade é menor. Assim, como a espécie *Euterpe edulis* está mais adaptada a estas condições, ao contrário de *Archontophoenix alexandrae*, que se adapta melhor em ambientes com alta luminosidade, pode ter ocorrido uma maior alocação de

biomassa devido a estas condições a que as espécies foram expostas. Booz (2009) ao trabalhar com estas duas espécies, relatou que o crescimento de *Euterpe edulis* a campo é mais lento quando comparado com *Archontophoenix alexandrae*.

Pôde-se observar que no Grupo 2, sem considerar os tratamentos aplicados, *Euterpe edulis* apresentou quantidade significativamente maior de fósforo na parte aérea quando comparada a *Archontophoenix alexandrae*. Nesta mesma ocasião, a biomassa seca aérea também foi maior em *Euterpe edulis*. Sabe-se que o fósforo interfere na produção foliar (PEROTES, 1996 apud BOOZ, 2009), o que pôde ser constatado através das maiores médias de biomassa aérea na espécie em questão. O fato da absorção de fósforo ter sido maior nesta espécie pode ser atribuído à uma estratégia da própria espécie. Booz (2009) também constatou teores médios de fósforo na parte aérea de *Euterpe edulis* significativamente maiores do que em *Archontophoenix alexandrae*.

Já ao se fazer a comparação das quantidades de amido e açúcar solúvel entre as espécies, constatou-se que tanto no Grupo 1, quanto no Grupo 2, *Archontophoenix alexandrae* apresentou uma tendência a ter maiores médias de amido e açúcar solúvel na parte aérea e *Euterpe edulis* na parte radicular, sendo estas diferenças nem sempre significativas. Sabe-se que plantas que possuem maior área foliar, apresentam também uma maior taxa fotossintética, o que por consequência aumenta também o nível de carboidratos no interior da planta (SILVEIRA et al., 2002). Na pesquisa realizada por Booz (2009), a autora relatou resultado semelhante, ao constatar que os indivíduos de *Archontophoenix alexandrae* apresentaram maiores teores médios de açúcares totais na parte aérea das plântulas quando comparadas com a espécie *Euterpe edulis*. Como a autora sugeriu, este resultado pode indicar uma maior dinâmica de crescimento e, por consequência, uma maior eficiência na captação do CO₂ atmosférico.

Neste estudo, embora tenham sido constatadas a presença de esporos micorrízicos novos no substrato utilizado, não foi possível visualizar estruturas fúngicas nas raízes das espécies estudadas. Contudo, em estudos envolvendo FMAs em espécies de palmeiras, outros autores constataram a simbiose entre fungo e planta. Silva Júnior (2004) relatou 10,5 a 45,5% de colonização micorrízica na pupunha (*Bactris gasipaes*); Braga (2008) mencionou 61 a 71% nas raízes da palmeira *Allagoptera arenaria* e Queiroz (2009) relatou valores maiores de 80% de colonização na palmeira buriti (*Mauritia flexuosa*).

Em determinadas situações pode-se notar dificuldade/não ocorrência da colonização micorrízica. No estudo realizado por Zangaro et al. (2003) observou-se que as grandes reservas nutricionais das sementes são muito importantes para sua nutrição e crescimento

inicial, o que pode explicar a baixa resposta de colonização dos FMAs. Segundo Buckeridge (2004) e Kobori (2006), nas palmeiras o endosperma é o responsável pelo fornecimento dos nutrientes (carboidratos) nos estágios iniciais da germinação até o início de formação da plântula. Booz (2009) observou que plantas de *Euterpe edulis* e *Archontophoenix alexandrae* não responderam à inoculação micorrízica após 90 dias e atribui este fato à presença do endosperma, o qual fornecia os nutrientes necessários ao crescimento das plantas.

Neste estudo, foram realizados experimentos em plantas cujo endosperma fornecia os nutrientes e em plantas com as reservas do endosperma findadas, sendo que, no entanto, não foi possível observar a colonização micorrízica. Assim, a ausência dos FMAs não pode ser atribuída ao fornecimento de reservas através do endosperma, sendo que, até o momento, essa ausência de colonização não pôde ser justificada.

4.5 CONCLUSÕES

Neste estudo, os FMAs demonstraram efeito positivo nas quantidades de açúcar solúvel e amido nos indivíduos do Grupo 2, sugerindo que a inoculação dos FMAs deve ser feita apenas após a queda do endosperma, visando respostas mais eficazes em termos de alocação destes recursos.

A ausência dos FMAs não pôde ser atribuída ao fornecimento de reservas pelo endosperma, visto que também nos grupos onde estavam findadas tais reservas também não foram constatadas a presença dos FMAs. Até o momento, essa ausência de colonização não pôde ser justificada.

Embora não tenham sido visualizadas estruturas fúngicas nas raízes das espécies estudadas, o tratamento FMA pareceu surtir efeito positivo em diversas ocasiões no presente estudo.

Fica clara a necessidade de maiores estudos com relação à colonização micorrízica nas raízes das espécies *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis*.

5 ANÁLISE DA FIXAÇÃO DE CARBONO NA BIOMASSA DE *Euterpe edulis* E *Archontophoenix alexandrae* EM CONDIÇÕES DE CAMPO

SGROTT, A. F.¹; BOOZ, M. R.²; PESCADOR, R.³; HECK, T. C.⁴; STÜRMER, S. L.⁵;

1 - Mestranda em Engenharia Ambiental, Universidade Regional de Blumenau.

2 - Mestre em Engenharia Ambiental, Universidade Regional de Blumenau.

3 - Professora da Universidade Federal de Santa Catarina

4 - Pesquisadora da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), Itajaí.

5 - Professor do Mestrado em Engenharia Ambiental, Universidade Regional de Blumenau.

RESUMO

A adoção de Sistemas Agroflorestais (SAFs) é prática cada vez mais importante na preservação do meio ambiente e o plantio de *Euterpe edulis* e *Archontophoenix alexandrae* pode ser considerado uma opção interessante e viável, dada à importância econômica e ecológica que estas espécies representam. O presente trabalho buscou avaliar o potencial de fixação de carbono na biomassa de *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis*, quando associadas com fungos micorrízicos arbusculares. Sementes de cada espécie foram germinadas em casa de vegetação, inoculados ou não com FMAs e transferidos posteriormente à campo. A altura e o diâmetro foram mensurados semestralmente. Vinte e quatro meses após o transplante para o campo, cinco amostras de cada tratamento foram abatidas para a determinação da biomassa seca e da quantidade de carbono fixado na biomassa das palmeiras. Constatou-se que a espécie *Archontophoenix alexandrae*, em ambos os tratamentos, apresentou um ritmo de crescimento significativamente maior que *Euterpe edulis*, o que representa uma boa alternativa econômica para a produção do palmito. Em geral, não ocorreram diferenças significativas entre o tratamento controle e o tratamento com FMAs no crescimento (altura e diâmetro), em ambas as espécies. Mesmo sem apresentar diferença significativa, a média da biomassa seca total, tanto em *Archontophoenix alexandrae*, quanto em *Euterpe edulis* tendeu a ser superior no tratamento com FMAs. A quantidade de carbono na biomassa seca de ambas as espécies não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos controle e com FMAs.

Palavras-chave: *Euterpe edulis*, *Archontophoenix alexandrae*, fungos micorrízicos arbusculares, sistema agroflorestal.

5.1 INTRODUÇÃO

Do ponto de vista ecológico, as palmeiras são um grupo de plantas muito importantes dentro dos ecossistemas em que ocorrem, relacionando-se intimamente com a fauna e a flora regional. Além de servirem de sombreamento para pequenas populações de plântulas, as palmeiras também são consideradas como um dos recursos alimentares mais abundantes nos trópicos, atuando como espécies-chave na alimentação de várias espécies de animais (ANDREAZZI et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2010).

Economicamente, as palmeiras também apresentam grande valor, sendo utilizadas de diversas formas, desde a ornamentação de lugares à alimentação, através da extração de óleo, azeite, coco e palmito (JOLY, 2002). O Brasil detém 95% do mercado mundial de exportação do palmito, onde para a sua fabricação são utilizadas diversas espécies de palmeiras, sendo as do gênero *Euterpe* as mais comuns (UZZO et al., 2002). *Euterpe edulis* Mart., também conhecida como Palmeira-Juçara, é uma espécie brasileira nativa da Floresta Ombrófila Densa, que apresenta grande importância ecológica no Bioma Mata Atlântica, sendo considerada como uma espécie chave para o manejo sustentável das formações florestais. Contudo, devido à exploração irracional desta palmeira, é cada vez mais escassa a sua presença, estando confinada em unidades de conservação estatais e remanescentes da Mata Atlântica (FLEIG & RIGO, 1998).

Assim, a *Archontophoenix alexandrae* (F. Muell.) H. Wendl. & Drude (Palmeira-Realda-Austrália) vem ganhando cada vez mais a atenção dos produtores (UZZO et al., 2002). Esta espécie produz palmito de boa qualidade, tendo ainda a vantagem de apresentar rápido crescimento, podendo ser abatida após 2,5 anos para a extração do palmito (BOVI et al., 2001) comparativamente a *Euterpe edulis*, cujo abate ocorre entre 8 a 12 anos (MORSBACH et al., 1998). Desta forma, devido à sua importância econômica e ecológica, a utilização de *Euterpe edulis* e *Archontophoenix alexandrae* em Sistemas Agroflorestais (SAFs) pode ser uma opção interessante e viável.

Os SAFs podem ser considerados uma forma alternativa de utilização do solo, buscando combinar, provisória ou permanentemente, espécies florestais com culturas agrícolas, atividades pecuárias ou mesmo ambas (ANDERSON et al., 1991; AMADOR & VIANA, 1998; DANIEL et al., 1999). Os SAFs podem proporcionar inúmeras vantagens em relação aos sistemas de produção agrícola tradicionais, tanto nos campos econômico e social, pela comercialização dos produtos, gerando renda adicional para o produtor (ANDERSON et al., 1991; POLLMANN, 2008), quanto no campo ecológico, através da manutenção da fertilidade do solo, conservação da biodiversidade, entre outros (ANDERSON et al., 1991).

Outra importante característica dos SAFs é que eles podem ser avaliados como reservatórios de carbono, um papel muito importante considerando os atuais níveis de CO₂ na atmosfera (AREVALO et al., 2002). Sabe-se que a adoção de sistemas agroflorestais, quando bem manejados, pode armazenar até 228 t/ha de carbono, incluindo a parte que fica retida no solo (DIXON, 1995 apud SANTOS et al., 2004). Estudando o estoque de carbono de SAFs nas várzeas do rio Juba (Pará), compostos principalmente de *Euterpe oleracea* (açai, 54%) e *Theobroma cacao* (cacau, 26%), SANTOS et al. (2004) constataram que a média do estoque de carbono contido na biomassa seca total em SAFs com idade média de 12 anos foi de 134,30 t/ha. Este estoque de carbono representou, em média, ca. 96% do carbono que é estocado numa floresta primária de terra firme; ca. 62% a mais do que é estocado em florestas secundárias enriquecidas (idade média de 26 meses) e 23% a mais que em florestas de várzeas na Amazônia brasileira. Deste modo, os SAFs podem ser considerados como importantes aliados em projetos que busquem o desenvolvimento sustentável, através da conservação do solo e da água, pela diminuição do uso de fertilizantes e defensivos agrícolas, a proteção da biodiversidade, a recuperação de fragmentos florestais e matas ciliares, a fixação do CO₂ atmosférico na biomassa de suas plantas e no solo, garantindo ainda rentabilidade para o produtor (ANDERSON et al., 1991; AREVALO et al., 2002; POLLMANN, 2008).

As plantas utilizadas na implantação dos SAFs são geralmente espécies que se associam com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), estabelecendo a associação micorrízica arbuscular. Esta associação é muito comum na natureza, ocorrendo na maioria das espécies vegetais superiores (SMITH & READ, 1997; KIRIACHEK et al., 2009). Nesta relação simbiótica a planta se beneficia ao receber água e nutrientes minerais que são transferidos às suas raízes com auxílio dos FMAs, que em troca recebem energia e carbono por parte das plantas (SIQUEIRA, 1996; SMITH & READ, 1997). Quando inoculadas com FMAs, a maior parte das espécies arbustivas e arbóreas tropicais apresenta um desenvolvimento mais rápido, permanecendo por menos tempo em viveiro e sendo mais tolerantes ao estresse provocado pelo processo de transplante, havendo conseqüentemente, maior sobrevivência das mudas a campo. Além disso, a utilização de FMAs contribui para a diminuição do uso de fertilizantes agrícolas (JANOS, 1980; BONFIM et al., 2007; VANDRESEN et al., 2007; MACHINESKI et al., 2009; SILVA JÚNIOR et al., 2010). Os FMAs também desempenham importante papel na fixação do carbono. De acordo com Bago et al. (2003) e Godbold et al. (2006) os FMAs têm a capacidade de utilizar o carbono, absorvido fotossinteticamente pelas plantas, e translocá-lo para o seu micélio externo.

Pode-se encontrar na literatura diversas pesquisas realizadas buscando comprovar a importância da associação micorrízica, sendo que espécies de palmeiras também são utilizadas. No estudo realizado por Carvalho (1997) pôde-se observar o auxílio dos FMAs na melhoria da nutrição fosfática e potássica do dendezeiro. Chu (1999) em seu trabalho com associação de FMAs em *Euterpe oleracea*, pôde observar um aumento significativo no crescimento e absorção de nutrientes por parte das plantas. Ramos-Zapata et al. (2006) constataram que plantas da espécie *Desmoncus orthacanthos* quando associadas aos FMAs apresentaram maiores sobrevivência, área foliar e absorção de fósforo. Na pesquisa realizada por Jaiti et al. (2007) notou-se que os FMAs estimularam de modo significativo o aumento do número de folhas por planta, da altura e da biomassa de exemplares de *Phoenix dactylifera*.

Desta forma, o conhecimento acerca da capacidade de espécies vegetais em estabelecer simbiose com os FMAs pode ser considerado como um fator interessante e fundamental para a obtenção do sucesso em SAFs. A presente pesquisa buscou avaliar o potencial de fixação de carbono na biomassa de *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis* a campo, quando associadas com fungos micorrízicos arbusculares.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo representa a continuidade do projeto de pesquisa realizado por Booz (2009), intitulado “Estudo do potencial da fixação de carbono das espécies *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis*”. Ambas as espécies de palmeiras foram germinadas em casa de vegetação da Universidade Regional de Blumenau e inoculadas ou não com FMAs (*Acaulospora koskei* e *Gigaspora decipiens*) obtidos da coleção de germoplasma da Universidade Regional de Blumenau (FURB). Aos 160 dias após a germinação, as mudas foram transplantadas para o campo (junho de 2008), na Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), em Itajaí. As mudas foram transplantadas a uma distância de 1,5 m entre as plantas, sendo que os indivíduos de *Euterpe edulis* foram distribuídos em 3 linhas com 36 plantas cada e os de *Archontophoenix alexandrae* em 6 linhas com 18 plantas cada. Dentro e entre as linhas, as plantas dos dois tratamentos foram dispostas num delineamento completamente casualizado, contando este experimento com 54 repetições, num total de 216 plantas. Por não tolerarem sombreamento excessivo e sol direto, as mudas de *Euterpe edulis* foram transplantadas em área sombreada por espécies arbóreas, enquanto que as de *Archontophoenix alexandrae* ficaram em uma área sem sombreamento. Feito isto, semestralmente foram mensurados altura e diâmetro de cada planta.

5.2.1 Mensuração de altura e diâmetro

Foi dada continuidade à medição de todas as mudas semestralmente, por um período de 19 meses (março/2009 a setembro/2010). A altura foi mensurada com o auxílio de uma fita métrica, e o diâmetro do caule com o auxílio de um paquímetro digital.

5.2.2 Determinação da biomassa seca e da porcentagem de carbono

Após 24 meses do transplante para o campo, 5 plantas de cada tratamento foram selecionados ao acaso e abatidos. Antes do abate, foi medida a altura e o diâmetro das plantas. Estas foram retiradas do solo com o auxílio de pá e enxadão, e cada uma delas separadas, com auxílio de facão, em folhas, estipe e raiz. Para a determinação da biomassa seca, as partes foram armazenadas em sacos de papel e acondicionadas em estufa para secagem (temperatura de 60° C) por um período de uma semana para as folhas e duas semanas para estipes e raízes. Depois de secas, as partes foram pesadas em balança.

