**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Efeito da adubação foliar e condicionadores de solo no
enraizamento, crescimento e rustificação de mudas clonais de
Pinus sp.**

Kaline Gomes dos Santos

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Programa: Recursos
Florestais. Área de concentração: Silvicultura e
Manejo Florestal

**Piracicaba
2015**

Kaline Gomes dos Santos
Engenheira Florestal

**Efeito da adubação foliar e condicionadores de solo no enraizamento,
crescimento e rustificação de mudas clonais de *Pinus* sp.**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientadora:
Profa. Dra. **LUCIANA DUQUE SILVA**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Programa: Recursos
Florestais. Área de concentração: Silvicultura e
Manejo Florestal

**Piracicaba
2015**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP

Santos, Kaline Gomes dos

Efeito da adubação foliar e condicionadores de solo no enraizamento, crescimento e rustificação de mudas clonais de *Pinus* sp. / Kaline Gomes dos Santos. -- versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. -- Piracicaba, 2015.
126 p. : il.

Dissertação (Mestrado) -- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. *Pinus tecunumanii* vs. *cariabea* var. *hondurensis* 2. *Pinus cariabea* var. *hondurensis* vs 3. *Pinus elliottii* var. *elliottii* 4. Produção de mudas 5. Enraizamento 6. Substâncias húmicas I. Título

CDD 634.9751
S237e

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

*À minha mãe, Elinete Bezerra dos Santos,
ao meu pai, Severino Gomes da Silva, e
às minhas irmãs, Bruna, Jamile, Danielle, Rafaela e irmão Rafael,
DEDICO*

AGRADECIMENTOS

A minha mãe, Elinete Bezerra dos Santos, ao meu pai, Severino Gomes da Silva, às minhas irmãs, Bruna, Jamile, Danielle, Rafaela e ao meu irmão Rafael, por todo apoio e amor.

À professora Luciana Duque Silva, pelas diversas informações que subsidiaram a tomada de decisões na condução dessa pesquisa e por sua intensa dedicação e apoio incondicional no desenvolvimento do trabalho.

Ao professor Antônio Natal Gonçalves pela prontidão a cooperar com meu trabalho.

Ao José Roberto Rocha Junior, pela ajuda na execução do experimento, pelas puxadas de orelha, pelo companheirismo, força e incentivo.

À Carmen Scherer Poerschke, pela ajuda, pelas conversas sobre vida e por ter segurado as pontas sempre que eu precisei.

À Resisul Fortaleza Ltda. pelo desenvolvimento do experimento e autorização de pesquisa.

Ao Cláudio Nicolau Frandsen Pinheiro, pela ajuda, paciência e sugestões no trabalho.

Ao Mauricio Bergamini Scheer, pela valiosa contribuição a minha formação acadêmica e profissional.

Ao professor Alessandro Camargo Ângelo pela oportunidade de ingresso na iniciação científica e pelo apoio durante a graduação.

Ao Gustavo Martins Soares, pelas sugestões ao longo desse trabalho e auxílio na análise dos dados.

Ao amigo Laércio Barbeiro, pelo companheirismo, incentivo, e sugestões.

Aos funcionários e professores do Curso de pós graduação da ESALQ, em especial à Giovana.

Aos amigos Fernando Araújo, Matheus Nunes, Fabíola Santos, Débora Mucelini, Thaísa Rocha, Ana Paula Kaminski, Pryscila Cunha, Rodrigo Jachuk, pelas inúmeras conversas, festas e companheirismo.

Aos colegas de trabalho Artur Jorge, Fernanda Almeida, José Roberto Rocha, Hugo Murcho, Sofia Aleixo pelo apoio e conversas sobre assuntos aleatórios.

Às colegas do Laboratório de Ecofisiologia e Silvicultura Florestal, Luana, Gleice e Karen pelo incentivo.

“Se as portas da percepção estivessem abertas, tudo apareceria ao homem tal como é: infinito.”
William Blake.

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT	13
LISTA DE FIGURAS	15
LISTA DE TABELAS	17
1 INTRODUÇÃO	23
2 OBJETIVOS	27
2.1 Objetivo geral.....	27
2.2 Objetivos específicos	27
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	29
3.1 A cultura do <i>Pinus</i> sp. no Brasil	29
3.2 Importância da propagação vegetativa de espécies florestais.....	30
3.3 <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> Morelet.	32
3.4 <i>Pinus elliottii</i> Engelm.	33
3.5 <i>Pinus tecunumanii</i> (Schw.) Eguiluz e Perry	34
3.6 Nutrição e qualidade de mudas florestais	36
3.6.1 Altura da parte aérea	37
3.6.2 Diâmetro de colo.....	38
3.6.3 Relação altura da parte aérea e diâmetro de colo	39
3.6.4 Relação entre a massa da matéria seca da parte aérea e a massa da matéria seca das raízes	39
3.7 Substrato.....	40
3.7.1 Casca de <i>Pinus</i> sp.	41
3.7.2 Vermiculita	42
3.8 Importância dos nutrientes para as plantas	43
3.8.1 Nitrogênio (N)	46
3.8.2 Fósforo (P).....	47
3.8.3 Potássio (K)	48
3.8.4 Cálcio (Ca).....	49
3.8.5 Magnésio (Mg).....	50
3.8.6 Enxofre (S).....	50
3.8.7 Boro (B)	51
3.8.8 Cobre (Cu).....	52
3.8.9 Manganês (Mn).....	52
3.8.10 Zinco (Zn)	53
3.8.11 Ferro (Fe).....	54
3.8.12 Silício (Si).....	54

3.8.13 Cloro (Cl).....	55
3.8.14 Níquel (Ni).....	56
3.8.16 Cobalto (Co).....	57
3.9 Fertilização mineral e orgânica.....	57
3.9.1 Substâncias húmicas e fúlvicas	59
3.9.2 Condicionadores de solo e adubos foliares.....	62
4 MATERIAL E MÉTODOS	65
4.1 Localização dos experimentos.....	65
4.2 Delineamento experimental.....	65
4.2.1 Tratamentos	66
4.3 Condicionadores de solo e adubos foliares utilizados.....	67
4.3 Produção das mudas.....	68
4.4 Avaliações	71
4.5 Análise de dados.....	74
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	75
5.1 Experimento 1: <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> vs <i>Pinus elliottii</i> var. <i>elliottii</i>	75
5.1.1 Casa de vegetação	75
5.1.2 Casa de sombra.....	78
5.1.3 Rustificação.....	84
5.2 Experimento 2: <i>Pinus tecunumanii</i> vs <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	92
5.2.1 Casa de vegetação	92
5.2.2 Casa de sombra.....	94
5.2.3 Rustificação.....	98
6 CONCLUSÕES	107
REFERÊNCIAS	109

RESUMO

Efeito da adubação foliar e condicionares de solo no enraizamento, crescimento e rustificação de mudas clonais de *Pinus* sp.

A produção de mudas via propagação vegetativa é fundamental para se obter os ganhos desejados nos programas de melhoramento genético, bem como garantir o sucesso da implantação florestal. No entanto, existem muitos fatores que impedem a sua utilização de forma abrangente na produção de mudas para algumas espécies florestais, principalmente em relação à baixa taxa de enraizamento. Para atender a essa necessidade, pesquisas com o uso de substâncias que promovam maior taxa de enraizamento de miniestacas e crescimento de mudas vem sendo desenvolvidas, como o uso de reguladores de crescimento e de bioestimulantes à base de substâncias húmicas. Dessa forma o objetivo do presente trabalho é avaliar o efeito de adubos foliares e condicionadores de solo na produção de mudas clonais de híbridos de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* vs. *elliottii* var. *elliottii* e de *Pinus tecunumanii* vs. *caribaea* var. *hondurensis*. Os experimentos foram desenvolvidos em viveiro florestal na cidade de Paranapanema-SP, com delineamento de blocos ao acaso, em arranjo fatorial 4x2, com duração de seis meses. Foram utilizados dois condicionadores de solo, sendo o C1 à base de pescados marinhos e o C2 à base de ácidos húmicos e quatro adubos foliares, sendo AF1 à base de quitosana, AF2 à base de pescados marinhos, AF3 à base de ácido húmico e AF4 extrato da alga *Ascoplhyllum nodosum*, além da mistura dos adubos M1AF (AF2+AF3+AF4) e o M2AF (AF1+AF3+AF4). Foram instalados dois experimentos: 1) híbrido de *P. caribaea* var. *hondurensis* vs. *elliottii* var. *elliottii*, testando a combinação dos dois condicionadores de solo e os adubos AF2, AF3, AF4 e M1AF e 2) híbrido de *P. tecunumanii* vs. *carearia* var. *hondurensis* em que a única alteração nos tratamentos foi o AF2 por AF1 e o M1AF por M2AF. As mudas foram avaliadas nas três fases da seguinte forma: 1) casa de vegetação: taxa de enraizamento; 2) casa de sombra: altura, massa seca e verde da parte aérea e radicial e a relação entre elas; e 3) rustificação: avaliadas as mesmas variáveis da casa de sombra, além do estado nutricional das acículas. Para o experimento 1, a taxa de enraizamento com C2 + AF3 foi 46,67% maior quando comparada à testemunha, comprovando o efeito positivo das substâncias húmicas no enraizamento. Já na fase de rustificação, a interação C1 + AF3 promoveu maior crescimento das mudas. Para o experimento 2, não houve diferença nas taxas de enraizamento na casa de vegetação, devido a característica de rápido crescimento do *P. tecunumanii*. E, na fase de rustificação, o adubo foliar AF4 promoveu maior crescimento somente em altura. Na casa de sombra, os tratamentos testados não promoveram crescimento significativo para ambos os híbridos. Os teores nutricionais analisados nas acículas estão dentro dos níveis adequados para ambos os experimentos. Somente o Mn apresentou baixo teor, mas sem sintomas de deficiência no experimento 2. Os híbridos obtiveram respostas diferentes quando submetidos a tratamentos semelhantes e a determinação do tratamento adequado vai depender do gargalo na produção de mudas, podendo este ser o enraizamento ou o crescimento.

Palavras-chave: *Pinus tecunumanii* vs. *caribaea* var. *hondurensis*; *Pinus caribaea* var. *hondurensis* vs. *Pinus elliottii* var. *elliottii*; Produção de mudas; Enraizamento; Substâncias húmicas

ABSTRACT

Effect of foliar fertilizer and soil conditioner on rooting, growth and hardening of cuttings of *Pinus* sp.

The production of cuttings by vegetative propagation is essential to obtain the desired accomplishment in genetic improvement programs and ensure the success of forest establishment. However there are many factors that prevent their use in a comprehensive manner considering the production of cuttings for some forest species especially in low rooting rate. In order to meet this need research on the use of substances that promote greater rooting rates of minicuttings and growth of cuttings have been developed with the use of growth regulators and biostimulants based on humic substances. Thus the purpose of this study is to evaluate the effect of foliar fertilizers and soil conditioners in the production of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* vs. *elliottii* var. *elliottii* and *Pinus tecunumanii* vs. *caribaea* var. *hondurensis* hybrids cuttings. The experiment was conducted in the city of Paranapanema-SP using cutting nursery with delineation of randomized blocks in a factorial arrangement 4x2, lasting six months. It used two soil conditioners, the C1 based on marine fish and C2 based on humic acids and 4 foliar fertilizers, the AF1 chitosan base, AF2 based on marine fish, AF3 based on humic acid and AF4 by *Ascophyllum nodosum* seaweed extract, besides the mixture of fertilizers M1AF (AF2;AF3;AF4) and M2AF (AF1;AF3;AF4). Two experiments were implemented: 1) hybrid of *P. caribaea* var. *hondurensis* vs. *elliottii* var. *elliottii*, testing the combination of two soil conditioners as well as fertilizers AF2, AF3, AF4 and M1AF and 2) hybrid of *P. tecunumanii* vs. *caribaea* var. *hondurensis* in which the only change in treatment was the AF2 by AF1 and M1AF by M2AF. Cuttings were evaluated in three phases as follows: 1) greenhouse: rooting rate; 2) shade house: higher, aerial drywet mass and radicial part as well as the relationship between them; 3) hardening: the shade house had the same variables evaluated, in addition with the nutritional status of needles. For the experiment 1, the rooting rate with C2 + AF3 were 46.67% higher compared with the control, this stated the positive effect of humic substances on rooting. Considering the hardening phase C1 + AF3 interaction promoted greater seedling growth. For the experiment 2 there was no difference in rooting rates at greenhouse, because the characteristic of fast growth of *P. tecunumanii*. In hardening phase, the foliar fertilizer AF4 promoted greater growth only in height. In the shade house treatments did not promote significant growth for both hybrids. Nutritional contents analyzed the needles leaves are within appropriate levels for both experiments. Mn showed only low level, but without deficiency symptoms in the experiment 2. Different answers were obtained on hybrids when subjected to similar treatment and to determine the appropriate treatment will depend on the obstaclecuttings production, which may either rooting or growth.

Keywords: *Pinus tecunumanii* vs. *caribaea* var. *hondurensis*; *Pinus caribaea* var. *hondurensis* vs. *Pinus elliottii* var. *elliottii*; Seedling production; Rooting; Humic substances

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização do experimento	65
Figura 2 - Em (A): minijardim clonal com matrizes dispostas em canaletas com areia lavada e em (B), matrizes do híbrido de <i>P. tecunumanii</i> x <i>P. elliottii</i> var. <i>elliottii</i> respectivamente	68
Figura 3 - Sequência de instalação do experimento no viveiro: (A) corte das miniestacas no minijardim clonal, (B e C) colocação das miniestacas nas bandejas, e (D) experimento instalado.	71
Figura 4 - (A) esquema de coleta de mudas; (B) teste do cabelo realizado na casa de vegetação para ambos os experimentos	72
Figura 5—(A) balança analítica (precisão 0,001 g) para análise; (B) esquema de separação entre a parte aérea e raiz das mudas	72
Figura 6 – (A) estufa utilizada; (B) disposição das mudas para a avaliação do MSPA e MSR	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição média da turfa	60
Tabela 2 - Composição média da leonardita	61
Tabela 3 - Tratamentos testados nos experimentos	66
Tabela 4 - Condicionadores de solo e adubos foliares utilizados no Experimento 1 e 2	67
Tabela 5 - Teores de macro e micronutrientes nos adubos e condicionadores de solo testados	67
Tabela 6 - Teores de nutrientes da fertirrigação utilizada no minijardim clonal no viveiro	68
Tabela 7 - Teores de nutrientes no substrato padrão com fertilização mineral utilizado no viveiro	69
Tabela 8 - Concentração dos condicionadores de solos e adubos foliares utilizados nos experimentos para o híbrido de <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> vs. <i>P.</i> <i>elliottii</i> var. <i>elliottii</i> na casa de vegetação, casa de sombra e rustificação	70
Tabela 9 - Concentração dos condicionadores de solos e adubos foliares utilizados nos experimentos para o híbrido de <i>P. tecunumanii</i> vs. <i>P. caribaea</i> var. na casa de vegetação, casa de sombra e rustificação	70
Tabela 10 - Taxa de enraizamento das miniestacas do híbrido de <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> vs. <i>P. elliottii</i> var. <i>elliottii</i> , em relação aos condicionadores de solo e aos adubos foliares testados na casa de vegetação	75
Tabela 11 - Taxa de enraizamento e seu erro padrão para a combinação entre os condicionadores de solo e os foliares das miniestacas do híbrido de <i>P.</i> <i>caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> vs. <i>P. elliottii</i> var. <i>elliottii</i> na casa de vegetação	76
Tabela 12 - Dados de altura e seu erro padrão para as mudas do híbrido de <i>P.</i> <i>caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> vs. <i>P. elliottii</i> var. <i>elliottii</i> , em relação aos condicionadores e adubos foliares na casa de sombra	78
Tabela 13 - Alturas e seu erro padrão da combinação entre os condicionadores de solo e os adubos foliares das mudas do híbrido de <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> vs. <i>P. elliottii</i> var. <i>elliottii</i> na casa de sombra	79
Tabela 14 - Massa verde e seca da parte aérea e radicial, seguida do erro padrão para as mudas do híbrido de <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> vs. <i>P. elliottii</i> var. <i>elliottii</i> , em relação ao condicionador de solo na casa de sombra...	79

Tabela 15 - Massa verde e seca da parte aérea e radicial, seguida do erro padrão para as mudas do híbrido de <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> vs. <i>P. elliotii</i> var. <i>elliotii</i> em relação ao adubo foliar na casa de sombra	80
Tabela 16 - Massa verde e seca da parte aérea e radicial, seguida do erro padrão para as mudas do híbrido de <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> vs. <i>P. elliotii</i> var. <i>elliotii</i> em relação a combinação entre os condicionadores de solo e os adubos foliares na casa de sombra	81
Tabela 17 - Relação MSPA/MSR e seu erro padrão para as mudas do híbrido de <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> vs. <i>P. elliotii</i> var. <i>elliotii</i> , em relação aos condicionadores de solo e adubos foliares na casa de sombra.....	83
Tabela 18 - Relação MSPA/MSR, seguida do erro padrão para as mudas do híbrido de <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> vs. <i>P. elliotii</i> var. <i>elliotii</i> referente a combinação entre os condicionadores de solo e os adubos foliares na casa de sombra	83
Tabela 19 - Alturas e seu erro padrão para as mudas do híbrido de <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> vs. <i>P. elliotii</i> var. <i>elliotii</i> em relação aos condicionadores de solo e aos adubos foliares na fase de rustificação	84
Tabela 20 - Alturas e seu erro padrão para as mudas do híbrido de <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> vs. <i>P. elliotii</i> var. <i>elliotii</i> em relação a combinação entre os condicionadores de solo e os adubos foliares na fase de rustificação ..	84
Tabela 21 - Massa verde e seca da parte aérea e radicial e seu erro padrão para as mudas do híbrido de <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> vs. <i>P. elliotii</i> var. <i>elliotii</i> em relação ao condicionador de solo na fase de rustificação.....	85
Tabela 22 - Massa verde e seca da parte aérea e radicial e seu erro padrão para as mudas do híbrido de <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> vs. <i>P. elliotii</i> var. <i>elliotii</i> em relação ao adubo foliar fase de rustificação.....	86
Tabela 23 - Massa verde e seca da parte aérea e radicial e seu erro padrão para as mudas do híbrido de <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> vs. <i>P. elliotii</i> var. <i>elliotii</i> referente a combinação entre os condicionadores de solo e os adubos foliares na fase de rustificação.....	87
Tabela 24 - Relação MSPA/MSR e seu erro padrão para as mudas do híbrido de <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> vs. <i>P. elliotii</i> var. <i>elliotii</i> em relação aos condicionadores de solo e aos adubos foliares na fase de rustificação	87

Tabela 25 - Relação MSPA/MSR, seguida do erro padrão para as mudas do híbrido de <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> vs. <i>P. elliottii</i> var. <i>elliottii</i> , da combinação entre os condicionadores de solo e os adubos foliares na fase de rustificação	88
Tabela 26 - Teor dos nutrientes seguido do erro padrão para as mudas do híbrido de <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> vs. <i>P. elliottii</i> var. <i>elliottii</i> em relação à testemunha e os condicionadores de solo na fase de rustificação.....	89
Tabela 27 - Teor dos nutrientes seguido do erro padrão para as mudas do híbrido de <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> vs. <i>P. elliottii</i> , em relação à testemunha e os adubos foliares na fase de rustificação	89
Tabela 28 - Concentração de nutrientes e seu erro padrão entre os condicionadores de solo e adubos foliares para as mudas do híbrido de <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> vs. <i>P. elliottii</i> var. <i>elliottii</i> na fase de rustificação	90
Tabela 29 - Teores adequados de macronutrientes na produção de mudas de <i>Pinus</i> sp.	91
Tabela 30 - Teores adequados de micronutrientes na produção de mudas de <i>Pinus</i> sp.	91
Tabela 31 - Taxa de enraizamento, seguida do erro padrão para as mudas do híbrido de <i>P. tecunumanii</i> vs. <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> em relação aos condicionadores de solo e adubos foliares na casa de vegetação.....	92
Tabela 32 - Taxa de enraizamento para as mudas do híbrido de <i>P. tecunumanii</i> vs. <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> em relação à combinação entre os condicionadores de solo e adubos foliares na casa de vegetação.....	93
Tabela 33 - Alturas e seu erro padrão para as mudas do híbrido de <i>P. tecunumanii</i> vs. <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , em relação à testemunha e os condicionadores de solo e aos adubos foliares na casa de sombra	94
Tabela 34 - Alturas e seu erro padrão para as mudas do híbrido de <i>P. tecunumanii</i> vs. <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> sem relação a combinação entre os condicionadores de solo e os adubos foliares na casa de sombra	94
Tabela 35 - Massa verde e seca da parte aérea e radicial, seguida do erro padrão para as mudas do híbrido de <i>P. tecunumanii</i> vs. <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , em relação ao condicionador de solo na casa de sombra	95

Tabela 36 - Massa verde e seca da parte aérea e radicial, seguida do erro padrão para as mudas do híbrido de <i>P. tecunumanii</i> vs. <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , em relação ao adubo foliar na casa de sombra.....	95
Tabela 37 - Massa verde e seca da parte aérea e radicial, seguida do erro padrão para as mudas do híbrido de <i>P. tecunumanii</i> vs. <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , em relação à combinação entre os condicionadores de solo e os adubos foliares na casa de sombra	96
Tabela 38 - Relação MSPA/MSR e seu erro padrão para as mudas do híbrido de <i>P. tecunumanii</i> vs. <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , em relação aos condicionadores de solo e adubosfoliares na casa de sombra.....	97
Tabela 39 - Relação MSPA/MSR, seguida do erro padrão para as mudas do híbrido de <i>P. tecunumanii</i> vs. <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , referente a combinação entre os condicionadores de solo e adubos foliares na casa de sombra.....	97
Tabela 40 - Alturas e seu erro padrão para as mudas do híbrido de <i>P. tecunumanii</i> vs. <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , em relação aos condicionadores de solo e aos adubos foliares na fase de rustificação	98
Tabela 41 - Alturas e seu erro padrão entre os condicionadores de solo e os adubos foliares para as mudas do híbrido de de <i>P. tecunumanii</i> vs. <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> na fase de rustificação.....	99
Tabela 42 - Massa verde e seca da parte aérea e radicial seguida do seu erro padrão para as mudas do híbrido de <i>P. tecunumanii</i> vs. <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> em relação aoscondicionadores de solo na fase de rustificação.....	100
Tabela 43 - Massa verde e seca da da parte aérea e radicial e seu erro padrão para as mudas do híbrido de <i>P. tecunumanii</i> vs. <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> em relação aos adubos foliares fase de rustificação	100
Tabela 44 - Massa verde e seca da parte aérea radicial seguida do seu erro padrão para as mudas do híbrido de <i>P. tecunumanii</i> vs. <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> da combinação entre os condicionadores de solo e os adubos foliares na fase de rustificação.....	100
Tabela 45 - Teor dos nutrientes seguido do erro padrão para as mudas do híbrido de <i>P. tecunumanii</i> vs. <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , em relação aos condicionadores de solo na fase de rustificação	101

Tabela 46 - Teor dos nutrientes seguido do erro padrão para as mudas do híbrido de <i>P. tecunumanii</i> vs. <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , em relação à testemunha e os adubos foliares na fase de rustificação	101
Tabela 47 –Teor dos nutrientes e seu erro padrão entre os condicionadores de solo e os adubos foliares para as mudas do híbrido de <i>P. tecunumanii</i> vs. <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> na fase de rustificação	103
Tabela 48 - Relação MSPA/MSR e seu erro padrão para as mudas do híbrido de <i>P. tecunumanii</i> vs. <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , em relação ao condicionador de solo e adubo foliarna fase de rustificação	104
Tabela 49 - Relação MSPA/MSR, seguida do erro padrão para as mudas do híbrido de <i>P. tecunumanii</i> vs. <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> da combinação entre os condicionadores de solo e os adubos foliares na fase de rustificação	105

1 INTRODUÇÃO

Os primeiros plantios de *Pinus* spp. no Brasil ocorreram nos anos 60 e 70 na Região Sul e Sudeste do país, devido ao programa de incentivos fiscais (DOSSA, 2002; GUIMARÃES, 2005), com o objetivo de produção de madeira para abastecimento industrial, para o processamento mecânico, na produção de madeira serrada, madeira laminada, confecção de painéis e no processo de produção de celulose e papel (KRONKA et al., 2005, ZANCHETTA e DINIZ, 2006). Sendo seu uso ampliado posteriormente com o advento das técnicas de extração e beneficiando da resina de *Pinus* spp.

No final dos anos 60 e início dos anos 70, iniciaram-se as experimentações com espécies tropicais como *Pinus caribaea*, *Pinus oocarpa*, *Pinus tecunumanii*, *Pinus maximinoi* e *Pinus patula* possibilitando a expansão da cultura de *Pinus* em todo o Brasil, usando-se a espécie adequada para cada região ecológica. (SHIMIZU e MEDRADO, 2005). Além disso, as espécies de *Pinus* sp. da região tropical vegetam, normalmente, em solos de baixa fertilidade natural e, mesmo assim, apresentam rápido crescimento, tornando-se promissoras para reflorestamentos destinados à produção de madeira nas áreas abrangidas pelo cerrado (VIEIRA e SHIMIZU, 1998).

Em função disso, surgiu grande necessidade de produção de sementes para atendimento às demandas do setor e da pesquisa em novas áreas. Para atender tal demanda foram criados órgãos de pesquisa, cujos objetivos básicos eram desenvolver programas de produção de sementes melhoradas para o atendimento das necessidades das empresas, estudos de espécies/procedências e manejo silvicultural nas novas áreas (FERREIRA, 1992).

Nesse contexto, a silvicultura clonal começa a se estruturar, proporcionando uma revolução nas técnicas de melhoramento florestal e produção de mudas. Para Xavier e Silva (2010), as áreas de plantio clonal de *Eucalyptus* spp. é o maior exemplo, e vem sendo ampliada cada vez mais em todo o território brasileiro, graças à disponibilidade de clones selecionados para as mais diversas regiões e propósitos comerciais, aliado a um custo competitivo.

É importante ressaltar que a silvicultura clonal promoveu a redução na idade de exploração, maior produção de madeira de melhor qualidade, no menor lapso de tempo e por unidade de área, racionalização das atividades operacionais e redução

nos custos de exploração e transporte (FERREIRA, 1992; FERRARI et al., 2004; XAVIER e SILVA, 2010) devido à minimização de algumas dificuldades no processo de produção de mudas de certos clones e espécies, principalmente as relacionadas ao enraizamento (XAVIER e SILVA, 2010).

Apesar do grande avanço tecnológico, nas últimas décadas, quanto à produção comercial de mudas, a estaquia, miniestaquia e microestaquia, não são técnicas viáveis para todas as espécies, pois ainda não existe um perfeito domínio sobre o controle da formação de raízes adventícias nas estacas ou sobre o processo de maturação verificado nas espécies (ANDREJOW, 2006) bem como protocolos para a produção das mudas, que garantam sua sustentabilidade comercial, tais como, o número adequado de brotos produzidos por cepas no minijardim clonal, taxa de enraizamento, aproveitamento das mudas em cada fase da produção e índices de qualidade.

Nesse contexto, a produção clonal de mudas de *Pinus* spp. apresenta dificuldades em sua propagação, principalmente devido à baixa taxa de enraizamento, o que dificulta o aproveitamento das estacas e gerando prejuízos a produção. Além disso, segundo Andrejow (2006), a propagação vegetativa do *Pinus* spp., como conífera, possui um entrave que é a dificuldade de se obter o enraizamento de propágulos vegetativos provenientes de material adulto, fator que pode ser minimizado utilizando-se material genético na fase de muda.

Sendo necessário, até que se tenha material rejuvenescido, a clonagem de material genético proveniente de sementes obtidas por polinização controlada entre matrizes selecionadas, considerando que as características desejáveis dos genótipos podem ser aprimoradas e reproduzidas pelo processo competente de melhoramento genético e de propagação (WENDLING, 2003; ANDREJOW, 2006). Nesse caso, a hibridação, sendo ela interespecífica ou intra-específica, permite o aparecimento de novas combinações genéticas oriundas do cruzamento de dois parentais geneticamente divergentes ou dessemelhantes (SANTOS et al., 1988, ALFENAS, 2004; ASSIS e MAFIA, 2007). Esses parentais podem ser progênes, populações, clones ou espécies.

Além disso, a qualidade das mudas é um aspecto muito importante e que dever ser respeitado no processo de produção de mudas florestais, pois conforme Gomes et al. (1991), está estritamente relacionada com o êxito na formação de florestas e a mesma depende da condição nutricional em que as mudas se

encontram, uma vez que os nutrientes controlam o crescimento por meio de funções específicas nas plantas, entre as quais o próprio crescimento, na manutenção do controle osmótico de células e tecidos, e funcionam como cofatores de importantes reações biológicas (CASTRO et al., 2012).

Para minimizar o problema da baixa taxa de enraizamento, os usos de substâncias vêm sendo pesquisadas com o intuito de melhorar esse processo (PRADO, 2014). Tais como as auxinas naturais e sintéticas e fertilizantes à base de substâncias húmicas e à base de matéria orgânica, sendo o seu uso muito difundido no cultivo de culturas agrônômicas.

