

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS CURITIBANOS
BACHARELADO EM CIÊNCIAS RURAIS

CAMILLA DALL'IGNA

EFEITO DO AUMENTO DA CONCENTRAÇÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO
ATMOSFÉRICO SOBRE O CRESCIMENTO DE MUDAS DE *Pinus elliottii*
var. *elliottii* E SUA COLONIZAÇÃO POR ECTOMICORRIZAS

CURITIBANOS
2013

CAMILLA DALL'IGNA

EFEITO DO AUMENTO DA CONCENTRAÇÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO
ATMOSFÉRICO SOBRE O CRESCIMENTO DE MUDAS DE *Pinus elliottii*
var. *elliottii* E SUA COLONIZAÇÃO POR ECTOMICORRIZAS

Projeto apresentado como exigência para a obtenção de nota na disciplina de Projetos em Ciências Rurais, do curso de Ciências Rurais, ministrado pela Universidade Federal de Santa Catarina, sob orientação do Prof. Alexandre Tavela e Profa. Mônica A. Santos.
Co-orientadores: Profa. Leosane Cristina Bosco e Profa. Sonia Purin

CURITIBANOS
2013

Dall'Igna, Camilla

Efeito do aumento da concentração de dióxido de carbono atmosférico sobre o crescimento de mudas de *Pinus elliottii* var. *elliottii* e sua colonização por Ectomizorrizas/ Camilla Dall'Igna – Curitiba, SC, 2013.

36 p.

Projeto (Curso de Ciências Rurais)–
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitiba.

1. Mudança climática. 2. Dióxido de carbono 3.
Simbiose
I. Título

RESUMO

O aumento da concentração de dióxido de carbono atmosférico, resultante de ações antrópicas, pode causar alterações no metabolismo, desenvolvimento, crescimento e interações ecológicas de plantas. O presente trabalho tem como objetivo avaliar o crescimento de mudas de *Pinus elliottii* var. *elliottii* e a sua colonização por ectomicorrizas sob diferentes concentrações de dióxido de carbono atmosférico. O experimento será conduzido em estufas de topo aberto, também conhecidas como “open-top chambers”, OTC. Mudas cultivadas em OTCs com injeção de CO₂ puro, até atingir a concentração de 700 ppm (tratamento E+CO₂) serão comparadas com mudas em OTCs sem injeção de CO₂ (tratamento E) e com parcelas sem a estufa (tratamento T), em três repetições. Durante o decorrer do experimento (8 meses após a transferência das mudas para a área experimental) serão registrados a concentração de dióxido de carbono e a temperatura no interior das estufas. Ao final deste período, 5 mudas de cada uma das parcelas será coletada e utilizada na para verificação da taxa de colonização radicular por ectomicorrizas e avaliação de parâmetros de crescimento (altura, comprimento radicular, massa fresca e seca das partes aérea, radicular e total) e desenvolvimento (emissão e comprimento de ramos). Com este trabalho espera-se constatar os efeitos proporcionados às mudas devido ao aumento de dióxido de carbono, comparar os resultados obtidos entre os diferentes tratamentos e correlacionar dados obtidos de acordo com as variáveis analisadas. Dessa maneira, chegar a conclusões que ajudem a proporcionar melhor entendimento sobre o possível efeito das mudanças climáticas sobre essa espécie.

Palavras- chaves: Mudança climática, dióxido de carbono, simbiose.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	6
2. JUSTIFICATIVA.....	8
3. OBJETIVOS.....	10
3.1 OBJETIVO GERA.....	10
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
4. REFERENCIALTEÓRICO.....	11
4.1 GÊNERO PINUS.....	11
4.1.1 Caracterização.....	11
4.1.2 Importância e Usos.....	12
4.1.2 <i>Pinus elliottii</i> var. <i>elliottii</i>	13
4.2 MICORRIZAS.....	14
4.2.1 Caracterização e Importância.....	14
4.2.2 Ectomicorrizas.....	15
4.2.3 Ectomicorrizas e o Gênero Pinus.....	16
4.3 DIÓXIDO DE CARBONO.....	18
4.3.1 Cenário Global.....	18
4.3.2 Efeito do Dióxido de Carbono sobre as planta.....	19
4.3.3 Efeito do Dióxido de Carbono sobre as micorrizas.....	20
5. METODOLOGIA.....	22
5.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	22
5.2 ESTUFAS DE TOPO ABERTO.....	22
5.3 INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	25
5.4 AVALIAÇÃO DA COLONIZAÇÃO POR ECTOMICORRIZAS.....	26
5.5 AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE CRESCIMENTO.....	27
5.6 AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE DESENVOLVIMENTO.....	28
6. RESULTADOS ESPERADOS.....	29
8.1 TAXA DE COLONIZAÇÃO RADICULAR POR ECTOMICORRIZAS.....	29
8.2 PARÂMETROS DE CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO.....	29
8.3 TEMPERATURA E CONCENTRAÇÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO... ..	29
7. CRONOGRAMA.....	30
8. ORÇAMENTO.....	31
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estufa de topo aberto.....	23
Figura 2 – Delineamento Experimental – Blocos Casualizados.....	24
Figura 3 – Distribuição das mudas nas Estufas de Topo Aberto e Estufas Modificadas.....	25
Figura4 - Diagrama da Placa de Petri mostrando o arranjo das linhas quadriculadas e raízes.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Cronograma de atividades propostas para aplicação do projeto.....30

Tabela 2 - Orçamento dos materiais e utensílios que serão utilizados para o desenvolvimento do projeto.....31

1. INTRODUÇÃO

O aumento na concentração de gases do efeito estufa tem contribuído de forma significativa para as mudanças climáticas no planeta. Ações antrópicas como a queima de combustíveis fósseis e mudanças no uso da terra são alguns fatores responsáveis pela intensificação do efeito estufa, o qual desencadeia alterações na temperatura da superfície terrestre, ventos, circulação dos oceanos e distribuição de chuvas (IPCC, 2007 apud LESSIN; GHINI, 2009).

Dentre os principais gases do efeito estufa, destaca-se o dióxido de carbono (CO₂), o qual é responsável por alterações no metabolismo, desenvolvimento e crescimento de plantas quando em concentrações elevadas, sendo que na maioria das vezes essas alterações são benéficas à planta. Muitos autores, ao estudarem esses efeitos chegaram a conclusões similares, mesmo avaliando diferentes culturas em diferentes ecossistemas (GHINI et al., 2008 apud SANTOS; GHINI, 2012). De acordo com Lessin e Ghini (2009) as modificações causadas pelo CO₂ nas plantas podem alterar na incidência de patógenos e doenças em culturas que possuem valor econômico.