As amostras foram enviadas para a EPAGRI (Caçador) para a quantificação da porcentagem de carbono, que foi realizada pesando-se 0,05 g de amostra moída, onde adicionou-se 10 mL de $K^2Cr_2O_7$ [1,0 N], e 20 mL de H_2SO_4 (conc). O material ficou agindo à temperatura ambiente, por cerca de 30 minutos. Em seguida, adicionou-se 200 mL de água destilada e 3 a 5 gotas de indicador (orto-fenantrolina). Foi feita a titulação com $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, [0,5 N]. Em seguida, os cálculos de concentração foram realizados. Para aplicação da análise estatística, os dados da porcentagem de carbono na biomassa foram transformados em g/Kg.

5.2.3 Análise estatística

Os dados de altura, diâmetro, biomassa seca e porcentagem de carbono foram comparados entre os tratamentos FMAs e CTL, e entre as espécies *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis*, usando o teste *t* de Student ($P < 0,05$).

5.3 RESULTADOS

Em cada data amostrada não houve diferença significativa entre os tratamentos CTL e FMAs para altura de *Archontophoenix alexandrae*, com exceção do mês de março de 2009. Em *Euterpe edulis*, notou-se que nos meses de março as médias de altura tenderam a ser maiores no tratamento com FMA, e nos meses de setembro tenderam a ser maiores nos indivíduos submetidos ao tratamento CTL, mas estas diferenças não foram estatisticamente significativas (Tabela 5.1). Com relação ao diâmetro, não houve diferença significativa entre os tratamentos CTL e FMA em *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis* (Tabela 5.2).

Tabela 5.1 – Altura (cm) (média ± desvio padrão) de *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis* nos tratamentos com inoculação (FMA) ou sem inoculação (CTL), no período de março de 2009 a setembro de 2010.

	<i>Archontophoenix alexandrae</i>		<i>Euterpe edulis</i>	
	CTL	FMA	CTL	FMA
Março/2009	44,69 ± 8,75	40,53 ± 9,67 *	35,64 ± 12,21	35,71 ± 11,30
Setembro/2009	62,71 ± 14,99	59,82 ± 14,23	51,00 ± 13,82	50,64 ± 17,20
Março/2010	131,42 ± 25,57	127,90 ± 32,55	85,18 ± 28,15	86,06 ± 27,16
Setembro/2010	197,22 ± 35,50	184,34 ± 43,15	117,00 ± 42,48	113,76 ± 39,86

* Diferença significativa entre os tratamentos, dentro de cada espécie (P<0,05).

Tabela 5.2 – Diâmetro (mm) (média ± desvio padrão) de *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis* nos tratamentos com inoculação (FMA) ou sem inoculação (CTL), no período de março de 2009 a setembro de 2010. Não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos.

	<i>Archontophoenix alexandrae</i>		<i>Euterpe edulis</i>	
	CTL	FMA	CTL	FMA
Março/2009	18,60 ± 4,32	17,25 ± 4,37	10,39 ± 1,99	10,38 ± 2,15
Setembro/2009	26,38 ± 6,65	24,38 ± 7,51	14,13 ± 4,96	13,74 ± 4,17
Março/2010	52,68 ± 11,94	50,11 ± 13,45	20,10 ± 6,47	21,38 ± 7,13
Setembro/2010	82,46 ± 14,03	77,34 ± 19,66	29,02 ± 9,71	30,75 ± 11,22

Ao comparar os dados de altura entre as duas espécies, sem levar em consideração os tratamentos, observou-se que *Archontophoenix alexandrae* apresentou uma média significativamente maior que *Euterpe edulis* (Figura 5.1). Com relação ao diâmetro, notou-se que, assim como na altura, as médias foram significativamente maiores nos indivíduos de *Archontophoenix alexandrae*, quando comparados aos de *Euterpe edulis* (Figura 5.2).

Com relação ao incremento de altura e diâmetro, entre março de 2009 e setembro de 2010, pôde-se constatar que, em mudas de *Archontophoenix alexandrae*, este valor foi maior nos indivíduos submetidos ao tratamento CTL apresentando incremento de altura 6,06% maior e de diâmetro 6,25% maior quando comparados ao tratamento com FMA. Com relação à *Euterpe edulis*, o incremento de altura também foi maior para o tratamento CTL, com 4,22% a mais que o tratamento com FMA, porém o incremento de diâmetro foi maior em plantas submetidas ao tratamento com FMA, com 9,28% a mais em relação ao tratamento CTL (Tabela 5.3). Comparando-se as duas espécies, pode-se notar que os valores de incremento de altura e diâmetro, em ambos os tratamentos, foram muito maiores em *Archontophoenix alexandrae* quando comparados com *Euterpe edulis*. Esses valores representam em altura 87,47% a mais no tratamento CTL e 84,23% a mais no tratamento com FMA e em diâmetro 242,59% a mais para o grupo CTL e 195,04% a mais para o grupo com FMA (Tabela 5.3).

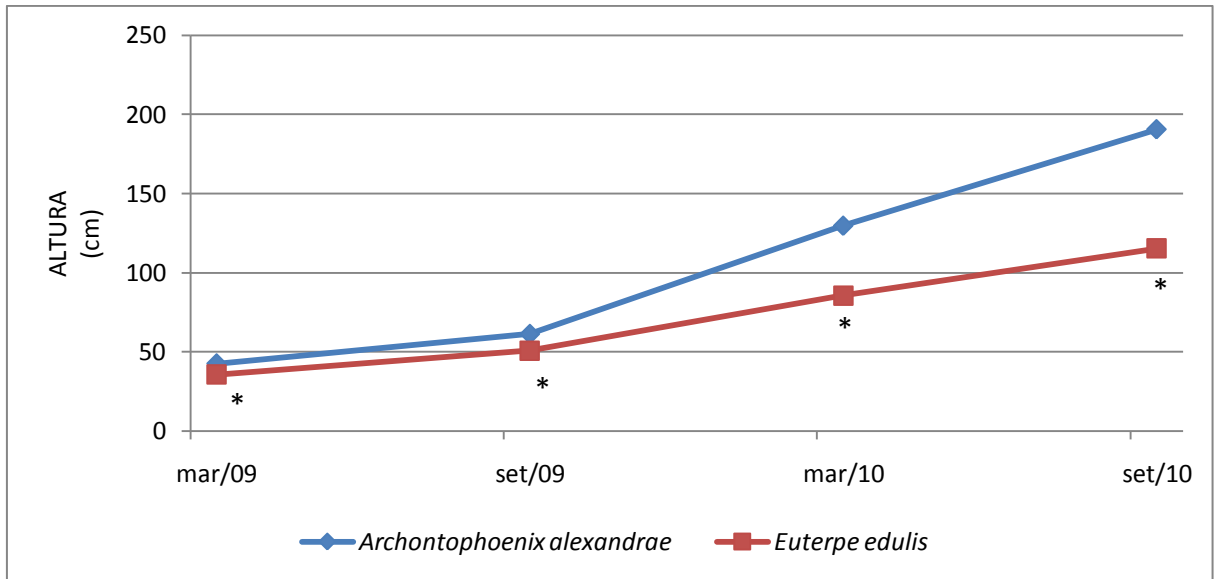


Figura 5.1 – Altura (cm) de *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis* no período de março de 2009 a setembro de 2010 (medições semestrais).

* Diferença significativa entre as espécies, dentro de cada mês ($P < 0,05$).

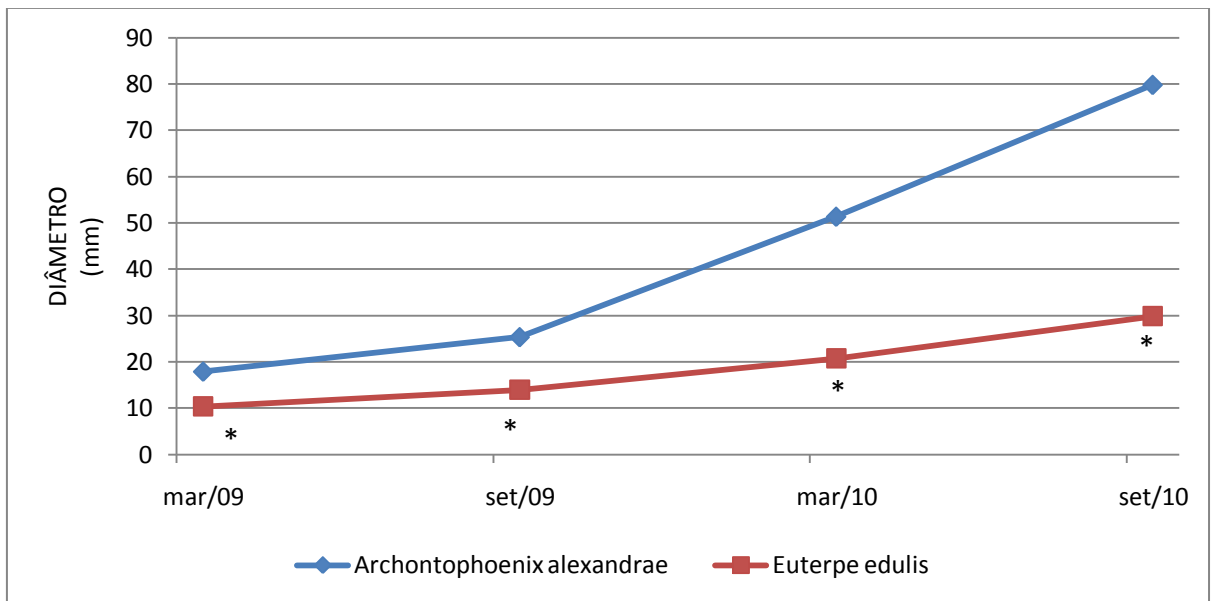


Figura 5.2 – Diâmetro (mm) de *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis* no período de março de 2009 a setembro de 2010 (medições semestrais).

* Diferença significativa entre as espécies, dentro de cada mês ($P < 0,05$).

Tabela 5.3 – Incremento de altura (cm) e diâmetro (mm) em *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis* no período de março de 2009 a setembro de 2010.

INCREMENTO - Março de 2009 a Setembro de 2010							
ALTURA (cm)				DIÂMETRO (mm)			
<i>Archontophoenix alexandrae</i>		<i>Euterpe edulis</i>		<i>Archontophoenix alexandrae</i>		<i>Euterpe edulis</i>	
CTL	FMA	CTL	FMA	CTL	FMA	CTL	FMA
152,53	143,81	81,36	78,06	63,86	60,10	18,64	20,37

Analisando mais detalhadamente os valores de incremento de altura a cada 6 meses, nota-se que não houve sempre um aumento no crescimento com o passar do tempo. Para ambas as espécies e nos dois tratamentos aplicados, constatou-se que os maiores incrementos de altura ocorreram sempre no período de setembro de 2009 a março de 2010. Com relação aos tratamentos aplicados, o tratamento CTL foi o que mais apresentou incremento superior. *Archontophoenix alexandrae* apresentou nos dois tratamentos maiores incrementos de altura quando comparada com *Euterpe edulis* (Figura 5.3).

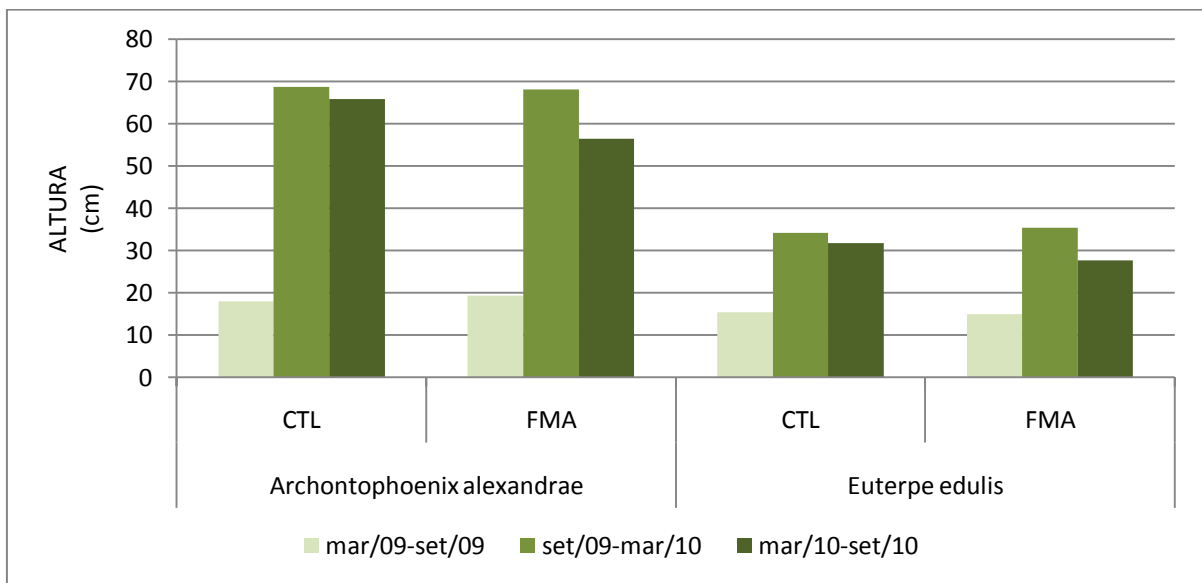


Figura 5.3 – Incremento de altura (cm) semestral nos diferentes tratamentos aplicados em cada espécie.

Quanto ao incremento de diâmetro semestral, nota-se que o mesmo foi aumentando com o passar do tempo em ambas as espécies e nos dois tratamentos. O tratamento com FMA pareceu surtir algum efeito apenas em *Euterpe edulis*. Assim como no incremento de altura, *Archontophoenix alexandrae* apresentou, visivelmente e em ambos os tratamentos, maiores incrementos de diâmetro que *Euterpe edulis* (Figura 5.4).

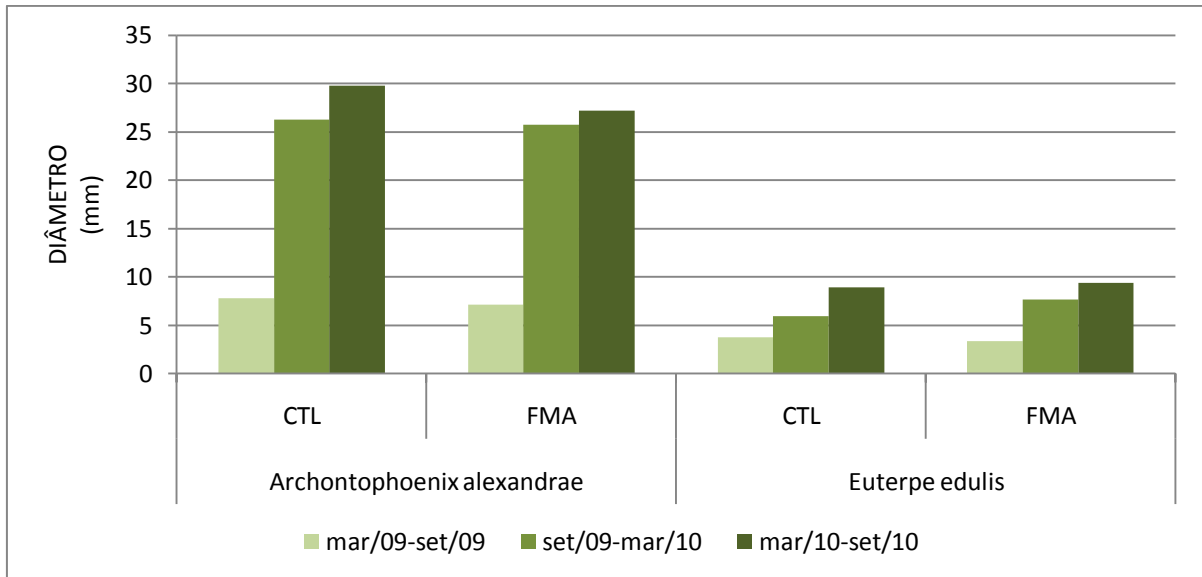


Figura 5.4 – Incremento de diâmetro (mm) semestral nos diferentes tratamentos aplicados em cada espécie.

Quanto à biomassa seca total em *Archontophoenix alexandrae*, o tratamento FMA tendeu a obter maior média, atingindo 48,27% a mais que a média das plantas submetidas ao tratamento CTL, embora esta diferença não tenha sido significativa. A média da biomassa seca da folha, do estipe e da raiz também tenderam a serem maiores nos indivíduos inoculados com FMA, porém estes valores não foram significativos. Comparando a quantidade de biomassa seca por parte da planta, constatou-se que *Archontophoenix alexandrae* investiu mais em folhas (47,8% da biomassa total) no tratamento CTL e distribuiu os recursos de maneira mais igualitária entre folhas (39,8%) e estipe (41%) no tratamento com FMA (Tabela 5.4).