A literatura sobre o uso de condicionadores de solos e adubos foliares à base de substâncias húmicas na produção de mudas é muito escassa, e a maioria dos trabalhos envolvem o seu uso na produção de mudas de culturas agrícolas, e os mesmos apontam para uma alta influência dos ácidos húmicos e fúlvicos presentes nesses compostos, na taxa de enraizamento e incremento de biomassa, tais como EYHERAGUIBEL et al., 2008, QUAGGIOTTI et al., 2004 e NARDI, 1985.

Dessa forma, o uso de condicionadores de solo, que tem o potencial de fornecer altos níveis de matéria orgânica líquida, na forma de ácidos húmicos e fúlvicos, atuando na estruturação física do solo, poderá induzir o desenvolvimento radicial. Além disso, eles aumentam a atividade biológica do solo, promovem a liberação dos nutrientes fixados que estavam indisponíveis para a planta, diminuindo ainda as perdas por lixiviação, podendo, proporcionar economia de recursos minerais e econômicos (SUPERBAC, 2011).

Enquanto os adubos foliares possuem uma importância singular na nutrição, pois, a mera presença de nutrientes no solo não garante uma assimilação efetiva dos fertilizantes minerais pela planta. Muitos estudos indicam estágios na vida da planta onde a necessidade de alguns nutrientes é maior que a habilidade fisiológica da planta de captá-los, mesmo quando estes existem em abundância no solo (MOCELIN, 2004).

Com isso, a investigação do uso de condicionadores de solo e adubos foliares na produção de mudas clonais, pode ser uma alternativa para o desafio de desenvolver protocolos que determinem, durante as fases nos viveiro, qual componente, dentro do seu sistema de manejo ou adubação poderá favorecer melhor enraizamento e crescimento, com o objetivo de tornar a propagação vegetativa viável para as mudas clonais de híbridos de *Pinus* spp.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito de adubos foliares e condicionadores de solo na produção de mudas clonais de híbridos de *Pinus tecunumanii* vs. *caribaea* var. *hondurensis* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis* vs. *elliottii* var. *elliottii*.

2.2 Objetivos específicos

- Verificar a influência de condicionadores de solo e adubos foliares na taxa de enraizamento de miniestacas de pinus.
- Avaliar o desenvolvimento da parte aérea e radicial de mudas clonais de híbridos interespecíficos de pinus nas fases de crescimento e rustificação com uso de adubos foliares e condicionadores de solo.
- Analisar o estado nutricional da parte aérea e radicial das mudas clonais de pinus na fase de rustificação com uso de adubos foliares e condicionadores de solo.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A cultura do *Pinus* sp. no Brasil

A silvicultura do *Pinus* sp. no Brasil tem seu ponto inicial marcado pelo advento do incentivo fiscal, uma diretriz estratégica dos anos 60 e 70 para o desenvolvimento do país (DOSSA et al., 2002; VASQUES et al., 2007). Dessa forma, segundo Shimizu e Medrado (2005) a sociedade brasileira passou a conviver mais intensamente com o gênero *Pinus*, quando extensas áreas começaram a ser plantadas nas regiões Sul e Sudeste, com as espécies *Pinus taeda* L. para produção de matéria-prima para as indústrias de celulose e papel e *Pinus elliottii* Engelm. para madeira serrada e extração de resina.

Esse fato proporcionou um aumento abrupto na oferta de madeira que, posteriormente, veio a se caracterizar como um fator indutor do desenvolvimento da indústria florestal brasileira. Hoeflich et al. (1999) e Tuoto et al. (2004, 2006) explicam que em primeiro momento as indústrias de celulose e papel foram as mais beneficiadas, em virtude da elevada oferta de madeira oriunda dos desbastes. Somente a partir de meados da década de 1990, com a maturação dos plantios, foi que as indústrias de madeira sólida iniciaram um forte processo de desenvolvimento.

A exemplo disso, Dobner et al. (2012) citam que em 2011, as plantações florestais ocupavam 6,5 milhões de hectares, sendo que o gênero *Eucalyptus* ocupava a maior parte das áreas plantadas. O gênero *Pinus* responde por 25% da área reflorestada. Desta, 83% (1,4 milhões de hectares) estava localizada na Região Sul do Brasil (Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas - ABRAF, 2012). Segundo o mesmo documento, o consumo brasileiro de madeira em tora para fins industriais em 2011 foi de 170 milhões de metros cúbicos, sendo 32 milhões destinados à indústria madeireira, onde o gênero *Pinus* foi o mais importante, com 85 % de participação.

Entretanto, além das espécies *P. taeda* e *P. elliottii* foram introduzidas com menor intensidade no país, as seguintes espécies, *P. caribaea*, *P. oocarpa*, *P. maximinoi*, *P. patula*, *P. kesiya* e *P. tecunumanii* que são conhecidas como pinus tropicais, com grande potencial para produção de madeira e resina nas regiões livres de geadas, visto que o *P. taeda* e o *P. elliottii* são resistentes a essa condição. Shimizu e Medrado (2005) salientam que atualmente, com a introdução dessas

espécies, principalmente nas regiões tropicais, a produção de madeira de pinus tornou-se viável em todo o Brasil.

A exemplo disso alguns anos depois da implantação dos pinus subtropicais (*P. elliottii* e *P. taeda*), foram introduzidos os pinus tropicais nos Estados de São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e Bahia, provenientes do Caribe e da América Central. As espécies que melhor se aclimataram e apresentaram bons rendimentos foram o *P. oocarpa*, o *P. caribaea* var. *hondurensis*, o *P. caribaea caribaea* e os híbridos de *Pinus tecunumanii* vs. *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis* vs. *Pinus elliottii* var. *elliottii*.

Os pinus tropicais, principalmente os híbridos de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* tem grande potencial para extração da resina, outro subproduto do reflorestamento de pinus que tem consolidado um mercado de grande importância nos últimos anos, cujo valor por tonelada passou de U\$ 246 em 1984 para U\$ 900 em 2013 (Associação dos Resinadores do Brasil - ARESB, 2014).

Segundo Figueiredo Filho et al., (1991,1992), a resinagem no Brasil, iniciada na década de 70, evoluiu até final da década de 80, em que o país passou da condição de importador para a de exportador, resultando num cenário em que o país é atualmente o segundo maior produtor mundial, perdendo apenas para China. Dessa forma, o mercado de *Pinus* spp. é um seguimento consolidado, cujo crescimento se dá principalmente com o reflorestamento em áreas de domínio das espécies tropicais e subtropicais, fundamentalmente com o objetivo madeireiro e para resinagem, cujo subproduto, teve seu preço praticamente triplicado nos últimos 10 anos.

3.2 Importância da propagação vegetativa de espécies florestais

A propagação vegetativa ou clonagem consiste em multiplicar assexuadamente partes de plantas (células, tecidos, órgãos ou propágulos), de modo a gerar indivíduos geneticamente idênticos à planta-mãe (BRUNE, 1982; FERRARI et al., 2004).

Para Brune (1982) a grande vantagem da propagação vegetativa consiste na obtenção de grande número de árvores geneticamente superiores. Obtendo-se grande uniformidade nos plantios. E se justifica para genótipos de alta produtividade e qualidade que produzam sementes em quantidades insuficientes para manter um programa de melhoramento ou plantios comerciais, sementes de difícil

armazenamento, com baixo poder germinativo ou híbridos estéreis (ALFENAS et al., 2004; FERRARI et al., 2004).

Existem muitas técnicas de propagação vegetativa de espécies florestais. As mais comuns são a estaquia, microestaquia, miniestaquia, enxertia e a micropropagação. Entre estas, a estaquia é, ainda, a técnica da qual se têm o maior domínio e conhecimento científico, representando um dos maiores avanços tecnológicos na área florestal, que visa atender aos objetivos da silvicultura clonal, dada a sua aplicabilidade operacional e o custo competitivo em relação às demais técnicas de propagação assexuada (XAVIER, 2002; FERRARI et al., 2004; XAVIER, 2009). Entretanto, um dos obstáculos à otimização da estaquia é o baixo índice de enraizamento e a baixa qualidade do sistema radicial de alguns clones (ALCANTARA, 2005; BERTOLOTTI, 1979).

Nesse contexto, a miniestaquia pode ser considerada uma especialização da estaquia convencional. Basicamente, a mesma, consiste na utilização de brotações de plantas propagadas pelo processo de estaquia, ou mudas produzidas por sementes (ALFENAS et al., 2004). Sua aplicação tem possibilitado a propagação de genótipos de difícil enraizamento, com ampliação da porcentagem de miniestacas enraizadas e melhoria do sistema radicial, influenciando diretamente o desempenho de mudas em campo (ALFENAS et al., 2004) e por consequência a redução de custos (SANTOS et al., 2005).

Dessa forma, esta técnica expandiu-se rapidamente, sendo atualmente a principal técnica utilizada nas empresas florestais (TITON, 2002). Inicialmente o processo de miniestaquia foi amplamente utilizado para produção de mudas de *Eucalyptus* spp. e posteriormente aplicado à produção de mudas de *Pinus* spp. Alguns autores tem investigado o seu uso para o *Pinus taeda* L. (ANDREJOW, 2006; ALCANTARA et al., 2005).

O interesse na introdução da miniestaquia e microestaquia, principalmente para espécies florestais está relacionado à redução da área produtiva (adoção do jardim clonal), diminuição do período de enraizamento e aclimatização, e principalmente na redução de fitoreguladores para indução do enraizamento (HIGASHI et al., 2000; XAVIER et al., 2002; WENDLING et al., 2003). Pois, conforme informado por José Zani Filho (2005) ¹, entre as fases de produção de

¹Comunicação pessoal do Engº Florestal José Zani Filho, consultor da Agriflora à prof.^a Luciana Duque Silva, da ESALQ no ano de 2005.

mudas dentro do viveiro, a fase de germinação ou enraizamento é responsável por até 70% dos custos totais do viveiro. Isso ocorre, porque é nessa fase onde a perda e/ou descarte de mudas é maior, e por consequência, o uso de mão-de-obra aumenta.

3.3 *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Morelet.

Pinus caribaea var. *hondurensis* Morelet. é uma das espécies de pinus mais explorada economicamente no mundo para produção de madeira (AGUIAR et al., 2013). Além disso, a espécie tem potencial para produção de resina em quantidade viável economicamente. Sua madeira é usada para fabricação de painel, compensado, carvão, lenha, papel e madeira para construção civil. A densidade média de sua madeira varia de 0,510 a 0,600 g.cm⁻³, decrescendo com o aumento da altitude (DVORAK et al., 2000; WRIGHT, 1990). A árvore adulta pode atingir até 38 m de altura com DAP entre 30 cm a 60 cm (DVORAK et al., 2000).

A distribuição natural do *P. caribaea* var. *hondurensis* Morelet é muito ampla, entre 18° 15' N em Ejido Caobas, Quintana Roo, México a 12° 13' N em Laguna Del Pinar, Zelaya, Nicarágua, com precipitação pluviométrica de 670 mm (Los Limones, Honduras) a 4.000 mm (Laguna Del Pinar, Nicarágua) (DVORAK et al., 2000; CORDERO, 2004). Porém, a espécie cresce melhor em locais com precipitação média anual acima de 1.500 mm (FARJON e STYLES, 1997). Esta variedade não está sujeita a geada em sua área de ocorrência natural, com temperatura média variando de 22°C a 27°C em vários locais (DVORAK et al., 2000; NIETO et al., 2003).

A espécie apresenta “fox-tail” (rabo-de-raposa) com maior frequência em regiões com maior precipitação anual média (SHIMIZU; SEBBENN, 2008). Ainda assim, como a madeira apresenta densidade similar a da madeira formada sem “fox-tail” e tem menor porcentagem de hemicelulose, para alguns produtos o efeito da madeira de “fox-tail” será mínimo (DVORAK et al., 2000).

Diferente do *P. tecunumanii*, existem alguns trabalhos sobre produção de mudas e melhoramento genético para o *P. caribaea* var. *hondurensis*. A exemplo disso, Bettiol et al. (1986), estudaram a influência de lodo de esgoto e de acículas de pinus na formação da ectomicorizas em mudas de *P. caribaea* var. *hondurensis*,

segundo o autor o lodo de esgoto e acículas de pinus nas doses testadas não afetaram a formação de ectomicorrizas, nem o desenvolvimento das mudas.

Trigueiro (2002) avaliou o uso de bio sólidos como substrato para produção de mudas de *P. caribaea* var. *hondurensis* e de acordo com o autor, as mudas responderam positivamente numa determinada faixa concentração de bio sólido (30 a 60%), enquanto que concentrações acima disso causaram toxicidade às mudas.

Henrique et al. (2006), avaliando o efeito do uso de reguladores de crescimento em diferentes concentrações em estacas de *P. caribaea* var. *hondurensis* e obtiveram respostas positivas, sendo que o nível de concentração não influenciou o enraizamento. E Sampaio (1996), analisando a variação genética entre procedências e progênies de *Pinus oocarpa* Schiede, *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Morelet. e *Pinus maximinoi* H.E. Moore e métodos de seleção para melhoramento genético.

O híbrido interespecífico entre esta espécie e *P. elliottii* tem apresentando um desenvolvimento melhor comparado aos genótipos superiores das próprias espécies nas regiões Sul e Sudeste do Brasil e na Austrália (Queensland). Portanto, na estratégia de melhoramento desta espécie deve-se explorar a superioridade dos híbridos interespecíficos de *P. elliottii* com *P. caribaea* var. *hondurensis*, mediante polinizações controladas. Com isso, pode-se gerar árvores com alto incremento volumétrico, semelhante ao de *P. caribaea* var. *hondurensis*, e madeira de qualidade física e mecânica semelhante à de *P. elliottii* (SHIMIZU, 2008).

3.4 *Pinus elliottii* Engelm.

Pinus elliottii var. *elliottii* Engelm. é a segunda conífera mais plantada para fins industriais, nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil (AGUIAR et. al, 2011). Conhecido por “SlashPine”, é uma conífera composta por duas variedades distintas: *Pinus elliotti* var. *elliottii* e *Pinus elliottii* var. *densa*, originárias da América do Norte principalmente no Canadá e Estados Unidos (BUBNA, 2013; GILMAN e WATSON, 1994; SHIMIZU, 2008; WAKELEY, 1954), sendo difundido em vários outros países com grandes reflorestamentos, e no Brasil, principalmente nos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Espírito Santo, com ocorrências em Minas Gerais, Rio de Janeiro e Mato Grosso do Sul (BUBNA, 2013).

Segundo Gilman e Watson (1994), as variedades de *P. elliottii* tem grande porte, são imponentes e muito ramificadas, com rápida taxa de crescimento e

sãocapazes de chegar a 30 metros de altura, possuindo caule reto e cilíndrico com diâmetro entre 60 cm e 80 cm.

Com casca sulcada e acinzentada em plantas jovens e tom marrom-avermelhado em plantas adultas e com placas escamadas, copa geralmente irregular com raio superior a 3,0 m, acículas pontudas e finas, de cor verde brilhante e comprimento entre 18 e 24 cm, ramos em grupos de dois ou três, floração na primavera e pinha de formato cônico pesa em média 46 g com dimensões entre 12,5 cm x 4,5 cm, produzindo em média 10 gramas de sementes, de formato triangular, de cor preta e alada (GILMAN e WATSON, 1994).

A madeira do *P. elliottii* var. *elliottii*, tem características apreciadas pela indústria madeireira, no processamento mecânico sendo fácil de ser trabalhada (AGUIAR et al., 2011; SHIMIZU, 2008). Apesar de não ser a espécie mais produtiva em madeira, apresenta boa adaptabilidade às várias condições ambientais, incluindo solos rasos e pedregosos, encharcados e sujeitos a inundações periódicas (GILMAN e WATSON, 1994), tolerante às geadas e praticamente não é atacada pela vespa-da-madeira (AGUIAR et al., 2011).

No entanto, o principal objetivo no cultivo do *P. elliottii* var. *elliotti* é a extração de resina. Pois a mesma se destaca pela alta produção da goma, sendo a principal espécie cultivada para esse fim no Brasil. Além disso, a resina possui qualidades químicas que proporcionam derivados de ótima qualidade, sendo muito procurados no mercado interno e externo (SHIMIZU, 2008).

Estudos em melhoramento genético, e produção de pomares clonais de *P. elliottii* var. *elliottii*, vem sendo desenvolvidos por pesquisadores e empresas, visando melhorar a produtividade de madeira, resina e proporcionar reflorestamentos mais uniformes. Segundo Aguiar et al., (2011), o caráter produção de resina apresenta alta herdabilidade, o que propiciaria ganhos genéticos significativos, após gerações de seleções, ou seja, aumento da produção de resina.

3.5 *Pinus tecunumanii* (Schw.) Eguiluz e Perry

O *Pinus tecunumanii* ocorre naturalmente entre as latitudes 13° e 28° N, nas montanhas da América Central e do sul do México (DVORAK et al., 2000). Essa espécie possui alto valor econômico, atingindo 55 m de altura com, pelo menos, 30 m de fuste livre de ramos e até 120 cm de diâmetro à altura do peito (DAP)

(EGUILUZ-PIEDRA e PERRY, 1983; SHIMIZU, 2008). O tronco apresenta forma cilíndrica e sua copa é compacta.

A região recomendável para o plantio de *P. tecunumanii* no Brasil coincide com a de *P. oocarpa* (FRITZSONS et al., 2012). O ambiente ideal para o seu desenvolvimento é caracterizado por solos ácidos e argilo-arenosos, com pelo menos 40 cm de profundidade, boa drenagem e precipitação pluviométrica anual de pelo menos 1.000 mm (SHIMIZU, 2008). Essa espécie se destaca entre os pinus tropicais adaptados as condições edafoclimáticas brasileiras, o qual apresenta grande potencial para ser usado em reflorestamento, maior desenvolvimento nas regiões de clima tropical, boa forma do fuste e pouca ocorrência de “fox-tail” (MOURA et al., 2004; SHIMIZU, 2008; VIEIRA e SHIMIZU, 1998).

Apesar dos bons resultados obtidos em crescimento, os plantios comerciais com o *P. tecunumanii* ainda são poucos, em razão da pequena oferta de sementes, da baixa resistência às geadas, a alta suscetibilidade à quebra de fuste pelo vento e ao pouco conhecimento de suas necessidades silviculturais, sobretudo em se tratando de plantios em grande escala (MOURA et al., 1996). No entanto essas características são relativamente fáceis de serem corrigidas mediante seleção em favor de matrizes mais prolíficas e com menor propensão à quebra de fuste, combinada com plantios em ambientes sem geadas severas e mais favoráveis à sua reprodução (MOURA et al., 2004).

Com isso, Fritzsons et al. (2012) afirmam que para aumentar a produção de sementes, propágulos vegetativos da espécie podem ser enxertados sobre porta-enxertos de outras espécies como *P. caribaea*, *P. patula*, *P. elliottii* e *P. oocarpa*, o que permite a formação de pomares clonais com materiais genéticos selecionados, mesmo que não haja disponibilidade de sementes, da mesma espécie para a formação de porta-enxertos. Criando a necessidade cada vez maior da produção de mudas por estaquia e miniestaquia para essa espécie.

Nesse contexto, o *P. tecunumanii* também pode ser cruzado com várias espécies, tais como, *P. patula*, *P. greggii*, *P. elliottii*, *P. taeda*, *P. oocarpa* e *P. caribaea*, sendo que o híbrido gerado com esta última tem apresentado crescimento e densidade de madeiras maiores do que as espécies parentais. Isto é muito importante na implantação de programas de silvicultura intensiva, baseada em propagação vegetativa massal de híbridos (MOURA e VALE, 2002; SOUSA, 2011; SHIMIZU, 2006).

Dessa forma, Fritzsons et al. (2012) ressaltam que apesar dessas evidências, ainda existem poucos estudos sobre o seu comportamento silvicultural, melhoramento genético e produção de mudas nas diversas regiões do Brasil.

3.6 Nutrição e qualidade de mudas florestais

O sucesso ou insucesso de um plantio depende em grande parte da qualidade das mudas (HITT, 1969; WAKELEY, 1954). Pois o replantio é uma operação onerosa e dispensável em casos de baixa mortalidade (CARNEIRO, 1995). Algumas características das mudas, como o maior desenvolvimento em altura e diâmetro reduz a frequência dos tratos de manutenção de povoamentos recém implantados (CARNEIRO e RAMOS, 1981², apud NOVAES, 1998). Dessa forma, é muito importante produzir mudas selecionadas com características ideais de desenvolvimento e que visem garantir o sucesso na produção do futuro povoamento florestal.

Para atender a essa necessidade, inúmeros pesquisadores têm voltado seus estudos para o controle e a obtenção de mudas de boa qualidade capazes de resistir às adversidades ambientais após o plantio (BARNETT et al., 2002; BERNARDINO et al., 2005, LOPES, 2005).

As características pelas quais esta classificação de mudas de boa qualidade é efetuada baseiam-se nas capacidades de adaptação e desenvolvimento. Considerando que as plantas se desenvolvem a partir da adequada conversão de substâncias inorgânicas, como água, CO₂ e minerais, em quantidades crescentes de proteínas e carboidratos (FELIPPE, 1986; MAGALHÃES, 1985). Portanto, a avaliação da quantidade de biomassa produzida pelas mudas, bem como a maneira como ela está distribuída nos órgãos das plantas, torna-se de extrema importância na avaliação da sua qualidade (MAGALHÃES, 1985).

Dessa forma, considerando-se as características externas das mudas, pode-se inferir uma classificação denominada morfológica, com seus parâmetros definidos. Todavia, segundo Carneiro (1995), muitos plantios estabelecidos sob condições favoráveis, com mudas de alta qualidade morfológica, tem apresentado sobrevivência abaixo do desejável.

²CARNEIRO, J.G.A.; RAMOS, A. Influência da altura aérea, diâmetro de colo e idade de mudas de *Pinus taeda* sobre a sobrevivência e desenvolvimento após 15 meses e aos seis anos após o plantio. In: SEMINÁRIO DE SEMENTES E VIVEIROS FLORESTAIS, 1., 1981, Curitiba. **Anais....** FUPEF., p. 91-110.

Evidentemente, os efeitos das características internas podem ser tão importantes quanto da forma externa. Para diferenciá-los são denominados de qualidade fisiológica, os efeitos de origem interna (GOMES, 2001; NOVAES et al., 2002). Tanto a qualidade morfológica quanto a fisiológica das mudas dependem da procedência das sementes, das condições ambientais e dos métodos e das técnicas de produção, das estruturas e dos equipamentos utilizados e, por fim, do tipo de transporte dessas para o campo (PARVIAINEN, 1981).

A sofisticação das técnicas utilizadas visa à obtenção de um padrão de qualidade adequado das mudas a serem produzidas que fizeram com que os pesquisadores procurassem definir melhores metodologias de produção, como: recipientes, substratos e fertilizações para a produção de mudas florestais que apresentam altas taxas de sobrevivência e desempenho após o plantio (ELOY et al., 2013). Dentre as várias medições possíveis de se realizar em um estudo morfológico, podem se citar: altura, diâmetro de colo, massa seca da parte aérea, massa seca radicial, massa seca total e os índices morfológicos, que compreendem a relação entre as medidas morfológicas (CARNEIRO, 1995).

3.6.1 Altura da parte aérea

A altura é um parâmetro visual de fácil obtenção e não destrutivo. A partir da sua medição já é possível inferir dados sobre a qualidade das mudas. Segundo Gomes (2001) uma maior altura da planta implica numa maior área foliar disponível para a fotossíntese e transpiração, sendo uma vantagem em sítios onde a competição poderá ser um problema.

Por outro lado, Novaes (1998) ressalta que muitos viveiristas utilizam adubação nitrogenada em quantidade excessiva, no intuito de proporcionar às mudas, um crescimento maior em altura. Como decorrência, ocorre à redução de atividades fisiológicas das mudas, comprometendo, a sobrevivência após o plantio. Dessa forma, nem sempre a avaliação somente da altura, garantirá a qualidade das mudas. Bacon (1979)³, apud Gomes (2001), constatou menores percentuais de sobrevivência e de taxa de incremento em mudas de *P. caribaea* em mudas com maiores alturas da parte aérea.

³BACON, G.J. **Seedling morphology as an indicator of planting stock quality in conifers**. 1979. Trabalho apresentado no Workshop on 'Techniques for evaluating planting stock quality', 1979, New Zealand.

As principais causas que afetam o crescimento em altura das mudas são o espaçamento entre as mudas nas bandejas, o tamanho das embalagens, substrato, deficiência nutricional ou excesso de alguns nutrientes, como nitrogênio, excesso ou déficit hídrico, entre outros. Segundo Mayer (1977), apud Carneiro (1995), a altura da parte aérea, tomada isoladamente, constitui-se por muito tempo no único parâmetro para avaliação da qualidade de mudas. O mesmo autor recomendou que os valores desta característica fossem analisados combinados com outros parâmetros, tais como diâmetro de colo, peso, relação peso das raízes/peso da parte aérea, etc.

3.6.2 Diâmetro de colo

O diâmetro do colo, bem como a altura, são parâmetros de fácil obtenção. Enquanto que a altura pode ser correlacionada a níveis de densidade e competição dentro do viveiro, o diâmetro do colo está fortemente correlacionado com crescimento após o plantio. Vários autores já relacionaram sua importância com as taxas de sobrevivência em campo, WAKELEY (1954), THOMPSON (1985), CARNEIRO (1995), PEZZUTTI e CALDATO (2011) e BARNETT et al. (2002).

Autores como Thompson (1985); Schultz (1997) e Barnett et al. (2002) afirmam que este parâmetro é muito correlacionado com o crescimento após o plantio para *P. taeda* e outras espécies do mesmo gênero.

Marangon et al. (2009) avaliaram o desenvolvimento inicial de mudas de *Pinus elliotti* Engelm, através de medição direta somente do diâmetro do colo, em função de doses de fertilizantes fosfatados solúveis e de lenta solubilização, detectando diferença significativa nos diâmetros de colo com a aplicação de fertilizante de solubilização lenta.

Além de Marangon et al. (2009), outros autores também demonstraram a utilização da medição de diâmetros de colo como parâmetro de qualidade de mudas, tais como Medrado et al. (2002), pesquisando diferentes tipos de substratos na produção de mudas de *Pinus taeda*, Silva et al. (2007), em experimento com *Pinus oocarpa* Schiede., e Vogel et al. (2005) em pesquisa com resposta de mudas de *Pinus taeda* L. sob diferentes níveis de adubação com NPK. Entretanto, Pezzutti e Caldato (2011) não detectaram diferenças significativas aos quatro anos de idade para a sobrevivência e o crescimento volumétrico de mudas de *Pinus taeda*, cujos diâmetros de colo variaram de 1,6 a 4 mm no momento do plantio.

Dessa forma, segundo Carneiro (1995), a conjugação das medições de altura da parte aérea e do diâmetro de colo presta-se para o estabelecimento de critérios que determinam a qualidade de mudas, havendo ou não correlação com respostas em campo. No entanto, segundo o mesmo autor, outros parâmetros devem também ser utilizados, tanto os morfológicos, como os de natureza fisiológica.

3.6.3 Relação altura da parte aérea e diâmetro de colo

A relação altura da parte aérea e diâmetro de colo (H/DC) constitui um dos parâmetros usados para avaliar a qualidade de mudas florestais, pois, além de refletir o acúmulo de reservas, assegura maior resistência e melhor fixação no solo e, por esse motivo, quanto menor for essa variável maior a capacidade de sobrevivência dessa muda no campo (CARNEIRO, 1995). Segundo Sturion e Antunes (2000), essa relação é utilizada para avaliar a qualidade das mudas florestais e está relacionada ao grau de robustez da planta.

Munguambe (2012) avaliou a qualidade de mudas clonais de eucalipto na fase de expedição em viveiro utilizando a relação H/DC, o resultado para as mudas de melhor qualidade, variou entre 8,89 e 10,92. Enquanto que Reis et al. (2008), estudando parâmetros morfológicos em mudas de *Pinus elliotti*, encontraram valores entre 6,20 à 6,33 caracterizando as mudas de melhor qualidade no experimento.

3.6.4 Relação entre a massa da matéria seca da parte aérea e a massa da matéria seca das raízes

A relação entre a massa da matéria seca da parte aérea e a massa da matéria seca das raízes (MSPA/MSR) é importante para o funcionamento dos processos fisiológicos e o desenvolvimento das plantas (Reis et al., 2008). A massa da matéria seca da parte aérea está relacionada com a qualidade e quantidade de folhas. Esta característica é muito importante porque as folhas constituem uma das principais fontes de fotoassimilados (açúcares, aminoácidos, hormônios, etc.) e nutrientes para adaptação da muda pós-plantio, a qual necessitará de boa reserva de fotoassimilados, que servirão de suprimento de água e nutrientes para as raízes no primeiro mês de plantio (BELLOTE e SILVA, 2000).

Segundo Azevedo (2003), a produção de matéria seca tem sido considerada uma das melhores características para avaliar a qualidade de mudas, apresentando,

porém o inconveniente de não ser viável a sua determinação em muitos viveiros, principalmente por envolver a destruição completa da muda e utilização de estufas.

No índice relação biomassa seca da parte aérea/biomassa seca de raízes, também a altura da muda acabará afetando a relação. Brissette (1984) ⁴apud Caldeira et al., (2000) relata que em um encontro de pesquisadores ficou estabelecido como sendo 2,0 a melhor relação entre a biomassa seca da parte aérea e a sua respectiva biomassa seca das raízes, sendo um índice eficiente e seguro para expressar o padrão de qualidade das mudas (PARVIAINEN, 1981).