O gênero *Pinus* é caracterizado por plantas lenhosas, arborescentes em geral, podendo atingir grandes alturas. Engloba mais de 100 espécies, algumas originárias dos Estados Unidos, que ocorrem desde o sul do Estado da Carolina do Sul até a Florida, como é o caso da espécie *Pinus elliottii* (SUASSUNA, 1977). A variedade *elliottii* dessa espécie é amplamente cultivada para produção de celulose, papel, resina e madeira para diversos processamentos. No Brasil, é facilmente encontrada nas regiões Sul e Sudeste, onde sua produção é destinada a extração de resina e processamento mecânico da madeira (EMBRAPA, 2005)

Espécies florestais, incluindo o gênero *Pinus*, podem apresentar associações simbióticas com fungos micorrízicos, mais especificamente, ectomicorrízicos. Segundo Larcher (2000), o fungo através da extensão da rede de micélios no solo obtém água e material nutritivo, os quais serão transportados até a raiz da planta hospedeira. Em troca, a planta fornecerá carboidratos para subsídio do fungo. Em geral, a associação com fungos ectomicorrízicos propicia

á planta aumentos no crescimento, longevidade das raízes e proteção contra patógenos (MARX, 1970 apud SILVA et al.,2003).

Ainda são poucos os relatos sobre os impactos causados pelo CO₂ no desenvolvimento de espécies florestais e microbiota do solo, sendo necessária a realização de mais estudos sobre o tema. Por isso, os objetivos desse trabalho são voltados ao conhecimento dos efeitos do aumento de CO₂ atmosférico sobre a colonização por ectomicorrizas e possíveis alterações no crescimento de mudas de *Pinus elliottii* var. *elliottii*.

2. JUSTIFICATIVA

Nas últimas décadas, as emissões de gases do efeito estufa tem aumentado significativamente, principalmente por ações antrópicas, intensificando esse efeito natural. A previsão é de que nos próximos anos, o cenário atual se modifique ainda mais, o que acabará afetando não só o planeta de forma geral, mas também o desenvolvimento de plantas. Dessa maneira se torna necessário o desenvolvimento de pesquisas que busquem respostas sobre os efeitos desses gases, de forma a prever a capacidade de adaptação das plantas a esses ambientes e possíveis benefícios ou prejuízos às mesmas.

O cultivo de plantas em casa de vegetação com aumento artificial da concentração de dióxido de carbono, já vem sendo utilizado como forma de produção a fim de obter produtos de melhor qualidade e em maior quantidade (PINTO; BOTREL; MACHADO, 2000). Ou seja, o aumento na concentração de dióxido de carbono não possui apenas caráter experimental ou fins de estudo, podendo tornar-se um método aplicado à produção de grande variedade de espécies.

Em 2000, o Brasil produziu aproximadamente 7,3 milhões de toneladas de produtos provindos de madeira de Pinus. Já em 2005, 1,8 milhões de hectares eram destinados ao seu cultivo, sendo 1,62 milhões de hectares para a produção de celulose (SBS, 2006 apud FLORIANO et al., 2009). É crescente não só no Brasil, mas também no restante do mundo, a produtividade e dependência por produtos oriundos do gênero Pinus. Dessa forma, cada vez mais se tem expandido as áreas destinadas ao cultivo, bem como o valor econômico agregado às suas espécies.

Surpreendentemente, ainda é muito pequeno o número de estudos que buscam explicar o efeito das mudanças climáticas em Pinus, especialmente sobre a associação simbiótica com fungos micorrízicos, indispensáveis para a sobrevivência de todas as suas espécies. No Brasil, a situação ainda é pior, já que o número de estudos realizados sobre o assunto é ainda menor se comparados a outros países.

Dessa forma, os estudos direcionados ao gênero Pinus devem considerar as associações simbióticas realizadas pelo mesmo. No Brasil, esses

estudos devem focar as espécies cultivadas que apresentem bom desenvolvimento no país e importância econômica, gerando informações que permitam entender o comportamento do gênero em ambientes com maior quantidade de dióxido de carbono, ou até mesmo, que possibilitem o uso do gás em processos produtivos, desde que comprovada a maior produtividade das espécies.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o crescimento de mudas de *Pinus elliottii* var. *elliottii* e a sua colonização por ectomicorrizas sob diferentes concentrações de dióxido de carbono atmosférico.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar a taxa de colonização radicular por ectomicorrizas;
- Avaliar parâmetros de crescimento: altura, comprimento radicular, massa fresca e seca das partes aérea, radicular e total.
- Avaliar parâmetros de desenvolvimento: emissão e comprimento de ramo.
- Monitorar e registrar as temperaturas e concentrações de Dióxido de Carbono atingidas ao longo do experimento.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 GÊNERO PINUS

4.1.1 Caracterização

Segundo Foelkel e Foelkel (2008) *Pinus* sp pertence ao reino Plantae; Divisão Embryophytaesiphonogamae (Spermatophytae); Subdivisão Gymnospermae; Classe Coniferopsida; Ordem Coniferae; Família Pinaceae; Subfamília Ponoideae e Gênero *Pinus*.

Dentro da família Pinaceae, o gênero *Pinus* é o mais antigo, com aproximadamente 180 milhões de anos e mais de cem espécies. O hemisfério norte é considerado seu centro de origem, ocorrendo em altitudes que variam entre 0 e 3500 metros (FACCIO, 2010). Em seu habitat natural, o *Pinus* sp é capaz de resistir às condições adversas, desde o frio extremo até a aridez de certas regiões, incluindo solos com baixa fertilidade e alta acidez (RICHARDSON; BOND, 1991 apud BECHARA, 2003).

São árvores monóicas, que possuem dois tipos de folhas: escamiformes (decíduas) e aciculiformes, geralmente longas, surgindo em fascículos com 3 acículas em geral. Por serem presas em ramos laterais curtos, possuindo entrenós estreitos, a inserção das folhas ocorre em feixes. Os cones femininos possuem forma cilíndrica, com escamas lenhosas, persistentes, apresentando espaçamento no ápice e duas sementes aladas, que amadurecerão entre um período de 2 a 3 anos. Os cones masculinos, alongados e em forma de cacho possuem tamanho significativamente inferior aos femininos, sendo 4 e 15 cm respectivamente (ESALQ, s.d.)

4.1.2 Importância e Usos

A preferência pelo gênero *Pinus* e sua ampla utilização mundial se devem a algumas de suas características. Primeiramente, sua tolerância e rusticidade, o que permite seu cultivo próximo a solos destinados à agricultura e consequente obtenção de renda adicional com a madeira produzida. Sua madeira, com cor variando entre branca e amarelada, é ideal para fabricação de papel de alta resistência, papel de imprensa, entre outros (EMBRAPA, 2005). Conforme é descrito por Lamprecht (1990), por serem espécies pouco exigentes e pioneiras, o *Pinus* também apresenta bom desempenho para o florestamento e para o plantio de povoamentos simples ou esquemáticos, apresentando um rendimento volumétrico elevado ou muito elevado, até mesmo em locais com características desfavoráveis.

De acordo com Cargnin (2005), a cultura do *Pinus* é diferenciada das demais pelo seu “multi-uso”. Uma mesma árvore, durante seu ciclo de vida, pode ter como destino a fabricação de compensados e móveis; a indústria de papel e celulose; a indústria laminadora; a indústria de chapas de fibra de média densidade (MDF) ou até mesmo, a extração de resina, que atualmente já tem sido destinada à geração de vapor e energia na forma de biomassa.