Em *Euterpe edulis*, plantas com FMA produziram, em média, 174,35g de biomassa total, enquanto que plantas do tratamento CTL produziram 90,33g, embora esta diferença não tenha sido significativa. Essa diferença representou 93,01% a mais de biomassa seca total para plantas com FMA com relação ao tratamento CTL. Ao se comparar a biomassa seca por partes da planta entre os diferentes tratamentos para *Euterpe edulis*, constatou-se que, tanto em folha, quanto em estipe e raiz as médias tenderam a serem maiores nos indivíduos submetidos ao tratamento com FMA, embora estes valores não tenham sido significativos estatisticamente. Além disso, ao se comparar, em ambos os tratamentos, a quantidade de biomassa seca por parte da planta, nota-se que nos dois tratamentos a porcentagem de investimento em cada parte da planta foi muito semelhante: 44% da biomassa total nos tratamento CTL e com FMA foi investida em folhas, 31% em controle e 34% em FMA investidos em estipe e 24% em controle e 21% em FMA investidos em raízes (Tabela 5.4).

Comparando as duas espécies estudadas, sem levar em consideração os tratamentos, constatou-se que a média da biomassa seca total apresentou diferença significativa entre as espécies, atingindo *Archontophoenix alexandrae* uma média de biomassa seca total 201,39% superior à de *Euterpe edulis* (Figura 5.5).

Tabela 5.4 – Biomassa seca (g) (média \pm desvio padrão) por parte da planta e total nos tratamentos com inoculação (FMA) ou sem inoculação (CTL) de *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis*. Não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos.

	<i>Archontophoenix alexandrae</i>		<i>Euterpe edulis</i>	
	CTL	FMA	CTL	FMA
Folha	153,69 \pm 88,55	189,51 \pm 60,54	40,00 \pm 18,02	77,00 \pm 53,10
Estipe	109,89 \pm 72,79	196,26 \pm 101,91	28,68 \pm 15,25	60,60 \pm 50,39
Raiz	57,72 \pm 35,18	90,63 \pm 42,70	21,65 \pm 13,42	36,75 \pm 29,08
Total	321,31 \pm 194,64	476,41 \pm 198,42	90,33 \pm 46,27	174,35 \pm 132,35

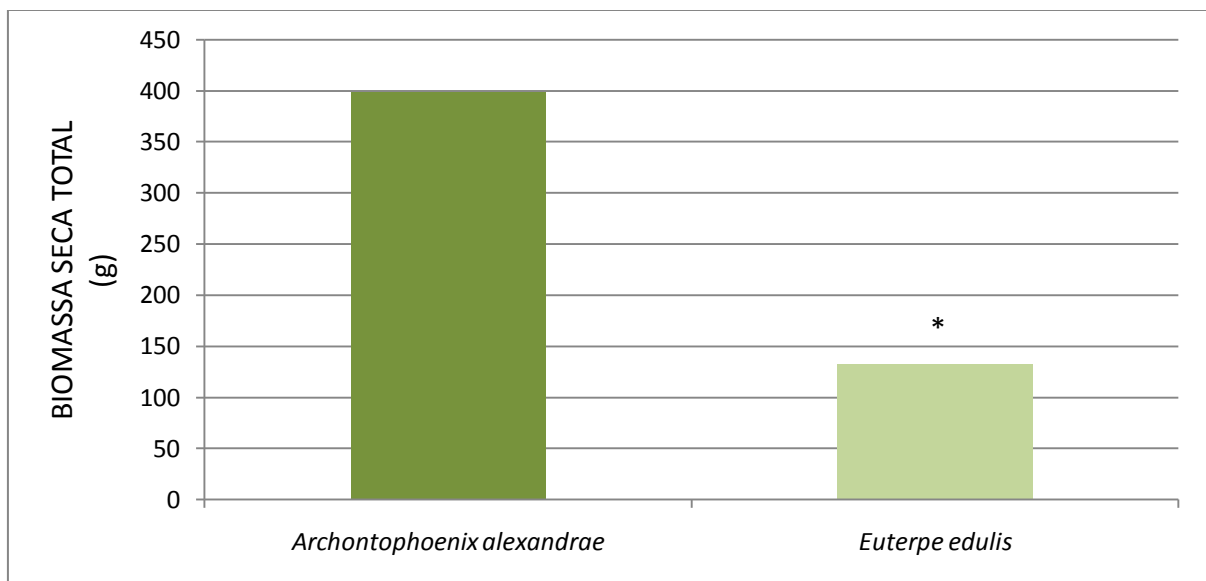


Figura 5.5 – Comparação da biomassa seca total entre as espécies, sem levar em consideração os tratamentos.

* Diferença significativa entre as espécies ($P < 0,05$)

Com relação à quantidade de Carbono na biomassa seca, ao comparar os tratamentos CTL e FMA em *Archontophoenix alexandrae*, verificou-se que a quantidade de carbono nas folhas e na raiz tendeu a ser maior nas plantas do tratamento com FMA, ao passo que no estipe houve uma tendência a ser maior em plantas submetidas ao tratamento CTL. Fazendo essa mesma comparação em *Euterpe edulis*, constatou-se que a quantidade de carbono nas folhas tendeu a ser maior para o tratamento com FMA, sendo que no estipe e na raiz houve uma tendência a serem maiores para o tratamento CTL. A quantidade de carbono total em

Archontophoenix alexandrae foi significativamente maior no tratamento com FMA, e em *Euterpe edulis* tendeu a ser maior no tratamento CTL (Tabela 5.5).

Tabela 5.5 - Carbono (g/Kg) por parte da planta nos tratamentos com inoculação (FMA) ou sem inoculação (CTL) em *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis*.

	<i>Archontophoenix alexandrae</i>		<i>Euterpe edulis</i>	
	CTL	FMA	CTL	FMA
Folha	335,20 ± 52,59	376,80 ± 21,30	321,60 ± 60,32	333,80 ± 50,88
Estipe	412,40 ± 25,86	391,60 ± 36,29	388,40 ± 57,75	332,60 ± 47,25
Raiz	278,40 ± 39,18	323,20 ± 54,16	313,20 ± 13,75	309,40 ± 41,50
Total	342,00 ± 13,61	363,86 ± 15,83 *	341,06 ± 31,96	325,26 ± 26,05

* Diferença significativa entre os tratamentos dentro de cada espécie (P<0,05)

Ao se comparar as duas espécies estudadas, sem levar em consideração os tratamentos CTL e FMA, constatou-se que não ocorreram diferenças significativas entre as duas espécies. Contudo, as médias da quantidade de carbono na folha e no estipe tenderam a ser maiores em *Archontophoenix alexandrae*, e na raiz em *Euterpe edulis*. Também foi possível constatar que as maiores médias da quantidade de carbono em ambas as espécies foram maiores na parte aérea - folhas e estipe (Figura 5.6).

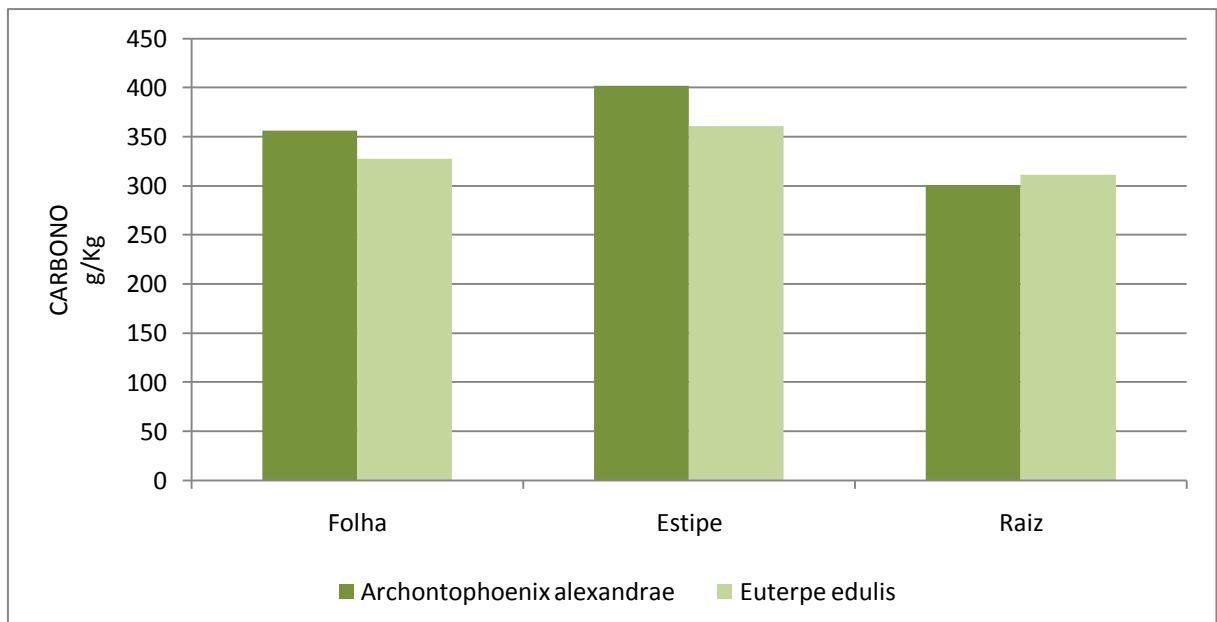


Figura 5.6 – Carbono (g/Kg) por parte da planta em *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis*.

5.4 DISCUSSÃO

Neste estudo, podemos constatar que a taxa de crescimento em *Archontophoenix alexandrae* foi significativamente maior quando comparado com *Euterpe edulis*, tanto no tratamento controle quanto no tratamento com FMAs. Este resultado mostra-se importante do ponto de vista econômico, pois a planta está pronta para o abate mais cedo que o Palmito Juçara; no último período de avaliação, por exemplo, o diâmetro de *Archontophoenix alexandrae* foi, em média, 50 mm maior que o de *Euterpe edulis*. Do ponto de vista ecológico, este resultado também é significativo, à medida que contribui diminuindo a pressão de exploração sobre a espécie nativa (CHAIMSOHN & DURIGAN, 2002; RAMOS, 2002; MARTINS FILHO et al., 2007). Além disso, como cita Ruiz Filho et al. (2010), a espécie *Euterpe edulis* pode apresentar algumas características indesejáveis para sua comercialização, tais como o corte tardio para extração do palmito, seu baixo rendimento e o seu plantio, que deve ser feito obrigatoriamente em áreas sombrias.

Quando submetidas aos tratamentos CTL e com FMAs, em geral, não ocorreram diferenças significativas no crescimento (altura e diâmetro) em ambas as espécies estudadas, embora em alguns períodos as médias de altura e diâmetro no tratamento com FMAs apresentarem, em termos absolutos, uma tendência a maiores médias que os indivíduos submetidos ao tratamento CTL. No estudo realizado por Booz (2009), a autora também observou que, em média, *Archontophoenix alexandrae* submetida ao tratamento CTL apresentou valores de altura e diâmetro significativamente superiores quando comparados ao tratamento com FMAs. Sabe-se que uma das conseqüências mais marcantes da simbiose entre micorriza e planta está relacionada à melhoria no crescimento das plantas, sendo este conhecimento relatado por diversos pesquisadores (CHU, 1999; RAMOS-ZAPATA et al., 2006; JAITI et al., 2007).

Neste estudo, analisando o incremento de diâmetro no período de março de 2009 a setembro de 2010, notou-se que em *Euterpe edulis* foi maior em plantas submetidas ao tratamento com FMAs, sendo que o diâmetro de *Archontophoenix alexandrae* e a altura de ambas as espécies foi maior em plantas submetidas ao tratamento CTL. Comparando-se as duas espécies estudadas, os incrementos de altura e diâmetro, em ambos os tratamentos foram maiores em *Archontophoenix alexandrae*.

Booz (2009) relatou que *Archontophoenix alexandrae* submetida ao tratamento CTL alcançou 62% a mais de incremento de altura e diâmetro em conjunto que *Euterpe edulis* submetida ao mesmo tratamento. Contudo, outros autores relatam a influência positiva dos FMAs no crescimento das plantas que são submetidas a este tipo de tratamento. Chu (1999),

ao trabalhar com a espécie de palmeira açai (*Euterpe oleracea*) em associação com FMAs, constatou um incremento de até 92% em altura total da planta e 116% em diâmetro do caule, quando comparados ao tratamento controle sem inoculação. Cavalcante et al. (2002) averiguaram um incremento em altura de até 278% e de diâmetro de até 105% em mudas de maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis*) submetidas ao tratamento com FMAs. Já as aceroleiras inoculadas com FMAs por Costa et al. (2001) apresentaram incremento de altura de até 449,70% com relação às testemunhas.

Em ambas as espécies e tratamentos, os maiores incrementos de altura ocorreram sempre no período de setembro de 2009 a março de 2010, época de primavera e verão, sendo que, neste período, *Euterpe edulis* apresentou maior incremento nos indivíduos submetidos ao tratamento com FMAs quando comparado ao tratamento CTL. Esses dados assemelham-se ao obtidos por Tucci (2004) com a palmeira pupunha (*Bactris gasipaes*), onde a autora constatou que as maiores taxas de assimilação de CO₂, condutância estomática e transpiração, ocorreram na primavera e no verão, coincidindo ainda com uma maior demanda de fotoassimilados em vista a maiores taxas de crescimento para este período. Também Booz (2009), trabalhando a campo com *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis* constatou um maior crescimento das mudas de novembro a janeiro, o que pode ter ocorrido, segundo a autora, devido às temperaturas que se mantiveram em cerca de 20 a 22 °C, ideal para cultivo das espécies em questão.

No presente estudo, a média da biomassa seca total tendeu a ser superior em valor absoluto no tratamento com FMA em relação ao tratamento CTL em *Archontophoenix alexandrae* (48,27% a mais) e *Euterpe edulis* (93,01%), embora essa diferença não tenha sido significativa. Testando estatisticamente estes resultados, levantou-se a hipótese de que a análise não mostrou diferenças significativas devido ao baixo número de repetições, visto que apenas 5 plantas foram abatidas para cada tratamento. Além disso, como as espécies em questão apresentam crescimento lento, o período em que as amostras foram coletadas pode ter sido curto para a visualização de diferenças significativas entre os tratamentos no que tange ao crescimento em altura e diâmetro.

Com relação à biomassa por parte da planta, nas duas espécies estudadas e tanto no tratamento CTL quanto no com FMAs, notou-se que os indivíduos abatidos apresentaram maiores médias de biomassa seca na parte aérea: no estipe e principalmente nas folhas. Isto pode ter ocorrido como uma estratégia das plantas, investindo mais em folhas com o objetivo de beneficiar o processo fotossintético e auxiliar na fixação de carbono, fato que pôde ser constatado através das análises de porcentagens de carbono por parte da planta. Através dessa

análise, averiguou-se que, nas duas espécies, as maiores porcentagens de carbono também ocorreram na parte aérea (folhas e estipe).

Sugere-se que o crescimento em altura e diâmetro, quando não influenciado pelos FMAs, pode estar relacionado à quantidade disponível de nutrientes no solo, em especial o fósforo. Smith & Read (2008) relatam que plantas inoculadas com FMA submetidas a altas doses de fósforo podem realmente apresentar crescimento menor quando comparadas a plantas não inoculadas. As doses de fósforo necessárias para cada espécie de planta e fungo podem variar muito, sendo que, em geral, benefícios melhores são obtidos em solos com doses moderadas de fósforo, visto que altas doses podem inibir a atuação dos FMAs (SAGGIN-JÚNIOR & SIQUEIRA, 1996). Além disso, segundo Smith & Read (1997) a resposta das plantas à colonização micorrízica pode envolver diversos outros fatores, tais como o pH, a temperatura e a umidade do solo.

Neste estudo, a quantidade de carbono total em *Archontophoenix alexandrae* foi maior no tratamento com FMAs, e em *Euterpe edulis* notou-se uma tendência a ser maior no tratamento CTL. A simbiose com FMAs pode consumir de 4 a 16% de carbono fixado através da fotossíntese para manter seu crescimento, atividade e reservas (KASCHUK et al., 2009), o que poderia explicar um aumento na taxa fotossintética e conseqüentemente na quantidade de carbono fixada, objetivando atender a essa demanda. A literatura relata diversos estudos, envolvendo diferentes nutrientes e espécies, onde a inoculação com FMAs mostrou-se mais vantajosa com relação ao tratamento CTL (CHU, 1999; COSTA et al., 2001; OLIVEIRA & OLIVEIRA, 2004; CARNEIRO et al., 2004).

De acordo com Smith & Read (1997), na associação micorrízica os fungos recebem o carbono absorvido pelas plantas por meio do processo fotossintético, fornecendo, em contrapartida, diversos nutrientes minerais. Deste modo, é de se esperar que, havendo essa troca entre fungo e planta, ocorra uma melhoria no crescimento das mesmas pela maior absorção de nutrientes e, por conseqüência, maiores quantidades de CO₂ estariam sendo fixadas e transferidas aos FMAs.