3.7 Substrato

O substrato para a produção de mudas tem por finalidade garantir o desenvolvimento de uma planta com qualidade, em curto período de tempo, e baixo custo. Dentre os tipos de substratos existentes, os substratos comerciais assumem cada vez mais importância na produção de mudas, nas áreas de fruticultura, oleicultura, floricultura e silvicultura (KLEIN et al., 2000; SUGUINO, 2006).

Entende-se como substrato a matéria-prima ou mistura de matérias-primas (terra, matéria orgânica e outros componentes) que irão exercer a função do solo quando usadas para o enraizamento de miniestacas e cultivo de plantas (GONÇALVES et al., 2000), servindo de suporte para as mesmas, e ainda podendo regular o fornecimento de nutrientes.

A qualidade física do substrato é importante, por ser utilizado num estágio de desenvolvimento em que a planta é muito suscetível ao ataque por microrganismos e pouco tolerante ao déficit hídrico. Assim, o substrato deve reunir características físicas e químicas que promovam, respectivamente, a retenção de umidade e disponibilidade de nutrientes, de modo que atendam às necessidades da planta (CUNHA et al., 2006).

Nos sistemas de produção de mudas em tubetes, quer a partir de sementes ou miniestacas, as características físicas do substrato são fundamentais para um adequado enraizamento e crescimento das mudas (VALERI; CORRADINI, 2000). Segundo os mesmos autores o substrato deve possuir adequado equilíbrio entre os seus constituintes, de forma a prover adequada relação entre macro (ocupada por

⁴BRISSETTE, J. C. Summary of discussions about seedling quality. In: SOUTHERN NURSERY CONFERENCES, 1984, Alexandria. **Proceedings...** New Orleans: USDA. Forest Service, Southern Forest Experiment Station, 1984. p.127-128.

ar) e microporosidade (ocupada por água), o controle da irrigação deve manter adequada relação ar/água e as fertilizações de cobertura devem fornecer as quantidades e proporções de nutrientes no momento exato para o crescimento das mudas.

Além disso na escolha do substrato devem ser consideradas suas propriedades físicas e químicas (pH, nutrientes) relacionadas à espécie cultivada. As características físicas são mais importantes, dentre elas a densidade, a porosidade, textura, disponibilidade de água e ar (SILVA, 2012). Os substratos devem-se isentar de pragas, agentes fitopatogênicos e sementes de plantas daninhas, apresentarem baixo custo e baixa densidade, uma vez que esta característica significa economia com transporte e manuseio (ALMEIDA, 2008).

É importante ressaltar que um dos benefícios de se utilizar um substrato de baixa fertilidade é a capacidade de controlar o crescimento das mudas com o suprimento balanceado de todos os nutrientes, minerais essenciais, em concentrações, proporções e idades apropriadas (VALERI e CORRADINI, 2000).

3.7.1 Casca de *Pinus* sp.

Com o desenvolvimento florestal do Brasil, deu-se início à utilização de casca de pinus (*Pinus taeda* L.) em substratos para a produção de mudas, primeiramente para espécies florestais e em seguida para espécies hortícolas (MARTIN et al., 2006). A casca de pinus é um subproduto das indústrias de papel e celulose, que geralmente é descartada e queimada, pois apresenta uma baixa concentração de nutrientes, como valores em torno de 0,22 % de nitrogênio, 0,02% de fósforo e 0,08 a 0,11% de potássio (BLUM, 1998⁵, apud SUGUINO, 2006).

Segundo Knapik (2005), para a obtenção do substrato, faz-se a compostagem do material à 70°C, o que irá produzir uma pasteurização da matéria orgânica, eliminando patógenos potencialmente causadores de doenças, além de sementes de ervas daninhas. O tamanho das partículas, a quantidade de nitrogênio incorporado, manejo da aeração e umidade das pilhas são fatores fundamentais para se ter um substrato de qualidade (KNAPIK, 2005).

⁵BLUM, L.E.B. Benzaldehyde, kudzu (*Puerarialobata*) velvetbean (*Mucunadeenrigiana*), and pine bark for the management of *Rhizoctoniasolani* and *Sclerotiumrolfsii*. 1998. 230 p. Thesis (PhD) - Auburn University, Auburn, 1998.

De acordo com Suguino (2006) e Martin et al., (2006), o material possui partículas com tamanhos menores que 0,1 mm (pó) até 1 cm, originando um material de fácil drenagem, baixa absorção de água e pH em torno de 3,7. Em relação a isso, Carneiro (1995) comenta que a casca de *Pinus* sp. bioesterilizada, com granulometria inferior a 5 mm, misturada com vermiculita na proporção 4:1, constitui um bom substrato para a produção de mudas de *Pinus* sp. e de *Eucalyptus* sp.

Relativo à utilização de substratos à base de casca de *Pinus* sp. misturados com vermiculita, são citadas algumas vantagens: isentos de patógenos, ervas daninhas e impurezas em geral; conduzem a um maior rendimento de mudas por kg de substrato; proporcionam excelente germinação e produção final de mudas, assim como um crescimento vigoroso e uniforme com melhor desenvolvimento do sistema radicial (CAROLINA SOIL, 2015).

3.7.2 Vermiculita

A vermiculita expandida é um componente consagrado mundialmente na composição de substratos industrializados. Países onde há ocorrência do minério como Estados Unidos, África do Sul e Brasil, utilizam a vermiculita expandida intensivamente na produção de diferentes substratos para formação de mudas, cobertura de sementes, condicionador de solo, pura ou em mistura com materiais orgânicos e minerais (TERRA MATER BRASIL, 2015).

A vermiculita é um elemento de origem mineral, praticamente inerte, livre de microorganismos patogênicos, de estrutura variável, muito leve, constituído de lâminas ou camadas justapostas que se expandem quando submetidas a determinadas temperaturas (KNAPIK, 2005). Depois de expandida, a vermiculita apresenta grande aumento na sua capacidade de aeração, alta capacidade de troca catiônica e retenção de água (KNAPIK, 2005; UGARTE et al., 2008).

Quando usada pura ou em grande concentração, há dificuldade dessa em promover a agregação do sistema radicial da muda ao substrato, resultando na quebra do torrão quando a muda for transportada e pela retirada da embalagem (FILGUEIRA, 2000; WENDLING e GATTO, 2002). É um bom agente de melhoria das condições físicas, no entanto no que diz respeito às condições químicas ela é ativa liberando íons magnésio (Mg para a solução e adsorvendo fósforo e nitrogênio amoniacal (MARTIN et al., 2006), a qual é quimicamente um silicato hidratado de

alumínio, magnésio e ferro, de fórmula $(\text{MgFeAl})_3(\text{AlSi})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 4\text{H}_2\text{O}$ (SILVA, 2012).

Neves, Gomes e Novais (1990) alertam para algumas características químicas da vermiculita, como o excesso de magnésio em relação a cálcio, excesso de potássio e, principalmente, à grande carência de micronutrientes. Visando melhorar essas características químicas da vermiculita, a mesma tem sido freqüentemente empregada em misturas com terra, casca de *Pinus* sp., turfa, moinha de carvão e outros materiais.

Segundo Kämpf (2000), a vermiculita possui alta capacidade de armazenamento de água, boa aeração, alto poder tampão, mas com desvantagem possui baixa estabilidade de estrutura. Quando combinada com turfa ou com casca de pinho promove o rápido crescimento das raízes das plantas, além de reter ar e umidade, liberando-os para a planta quando necessário (UGARTE et al., 2008). E pode ser utilizada também na cobertura pós semeadura em bandejas e tubetes, conferindo manutenção de umidade na superfície, melhorando a germinação das sementes (TERRA MATER BRASIL, 2015).

3.8 Importância dos nutrientes para as plantas

Geralmente, as plantas possuem necessidades específicas de nutrientes, exigindo o fornecimento na quantidade certa e na forma adequada. No caso da formação de mudas, a principal fonte fornecedora de nutrientes é o substrato, que deve conter os nutrientes necessários para o pleno desenvolvimento da planta (BRASIL et al., 1999). Entretanto, isso nem sempre é possível, havendo a necessidade de complementar o fornecimento dos nutrientes, através da adubação mineral (FAQUIN, 2005). Por outro lado, não se pode falar de adubação sem conhecer a sua importância e finalidade, o que são os fertilizantes, seus tipos e, principalmente, os princípios básicos que devem ser seguidos para que esta prática seja realizada de forma racional (BRASIL et al. 1999).

O desenvolvimento de uma planta se inicia com a fixação de gás carbônico (CO_2), que irá variar em função da quantidade e qualidade da radiação solar incidente, e indiretamente da área foliar disponível nas plantas. Os assimilados de carbono fixados pela fotossíntese servem de matéria-prima para a síntese da massa seca da planta, que se traduz em crescimento e produtividade (ADRIOLO, 2004), no entanto são os nutrientes minerais adquiridos primariamente na forma de íons

inorgânicos e entram na biosfera predominantemente através do sistema radicial da planta que fazem com os assimilados de carbono se transformem em compostos funcionais ou em estruturais.

A grande área superficial das raízes e sua grande capacidade para absorver íons inorgânicos em baixas concentrações na solução do solo, tornam a absorção mineral pela planta um processo bastante efetivo. Além disso, outros organismos, como os fungos (micorrízicos) e as bactérias fixadoras de nitrogênio, freqüentemente contribuem para a aquisição de nutrientes pelas plantas. Depois de absorvido, os íons são transportados para as diversas partes da planta, onde são assimilados e utilizados em importantes funções biológicas (WENDLING, 2007).

Para que um elemento seja classificado como essencial, deve satisfazer alguns critérios (Arnon e Stout, 1939⁶, apud Mendes, 2007):

- a) A ausência do elemento impede que a planta complete seu ciclo;
- b) A deficiência do elemento é específica, podendo ser prevenida ou corrigida somente mediante seu fornecimento;
- c) O elemento deve estar diretamente envolvido na nutrição da planta, sendo que sua ação não pode decorrer de correção eventual de condições químicas ou microbiológicas desfavoráveis do solo ou do meio de cultura, ou seja, por ação indireta.

No entanto, as plantas absorvem os elementos minerais essenciais em quantidades específicas necessárias ao seu desenvolvimento, sendo a quantidade o critério que define os nutrientes em macronutrientes e micronutrientes. Tal conceituação não significa que um nutriente seja mais importante do que outro, apenas que são requeridos em concentrações diferentes pelas plantas (UNIFÉRTIL, 2012). A eficiência na obtenção desses nutrientes pelas plantas está relacionado a vários fatores, como capacidade da planta em absorver e utilizar nutrientes, disponibilidade no solo e condições climáticas (MALAVOLTA, 2002). Entretanto nem sempre o solo tem capacidade e disponibilidade de fornecer todos os nutrientes necessários ao crescimento das plantas, quando isso ocorre, há necessidade de adubação suplementar (GONÇALVES et al., 2000).

⁶ARNON, D.I.; STOUT, P.R. **The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper**. Plant physiol, Washington, v. 14, p. 371-375, 1939.

Adubo ou fertilizante, segundo Brasil et al. (1999) é toda substância orgânica ou mineral, natural ou sintética, que pode fornecer um ou mais nutrientes para as plantas. É a matéria que se mistura ao solo/substrato para corrigir deficiências e aumentar a fertilidade. Esses podem ser orgânicos, compostos de restos de alimentos vegetais e esterco de animais; minerais, os quais adicionam materiais nutritivos, como potássio e cálcio (KNAPIK, 2005).

Os fertilizantes químicos são fáceis de serem absorvidos pelas plantas quando comparado aos orgânicos, sendo mais eficientes, por outro lado, segundo MEIRELLES (1997) os fertilizantes químicos podem ser facilmente lixiviados, além de contaminarem os ecossistemas quando não são bem manejados e aumentarem o custo de produção.

Materiais orgânicos adicionados ao substrato, de acordo com o grau de decomposição dos resíduos, podem ter efeito imediato ou efeito residual, por meio de processo mais lento de decomposição e disponibilidade de nutrientes às plantas na medida da necessidade, que proporciona maiores condições de resistir às agressões (CHABOUSSOU, 1987; GLIESSMAN, 2001; PRIMAVESI, 1990).

Os nutrientes não são absorvidos pelos vegetais na forma orgânica, ou seja, qualquer material orgânico (fertilizante orgânico) deve passar pelo processo de mineralização para disponibilizar os elementos para as plantas. De maneira geral, quando adicionamos um fertilizante mineral no solo, este se solubilizará na fase líquida do solo (solução do solo) liberando íons de carga positiva (cátions) e de carga negativa (ânions). Somente na forma iônica os nutrientes poderão ser absorvidos da solução do solo pelas plantas (TAIZ e ZEIGER, 2009).

A matéria orgânica é fonte de nutrientes, principalmente de boro. Além disso, possui alta afinidade por metais, como zinco e cobre, formando complexos de superfície e complexos solúveis, sendo fundamental para o armazenamento e disponibilidade destes para as plantas (UNIFÉRTIL, 2012).

Abreu et al. (2007), mencionam que o conhecimento das formas químicas dos nutrientes na solução do solo é mais importante para estimar as mobilidades e disponibilidades desses elementos às plantas do que a determinação dos teores totais na solução do solo. A respeito disso Taiz e Zeiger (2009), afirmam que os minerais considerados móveis são nitrogênio, potássio, magnésio, fósforo, cloro, sódio, zinco e molibdênio, enquanto que os considerados imóveis, são o cálcio, enxofre, ferro, boro e cobre.

A prática de adubação é um fator indispensável para a produção de mudas florestais, em quantidade e qualidade. Quando bem executada, acelera consideravelmente o crescimento das mudas, reduzindo os custos de produção (SOUSA, 2013).

Segundo Malavolta (2002) são considerados macronutrientes primários os elementos nitrogênio (N), fósforo (P_2O_5) e potássio (K_2O) por serem requeridos em grandes quantidades, assim como os macronutrientes secundários; cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S). Estes elementos fazem parte de moléculas essenciais e possuem função estrutural nas plantas. Já os micronutrientes são aqueles elementos requeridos pelas plantas em pequenas quantidades, são eles: boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn), estes fazem parte das enzimas e têm função reguladora, conforme as descrições detalhadas a seguir.

3.8.1 Nitrogênio (N)

O nitrogênio (N) é considerado elemento essencial para as plantas, pois está presente na composição das mais importantes biomoléculas, tais como ATP, NADH, NADPH, clorofila, proteínas e inúmeras enzimas (EPSTEIN; BLOOM, 2005; MAGALHÃES, 1985). Segundo Sengik (2003) o nitrogênio, dentre os macronutrientes primários, é o que tem efeito mais rápido sobre o crescimento vegetal. Menciona ainda que o nutriente tem como função básica o crescimento das plantas, é responsável pela cor verde escura das mesmas e, como promove o desenvolvimento do sistema radicular, melhora a absorção de outros nutrientes do solo.

As plantas absorvem o nitrogênio de duas formas, como nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+) e segundo Bredemeier (2000) após a sua entrada na célula, o nitrato pode ser reduzido a nitrito (NO_2^-), no citosol, através da enzima redutase do nitrato (RN) e, logo a seguir, convertido a amônio (NH_4^+) no plastídio, através da enzima redutase do nitrito (RNi), sendo posteriormente incorporado em aminoácidos através das enzimas sintetase da glutamina (GS) e sintase do glutamato (GOGAT).

Outro aspecto importante relacionado a esse nutriente é a sua fixação biológica no solo. Segundo EMBRAPA (2015) a fixação biológica do nitrogênio (FBN) é um processo realizado por alguns grupos de microrganismos, que apresentam a enzima nitrogenase funcional o qual será posteriormente utilizado

como fonte de nitrogênio (N) para a nutrição das plantas. Segundo mesmo autor, a FBN se constitui na principal via de incorporação do nitrogênio à biosfera e depois da fotossíntese é o processo biológico mais importante para as plantas e fundamental para a vida na Terra.

Dada a sua importância e a alta mobilidade no solo, o nitrogênio tem sido intensamente estudado, no sentido de maximizar a eficiência do seu uso (BREDEMEIER e MUNDSTOCK, 2000). Por ser um nutriente de alta mobilidade, se perde facilmente, em função de diversos processos, como a lixiviação, volatilização e desnitrificação (FAGERIA, 2005; SANT'ANA et al., 2010). Devido a estas perdas, o manejo adequado tem como propósito maximizar a eficiência do seu uso pelas culturas (AMADO et al., 2000).

Simões et al. 1970, avaliaram o emprego de NPK sobre o desenvolvimento de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, plantado em solo de cerrado do Estado de São Paulo, segundo os autores a fertilização mineral NPK e Calcário, no plantio de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, mostrou-se eficiente sobre o crescimento das plantas desde o primeiro ano.

Uma forma de adição de nitrogênio no solo que independe da aplicação de adubos é a fixação biológica do elemento contido no ar por meio da ação de bactérias do gênero *Rhizobium*, que atuam em simbiose com leguminosas (GOMES et al., 2000).

3.8.2 Fósforo (P)

O fósforo (como fosfato, PO_4^{3-}) é considerado um componente integrante de compostos importantes das células vegetais, como fosfato-açúcares, intermediários da respiração e fotossíntese, além dos fosfolípidos, como constituintes de membranas vegetais (GRANT et al., 2001; TAIZ; ZEIGER, 2009).

O fósforo é crucial no metabolismo das plantas, desempenhando papel importante na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese (GRANT et al., 2001; MALAVOLTA, 2006). As limitações na disponibilidade de P no início do ciclo vegetativo podem resultar em restrições no desenvolvimento, das quais a planta não se recupera posteriormente, mesmo aumentando o suprimento de P a níveis adequados (GRANT et al., 2001).

O suprimento adequado de P é essencial desde os estádios iniciais de crescimento da planta. A adubação fosfatada em quantidades adequadas estimula o

desenvolvimento radicial, garante uma arrancada vigorosa, apressa a maturação fisiológica, estimula o florescimento, ajuda a formação das sementes, aumenta a resistência ao frio dos cereais e também aumenta a produtividade (MALAVOLTA, 1989).

Segundo Rogério et al. (2012) o fósforo é considerado essencial uma vez que satisfaz os dois critérios da essencialidade, diretamente por participar de compostos e reações vitais para as plantas, e indireto porque na sua ausência a planta não completa seu ciclo de vida, não podendo ser substituído por outros. De acordo com Malavolta et al. (1989), o fósforo juntamente com o nitrogênio é o elemento mais distribuído na planta. Por outro lado, excessos de P podem afetar a sanidade das mudas por reduzir a disponibilidade de Fe, Mn, Zn, e Ca (YAMADA, 1995).

3.8.3 Potássio (K)

Após o nitrogênio, o potássio é o nutriente absorvido em maior quantidade pelas plantas (MARSCHNER, 1995). O potássio é um elemento essencial para todos os organismos vivos, sendo o cátion mais importante nos processos fisiológicos das plantas, não somente pela sua concentração nos tecidos vegetais, mas também pelas suas funções bioquímicas (KIRKBY; MENGEL, 2001; MALAVOLTA, 2006).

Segundo Faquin (1994) o requerimento de K para o ótimo crescimento das plantas está aproximadamente entre 2 a 5% na matéria seca, variando em função da espécie e do órgão analisado. Além disso as plantas absorvem potássio em quantidades grandes em relação aos outros elementos minerais (exceto nitrogênio), sendo este o nutriente que mais limita freqüentemente o crescimento e produção das plantas em países tropicais (MUIANGA, 2013).

O potássio tem grande importância na manutenção da quantidade de água nas plantas, pois a absorção de água pela célula e pelos tecidos é consequência da absorção ativa do potássio. Além disso, o mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos depende inteiramente do fluxo de potássio sobre a taxa de assimilação de CO₂, não por uma influência direta nos fotossistemas I ou II, mas sim por promover a síntese da enzima ribulose bifosfato carboxilase (rubisco) (LAUCHLI e PFLUGER, 1978). O potássio não promove somente a translocação de fotossintetatos recém-produzidos, mas também tem um efeito benéfico na mobilização de material estocado (TAIZ; ZEIGER, 2009).

3.8.4 Cálcio (Ca)

Segundo Taiz e Zeiger (2009) os íons de Cálcio (Ca^{2+}) são utilizados na síntese de novas paredes celulares, em particular a lamela média, que separa células recentemente divididas. Grande parte do Ca pode ser encontrada nos vacúolos, baixas concentrações são encontradas no simplasma e no floema, indicando sua baixa mobilidade na planta. Quando se aumenta a concentração de Ca na solução, aumenta-se no conteúdo das folhas, mas não dos frutos e tubérculos (EPSTEIN;BLOOM, 2005; FAQUIN, 1994).

Entre os nutrientes catiônicos, o potássio e o cálcio interagem entre si, de forma que pode ocorrer antagonismo. No entanto, o cálcio em baixas concentrações exerce um efeito estimulante na absorção de potássio, ao passo que quando em altas concentrações, ocorre redução na absorção de potássio pelas plantas (ASSIS, 1995; MALAVOLTA, 2002). Efeito semelhante é observado com a concentração do potássio, em que baixas concentrações de potássio tornam máxima a absorção de cálcio, ao passo que em altas concentrações ocorre redução na absorção do cálcio (KURIHARA, 1991; VENTURA, 1987).

Em sua função como mensageiro secundário, o cálcio pode ligar-se à calmodulina, uma proteína encontrada no citosol de células vegetais. O complexo calmodulina-cálcio, então se liga a diferentes tipos de proteínas, incluindo quinases, proteínas mensageiras secundárias de sinalização e proteínas do citoesqueleto, regulando, portanto, muitos processos celulares, desde controle de transcrição e sobrevivência celular até a liberação de sinais químicos (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Dessa forma, o cálcio participa na divisão e alongamento celular, tendo interferência direta no crescimento de meristemas apicais, desenvolvimento de raiz, germinação de grão de pólen e crescimento do tubo polínico, é importante componente estrutural da lamela média, na forma de pectatos de Ca os quais possuem ação cimentante, unindo firmemente as paredes celulares, possuindo influência na integridade da membrana e proteção do conteúdo celular, melhora a nodulação na fixação biológica de N, pois está ligado ao encurvamento do pêlo radicial, por meio da divisão celular juntamente com o AIA na parte superior do pêlo, o que faz com que este se curve e facilite a infecção pelas bactérias fixadoras. (PAULETTI, 1998; TAIZ; ZEIGER, 2009).

Sousa et al. (2004) estudaram o efeito da nutrição de mudas de açaizeiro sob relações cálcio:potássio:sódio em solução nutritiva, sendo que a maior proporção do

mesmo entre o potássio e o sódio promoveu a melhor resposta de crescimento no açaizeiro.

As deficiências de cálcio nos tecidos das plantas causam aspecto gelatinoso nas pontas das folhas e nos pontos de crescimento, o que se deve à necessidade de pectato de cálcio para a formação da parede celular. As deficiências de cálcio podem não ser muito freqüentes no campo porque os efeitos secundários de deficiência, como acidez elevada, geralmente limitam primeiro a produção (FERNANDES, 2006).

3.8.5 Magnésio (Mg)

O magnésio ocupa posição central na molécula da clorofila e funciona como ativador de muitas enzimas, tendo um papel específico na ativação de enzimas envolvidas na respiração, fotossíntese e síntese de DNA e RNA, serve como ponte entre o ATP e compostos orgânicos, como açúcares (MALAVOLTA et al., 2002; TAIZ; ZEIGER, 2009). Quando ocorre deficiência de magnésio, as folhas mais velhas ficam amarelas entre as nervuras e caem prematuramente, e a formação das sementes é prejudicada (MALAVOLTA et al., 2002).

Segundo Knapik (2005) o magnésio é um elemento importante na formação da clorofila e sua deficiência provoca coloração nas folhas das mudas semelhante à causada pela carência de nitrogênio.

Existe uma relação muito importante entre o cálcio e o magnésio, e o desequilíbrio entre esses dois elementos no solo pode acentuar a deficiência de magnésio. Quando a relação cálcio magnésio torna-se muito alta, a planta pode absorver menos magnésio (FERNANDES, 2006).

3.8.6 Enxofre (S)

O enxofre é parte de cada célula viva e é constituinte dos 21 aminoácidos que formam as proteínas e suas principais funções nas plantas são: ajuda a desenvolver enzimas e vitaminas; promove a nodulação para a fixação de nitrogênio pelas leguminosas; é necessário na formação da clorofila, apesar de não ser um constituinte dela; está presente em vários compostos orgânicos que dão os odores característicos do alho, à mostarda e à cebola; é essencial para a formação de proteínas; a maturação das sementes e dos frutos é atrasada quando ocorre sua deficiência, é necessário para a formação de nitrogenase; aumenta o teor protéico

total de forrageiras; melhora a qualidade dos cereais para o beneficiamento e o processamento como alimento; aumenta o teor de óleo das sementes de oleaginosas como a soja; aumenta a resistência à deficiência hídrica e controla certas doenças transmitidas através do solo (SFREDO; LANTMANN, 2007; STIPP; CASARIN, 2010).

Segundo Stipp e Casarin (2010) o S é importante não somente como nutriente, mas também por seu papel no mecanismo de defesa da planta contra pragas e doenças. As plantas saudáveis contêm grande variedade de metabólitos secundários, muitos dos quais contendo N e S em sua estrutura.

O enxofre é encontrado principalmente na matéria orgânica e, em pequena quantidade, na forma de sulfato, ocorrendo em compostos sólidos, formas solúveis, sais solúveis e gases, sendo absorvido pelas raízes quase que exclusivamente como íon sulfato SO_4^{4-} (GOMES; PAIVA, 2004).

3.8.7 Boro (B)

A função fisiológica do boro difere da dos outros micronutrientes, pois este ânion não foi identificado em qualquer composto ou enzima específica. As principais funções são atribuídas ao boro são: metabolismo de carboidratos e transporte de açúcares através das membranas; síntese de ácidos nucleicos (DNA e RNA) e de fitohormônios; formação de paredes celulares e divisão celular (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Apesar da concordância de que é essencial para as plantas, ainda não foi estabelecidas uma função bioquímica para o boro, a hipótese mais aceita é a de GAUCH e DUGGER JÚNIOR (1953) ⁷, apud Castro et al. (2012), para os quais a função deste elemento é a de facilitar o transporte de açúcares através das membranas.

Por outro lado, Castro et al. (2012), afirmam que tem-se evidenciado em inúmeros trabalhos os efeitos desse micronutriente no desenvolvimento radicular e tem sido freqüentemente utilizado juntamente com auxinas. Dessa forma, Taiz e Zeiger (2009), sugerem que o B desempenha funções no alongamento celular,

⁷GAUCH, H.G.; DUGGER JUNIOR, W.M. The role of boron in the translocation of sucrose. **Plant Physiology**, Cidade, v. 28, p. 457-466, 1953.

síntese de ácidos nucleicos, respostas hormonais e funcionamento de membranas, afetando diretamente o desenvolvimento radicial.

A deficiência do B pode acarretar distúrbios no desenvolvimento dos tecidos meristemáticos, como extremidades de raiz e de partes aéreas das plantas ou tecidos do câmbio (CASTRO et al., 2012; TAIZ; ZEIGER, 2009). Portanto, um contínuo fornecimento de B é necessário para manter a atividade meristemática (CASTRO et al., 2012).

3.8.8 Cobre (Cu)

As folhas apresentam 70% do Cobre nos cloroplastos como proteínas complexas representadas pela plastocianina. Esta participa do fluxo de elétrons na fase luminosa da fotossíntese, fazendo a ligação entre dois fotossistemas, participando da fase escura da fotossíntese, ativando a carboxilase de ribulose de fosfato, responsável pela entrada de CO² em composto orgânico (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Altos valores de P no substrato podem reduzir a absorção de Cu pelas mudas, assim como em substratos pobres em matéria orgânica, o Cu torna-se menos disponível na medida em que os valores de pH são crescentes (PRIMAVESI, 1990), dessa forma, em plantas deficientes em Cu, a taxa fotossintética é reduzida, mais de 50% do cobre localizado nos cloroplastos estão ligados à plastocianina, que é um componente da cadeia de transporte de elétrons do Fotossistema I (FAQUIN, 1994).

Segundo Faquin (1994) a concentração ótima de Cu na maioria das plantas, geralmente, está entre 5 e 20 ppm na matéria seca, deficiências são prováveis quando seu teor na matéria seca encontra-se em níveis inferiores a 4 ppm.

3.8.9 Manganês (Mn)

Devido à predominância da acidez nos solos das regiões tropicais e subtropicais, o que favorece a disponibilidade do Mn, é muito mais freqüente a toxidez do que a deficiência do micronutriente nas plantas (FAQUIN, 1994, GOMES;PAIVA, 2004). Nas espécies florestais, pequenas quantidades de manganês já satisfazem as exigências nutricionais, elemento esse essencial à síntese de clorofila, mas que pode afetar a disponibilidade de Fe (KNAPIK, 2005).

Para Faquin (1994) o nível crítico do Mn para a maioria das culturas varia de 10 a 20 ppm na matéria seca das folhas maduras, já os teores tóxicos associados com uma redução de 10% na produção de matéria seca variam, dependendo da espécie, de 100 a 7.000 ppm.