Devido à grande versatilidade, adaptabilidade e crescimento rápido do *Pinus*, o gênero se espalhou de forma rápida a partir da década de 40 no Brasil, principalmente nas regiões sul e sudeste. Atualmente, as espécies *Pinus taeda* e *Pinus elliottii* são as espécies mais plantadas no país, fazendo do Brasil o detentor do segundo maior plantio de pinus do mundo, perdendo apenas para a China (GRODZKI et al., 2009). Além disso, o Brasil é o maior exportador mundial de madeira compensada de pinus, exportando 58% da produção total de 2,6 milhões de toneladas, ou seja, 1,5 milhões de toneladas, o que corresponde a 70% da produção nacional de compensados de pinus (FLORIANO et al., 2009).

4.1.2 *Pinus elliottii* var. *elliottii*

A variedade *elliottii* é originária dos Estados Unidos, ocorrendo naturalmente no sul dos Estados do Alabama, Geórgia, Carolina do Sul, Mississippi e norte da Flórida, em altitudes que variam de 0 a 150 metros (HARLOW et al., 1969; WEBB et al, 1980 apud LAMPRECHT, 1990). De acordo com Carpanezzi et al. (1986 apud ALMEIDA, 2011) a espécie predomina em solos bem drenados, comumente ácidos e de textura leve a pesada, suportando solos rasos e alagamentos periódicos.

Dados observados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2005) mostram que o clima predominante na região de sua ocorrência natural, caracteriza-se por verões chuvosos, apresentando média pluviométrica anual de 1270 mm e temperatura média de 17°C, com ocorrência de temperaturas extremas esporadicamente, chegando a atingir 41°C. No Brasil, essa espécie necessita de umidade constante durante todo o ano, se desenvolvendo em climas frescos e invernos frios. Altas temperaturas e ocorrência de déficit hídrico, mesmo em apenas parte do ano, limitam o seu desenvolvimento e produção de madeira, sendo seu plantio recomendado nas regiões sul e sudeste do país.

Segundo LAMPRECHT (1990), *Pinus elliottii* var *elliottii*, é uma espécie heliófila de crescimento rápido, competitiva, em relação a arbustos lenhosos e gramíneas. Pode atingir 20 a 30 metros de altura e um diâmetro altura do peito (DAP) de 60 a 90 cm. Suas raízes penetram a uma profundidade de 5 metros ou mais. Em indivíduos jovens, a casca apresenta cor acinzentada, enquanto em indivíduos adultos, a mesma adquire uma coloração marrom- avermelhada.

A madeira fornecida por essa espécie apresenta brilho moderado, cerne e alburno indistintos pela cor (branco- amarelado), resina com cheiro e gosto característico e diferenciado das demais espécies. É macia ao corte, sua textura é fina e a densidade é baixa (IPT, 2003). É utilizada na produção de lâminas, compensados, chapas de fibras e de partículas, construção de barcos, produção de celulose de fibra longa e especialmente na extração de resina, sendo considerada uma madeira de excelente qualidade para essa função (CARPANEZZI et al., 1986 apud ALMEIDA, 2011)

No Brasil, a produção de resina de *Pinus elliottii* teve início na década de 80, em florestas implantadas através do incentivo fiscal nas décadas de 60 e 70. Juntamente com Indonésia, atualmente o Brasil ocupa o segundo lugar em exportação mundial de goma de resina, perdendo apenas para a China (RODRIGUES, 2008). Segundo dados fornecidos pela Associação dos Resinadores do Brasil - ARESB, para a safra de 2012/2013, a produção total brasileira de goma de resina está estimada em 96.301 toneladas, sendo o estado de São Paulo o maior produtor, com aproximadamente 43.155 toneladas.

4.2 MICORRIZAS

4.2.1 Caracterização e Importância

No ano de 1985, surgiram os primeiros trabalhos referentes à associação de fungos do solo e raízes de árvores. O botânico Albert Bernhard Frank sugeriu o termo micorriza para explicar essa interação, na qual, de acordo com sua teoria, os fungos micorrízicos absorveriam nutrientes e água do solo, transferindo-os para a árvore, em troca de açúcares simples (LEVISHON, 1958; BARSHI; KUMAR, 1968 apud TOMAZELLO FILHO; KRUGNER, 1982).

Grande parte de todas as plantas mantém uma relação simbiótica entre raiz e fungo, a qual permite a obtenção de material nutritivo de difícil acesso. Devido à grande capacidade bioquímica da micorriza, com a qual vive em associação, a superfície de absorção da planta aumenta em até milhares de vezes, o que permite o fungo a obtenção de água e material nutritivo, que posteriormente serão transportados até a raiz da planta. A partir da secreção produzida pelos fungos e da dissolução das hifas, a planta obterá material para crescimento, aminoácidos e elementos traço, ou seja, elementos químicos que a planta necessita em pequena quantidade. Em troca, a planta hospedeira fornecerá carboidratos para o desenvolvimento e sobrevivência do fungo (LARCHER, 2000)

Um dos efeitos das micorrizas que pode ser considerado mais surpreendente é a proteção da planta hospedeira contra o ataque de nematóides, fungos e bactérias patogênicas. Esse efeito ocorre devido à secreção produzida pelos fungos, liberando compostos químicos letais aos patógenos, ou através de estímulos direcionados à raiz, para que a mesma passe a produzir tais compostos (GUREVITCH; SCHEINER; FOX, 2009).

De acordo com a terminologia proposta por Peyronelet al.(1969 apud TOMAZELLO FILHO; KRUGNER, 1982) as micorrizas podem ser classificadas de acordo com a maneira que as hifas estão arranjadas nas células do córtex da raiz. Elas são divididas em: ectomicorrizas, que são caracterizadas pelo desenvolvimento intercelular das hifas do fungo, formando a rede de Hartig; endomicorrizas, havendo desenvolvimento das estruturas do fungo intracelularmente; e ectoendomicorrizas, quando o fungo se desenvolve de forma inter e intracelular. Segundo Gurevitch, Scheiner e Fox (2009), as endomicorrizas são divididas em três grupos: Micorrizas arbusculares; Micorrizas ericoides e Ectendomicorrizas. As mais importantes são as micorrizas arbusculares (MA, também denominadas de micorrizas vesículo – arbusculares – MVA), porém nem todas as micorrizas arbusculares são capazes de formar vesículas. As micorrizas ericoides são especializadas em estabelecer simbiose com orquídeas e outras espécies vegetais, como por exemplo, mirtilos e azaléias. As ectendomicorrizas, por sua vez, possuem características dos grupos das ectomicorrizas e das ericoides.

4.2.2 Ectomicorrizas

As ectomicorrizas desenvolvem papel fundamental no suprimento de matéria mineral para todas as árvores de floresta (coníferas e espécies da família *Fagaceae*) (LARCHER, 2000). Entre as gimnospermas, todos os representantes da família Pinaceae (*Pinus*, *Picea*, *Abies*, *Larix*, *Tsugae* *Pseudotsuga*) realizam associações simbióticas com ectomicorrizas. Já entre as angiospermas, podem ser citados os gêneros *Salix*, *Populus*, *Carya*, *Eucalyptus*,

Faguse Quercus(MARX, 1975; MEYER, 1973 apud KRUGNER; TOMAZELLO FILHO, 1981).