Na pesquisa realizada por Rouhier & Read (1998) com a espécie *Plantago lanceolata* em associação com micorrizas, os autores constataram que a presença dos fungos pode exercer considerável influência sobre a elevação da fixação de CO₂ atmosférico pela planta. Kaschuk et al. (2009) trabalhando com leguminosas, constataram que, em média, as taxas fotossintéticas foram significativamente aumentadas em 14% devido à associação com FMAs. Treseder & Allen (2000) também comentam que em diversos sistemas expostos a elevadas quantidades de CO₂, os fungos micorrízicos podem fixar maiores quantidades de carbono na

biomassa de hifas vivas, mortas e residuais do solo. Por meio deste processo, esses fungos apresentam grande importância para o meio ambiente, especialmente em virtude da ascensão dos níveis de CO₂ atmosférico, causado pela queima de combustíveis fósseis e pelo desmatamento.

5.5 CONCLUSÕES

Neste estudo, a espécie *Archontophoenix alexandrae* apresentou um ritmo de crescimento significativamente maior que *Euterpe edulis*, tanto no tratamento controle quanto no tratamento com FMAs, mostrando-se a sua utilização uma alternativa viável do ponto de vista econômico.

Embora a diferença não tenha sido significativa, constatou-se que a média da biomassa seca total, tanto em *Archontophoenix alexandrae*, quanto em *Euterpe edulis* tendeu a ser superior no tratamento com FMAs.

Pôde-se constatar que o tratamento com FMAs teve efeito positivo na alocação de carbono na biomassa total da espécie *Archontophoenix alexandrae*.

6 FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NA FIXAÇÃO DE CARBONO NA BIOMASSA DE *Schinus terebinthifolius* EM ÁREA DE AMBIENTE FLUVIAL EM RECUPERAÇÃO

SGROTT, A. F.¹; PESCADOR, R.²; STÜRMER, S. L.³

1 - Mestranda em Engenharia Ambiental, Universidade Regional de Blumenau.

2 - Professora da Universidade Federal de Santa Catarina

3 - Professor do Mestrado em Engenharia Ambiental, Universidade Regional de Blumenau.

RESUMO

É cada vez mais comum a preocupação com a recuperação das florestas fluviais, dada a grande importância que as mesmas representam para todo o meio ambiente. Além disto, diante das atuais ameaças decorrentes do aquecimento global, a recuperação das florestas fluviais passou a ser realizada, também, com a função de fixar grandes quantidades de carbono. Deste modo, o presente trabalho buscou analisar a influência dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) na fixação de carbono na biomassa de *Schinus terebinthifolius* em uma área de ambiente fluvial em processo de recuperação. Para isto, 80 mudas da espécie foram levadas a campo, distribuídas por 4 blocos em quincôncios e inoculadas ou não com FMAs. O acompanhamento trimestral foi realizado, verificando-se a sobrevivência das mudas e fazendo-se as medições de altura e diâmetro. Dois anos após serem levadas a campo, foi realizada a análise de nutrientes foliar e a mensuração do carbono na biomassa das plantas. Feitas as análises constatou-se que no final do período de medições, o tratamento com *Scutellospora heterogama* tendeu a aumentar a altura, o diâmetro, a quantidade de carbono e fósforo na biomassa foliar. Plantas inoculadas com *Acaulospora koskei* apresentaram uma estimativa de fixação de carbono significativamente superior do que plantas associadas com fungos nativos. Assim, através da estimativa de carbono na biomassa de *Schinus terebinthifolius*, ficou evidenciado como os isolados fúngicos utilizados neste estudo podem contribuir de maneira significativa para o aumento na quantidade de carbono fixado na biomassa das plantas.

Palavras-chave: *Schinus terebinthifolius*, fungos micorrízicos arbusculares, floresta fluvial, carbono.

6.1 INTRODUÇÃO

O ambiente fluvial pode ser definido como um espaço tridimensional contendo vegetação, solo e rio. Componentes essenciais destes ambientes, as florestas fluviais, também conhecidas como florestas ripárias, florestas ciliares ou florestas de galeria, podem ser consideradas, fitoecologicamente, como a vegetação florestal às margens dos cursos d'água, independentemente de sua composição florística ou da área/região de ocorrência. Assim, pode-se constatar a presença das florestas fluviais em todo o território brasileiro, visto que as mesmas ocorrem em todos os domínios morfoclimáticos e fitogeográficos do país (RODRIGUES & LEITÃO FILHO, 2000; FRANK et al., 2001; KAGEYAMA et al., 2002).

As florestas fluviais desempenham importantes papéis ecológicos. Rizzi (1985) destaca que as mesmas atuam na preservação dos solos, regulam e protegem os corpos d'água. As florestas fluviais também auxiliam na prevenção do assoreamento, visto que protegem rios e reservatórios contra a massa de detritos oriundos do sistema terrestre que, sem essas florestas, seriam carregados para os corpos d'água. Além disto, podem ser consideradas como grandes filtros, pois retêm também defensivos agrícolas e poluentes que seriam carregados para os cursos d'água, afetando conseqüentemente sua qualidade (RIZZI, 1985; MARTINS, 2001). Também atuam de modo importante na estabilidade do regime hídrico das planícies submetidas a inundações recorrentes, pelo transbordamento dos rios em períodos de máximas pluviométricas (SOCHER et al., 2008).

As florestas fluviais também são responsáveis por assegurar a manutenção da biodiversidade, especialmente para espécies de animais e vegetais cujos ciclos de vida dependem direta ou indiretamente da água (COELHO, 2007). Além disto, atuam como corredores ecológicos, propiciam o fluxo gênico de animais e propágulos (pólen e sementes), fornecem refúgio e são fonte de alimento para espécies da fauna silvestre e aquática, auxiliam na manutenção do microclima, além de garantirem a perenidade das nascentes e fontes (KAGEYAMA et al., 2002; COELHO, 2007).

A área de estudo do presente trabalho está localizada às margens do rio Itajaí-Açu, que é o maior rio da vertente Atlântica de Santa Catarina, sendo a Bacia do Rio Itajaí-Açu considerada a principal bacia hidrográfica estadual (SCHETTINI et al., 2005). De acordo com Rörig (2005) esta Bacia é caracterizada por moderado uso agrícola e urbanização em rápida expansão, fato este que compromete visivelmente os recursos naturais.

Os problemas ambientais constatados na Bacia do Rio Itajaí-Açu estão relacionados com seu processo de ocupação do solo e sua utilização econômica, ocorrida no decorrer dos

últimos 150 anos. A adoção de práticas degradantes acabou por resultar em extensas áreas desflorestadas, diminuindo a qualidade ambiental da região (FRANK et al., 2001).

Até pouco tempo, a recuperação de florestas fluviais apresentava como objetivo restabelecer as funções de proteção ao solo e à água, bem como também restituir a biodiversidade e os processos ecológicos do ecossistema original (MELO & DURIGAN, 2006). Contudo, diante das ameaças de aquecimento global causadas pelo efeito estufa e as conseqüências negativas das mudanças climáticas, as florestas passaram a serem vistas como sumidouros de carbono (COELHO, 2007; VELASCO & HIGUCHI, 2009).

Segundo Melo & Durigan (2006) as florestas fluviais contribuem para a fixação do carbono capturando-o da atmosfera e fixando-o em sua biomassa, auxiliando assim para a redução do efeito-estufa. De acordo com pesquisas realizadas pelos autores no Vale do Paranapanema, em São Paulo, o estoque de biomassa por unidade de área nos plantios em faixas ciliares pode ser superior ao estoque de florestas naturais maduras que cobrem extensas áreas. Além disso, constataram que o ritmo de crescimento e fixação de carbono nos plantios de restauração é maior que o de florestas naturais em estágio de sucessão secundária na mesma região. Em estudo realizado por Velasco & Higuchi (2009), os autores estimaram a fixação de carbono de 145,26 t/ha em uma área de floresta fluvial em recuperação (São Paulo). Este valor é muito maior que os valores encontrados por Paixão et al. (2006) em uma plantação de *Eucalyptus grandis*, (6 anos de idade, Minas Gerais), cujo armazenamento de carbono totalizou em 71,13 t/ha. e por Ribeiro et al. (2009) em uma floresta madura (Minas Gerais), cujo estoque de carbono médio mensurado foi de 83,34 t/ha.

É válido lembrar que o carbono encontra-se presente também no solo, sendo a ele fornecido por meio da entrada de matéria orgânica (BALBINOT et al., 2003; CALDEIRA et al., 2002). Assim, destaca-se que o acúmulo desta matéria orgânica nas florestas pode atuar como um mecanismo importante na mitigação das concentrações atmosféricas de dióxido de carbono (GODBOLD et al., 2006).

Estratégias para melhorar a fixação de carbono no solo, além da adição crescente de carbono pelas plantas, incluem aumentar o tempo de permanência deste carbono nos solos, evitando que o mesmo retorne para a atmosfera. Uma potencial opção para melhorar a apreensão do carbono no solo, é modificar o seu ambiente físico-químico para favorecer as atividades fúngicas. Práticas específicas que poderiam auxiliar neste processo incluem o plantio de espécies perenes, minimizando a mobilização e outras perturbações, mantendo o pH do solo perto do neutro, e garantindo ainda a drenagem adequada, além de minimizar os processos de erosão (JASTROW et al., 2007).

Deste modo, buscando auxiliar no crescimento e desenvolvimento de espécies com vistas à recuperação de ambientes fluviais e também à captura e fixação de carbono, os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) desempenham importante papel. A associação micorrízica é uma relação mutualística não patogênica, onde os fungos transferem às raízes da planta, por intermédio das hifas fúngicas, água e nutrientes minerais absorvidos do solo, em especial o fósforo. Em contrapartida, a planta fornece ao fungo energia e carbono, obtidos através da fotossíntese, e que são essenciais à sua sobrevivência e multiplicação (SIQUEIRA, 1996; SMITH & READ, 1997).

De acordo com Rillig et al. (2001) é reconhecida a influência dos FMAs na agregação do solo, na fisiologia das plantas, bem como também na composição das comunidades vegetais. A melhoria no crescimento de plantas associadas aos fungos micorrízicos arbusculares ocorre devido ao aumento de exploração do solo pelo micélio externo do fungo, bem como também pela maior superfície de contato com a solução do solo. É deste modo que a captação dos nutrientes se dá de maneira mais eficiente (LOVATO et al., 1996).

Além disso, ao estabelecer simbiose com plantas pioneiras, os FMAs têm importante papel na recuperação de áreas degradadas. Os resultados obtidos na pesquisa realizada por Zangaro et al. (2000) demonstraram que, em solos pobres em minerais, o crescimento inicial de espécies arbóreas que participam nas fases iniciais de sucessão pode ser mais dependente dos FMAs, enquanto que nas espécies que compõem as fases finais de sucessão pode ser menos dependente. Tal fato também pôde ser constatado na pesquisa realizada por Zangaro et al. (2002), onde as espécies pertencentes às fases iniciais de sucessão apresentaram-se mais susceptíveis à simbiose de FMAs do que as espécies tardias.

Resultados importantes também foram obtidos por Carrenho et al. (2001) ao realizarem estudo com o objetivo de avaliar o comportamento de espécies de FMAs estabelecidas em áreas revegetadas de mata ciliar. Os autores puderam observar que o número de esporos de FMA tende a aumentar com o estágio sucessional, porém os índices de diversidade, riqueza e equabilidade de espécies de Glomales foram maiores nas espécies pioneira e secundária inicial utilizadas neste estudo. Em estudo realizado por Santos et al. (2008) com isolados de FMAs em quatro espécies arbóreas, sendo duas pioneiras: aroeira (*Schinus terebinthifolius*) e trema (*Trema micrantha*) e duas secundárias iniciais: açoita-cavalo (*Luehea grandiflora*) e sesbânia (*Sesbania virgata*), constatou-se que os FMAs aumentaram a absorção total de N e P nas plantas.

Deste modo, o conhecimento acerca da condição micorrízica em diferentes espécies vegetais é de grande importância, visto que serve de base para pesquisas sobre a produção de

mudas e tecnologias para garantir o sucesso do reflorestamento, bem como a diminuição do uso de insumos agrícolas (CARNEIRO et al., 1998). A utilização de isolados eficientes de FMAs pode auxiliar no crescimento vegetal e no acúmulo de nutrientes na fitomassa, contribuindo para vários benefícios, entre os quais, um maior aporte de matéria orgânica e a melhoria da fertilidade do solo, cooperando para aceleração do processo de recuperação de áreas degradadas (SANTOS et al., 2008).

Assim, o presente estudo objetivou analisar o efeito de 3 diferentes isolados de FMAs no crescimento e na fixação de carbono na biomassa foliar de *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira – Anacardiaceae) em uma área de recuperação de floresta fluvial ao longo do Rio Itajaí-Açu.

6.2 MATERIAL E MÉTODOS

Sementes de *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira – Anacardiaceae) foram semeadas em solo nativo (Cambissolo Háplico) e inoculadas ou não com três isolados de FMAs. As plantas foram submetidas a quatro tratamentos de inoculação: solo nativo (controle), *Acaulospora koskei* SCT406A, *Glomus clarum* BR147B e *Scutellospora heterogama* PNB102, recebendo cada tubete (exceto o controle) 10 ml de solo inóculo de cada isolado fúngico, contendo esporos, hifas e pedaços de raízes micorrizadas. Esses isolados fúngicos foram obtidos da Coleção Internacional de Culturas de Glomeromycota (CICG), da Universidade Regional de Blumenau (FURB). Após 5 meses em viveiro, as mudas foram transplantadas para Unidades de Pesquisa às margens do rio Itajaí-Açu. Antes do transplante foi verificada a porcentagem de colonização micorrízica, altura das plantas e diâmetro do caule.

O presente estudo foi realizado na Unidade de Pesquisa 7 (UP 7) localizada em Gaspar, em área às margens do Rio Itajaí-Açu situada sob Neossolo Flúvico. Os tratamentos foram dispostos em 4 blocos completamente casualizados, perpendiculares ao leito do rio, havendo em cada bloco 4 repetições. Cada uma destas repetições recebeu 5 plantas do mesmo tratamento, que foram dispostas em quincôncios (Figura 6.1). Assim, a unidade de pesquisa recebeu um total de 80 plantas.

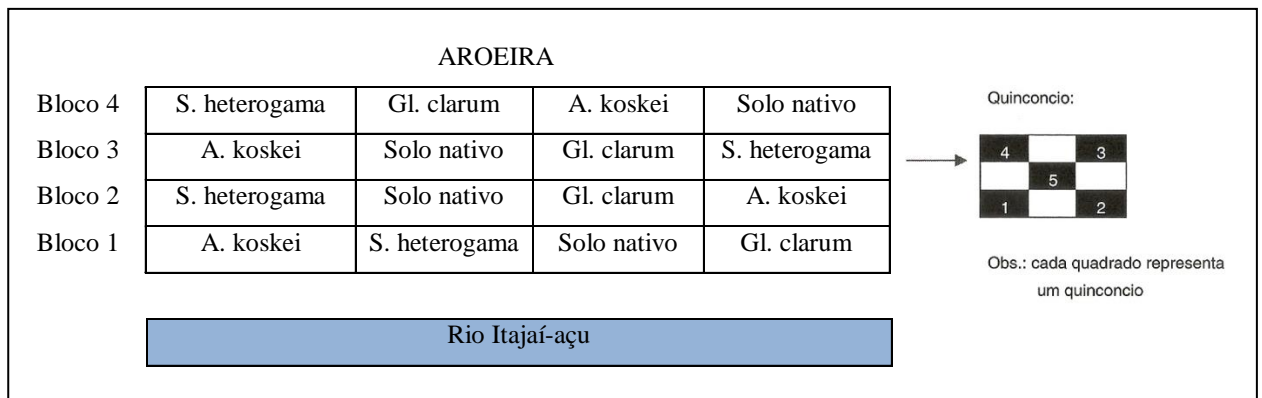


Figura 6.1 – Croqui com a disposição das mudas em quincôncios

6.2.1 Coleta de dados

Semestralmente, de novembro/2008 a maio/2010, foram medidas a altura com o auxílio de uma trena métrica, e o diâmetro do caule com o auxílio de um paquímetro digital.

6.2.2 Determinação de nutrientes foliares

Dois anos após serem levadas a campo, foram coletadas aleatoriamente 30 folhas maduras e sem sintomas de doenças de cada planta para a quantificação de carbono e fósforo da biomassa foliar. Para tanto, determinou-se primeiramente a biomassa foliar seca, acondicionando as folhas em estufa para secagem (temperatura de $65^{\circ} \text{C} \pm 5^{\circ} \text{C}$), por um período de 72 horas, onde posteriormente as folhas foram pesadas em balança digital. Feito isto, a biomassa foliar seca foi enviada para o laboratório da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) de Caçador para a quantificação de carbono orgânico e fósforo, como descritos nos Estudos 1 e 2.