Os íons manganês (Mn^{2+}) ativam várias enzimas nas células vegetais. Em particular, as descarboxilases e desidrogenases envolvidas no ciclo dos ácidos tricarboxílicos (ciclo de Krebs) são especificamente ativadas pelo manganês (TAIZ; ZEIGER, 2009). Porém, segundo Marschner (1995) a função mais bem-definida do manganês é a reação fotossintética pela qual o oxigênio (O_2) é produzido a partir da água.

O sintoma principal da deficiência de manganês é a clorose entre as nervuras, associada ao desenvolvimento de pequenas manchas necróticas (TAIZ; ZEIGER, 2009).

3.8.10 Zinco (Zn)

Para Faquin (1994), ao lado do B, o Zn é o micronutriente que mais freqüentemente promove deficiência nas culturas nos solos das regiões tropicais. Muitas enzimas requerem íons zinco (Zn^{2+}) para suas atividades, e esse elemento pode ser exigido para a biossíntese de clorofila em algumas plantas (TAIZ; ZEIGER, 2009).

O zinco é essencial tanto para a transformação de carboidratos, como para algumas enzimas, inclusive as que processam as formações da auxina ácido indol acético. Em pH elevado, encharcamento do solo, adubação fosfatada pesada, excesso de N, podem induzir a deficiência de Zn (KNAPIK, 2005).

O zinco desempenha importantes funções nas plantas, especialmente como ativador enzimático, sendo requerido para a síntese do triptofano, um precursor da biossíntese do ácido indol acético (AIA), responsável pelo crescimento dos tecidos das plantas. O desequilíbrio nutricional, principalmente de micronutrientes, tem sido um dos fatores na diminuição da produção de sementes. Esses elementos desempenham funções em rotas bioquímicas que garantem a formação de lipídeos, proteínas e, ainda, contribuem na estrutura das membranas celulares (ROMUALDO, 2008).

A concentração ótima de Zn, de acordo com as espécies, varia de 20 a 120 ppm na matéria seca das plantas, e as deficiências do elemento são usualmente

associadas com teores menores que 20 ppm e toxidez acima de 400 ppm (FAQUIN, 1994).

3.8.11 Ferro (Fe)

O ferro é o elemento metálico mais comum na crosta terrestre (FAQUIN, 1994). Esse elemento tem um importante papel como componente de enzimas envolvidas na transferência de elétrons, como citocromos (TAIZ; ZEIGER, 2009). Ocorre principalmente em substratos com valores mais elevados de pH, onde a absorção é inibida (KNAPIK, 2005). De acordo com MALAVOLTA (1989), o ferro é indispensável para a formação do pigmento verde das plantas, a clorofila.

A concentração de ferro nos tecidos vegetais considerada adequada, varia normalmente entre 50 e 250 ppm na matéria seca, e geralmente, teores menores de 50 ppm indicam problemas de deficiência do elemento (FAQUIN, 1994).

Outras funções também são atribuídas ao Fe, à síntese protéica é diminuída em plantas deficientes em Fe, reflexo da diminuição do número de ribossomos – organelas de síntese protéica – e no teor de RNA (FAQUIN, 1994). O Fe também está envolvido na síntese da clorofila. Cerca de 80% do Fe nas folhas verdes estão localizados nos cloroplastos. Quando há deficiência desse micronutriente cai o teor de clorofila, o número de cloroplastos diminui e há menor quantidade de grana nos mesmos (FAQUIN, 1994; TAIZ; ZEIGER, 2009).

3.8.12 Silício (Si)

O silício (Si) é o segundo elemento em abundância na crosta terrestre, depois do oxigênio (KONRDORFER, 2007; MONTES et. al., 2015). Em 2006 o silício passou a ser considerado um micronutriente para as plantas, pois segundo Filgueiras (2007) o silício favorece a nodulação e, conseqüentemente, maior a fixação do N atmosférico pelas bactérias do gênero *Rhizobium*, nas leguminosas, se polimeriza aumentando a resistência ao acamamento, nas folhas, aumenta a resistência às deficiências hídricas, às pragas e doenças, além de ajudar na fotossíntese, produção de carboidratos e açúcares, induz a produção de compostos fenólicos, como as quinonas e as fitoalexinas, que são substâncias de defesa natural das plantas contra as pragas e doenças. Apesar disso, esse elemento tem sido aplicado visando principalmente a aumentar a resistência da planta a pragas e doenças (MENDES et. al., 2011).

O silício é absorvido pela planta na forma de ácido monossilícico (H_4SiO_4) juntamente com a água (fluxo de massa) e se acumula principalmente nas áreas de máxima transpiração (tricomas, espinhos, etc.) como ácido silícico polimerizado (sílica amorfa) (KONRDORFER, 2007). Segundo mesmo autor, o Si, ao ser absorvido pelas plantas, é facilmente translocado no xilema, e tem tendência natural a se polimerizar. Mais de 94% do Si absorvido pelo trigo foi transportado rapidamente para a parte aérea, concentrando-se nas folhas mais velhas, as quais continham até 11,8% de Si.

Para Filgueiras (2007) a importância do silício está bem definida para algumas culturas, mas muitas de suas funções ainda não estão bem esclarecidas pela ciência. Sendo que pesquisas sobre a sua aplicação em culturas arbóreas são escassas.

3.8.13 Cloro (Cl)

O cobre se encontra no solo basicamente na forma divalente (Cu^{2+}) e possui grande capacidade de ligar-se a ácidos húmico e fúlvico. Mais de 98% do cobre na solução do solo está complexado como quelato com compostos orgânicos como aminoácidos, compostos fenólicos e outros quelantes, podendo inclusive afetar o crescimento das plantas indiretamente por intermédio da regulação estomática, como um contra-íon móvel para o K^+ (KIRKBY, ROMHELD, 2007). As raízes das plantas absorvem o cobre na forma divalente (Cu^{2+}) (SILVA, sd). Segundo Kirkby e Romheld (2007) é um nutriente de plantas excepcional, pois, embora seja classificado como um micronutriente, e geralmente seja requerido em concentrações muito baixas, está presente nos tecidos das plantas em concentrações muito maiores, semelhantes àsquelas que seriam normalmente associadas com os macronutrientes, refletindo a sua larga distribuição por toda a natureza.

Os sintomas típicos de deficiência deste nutriente incluem murcha das folhas, enrolamento dos folíolos, bronzeamento e clorose similares à deficiência de Mn e severa inibição do crescimento radicular (BERGMANN, 1992⁸, apud KIRKBY, ROMHELD, 2007).

⁸BERGMANN, W. **Nutritional disorders of plants: development, visual and analytical diagnosis.** Stuttgart: Gustav Fisher Verlag, 1992. 741 p.

3.8.14 Níquel (Ni)

O metal de transição níquel (Ni) é o vigésimo terceiro elemento mais abundante na crosta terrestre, com teor médio de 20 mg.kg^{-1} (REIS et. al., 2014). De acordo com Kirkby e Romheld (2007) até recentemente, somente os efeitos tóxicos do Ni eram considerados na nutrição de plantas e especialmente como certas espécies de plantas eram capazes de tolerar as altas concentrações de Ni presentes em solos serpentinos. E após vários experimentos foi possível detectar a sua essencialidade em relação ao crescimento de determinadas espécies.

As suas principais funções estão ligadas à ao Ciclo de Calvin Benson, participa da urease $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \rightarrow \text{NH}_3 + \text{CO}_2]$ e na fixação biológica do nitrogênio nas leguminosas (REIS et. al., 2014). A mobilidade do níquel no solo é média sob condições de oxidação, elevada em ambiente ácido, muito baixa em ambiente neutro a alcalino e redutor e a sua absorção é feita na forma de cátion divalente (Ni^{2+}) (REIS et. al., 2014).

O sintoma mais característico da deficiência desse nutriente é a folha em formato de orelha de rato.

3.8.15 Molibdênio (Mo)

Segundo Malavolta (1989), o molibdênio é o micronutriente em menor abundância no solo e na planta, porém é de extrema importância para o metabolismo vegetal. O Mo difere de Fe, Mn e Cu pelo fato de estar presente nas plantas como ânion principalmente em sua forma mais altamente oxidada, Mo^{4+} , mas também como Mo^{5+} e Mo^{6+} e diferentemente de todas as outras deficiências de micronutrientes, a de Mo está associada com condições de pH do solo baixo e não alto (KIRKBY, ROMHELD, 2007).

Há apenas algumas poucas enzimas contendo Mo nas plantas superiores. As duas mais importantes, e mais bem pesquisadas, são a nitrato redutase e, em leguminosas noduladas, a nitrogenase. As enzimas contendo Mo podem ser descritas como proteínas multicentro de transferência de elétrons (KIRKBY, ROMHELD, 2007).

Taiz e Zeiger (2009) afirmam que os íons molibdênio são co-fatores de várias enzimas, incluindo a nitrato redutase e a nitrogenase. Em relação a isso Kirkby e Romheld (2007) explicam que a nitrato redutase, que causa a redução de NO_3 a NO_2 , ocorre no citoplasma. É uma enzima dímica, com três grupos prostéticos

transferidores de elétron por subunidade, flavina, heme e Mo. Durante a redução, os elétrons são transferidos diretamente do Mo para o nitrato. Há uma relação estreita entre o suprimento de Mo, a atividade da nitrato redutase e o crescimento. O suprimento.

É importante ressaltar, conforme Sfredo e Oliveira (2010) que a simbiose entre bactérias denominadas coletivamente como rizóbios com as leguminosas, caracteriza-se como um dos sistemas fixadores de N_2 mais eficientes que se conhece na atualidade e as leguminosas eficientemente noduladas apresentam concentrações de Mo nos nódulos que chegam a ser dez vezes superiores às encontradas nas folhas. Em condições de deficiência de Mo, este tende a se acumular apenas nos nódulos, em detrimento das outras partes da planta (SFREDO, OLIVEIRA, 2010).

Kirkby e Romheld (2007) ressaltam também que, dentre todos os micronutrientes, o Mo é o que está presente nas plantas em menor concentração sendo que menos de 1 mg.kg^{-1} de matéria seca já é suficiente para suprir as plantas adequadamente.

3.8.16 Cobalto (Co)

O cobalto é um elemento químico necessário para a síntese da cobalamina (Vitamina B12), que participa dos passos metabólicos para a formação da leghemoglobina, cuja afinidade com o oxigênio é elevada, e regula sua concentração nos nódulos impedindo a inativação da enzima nitrogenase (FAVARIN, MARINI, 2000). É um nutriente absorvido pelas raízes como Co^{2+} , considerado móvel no floema (SFREDO, OLIVEIRA, 2010).

O Co é essencial para a fixação do N_2 , pois participa na síntese de cobamida e da leghemoglobina nos nódulos. Portanto, deficiência de Co pode ocasionar deficiência de N na soja, devido à baixa fixação do N_2 . Sua deficiência causa clorose total, seguida de necrose nas folhas mais velhas, devido à deficiência de nitrogênio (SFREDO, OLIVEIRA, 2010).

3.9 Fertilização mineral e orgânica

O processo de fertilização deve ser de tal forma que, as mudas possam absorver o máximo de nutrientes (estando estes disponíveis) sem que haja excesso no substrato ou então perda por lixiviação (CONSTANTINO, 2009; SCHORN;

FORMENTO, 2003). Tanto o excesso como a escassez causam complicações à sanidade das mudas (SCHORN; FORMENTO, 2003).

Segundo Valeri e Corradini (2000) a prática de fertilização nos viveiros de *Pinus* e *Eucalyptus* é importante para que as mudas cresçam rápido, vigorosas, resistentes, rústicas e bem nutridas. Só assim, as mudas apresentarão as qualidades necessárias para suportarem as condições adversas do campo após o plantio.

Neste contexto, entre outros fatores, as praticas da calagem e adubação assumem lugar destaque, sendo responsáveis por cerca de 50% dos ganhos de produtividade das culturas, necessitando, assim, serem feitas do modo mais eficiente possível (LOPES; GUILHERME, 2000). Além disso, a maioria dos fertilizantes químicos contém sais inorgânicos dos macronutrientes nitrogênio, fósforo e potássio, é comum o uso desses fertilizantes para correção de deficiências (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Para que esse objetivo seja atingido, cabe ao produtor a aplicação de conceitos básicos que envolvem a eficiência dos fertilizantes e corretivos agrícolas e o comportamento desses no sistema solo – planta – atmosfera, com o intuito de maximizar os retornos sobre os investimentos pelo uso desses insumos (LOPES; GUILHERME, 2000). No entanto, CARNEIRO (1995) lembra que aplicações concentradas de qualquer elemento podem conduzir a sintomas de toxidez ou de mortalidade e o uso excessivo de fertilizantes minerais pode resultar em problemas, muitos dos quais semelhantes aos sintomas provocados por doenças, deficiências nutricionais ou danos causados por herbicidas.

Já os fertilizantes orgânicos, ao contrário dos fertilizantes químicos, originam-se de resíduos de plantas ou animais ou de depósitos naturais em rochas, e estes contêm muitos nutrientes sob forma de compostos orgânicos (TAIZ; ZEIGER, 2009). No geral, esses fertilizantes bem decompostos ou humificados favorecem ainda o equilíbrio microbiológico no solo, colaborando indiretamente para o controle de algumas pragas e doenças, como aquelas causadas pelos nematóides (KIEHL, 1985).

3.9.1 Substâncias húmicas e fúlvicas

Segundo Oliveira (2011) a matéria orgânica do solo pode ser dividida em dois grupos fundamentais: o primeiro é constituído pelos produtos da decomposição dos resíduos orgânicos e do metabolismo microbiano como proteínas e aminoácidos, carboidratos simples e complexos, resinas, ligninas e outros. O segundo grupo é representado pelas substâncias húmicas propriamente ditas, constituindo aproximadamente 90% da reserva total do carbono orgânico.

De acordo com a sua solubilidade, as substâncias húmicas (SH), podem ser fracionadas em: ácidos fúlvicos (solúveis em meio ácido ou básico), ácidos húmicos (solúveis em meio alcalino e insolúveis em meio ácido) e huminas (fração insolúvel em meio alcalino e ácido) (AIKEN, 1985; EYHERAGUIBEL et al., 2008; GUERRA, 2008; OLIVEIRA, 2014).

O ácido húmico e o fúlvico possui forte atração pela maioria dos cátions metálicos em solução, pois são polímeros naturais, ricos em grupos funcionais de cargas negativas tais como carbonizas, OH fenólico e/ou eólico, OH alcoólico e C=O de quimanos, que são sítios de absorção desses metais (MORTVEDT et al., 1972). As substâncias húmicas, por apresentarem uma rede de cargas negativas, são capazes de reagir com compostos orgânicos, que contêm átomos de nitrogênio formando estrutura tetraédrica, pois esses apresentam carga positiva nessa estrutura, a exemplo de pesticidas, fertilizantes, esterco não-curtido.

A turfa é exemplo típico de material rico em matéria orgânica utilizado como substrato na produção de mudas. Ela é consagrada internacionalmente como padrão para comparação com novos materiais para compor substratos (BELLÉ e KAMPF, 1993). É uma substância formada pela decomposição de vegetais acumulados em terrenos alagadiços (FRANCHI, 2000) e tem sido explorada, principalmente para uso agrícola e florestal devido ao alto teor de matéria orgânica. Sua parte superficial, por se caracterizar como um excelente banco de semente, tem sido utilizada para recuperar ambientes degradados (PETRONI, 2000).

Segundo Pinto (2003), a idade geológica da turfa é relativamente recente, resultada da decomposição de vegetais de pequeno porte que crescem e se desenvolvem em meios líquidos e é composta por certo número de estratos correspondentes às etapas de desenvolvimento dos vegetais, às contribuições em argila, silve, areia e sais minerais da água que forneceu nutrientes às plantas.

Sob o ponto de vista físico-químico, é um material poroso, altamente polar, com elevada capacidade de adsorção para metais de transição e moléculas orgânicas polares (COUILLARD, 1994⁹, apud Petroni, 2000). A forte atração da turfa pela maioria dos cátions metálicos em solução deve-se, principalmente, ao elevado teor de substâncias húmicas (ácidos húmico e fúlvico) na sua matéria orgânica (PETRONI, 2000).

As turfás tem normalmente índice pH baixo, graças ao suco celular das plantas que as originaram, cuja reação é ácida (PINTO, 2003). Em relação a isso, Kiehl (1985), relacionou a composição média da turfa, conforma Tabela 1.

Tabela 1 - Composição média da turfa

Componentes	Valor
Umidade típica (%)	65,50
Matéria orgânica (%)	77,25
Carbono (%)	42,82
Nitrogênio (%)	3,09
Relação C/N	14/1
Fósforo (P ₂ O ₅) (%)	0,17
Potássio (K ₂ O) %	0,36
Índice pH	5,30

Fonte: Kiehl, 1985.

A Leonardita é uma rocha formada a partir da oxidação de lignitos fósseis, e a a partir de processos industriais, incluindo os tratamentos de homogeneização com água e soluções alcalinas e ácidos húmicos (AH) para utilização em escala comercial (RIVERO et al., 2004).

A Tabela 2, apresenta a composição média da rocha leonardita.

⁹COUILLARD, D. The use of peat in wastewater treatment. **Water Research**, v.28, n.6, p. 1261-1274, 1994.

Tabela 2 -Composição média da leonardita

Componentes	Valor
Umidade típica (%)	17,85
Matéria Orgânica total (%)	58,50
Carbono (%)	33,93
Nitrogênio (%)	2,92
Relação C/N	11,60
Cinzas (%)	41,50
Extrato húmico total (%)	58,50
pH (1/25)	3,50
Densidade (g/cm3)	0,88

Fonte: Agro Daymsa (sd), apud Pinto (2003).

Segundo Pinto (2003), os sedimentos orgânicos, turfa e leonardita são provenientes de resíduos animais e vegetais depositados na crosta terrestre, sofrendo transformações que dependem de condições específicas como tempo, natureza do material orgânico e mineral disponíveis, topografia, microorganismos, clima, movimentos tectônicos, etc., todos eles guardando uma riqueza característica em matéria orgânica em diferentes estádios de decomposição, os quais, após tratamento industrial adequado, prestam-se com grande vantagem à fertilização dos solos cultivados. Além da turfa e da leonardita, outros produtos são criados para melhorar a fertilização na produção de mudas, entre eles, resíduos de pescados marinhos e algas.

No caso dos pescados marinhos, essa opção pode ser viável pela otimização e redução do volume de resíduos sólidos de pescado processado, que apresentam problemas sérios, sem soluções em curto prazo de poluição e de depósito no ambiental, como também por oferecer vantagens sob os aspectos econômico e social, não só pela imediata incorporação da mão-de-obra e pela geração de emprego, mas também pelo surgimento de alternativas tecnológicas com valor agregado (ESPÍNDOLA FILHO, 1998; 1999).

Das várias espécies de algas, a *Ascophyllum nodosum* (L.) destaca-se dentre as espécies de algas marinhas comumente empregadas para essa finalidade. Estas apresentam matéria orgânica, aminoácidos (alanina, ácido aspártico e glutâmico, glicina, isoleucina, leucina, lisina, prolina, tirosina, triptofano e valina), carboidratos e concentrações importantes dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Mn, Cu e Zn; possuem ainda hormônios de crescimento (auxinas, giberelinas, citocininas, ácido abscísico), elicitores de resistência e auxiliares do transporte de micronutrientes,

estimulando o crescimento vegetal e a melhoria da qualidade dos frutos (SUPERBAC, 2011).

Segundo Oliveira et al. (2011), no Brasil, o uso da alga *A. nodosum* nas culturas comerciais em geral, encontra-se em plena expansão necessitando de informações mais precisas em relação ao seu uso adequado.

3.9.2 Condicionadores de solo e adubos foliares

Condicionadores de solo e os adubos foliares à base de substâncias húmicas, nada mais são do que produtos que concentram grandes quantidades de matéria orgânica, derivados muitas vezes de turfas e ricos em ácidos húmicos e fúlvicos, que por vezes estão associados a fontes de macronutrientes e micronutrientes, capazes de devolver aos solos já bem desgastados, pelo tempo e uso, sua fertilidade e equilíbrio físico químico e biológico (BEAUCCLAIR et al., 2007).

O mesmo autor afirma que a composição dos condicionadores orgânicos é extremamente variável entre os diferentes produtos e até mesmo nos próprios produtos, pela natureza da obtenção, sendo que, por esta razão, algumas firmas fornecedoras de condicionadores orgânicos, após a extração do ingrediente, realizam uma padronização do material visando garantir uma composição constante, dentro de padrões de qualidade, sendo, de forma geral, fontes de ácidos húmicos e fúlvicos, procurando simular a composição da matéria orgânica do solo (húmus). Atesta ainda que alguns produtos apresentam ainda uma fórmula complementada com micronutrientes e/ou macronutriente para se enquadrarem na legislação como fertilizantes organominerais.

Por se tratarem de materiais orgânicos, é natural e inerente a sua própria natureza que atuem nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo de forma análoga a fontes de matéria orgânica aplicadas ao solo, sendo assim, insumos que tem por objetivo melhoria das condições do solo para o desenvolvimento do sistema radicular da cultura implantada (BEAUCCLAIR et al., 2007).

Além de os nutrientes serem adicionados ao solo como fertilizantes, a maioria das plantas consegue absorver nutrientes minerais aplicados às folhas por aspersão, em um processo conhecido como adubação foliar (TAIZ, ZEIGER 2009). A prática da adubação foliar vem se desenvolvendo intensamente nos últimos anos, como rotina, em várias culturas de interesse econômico. O uso de micronutrientes, via

foliar, tem aumentando continuamente em função do maior conhecimento dos macronutrientes e micronutrientes presentes no solo e se disponíveis para a planta ou não, assim como, do aumento nos procedimentos de diagnósticos das culturas e seus cultivares (MOCELLIN, 2004).

Segundo Taiz e Zeiger (2009) a adubação foliar pode reduzir o tempo de retardo entre a aplicação e a absorção pelas planta, o que poderia ser importante durante uma fase de rápido crescimento e contornar o problema de restrição de absorção de um nutriente do solo. E o movimento de nutrientes para dentro da planta parece envolver a difusão através da cutícula e a absorção pelas células foliares.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização dos experimentos

Os experimentos foram instalados e conduzidos no viveiro florestal da Fazenda Fortaleza, pertencente à empresa Resisul Fortaleza Ltda. localizada no município de Paranapanema, São Paulo (Figura 1). Situa-se entre as coordenadas 23°17'11"S e 48° 49'41" O e possui altitude de 854 m.

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é Cfa (clima temperado úmido com verão quente), apresentando temperatura média anual de 19,8°C, sendo a temperatura média do mês mais quente 25,9°C e a temperatura média do mais frio 15,4°C, e precipitação anual média de 1352,2 mm.

Figura 1 - Localização do experimento
Fonte: Kaline Gomes dos Santos

4.2 Delineamento experimental

Para estudar o efeito do uso de condicionadores de solo e adubos foliares na produção de muda clonal de pinus foram instalados dois experimentos, cada um com um híbrido de pinus, sendo estes nomeados de Experimento 1, com mudas clonais do híbrido de *Pinus elliottii* var. *elliottii* L. vs. *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Morelet. e Experimento 2, com mudas clonais do híbrido de *Pinus tecunumanii*(Schw.) Eguiluz e Perry. vs. *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Morelet.

Os experimentos tiveram a duração de 06 meses, entre fevereiro à julho de 2013 e as avaliações foram divididas em três fases da produção, sendo: 1) casa de vegetação, 42 dias; 2) casa de sombra, 45 dias; e 3) rustificação, 52 dias, totalizando 181 dias.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com 3 repetições, em arranjo fatorial 4x2, 3 adubos foliares e a mistura entre os três adubos foliares e 2 condicionadores de solos. Foram utilizadas 176 plantas por parcela na casa de vegetação, delimitada pela bandeja de 176 células. Na fase seguinte, casa de sombra, com 166 plantas por parcela e na área de rustificação, com 156 plantas por parcela. A redução do número de plantas por parcela ocorreu em função da eliminação de plantas para as análises destrutivas ao longo do desenvolvimento do experimento.

4.2.1 Tratamentos

A condução dos experimentos foi semelhante para ambos os híbridos, havendo diferença somente nos tratamentos testados, no qual, cada híbrido foi submetido à uma combinação de adubo foliar diferente.

Para compor os tratamentos foram utilizados dois tipos de condicionadores de solo combinados com três adubos foliares e a mistura dos mesmos (Tabela 3 e 4).

Tabela 3 - Tratamentos testados nos experimentos

Experimento 1 - Híbrido de <i>Pinus caribaea</i> var <i>hondurensis</i> vs. <i>Pinus elliottii</i> var. <i>elliottii</i>			Experimento 2 - Híbrido de <i>Pinus tecunumanii</i> vs. <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>		
Tratamentos	Cond. de solo	Adubo foliar	Tratamentos	Cond. de solo	Adubo foliar
T1	T	T	T1	T	T
T2	C1	AF2	T2	C1	AF1
T3	C1	AF3	T3	C1	AF3
T4	C1	AF4	T4	C1	AF4
T5	C1	M1AF	T5	C1	M2AF
T6	C2	AF2	T6	C2	AF1
T7	C2	AF3	T7	C2	AF3
T8	C2	AF4	T8	C2	AF4
T9	C2	M1AF	T9	C2	M2AF

O M1AF trata-se da mistura dos três primeiros adubos foliares, sendo eles o AF2, AF3, e AF4. Enquanto que o M2AF é a mistura dos seguintes adubos foliares: AF1, AF3 e AF4.

4.3 Condicionadores de solo e adubos foliares utilizados

Na Tabela 4 é apresentada a descrição dos principais componentes dos condicionadores e adubos foliares testados nos experimentos.

Tabela 4 - Condicionadores de solo e adubos foliares utilizados no Experimento 1 e 2

Fertilizantes	Sigla	Descrição
Condicionadores de solo	C1	Complexo de aminoácidos oriundos de um processo natural de fermentação enzimática de pescados marinhos, possui matéria orgânica
	C2	Produto orgânico extraído da leonardita
Adubos foliares	AF 1	Adubo foliar enriquecido com quitosana (polímero natural proveniente das carapaças de crustáceos) que é responsável pela produção de enzimas (quitinase e fenilalanina amônia-liase) para fortalecimento das paredes celulares das plantas
	AF 2	Feito a partir de pescados marinhos e melaço de cana, sendo uma fonte de aminoácido e potássio
	AF 3	Produto orgânico extraído da leonardita contendo compostos fenólicos, alto teor quelante, combina-se com Fe, Cu, Ca e Mg para formar complexos estáveis
	AF 4	Extrato líquido de algas marinhas (feitos com a planta inteira) da espécie <i>Ascophyllum nodosum</i> . Possui mais de 70 elementos, dentre micronutrientes, macronutrientes, aminoácidos, citoquininas e auxinas

Fonte: SUPERBAC, 2011.

A Tabela 5 indica as composições químicas de cada adubo foliar e condicionador de solo utilizado. As análises foram feitas no Laboratório de Química da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ) da Universidade de São Paulo (USP).

Tabela 5 - Teores de macro e micronutrientes nos adubos e condicionadores de solo testados

		Macronutrientes						Micronutrientes				
		g.kg ⁻¹						mg.kg ⁻¹				
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu ³	Fe	Mn ⁴	Zn
Cond. de solo	C1	5,8	0,48	8,80	8,7	1,20	2,1	80	<LQ	1000	<LQ	14
	C2	0,2	0,013	0,25	9,0	0,13	0,2	60	<LQ	300	<LQ	1
	AF1	11,3	1,275	8,14	12,2	1,20	2,1	60	<LQ	300	<LQ	20
Adubos foliares	AF2	6,4	0,349	57,78	7,3	0,40	21,2	70	<LQ	700	<LQ	15
	AF3	0,2	0,004	0,33	1,1	0,20	0,6	60	<LQ	200	<LQ	4
	AF4	0,6	0,009	1,83	1,9	0,80	1,5	70	<LQ	200	<LQ	5

Fonte: Laboratório de Química da ESALQ/USP.

Nota: ³Cu LQ = 0,13 mg.kg⁻¹

⁴Mn LQ = 0,02 mg.kg⁻¹

A metodologia utilizada nas análises químicas dos condicionadores de solo e adubos foliares seguiram a metodologia descrita na Instrução Normativa DAS N°28 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento de 27 de janeiro de 2007, a

qual dispõe sobre manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos.

4.3 Produção das mudas

As mudas foram produzidas a partir de miniestacas provenientes do minijardim clonal. No minijardim clonal as matrizes foram dispostas em canteiros com areia lavada grossa como substrato (Figura 2).

Figura 2 - Em (A): Minijardim clonal com matrizes dispostas em canaletas com areia lavada e em (B), matrizes do híbrido de *P. tecunumanii* x *P. elliotii* var. *elliotii* respectivamente

As matrizes foram cultivadas em canaletas no minijardim em espaçamento de 10cm x 8cm, e receberam adubação (fertilirrigação) através de 4 linhas de mangueiras de gotejamento, com furos a cada 10cm, 8 vezes ao dia (Tabela 6).

Tabela 6 - Teores de nutrientes da fertilirrigação utilizada no minijardim clonal no viveiro

Teores na fertilirrigação											
Macronutrientes						Micronutrientes					
g.kg ⁻¹						mg.kg ⁻¹					
N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo
439,84	21,83	345,31	190,00	116,60	36,80	21000	3600	26713	24800	33800	36,00

Nota: A fertilirrigação é realizada com a diluição de 3,99 kg de fertilizante em 3.000 litros de água para 9.460 matrizes.