Ectomicorrizas caracterizam-se por apresentarem uma camada de hifas (manto) que recobre as células da epiderme radicular e cresce nos espaços intercelulares da epiderme e do córtex, formando a chamada rede de Hartig. De forma geral, o manto apresenta apenas uma camada de hifas, sendo que sua organização influenciará na absorção de água e nutrientes, bem como na susceptibilidade à patógenos, já que o manto impedirá a penetração dos mesmos, funcionando como uma barreira mecânica (PETERSON; BON-FANTE, 1994; SMITH; READ, 1997 apud COSTA et al. , 2003)

Quando as mantas fúngicas das ectmicorrizas cobrem totalmente as raízes, toda a absorção de água e de mineiras é de responsabilidade inteiramente do fungo, resultando em maiores taxas de absorção, já que a área superficial das hifas é muito maior do que a do sistema radicular. Algumas ectomicorrizas também produzem e excretam ácidos orgânicos, o que aumentará a solubilidade e absorção dos minerais do solo. Também há a possibilidade do fungo secretar enzimas degradadoras de proteínas, tornando disponível a seus hospedeiros o nitrogênio aprisionado nas moléculas orgânicas (GUREVITCH; SCHEINER; FOX, 2009).

4.2.3 Ectomicorrizas e o gênero *Pinus*

Em plantios de pinus, as espécies de fungos ectomicorrízicos encontrados de forma mais freqüente são: *Inocybelanu-ginella*, *Sclerodermafuscum*, *Suillusgranulatus*, *Rhizopogonnigrescens*, *R. reaii* e *R. roseolus* (KRUGNER; TOMAZELLO, 1981; KASUYA, 1988 apud COSTA et al., 2003)

A simbiose com fungos micorrízicos é de extrema importância para espécies de *Pinus*, uma vez que estas não conseguem sobreviver na ausência de micorrizas. Experiências realizadas com coníferas demonstraram que as mesmas não possuíam capacidade de se desenvolver, ou se desenvolviam de forma insatisfatória até o momento em que era introduzido um fungo micorrízico

apropriado (YOKOMISO; RODRIGUES, 1998). De acordo com Charlie et. al., (2011 apud REIS, 2010) novos estudos tem demonstrado que raízes de pinus podem ser colonizadas não só por micorrizas previamente estabelecidas no solo ou através de inoculação desses fungos, mas também por esporos de fungos formadores de micorrizas. Estes podem ser aerotransportados, permitindo que as árvores colonizem novas áreas.

Devido à inoculação com fungos micorrízicos, as mudas de pinus passam a demonstrar efeitos significativos na altura, no diâmetro do colo e no incremento de matéria seca da parte aérea e radicular. Esse incremento de matéria seca e os demais benefícios proporcionados pelas ectomicorrizas são fatores decisivos para o estabelecimento de mudas de Pinus após o transplante para o campo, especialmente em solos degradados (Vieira e Peres 1990; Marx, 1977; Marx et al., 1985 apud SILVA; ANTONIOLLI; ANDREAZZA, 2003).

Ao trabalhar com mudas de *Pinus caibaea* em condições de viveiro e solo micorrizado, Hacskeylo (1971), citado por Oliveira e Barros (1981), após 10 meses constatou um incremento em altura de 41% em relação às mudas que não tiveram o fungo micorrízico inoculado. Mikola (1973) também citado no artigo de Oliveira e Barros (1981) obteve resultados semelhantes utilizando húmus de plantios de pinheiro como fonte de inóculo.

De acordo com Auer, Grigoletti Júnior e Santos (2001), os métodos de inoculação, quando usados de forma errônea, resultam em plantios que apresentam baixo rendimento, com crescimento irregular, especialmente em solos de baixa fertilidade e que apresentam características contrárias para o desenvolvimento radicular de pinus. Dessa forma, recomenda-se a micorrização de mudas, garantindo o correto desenvolvimento da espécie no campo, principalmente em locais que não eram utilizados anteriormente para plantio de pinus.

4.3 DIÓXIDO DE CARBONO

4.3.1 Cenário Global

O metano, dióxido de carbono e óxido nitroso são os principais gases responsáveis pela absorção de radiação eletromagnética emitida pelos corpos terrestres, causando o efeito natural conhecido como Efeito Estufa. Nos últimos anos, a concentração desses gases vem aumentando na atmosfera devido às ações antrópicas, e conseqüentemente, acelerando esse efeito (IPCC, 2007 apud FAGUNDES, et al. 2010).

Devido ao volume de emissões e o aumento expressivo de sua concentração na atmosfera, o dióxido de carbono (CO₂) é considerado o principal gás do efeito estufa quando comparado aos demais. A partir da revolução industrial, constatou-se grande aumento do mesmo na atmosfera, passando de 280 ppm para 379 ppm em 2005 (IPCC, 2007). Seguindo essa tendência de aumento, a previsão é que a concentração de CO₂ duplicará até o final deste século, exercendo influência sobre a temperatura média do ar. Ainda não há unanimidade em relação ao valor do aumento da temperatura, mas estudos apontam um provável aumento variando entre 1,1 e 6,4° C até o final deste século, variando de acordo com a região do planeta (STRECK, 2005; MAHLMAN, 1997; IPCC, 2007 apud FAGUNDES et al., 2010).

De acordo com um estudo feito pelo centro de Pesquisa da Comissão Européia e pela Agência de Avaliação Ambiental dos Países Baixos (apud EMISSÕES... 2012) as emissões mundiais de dióxido de carbono tiveram um aumento de 3% no ano de 2011, em relação ao ano anterior, totalizando 34 bilhões de toneladas de CO₂ emitidos. A China, responsável por 29% das emissões mundiais, ocupa o primeiro lugar, seguida pelos Estados Unidos (16%), União Europeia (11%), Índia (6%), Federação Russa (5 %) e Japão (4%). O Brasil emitiu no ano de 2010, aproximadamente 1.246.477 Gg (milhares de toneladas) de CO₂, sendo que 35% do total emitido é resultante do setor agropecuário, 32% setor de energia, 22% uso de terras e florestas, 7% processos industriais e 4% tratamento de resíduos (BRASIL, 2013).

4.3.1 Efeito do Dióxido de Carbono sobre as plantas

O aumento na concentração do dióxido de carbono pode provocar alterações nos ecossistemas, afetando de forma direta ou indireta o desenvolvimento das plantas. Para entender os efeitos causados por esse gás, é necessário compreender como será a resposta fotossintética fornecida pela planta a longo prazo. Alguns estudos realizados revelaram que a curto prazo, a exposição à maiores concentrações de dióxido de carbono pode ser benéfica a planta, elevando sua taxa fotossintética. Porém, quando o período de exposição se torna mais longo, a planta pode não demonstrar estímulo contínuo ou tornar-se insensível a essa maior concentração (KRAMER, 1981; HOGAN et al., 1991 apud COELHO, 1999). Alguns autores ainda destacam que se o aumento na concentração de CO₂ for seguido do aumento da temperatura do ar, principalmente das temperaturas noturnas, há a possibilidade de não haver aumento na produtividade e crescimento das plantas, já que seus ciclos de desenvolvimento serão mais curtos e haverá aumento na respiração por parte do tecido vegetal (SIQUEIRA et al., 2001; TAIZ; ZEIGER, 2004; STRECK, 2005 apud FAGUNDES et al, 2010).