6.2.3 Determinação de carbono no solo

Quanto ao carbono no solo, sua quantificação foi realizada em cada quincôncio. Para tanto, com o auxílio de um trado, foram retiradas de cada quincôncio amostras de 4 diferentes pontos entre os indivíduos do quincôncio. Estas 4 amostras de cada quincôncio foram homogêneas e acondicionadas dentro de um saco plástico, totalizando 12 amostras, as quais foram enviadas ao Laboratório da EPAGRI de Chapecó, para a realização da análise de carbono no solo. Para tanto, o método utilizado foi o da oxidação do carbono por solução sulfocrômica com calor externo e determinação por espectrofotometria, seguindo a metodologia proposta por TEDESCO et al. (1995).

6.2.4 Estimativa de carbono na biomassa

Para estimar a quantidade de carbono na biomassa dos indivíduos, primeiramente estimou-se a quantidade de biomassa total. Tais valores foram calculados através do método indireto por meio de equação aritmética ajustada para Floresta Tropical Úmida, segundo a metodologia descrita por Brown et al., (1989) na fórmula abaixo:

$$Bs = \text{Exp}\{-3,3012+0,9439\text{Ln}(\text{DAP}^2 \times H)\}$$

onde:

Bs = biomassa seca (kg)

DAP = diâmetro a altura do peito (cm)

H = altura total (m)

O diâmetro utilizado foi mensurado cerca de 2 cm acima do solo, em virtude de serem ainda plantas jovens. Feito o cálculo da biomassa total (kg), calculou-se a estimativa de carbono na biomassa dos indivíduos baseando-se na média dos teores de carbono encontrados na literatura florestal para a Floresta Atlântica. Assim, foi considerado o valor médio de 40% de carbono em relação ao peso seco. Deste modo, para o cálculo da estimativa de carbono (Kg/planta), multiplicou-se o valor calculado com a fórmula acima por 0,4.

6.2.5 Análise estatística

Os dados de altura diâmetro, biomassa e fósforo na parte aérea foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) seguida pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$) para separação das médias. O efeito dos blocos e dos tratamentos de inoculação foram testados separados. Os dados da estimativa de carbono na biomassa seca foram analisados usando o teste *t* de Student ($P < 0,05$). Foi utilizado o software JMP® (SAS, 2002) para a realização das análises estatísticas.

6.3 RESULTADOS

O Bloco 1 foi descartado deste estudo em virtude das inundações que ocorreram em novembro/2008, onde a maior parte das mudas situadas neste bloco não sobreviveram. Pôde-se constatar neste estudo um efeito de Bloco, o que pode ter ocorrido em virtude da localização da UP em questão: às margens do rio e em terreno com declive.

Em todas as épocas avaliadas, pôde-se constatar que não houveram diferenças significativas entre os tratamentos de inoculação aplicados para altura e diâmetro (Tabela 6.1).

Tabela 6.1 – Resumo da Análise de Variância para o efeito dos tratamentos de inoculação na altura e diâmetro de *Schinus terebinthifolius*. Valores de probabilidade menores que 0,05 representam diferença significativa entre os tratamentos aplicados.

	Altura (cm)		Diâmetro (mm)	
	F	Prob > F	F	Prob > F
Nov/08	1,29	0,28	0,63	0,59
Mai/09	1,38	0,25	0,91	0,43
Nov/09	0,46	0,70	0,56	0,64
Mai/10	0,38	0,76	0,77	0,51

Contudo, mesmo não havendo diferenças significativas entre os tratamentos, constatou-se que, inicialmente, os indivíduos submetidos ao solo nativo tenderam a apresentar médias de altura e diâmetro superiores aos demais tratamentos. Porém, após 2 anos, em maio de 2010 os tratamentos com FMAs já demonstraram uma tendência a efeitos positivos no crescimento em altura, atingindo os indivíduos submetidos ao tratamento com *Scutellospora heterogama* a maior média, o que representou 5,35% a mais em relação ao tratamento com solo nativo. Com relação ao diâmetro, todos os tratamentos com FMAs tenderam a apresentar médias superiores ao solo nativo, sendo que *Scutellospora heterogama* também apresentou a maior média, 11,30% a mais que o solo nativo (Figuras 6.2 e 6.3).

Quanto aos valores de incremento total, realizado no período de maio/2008 a maio/2010, constatou-se que os tratamentos com FMAs aumentaram de 226,41 a 328,06 cm em altura e de 59,74 a 62,15 mm em diâmetro comparados com 310,30 cm e 53,93 mm em altura e diâmetro, respectivamente, para o tratamento Solo Nativo (Tabela 6.2). Em 2 anos de campo, averiguou-se que o tratamento com *Scutellospora heterogama* foi o que apresentou maior incremento em altura, valor que representou 5,72% a mais em incremento do que o tratamento com Solo Nativo. Todos os tratamentos com inoculação de FMAs apresentaram valores maiores em incremento de diâmetro, especialmente *Acaulospora koskei* (15,24% a mais) que o tratamento com Solo Nativo.

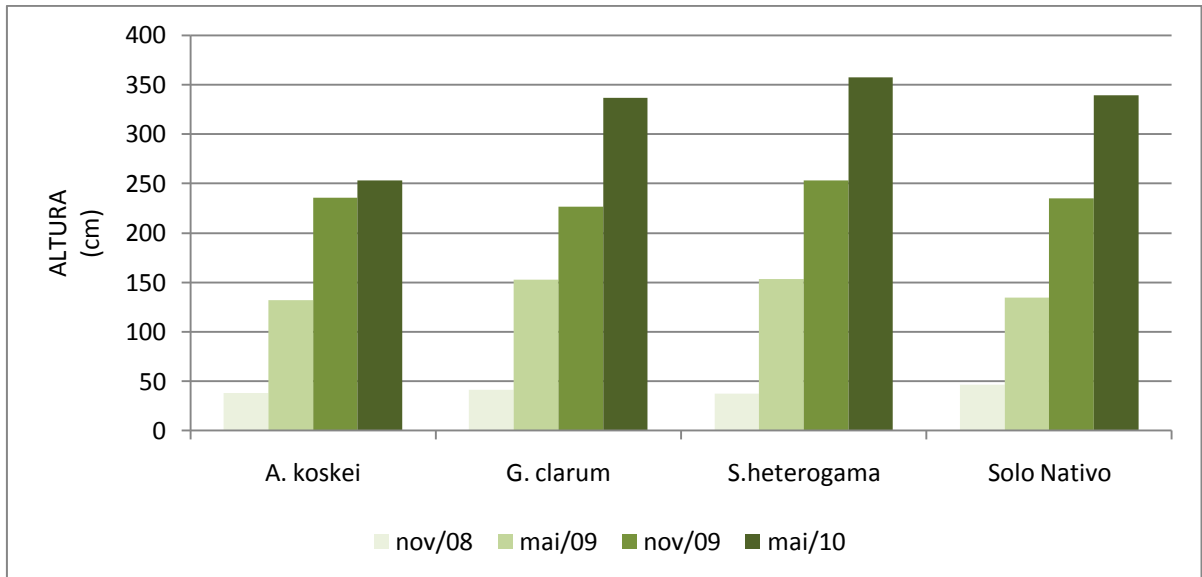


Figura 6.2 – Altura (cm) semestral de *Schinus terebinthifolius* por tratamento.

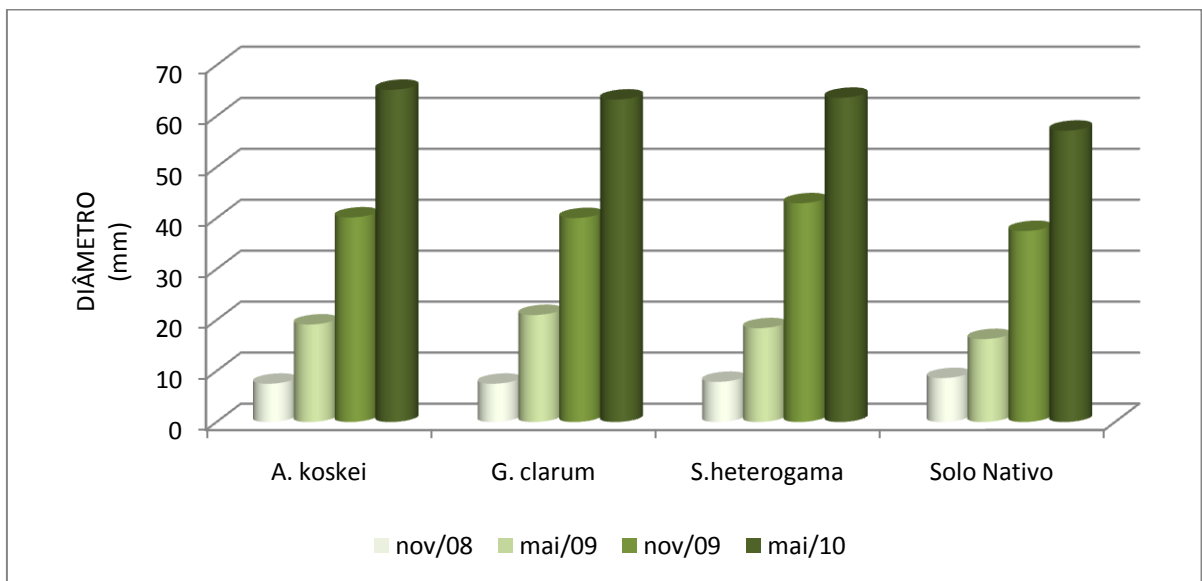


Figura 6.3 – Diâmetro (mm) semestral de *Schinus terebinthifolius* por tratamento.

Tabela 6.2 – Incremento total (maio/08 – maio/10) de altura (cm) e diâmetro (mm) de *Schinus terebinthifolius* por tratamento.

	<i>A. koskei</i>	<i>G. clarum</i>	<i>S. heterogama</i>	Solo Nativo
Altura (cm)	226,41	307,06	328,06	310,30
Diâmetro (mm)	62,15	59,74	60,19	53,93

Com relação à quantidade de fósforo na biomassa foliar, não houve diferença significativa entre os tratamentos de inoculação (Figura 6.4).

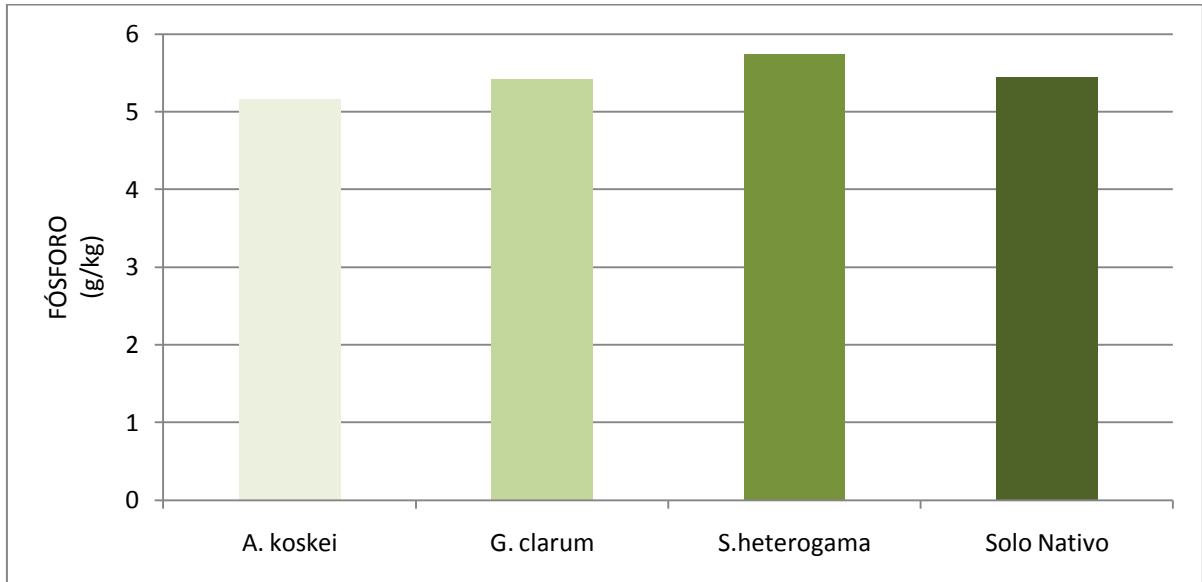


Figura 6.4 – Fósforo (g/kg) na biomassa foliar de *Schinus terebinthifolius* por tratamento.

Quanto ao carbono na biomassa foliar e no solo, não foram constatadas diferenças significativas entre os tratamentos. Contudo, plantas inoculadas com *Scutellospora heterogama* tenderam a apresentar maior quantidade de carbono na biomassa foliar, com relação aos demais tratamentos, seguida de Solo Nativo. Os valores de carbono no solo também tenderam a ser maiores em quincênios estabelecidos com plantas inoculadas com *Scutellospora heterogama* (Tabela 6.4).

Tabela 6.3 - Carbono (g/Kg) na biomassa foliar de *Schinus terebinthifolius* e no solo, por tratamento.

Tratamentos	Carbono biomassa foliar	Carbono solo
<i>A. koskei</i>	276,61 ± 48,83	6,83 ± 1,10
<i>G. clarum</i>	286,63 ± 43,85	7,90 ± 2,38
<i>S. heterogama</i>	329,846 ± 71,66	8,86 ± 0,70
Solo Nativo	326,00 ± 84,66	7,60 ± 1,40

Ao realizar a estimativa de carbono na biomassa no último período de medições (maio/2010), constatou-se que todos os tratamentos com FMAs apresentaram médias maiores

de carbono que o tratamento Solo Nativo. Foi aplicada a Análise de Variância (ANOVA) seguida pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$), onde as diferenças entre as médias não foram significativas. Contudo, aplicando o Teste T de Student ($P < 0,05$), o tratamento *Acaulospora koskei* obteve uma média significativamente maior de carbono na biomassa, com 49,15% a mais em relação ao tratamento Solo Nativo (Tabela 6.5).

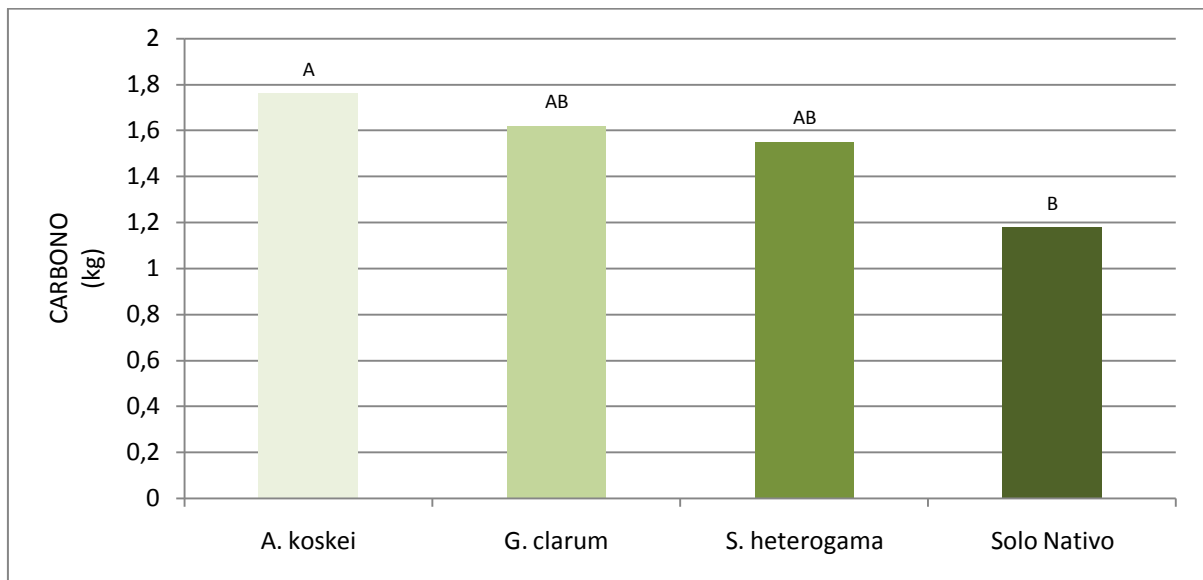


Figura 6.5 – Estimativa da quantidade de carbono (Kg) na biomassa de *Schinus terebinthifolius* nos diferentes tratamentos aplicados em maio/2010. Letras diferentes representam diferença significativa entre os tratamentos ($P < 0,05$).