A miniestaquia foi feita manualmente, nas primeiras horas do dia, evitando que a temperatura excessiva afetasse o seu vigor e após o corte das miniestacas, as mesmas foram acondicionadas em recipientes (caixas de isopor), permanecendo submersas em água fria ($15^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$), para que chegassem à casa de vegetação em perfeitas condições de turgor. As miniestacas foram imersas em solução de

fungicida Captan® por 2 minutos, na concentração de 2,0 g.litro⁻¹, antes do estaqueamento.

Foram utilizados tubetes plásticos (polietileno) de formato quadrangular, contendo 4 estrias internas e perfurados na extremidade inferior. Esses tubetes possuem 11,5 cm de altura, 2,5 cm de lado na abertura superior, 1 cm de lado na abertura inferior e capacidade de 50 cm³ encaixados em bandejas. Os tubetes foram preenchidos com substrato comercial composto por turfa de *Sphagno*, com fertilização de liberação lenta, vermiculita expandida, casca de arroz torrefada, calcário dolomítico, gesso agrícola e fertilizante NPK (traços). A análise química do substrato utilizado é descrita na Tabela 7.

Tabela 7 - Teores de nutrientes no substrato padrão com fertilização mineral utilizado no viveiro

	Macronutrientes						Micronutrientes						
	g.kg ⁻¹						mg.kg ⁻¹						
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	
Substrato comercial	15,20	6,33	3,65	92,90	37,10	8,30	5,00	29,00	13106,00	401,00	134,00	1196,00	

A análise dos teores dos macronutrientes e micronutrientes nos substratos foi realizada pelo Laboratório de Fertilizantes, Corretivos e Resíduos Orgânicos da ESALQ/USP, cuja metodologia utilizada para a análise também está descrita na Instrução Normativa DAS N°28 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento de 27 de janeiro de 2007.

Os condicionadores de solo testados nos experimentos foram incorporados ao substrato durante o preparo das bandejas e os adubos foliares foram aplicados 1 vez por semana durante 6 semanas em cada fase de produção (casa de vegetação, casa de sombra e rustificação), conforme as doses e concentrações da Tabela 8 e 9.

Tabela 8 - Concentração dos condicionadores de solos e adubos foliares utilizados nos experimentos para o híbrido de *P. caribaea* var. *hondurensis* vs. *P. elliotii* var. *elliotii* na casa de vegetação, casa de sombra e rustificação

Cond. de solo	Concentração (ml.l ⁻¹)	Dose por muda (ml/muda)	Adubo foliar	Concentração (ml.l ⁻¹)	Dose por muda (ml/muda)
T	-	-	-	-	-
C1	25	0,047	AF2	15	0,028
C1	25	0,047	AF3	15	0,028
C1	25	0,047	AF4	15	0,028
C1	25	0,047	M1AF	5+5+5	0,028
C2	25	0,047	AF2	15	0,028
C2	25	0,047	AF3	15	0,028
C2	25	0,047	AF4	15	0,028
C2	25	0,047	M1AF	5+5+5	0,028

Nota: - valor nulo, sem fertilização.

Tabela 9 - Concentração dos condicionadores de solos e adubos foliares utilizados nos experimentos para o híbrido de *P. tecunumanii* vs. *P. caribaea* var. na casa de vegetação, casa de sombra e rustificação

Cond. de solo	Concentração (ml.l ⁻¹)	Dose por muda (ml/muda)	Adubo foliar	Concentração (ml.l ⁻¹)	Dose por muda (ml/muda)
T	-	-	-	-	-
C1	25	0,047	AF1	15	0,028
C1	25	0,047	AF3	15	0,028
C1	25	0,047	AF4	15	0,028
C1	25	0,047	M2AF	5+5+5	0,028
C2	25	0,047	AF1	15	0,028
C2	25	0,047	AF3	15	0,028
C2	25	0,047	AF4	15	0,028
C2	25	0,047	M2AF	5+5+5	0,028

Nota: - valor nulo, sem fertilização.

A altura média das miniestacas colocadas nas bandejas na casa de vegetação foi de 5,16 cm para o híbrido de *P. tecunumanii* vs. *P. caribaea* var. *hondurensis*, e 4,28 cm o híbrido de *P. caribaea* var. *hondurensis* vs. *P. elliotii* var. *elliotii*, respeitando o limite de diâmetro entre 1,5 à 2,5 mm, para evitar miniestacas muito tenras ou muito lignificadas (Figura 3). As miniestacas foram colocadas com 10 mm de profundidade direto nos recipientes e não receberam nenhum tipo de hormônio ou adubação, exceto a presente no substrato.

Figura 3 - Seqüência de instalação do experimento no viveiro: (A) corte das miniestacas no minijardim clonal, (B e C) colocação das miniestacas nas bandejas, e (D) experimento instalado.

A irrigação na casa de vegetação foi realizada por meio de barra móvel de 6 a 8 vezes por dia, na casa de sombra por barra móvel e nebulização com micro-aspersores durante o dia todo e na área de rustificação, 3 vezes ao dia com uso de aspersores. É importante ressaltar a presença natural de micorrizas que se formam nas raízes das mudas no viveiro.

Na saída das mudas da casa de sombra para a fase de rustificação foi realizado a limpeza das bandejas com a retirada de ervas daninhas que se formaram junto às mudas.

4.4 Avaliações

Na casa de vegetação foram amostradas 10 mudas centrais por parcela com 3 repetições, totalizando 30 mudas por tratamento, conforme apresentado na Figura 4. Nessa fase, foi avaliada a taxa de enraizamento, por meio do “teste do cabelo” (Figura 4-B) e contagem do número de mudas enraizadas por tratamento 42 dias após o estaqueamento.

Figura 4 - (A) esquema de coleta de mudas; (B) teste do cabelo realizado na casa de vegetação para ambos os experimentos

Na casa de sombra também foram amostradas 10 mudas centrais por parcela com 3 repetições, totalizando 30 mudas por tratamento (Figura 4-A). Foram avaliadas as alturas, com régua graduada (cm), e a Massa Verde da Parte Aérea (MVPA), Massa Seca da Parte Aérea (MSPA), Massa Verde da Raiz (MVR) e a Massa Verde Radicial (MVR) com balança analítica (precisão 0,001 g) (Figura 5-A).

Para avaliação da MSPA e da MSR, após a separação das partes aéreas (folhas e caule) e raiz, as mudas foram dispostas em embalagens de papel, devidamente identificadas, e submetidas à secagem em estufa a 60°C por 72 horas (Figura 6).

Figura 5 - (A) balança analítica (precisão 0,001 g) para análise; (B) esquema de separação entre a parte aérea e raiz das mudas

Figura 6 – (A) estufa utilizada; (B) disposição das mudas para a avaliação do MSPA e MSR

As mesmas mudas amostradas na medição das alturas, foram utilizadas para determinação dos pesos secos e úmidos, caracterizando amostragem destrutiva.

Na fase de rustificação, foram amostradas 40 mudas centrais por parcela com 3 repetições, sendo 120 mudas por tratamento, do híbrido de *P. caribaea* var. *hondurensis* vs. *P. elliotii* var. *elliottii* (Experimento 1) e 55 mudas por parcela com 3 repetições, sendo 165 mudas por tratamento para o *P. tecunumanii* vs. *P. caribaea* var. *hondurensis* (Experimento 2). Foram avaliadas as alturas e as massas secas e verde da parte aérea e radicial (MVPA, MSPA, MVR e MSR).

Além da avaliação das alturas e massa vegetal, foi avaliado os teores de macro e micronutriente das mudas. Para isso foram coletadas acículas de outras 6 mudas por parcela com 3 repetições, sendo 18 mudas por tratamento e enviadas para análise, totalizando 162 amostras para cada experimento.

As análises foram realizadas pelo Laboratório de Tecidos Vegetais da ESALQ/USP, segundo a metodologia descrita por Sarruge e Haag (1974). Na qual a concentração de nitrogênio total é determinada pelo método analítico semi-micro Kjeldahl. Nas determinações dos demais macronutrientes e dos micronutrientes catiônicos, os mesmos são obtidos pela digestão nítrico-perclórica. As leituras

relativas as determinações de cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês e zinco, foram efetuadas em espectrofotômetro de absorção atômica. A leitura do potássio é realizada em fotômetro de chama e a de fósforo em calorímetro. O enxofre é determinado por turbidimetria, com leitura em calorímetro. Para extração do boro, o tecido vegetal é incinerado em mufla e a determinação segue o método da azometina.

4.5 Análise de dados

As análises estatísticas foram realizadas com o software R-project. Inicialmente, os testes de homogeneidade de variâncias de Levene; e de normalidade dos erros de Shapiro – Wilk e Lilie, foram aplicados às variáveis para a verificação das pressuposições da análise da variância (ANOVA). Quando elas não foram aceitas, os dados foram transformados de acordo com a metodologia de Box-Cox. E quando todos os pressupostos foram aceitos, as variáveis foram submetidas à ANOVA em nível de significância de 5%.

As variáveis que precisaram ter seus dados transformados foram as alturas dos dois híbridos, nas fases de casa de sombra e rustificação.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Experimento 1: *Pinus caribaea* var. *hondurensis* vs. *Pinus elliottii* var. *elliottii*

5.1.1 Casa de vegetação

Na avaliação da taxa de enraizamento, em relação ao condicionador de solo, constatou-se que a maior taxa obtida foi com o uso do condicionador C2 à base de ácido húmico e em relação ao adubo foliar, obteve-se maior taxa de enraizamento com o uso do AF3 à base de ácido fúlvico, sendo estes resultados estatisticamente diferente sem relação aos demais (Tabela 10).

Tabela 10 - Taxa de enraizamento das miniestacas do híbrido de *P. caribaea* var. *hondurensis* vs. *P. elliottii* var. *elliottii*, em relação aos condicionadores de solo e aos adubos foliares testados na casa de vegetação

Taxa de enraizamento (%) ± Erro padrão					
Condicionador de solo			Adubo foliar		
			T	0,00% ± 0,00%	b
T	0,00% ± 0,00%	c	AF2	5,00% ± 3,42%	b
C1	7,50% ± 3,92%	b	AF3	38,33% ± 4,01%	a
C2	16,67% ± 5,55%	a	AF4	5,00% ± 2,24%	b
			M1AF	0,00% ± 0,00%	b

Legenda: As médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nota: 0,00 Dado numérico igual a zero resultante de arredondamento originalmente positivo.

Vários estudos confirmam a influência dos ácidos húmicos e fúlvicos no surgimento e desenvolvimento de raízes (EYHERAGUIBEL et al. 2008; DOBBSS, 2011; LAZZARINI, 2014; NARDI, 2002; et al. 2008).

Alguns autores inclusive afirmam que as substâncias húmicas (SH's), composto por ácidos húmicos e fúlvicos, presentes nos adubos foliares testados possuem efeito bioestimulador (CHEN; AVIAD, 1990; PICCOLO et al, 1993; CANELLAS et al. 2002). Canellas et al. (2002, 2009) em seu trabalho estudaram o efeito direto das substâncias húmicas no sistema radicial das plantas. Para esse autor, as SH's ativam as bombas de prótons $H^+Atpases$ presentes na membrana plasmática das células radiciais, ocorrendo assim, incremento da extrusão de H^+ no apoplasto. Essa extrusão de H^+ promove a redução do pH e, como resultado, ocorre a ativação das expansinas, enzimas que atuam no rompimento das pontes de hidrogênio da parede celular levando a um afrouxamento da mesma. Tal

afrouxamento associado com a pressão de turgescência interna leva ao alongamento das células, processo esse, irreversível, denominado de crescimento ácido, típico das auxinas (CANELLAS et al., 2002, 2009; PITON et al., 1999; QUAGGIOTTI et al. 2004).

A miniestacas dos tratamentos com a mistura M1AF e testemunha não enraizaram nessa fase. A resposta encontrada para a M1AF é devido a baixa concentração de cada adubo foliar na mistura, uma vez que se tem 1/3 da de cada um, não sendo suficiente para promover o enraizamento na casa de vegetação. Para a testemunha, somente os nutrientes presentes no substrato comercial não foram suficientes para causar um efeito positivo no enraizamento das miniestacas.

Apesar do resultado obtido com os tratamentos M1AF e testemunha (0% de enraizamento) no momento da avaliação na casa de vegetação, as bandejas contendo as estacas foram transportadas para a casa de sombra pois as mesmas poderiam apresentar enraizamento tardio. Obtendo-se assim mudas enraizadas para realização das análises de crescimento nas fases seguintes, o que ocorreu. Por outro lado, o ideal é que as miniestacas enraízem na casa de vegetação para que nas fases seguintes o crescimento aéreo esteja equilibrado ao radicial.

É possível verificar que houve interação entre os fatores testados (Tabela 11), o condicionador C2 combinado com o AF3 promoveram a maior taxa de enraizamento, sendo diferente de todas as outras combinações testadas. A interação entre o AF3 e o C1 também promoveu um bom enraizamento das miniestacas. Esses resultados demonstram o adubo AF3 produziu efeito no enraizamento das miniestacas, quando avaliado seu efeito separadamente.

Tabela 11 - Taxa de enraizamento e seu erro padrão para a combinação entre os condicionadores de solo e os foliares das miniestacas do híbrido de *P. caribaea* var. *hondurensis* vs. *P. elliotii* var. *elliotii* na casa de vegetação

Taxa de enraizamento(%)				
Adubo foliar				
Condicionador de solo	AF2	AF3	AF4	M1AF
C1	0,00% ± 0,00% bB	30,00% ± 0,00% bA	0,00% ± 0,00% bB	0,00 ± 0,00% aB
C2	10,00% ± 5,77% aB	46,67% ± 3,33% aA	10,00% ± 0,00% aB	0,00 ± 0,00% aC

Legenda: As médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nota - 0,00 Dado numérico igual a zero resultante de arredondamento originalmente positivo.

Porém verifica-se melhores resultados, quando avalia-se os dois fatores combinados, uma vez que a interação proporcionou maior taxa de enraizamento, sendo 64% maior quando avalia-se o condicionador de solo separadamente e 18% maior quando avalia-se o adubo foliar separadamente.

Não há estudos conhecidos com o uso de ácidos húmicos e fúlvicos no enraizamento de estacas de pinus. No entanto, é comum encontrarmos na literatura pesquisas envolvendo culturas agrícolas, sendo que a maior parte obtiveram resultados positivos para o enraizamento usando bioestimulantes à base de ácido húmico e fúlvico.

Marques Junior et al. (2008) em sua pesquisa, observaram que o uso do ácido húmico e fúlvico e bactérias diazotróficas endofíticas no enraizamento de microtoletes de cana de açúcar promoveu o aumento na taxa de enraizamento. Entretanto, Eyheraguibel et al. (2008) estudando a germinação de sementes de milho com o uso de substâncias húmicas, não obtiveram diferença significativa, sendo que a taxa de germinação das sementes com o uso das SH's foi de 90% e 95% para a testemunha.

Provavelmente as propriedades biológicas e químicas dos ácidos húmicos e fúlvicos, são melhores aproveitadas em estacas e miniestacas do que em sementes. Isso pode ser explicado pelo fato da semente possuir reservas suficientes para a sua germinação e desenvolvimento de raízes.

Sob o ponto de vista nutricional, segundo Cunha et al. (2009b), os principais nutrientes envolvidos na iniciação radicial (desdiferenciação e formação do meristema radicial) são o N, P, K, Mg, S, B, Zn, e Mo, tendo em vista o papel destes na síntese de proteínas e ácidos nucléicos. Analisando o C2, sendo um condicionador de solo composto por ácidos húmicos e o AF3, composto por ácido fúlvico, ambos fertilizantes testados possuem teores extremamente baixos quando comparados aos teores encontrados no substrato comercial (93 à 99 vezes menor), exceto apenas para o Boro, cujo teor dos fertilizantes foi 91 vezes maior que o teor encontrado no substrato comercial.

Muitos autores confirmam a importante participação desse nutriente no enraizamento de estacas para várias espécies, tais como, Santos et al. (2010), estudando o enraizamento de estacas da pitaya (*Hylocereus undatus*); Herrera et al. (2004) no enraizamento de louro (*Laurus nobilis* L.) e Cunha et al. (2009a) no enraizamento de miniestacas de eucalipto. Dessa forma, o Boro é considerado

cofator do enraizamento, devido ao seu papel no processo rizogênico em conjunto com a auxina, facilitando o transporte através das membranas e sua manutenção da integridade (TAIZ; ZEIGER, 2009; CUNHA et al., 2009b).

A partir disso é possível aferir que esse nutriente presente no condicionador C2 e no AF3, e a influência das SH's no enraizamento, foram responsáveis pelas maiores taxas de enraizamento encontradas, uma vez que a concentração do B é igual em ambos os tratamentos. Além disso, é importante ressaltar que a combinação dos dois proporcionou uma interação positiva, sendo vantajoso o uso do C2 e AF3 juntos.

5.1.2 Casa de sombra

A altura das mudas não apresentaram diferenças em relação ao condicionador de solo e ao adubo foliar (Tabela 12).

Tabela 12 - Dados de altura e seu do erro padrão para as mudas do híbrido de *P. caribaea* var. *hondurensis* vs. *P. elliotii* var. *elliotii*, em relação aos condicionadores e adubos foliares na casa de sombra

Altura (cm) ± Erro padrão							
Condicionador de solo				Adubo foliar			
				T	6,82 ± 0,44	a	
T	6,82 ± 0,44	a		AF2	6,85 ± 0,32	a	
C1	7,40 ± 0,30	a		AF3	8,10 ± 0,41	a	
C2	7,84 ± 0,27	a		AF4	7,37 ± 0,43	a	
				M1AF	8,16 ± 0,42	a	

Legenda: As médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Entretanto é possível verificar que as maiores taxas de crescimento em altura, deu-se com o uso dos adubos foliares AF3, M1AF (AF2+AF3+AF4) e C2, sendo estes resultados 16% maior que a testemunha.

Esse resultado pode ser explicado pela baixa concentração de nutrientes que atuam no crescimento em altura das mudas, como exemplo o baixo teor de N presente nos condicionadores de solo e adubos foliares testados. No entanto é possível que maiores concentrações promova um aumento na altura, ou que em fases mais maduras, as mudas consigam absorver esses nutrientes, ou ainda os mesmos se tornem mais disponíveis à planta, convertendo em crescimento em altura, como constatado por Mondardo et al. (2009), avaliando mudas de *P. elliotii*

com doses crescentes de adubação fosfatada, não encontrou diferença nas alturas no primeiro mês, obtendo resposta somente a partir do segundo mês.

Não foi possível verificar interação entre os condicionadores de solo e adubos foliares testados. (Tabela 13).

Tabela 13 - Alturas e seu erro padrão da combinação entre os condicionadores de solo e os adubos foliares das mudas do híbrido de *P. caribaea* var. *hondurensis* vs. *P. elliottii* var. *elliottii* na casa de sombra

na casa de sombra													
Altura (cm) ± Erro padrão													
Adubo foliar													
Condicionador de solo	AF2			AF3			AF4			AF5			
C1	7,05	± 0,50	aA	7,88	± 0,63	aA	7,00	± 0,61	aA	7,67	± 0,65	aA	
C2	6,65	± 2,33	aA	8,32	± 0,55	aA	7,73	± 0,59	aA	8,65	± 0,54	aA	

Legenda: as médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Esses resultados corroboram com a afirmação de Lazzarini (2014) de que muitos trabalhos com o uso de SH's confirmam a sua influência na aceleração das taxas de crescimento radicial, incremento de biomassa vegetal e alterações na arquitetura do sistema radicial e muito pouco sobre o crescimento em altura das plantas.

Para os valores de massa vegetal houve diferença significativa ($p < 0,05$) em relação ao condicionador de solo apenas para massa seca da parte aérea (MSPA), cujo C1 (à base de pescados marinhos) promoveu maior resposta quando comparado ao C2. No entanto não foi diferente da testemunha (Tabela 14).

Tabela 14 - Massa verde e seca da parte aérea e radicial, seguida do erro padrão para as mudas do híbrido de *P. caribaea* var. *hondurensis* vs. *P. elliottii* var. *elliottii*, em relação ao condicionador de solo na casa de sombra

Em relação ao condicionador de solo											
Peso (g/muda) ± Erro padrão											
	MVPA			MSPA			MVR		MSR		
T	0,84 ± 0,09	a		0,28 ± 0,03	ab		0,13 ± 0,00	a	0,08 ± 0,01	a	
C1	0,95 ± 0,05	a		0,32 ± 0,02	a		0,10 ± 0,01	a	0,06 ± 0,01	a	
C2	0,87 ± 0,03	a		0,28 ± 0,01	b		0,11 ± 0,01	a	0,07 ± 0,01	a	

Legenda: As médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nota: 0,00 Dado numérico igual a zero resultante de arredondamento originalmente positivo.

O condicionador C1, segundo SUPERBAC (2013) possui matéria orgânica, nutrientes minerais prontamente assimiláveis pelas raízes e microrganismos, favorecendo a decomposição da matéria orgânica e aumento da disponibilidade de nutrientes oriundos do material orgânico (reciclagem). A literatura sobre o uso de

fertilizantes à base de pescados marinhos é muito escassa. As pesquisas, na sua maioria, são realizados com hortaliças, e a exemplo disso, Espíndola Filho et al.(2001), estudando o desenvolvimento de almeirão (*Cichorium intibus* L), obtiveram resultados positivos no seu desenvolvimento com uso de fertilizantes à base de pescados marinhos.

Ishimura et al. (2003), obtiveram melhores resultados na produtividade de bulbos de cebola em quilograma por metro quadrado de canteiro, e massa média do bulbo em gramas com a aplicação de adubo foliar à base de pescados marinhos (31%) quando comparado com a produtividade da testemunha sem o adubo.

Sob o ponto de vista do adubo foliar, os resultados corroboraram com os encontrados para a taxa de enraizamento na casa de vegetação. O AF3 (ácido fúlvico) foi o que promoveu maior incremento em massa aérea (MVPA e MSPA) quando avalia-se o adubo foliar como fator principal. No entanto o mesmo não foi observado em relação ao peso da raiz (MVR e MSR). Apesar disso, ambos os resultados não diferem da testemunha (Tabela 15).

Tabela 15-Massa verde e seca da parte aérea e radicial, seguida do erro padrão para as mudas do híbrido de *P. caribaea* var. *hondurensis* vs. *P. elliotii* var. *elliotii* em relação ao adubo foliar na casa de sombra

Em relação adubo foliar								
Peso (g/muda) ± Erro padrão								
	MVPA			MSPA			MVR	
							MSR	
T	0,84 ± 0,09	ab		0,28 ± 0,03	ab		0,13 ± 0,00	a
AF2	0,76 ± 0,03	b		0,25 ± 0,01	b		0,07 ± 0,01	b
AF3	1,05 ± 0,06	a		0,34 ± 0,02	a		0,13 ± 0,01	a
AF4	0,91 ± 0,04	ab		0,30 ± 0,01	ab		0,10 ± 0,00	ab
M1AF	0,93 ± 0,04	ab		0,31 ± 0,02	ab		0,12 ± 0,02	a

Legenda: As médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nota: 0,00 Dado numérico igual a zero resultante de arredondamento originalmente positivo.

Em seu trabalho, Eyheraguibel et al., (2008), obtiveram respostas positivas para a massa da matéria seca e verde da parte aérea, em relação as respostas do milho à adubação com ácidos húmicos e fúlvicos. Sendo que para o MVPA e MSPA, segundo autor, o peso foi 40% e 50% maior quando comparado ao da testemunha respectivamente. ADANI et al. (1998), estudando os efeitos dos ácidos húmicos extraídos da turfa e da leonardita, no crescimento radicial e aéreo do tomate (*Lycopersicon esculentum* L.), encontraram resultados diferentes para cada tipo de ácido húmico. O ácido húmico proveniente da turfa estimulou somente o crescimento

radicial, com concentração de 20 ml.l⁻¹, sendo 23% maior que a testemunha. Por outro lado, o ácido à base de leonardita, mostrou efeito positivo tanto para a parte aérea, quanto à radicial somente na concentração de 50 mg.l⁻¹ (9% maior que a testemunha na massa radicial e 18% maior que a massa aérea da testemunha).

Tal constatação, indica que se o principal gargalo da produção de mudas do híbrido de *P. caribaea* var. *hondurensis* vs. *P. elliottii* var. *elliottii* é o enraizamento, o uso das substâncias húmicas em menos quantidade já trás respostas satisfatórias, diminuindo custos e tempo no viveiro. No entanto, se o gargalo é o crescimento aéreo e radicial, maior concentração é necessária. A concentração testada, conforme Tabela 7, foi de 15 ml.l⁻¹, sendo 70% menor que a concentração testada por Adani et al., (1998) para o adubo extraído da leonardita. Considerando que o AF3 também foi extraído da leonardita, a pouca influência na massa radicial das mudas pode ser devido a sua baixa concentração.

Os resultados apresentados na Tabela 16 indicam que houve interação entre os condicionadores de solos e adubos foliares testados para todas as variáveis. O adubo AF2 (adubo com adição de potássio) foi o que apresentou menor média, sendo diferente estatisticamente apenas do AF3 combinado com ambos os condicionadores de solo (Tabela 15). Os condicionadores de solo não interagiram com os adubos foliares, o uso do C1 ou C2 não influenciou o ganho em massa vegetal.

Tabela 16 - Massa verde e seca da parte aérea e radicial, seguida do erro padrão para as mudas do híbrido de *P. caribaea* var. *hondurensis* vs. *P. elliottii* var. *elliottii* em relação a combinação entre os condicionadores de solo e os adubos foliares na casa de sombra

Peso da biomassa (g) ± Erro padrão									
Peso	Condicionador de solo	Adubo foliar							
		AF2		AF3		AF4		AF5	
MVPA	C1	0,80 ± 0,02	aB	1,11 ± 0,11	aA	0,93 ± 0,08	aAB	0,97 ± 0,08	aAB
	C2	0,71 ± 0,05	aB	0,99 ± 0,01	aA	0,90 ± 0,02	aAB	0,88 ± 0,01	aAB
MSPA	C1	0,27 ± 0,00	aB	0,37 ± 0,04	aA	0,31 ± 0,03	aAB	0,33 ± 0,03	aAB
	C2	0,23 ± 0,01	aA	0,31 ± 0,00	aA	0,29 ± 0,00	aA	0,29 ± 0,00	aA
MVR	C1	0,07 ± 0,01	aB	0,13 ± 0,02	aA	0,09 ± 0,00	aAB	0,1 ± 0,02	aAB
	C2	0,06 ± 0,01	aB	0,14 ± 0,00	aA	0,11 ± 0,01	aAB	0,14 ± 0,03	aA
MSR	C1	0,05 ± 0,01	aB	0,08 ± 0,01	aA	0,06 ± 0,00	aAB	0,07 ± 0,01	aAB
	C2	0,04 ± 0,01	aB	0,08 ± 0,01	aA	0,06 ± 0,00	aAB	0,08 ± 0,01	aA

Legenda: As médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nota: 0,00 Dado numérico igual a zero resultante de arredondamento originalmente positivo.

Apesar da constatação de que AF3 promoveu maiores médias de massa, não é possível afirmar que o uso desses adubo foliar ter promovido resultados

satisfatórios ao ponto que serem fundamentalmente necessários na produção das mudas, uma vez que na avaliação dos dados de crescimento na casa de sombra comparados à testemunha, não responderam estatisticamente diferente (Tabela 14). É interessante notar que apesar disso, as maiores médias encontradas apontam para uma possibilidade de que o aumento na concentração dos condicionadores de solo e adubos foliares numa futura pesquisa poderá apresentar resultados diferentes dos encontrados no presente trabalho.

É interessante notar que o adubo foliar AF2, feito a partir de pescados marinhos e com adição de potássio, apresentou as menores médias de massa vegetal. Considerando a presença de matéria orgânica nesse adubo, é possível que tenha havido alguma indisponibilização de nutrientes, principalmente do potássio, conforme indicio encontrado por Rosa et al. (2009), que estudando as substâncias húmicas, que fazem parte da matéria orgânica, extraídas de carvão mineral reduziram os parâmetros cinéticos de absorção de K, $I_{m\acute{a}x}$, $C_{m\acute{i}n}$ e K_m , com consequente redução da taxa de absorção de K. No entanto, não é possível afirmar que isso tenha ocorrido, uma vez que a matéria orgânica presente no AF2 é proveniente de pescados marinhos e não carvão mineral.

A relação MSPA/MSR expressa a proporção entre o peso da parte aérea e a o peso radicular. É importante pois é um indicativo da qualidade das mudas. Para o *Pinus*, Novaes et al. (2011) obtiveram valores próximos à 7,0 para mudas de *Pinus taeda* produzidas em raiz nua e 1,66 para mudas de tubetes. Para outras espécies, Knapik (2005), avaliando o uso do pó de basalto na produção de mudasseminais, encontrou valores de 2,0 para a bracatinga e 2,9 para o pessegueiro bravo.

No presente trabalho, as médias da relação MSPA/MSR oscilaram entre 3,48 para a testemunha e 6,20 para o AF2 (Tabela 17), sendo estatisticamente diferente.

Por outro lado, quando avalia-se os resultados sob o ponto de vista do condicionador de solo, não há diferenças, quando comparado à testemunha. Isso demonstra que os condicionadores de solo, pouco afetaram a proporção de ganho de biomassa nas mudas.