Em experimentos realizados em soja sobre o efeito do ambiente enriquecido com 400 e 700 ppm de CO₂ e sob diferentes regimes de temperaturas do dia/noite (20/15, 25/20 e 30/25°C), Heinemann et al. (2006) citado por Lessin e Ghini (2009), verificaram aumento no crescimento das plantas e no peso das sementes quando submetidas a uma concentração de 700 ppm e associadas às temperaturas mais baixas. No mesmo artigo, os autores ainda citam o trabalho realizado por Norby et al. (1987) em espécies arbóreas, também sob uma concentração de 700 ppm de CO₂. Nesse caso foi constatado um aumento significativo no peso da matéria seca das plantas e no desenvolvimento do sistema radicular, permitindo o estabelecimento de maior número de nódulos.

De acordo com Traw et al. (1996 apud PINTO, 2000), plantas em ambientes com alta concentração de dióxido de carbono, tem o seu teor de nitrogênio aumentado e o teor de tanino nas folhas reduzido. Dessa maneira, o ataque de insetos é reduzido e o número de larvas que se desenvolvem é

menor, afetando principalmente as fêmeas. Chakraborty e Pangga (2004 apud LESSIN; GHINI, 2009), ao revisaram estudos sobre o efeito do CO₂ em 26 doenças, perceberam que em 13 houve aumento na severidade, em nove houve redução e em quatro o gás não surtiu efeito algum, comprovando que o aumento de CO₂ nas plantas também podem alterar a incidência de doenças em culturas que possuem importância econômica. Dependendo da espécie em questão, essas alterações podem variar, já que as respostas apresentadas são diferenciadas.

Em plantas C₃, a atual concentração de dióxido de carbono presente na atmosfera é insuficiente para saturar a enzima 1-5 bifosfatocarboxilase-oxigenase, também denominada Rubisco. Essa enzima é responsável pela carboxilação primária, processo que governa a fotossíntese nesse tipo de plantas. Dessa maneira, plantas C₃ podem se beneficiar mais em relação ao aumento da concentração de CO₂ se comparadas às plantas C₄ (FAGUNDES et al., 2010). A fotossíntese de plantas C₄, de maneira contrária, é saturada por baixas concentrações de CO₂, pois as plantas já possuem mecanismo próprio que aumenta a eficiência fotossintética através do uso desse gás (TAIZ; ZEIGER, 2009)

4.3.2 Efeito do Dióxido de Carbono sobre as micorrizas

Plantas cultivadas em níveis de CO₂ elevados tendem a crescer mais rápido, se comparadas às aquelas cultivadas em condições normais. Além disso, tendem a mostrar um aumento na atribuição de carbono para o seu sistema radicular. Em outras palavras, plantas em condições elevadas de CO₂ geralmente são maiores, e seus fungos simbiontes micorrízicos proporcionalmente maiores (STADDON; HEINEMEYER; FITTER, 2002).

Níveis elevados de dióxido de carbono permitem que maiores quantidade de carbono sejam fixados pelas florestas, conseqüentemente maiores quantidades de carbono estarão disponíveis para a formação de micorrizas. As plantas podem disponibilizar até 20% do total de seus fotossintatos para o crescimento de micorrizas, as quais estabelecerão extensas

redes de hifas no solo. Essa rede constitui-se de uma importante via para o fluxo de carbono entre raiz e solo, especialmente pela produção da glomalina, uma enzima que corresponde à aproximadamente 5% do carbono e nitrogênio disponível em alguns solos (JAKOBSEN; ROSENDAHL, 1990; STADDON, 1998; RILLIG et al., 2001 apud BOOZ, 2009)

Segundo Quoresch, Maruyama e Koike (2003), nas florestas de média e alta latitude localizadas no hemisfério norte, a maioria das plantas realizam associações com fungos ectomicorrízicos. Altas concentrações de CO₂ podem aumentar a taxa de colonização por ectomicorrizas, ou seja, quantidades consideráveis de carbono são destinadas à formação e funcionamento da rede micelial desses fungos. Em troca, as ectomicorrizas beneficiarão seus hospedeiros, fornecendo maior quantidade de nutrientes e de água.

Ao realizar estudos de campo, Treseder (2004 apud SIMARD; AUSTIN, 2010) encontrou um aumento de em média 47% na abundância de fungos micorrízicos presentes no solo sob concentrações mais elevadas de CO₂, sendo 84% para micorrizas arbusculares e 19% para ectomicorrizas. Esse incremento ocorreu independentemente do bioma em questão, do nível de enriquecimento de CO₂ ou o método utilizado para medição. Os autores ainda citam outro trabalho realizado por Treseder et al. (2003), o qual determinou que a troca líquida entre o ecossistema para a atmosfera diminuiu com o aumento do CO₂, sendo que o carbono extra foi adicionado ao solo e em maior grau aos seus macro-agregados. Dessa maneira, houve aumento no crescimento de hifas das micorrizas arbusculares e conseqüente produção de glomalina.

5. METODOLOGIA

5.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento será conduzido na área experimental da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Campus Curitibanos (coordenadas do município: 27°18'11" de latitude sul e 50°38'12" longitude oeste, a 960m de altitude), Santa Catarina, Brasil, às margens da Rod. Municipal Ulysses Gaboardi, km 6. Segundo a classificação de Koeppen, Curitibanos possui um clima do tipo Cfb – Temperado (Mesotérmico úmido e verão ameno). A temperatura média varia entre 16-17 °C e a precipitação média anual entre 1500 e 1700 mm (SANTA CATARINA, 2003).

De acordo com Bastos (2012 apud SILVA, 2012) o verão é fresco e o inverno é rigoroso, predominando o frio durante a maior parte do ano, com ocorrência de geadas e em alguns casos, ocorrência de neve.

5.2 ESTUFAS DE TOPO ABERTO

Conforme descrito por Santos e Ghini (2012), para avaliar o efeito do CO₂ sobre a formação de Ectomicorrizas e crescimento de mudas de *Pinus elliottii* var. *elliottii*, serão utilizadas estufas de topo aberto, também chamadas de “open-top chambers”(OTC). As estufas terão 1,9 m de diâmetro e 2m de altura, providas de um redutor de abertura do topo, prevenindo a diluição da concentração desejada de CO₂ dentro da estufa (Figura 1). Para a construção das estufas será utilizada estrutura de tubo de ferro fosfatizado esmaltado (1 cm de diâmetro e 1,2 mm de espessura de parede) e laterais contendo filme de polietileno transparente, tratadas contra raios ultravioleta e espessura de 150 µm. Tubos com 5 mm de diâmetro, serão enterrados numa profundidade de 15 cm , sendo que sua extremidade será instalada no centro das parcelas, numa altura de 50 cm do solo, de forma a conduzir as amostras de ar para análise.

O monitoramento da concentração de CO_2 será realizado com o auxílio de um analisador infravermelho de gás (IRGA, marca P. P. Systems, modelo WMA-4, 0 a 2000 ppm), o qual fornecerá as informações para um multiplexador de corrente (marca Campbell Scientific, modelo SDM CD16AC), que terá a função de regular a abertura das válvulas que injetarão CO_2 na estufa (tratamento E+ CO_2). A quantidade injetada em cada estufa será de 700 ppm de CO_2 , aproximadamente 300 ppm a mais que a concentração atual na atmosfera.