6.4 DISCUSSÃO

Neste estudo não foi possível verificar o efeito da inoculação com isolados de FMAs no crescimento em altura e diâmetro de *Schinus terebinthifolius* quando transplantadas para uma área de recuperação de floresta fluvial. No entanto, embora sem ter diferido estatisticamente dos outros tratamentos, após 24 meses a campo (maio/2010), plantas associadas com *Scutellospora heterogama* tenderam a apresentar maiores médias de altura e diâmetro. Além disso, ao observar os dados de incremento de altura e diâmetro após 24 meses a campo, constatou-se que todos os tratamentos com FMAs demonstraram efeitos positivos no incremento de diâmetro quando comparados ao tratamento Solo Nativo. Também na altura, o tratamento com o FMA *Scutellospora heterogama* foi o que apresentou maior incremento em relação ao demais, seguida de Solo Nativo. Uma das possíveis razões para este resultado, é que as plantas no tratamento Solo Nativo também estavam associadas com FMAs presentes no solo, visto que o mesmo não foi esterilizado. Isto indica que algumas comunidades de FMAs podem ser tão eficientes quanto isolados fúngicos em promover o

crescimento de plantas. Desta forma, o tratamento com FMAs apresentou, de modo geral, benefícios positivos para o incremento de altura e diâmetro em *Schinus terebinthifolius*.

São reconhecidos os benefícios da associação micorrízica para as plantas. Nesta simbiose, onde as plantas fornecem energia e carbono para os fungos e estes, por sua vez, fornecem diversos nutrientes minerais absorvidos do solo, em especial o fósforo, um dos benefícios mais evidentes é a melhoria no crescimento (SIQUEIRA, 1996; SMITH & READ, 1997; BAGO et al., 2003). Flores-Ayala et al. (2003) constataram que o crescimento inicial de espécies arbóreas pioneiras, entre elas, a aroeira, foi beneficiado pela inoculação FMA. A literatura cita diversos estudos com espécies arbóreas onde a inoculação com FMAs acarretou benefícios para a espécie hospedeira. Machineski et al. (2009) constataram que mudas de peroba rosa (*Aspidosperma polyneuron*) inoculadas com FMAs apresentaram altura de até 81,4% superior ao tratamento controle e Costa et al. (2001), em seu estudo com aceroleira (*Malpighia emarginata*), constataram que as plantas submetidas ao tratamento com FMAs apresentaram maior altura, aumento na biomassa seca da parte aérea e na área foliar. Carneiro et al. (2004) constataram que plantas de embaúba (*Cecropia pachystachya*) inoculadas com FMAs apresentaram aumentos significativamente maiores de diâmetro (14%), área foliar (34%) e matéria seca da parte aérea (26%), quando comparadas com as plantas submetidas ao tratamento controle.

Analisando a % de carbono e a quantidade de fósforo nos diferentes tratamentos aplicados, constatou-se que, em ambos os parâmetros, houve uma tendência de serem maiores em indivíduos submetidos ao tratamento com *Scutellospora heterogama*. Este dado pode estar relacionado com o maior crescimento dos indivíduos submetidos a este tratamento, cujas médias de altura e diâmetro em maio de 2010 foram maiores em comparação com os demais tratamentos aplicados. Assim, os dados obtidos sugerem que quanto maior for o aumento no crescimento, maiores poderão ser as quantidades de CO₂ capturadas e fixadas na biomassa foliar vegetal.

É importante ressaltar que a acelerada taxa de crescimento e a grande demanda pelos minerais, características comuns entre espécies arbóreas pioneiras, podem acarretar na deficiência de fósforo na parte aérea entre estas espécies, fator este que tende a aumentar a colonização por FMAs nas raízes, produzindo melhorias no desempenho do hospedeiro (KOIDE, 1991; SMITH & READ, 1997).

Diferentemente dos dados obtidos nesta pesquisa, onde a utilização de um FMA tendeu a proporcionar benefícios na quantidade de nutrientes foliares, na pesquisa realizada com espécies arbóreas tropicais, Carneiro et al. (1996) analisaram em diversas espécies os

teores foliares de P e obtiveram em aroeira maiores resultados para o tratamento controle, de $1,2 \text{ mg/Kg}^{-1}$ quando comparado ao tratamento com fungos micorrízicos, de $0,8 \text{ mg/Kg}^{-1}$.

Com relação aos tratamentos aplicados, foi averiguado que plantas submetidas ao tratamento com *Scutellospora heterogama* tenderam a apresentar maiores médias de carbono na biomassa foliar. Além disso, quincênios de indivíduos submetidos a este mesmo tratamento tenderam a apresentar uma maior quantidade de carbono no solo, fator este que poderia ser justificado pelo fato dos exemplares submetidos a este tratamento também terem apresentado maiores médias de altura e diâmetro na última medição realizada. Este resultado sugere que o desenvolvimento vegetal em altura e diâmetro está relacionado com a quantidade de raiz produzida, as quais, por sua vez, afetam os processos de rizodeposição de composto de carbono no solo. De acordo com Rodrigues et al. (2006), os FMAs têm acesso direto ao carbono fixado pelas plantas, constituindo a maior fonte deste elemento e de energia para o solo.

Com relação à estimativa de carbono na biomassa de *Schinus terebinthifolius*, a inoculação com isolados de FMAs tendeu a melhores efeitos que o tratamento Solo Nativo. O tratamento *Acaulospora koskei* foi o que apresentou a maior média da quantidade de carbono na biomassa, sendo que esta diferença, além de significativa, foi quase 50% maior que o tratamento Solo Nativo. Deste modo, pode-se inferir que a utilização destes isolados fúngicos pode ter uma boa contribuição em projetos de recuperação de ambientes fluviais que visem o aumento na fixação de carbono.

6.5 CONCLUSÕES

Através do cálculo da estimativa de carbono na biomassa de *Schinus terebinthifolius*, ficou evidenciado como os isolados fúngicos utilizados neste estudo podem contribuir de maneira significativa para o aumento na quantidade de carbono fixado na biomassa das plantas.

A inoculação com diferentes isolados fúngicos afetou de maneira distinta o desenvolvimento vegetal, indicando que o uso de isolados diferentes é importante quando se pretende aumentar o crescimento, a altura ou a fixação de carbono.

CONCLUSÃO GERAL

Práticas de manejo considerando a inoculação micorrízica com a retirada do endosperma afetam o crescimento e a distribuição de açúcares solúveis e amido em *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis*. Evidências apresentadas neste estudo sugerem que estas práticas podem levar ao aumento na quantidade de carbono fixada na biomassa aérea e na alocação de carbono para as raízes, o que pode influenciar os estoques de carbono no solo.

Em estudos a campo, um número maior de plantas deve ser analisado para a mensuração de biomassa e carbono. O baixo número amostral pode ter mascarado o efeito dos FMAs em aumentar a biomassa de *Archontophoenix alexandrae* e *Euterpe edulis* após 2 anos a campo.

A inoculação com diferentes isolados de FMAs tiveram efeitos diferenciados nos parâmetros de altura, diâmetro e fixação de carbono em *Schinus terebinthifolius*, sugerindo que o estudo das interações entre isolados fúngicos e a planta hospedeira é importante e deve ser levado em consideração quando no uso de mudas para revegetação de florestas ciliares com objetivo de aumentar a fixação de carbono.

REFERÊNCIAS

- AMADOR, D. B.; VIANA, V. M. Sistemas agroflorestais para recuperação de fragmentos florestais. **Série técnica IPEF**, São Paulo, v. 12, n. 32, p. 105-110, 1998.
- ANDERSON, S.; BIDWELL, T. G.; ROMANN, L. **Introduction to Agroforestry Alternatives**. Stillwater: Oklahoma State University, Extension Service, 1991. 12p.
- ANDREAZZI, C. S., PIRES, A. S.; FERNANDEZ, F. A. S. Mamíferos e palmeiras neotropicais: interações em paisagens fragmentadas. **Oecologia Brasiliensis**, Editora UFRJ, Rio de Janeiro, v. 13, n. 4, p. 554-574, 2009.
- AONO, T.; MALDONADO-MENDOZA, I. E.; DEWBRE, G. R.; HARRISON, M. J.; SAITO, M. Expression of alkaline phosphatase genes in arbuscular mycorrhizas. **New Phytologist**, v. 162, p. 525-534, 2004.
- ARATO, H. D. **Caracterização química e decomposição de folhas de espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica**. 2006. Dissertação (Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, 2006.
- ARATO, H. D.; MARTINS, S. V.; FERRARI, S. H. S. Produção e decomposição de serrapilheira em um sistema agroflorestral implantado para recuperação de área degradada em Viçosa-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, Minas Gerais, v.27, n.5, p. 715-721, 2003.
- ARCO-VERDE, M. F.; SILVA, I. C.; JÚNIOR, M. M. Aporte de nutrientes e produtividade de espécies arbóreas e de cultivos agrícolas em sistemas agroflorestais na Amazônia. **Revista Floresta**, Curitiba, Paraná, v. 39, n. 1, p. 11-22, 2009.
- AREVALO, L. A.; ALEGRE, J. C.; VILCAHUAMAN, L. J. M. **Metodologia para Estimar o Estoque de Carbono em Diferentes Sistemas de Uso da Terra**. Colombo, Paraná: Embrapa Florestas, 2002, 41 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS - ABRAFLOR. **Anuário estatístico da ABRAF**: ano base 2007. Brasília, 2008
- ATKINSON, D.; BLACK, K. E.; FORBES, P. J.; HOOKER, J. E.; BADDELEY, J. A.; WATSON, C. A. The influence of arbuscular mycorrhizal colonization and environment on root development in soil. **European Journal of Soil Science**, v. 54, p. 751-757, 2003.

BAGGIO, A. J.; CARPANEZZI, A. A.; GRAÇA, L. R. e CECCON, E. Sistema agroflorestal tradicional da bracatinga com culturas agrícolas anuais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 12, p. 73-82, 1986.

BAGGIO, A. J.; CARPANEZZI, O. B.; GRAÇA, M. E. C. Propagação vegetativa da aroeira para palanques vivos: resultados preliminares. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 18/19, p.63-66, 1989.

BAGO, B.; PFEFFER, P. E.; ABUBAKER, J.; JUN, J.; ALLEN, J. W.; BROUILLETTE, J.; DOUDS, D. D.; LAMMERS, P. J.; SHACHAR-HILL, Y. Carbon Export from Arbuscular Mycorrhizal Roots Involves the Translocation of Carbohydrate as well as Lipid. **Plant Physiology**, v. 131, p. 1496-1507, 2003.

BALBINOT, R.; SCHUMACHER, M. V.; WATZLAWICK, L. F.; SANQUETTA, C. R. Inventário do carbono orgânico em um plantio de *Pinus taeda* aos 5 anos de idade no Rio Grande do Sul. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Paraná, v. 5, n. 1, p. 59-68, 2003.

BERNOUX, M.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C.; GERALDES, A. P. A.; FERNANDES, S. A. P. Carbono e nitrogênio em solo de uma cronossequência de floresta tropical - pastagem de Paragominas. **Scientia Agricola**, Piracicaba, São Paulo, v. 56, n.4, p. 777-783, 1999.

BONFIM, J. A.; MATSUMOTO, S. N.; COELHO, R. A.; LIMA, J. M.; CÉSAR, F. R. C. F.; SANTOS, M. A. F.; LEMOS, C. L.; SOUZA, A. J. J. Colonização micorrízica em sistemas de cafezais arborizados no município de Vitória da Conquista, Bahia. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Cruz Alta, Rio Grande do Sul, v. 2, n. 2, p. 752-755, 2007.

BOOZ, M. R. **Potencial dos fungos micorrízicos arbusculares na fixação de carbono em *Archontophoenix alexandrae* H. Wendl. & Drude e *Euterpe edulis* Martius (Arecaceae)**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Regional de Blumenau, Blumenau/SC, 2009.

BOVI, M. L. A.; CARDOSO, M.; CIONE, J. Sistema radicular do palmitero. **Bragantia**, Campinas, v. 37, n. 1, p. 85-88, 1978.

BOVI, M. L. A.; SAES, L. A.; UZZO, R. R.; SPIERING, S. H. Adequate timing for heart-of-palm harvesting in King palm. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 2, p. 135-139, 2001.

BOVI, M. L. A.; SPIERING, S. H.; BARBOSA, A. M. M. Densidade radicular de progênies de pupunheira em função de adubação NPK. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 3, p. 186-193, 1999.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002

BRAGA, T. V. S. **Associações com fungos micorrízicos e bactérias fixadoras de nitrogênio em *Allagoptera arenaria* (Gomes) O. Kuntze na restinga de Marambaia, R.J.** 2008. Monografia (Engenharia Florestal). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica/RJ, 2008.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Agronegócio Brasileiro: uma oportunidade de investimentos**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/portal/page?_pageid=33,968707&_dad=portal&_schema=PORTAL>. Acesso em 22 abr. 2009.

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Artigo 12 – Mecanismo de desenvolvimento limpo**. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/28744.html>>. Acesso em 20 abr. 2009.

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Contribuição do Brasil para evitar a mudança do clima – ano de 2007**. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/73006.html>>. Acesso em 21 abr. 2009.

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **O que é Efeito Estufa?** Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/49274.html>>. Acesso em 20 abr. 2009.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. MAIA, L. C.; CAVALCANTI, M. A.; GIBERTONI, T.; GOTO, B. T.; MELO, A. M. M.; BASEIA, I. G.; SILVÉRIO, M. L. Fungos. In: PÔRTO, K. C.; ALMEIDA-CORTEZ, J.; TABARELLI, M. (Org.). **Diversidade biológica e conservação da floresta Atlântica ao norte do rio São Francisco**. Brasília, 2006.

BRESSAN, W.; SIQUEIRA, J. O.; VASCONCELLOS, C. A.; PURCINO, A. A. C. Fungos micorrízicos e fósforo, no crescimento, nos teores de nutrientes e na produção do sorgo e soja consorciados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 2, p. 315-323, 2001.

BROWN, S.; GILLESPIE, A. J. R.; LUGO, A. E. Biomass Estimation Methods for Tropical Forests with Applications to Forest Inventory Data. **Forest Science**, v. 35, n. 4, 1989.

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, 2004.

CALDEIRA, M. V. W.; SILVA, E. M. R.; FRANCO, A. A.; ZANON, M. L. B. Crescimento de leguminosas arbóreas em respostas a inoculação com fungos micorrízicos arbusculares. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.7, n.1, p.1 -10, 1997.

CALDEIRA, M. V. W.; WATZLAWICK, L. F.; SCHUMACHER, M. V.; BALBINOT, R.; SANQUETTA, C. R. Carbono orgânico em solos florestais. In: SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICK, L. F.; BALBINOT, R.; ZILLOTTO, M. A. B e GOMES, F. S. (Org.). **As florestas e o carbono**. Curitiba: Imprensa Universitária da UFPR, 2002.

CANIATO, F. F.; GALVÃO, J. C. C.; FINGER, F. L.; PUIATTI, M.; OLIVEIRA, D. A.; FERREIRA, J. L. Quantificação de açúcares solúveis totais, açúcares redutores e amido nos grãos verdes de cultivares de milho na colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, Minas Gerais, v. 31, n. 6, p. 1893-1896, 2007.

CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA, J. O.; DAVIDE, A. C. Fósforo e inoculação com fungos micorrízicos arbusculares no estabelecimento de mudas de embaúba (*Cecropia pachystachya* Trec). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 34, n. 3, p. 119-125, 2004.

CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA, J. O.; DAVIDE, A. C.; GOMES, L. J.; CURI, N.; VALE, F. R. Fungo micorrízico e superfosfato no crescimento de espécies arbóreas tropicais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, São Paulo, n. 50, p. 21-36, 1996.

CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; CARVALHO, D.; BOTELHO, S. A.; JUNIOR, O. J. S. Micorriza arbuscular em espécies arbóreas e arbustivas nativas de ocorrência no sudeste do Brasil. **Revista Cerne**, Lavras, Minas Gerais, v. 4, n. 1, p. 129-145, 1998.

CARRENHO, R.; TRUFEM, S. F. B.; BONONI, V. L. R. Fungos micorrízicos arbusculares em rizosferas de três espécies de fitobiontes instaladas em área de mata ciliar revegetada. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo/SP, v.15, n.1, p. 115-124, 2001.

CARVALHO, A. R. V. **Associação de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares em mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes* H.B.K.) e de dendezeiro (*Elaeis guineensis* JACK.)**. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1997. 230p. (versão on-line).

CARVALHO, D. Aspectos bioquímicos da relação fungo-planta em ectomicorrizas. In: SIQUEIRA, José Oswaldo (Org.). **Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas**. Lavras, Minas Gerais: Universidade Federal de Lavras, 1996.

CAVALCANTE, U. M. T.; MAIA, L. C.; MELO, A. M. M.; SANTOS, V. F. Influência da densidade de fungos micorrízicos arbusculares na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 5, p. 643-649, 2002.