Tabela 17 - Relação MSPA/MSR e seu erro padrão para as mudas do híbrido de *P. caribaea* var. *hondurensis* vs. *P. elliotii* var. *elliotii*, em relação aos condicionadores de solo e adubos foliares na casa de sombra

Relação MSPA/MSR ± Erro padrão							
Condicionador de solo				Adubo foliar			
				T	3,48 ± 0,07	b	
T	3,48 ± 0,07	a		AF2	6,20 ± 0,82	a	
C1	5,25 ± 0,38	a		AF3	4,25 ± 0,21	ab	
C2	4,62 ± 0,43	a		AF4	4,88 ± 0,20	ab	
				M1AF	4,42 ± 0,55	ab	

Legenda: As médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Enquanto que em relação ao adubo foliar, é possível verificar maior valor da relação (MSPA/MSR) para o AF2. Quanto maior o valor da relação, maior é o peso da parte aérea, quando comparada à ao peso radicial. Os resultados obtidos estão acima do valores recomendados pela literatura (2,0). Porém corrobora com o encontrado por Novaes et al. (2001). Dessa forma, isso pode ser característico da espécie, ou ocorrer pelo fato das mudas testadas serem provenientes de miniestacas, obtendo enraizamento mais tardio do que mudas seminais.

Não houve interação positiva entre os fatores, o que indica que o uso dos condicionadores de solos junto aos adubos foliares não influenciaram na relação de MSPA/MSR (Tabela 18).

Tabela 18 - Relação MSPA/MSR, seguida do erro padrão para as mudas do híbrido de *P. caribaea* var. *hondurensis* vs. *P. elliotii* var. *elliotii* referente a combinação entre os condicionadores de solo e os adubos foliares na casa de sombra

Relação MSPA/MSR ± Erro padrão							
Condicionador de solo	Adubo foliar						
	AF2	AF3	AF4	M1AF			
C1	6,09 ± 1,32 aA	4,44 ± 0,15 aA	5,20 ± 0,76 aA	5,28 ± 0,76 aA			
C2	6,30 ± 1,25 aA	4,07 ± 0,42 aA	4,56 ± 0,00 aA	3,56 ± 0,43 aA			

Legenda: As médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5.1.3 Rustificação

Na fase de rustificação as mudas obtiveram respostas em altura, diferente dos resultados na casa de sombra. Avaliando-se os resultados em relação ao condicionador de solo, o C1 proporcionou maiores alturas, e em relação aos adubos foliares, o AF3 proporcionou maiores alturas, sendo diferente estatisticamente ($p < 0,05$) da testemunha e do AF2 (Tabela 19).

Tabela 19 - Alturas e seu erro padrão para as mudas do híbrido de *P. caribaea* var. *hondurensis* vs. *P. elliottii* var. *elliottii* em relação aos condicionadores de solo e aos adubos foliares na fase de rustificação

Altura (cm) $\pm$ Erro padrão							
Condicionador de solo				Adubo foliar			
				T	6,17 $\pm$ 0,25	c	
T	6,17 $\pm$ 0,25	c		AF2	6,69 $\pm$ 0,20	bc	
C1	7,35 $\pm$ 0,14	a		AF3	7,39 $\pm$ 0,20	a	
C2	6,88 $\pm$ 0,14	b		AF4	7,34 $\pm$ 0,21	ab	
				M1AF	7,03 $\pm$ 0,20	ab	

Legenda: As médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação a interação dos fatores, avaliando o adubo foliar como fator principal, observa-se que o AF3 obteve melhor resultado em altura e em relação ao condicionador de solo, ambos proporcionaram maiores alturas quando combinados com o adubo foliar AF3 (Tabela 20). Esses resultados demonstram que o principal fator que influenciou o crescimento das mudas é o AF3, adubo foliar à base de ácido fúlvico.

Tabela 20 - Alturas e seu erro padrão para as mudas do híbrido de *P. caribaea* var. *hondurensis* vs. *P. elliottii* var. *elliottii* em relação a combinação entre os condicionadores de solo e os adubos foliares na fase de rustificação

Altura (cm) $\pm$ Erro padrão							
Condicionador de solo	Adubo foliar						
	AF2	AF3	AF4	M1AF			
C1	7,11 $\pm$ 0,27 aC	7,77 $\pm$ 0,30 aA	7,28 $\pm$ 0,27 aB	7,21 $\pm$ 0,29 aB			
C2	6,29 $\pm$ 0,28 bD	6,99 $\pm$ 0,25 aB	7,41 $\pm$ 0,31 aA	6,86 $\pm$ 0,26 aC			

Legenda: As médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Pinheiro et al. (2010), estudando a aplicação de ácido húmico em mudas de eucalipto, não obtiveram respostas satisfatórias em relação à altura, o diâmetro de caule e a matéria seca de raiz, caule, folhas e total, sendo que as variáveis

diminuíram com a aplicação de concentrações de C-ácido húmico puro para análise. Já com a utilização do material húmico, em baixas concentrações de C-ácido húmico ($0,07-3,8 \text{ mg.l}^{-1}$), obtiveram incrementos, em relação ao tratamento sem adição de ácido húmico, nas produções de matéria seca de raiz, caule, folha e total. Por outro lado, Eyheraguibel et al. (2008) obtiveram respostas positivas em relação à altura de mudas de milho com o uso de adubos à base de ácidos húmicos e fúlvico, sendo que a altura chegou a ser 42% que as mudas sem o uso dos ácidos húmicos e fúlvico.

Isso significa que as respostas em relação ao crescimento de altura para as espécies, são muito diversas. É possível que a concentração de N presente nos fertilizantes utilizados tenha contribuído pelo crescimento em altura, no entanto o AF3 e o C2 possui teores menores que os demais adubos foliares e condicionadores de solo. Além disso, a concentração de N no AF3 e C2 está na faixa ideal para as plantas ($0,2 \text{ g.kg}^{-1}$), pois segundo Tinus e McDonald (1979) a concentração adequada é de 156 ppm ($0,156 \text{ g.kg}^{-1}$). Dessa forma, o resultado em altura pode ser atribuída as propriedades bioestimulantes dos ácidos fúlvicos.

Em relação ao condicionador de solo, a MVPA, MSPA e a MVR foram maiores com o C1 quando comparado ao C2, porém sem diferença com a testemunha. Para o MSR, os resultados foram semelhantes, não apresentando diferença estatística ($p < 0,05$) em relação à testemunha e os condicionadores de solo (Tabela 21).

Tabela 21 - Massa verde e seca da parte aérea e radicial e seu erro padrão para as mudas do híbrido de *P. caribaea* var. *hondurensis* vs. *P. elliotii* var. *elliotii* em relação ao condicionador de solo na fase de rustificação

Em relação ao condicionador de solo												
Peso (g/muda) ± Erro padrão												
	MVPA			MSPA			MVR			MSR		
T	1,30	± 0,22	ab	0,48	± 0,07	ab	0,17	± 0,02	ab	0,11	± 0,01	a
C1	1,59	± 0,05	a	0,55	± 0,02	a	0,18	± 0,01	a	0,11	± 0,01	a
C2	1,21	± 0,05	b	0,44	± 0,02	b	0,14	± 0,01	b	0,10	± 0,01	a

Legenda: As médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O C1, é um condicionador à base de pescados marinhos, mas possui em sua composição alta concentração de ferro (Tabela 5). Além disso, como a sua aplicação é feita diretamente no solo, há uma facilitação da absorção desse ferro, uma vez que, segundo Taiz e Zeiger (2009), esse nutriente é preferencialmente absorvido na

região apical ou ao longo de toda superfície da raiz. Tal constatação explica a resposta em altura e peso da biomassa seca encontrada nessas mudas, considerando que o ferro tem importante participação no processo de fotossíntese, fixação de N₂ e respiração (TAIZ; ZEIGER, 2009).

No entanto, em relação ao adubo foliar, a MVR e a MSR não obteve diferenças entre os adubos testados. Para a MVPA e a MSPA, os resultados foram diferentes, no qual o AF3 proporcionou melhores médias de massa, porém sendo diferente estatisticamente somente do AF2 (Tabela 22).

Tabela 22 - Massa verde e seca da parte aérea e radicial, seguida do erro padrão para as mudas do híbrido de *P. caribaea* var. *hondurensis* vs. *P. elliotii* var. *elliotii* em relação ao adubo foliar fase de rustificação

Em relação adubo foliar													
Peso (g/muda) ± Erro padrão													
	MVPA				MSPA				MVR		MSR		
T	1,30	±	0,22	ab	0,48	±	0,07	ab	0,17	±	0,02	a	0,11 ± 0,01 a
AF2	1,22	±	0,11	b	0,43	±	0,03	b	0,14	±	0,02	a	0,10 ± 0,01 a
AF3	1,55	±	0,11	a	0,54	±	0,03	a	0,19	±	0,01	a	0,12 ± 0,01 a
AF4	1,44	±	0,09	ab	0,51	±	0,04	ab	0,16	±	0,00	a	0,10 ± 0,01 a
M1AF	1,40	±	0,09	ab	0,51	±	0,04	ab	0,17	±	0,01	a	0,11 ± 0,01 a

Legenda: As médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Devido a isso, é possível que o aumento da dose do adubo foliar AF3 nas mudas promova um aumento significativo no incremento de biomassa. Lazzarini (2014) estudando a aplicação de SH's no crescimento de toletes de cana de açúcar, obteve maiores pesos da biomassa aérea e raiz com aumento de até 113% na maior dose testada. Enquanto que para o MSPA, como o uso do AF3, o aumento foi de 11% em relação a testemunha na dose de 0,028 ml/muda.

A Tabela 23 apresenta a interação entre os fatores condicionador de solo e adubo foliar. É possível verificar que para a MSPA, o condicionador C1 interagiu melhor que o C2 com todos os adubos, obtendo maior média quando combinado com o AF3 (Tabela 23).

Tabela 23 - Massa verde e seca da parte aérea e radicial e seu erro padrão para as mudas do híbrido de *P. caribaea* var. *hondurensis* vs. *P. elliottii* var. *elliottii* referente a combinação entre os condicionadores de solo e os adubos foliares na fase de rustificação

		Peso da biomassa (g) ± Erro padrão							
Peso	Condicionador de solo	Adubo foliar							
		AF2		AF3		AF4		M1AF	
MVPA	C1	1,46 ± 0,03	aA	1,79 ± 0,04	aA	1,59 ± 0,09	aA	1,54 ± 0,15	aA
	C2	0,98 ± 0,04	bA	1,31 ± 0,08	bA	1,30 ± 0,08	aA	1,26 ± 0,02	aA
MSPA	C1	0,50 ± 0,01	aA	0,60 ± 0,02	aA	0,55 ± 0,02	aA	0,52 ± 0,06	aA
	C2	0,37 ± 0,01	bA	0,48 ± 0,02	bA	0,46 ± 0,03	aA	0,46 ± 0,02	bA
MVR	C1	0,17 ± 0,02	aA	0,22 ± 0,03	aA	0,17 ± 0,00	aA	0,17 ± 0,02	aA
	C2	0,11 ± 0,01	bA	0,16 ± 0,01	bA	0,15 ± 0,01	aA	0,16 ± 0,02	aA
MSR	C1	0,12 ± 0,01	aA	0,13 ± 0,02	aA	0,10 ± 0,00	aA	0,11 ± 0,02	aA
	C2	0,08 ± 0,00	bA	0,11 ± 0,01	aA	0,11 ± 0,01	aA	0,11 ± 0,01	aA

Legenda: As médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nota: 0,00 Dado numérico igual a zero resultante de arredondamento originalmente positivo.

Para todas as variáveis de massa vegetal, o C2 combinado com AF2 interagiram negativamente, obtendo as menores médias de massa vegetal. Conforme aconteceu na casa de sombra, a presença de matéria orgânica tenha indisponibilizado o potássio influenciando no ganho em massa.

Para a relação MSPA/MSR, não houve diferença estatística entre os valores, no entanto, os valores estão acima do padrão ideal, 2,0, conforme Brissette (1984), apud Gomes (2001) (Tabela 24).

Tabela 24 – Relação MSPA/MSR e seu erro padrão para as mudas do híbrido de *P. caribaea* var. *hondurensis* vs. *P. elliottii* var. *elliottii* em relação aos condicionadores de solo e aos adubos foliares na fase de rustificação

Relação MSPA/MSR ± Erro padrão						
Condicionador de solo				Adubo foliar		
				T	4,18 ± 0,01	a
T	4,18 ± 0,01	a		AF2	4,65 ± 0,29	a
C1	4,89 ± 0,24	a		AF3	4,71 ± 0,26	a
C2	4,57 ± 0,16	a		AF4	4,97 ± 0,26	a
				M1AF	4,78 ± 0,31	a

Legenda: As médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A tabela 25, evidencia que houve interação entre a combinação AF4 com o condicionador de solo C1 (Tabela 25).

Tabela 25 - Relação MSPA/MSR, seguida do erro padrão para as mudas do híbrido de *P. caribaea* var. *hondurensis* vs. *P. elliottii* var. *elliottii*, da combinação entre os condicionadores de solo e os adubos foliares na fase de rustificação

Relação MSPA/MSR ± Erro padrão				
Condicionador de solo	Adubo foliar			
	AF2	AF3	AF4	M1AF
C1	4,42 ± 0,01 aA	4,79 ± 0,01 aA	5,54 ± 0,01 aA	5,19 ± 0,01 aA
C2	4,89 ± 0,00 aA	4,64 ± 0,01 aA	4,40 ± 0,01 bA	4,37 ± 0,01 aA

Legenda: As médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Esse resultado indica que há um equilíbrio entre a biomassa da parte aérea e a da raiz, mesmo com a influência dos fatores nas variáveis de peso da parte aérea.

É importante ressaltar que os incrementos obtidos em crescimento para as mudas do híbrido *P. caribaea* var. *hondurensis* vs. *P. elliottii* var. *elliottii* foram reflexos dos outros parâmetros avaliados na casa de sombra e na fase de rustificação. Segundo Chen e Aviad (1990), os efeitos positivos dos ácidos fúlvicos e húmicos no crescimento da parte aérea de plantas estão relacionados principalmente com o efeito tipicamente hormona gerado por essas substâncias, o qual influencia diretamente na respiração celular, fotossíntese, fosforilação oxidativa, síntese protéica, divisão celular e várias outras reações enzimáticas.

Avaliando os teores de macronutrientes e micronutrientes nas mudas, com o condicionador de solo como fator principal, a utilização do C1e/ou C2conferiu resposta na absorção dos macro e micronutrientes testados somente para o ferro (Tabela 26).

Tabela 26 - Teor dos nutrientes seguido do erro padrão para as mudas do híbrido de *P. caribaea* var. *hondurensis* vs. *P. elliottii* var. *elliottii* em relação à testemunha e os condicionadores de solo na fase de rustificação

Em relação ao condicionador de solo						
Macronutrientes ± Erro padrão						
g/kg						
	N	P	K	Ca	Mg	S
T	11,83 ± 0,76 a	2,44 ± 0,12 a	7,06 ± 0,22 a	3,25 ± 0,22 a	2,10 ± 0,65 a	1,17 ± 0,12 a
C1	11,17 ± 0,32 a	2,32 ± 0,06 a	7,48 ± 0,25 a	3,07 ± 0,10 a	2,11 ± 0,16 a	1,23 ± 0,05 a
C2	12,10 ± 0,33 a	2,36 ± 0,05 a	7,40 ± 0,29 a	3,14 ± 0,09 a	2,20 ± 0,21 a	1,18 ± 0,05 a
Micronutrientes ± Erro padrão						
mg/kg						
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
T	18,25 ± 0,71 a	7,50 ± 2,29 a	183,33 ± 29,94 b	113,67 ± 20,70 a	47,50 ± 1,44 a	
C1	17,02 ± 0,47 a	7,92 ± 0,52 a	319,83 ± 28,97 a	100,54 ± 4,88 a	47,96 ± 0,74 a	
C2	18,03 ± 0,58 a	8,58 ± 0,48 a	362,79 ± 22,50 a	107,42 ± 8,01 a	49,92 ± 0,47 a	

Legenda: As médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação ao adubo foliar como fator principal, observa-se também que o único elemento encontrado em concentrações significativamente diferente é o ferro (Tabela 27). As maiores concentrações foram encontradas quando se avaliou separadamente os adubos foliares AF4 e M1AF, no entanto os resultados não foram diferentes em relação aos demais adubos foliares, sendo diferente apenas em relação à testemunha, que apresentou uma menor concentração.

Tabela 27 - Teor dos nutrientes seguido do erro padrão para as mudas do híbrido de *P. caribaea* var. *hondurensis* vs. *P. elliottii*, em relação à testemunha e os adubos foliares na fase de rustificação

Em relação adubo foliar						
Macronutrientes ± Erro padrão						
g.kg ⁻¹						
	N	P	K	Ca	Mg	S
T	11,83 ± 0,76 a	2,44 ± 0,12 a	7,06 ± 0,22 a	3,25 ± 0,22 a	2,10 ± 0,65 a	1,17 ± 0,12 a
AF2	10,89 ± 0,34 a	2,43 ± 0,07 a	8,08 ± 0,30 a	3,28 ± 0,09 a	2,18 ± 0,28 a	1,33 ± 0,09 a
AF3	12,12 ± 0,39 a	2,31 ± 0,06 a	7,01 ± 0,42 a	3,04 ± 0,11 a	2,13 ± 0,37 a	1,22 ± 0,08 a
AF4	11,79 ± 0,38 a	2,32 ± 0,08 a	7,06 ± 0,32 a	3,10 ± 0,16 a	2,33 ± 0,36 a	1,16 ± 0,05 a
M1AF	11,73 ± 0,74 a	2,29 ± 0,09 a	7,61 ± 0,37 a	2,98 ± 0,13 a	2,05 ± 0,17 a	1,11 ± 0,05 a
Micronutrientes ± Erro padrão						
mg.kg ⁻¹						
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
T	17,02 ± 0,47 a	7,50 ± 2,29 a	183,33 ± 29,94 b	113,67 ± 20,70 a	47,50 ± 1,44 a	
AF2	17,59 ± 0,44 a	9,00 ± 0,79 a	269,92 ± 45,43 ab	99,17 ± 5,49 a	48,33 ± 1,12 a	
AF3	18,15 ± 0,93 a	7,58 ± 0,47 a	322,92 ± 24,19 ab	111,75 ± 15,36 a	49,08 ± 1,21 a	
AF4	18,00 ± 0,83 a	8,58 ± 1,01 a	397,42 ± 22,26 a	105,08 ± 8,28 a	50,08 ± 0,58 a	
M1AF	16,27 ± 0,66 a	7,83 ± 0,40 a	375,00 ± 34,66 a	99,92 ± 6,45 a	48,25 ± 0,80 a	

Legenda: As médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

É possível que o C1 à base de pescados marinhos seja a principal fonte de ferro, adicionalmente à isso verifica-se que o AF4 e M1AF também são compostos de grande parte por matéria orgânica. Essa diferença pode ser explicada pelo fato do C1 ser composto por pescados marinhos, cujo composto possui matéria orgânica, podendo conter traços de hemoglobina (Antônio Natal Gonçalves, 2015)¹⁰.

No entanto, não verifica-se interação com o ferro (Tabela 28), somente para os micronutrientes boro e zinco. Observa-se que na combinação C2 + AF3 e C2 + AF4, foram encontrados maiores de teores de boro nas mudas.

Tabela 28 - Teor dos nutrientes e seu erro padrão entre os condicionadores de solo e adubos foliares para as mudas do híbrido de *P. caribaea* var. *hondurensis* vs. *P. elliottii* var. *elliottii* na fase de rustificação

Concentração de nutrientes ± Erro padrão											
Nutrientes	Cond. de solo	Macronutrientes ± Erro padrão									
		g.kg ⁻¹									
		Adubo foliar									
		AF2		AF3		AF4		M1AF			
N	C1	10,68 ± 0,44	aA	11,48 ± 0,31	aA	11,74 ± 0,60	aA	10,76 ± 1,09	aA		
	C2	11,11 ± 0,57	aA	12,75 ± 0,51	aA	11,84 ± 0,61	aA	12,69 ± 0,78	aA		
P	C1	2,48 ± 0,15	aA	2,23 ± 0,03	aA	2,29 ± 0,18	aA	2,28 ± 0,09	aA		
	C2	2,39 ± 0,06	aA	2,39 ± 0,11	aA	2,35 ± 0,03	aA	2,31 ± 0,17	aA		
K	C1	7,74 ± 0,56	aA	6,72 ± 0,45	aA	7,14 ± 0,26	aA	8,33 ± 0,31	aA		
	C2	8,42 ± 0,15	aA	7,31 ± 0,76	aA	6,97 ± 0,66	aA	6,89 ± 0,29	bA		
Ca	C1	3,52 ± 0,20	aA	2,92 ± 0,16	aA	3,02 ± 0,03	aA	2,82 ± 0,07	aA		
	C2	3,05 ± 0,03	aA	3,17 ± 0,15	aA	3,18 ± 0,34	aA	3,15 ± 0,23	aA		
Mg	C1	2,23 ± 0,52	aA	2,03 ± 0,38	aA	2,00 ± 0,15	aA	2,17 ± 0,35	aA		
	C2	1,97 ± 0,33	aA	2,23 ± 0,73	aA	2,67 ± 0,44	aA	1,93 ± 0,09	aA		
S	C1	1,43 ± 0,10	aA	1,20 ± 0,04	aA	1,13 ± 0,11	aA	1,17 ± 0,09	aA		
	C2	1,23 ± 0,14	aA	1,25 ± 0,16	aA	1,20 ± 0,04	aA	1,05 ± 0,02	aA		
Micronutrientes ± Erro padrão											
mg.kg ⁻¹											
B	C1	17,63 ± 0,60	aA	17,13 ± 1,53	aA	16,39 ± 0,86	bA	16,95 ± 0,97	aA		
	C2	17,75 ± 0,79	aAB	19,17 ± 0,96	aA	19,61 ± 0,34	aA	15,59 ± 0,88	aB		
Cu	C1	17,63 ± 1,40	aA	17,13 ± 0,50	aA	16,39 ± 1,17	aA	16,95 ± 0,58	aA		
	C2	17,75 ± 0,79	aA	19,17 ± 0,96	aA	19,61 ± 0,34	aA	15,59 ± 0,88	aA		
Fe	C1	210,17 ± 29,04	aA	333,00 ± 51,10	aA	386,33 ± 39,31	aA	349,83 ± 68,60	aA		
	C2	329,67 ± 76,85	aA	312,83 ± 14,62	aA	408,50 ± 28,45	aA	400,17 ± 25,80	aA		
Mn	C1	88,83 ± 1,45	aA	99,17 ± 9,24	aA	111,17 ± 14,72	aA	103,00 ± 9,50	aA		
	C2	109,50 ± 6,45	aA	124,33 ± 30,60	aA	99,00 ± 9,44	aA	96,83 ± 10,41	aA		
Zn	C1	46,33 ± 1,48	bA	47,83 ± 2,24	aA	49,83 ± 0,93	aA	47,83 ± 0,93	aA		
	C2	50,33 ± 0,17	aA	50,33 ± 0,88	aA	50,33 ± 0,88	aA	48,67 ± 1,48	aA		

Legenda: As médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

¹⁰ Comunicação pessoal entre o prof. da ESALQ Antônio Natal Gonçalves e a aluna de pós graduação Kaline Gomes dos Santos, ESALQ, 2015.

A combinação do AF4 com C2 foi o que apresentou maior teor de boro, quando comparado ao teor encontrado no substrato comercial. Além da relação desse elemento com os processos de enraizamento, esse nutriente está relacionado com o alongamento celular, síntese de ácidos nucleicos, respostas hormonais e funcionamento de membranas, no entanto não foi observado respostas em crescimento radicial e aéreo nas mudas com essa combinação. Dessa forma, é o teor existente nesse tratamento é adequado, não sendo solicitado pelas mudas.

Apesar dessas diferenças encontradas em relação a alguns nutrientes, não foi encontrado teores inadequados para as mudas do híbrido de *P. caribaea* var. *hondurensis* vs. *P. elliottii* e nem sintomas de deficiência, conforme os teores adequados relacionados nas Tabela 29 e 30.

Tabela 29 - Teores adequados de macronutrientes na produção de mudas de Pinus sp.

Teores de macronutrientes								
Autor	Espécie	Fase (dias)	g.kg ⁻¹					
			N	P	K	Ca	Mg	S
Gonçalves, 1995	<i>Pinus</i> spp.		11,0-16,0	0,8-1,4	6,0-10,0	3,0-5,0	1,3-20,0	1,3-1,6
Higashi, 2006	<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	45-120	20,0-28,0	3,0-5,0	16,0-21,0	3,5-6,0	1,8-2,5	2,0-3,2
		120-150	14,0-18,0	2,5-4,0	13,0-20,0	4,0-7,0	1,9-3,0	2,0-3,2
Tinus e McDonald (1979)	<i>Pinus</i> spp.	Muda	15,6	2,7	15,5	6,0	4,8	
Taiz e Zeiger (2009)	Todas	Muda	15,0	2,0	10,0	5,0	2,0	1,0

Tabela 30 - Teores adequados de micronutrientes na produção de mudas de Pinus sp.

Teores de micronutrientes								
Autor	Espécie	Fase (dias)	mg.kg ⁻¹					
			B	Cu	Fe	Mn	Zn	
Gonçalves, 1995	<i>Pinus</i> spp.		12,0-25,0	4,0-7,0	100,0-200,0	250,0-600,0	30,0-50,0	
Higashi, 2006	<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	45-120	35,0-60,0	3,0-6,0	140,0-230,0	160,0-350,0	35,0-60,0	
		120-150	30,0-40,0	10,0-15,0	80,0-130,0	300,0-500,0	30,0-40,0	
Tinus e McDonald (1979)	<i>Pinus</i> spp.	Muda	50,0	20,0	4,0	100,0		
Taiz e Zeiger (2009)	Todas	Muda	20,0	6,0	100,0	500,0	20,0	

5.2 Experimento 2: *Pinus tecunumanii* vs. *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

5.2.1 Casa de vegetação

A taxa de enraizamento para todos os tratamentos testados avaliando o condicionador como fator principal, foi alta, não obtendo-se diferença estatística. Quando se avalia as respostas considerando o adubo foliar como fator principal, observa-se altas taxas de enraizamento para o AF3, AF4 e T. Enquanto que as menores médias foram encontradas para o AF1 e a mistura M2AF, sendo apenas este último diferente estatisticamente da testemunha (Tabela 31).

Tabela 31 - Taxa de enraizamento, seguida do erro padrão para as mudas do híbrido de *P. tecunumanii* vs. *P. caribaea* var. *hondurensis* em relação aos condicionadores de solo e adubos foliares na casa de vegetação

Taxa de enraizamento (%) ± Erro padrão					
Condicionador de solo			Adubo foliar		
			T	86,67% ± 6,67%	ab
T	86,70% ± 6,67%	a	AF1	70,00% ± 14,14%	b
C1	76,67% ± 8,01%	a	AF3	80,00% ± 10,33%	ab
C2	68,33% ± 9,83%	a	AF4	100,00% ± 0,00%	a
			M2AF	40,00% ± 0,00%	c

Legenda: As médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tal resultado demonstra que a mistura entre os três adubos foliares (AF1+AF3+AF4) não promoveu melhores taxas de enraizamento, devido a baixa concentração de cada adubo foliar no M2AF. Outro aspecto importante, é o fato de que a testemunha, obteve taxas de enraizamento superiores à essa mistura. É possível que a mistura entre os três adubos tenha causado alguma indisponibilização de nutrientes, inviabilizando seu efeito na fase de enraizamento.

Obteve-se 100% de enraizamento quando utilizou-se o AF4 (à base de alga marinha *Ascophyllum nodosum*, porém sem diferença estatística quando comparado ao AF3 e a testemunha. Esse resultado na taxa de enraizamento, pode ser explicado, pela característica de crescimento da espécie. Por outro lado, Berger e Degenhardt-Goldbach (2013), estudando o alongamento e enraizamento *in vitro* de *Pinus tecunumanii*, não obtiveram respostas positivas em relação ao enraizamento, somente no meio 1, com sais e sacarose, houve formação de raízes, em 14,28% dos explantes.

Garcia et al. (2014) obteve resultados negativos com o uso do extrato da alga, influenciando negativamente o número de folhas, comprimentos da parte aérea,

radicial e total, diâmetro do colo, massa seca da parte aérea, do sistema radicial e total, e índice de qualidade de Dickson, afetando, portanto, o desenvolvimento inicial de porta-enxertos de cajueiro. Enquanto que Oliveira et. al. (2011), estudando uso do extrato de algas (*Ascophyllum nodosum*) na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo, obtiveram resultados positivos. Segundo os autores, este efeito pode ser atribuído a presença natural de citocinina na alga *A. Nodosum*, favorecendo incremento na divisão celular e influenciando diretamente no crescimento da planta.

Em relação a interação dos fatores, com o condicionador como fator principal, é possível verificar que entre o C2, os adubos AF3 e AF4 promoveram melhores taxas de enraizamento. No entanto o mesmo resultado não foi observado em relação ao C1 (Tabela 32).