O dióxido de carbono será armazenado em cilindros pressurizados, dotados de manômetro e fluxímetro, de forma a regular a vazão do gás. O CO_2 puro proveniente do cilindro será conduzido às OTCs por meio de canalização subterrânea e injetada contra um ventilador acoplado à estufa, de modo a proporcionar a mistura do ar com o CO_2 , até a altura de 50 cm do solo. Para comparações em condições de atmosfera atual, estufas modificadas sem injeção de CO_2 , semelhantes às descritas anteriormente serão utilizadas, constituindo o tratamento E. Como testemunha, serão utilizadas parcelas sem a estufa, com o objetivo de verificar os efeitos da estrutura das OTCs (Tratamento T).



Figura 1. Estufa de topo aberto (LESSIN; GHINI, 2009).

Em intervalos de 10 minutos, amostras de ar de todas as parcelas dos tratamentos (E+CO₂) e (E), e uma parcela do tratamento (T), serão continuamente coletadas e analisadas durante o decorrer do ensaio (8 meses). Além disso, dentro de uma parcela de cada tratamento serão instalados sensores para registro da temperatura do ar, em intervalos de 10 minutos. Os dados serão armazenados em um coletor de dados (datalogger marca Campbell Scientific, modelo CR 1000). Conforme as necessidades das plantas, um sistema de irrigação por gotejamento será acionado de forma manual em todas as parcelas do experimento.

O experimento será instalado na área experimental, em local que proporcione as mesmas características de solo e incidência solar para todas as parcelas, de modo que esses fatores não influenciem nos resultados finais. O experimento será constituído de três blocos casualizados, sendo que cada bloco será composto por três parcelas, e cada parcela representará um tratamento (E+CO₂, E e T).

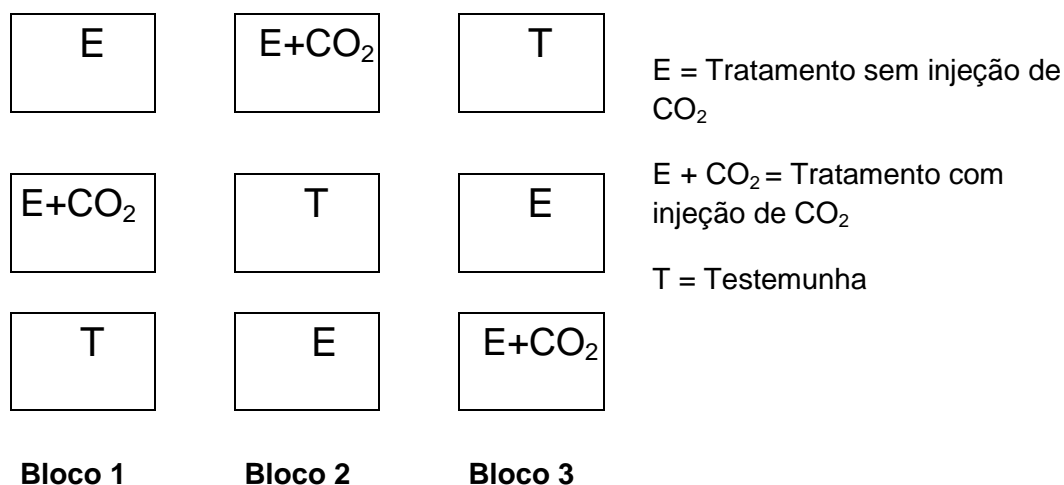


Figura 2. Delineamento Experimental – Blocos Casualizados.

5.3 INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO

Cada parcela será constituída por 20 mudas de *Pinus elliottii* var. *elliottii*, distribuídas em quatro linhas com cinco mudas cada. O espaçamento utilizado será de 0.3 m entre linhas e 0.3 m entre plantas. (Figura 3). Para a produção das mudas, serão utilizadas sementes adquiridas de pomar clonal. As mesmas serão colocadas em tubetes de 280 cm³ em casa de vegetação com substrato constituído por 80% Mec-Plant + 10% composto orgânico de esterco bovino com serragem + 10% de serapilheira de um plantio de Pinus de 5 anos, para inoculação das sementes. Será realizada adubação de base, utilizando 150 g de N, 300 g de P₂O₅ e 100 g de K₂O por cada metro cúbico de substrato. Conforme a necessidade das plantas durante o decorrer do experimento, novas adubações poderão ser realizadas de forma padronizada em todas as parcelas.

Após a emergência, as mudas serão transferidas da casa de vegetação para a as estufas de topo aberto, localizadas no campo experimental da UFSC. O controle de insetos e o manejo de plantas daninhas serão realizados caso necessário.



Figura 3. Distribuição das mudas nas Estufas de Topo Aberto e Estufas Modificadas.

5.4 AVALIAÇÃO DA COLONIZAÇÃO POR ECTOMICORRIZAS

A colonização por ectomicorrizas será avaliada em 5 mudas de cada parcela, após as mesmas permanecerem 8 meses na área experimental. A avaliação será realizada através de uma adaptação das metodologias de Giovanetti e Mosse (1980) e Newman (1966). Uma placa de Petri com 9 cm de diâmetro será quadriculada com o auxílio de uma caneta marca vidro, demarcando quadrados de 1 cm de lado. (Figura 4). As raízes coletadas serão então depositadas na superfície desses quadrados, verificando as raízes que intersectam as linhas, primeiramente num sentido e posteriormente no outro.

No local de intersecção das raízes com as linhas será analisada a formação ou ausência de hifas nas raízes, com auxílio de uma lupa. Será então registrado o número de pontos positivos (em que houve formação de hifas) e o número de pontos negativos (sem formação de hifas) para posterior cálculo da porcentagem de colonização radicular por fungos ectomicorrízicos. O cálculo baseia-se na fórmula de Newman (1966), relativa ao comprimento total de raízes espalhadas numa determinada área, para o número de vezes que elas interceptam certo número de linhas retas, colocadas aleatoriamente dentro desta área.

$$R = \pi A \times n / 2H$$

A fórmula define a relação, onde R= o comprimento total da raiz, A= a área em que as raízes são distribuídas, n= o número de interseções entre as raízes e as linhas retas, e H= o comprimento total das linhas retas.

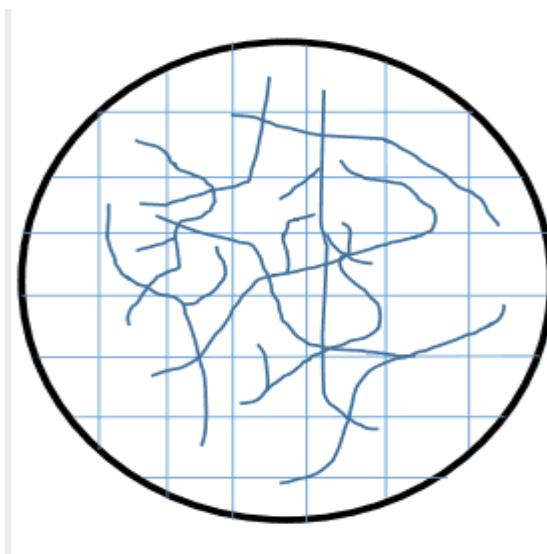


Figura 4. Diagrama da Placa de Petri mostrando o arranjo das linhas quadriculadas e raízes.