CEMBRANELI, F.; FISCH, S. T. V.; CARVALHO, C. P. Exploração sustentável da palmeira *Euterpe edulis* Mart. no Bioma Mata Atlântica, Vale do Paraíba – SP. **Revista Ceres**, Viçosa, Minas Gerais, v. 56, n. 3, p. 233-240, 2009.

CHAIMSOHN, F. P.; DURIGAN, M. E. Rentabilidade do cultivo de palmeira real versus pupunha para produção de palmito. In: I Encontro paranaense sobre palmitos cultivados: o agronegócio pupunha e palmeira real. **Anais**. Pontal do Paraná: 2002, p. 126-132.

CHANG, M. Seqüestro de Carbono Florestal: oportunidades e riscos para o Brasil. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, Curitiba, n. 102, p. 85-101, 2002.

CHARLO, H. C. O.; MÔRO, F. V.; SILVA, V. L.; SILVA, B. M. S.; BIANCO, S.; MÔRO, J. R. Aspectos morfológicos, germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de *Archontophoenix alexandrae* (F. Mueller) H. Wendl. e Drude (Arecaceae) em diferentes substratos. **Revista Árvore**, Viçosa, Minas Gerais, v.30, n.6, p. 933-940, 2006.

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

COELHO, M. C. C. **Restauração de mata ciliar pela viabilização de crédito de carbono: uma proposta sócio-ambiental para comunidade de baixa renda**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Materiais). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Autarquia associada à Universidade de São Paulo), São Paulo/SP, 2007.

COSTA, C. M. C.; MAIA, L. C.; CAVALCANTE, U. M. T.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Influência de fungos micorrízicos arbusculares sobre o crescimento de dois genótipos de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 6, p. 893-901, 2001.

CUNHA, M. M.; PETER, D. A. Os desafios do meio ambiente e o Protocolo de Quioto. **Revista da FESP: Periódico de Diálogos Científicos**, João Pessoa, Paraíba, v. 1, n. 3, p. 79-88, 2008.

DANIEL, O.; COUTO, L.; GARCIA, R.; PASSOS, C. A. M. Proposta para padronização da terminologia empregada em sistemas agroflorestais no Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, Minas Gerais, v.23, n.3, p.367-370, 1999.

DREW, E. A.; MURRAY, R. S.; SMITH, S.E.; JAKOBSEN, I. Beyond the rhizosphere: growth and function of arbuscular mycorrhizal external hyphae in sands of varying pore sizes. **Plant and Soil**, v. 251, p. 105-114, 2003.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, Washington, v.28, n.3, p. 350-356, 1956.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **A floresta em ambientes fluviais**. Embrapa Floretas e Universidade Federal do Paraná (Org.). Disponível em: <www.cnpf.embrapa.br/evento/imgs/FlorestaFluvial.doc>. Acesso em 26 abr. 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil, 2008**. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/publicacoes/tecnico/aquecimento-global.pdf/view>>. Acesso em 25 abr. 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema de produção da pimenta-do-reino: Micorrizas**. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pimenta/PimenteiradoReino/paginas/micorrizas.htm>>. Acesso em 25 abr. 2009.

FIORDA, F. A.; REIS, R. G. A. Implantação de sistema agroflorestal no assentamento Toledo II no município de Pium – TO. **Revista Carbono Social**, v. 1, n. 4, p. 81-84, 2007.

FISCH, S. T. V.; NOGUEIRA JÚNIOR, L. R.; MANTOVANI, W. Fenologia reprodutiva de *Euterpe edulis* Mart. na mata atlântica (Reserva Ecológica do Trabiju, Pindamonhangaba – SP). **Revista Biociência**, Taubaté, v. 6, n. 2, p. 31-37, 2000.

FLEIG, F. D.; RIGO, S. M. Influência do tamanho dos frutos do palmitheiro *Euterpe edulis* Mart. na germinação das sementes e crescimento das mudas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.8, n.1, p. 35-41, 1998.

FLORES-AYLAS, W. W.; SAGGIN-JÚNIOR, O. J.; SIQUEIRA, J. O.; DAVIDE, A. C. Efeito de *Glomus etunicatum* e fósforo no crescimento inicial de espécies arbóreas em semeadura direta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 2, p. 257-266, 2003.

FOELKEL, C. As plantações de florestas no Brasil. In: BORÉM, Aluizio (Org.). **Biotecnologia Florestal**. Viçosa: Suprema Gráfica e Editora Ltda., 2007.

FONSECA, E. P.; VALÉRI, S. V.; MIGLIORANZA, E.; FONSECA, N. A. N.; COUTO, L. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, Minas Gerais, v. 26, n. 4, p. 515-523, 2002.

FRANK, B. BUTZKE, I. C., ZIMMERMANN, C. E. **Programa de Recuperação da Mata Ciliar**: capacitação de grupos de trabalho municipais. Blumenau: FURB-IPA, 2001.

GALETTI, M.; ALEIXO, A. Effects of palm heart harvesting on avian frugivores in the Atlantic rain forest of Brazil. **Journal of Applied Ecology**, v. 35, p. 286-293, 1998.

GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. **The New Phytologist**, Oxford, v.84, p.489-500, 1980.

GODBOLD, D. L.; HOOSBEEK, M. R.; LUKAC, M.; COTRUFO, M. F.; JANSSENS, I. A.; CEULEMANS, R.; POLLE, A.; VELTHORST, E. J.; SCARASCIA-MUGNOZZA, G.; ANGELIS, P.; MIGLIETTA, F.; PERESSOTTI, A. Mycorrhizal hyphal turnover as a dominant process for carbon input into soil organic matter. **Plant and Soil**, n. 281, p.15-24, 2006.

GOLDEMBERG, J. Mudanças climáticas e desenvolvimento. **Estudos Avançados**, São Paulo/SP, v. 14, n. 39, p. 77-83, 2000.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Parâmetros morfológicos na avaliação de qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, Minas Gerais, v. 26, n. 6, p. 655-664, 2002.

GRAHAM, J. H.; DROUILLARD, D. L.; HODGE, N. C. Carbon economy of sour orange in response to different *Glomus* spp. **Tree Physiology**, v. 16, p. 1023-1029, 1996.

GRANT, C. A.; FLATEN, D. N.; TOMASIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agronômicas**, n. 95, p. 1-5, 2001.

HALL, D. O.; RAO, K. K. **Fotossíntese**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1980.

IPEF - INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS. **Identificação de espécies florestais: *Euterpe edulis* (Palmito Juçara)**. Disponível em: <<http://www.ipef.br/identificacao/nativas/detalhes.asp?codigo=26>>. Acesso em 24 set. 2010.

JAITI, F.; MEDDICH, A.; EL HADRAMI, I. Effectiveness of arbuscular mycorrhizal fungi in the protection of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) against bayoud disease. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 71, p. 166–173, 2007.

JANOS, D. P. Vesicular-arbuscular mycorrhizae affect lowland tropical rain forest plant growth. **Ecology**, Washington, v. 61, n. 1, p. 151 -162, 1980. Ecological Society of America.

JASTROW, J. D.; AMONETTE, J. E.; BAILEY, V. L. Mechanisms controlling soil carbon turnover and their potential application for enhancing carbon sequestration. **Climatic Change**, v. 80, p. 5-23, 2007.

JOLY, A. B. **Botânica: introdução à taxonomia vegetal**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2002.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D. **Restauração da mata ciliar: manual para recuperação de áreas ciliares e microbacias**. Rio de Janeiro: Semads, 2002.

KASCHUK, G.; KUYPER, T. W.; LEFFELAAR, P. A.; HUNGRIA, M.; GILLER, K. E. Are the rates of photosynthesis stimulated by the carbon sink strength of rhizobial and arbuscular mycorrhizal symbioses? **Soil Biology & Biochemistry**, v. 41, p. 1233–1244, 2009.

KIRIACHEK, S. G.; AZEVEDO, L. C. B.; PERES, L. E. P.; LAMBAIS, M. R. Regulação do desenvolvimento de micorrizas arbusculares. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, Minas Gerais, v. 33, p.1-16, 2009.

KOBIYAMA, M. **Conceitos de zona ripária e seus aspectos geobiohidrológicos**. In: I Seminário de Hidrologia Florestal: Zonas Ripárias, Alfredo Wagner, Santa Catarina, 2003. Anais. Alfredo Wagner, Santa Catarina: 2003, p. 9-21.

KOBORI, N. N. **Germinação de sementes de *Livistona chinensis* (Jack.) R. Br. ex. Mart. (Arecaceae)**. 2006. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal/SP, 2006.

KOSKE, R.E.; GEMMA, J.N. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. **Mycology Research**, Cambridge, v.92, p. 488-505, 1989.

KRUG, T. Impacto, vulnerabilidade e adaptação das florestas à mudança do clima. **Parcerias estratégicas**, Brasília, n.27, p. 43-72, 2008.

KURZATKOWSKI, D. Potencial do seqüestro de carbono nos sistemas agroflorestais: análise dos quatro sistemas implantados no município de Pium – TO. **Revista Carbono Social**, v. 1, n. 4, p. 75-80, 2007.

LAMBAIS, M. Aspectos bioquímicos e moleculares da relação fungo-planta em micorrizas arbusculares. In: SIQUEIRA, J. O. (Org.). **Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas**. Lavras, Minas Gerais: Universidade Federal de Lavras, 1996.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa Artes e Textos, 2000.

LEÃO, R. M. **A floresta e o homem**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo – Instituto de pesquisas e Estudos Florestais, 2000.

LENZI, M.; ORTH, A. I. Caracterização funcional do sistema reprodutivo da aroeira vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi), em Florianópolis - SC, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 198-201, 2004.

LENZI, M.; ORTH, A. I. Fenologia reprodutiva, morfologia e biologia floral de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae), em restinga da Ilha de Santa Catarina, Brasil. **Biotemas**, v. 17, n. 2, p. 67-89, 2004.

LIMA, L. S. H.; FRANCO, E. T. H.; SCHUMACHER, M. V. Crescimento de mudas de *Euterpe edulis* Martius em resposta a diferentes doses de fósforo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, Rio Grande do Sul, v. 18, n. 4, p. 461-470, 2008.

LOBATO, A. C.; SILVA, C. N.; LAGO, R. M.; CARDEAL, Z. L.; QUADROS, A. L. Dirigindo o olhar para o efeito estufa nos livros didáticos de ensino médio: é simples entender esse fenômeno? **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, América do Norte, v. 11, n. 1, 2009.

LOPES, I. V.; BASTOS FILHO, G. S.; BILLER, D.; MALCOLM, B. **Gestão ambiental no Brasil: experiência e sucesso**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas Editora, 1996.

LORENZI, H.; HERMES, M. S.; CERQUEIRA, L. S. C.; FERREIRA, E.; COSTA, J. T. M. **Palmeiras brasileiras e exóticas cultivadas**. Nova Odessa, São Paulo: Instituto Plantarum, 2004.

LOVATO, P. E.; TROUVELOT, A.; GIANINAZZI-PEARSON, V.; GIANINAZZI, S.. Micorrização de plantas micropropagadas. In: SIQUEIRA, José Oswaldo (Org.). **Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas**. Lavras, Minas Gerais: Universidade Federal de Lavras, 1996.

LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, Minas Gerais, v. 28, p. 175-187, 2004.

MACHINESKI, O.; BALOTA, E. L.; FILHO, A. C.; ANDRADE, D. S.; SOUZA, J. R. P. Crescimento de mudas de peroba rosa em resposta à inoculação com fungos micorrízicos arbusculares. **Ciência Rural**, Santa Maria, Rio Grande do Sul, v.39, n.2, p. 567-570, 2009.

MARCENE, E. A.; DALLA CORTE, A. P.; SANQUETTA, C. R.; SCHNEIDER. Variação nos teores e estoques individuais de carbono fixado com o crescimento de *Gmelina arborea* Roxb. na região litorânea do Paraná, Brasil. **Revista Scientia Forestalis**, Piracicaba, São Paulo, n. 71, p. 55-63, 2006

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: Editora da Universidade Federal de Viçosa, 2005.

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

MARTINS FILHO, S.; FERREIRA, A.; ANDRADE, B. S.; RANGEL, R. M.; SILVA, M. F. Diferentes substratos afetando o desenvolvimento de mudas de palmeiras. **Revista Ceres**, Viçosa, Minas Gerais, v. 54, n. 311, p. 80-86, 2007.

MARTINS, S. V. **Recuperação de matas ciliares**. Viçosa: Aprenda Fácil Editora, 2001.

MAY, P. H.; BOHRER, C. B.; NOLASCO, S.; CAMPAGNANI, S.; VINHA, Valéria G.; TANIZAKI, K.; DUBOIS, J. C.; MOYA, P. **Sistemas agroflorestais e reflorestamento para**

captura de carbono e geração de renda. In: VI Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica - ECOECO, Brasília, 2005. Anais. Brasília: 2005

MELO, A. C. G.; DURIGAN, G. Fixação de carbono em reflorestamentos de matas ciliares no Vale do Paranapanema, SP, Brasil. **Revista Scientia Forestalis**, Piracicaba, São Paulo, n. 71, p. 149-154, 2006.

MIGUEL, J. R.; SILVA, M. A. M.; DUQUE, J. C. C. Levantamento de palmeiras (Arecaceae) cultivadas na Universidade do Grande Rio, *Campus I* – Duque de Caxias, Rio de Janeiro (Brasil). **Saúde & Ambiente em Revista**, Duque de Caxias, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p. 26 – 36, 2007.

MORSBACH, N.; CHAIMSOHN, F. P.; TREITNY, M. R.; RODRIGUES, A. **Pupunha para palmito:** cultivo no Paraná. Londrina, Paraná: IAPAR, 1998.

NASCIMENTO, I. L.; ANDRADE, L. O.; FIGUEIREDO, G. R. G.; BATISTA, D. S. Vigor de sementes de Palmeira Real (*Archontophoenix alexandrae*) em função da coloração do fruto. **Revista Educação Agrícola Superior - Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior (ABEAS)**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 55-57, 2008.

NORBY, R. J.; JACKSON, R. B. Root dynamics and global change: seeking an ecosystem perspective (Research review). **New Phytologist**, v. 147, p. 3-12, 2000.

NUNES, J. L. S.; SOUZA, P. V. D.; MARODIN, G. A. B.; FACHINELLO, J. C. Inoculação de fungos micorrízicos arbusculares em porta-enxerto de pessegueiro CV Okinawa. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, São Paulo, v. 30, n. 4, p. 1100-1106, 2008.

NUTTO, L.; WATZLAWICK, L. F.; GRAMMEL, R. e FENNER, P. T. O mercado internacional de CO₂: o impacto das florestas naturais e das plantações. In: SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICK, L. F.; BALBINOT, R.; ZILLOTTO, M. A. B e GOMES, F. S. (Org.). **As florestas e o carbono**. Curitiba: Imprensa Universitária da UFPR, 2002.

OLIVEIRA, A. B.; MENDONÇA, M. S.; ARAÚJO, M. G. P. Aspectos anatômicos do embrião e desenvolvimento inicial de *Oenocarpus minor* Mart.: uma palmeira da Amazônia. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo/SP, v. 24, n. 1, p. 20-24, 2010.

OLIVEIRA, A. N.; OLIVEIRA L. A. Associação micorrízica e teores de nutrientes nas folhas de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e guaranazeiro (*Paullinia cupana*) de um sistema agroflorestal em Manaus, Amazonas. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, Minas Gerais, v. 28, p. 1063-1068, 2004.

OLIVEIRA, A. N.; OLIVEIRA, L. A.; FIGUEIREDO, A. F. Colonização micorrízica e concentração de nutrientes em três cultivares de bananeiras em um Latossolo Amarelo da Amazônia Central. **Acta Amazônica**, Manaus, Amazônia, v. 33, n. 3, p. 345-352, 2003.

PAIXÃO, F. A.; SOARES, C. P. B.; JACOVINE, L. A. G.; SILVA, M. L.; LEITE, H. G.; SILVA, G. F. Quantificação do estoque de carbono e avaliação econômica de diferentes alternativas de manejo em um plantio de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, Minas Gerais, v. 30, n. 3, p. 411-420, 2006.

PARROTTA, J. A. The role of plantation forests in rehabilitating degraded tropical ecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 41, p.115-133, 1992.

PASDIORA, A. L. **Florística e fitossociologia de um trecho de floresta ripária em dois compartimentos ambientais do Rio Iguazu, Paraná, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 2003.

PEREIRA, A. A. S. Fotossíntese. In: VIEIRA, E. C.; GAZZINELLI, G.; MARES-GUIA, M. (Org.). **Bioquímica celular e biologia molecular**. São Paulo e Rio de Janeiro: Livraria Atheneu Editora, 1991.