Tabela 32 - Taxa de enraizamento para as mudas do híbrido de *P. tecunumanii* vs. *P. caribaea* var. *hondurensis* em relação à combinação entre os condicionadores de solo e adubos foliares na casa de vegetação

Taxa de enraizamento(%) ± Erro padrão				
Condicionador de solo	Adubo foliar			
	AF1	AF3	AF4	M2AF
C1	100,00% ± 0,00% aA	60,00% ± 11,55%bB	100,00% ± 0,00%aA	46,67% ± 12,02% aB
C2	40,00% ± 10,00%bB	100,00% ± 0,00% aA	100,00% ± 0,00%aA	33,33% ± 3,33% aB

Legenda: As médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Porém, corroborando com os resultados da Tabela 31, o AF4 proporcionou 100% de taxa de enraizamento para os dois condicionadores. Indicando maior influencia deste no enraizamento, no entanto sem diferença em relação a testemunha.

É importante ressaltar que os resultados para o AF4, mesmo não obtendo diferença estatística, foi de 13% a mais que a testemunha. Em viveiros comerciais, um incremento de 13% na taxa de enraizamento é muito positivo.

Dessa forma, é possível que o uso desse extrato na fase de enraizamento promova boas taxas, no entanto é necessário que seja pesquisada doses idéias do mesmo para a aplicação nas mudas do híbrido de *P. tecunumanii* vs. *P. caribaea* var. *hondurensis*.

5.2.2 Casa de sombra

Os resultados das alturas na casa de sombra não apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos testados, quando comparados entre os condicionadores de solo e os adubos foliares (Tabela 33).

Tabela 33- Alturas e seu do erro padrão para as mudas do híbrido de *P. tecunumanii* vs. *P. caribaea* var. *hondurensis*, em relação à testemunha e os condicionadores de solo e aos adubos foliares na casa de sombra

Altura (cm) $\pm$ Erro padrão							
Condicionador de solo				Adubo foliar			
				T	10,03 $\pm$ 1,03	a	
T	10,03 $\pm$ 1,03	a		AF1	9,75 $\pm$ 0,50	a	
C1	10,10 $\pm$ 0,51	a		AF3	10,51 $\pm$ 0,50	a	
C2	10,07 $\pm$ 0,50	a		AF4	10,00 $\pm$ 0,51	a	
				M2AF	10,08 $\pm$ 0,51	a	

Legenda: As médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Também não foi observado interação entre os fatores (Tabela 34) em relação à altura das mudas na casa de sombra.

Tabela 34 - Alturas e seu erro padrão para as mudas do híbrido de *P. tecunumanii* vs. *P. caribaea* var. *hondurensis* em relação a combinação entre os condicionadores de solo e os adubos foliares na casa de sombra

Altura (cm) $\pm$ Erro padrão											
Condicionador de solo		Adubo foliar									
		AF1		AF3		AF4		M2AF			
C1		10,18 $\pm$ 1,06	aA	9,95 $\pm$ 0,90	aA	10,63 $\pm$ 1,11	aA	9,62 $\pm$ 1,01	aA		
C2		9,32 $\pm$ 0,95	aA	11,07 $\pm$ 1,21	aA	9,37 $\pm$ 0,93	aA	10,53 $\pm$ 1,04	aA		

Legenda: As médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Esses resultados demonstram que os condicionadores de solo e adubos foliares testados não influenciaram na altura, e provavelmente esse resultado indica a sua maior atuação na taxa de enraizamento, do que no crescimento em altura para o híbrido estudado.

Para os dados de massa vegetal, os resultados foram diferentes. Avaliando-se em relação ao condicionador de solo (Tabela 35), houve diferença de crescimento apenas para a MVPA e para o MVR, cuja média do condicionador de solo C1 foi maior do que o C2, porém não sendo diferente da testemunha. Nesse caso, o C1 pode ter contribuído com maior aporte de água nas mudas, uma vez que as maiores médias foram para a massa verde aérea e radicial.

Tabela 35 - Massa seca e verde da parte aérea e radicial seguida do seu do erro padrão para as mudas do híbrido de *P. tecunumanii* vs. *P. caribaea* var. *hondurensis*, em relação ao condicionador de solo na casa de sombra

Em relação ao condicionador de solo													
Peso (g/muda) ± Erro padrão													
	MVPA				MSPA				MVR				MSR
T	1,29	±	0,12	ab	0,41	±	0,05	a	0,16	±	0,03	ab	0,10 ± 0,02 a
C1	1,42	±	0,05	a	0,41	±	0,01	a	0,17	±	0,01	a	0,09 ± 0,00 a
C2	1,23	±	0,06	b	0,39	±	0,02	a	0,13	±	0,01	b	0,08 ± 0,01 a

Legenda: As médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação ao adubo foliar, o AF4 promoveu maiores médias para o MVPA, MSPA e MVR. Evidenciando sua influência no crescimento da parte aérea e não da parte radicial (Tabela 36). Isso pode ser explicado, pelo fato das mudas terem obtido boas taxas de enraizamento, investindo mais em crescimento aéreo (diâmetro) do em raiz. No entanto não foi diferente da testemunha, sendo melhor apenas quando comparado com o AF1.

Comparando com os resultados da taxa de enraizamento, o AF4 proporcionou maior taxa, no entanto a quantidade de biomassa da raiz é a mesma da testemunha.

Tabela 36 - Massa seca e verde da parte aérea e radicial seguida do seu do erro padrão para as mudas do híbrido de *P. tecunumanii* vs. *P. caribaea* var. *hondurensis*, em relação ao adubo foliar na casa de sombra

Em relação adubo foliar													
Peso (g/muda) ± Erro padrão													
	MVPA				MSPA				MVR				MSR
T	1,29	±	0,12	ab	0,41	±	0,05	ab	0,16	±	0,03	ab	0,10 ± 0,02 a
AF1	1,15	±	0,11	b	0,35	±	0,03	b	0,11	±	0,02	b	0,07 ± 0,01 b
AF3	1,36	±	0,07	ab	0,42	±	0,02	ab	0,16	±	0,01	ab	0,09 ± 0,00 ab
AF4	1,41	±	0,08	a	0,43	±	0,01	a	0,17	±	0,01	a	0,09 ± 0,00 a
M2AF	1,37	±	0,05	ab	0,42	±	0,02	ab	0,16	±	0,01	a	0,09 ± 0,00 ab

Legenda: As médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação à interação dos fatores, é possível verificar que a mesma foi positiva combinando-se o AF4 com o C1, cuja média foi 21% maior do que a combinação AF4 e C2 para o MVPA (Tabela 37). Além disso, a interação entre o C1 com todos os adubos foliares obteve maiores taxas de MVPA, mesma sem diferença estatística.

Tabela 37 - Massa verde e seca da parte aérea e radicial, seguida do erro padrão para as mudas do híbrido de *P. tecunumanii* vs. *P. caribaea* var. *hondurensis*, em relação à combinação entre os condicionadores de solo e os adubos foliares na casa de sombra

Peso	Condicionador de solo	Peso da biomassa (g/muda) ± Erro padrão							
		Adubo foliar							
		AF1	AF3	AF4	M2AF				
MVPA	C1	1,29 ± 0,14 aA	1,36 ± 0,10 aA	1,58 ± 0,04 aA	1,41 ± 0,08 aA				
	C2	1,00 ± 0,13 bB	1,36 ± 0,10 aA	1,24 ± 0,03 bAB	1,33 ± 0,05 aAB				
MSPA	C1	0,41 ± 0,03 aA	0,41 ± 0,04 aA	0,46 ± 0,01 aA	0,41 ± 0,02 aA				
	C2	0,31 ± 0,03 aB	0,43 ± 0,03 aA	0,40 ± 0,01 aAB	0,44 ± 0,02 aA				
MVR	C1	0,16 ± 0,01 aA	0,18 ± 0,01 aA	0,19 ± 0,01 aA	0,17 ± 0,01 aA				
	C2	0,08 ± 0,00 bB	0,14 ± 0,01 aAB	0,15 ± 0,01 bA	0,15 ± 0,01 aA				
MSR	C1	0,10 ± 0,00 aA	0,09 ± 0,00 aA	0,09 ± 0,01 aA	0,08 ± 0,00 aA				
	C2	0,05 ± 0,00 bB	0,09 ± 0,01 aAB	0,09 ± 0,01 aA	0,09 ± 0,00 aA				

Legenda: As médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o MSPA, houve pouca interação entre os fatores. E em relação aos condicionadores de solo, o AF4 obteve maiores médias com o C1, porém sem diferença estatística. É interessante notar que o C2 não interagiu positivamente com o AF1 para todas as variáveis de massa vegetal. Esse adubo foliar, AF1, é enriquecido com quitosana, que é um polímero natural e pode ser utilizado como materiais biocompatíveis e absorvíveis em tecidos animais e vegetais, ajudando na germinação de sementes, como antibacteriano, entre outros (BERGER et. al., 2011). No entanto algum componente do condicionador de solo C2 reagiu de forma negativa com esse polímero natural.

Alguns autores, estudando o crescimento de plantas com fertilizantes orgânicos à base de pescados marinhos, obtiveram respostas positivas, tais como, Ishimura et al. (2008) avaliando a produção da cebola alfa tropical e Torres (2011) estudando o crescimento de mudas de cafeeiro. Além disso, os fertilizantes à base de pescados marinhos (C1), são compostos por muitas proteínas e aminoácidos. Espíndola Filho et al. (1998), após o processamento de silagem de resíduos de peixes, camarões e bivalves, obtiveram um concentrado protéico-mineral composto por 10% umidade, 50% proteína, 8% de lipídios e 20% de cinza, sendo desta, 5% de cálcio, 2% de fósforo e outros minerais em menores proporções.

Em relação ao comportamento dos compostos de extrato da alga *Ascophyllum nodosum* (AF4), Durand et al. (2003), afirmam que plantas pulverizadas com esse extrato, podem sofrer um aumento da atividade da nitrato redutase, uma enzima do metabolismo do nitrogênio, estimulando o crescimento de plantas em condições adversas, principalmente em deficiência de nitrogênio. Explicando os

resultados de crescimento nas mudas, mesmo com baixa concentração de N presente no adubo foliar AF4.

Para os dados relação MSPA/MSR, os resultados não foram diferentes estatisticamente ($p < 0,05$) em relação ao condicionador de solo e ao adubo foliar (Tabela 38), obtendo-se uma média de 4,6.

Tabela 38 - Relação MSPA/MSR e seu erro padrão para as mudas do híbrido de *P. tecunumanii* vs. *P. caribaea* var. *hondurensis*, em relação aos condicionadores de solo e adubos foliares na casa de sombra

Relação MSPA/MSR $\pm$ Erro padrão							
Condicionador de solo				Adubo foliar			
				T	4,21 $\pm$ 0,38	a	
T	4,21	$\pm$ 0,38	a	AF1	5,32 $\pm$ 0,48	a	
C1	4,81	$\pm$ 0,19	a	AF3	4,85 $\pm$ 0,28	a	
C2	5,04	$\pm$ 0,25	a	AF4	4,63 $\pm$ 0,17	a	
				M2AF	4,89 $\pm$ 0,20	a	

Legenda: As médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Porém avaliando-se a interação (Tabela 39) a média sobe para 4,92. Sendo o maior valor para a combinação do C2 com AF1.

Tabela 39 - Relação MSPA/MSR, seguida do erro padrão para as mudas do híbrido de *P. tecunumanii* vs. *P. caribaea* var. *hondurensis*, referente a combinação entre os condicionadores de solo e adubos foliares na casa de sombra

Relação MSPA/MSR $\pm$ Erro padrão							
Condicionador de solo	Adubo foliar						
	AF1	AF3	AF4	M2AF			
C1	4,59 $\pm$ 0,39 aA	4,66 $\pm$ 0,58 aA	4,87 $\pm$ 0,24 aA	5,09 $\pm$ 0,35 aA			
C2	6,06 $\pm$ 0,68 bA	5,04 $\pm$ 0,09 aAB	4,39 $\pm$ 0,18 aB	4,68 $\pm$ 0,19 aAB			

Legenda: As médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Essa relação indica que as mudas obtiveram em geral, maior proporção da parte aérea do que da radicial, pois os valores estão acima da média ideal (2,0) indica por Brissette (1984), apud Gomes (2001). Para Brasileiro et al. (2008), o desenvolvimento de uma planta pode ser estimado, dentre outros fatores, pela quantidade de tecido foliar que ela produz. quanto maior a quantidade de aérea foliar, maior será a superfície fotossintética ativa, e por consequência maior produção de energia e assimilados. Dessa forma, pode-se entender que uma planta que tenha alta capacidade de acumular tecido foliar poderá apresentar grande

vantagem competitiva, principalmente, no momento crítico que representa o seu estabelecimento.

Segundo o mesmo autor, o massa seca radicial é importante indicador do vigor e da velocidade de estabelecimento de uma planta, pois uma maior área de raiz (comprimento + peso) possibilita um maior acesso a água disponível no solo. Taiz e Zeiger (2009) relatam que este parâmetro expressa um balanço funcional entre a taxa fotossintética e a absorção de água pelas raízes, que em condições normais, apresenta certo equilíbrio.

Por tanto, os valores encontrados na relação MSPA/MSR é adequado à mudas do híbrido de *P. tecunumanii* vs. *P. caribaea* var. *hondurensis*, corroborando com os resultados encontrados por Tomazello Filho e Krüger (1980), avaliando o crescimento de *P. caribaea* var. *bahamensis*, encontraram média 7 para a essa relação.

5.2.3 Rustificação

Para os dados de altura na fase de rustificação, avaliando os resultados em relação ao condicionador de solo, a maior média encontrada foi o uso do C2, no entanto não houve diferença estatística em relação ao C1 e à testemunha (Tabela 40).

Tabela 40 - Alturas e seu erro padrão para as mudas do híbrido de *P. tecunumanii* vs. *P. caribaea* var. *hondurensis*, em relação aos condicionadores de solo e aos adubos foliares na fase de rustificação

Altura (cm) ± Erro padrão								
Condicionador de solo					Adubo foliar			
					T	16,83	± 0,36	b
T	16,83	±	0,36	a	AF1	15,29	± 0,26	c
C1	16,45	±	0,18	a	AF3	16,64	± 0,27	b
C2	16,92	±	0,18	a	AF4	17,88	± 0,22	a
					M2AF	16,93	± 0,23	b

Legenda: As médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultado diferente foi encontrado para o adubo foliar, na qual a maior média foi encontrada para o AF4, sendo esta diferente estatisticamente dos demais, porém, apenas 0,05% maior que a testemunha (Tabela 40).

Em relação à interação dos fatores, é possível verificar que a melhor média foi encontrada com a combinação entre AF4 e o C1 (Tabela 41), sendo esse resultado diferente estatisticamente dos demais ($p < 0,05$).

Tabela 41 - Alturas e seu erro padrão para as mudas do híbrido de *P. tecunumanii* vs. *P. caribaea* var. *hondurensis* da combinação entre os condicionadores de solo e os adubos foliares na fase de rustificação

Condicionador de solo	Altura (cm) $\pm$ Erro padrão			
	Adubo foliar			
	AF1	AF3	AF4	M2AF
C1	14,86 $\pm$ 0,37 aC	16,16 $\pm$ 0,36 aB	19,50 $\pm$ 0,22 aA	15,30 $\pm$ 0,32 aBC
C2	15,71 $\pm$ 0,37 bC	17,11 $\pm$ 0,39 bB	16,27 $\pm$ 0,33 bBC	18,60 $\pm$ 0,28 aA

Legenda: As médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Essas respostas diferem das encontradas na casa de sombra, pois nessa fase não houve diferença de altura entre os tratamentos testados. Conclui-se que na fase de rustificação as mudas responderam melhor ao condicionador de solo C1 e adubos foliar AF4 testado.

Tomazello Filho e Krügner (1980), encontrou médias de 9,1 cm em mudas de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, analisando o crescimento das mudas. Isso demonstra um efeito positivo no uso do condicionador de solo e adubo foliar na produção de mudas e também que a hibridação com *Pinus tecunumanii* promoveu maior ganho no crescimento das mudas.

O AF4 é um adubo foliar feito a partir do extrato de algas *Ascophyllum nodosum*, e este possui em sua composição citocininas, que é um hormônio natural que atua na divisão celular e esta presente em todas as partes da planta, sendo sintetizada principalmente na raiz (TAIZ; ZEIGER, 2009). Está diretamente ligada ao crescimento em altura, podendo ter influenciado no crescimento em altura.

Para os dados de massa vegetal não foram encontrados diferenças estatísticas entre os condicionadores e adubos testados (Tabela 42) em relação ao condicionador de solo.

Tabela 42 - Massa verde e seca da parte aérea e radicial seguida do seu erro padrão para as mudas do híbrido de *P. tecunumanii* vs. *P. caribaea* var. *hondurensis* em relação aos condicionadores de solo na fase de rustificação

Em relação ao condicionador de solo									
Peso (g/muda) ± Erro padrão									
	MVPA			MSPA			MVR		MSR
T	3,51 ± 0,27	a		1,01 ± 0,01	a		0,61 ± 0,03	a	0,24 ± 0,01 a
C1	3,34 ± 0,15	a		0,82 ± 0,05	a		0,68 ± 0,03	a	0,21 ± 0,01 a
C2	3,21 ± 0,10	a		0,83 ± 0,03	a		0,61 ± 0,02	a	0,20 ± 0,01 a

Legenda: As médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação ao adubo foliar, observa-se diferença apenas para o MSR, no entanto essa média não foi diferente quando comparada à testemunha (Tabela 43).

Tabela 43 - Massa verde e seca da parte aérea e radicial e seu erro padrão para as mudas do híbrido de *P. tecunumanii* vs. *P. caribaea* var. *hondurensis* em relação aos adubos foliares fase de rustificação

Em relação adubo foliar									
Peso (g/muda) ± Erro padrão									
	MVPA			MSPA			MVR		MSR
T	3,51 ± 0,27	a		1,01 ± 0,01	a		0,61 ± 0,03	a	0,24 ± 0,01 a
AF1	2,96 ± 0,08	a		0,75 ± 0,03	a		0,57 ± 0,04	a	0,17 ± 0,01 b
AF3	3,42 ± 0,16	a		0,87 ± 0,04	a		0,68 ± 0,04	a	0,21 ± 0,01 ab
AF4	3,43 ± 0,18	a		0,89 ± 0,04	a		0,69 ± 0,04	a	0,23 ± 0,01 a
M2AF	3,29 ± 0,22	a		0,78 ± 0,11	a		0,64 ± 0,03	a	0,22 ± 0,01 a

Legenda: As médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação ao adubo foliar, observa-se diferença apenas para o MSR, no entanto essa média não foi diferente quando comparada à testemunha (Tabela 44).

Tabela 44 - Massa verde e seca da parte aérea radicial seguida do seu erro padrão para as mudas do híbrido de *P. tecunumanii* vs. *P. caribaea* var. *hondurensis* da combinação entre os condicionadores de solo e os adubos foliares na fase de rustificação

Peso da biomassa (g) ± Erro padrão									
Peso	Condicionador de solo		Adubo foliar						
			AF1	AF3	AF4		M2AF		
MVPA	C1		3,04 ± 0,13 aA	3,52 ± 0,25 aA	3,70 ± 0,22 aA		3,09 ± 0,44 aA		
	C2		2,88 ± 0,11 aA	3,32 ± 0,23 aA	3,16 ± 0,18 aA		3,49 ± 0,11 aA		
MSPA	C1		0,80 ± 0,03 aAB	0,89 ± 0,05 aAB	0,96 ± 0,01 aA		0,61 ± 0,17 bB		
	C2		0,71 ± 0,03 aA	0,85 ± 0,07 aA	0,83 ± 0,05 aA		0,95 ± 0,05 aA		
MVR	C1		0,59 ± 0,02 aA	0,72 ± 0,08 aA	0,74 ± 0,04 aA		0,65 ± 0,07 aA		
	C2		0,55 ± 0,08 aA	0,63 ± 0,02 aA	0,64 ± 0,05 aA		0,63 ± 0,03 aA		
MSR	C1		0,18 ± 0,00 aB	0,22 ± 0,02 aAB	0,24 ± 0,00 aA		0,20 ± 0,02 aAB		
	C2		0,16 ± 0,02 aB	0,20 ± 0,02 aAB	0,22 ± 0,01 aA		0,24 ± 0,01 aA		

Legenda: As médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Toledo (2013) não encontrou respostas em crescimento para mudas de *Pinus* e *Eucalipto* com o uso de fertilizantes orgânico à base de lodo de esgoto. Nesse contexto, conclui-se que as mesmas investiram mais em altura, do que na biomassa aérea, ou mesmo no diâmetro.

O crescimento em altura nas mudas está relacionado com nitrogênio. No entanto, os teores encontrados nas mudas (Tabelas 45 e 46) não foram diferentes da testemunha, e os teores encontrados nos condicionadores de solo e adubos foliares foram baixos, quando comparado ao teor do substrato comercial utilizado.

Tabela 45 - Teor dos nutrientes seguido do erro padrão para as mudas do híbrido de *P. tecunumanii* vs. *P. caribaea* var. *hondurensis*, em relação aos condicionadores de solo na fase de rustificação

Em relação ao condicionador de solo						
Macronutrientes ± Erro padrão						
g.kg ⁻¹						
	N	P	K	Ca	Mg	S
T	11,01 ± 0,21 a	2,25 ± 0,17 a	6,55 ± 0,31 a	3,05 ± 0,17 a	1,40 ± 0,10 a	1,54 ± 0,09 a
C1	10,60 ± 0,26 a	2,37 ± 0,06 a	6,12 ± 0,14 a	2,79 ± 0,09 a	1,32 ± 0,09 a	1,40 ± 0,03 a
C2	10,43 ± 0,17 a	2,36 ± 0,04 a	6,55 ± 0,19 a	2,60 ± 0,07 a	1,30 ± 0,05 a	1,42 ± 0,03 a
Micronutrientes ± Erro padrão						
mg.kg ⁻¹						
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
T	14,23 ± 1,46 a	7,00 ± 1,32 a	128,50 ± 21,99 a	131,17 ± 23,04 a	36,33 ± 2,40 a	
C1	14,98 ± 0,71 a	7,29 ± 0,71 a	174,42 ± 25,52 a	118,58 ± 7,60 a	36,21 ± 1,59 a	
C2	14,50 ± 0,86 a	6,71 ± 0,69 a	142,92 ± 17,62 a	111,67 ± 6,42 a	35,54 ± 0,79 a	

Legenda: As médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 46 - Teor dos nutrientes seguido do erro padrão para as mudas do híbrido de *P. tecunumanii* vs. *P. caribaea* var. *hondurensis*, em relação à testemunha e os adubos foliares na fase de rustificação

Em relação adubo foliar						
Macronutrientes ± Erro padrão						
g.kg ⁻¹						
	N	P	K	Ca	Mg	S
T	11,01 ± 0,21 ab	2,25 ± 0,17 a	6,55 ± 0,31 a	3,05 ± 0,17 a	1,40 ± 0,10 a	1,54 ± 0,09 a
AF1	10,56 ± 0,32 ab	2,37 ± 0,08 a	6,76 ± 0,28 a	2,73 ± 0,16 a	1,37 ± 0,11 a	1,44 ± 0,08 a
AF3	11,29 ± 0,25 a	2,33 ± 0,07 a	6,16 ± 0,34 a	2,73 ± 0,15 a	1,38 ± 0,10 a	1,36 ± 0,03 a
AF4	10,15 ± 0,12 b	2,36 ± 0,08 a	6,25 ± 0,11 a	2,65 ± 0,09 a	0,12 ± 0,10 a	1,42 ± 0,04 a
M2AF	10,07 ± 0,25 b	2,39 ± 0,08 a	6,16 ± 0,19 a	2,68 ± 0,10 a	1,30 ± 0,11 a	1,39 ± 0,04 a
Micronutrientes ± Erro padrão						
mg.kg ⁻¹						
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
T	14,23 ± 1,46 a	7,00 ± 1,32 a	128,50 ± 21,99 a	131,17 ± 23,04 a	36,33 ± 2,40 a	
AF1	15,74 ± 0,99 a	7,08 ± 0,61 a	148,33 ± 32,74 a	116,33 ± 8,71 a	35,75 ± 1,62 a	
AF3	15,37 ± 0,85 a	6,42 ± 0,75 a	173,67 ± 37,56 a	118,92 ± 11,02 a	35,25 ± 1,20 a	
AF4	14,04 ± 1,61 a	7,42 ± 1,35 a	147,83 ± 14,41 a	114,17 ± 15,11 a	35,92 ± 0,92 a	
M2AF	13,82 ± 0,81 a	7,08 ± 1,23 a	164,83 ± 40,53 a	111,08 ± 3,56 a	36,58 ± 2,97 a	

Legenda: As médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Dessa forma, é possível concluir que o crescimento de altura deu-se pela interação C1 e AF4 e pelos nutrientes presentes no substrato.

Não foi verificada diferenças significativas em relação ao teor de nutrientes encontrados na fase de rustificação, quando avalia-se os condicionadores de solo e adubos foliares separadamente (Tabelas 45 e 46). Porém houve interação entre os nutrientes e os adubos foliares e condicionadores de solo testados para o nitrogênio e cálcio (Tabela 47).

Para o nitrogênio, não houve diferença do teor observando-se os resultados com os condicionadores de solo testados para cada adubo. No entanto quando avalia-se o condicionador C1 separadamente, verifica-se maior teor de N com a combinação o AF3, sendo estatisticamente diferente dos demais.

O AF3 é um adubo à base de ácido fúlvico, cujo resultado contradiz a observação de Silva Filho e Silva (2009) de que os ácidos fúlvicos possuem o menor peso molecular, menos carbono e nitrogênio e tem o mais alto conteúdo de grupos funcionais possuidores de oxigênio (CO_2H , OH , C=O) por unidade de peso que as outras duas frações húmicas. Por outro lado, Dobbs et al. (2009), caracterizando quimicamente as substâncias húmicas e fúlvicas presentes em camada superficial de latossolos brasileiros, encontrou maiores teores de nitrogênio nos ácidos fúlvicos (23% maior) do que nos ácidos húmicos, concluindo que as características das SH's dependem dos fatores de formação do solo e são intensamente modificadas pela atividade antropogênica.

Sob o ponto de vista das mudas, o nitrogênio é o elemento mais importante para o crescimento das plantas. Tomazello Filho e Krüger (1980), encontraram teores de nitrogênio de $8,1 \text{ g.kg}^{-1}$ em mudas de pinus com o uso de micorrizas. Isso demonstra que o teor encontrado nas mudas está adequado. Pois, segundo Gonçalves et al. (2000), o teor adequado para o pinus oscila entre $11,00 - 16,00 \text{ g.kg}^{-1}$.

Em relação ao teor de cálcio encontrado, é importante ressaltar que a composição de uma unidade básica para o ácido húmico e fúlvico, em termos de fórmulas químicas médias, é respectivamente, a seguinte: $\text{C}_{187}\text{H}_{186}\text{O}_{89}\text{N}_9\text{S}_2$ e $\text{C}_{135}\text{H}_{182}\text{O}_{95}\text{N}_5\text{S}_2$ (SCHNITZER e KHAN, 1978¹¹, apud SANTOS e CAMARGO,

¹¹SCHNITZER, M. HUMIC Substance: chemistry and reactions. In: SCHNITZER, M.; KHAN, S.U. (Ed.) **Soil organic matter**. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company, p. 1-64, 1978. 319 p.

1999). Dessa forma, a concentração dos demais nutrientes observada na análise química dos adubos foliares e condicionadores de solo à base de ácido húmico e fúlvico (C1 e AF3) é baixa, inclusive em relação ao teor de cálcio conforme Tabela 5.

Sob esse aspecto, observando-se o teor de cálcio no substrato comercial utilizado no experimento, o mesmo foi 99 vezes maior que o teor encontrado no AF3 e 91 vezes maior que o C1. Ou seja, o teor de cálcio encontrado nas mudas é proveniente do substrato comercial. É possível que uma dose maior C1 e do AF3 utilizado proporcione maiores quantidades de nutrientes para as plantas.

Não houve interação entre os fatores, exceto para o nitrogênio, cuja combinação C1 e AF3 apresentou 14% a maior de N, quando comparado aos resultados do AF4 (Tabela 47).