5.5 AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE CRESCIMENTO

Os parâmetros de crescimento avaliados serão: altura, comprimento e crescimento radicular, massa fresca e seca das partes aérea, radicular e total. Após as mudas permanecerem 8 meses na área experimental, as mesmas 5mudas coletadas e utilizadas na avaliação de colonização por ectomicorrizas também serão utilizadas para observação dos parâmetros de crescimento e desenvolvimento.

A altura será determinada pela distância compreendida entre a superfície do solo e o ápice da haste principal da planta, com o auxílio de uma régua. Conforme é descrito por Carneiro, Barroso e Soares (2007), o crescimento radicular será expresso pela contagem de raízes secundárias de primeira e segunda ordem, tomados na base de suas inserções. O comprimento radicular será determinado pela distância compreendida entre o colo e a coifa da raiz, também com o auxílio de uma régua. Na sequência, a variável de massa seca das partes aéreas e radicular será obtida após secagem, em estufa com circulação forçada de ar, em uma temperatura de 105° C, por 10 horas. Para pesagem tanto da massa seca quanto da massa fresca será utilizada balança digital, com precisão de 0,001 g.

5.6 AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE DESENVOLVIMENTO

A emissão de ramos será avaliada através da contagem do número de ramos em cada uma das mudas e com o auxílio de uma régua, será realizada a medição desses ramos, desde sua inserção no caule até o ponto mais distante.

Para fins de análise estatística, os valores observados para os parâmetros de crescimento e desenvolvimento serão submetidos à análise de variância realizada no programa ASSISTAT BETA 7.6 BETA. As médias serão comparadas pelo teste de Tukey, a 5 % probabilidade. Os experimentos serão analisados em delineamento de blocos casualizados.

6. RESULTADOS ESPERADOS

6.1 TAXA DE COLONIZAÇÃO RADICULAR POR ECTOMICORRIZAS

Espera-se que haja diferença significativa entre os diferentes tratamentos, sendo maior a taxa de colonização no tratamento com injeção de CO₂ e que a ação desses fungos seja fator determinante para o crescimento e desenvolvimento das plantas.

6.2 PARÂMETROS DE CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO

Espera-se que esses valores apresentem baixa variância dentro de cada tratamento, sendo as maiores médias obtidas no tratamento em que houve injeção de CO₂, ou seja, que o aumento na concentração de CO₂ atmosférico seja responsável pelo maior crescimento e desenvolvimento das mudas.

6.3 TEMPERATURA E CONCENTRAÇÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO

Espera-se que haja uma correlação dos dados obtidos, sendo que concentração de CO₂ varie de acordo com a temperatura em determinados períodos do dia. Dessa maneira, deseja-se verificar a influência da temperatura na disponibilidade desse gás, e consequente aproveitamento do mesmo pelas mudas.

Ao final do experimento, deseja-se verificar e estabelecer possível correlação entre todos os dados obtidos: taxa de colonização radicular, parâmetros de desenvolvimento e crescimento, temperatura e concentração de dióxido de carbono. Dessa maneira, espera-se que o resultado final deste experimento seja relevante para a comunidade acadêmica, de forma a elucidar controvérsias sobre o presente assunto.

8. ORÇAMENTO

Tabela 2. Orçamento dos materiais e utensílios que serão utilizados para o desenvolvimento do projeto.

Materiais/ Utensílios	Quantidade (unidade)	Valor Unitário	Valor Total
Tubo de ferro fosfatizado	102 m	4,00/m	408,00
Filme de polietileno transparente	40 m ²	1,5/m ²	60,00
IRGA, P. P. Systems WMA-4	1 un	6900,00	6900,00
Multiplexador de Corrente, SDM CD16AC	1un	1828,50	1828,50
Datalogger Campbell Scientific, CR1000	1 un	3706,45	3706,45
Cilindro Pressurizados CO2 – 25 kg	1un	1154,00	1154,00
Ventilador	3un	110,70	332,10
Sementes <i>Pinus elliottivar.elliottii</i>	125 g	78,45	78,45
Tubetes 280 cm ³	200 un	0,20	40,00
SubstratoMec Plant – Saco 25 Kg	3 un	50,00	150,00
Fertilizante NPK – 25 Kg	3un	130,00	390,00
Placa de Petri 90mm x 15mm Lisa	10 un	5,30	53,00
Caneta Marca Vidro WindowMarker	1un	11,90	11,90
Lupa 75 mm	1un	2,70	2,70
Régua Plástica 50 cm	1un	1,70	1,70
Balança Digital *	1un	-	-
Estufa *	1un	-	-
Diária Mão de Obra	2 diárias	120,00	240,00
Outros Encargos (Frete, Documentação)	-	700,00	700,00
VALOR TOTAL			16056,80

*Para pesagem e secagem das mudas serão utilizadas balanças digitais e estufas da UFSC.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Natalie Ferreira de. **Avaliação da qualidade da madeira de um híbrido de *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* para produção de lâminas e fabricação de compensados.** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2011. 116 p. Dissertação (Mestrado) – Programa: Recursos Florestais, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2011.

ASSOCIAÇÃO DOS RESINADORES DO BRASIL. **Produção Nacional de Goma Resina de Pinus - Previsão Safra 2012/2013.** Disponível em: <<http://www.aresb.com.br/estatisticas/index.html>>. Acesso em: 25 out. 2013.

AUER, Celso Garcia; GRIGOLETTI JUNIOR, Albino; SANTOS, Álvaro Figueredo dos. **Doenças em Pinus: Identificação e controle.** Colombo: Embrapa Florestas, 2001. 28 p. (Embrapa Florestas. Circular técnica, 48).

BECHARA, Fernando Campanhã. **Restauração ecológica de restingas contaminadas por Pinus no Parque Florestal do Rio Vermelho, Florianópolis, SC.** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2003. 136 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de pós-graduação em Biologia Vegetal, UFSC, Florianópolis, 2003.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Coordenação Geral de Mudanças Globais de Clima. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil.** Brasília, 2013. 80 p.

BOOZ, Maristela Reitz. **Potencial dos Fungos Micorrízicos Arbusculares na fixação de Carbono em *Archontophoenix alexandrae* H. Wendl. & Drude e *Euterpe edulis* Martius (ARECACEAE).** Blumenau: Universidade Regional de Blumenau, 2009. 67 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, FURB, Blumenau, 2009.

CARNEIRO, José Geraldo de Araújo; BARROSO, Deborah Guerra; SOARES, Luis Maurício da Silva. Crescimento de Mudas em raiz nua de *Pinus taeda* L., sob cinco espaçamentos no viveiro e seu desempenho no campo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.13, n.3, p. 305-310, jul-set, 2007.

CARGNIN, O. Alternativas das florestas de Pinus. **Ambiente Brasil**, set. 2005. Disponível em: <<http://noticias.ambientebrasil.com.br/artigos/2005/09/27/21014-alternativas-das-florestas-de-pinus.html>>. Acesso em: 28 out. 2013.