PEREIRA, E. G.; SIQUEIRA, J. O.; CURI, N.; MOREIRA, F. M. S.; PURCINO, A. A. C. Efeitos da micorriza e do suprimento de fósforo na atividade enzimática e na resposta de espécies arbóreas ao nitrogênio. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 59-65, 1996.

PINHEIRO, M. A. S. **Fitossociologia de áreas enriquecidas com o palmito *Euterpe edulis* (Martius) em paisagens alteradas da Mata Atlântica**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro, 2007.

POLLMANN, G. M. **Indicadores de sustentabilidade na prática agroflorestal: um estudo de caso no sítio São José, Sertão de Taquari, município de Paraty – RJ**. 2008. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro/RJ, 2008.

POUYÚ-ROJAS, E; SIQUEIRA, J. O. Micorriza arbuscular e fertilização do solo no desenvolvimento pós-transplante de mudas de sete espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 103-114, 2000.

POUYU-ROJAS, E.; SIQUEIRA, J. O.; SANTOS, J. G. D. Compatibilidade simbiótica de fungos micorrízicos arbusculares com espécies arbóreas tropicais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, Minas Gerais, v. 30, p. 413-424, 2006.

QUEIROZ, P. S. Variáveis sazonais na colonização radicular por FMA associados a populações de Buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.) em Veredas na APA Pandeiros, MG. **III Fórum: Gestão, Pesquisa, Ensino, Extensão**. Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES, 2009.

RAMOS, M. G. Palmeira-Real-da-Austrália: Características e cultivo para produção de palmito. In: I Encontro paranaense sobre palmitos cultivados: o agronegócio pupunha e palmeira real. **Anais**. Pontal do Paraná: 2002, p. 89-107.

RAMOS-ZAPATA, J. A.; ORELLANA, R.; ALLEN, E. B. Establishment of *Desmoncus orthacanthos* Martius (Arecaceae): effect of inoculation with arbuscular mycorrhizae. **Rev. Biol. Trop.** v. 54, n.1, p. 65-72, 2006.

RAMOS-ZAPATA, J. A.; ORELLANA, R.; GUADARRAMA, P.; MEDINA-PERALTA, S. Contribution of Mycorrhizae to Early Growth and Phosphorus Uptake by a Neotropical Palm. **Journal of Plant Nutrition**, v. 32, p. 855–866, 2009.

REIS, M. S.; REIS, A. *Euterpe edulis* Martius – (Palmito): biologia, conservação e manejo. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 2000.

RESENDE, M.; LANI, J. L.; REZENDE S. B. Pedossistemas da Mata Atlântica: considerações pertinentes sobre a sustentabilidade. **Revista Árvore**, Viçosa, Minas Gerais, v.26, n.3, p. 261-269, 2002.

RIBEIRO, S. C.; JACOVINE, L. A. G.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V.; SOUZA, A. L.; NARDELLI, A. M. B. Quantificação de biomassa e estimativa de estoque de carbono em uma floresta madura no município de Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, Minas Gerais, v. 33, n. 5, p. 917-926, 2009.

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**, v. 233, p. 167–177, 2001.

RIZZI, N. E. Função da floresta na manutenção da qualidade da água para uso humano. **Revista Floresta**, Curitiba, Paraná, v. 15, n. 12, p. 54-65, 1985.

ROCHA, M. T. O aquecimento global e os instrumentos de mercado para a solução do problema. In: SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICK, L. F.; BALBINOT, R.; ZILIOOTTO, M. A. B. e GOMES, F. S. (Org.). **As florestas e o carbono**. Curitiba: Imprensa Universitária da UFPR, 2002.

RODIGHERI, H. R. **Rentabilidade econômica comparativa entre plantios florestais e sistemas agroflorestais com erva-mate, eucalipto e pinus e as culturas do feijão, milho, soja e trigo**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1997.

RODRIGUES, L. A.; BARROSO, D. G.; MARTINS, M. A.; MENDONÇA, A. V. R. Revegetação de áreas degradadas pela extração de argila no Norte do Estado do Rio de Janeiro. **Perspectivas**, Campos dos Goytacazes, v. 5, n. 10, p. 88-105, 2006.

RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Edusp – Editora da Universidade de São Paulo, 2000.

RÖRIG, L. R. **Usos múltiplos e qualidade das águas da bacia do baixo Itajaí-Açu - SC: elementos para um gerenciamento integrado**. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas), Universidade Federal de São Carlos, 295 p., São Carlos, São Paulo, 2005.

ROUHIER, H.; READ, D. J. The role of mycorrhiza in determining the response of *Plantago lanceolata* to CO₂ enrichment. **New Phytologist**, v. 139, p. 367-373, 1998.

RUIZ FILHO, R. R.; RENATO MARQUES, R.; ROCHA, A. A. Crescimento e aspectos nutricionais da Palmeira Real Australiana, sob diferentes espaçamentos, no litoral do Paraná, Brasil. **Scientia Agraria**, Curitiba, Paraná, v. 11, n. 2, p. 175-180, 2010.

RUSSOMANNO, O. M. R., KRUPPA, P. C., MINHONI, M. T. A. Influência de fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento de plantas de alecrim e manjeriço. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo/SP, v.75, n.1, p.37-43, 2008.

SAGGIN-JÚNIOR, O. J.; SIQUEIRA, J. O. Micorrizas arbusculares em cafeeiro. In: SIQUEIRA, J. O. (Org.). **Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas**. Lavras, Minas Gerais: Universidade Federal de Lavras, 1996.

SANQUETTA, C. R. Apresentação. In: SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICK, L. F.; BALBINOT, R.; ZILIOOTTO, M. A. B. e GOMES, F. S. (Org.). **As florestas e o carbono**. Curitiba: Imprensa Universitária da UFPR, 2002.

SANTIN, M. F. C. L.; ALVIM, A. M. Os impactos da demanda por crédito de carbono sobre o mercado de certificações de redução de emissões no Brasil. **Ensaio Fundação de Economia e Estatística**, v. 29, n. 2, p. 503-530, 2008.

SANTOS, J. G. D., SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. Eficiência de fungos micorrízicos arbusculares isolados de solos de áreas de mineração de bauxita no crescimento inicial de espécies nativas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, Minas Gerais, v. 32, p. 141-150, 2008.

SANTOS, M. J. C.; RODRIGUEZ, L. C. E. e WANDELLI, E. V. Avaliação econômica de quatro modelos agrofloretais em áreas degradadas por pastagens na Amazônia Ocidental. **Revista Scientia Forestalis**, Piracicaba, São Paulo, n. 62, p. 48-61, 2002.

SANTOS, S. R. M.; MIRANDA, I. S.; TOURINHO M. M. Estimativa de biomassa de sistemas agrofloretais das várzeas do rio Juba, Cametá, Pará. **Revista Acta Amazônica**, Manaus, Amazônia, v. 34, n. 1, p. 1-8, 2004. Editora Inpa.

SCHETTINI, C. A. F.; RESGALLA JR., C.; PEREIRA FILHO, J.; SILVA, M. A. C.; TRUCCOLO, E. C.; RÖRIG, L. R. Variabilidade temporal das características oceanográficas e ecológicas da região de influência fluvial do rio Itajaí-Açu. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 9, n. 2, p. 93-102, 2005.

SCHIAVO, J. A.; MARTINS, M. A.; RODRIGUES, L. A. Crescimento de mudas de *Acacia mangium*, *Sesbania virgata* e *Eucalyptus camaldulensis*, inoculadas com fungos micorrízicos, em casa-de-vegetação e em cava-de-extração de argila. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 171-178, 2010.

SCHROEDER, P. Carbon storage potential of short rotation tropical tree plantations. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 50, p.31-41, 1992.

SEVEGNANI, L. **Programa de Recuperação da Mata Ciliar**: capacitação de grupos de trabalho municipais. In: FRANK, B. BUTZKE, I. C., ZIMMERMANN, C. E. (Org.) Blumenau: FURB-IPA, 2001.

SILVA JÚNIOR, J. M. T.; MENDES FILHO, P. F.; GOMES, V. F. F.; GUIMARÃES, F. A. V.; SANTOS, E. M. Desenvolvimento do meloeiro associado a fungos micorrízicos arbusculares e cultivado em substrato pó de coco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 1, p. 54-59, 2010. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil.

SILVA JÚNIOR, J. P. **Comunidade de fungos micorrízicos arbusculares associadas à pupunha e ao cupuaçu cultivados em sistema agroflorestral e em monocultivo na**

Amazônia Central. 2004. Doutorado (Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba/SP, 2004.

SILVEIRA, S. V.; SOUZA, P. V. D.; KOLLER, O. C. Influência de fungos micorrízicos arbusculares sobre o desenvolvimento vegetativo de porta-enxertos de abacateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 3, p. 303-309, 2002.

SIQUEIRA, J. O. Micorrizas e micorrizologia. In: SIQUEIRA, J. O. (Org.). **Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas**. Lavras, Minas Gerais: Universidade Federal de Lavras, 1996.

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 and Management**, v. 107, p.241-252, 1998.

SIQUEIRA, J. O.; LAMBAIS, M. R.; STÜRMER, S. L. Fungos Micorrízicos arbusculares: características, associação simbiótica e aplicação na agricultura. **Biociência**, n. 25, p. 12-21, 2002.

SIQUEIRA, J. O.; SAGGIN-JÚNIOR, O. J.; COLOZZI-FILHO, A.; OLIVEIRA, E. Influência do substrato de formação e da micorriza no crescimento de mudas de caféiro transplantadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v. 30, n. 12, p. 1417-1425, 1995.

SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal symbiosis**. 2^a ed. San Diego, California: Academic Press, 1997 (versão eletrônica).

SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal symbiosis**. 3^a ed. San Diego, California: Academic Press, 2008 (versão eletrônica).

SOARES, A. C. F.; GARRIDO, M. S.; AZEVEDO, R. L.; MENDES, L. N.; GRAZZIOTTI, P. H. Produção de mudas de ipê roxo inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares. **Magistra**, Cruz das Almas, Bahia, v. 15, n. 2, p. 123-127, 2003.

SOARES, C. P. B.; OLIVEIRA, M. L. R. Equações para estimar a quantidade de carbono na parte aérea de árvores de eucalipto em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, Minas Gerais, v. 26, n. 5, p. 533-539, 2002.

SOCHER, L. G.; RODERJAN, C. V., GALVÃO, F. Biomassa Aérea de uma Floresta Ombrófila Mista Aluvial no Município de Araucária (PR). **Floresta**, Curitiba, Paraná, v. 38, n. 2, p. 245-252, 2008.

SOUZA, D. P.; KOBIYAMA, M. **Ecoengenharia em zona ripária: renaturalização de rios e recuperação de vegetação ripária**. In: I Seminário de Hidrologia Florestal: Zonas Ripárias, Alfredo Wagner, Santa Catarina, 2003. Anais. Alfredo Wagner, Santa Catarina: 2003 , p. 129-139.

SOUZA, P. V. D.; CARNIEL, E.; SCHMITZ, J. A. K.; SILVEIRA, S. V. Influência de substratos e fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento vegetativo do porta-enxerto Flying Dragon (*Poncirus trifoliata*, var. montruosa Swing.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 285-287, 2005.

SUDO, A.; SILVA, E. M. R.; BOVI, M. L. A.; ALMEIDA, D. L.; COZZOLINO, K. Produção de mudas de pupunheira colonizadas por fungos micorrízicos arbusculares. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, Minas Gerais, v.20, p.529-532, 1996.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995.

TRESEDER, K. K.; ALLEN, M. F. Research review - Mycorrhizal fungi have a potential role in soil carbon storage under elevated CO₂ and nitrogen deposition. **New Phytologist**, v. 147, p. 189-200, 2000.

TRINDADE, J. G. C. Responsabilidade socioambiental: caminho para um amanhã verde. **E-Revista Facitec – Editorial, artigos, resumos e resenhas**, v. 1, n. 1, 2007.

TUCCI, M. L. S. **Variação estacional do crescimento e de trocas gasosas em pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth)**. 2004. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal). Universidade Estadual de Campinas, Campinas/SP, 2004.

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. 21, n. 1, p. 136-142, 2004.

UZZO, R. P.; BOVI, M. L. A.; SPIERING, S. H.; SÁES, L. A. Correlações fenotípicas entre caracteres vegetativos e de produção de palmito da palmeira real australiana. **Scientia Agricola**, Campinas, São Paulo, v.59, n.3, p. 505-511, 2002.

VALLILO, M. I.; CRESTANA, C. S. M.; AUED-PIMENTEL, S.; TAVARES, M; KUMAGAI, E. E.; GARBELOTTI, M. L. Composição química das sementes de *Archontophoenix alexandrae* H. Wendl. & Drude (Arecaceae). **Revista Árvore**, Viçosa, Minas Gerais, v. 28, n.5, p. 676-679, 2004.

VASCONCELOS, E. A. F.; MEDEIROS, M. G .F.; RAFFIN, F. N.; MOURA, T. F. A. L. Influência da temperatura de secagem e da concentração de Aerosil®200 nas características dos extratos secos por aspersão da *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Curitiba, Paraná, v. 15, n. 3, p. 243-249, 2005.

VANDRESEN, J.; NISHIDATE, F. R.; TOREZAN, J. M. D.; ZANGARO, W. Inoculação de fungos micorrízicos arbusculares e adubação na formação e pós-transplante de mudas de cinco espécies arbóreas nativas do sul do Brasil. **Revista Acta Botanica Brasilica**, São Paulo/SP, v. 21, n. 4, p. 753 – 765, 2007. Sociedade Botânica do Brasil.

VELASCO, G. D. N.; HIGUCHI, N. Estimativa de seqüestro de carbono em mata ciliar: projeto POMAR, São Paulo (SP). **Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, Guarapuava, Paraná, v. 5, n. 1, p. 135-141, 2009.

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**, Cambridge, v. 16, n. 4, p. 603-622, 2000.

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

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**, United Kingdom, v.19, p. 315-324, 2003.

ANEXOS

Anexo 1 – Artigo 12 do Protocolo de Quioto, sobre o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, de acordo com Brasil - Ministério da Ciência e Tecnologia (2009).

Artigo 12

1. Fica definido um mecanismo de desenvolvimento limpo.
2. O objetivo do mecanismo de desenvolvimento limpo deve ser assistir às Partes não incluídas no Anexo I para que atinjam o desenvolvimento sustentável e contribuam para o objetivo final da Convenção, e assistir às Partes incluídas no Anexo I para que cumpram seus compromissos quantificados de limitação e redução de emissões, assumidos no Artigo 3.
3. Sob o mecanismo de desenvolvimento limpo:
 - (a) As Partes não incluídas no Anexo I beneficiar-se-ão de atividades de projetos que resultem em reduções certificadas de emissões; e
 - (b) As Partes incluídas no Anexo I podem utilizar as reduções certificadas de emissões, resultantes de tais atividades de projetos, para contribuir com o cumprimento de parte de seus compromissos quantificados de limitação e redução de emissões, assumidos no Artigo 3, como determinado pela Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes neste Protocolo.
4. O mecanismo de desenvolvimento limpo deve sujeitar-se à autoridade e orientação da Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes neste Protocolo e à supervisão de um conselho executivo do mecanismo de desenvolvimento limpo.
5. As reduções de emissões resultantes de cada atividade de projeto devem ser certificadas por entidades operacionais a serem designadas pela Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes neste Protocolo, com base em:
 - (a) Participação voluntária aprovada por cada Parte envolvida;
 - (b) Benefícios reais, mensuráveis e de longo prazo relacionados com a mitigação da mudança do clima; e

(c) Reduções de emissões que sejam adicionais as que ocorreriam na ausência da atividade certificada de projeto.

6. O mecanismo de desenvolvimento limpo deve prestar assistência quanto à obtenção de fundos para atividades certificadas de projetos quando necessário.

7. A Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes neste Protocolo deve, em sua primeira sessão, elaborar modalidades e procedimentos com o objetivo de assegurar transparência, eficiência e prestação de contas das atividades de projetos por meio de auditorias e verificações independentes.

8. A Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes neste Protocolo deve assegurar que uma parte dos recursos advindos de atividades de projetos certificadas seja utilizada para cobrir despesas administrativas, assim como assistir às Partes países em desenvolvimento que sejam particularmente vulneráveis aos efeitos adversos da mudança do clima para fazer face aos custos de adaptação.

9. A participação no mecanismo de desenvolvimento limpo, inclusive nas atividades mencionadas no parágrafo 3(a) acima e na aquisição de reduções certificadas de emissão, pode envolver entidades privadas e/ou públicas e deve sujeitar-se a qualquer orientação que possa ser dada pelo conselho executivo do mecanismo de desenvolvimento limpo.

10. Reduções certificadas de emissões obtidas durante o período do ano 2000 até o início do primeiro período de compromisso podem ser utilizadas para auxiliar no cumprimento das responsabilidades relativas ao primeiro período de compromisso.