COELHO, Maria Teresa Pita Pegado Gonçalves Rodrigues. **Influência da concentração de CO₂ na aclimatização de plantas de Castanheiro regeneradas *in vitro*.** Disponível em: <http://repositorio.ipcb.pt/bitstream/10400.11/243/1/Tese_Mestrado_TCoe.pdf>. Acesso em: 29 out.2013.

COSTA, Maurício Dutraet al. Ectomicorrizas: a face oculta das florestas: Aplicações biotecnológicas das ectomicorrizas na produção florestal. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, v. 29, n. 1, p. 38-46, 2003.

EMBRAPA. **Cultivo do Pinus**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. (Embrapa Florestas. Sistemas de Produção, n.5).

EMISSÕES de dióxido de carbono em 2011 aumentaram 3%, aponta estudo. G1. São Paulo. 22 julho, 2012.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”. **Pinus**. Disponível em: <<http://www.esalq.usp.br/trilhas/gim/gim05.htm>>. Acesso em: 27 out. 2013.

FACCIO, Marcos Leandro Rodrigues. **Importância do Gênero Pinus spp. para o setor madeireiro no Brasil**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2010. Monografia (Engenharia Industrial Madeireira) – Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2010.

FAGUNDES, Joelma Dutraet al. Aquecimento global: efeitos no crescimento, no desenvolvimento e na produtividade de batata. **Ciência Rural**, v.40, n.6, jun, 2010.

FLORIANO, Eduardo Pagel et al. Análise econômica da produção de *Pinus elliottii* na Serra do Sudeste, Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 4, p. 393-406, out.-dez,2009.

FOELKEL, C.; FOELKEL, E. **Pinus Letter**: taxonomia do gênero *Pinus*. 2. ed., fev.2008. Disponível em: <http://www.eucalyptus.com.br/pinus_02.html#um>. Acesso em: 25 set. 2013

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

GRODZKI, Leocádio et al.: Pinus. In: _____.; MONTEIRO, José Eduardo B.A. (Organizador). **Agrometeorologia dos Cultivos**: o fator meteorológico na produção agrícola. Brasília: INMET, 2009, p.479-488.

GUREVITCH, Jessica; Scheiner, Samuel M.; FOX, Gordon A. **Ecologia Vegetal**. Tradução de Fernando Gertum Becker. 2. ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2009.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO- IPT. **Madeira: uso sustentável na construção civil**. São Paulo, 2003. 59 p.

Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate change 2007: The physical Science Basis – Contribution of Working Group I to the Fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: University, 2007. 989p. Disponível em: <www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg1.htm>. Acesso em: 29 out., 2013.

KRUGNER, Tasso Leo.; TOMAZELLO FILHO, Mário. **Ocorrência de micorrizas em espécies de Pinus e identificação dos fungos associados**. IPEF. Circular Técnica, v., n.139, p.1-8, 1981. 7 p. (IPEF. Circular técnica, 139).

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos**: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas – possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado. Tradução de Guilherme de Almeida Sedas e Gilberto Calcagnotto. Rossdorf: TZ-Verl.-Ges, 1990. 343p.

LARCHER, Walter. **Ecofisiologia Vegetal**. Tradução de Carlos Henrique Britto de Assis Prado. São Carlos, SP: RiMa Artes e Textos, 2000.

LESSIN, Ricardo Contreira; GHINI, Raquel. Efeito do aumento da concentração de CO₂ atmosférico sobre o oídio e o crescimento de plantas de soja. **Tropical Plant Pathology**, v. 34, 6, p. 385-392, 2009.

NEWMAN, E.E.J. A method of estimating the total length of root sample. **Journal of Applied Ecology**, v. 3, p.139-145, 1966.

OLIVEIRA, Odilson dos Santos; BARROS, Paulo Luiz Contente de. A influência das micorrizas na formação de mudas de *Pinus caribaea Morelet var. hondurensis*. **Revista Floresta** v.12, p.66-71, 1981.

PINTO, José Maria; BROTEL, Tarlei Arriel; MACHADO, Eduardo Caruso. Uso de dióxido de carbono na agricultura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.4, p.919-925, 2000.

QUORESH, Ali. M.; MARUYAMA, Yutaka; KOIKE, Takayoshe. The Role of Mycorrhiza in Forest Ecosystems under CO₂ enriched Atmosphere. **Eurasian Journal of Forest Research.**, v.6, n.2, p. 171-176, 2003.

REIS, Filipa Sofia Diniz. **Crescimento e caracterização química de fungos micorrízicos e plantas de *Pinus pinaster* na presença e ausência do simbiote.** Bragança: Escola Superior Agrária de Bragança, 2010. 85 p. Dissertação (Mestrado).

RODRIGUES, Kelly Cristina da Silva. Resina de Pinus no sul do Brasil: Caracterização e Perspectivas. **Revista da Madeira.** 116. ed., set. 2008.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado do Planejamento, Orçamento e Gestão. Secretaria de Desenvolvimento Regional. **Caracterização Regional.** Curitiba, 2003, 33 p.

SANTOS, Michelli de Souza dos; GHINI, Raquel. **Impacto do aumento da concentração de dióxido de carbono do ar sobre a comunidade microbiana da rizosfera de mudas de Eucalipto.** Trabalho apresentado ao Workshop sobre Mudanças Climáticas e Problemas Fitossanitários, Jaguariúna, 2012.

SILVA, Kalinka Françoise da. **Levantamento de Bromeliáceas aos redores do Campus UFSC Curitiba.** Projeto (conclusão de curso) (Não publicado). Universidade Federal de Santa Catarina. Curitiba, 2012.

SILVA, Rodrigo Ferreira da, et al. Fungos ectomicorrízicos no desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.19, n.3, p. 9-17, set/dez. 2003.

SILVA, Rodrigo Ferreira da; ANTONIOLLI, Zaida Inês; ANDREAZZA, Robson. Produção de mudas de *Pinus elliottii* Engelm. micorrizadas em solo arenoso. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 57-65, 2003.

SIMARD, Suzanne; AUSTIN, Mary. **The Role of Mycorrhizas in Forest Soil Stability with Climate Change.** Disponível em: <<http://www.intechopen.com/books/climate-change-and-variability/the-role-of-mycorrhizas-in-forest-soilstability>>. Acesso em: 05 nov. 2013

STADOON, P.L.; HEINEMEYER, A.; FITTER, A.H. Mycorrhizas and global environmental change: research at different scales. **Plant and Soil**. p. 253-261, 2002.

SUASSUNA, João. A cultura do Pinus: uma perspectiva e uma preocupação. **Brasil Florestal**, n. 29, janeiro/março. 1977.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduard. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artemed, 2009. 848 p.

TOMAZELLO FILHO, Mário; KRUGNER, Tasso Leo. **Aspectos da associação micorrizica em *Pinus spp.*** Série Técnica IPEF, Piracicaba, v. 3, n. 9, p. 1- 32,1982. .

YOKOMISO, Nilse Kasue Shimura; RODRIGUES, Eliana. Associação Ectomicorrízica entre *Suillusluteus* (L. ex. FR.) S.F. Gray e *Pinus elliottii* Engelman var. *elliottii*. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v.10, p. 73-79, 1998.