Tabela 47 - Teor dos nutrientes e seu erro padrão entre os condicionadores de solo e os adubos foliares para as mudas do híbrido de *P. tecunumanii* vs. *P. caribaea* var. *hondurensis* na fase de rustificação

		Concentração de nutrientes ± Erro padrão			
		Macronutrientes ± Erro padrão			
Nutrientes	Condicionador de solo	g/kg			
		Adubo foliar			
		AF1	AF3	AF4	M2AF
N	C1	10,52 ± 0,58 aAB	11,68 ± 0,25 aA	9,98 ± 0,08 aB	10,22 ± 0,50 aB
	C2	10,60 ± 0,42 aA	10,90 ± 0,32 aA	10,31 ± 0,20 aA	9,91 ± 0,20 aA
P	C1	2,32 ± 0,11 aA	2,29 ± 0,09 aA	2,43 ± 0,16 aA	2,43 ± 0,12 aA
	C2	2,43 ± 0,12 aA	2,41 ± 0,05 aA	2,37 ± 0,13 aA	2,30 ± 0,06 aA
K	C1	6,38 ± 0,29 aA	5,87 ± 0,39 aA	6,21 ± 0,17 aA	6,04 ± 0,34 aA
	C2	7,14 ± 0,39 aA	6,46 ± 0,59 aA	6,29 ± 0,17 aA	6,29 ± 0,22 aA
Ca	C1	2,88 ± 0,15 aB	2,98 ± 0,14 aA	2,52 ± 0,14 aB	2,78 ± 0,17 aB
	C2	2,57 ± 0,17 aA	2,47 ± 0,17 bA	2,78 ± 0,08 aA	2,57 ± 0,14 aA
Mg	C1	1,50 ± 0,15 aA	1,33 ± 0,19 aA	1,03 ± 0,15 aA	1,40 ± 0,21 aA
	C2	1,23 ± 0,12 aA	1,43 ± 0,13 aA	1,33 ± 0,07 aA	1,20 ± 0,10 aA
S	C1	1,33 ± 0,10 bA	1,32 ± 0,04 aA	1,33 ± 0,08 bA	1,45 ± 0,04 aA
	C2	1,55 ± 0,11 aA	1,40 ± 0,01 aA	1,55 ± 0,02 aA	1,32 ± 0,02 aA
		Micronutrientes ± Erro padrão			
		mg/kg			
B	C1	14,78 ± 0,94 aA	14,72 ± 1,71 aA	16,39 ± 2,29 aA	14,04 ± 0,78 aA
	C2	16,70 ± 1,76 aA	16,02 ± 0,51 aA	11,69 ± 1,50 aA	13,61 ± 1,62 aA
Cu	C1	7,67 ± 1,20 aA	6,50 ± 0,50 aA	6,67 ± 1,64 aA	8,33 ± 2,35 aA
	C2	6,50 ± 0,29 aA	6,33 ± 1,59 aA	8,17 ± 2,42 aA	5,83 ± 0,73 aA
Fe	C1	193,00 ± 52,32aA	147,33 ± 64,10aA	154,83 ± 2,68 aA	202,50 ± 79,68aA
	C2	103,67 ± 25,04aA	200,00 ± 47,44aA	140,83 ± 31,34aA	127,17 ± 21,12aA
Mn	C1	98,17 ± 5,53 aA	127,67 ± 17,92aA	141,33 ± 17,98aA	107,17 ± 4,80 aA
	C2	134,50 ± 4,36 aA	110,17 ± 14,48aA	87,00 ± 8,95 bA	115,00 ± 5,01 aA
Zn	C1	34,83 ± 2,85 aA	35,00 ± 2,25 aA	35,50 ± 1,15 aA	39,50 ± 5,80 aA
	C2	36,67 ± 2,05 aA	35,50 ± 1,44 aA	36,33 ± 1,64 aA	33,67 ± 1,45 aA

Legenda: As médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Analisando e comparando os teores dos demais nutrientes, com a recomendação feita por Gonçalves et al. (2000) conforme Tabelas 29 e 30, verifica-se que os nutrientes P, K, Mg, S, B, Cu, Fe e o Zn ficou dentro da faixa adequada para todos os tratamentos testados.

Para o N e o Ca, as mudas apresentaram teores no limite mínimo. E apenas o Mn apresentou teores abaixo do adequado.

Corroborando com os teores indicados por Gonçalves et al. (2000), Higashi et al. (sd), avaliando a absorção de micronutrientes em *Pinus caribaea* var. *hondurensis* nas fases de crescimento e rustificação recomenda que o teor de Mn, em ambas as fases, fique entre 160 – 350 mg.kg⁻¹.

Segundo Taiz e Zeiger (2009) a deficiência de Mn, leva a diminuição da fotossíntese e da produtividade, aparecendo manchas cloróticas nas folhas superiores, sendo que para o pinus essa clorose é mais acentuada na ponta das acículas.

Não foi observado os sintomas de deficiência nas plantas, porém, o aumento da concentração desse micronutriente poderá favorecer o enraizamento, uma vez que há indícios de sua participação na germinação e no aumento a resistência das plantas à seca, beneficiando o sistema radicial (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Analisando os valores da relação MSPA/MSR, observou-se que não houve diferença entre os valores em relação ao condicionador de solo e adubo foliar (Tabela 48).

Tabela 48 - Relação MSPA/MSR e seu erro padrão para as mudas do híbrido de *P. tecunumanii* vs. *P. caribaea* var. *hondurensis*, em relação ao condicionador de solo e adubo foliar na fase de rustificação

Relação MSPA/MSR ± Erro padrão							
Condicionador de solo				Adubo foliar			
				T	4,24	± 0,09	a
T	4,24	± 0,09	a	AF1	4,54	± 0,29	a
C1	3,88	± 0,24	a	AF3	4,20	± 0,09	a
C2	4,17	± 0,17	a	AF4	3,88	± 0,06	a
				M2AF	3,48	± 0,42	a

Legenda: As médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A combinação dos condicionadores com os adubos foliares não obteve diferença (Tabela 49).

Tabela 49 - Relação MSPA/MSR, seguida do erro padrão para as mudas do híbrido de *P. tecunumanii* vs. *P. caribaea* var. *hondurensis* da combinação entre os condicionadores de solo e os adubos foliares na fase de rustificação

Relação MSPA/MSR ± Erro padrão				
Condicionador de solo	Adubo foliar			
	AF1	AF3	AF4	M2AF
C1	4,44 ± 0,18 aA	4,14 ± 0,18 aA	3,94 ± 0,03 aA	3,01 ± 0,81 aA
C2	4,64 ± 0,62 aA	4,26 ± 0,09 aA	3,82 ± 0,11 aA	3,96 ± 0,02 aA

Legenda: As médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Apesar disso, verifica que a média da relação MSPA/MSR (4,02) diminui em comparação à média encontrada na casa de sombra (4,92). Indicando maior equilíbrio entre a parte aérea e raiz na fase de rustificação.

Isso pode ser explicado pelo fato das mudas já apresentarem nessa fase um sistema radicial bem desenvolvido, corroborando com os resultados de biomassa de radicial.

6 CONCLUSÕES

Nas condições em que as mudas foram produzidas, conclui-se:

1) Os híbridos de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* vs. *Pinus elliottii* var. *elliottii* e *Pinus tecunumanii* vs. *Pinus caribaea* var. *hondurensis* obtiveram respostas distintas quando submetidos a tratamentos semelhantes;

2) A determinação do condicionador de solo e adubo foliar ideal vai depender da necessidade na produção de mudas. Se o gargalo da produção for enraizamento, para o experimento 1 a combinação C2 com AF3 é a mais vantajosa, comprovando a influência positiva das substâncias húmicas no enraizamento do híbrido de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* vs. *Pinus elliottii* var. *elliottii*. E se objetivo for o crescimento na fase de rustificação, o C1 com AF3 é o mais adequado;

3) Já para o híbrido *Pinus tecunumanii* vs. *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (experimento 2) os condicionadores de solo e adubos foliares testados não influenciaram no enraizamento, devido a característica de crescimento rápido do *Pinus tecunumanii*. No entanto se o gargalo é o crescimento na fase de rustificação, o uso do AF4, à base de extrato da alga *Ascophyllum nodosum* foi melhor;

4) Na casa de sombra, houve pouca influência dos condicionadores de solo e adubos foliares testados no crescimento em altura, massa aérea e radicial das mudas para ambos os híbridos;

5) Os teores nutricionais analisados nas mudas estão dentro dos níveis adequados em ambos os experimentos. Somente o Mn apresentou baixo teor, mas sem sintomas de deficiência para o experimento 2. Sendo que o substrato comercial foi o principal fornecedor dos nutrientes, uma vez que a concentração presente nos adubos foliares e condicionadores testados era menor.

REFERÊNCIAS

- ABREU, C.A.; LOPES, A.S.; SANTOS, G.C.G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 645- 736.
- ADANI, F.; GENEVINI, P.; ZACCHEO, P. The effect of commercial humic acid on tomato plant growth and mineral nutrition. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v.21, n.3, p.561-575, Sept. 1998.
- ADRIOLO, J. L. Fisiologia da produção de plantas em ambiente protegido. In: BARBOSA, J.G, et al. **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato: palestras realizadas e resumos apresentados IV Encontro Nacional sobre Substrato para Plantas**. Viçosa: UFV, 2004. p. 11-36.
- AGUIAR, A.V.; SOUSA, V.A.; FRITZSON, E.; PINTO JÚNIOR, J.E. **Programa de melhoramento de pinus da Embrapa Florestas**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011.83 p.(Documentos 233)
- AIKEN, G.R.; MCKNIGHT, M.D.; WERSHAW, R.L.; MACCARTHY, P. **Humic substances in soil, sediment and water: geochemistry, isolation and characterization**. New York: John Wiley e Sons. 1985. 692 p.
- ALCANTARA, G.B. **Miniestaquia de Pinus taeda L.**2005. 77 p. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.
- ALFENAS, A.C.; ZAUZA, E.A.V.; MAFIA, R.G.; ASSIS, T.F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: UFV. 2004. 442p.
- ALMEIDA, M.S. de. **Desenvolvimento de mudas de tamarindeiro: tamanhos de recipiente, substratos, peso de sementes e profundidades de semeadura**. 2008. 42 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008.
- AMADO, T.J.C.; MIELNIZUK, J.; FERNÁNDEZ, S.B.V. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 179-189, 2000.
- ANDREJOW, G.M.P. **Minijardim Clonal de Pinus taeda L.**2006. 92 p. Tese (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná – UFP, Curitiba, 2006.
- ANDREJOW, G.M.P.; HIGA, A.R. Potencial de enraizamento de miniestacas de Pinus taeda L. provenientes de brotação apical de mudas jovens. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 39. n. 4, p. 897-903, 2009.
- ARNON, D.I.; STOUT, P.R. The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. **Plant Physiology**, Washington, v. 14, p. 371-375, 1939.

ASSIS, R.P. **Nutrição mineral e crescimento de mudas de dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.) em função de diferentes relações entre K, Ca e Mg na solução nutritiva.** 1995. 41 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995.

ASSIS T.F., MAFIA R.G. Hibridação e clonagem. In: BORÉM, A. **Biotecnologia Florestal.** Viçosa: UFV. 2007. p. 93-121.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico ABRAF 2013 ano base 2012 / ABRAF.** Brasília: ABRAF, 2013. 142 p.

ASSOCIAÇÃO DOS RESINADORES DO BRASIL (São Paulo). **Preço médio resina.** Disponível em: <http://www.aresb.com.br/precomediodesina/index.html>. Acesso em: 5 nov. 2014.

AZEVEDO, M.I.R. **Qualidade de mudas de cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell) e de Ipê amarelo (*Tabebuia serratifolia* (Vahl) Wich) produzida em diferentes substratos e tubetes.** 2003. 90 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

BACON, G.J. **Seedling morphology as an indicator of planting stock quality in conifers.** 1979. Trabalho apresentado no Workshop on 'Techniques for evaluating planting stock quality', 1979, New Zealand.

BARNETT, J.P.; HAINDS, M.; HERNANDEZ, G. Interim guidelines for growing longleaf seedlings in containers. In: WORKSHOPS ON GROWING LONGLEAF PINE IN CONTAINERS. **Proceedings...** Asheville: General Technical Report SRS-56, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station. 2002. p. 27-29.

BEAUCLAIR, E.G.F.; OTAVIANO, J.A.; MALFATO, C.A. Condicionador orgânico de solo no incremento da produtividade da cana. **Idea News**, Ribeirão Preto, 30 p., 2007.

BELLÉ, S.; KAMPF, AN. Produção de mudas de maracujá-amarelo em substratos à base de turfa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 385-390, 1993.

BELLOTE, A.F.J.; SILVA, H.D. Técnicas de amostragem e avaliações nutricionais em plantios de *Eucalyptus* spp. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal.** Piracicaba: IPEF, 2000. p. 105-133.

BERGER, L.R.R.; STAMFORD, T.C.M.; STAMFORD, N.P. Perspectiva para o uso da quitosana na agricultura. **Revista Iberoamericana de Polímeros**, País Basco, v. 12, n. 4, p. 195-215, 2011.

BERGER, F.M.; DEGENHARDT-GOLDBACH, J. Alongamento e enraizamento in vitro de *Pinus tecunumanii*. In: EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA FLORESTAS, 12., 2013, Colombo. **Anais...** Colombo: Embrapa, 2013. p.1.

BERGMANN, W. **Nutritional disorders of plants: development, visual and analytical diagnosis**. Stuttgart: Gustav Fisher Verlag, 1992. 741 p.

BERNARDINO, D.C.S.; PAIVA, H.N.; NEVES, J.C.L.; GOMES, J.M.; MARQUES, V.B. Crescimento e Qualidade de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan em resposta à saturação por bases do substrato. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.6, p.863-870, 2005.

BERTOLOTI, G.; MORA, A.L.; GONÇALVES, A.N. Propagação vegetativa em *Eucalyptus* e *Pinus*. **Circular Técnica IPEF 54**, São Paulo, n.54, p.1-9, 1979.

BETTIOL, W.; AUER, C.G.; KRUNER, T.L.; PREZOTTO, M.E.M. Influência de lodo de esgoto e de acículas de pinus na formação da ectomicorrizas em mudas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* pelos fungos *Pisolithus tinctorius* e *Thelephora terrestris*. **IPEF**, Piracicaba, n. 34, p. 41-46, 1986.

BLUM, L.E.B. **Benzaldehyde, kudzu (*Puerarialobata*) velvetbean (*Mucunadeenrigiana*), and pine bark for the management of *Rhizoctoniasolani* and *Sclerotiumrolfsii***. 1998. 230 p. Thesis (PhD) - Auburn University, Auburn, 1998.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Laboratório Nacional de Referência Vegetal. **Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes métodos oficiais**. Brasília, DF, 1988. 103 p.

BRASIL, E.C.; VIÉGAS, I. de J.M.; SILVA, E.S.A.; GATO, R.F. **Nutrição e adubação: conceitos e aplicações na formação de mudas de pimenta longa**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. 23p. (Documentos 13)

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa DAS nº 28 de 27 de julho de 2007, dispõe sobre manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos**. Brasília, DF, 2007. 141 p.

BRASILEIRO, M.S.; CARVALHO, M.A.; KARIA, C.T. Correlação entre peso de sementes e vigos e velocidade de germinação em *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw. In: IX Simpósio Nacional Cerrado, 2008, Brasília. **Anais...** Brasília: Embrapa, 2008. 6p. Disponível em: file:///Users/yser/Downloads/Correlacao-entre-peso-de-sementes-e-vigor-e-velocidade-de-germinacao-em-Stylosanthes-guianensis-(Aubl.)-Sw..pdf. Acesso em: 01jul. 2015.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C.M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n. 2, p.365-372, 2000.

BRISSETTE, J. C. Summary of discussions about seedling quality. In: SOUTHERN NURSERY CONFERENCES, 1984, Alexandria. **Proceedings...** New Orleans: USDA. Forest Service, Southern Forest Experiment Station, 1984. p.127-128.

BRUNE, A. Estratégia da multiplicação vegetativa no melhoramento florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 6, n. 2, p. 162-165, 1982.

BUBNA, T. **Série Pinus e Resina - *Pinus elliottii* var. *elliottii***. Blog Resina de Pinus, 2013. Disponível em: <http://resinadepinus.blogspot.com.br/2013/01/serie-pinus-e-resina-pinus-elliottii.html>. Acesso em: 01 jul. 2015.

CALDEIRA, M.V.W.; SCHUMACHER, M.V.; TEDESCO, N. Crescimento de mudas de *Acacia mearnsii* de Wild. em função de diferentes doses de vermicomposto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 57, p. 161-170, jun. 2000.

CANELLAS, L.P., OLIVARES, F.L., OKOROKOVA-FAÇANHA, A.L., FAÇANHA A.R. (2002) Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H⁺-ATPase activity in maize roots. **Plant Physiology**, Minneapolis, v.130, n.4, p. 1951-1957, 2002.

CANELLAS, L.P.; SPACCINI, R.; PICCOLO, A.; DOBBSS, L.B.; OKOROKOVA-FAÇANHA, A.L.; SANTOS, G.A.; Relationships between chemical characteristics and root growth promotion of humic acids isolated from Brazilian oxisols. **Soil Science**, Philadelphia, v.174, p. 611-624, 2009.

CARNEIRO, J.G.A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451 p.

CAROLINA SOIL. **Substratos Carolina Soil**. Santa Cruz do Sul, 2015. 1 p. Disponível em: <http://www.carolinasoil.com.br/produtos.html>. Acesso em: 13 jul. 2015.

CASTRO, P.R.C.; SANTOS, V.M.; STIPP, S.R. **Nutrição vegetal e biorregulação no desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2012, p. 9-15. (Informações Agronômicas nº 139)

CHABOUSSOU, F. **Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos: a teoria da trofobiose**. Porto Alegre: L & PM, 1987. 272 p.

CHEN, Y.; AVIAD, T. Effects of humic substances on plant growth. In: MACCARTH, Y, CLAPP, C.E.; MALCOLM, R.L.; BLOOM, P.R (Eds). **Humic substances in soil and crop science: selected readings**. Madison: Soil Science Society America, 1990. p 161-200.

CONSTANTINO, V. **Efeitos de métodos de produção de mudas e equipes de plantadores na arquitetura do sistema radicial e no crescimento de *Pinus taeda* Linnaeus**. 2009. 132 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Curitiba, 2009.

CORDERO, J.; BOSHIER, DH. *Pinus caribaea* Morelet. In: **Árboles de Centroamérica**. UK: Oxford Forestry Institute (OFI) and Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), 2004.p. 761-766. Disponível em: herbaria.plants.ox.ac.uk/adc/downloads/capitulos_especies_y_anexos/pinus_caribaea.pdf. Acesso em: 01 jul. 2015.

COUILLARD, D. The use of peat in wastewater treatment. **Water Research**, Quebec, v.28, n.6, p. 1261-1274, 1994.

CUNHA, A.M.; CUNHA, G.M.; SARMENTO, R.A.; CUNHA, G.M.; AMARAL, J.F.T.; Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de Acacia sp. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.2, p.207- 214, 2006.

CUNHA, A.C.M.C.M.; PAIVA, H.N.; LEITE, H.G.; BARROS, N.F.; LEITE, F.P. Influência do estado nutricional de minicepas no enraizamento de miniestacas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v.33, p.607-615, 2009a.

CUNHA, A.C.M.C.M.; PAIVA, H.N.; XAVIER, A.; OTONI, W.C. Papel da nutrição mineral na formação de raízes adventícias em plantas lenhosas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.58, p.35-49, 2009b.

DOBBSS, L.B. **Características químicas e promoção do crescimento radicial de substâncias húmicas**. 2011. 112 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes, 2011.

DOBNER JR.M.; HIGA, A.R.; TOMAZELLO FILHO, M. Manejo de povoamentos de *Pinus taeda* L. e de *Eucalyptus dunnii* Maiden para usos múltiplos da madeira. In: CONGRESSO FLORESTAL PARANAENSE, 4., 2012, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Malinovski Florestal, 2012. p. 8.

DOSSA, D.; SILVA, H. D.; BELLOTE, A. F. J.; RODIGHERI, H. R. **Produção e Rentabilidade de Pínus em Empresas Florestais**. Colombo: EMBRAPA, 2002. 6p.(Comunicado Técnico)

DURAND, N.; BRIANT, X.; MEYER, C. The effect of marine bioactive substances (NPRO) and exogenous cytokinis no nitrato reductase activity in *Arabidopsis thaliana*. **Physiologia Plantarum**, v. 119, p. 489-493, 2003.

DVORAK, W. S.; HODGE, G. R.; GUTIERREZ, E. A.; OSORIO, L. F.; MALAN, F. S.; STANGER, T. K. ***Pinus tecunumanii***. In: CAMCORE COOPERATIVE. Botha Hill, South Africa: Grow Graphics, 2000. p. 188-210.

ELOY, E.; ARON, C.B.; SCHMIDT, D.; BEHLING, A.; SCHWERS, L.; ELLI, E.F. Avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* utilizando parâmetros morfológicos. **Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 3, p. 373-384, 2013.

EGUILUZ-PIEDRA, T.; PERRY JUNIOR, J. *Pinus tecunumanii*: Una espécie nueva de Guatemala. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 8, n. 41, p. 33-39, 1980.

EMBRAPA. **Fixação biológica de nitrogênio**. 2015. 1 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-fixacao-biologica-de-nitrogenio/nota-tecnica>. Acesso em: 12 out. 2015.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Mineral nutrition of plants: principles and perspective**. 2nd ed. Sunderland: Sinauer, 2005. 380 p.

ESPÍNDOLA FILHO, A. **Aproveitamento de resíduos sólidos de pescado como fertilizante marinho**. 1998. 98 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, 1998.

ESPÍNDOLA FILHO, A. **Utilização do resíduo sólido de peixes, camarões e mexilhões como ingrediente de ração para aquicultura**. 1999, 224 p. Tese (Doutorado) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 1999.

ESPÍNDOLA FILHO, A.; OETTERER, M.; TRANI, E.P.; ASSIS, A. Processamento agroindustrial de resíduos de peixes, camarões, mexilhões e ostras pelo sistema cooperativado. **Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária e Zootecnia**, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 52-61, 2001.

EYHERAGUIBEL, B.; SILVESTRE, J.; MORARD, P. Effects of humic substances derived from organic waste enhancement on the growth and mineral nutrition of maize. **Bioresource Technology**, Toulouse, v. 99, n. 10, p. 4206-4212, 2008.

FAGERIA, N. K. Influência de micronutrientes na produção de matéria seca e interação com outros nutrientes em culturas anuais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 12, p. 1765-1772, 2002.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1994. v. 1, 227 p.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas** (2 Ed). Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 183p.

FARJON, A.; STYLES, B.T. *Pinus* (Pinaceae). **Flora Neotropica Monograph**, New York, NY: The New York Botanical Garden, 1997, 75 p.

FAVARIN, J.L.; MARINI, J.P. **Importância dos micronutrientes para a produção de grãos**. In: SOCIEDADE NACIONAL DA AGRICULTURA, 2000. Disponível em: www.sna.com.br. Acesso em: 21 out. 2015.

FELIPPE, G. M. Desenvolvimento. In: FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal**. 2. ed. São Paulo: EPU, 1986. p. 1-37.

FERNANDES, M. S. **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006, 305 p.

FERRARI, M.P.; GROSSI, F.; WENDLING, I. **Propagação vegetativa de espécies florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 22p.

FERREIRA, M. **Melhoramento e a silvicultura intensiva clonal**. Piracicaba: IPEF, v. 45, p. 22-30, 1992.

FILGUEIRA, F. A. R., **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 402 p.

FILGUEIRAS, O. Silício na agricultura. **Revista Pesquisa FAPESP**, São Paulo, n. 140, p. 72-74, 2007.

FIGUEIREDO FILHO, A. **Influência da resinagem no crescimento de *Pinus elliottii* e sua avaliação econômica**. 1991.138 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1991.

FIGUEIREDO FILHO, A.; MACHADO, S.A.; HOSOKAWA, R.T.; KIKUTI, P. Avaliação econômica da resinagem em florestas de *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii*. **IPEF**, n.45, p.48-63, 1992. Disponível em: <http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr45/cap07.pdf>, Acesso em: 30 abr. 2015.

FRANCHI, J.G. **Aplicação de turfa na recuperação de solos degradados pela mineração de areia**. 2000. 105 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

FRITZSONS, E.; AGUIAR, A.V.1, WREGE, M.S.; GRABIAS, J.; ROSSI, M.MANTOVANI, L.E. Zoneamento climático de *Pinus tecunumanii* para fins de plantio experimental no estado de São Paulo. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 71, p. 341-354, 2012.

GARCIA, K.G.V.; SILVA, C.P.; CUNHA, C.S.M.; NASCIMENTO, C.D.N.; TOSTA, M.S. Extrato da alga *Ascophyllum nodosum* (L.) no desenvolvimento de porta enxertos de cajueiro. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.18, 2014.

GAUCH, H.G.; DUGGER JUNIOR, W.M. The role of boron in the translocation of sucrose. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 28, p. 457-466, 1953.

GILMAN, E.F.; WATSON, D.G. ***Pinus elliottii***: Slash Pine. Gainesville:UNITED STATES FOREST SERVICE-Environmental Horticulture Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, 1994. p. 463. Disponível em: <https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/ST/ST46300.pdf> Acesso em: 05 jul. 2015.

GLIESSMAN, S.R. **Agroecologia**: processos ecológicos em agricultura sustentável. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 653 p.

GOMES, J.M.; COUTO, L.; BORGES, R.C.G.; FONSECA, E. P.Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, em “Win-Strip”. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 15, n. 1, p. 35-42, 1991.

GOMES, M.A.F.; SOUZA, M.D. de; BOEIRA, R. C.; TOLEDO, L. G. de. **Nutrientes vegetais no meio ambiente**: ciclos biogeoquímicos, fertilizantes e corretivos. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 50 p. (Documentos 18)

GOMES, J. M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de dosagens de N-P-K**. 2001. 166 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

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

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. 3.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. 116p.

GONÇALVES, J. L. M. Recomendações de adubação para Eucalyptus, Pinus e espécies típicas da Mata Atlântica. **Documentos Florestais**, Piracicaba, v.15, p.1-23, 1995.

GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. 427p.

GUERRA, J.C.M.; SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CAMARGO, F.A.O. Macromoléculas e substâncias húmicas. In: SANTOS, G. de A. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2.ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p.19-26.

GUIMARÃES, T. Espécie invasora ataca áreas protegidas. **Folha de São Paulo**, 16 maio 2005, Folha Ciência, São Paulo, p. A13.

GRANT, C.A.; PLATEN, D.N.; TOMAZIEWICZ, D.J.; SHEPPARD, S.C. A **Importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, n.95, 2001. 16 p. (Informações Agronômicas nº 95)

HENRIQUE, A.; CAMPINHOS, E. N.; ONO, E.o.; PINHO, S.Z. Effect of plant growth regulators in the rooting of Pinus cuttings. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 49, n.2, p. 189-196, 2006.

HERRERA, T.I.R.; ONO, E.O.; LEAL, F.P. Efeito de auxina e boro no enraizamento adventício de estacas caulinares de louro (*Laurusnobilis* L.). **Biotemas**, Florianópolis, v.17, n.1, p.66- 77, 2004.

HIGASHI, E.N.; PAULA, T.A.; SILVEIRA, R.L.V.A. Absorção de macronutrientes em *Pinus caribaea* var. *hondurensis* na fase de produção de mudas. **Addubare**, Piracicaba, Ano 2, n. 8, p. 07-13 2003. Disponível em: <<http://www.rragroflorestal.com.br/addubare/nr008.pdf>>. Acesso: 10 de jun. de 2015.

HIGASHI, E.N.; PAULA, T.A.; SILVEIRA, R.L.V.A. **Absorção de micronutrientes em Pinus caribaea var. hondurensis na fase de produção de mudas**. Piracicaba, sn. Disponível em: <http://www.rragroflorestal.com.br/documents/29cbcs/pinus-micro.pdf>. Acesso em: 07 jul. 2015.

HITT, R. G. The role of the forest tree nursery today. In: SOUTHEASTERN AREA FOREST NURSERYMEN'S CONFERENCE.1968.**Proceedings**.... Atlanta: State and Private Forestry, Southeastern Area, 1969. p. 2-7.

HOEFLICH, V. A.; SCHAITZA, E. G.; CONTO, A. J.; OLIVEIRA, E. B.; BELTRÃO, L. **Cadeia produtiva de Pinus na região sul do Brasil: um diagnóstico preliminar.** Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1999. 4 p. (Comunicado Técnico 19)

ISHIMURA, I.; TIVELLI, S. W.; ALVES, H. S. Avaliação da cebola Alfa Tropical em sistema orgânico de produção para as condições de verão de São Roque, SP. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 2. Disponível em: http://agrooceanica.web2002.uni5.net/arquivos/artigos_8.pdf. Acesso em: 07 jul. 2015.

KAMPF, A.N. Seleção de materiais para uso como substrato In: KAMPF, A.N.; FERMINO, M.H. (Ed). **Substrato para plantas: base da produção vegetal em recipientes.** Porto Alegre: Genesis, 2000. p. 139-146.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes Orgânicos.** Piracicaba: Editora Agronômica Ceres. 1985. 492 p.

KIRKBY, E.A.; RÖMHELD, V. **Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade.** Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, n. 118, 2007, 24 p. (Informações Agronômicas nº 118)

KLEIN, V. A.; SIOTA, T.A.; ANESI, A. L.; BARBOZA, R. Propriedades físico-hídricas de substratos hortícolas comerciais. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 6, n. 3, p. 218-221, 2000.

KNAPIK, J.G. **Utilização do pó de Basalto como alternativa à adubação convencional na produção de mudas de *Mimosa Scabrella* BENTH E *Prunus Sellowii* KOEHNE.** 2005. 163 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

KONRDORFER, G. H. **Uso do silício na agricultura.** Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, n. 117, 2007. 2 p. (Informações Agronômicas nº 117)

KRONKA, F.J.N.; BERTOLANI, F.; PONCE, R.H. **A cultura do Pinus no Brasil.** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2005. 160 p.

KURIHARA, C.H. **Nutrição mineral e crescimento da soja sob influência do equilíbrio entre Ca, Mg e K.** 1991. 95 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1991.

LAUCHLI, A.; PFLUGER, R. Potassium transport throughout plant cell membranes and metabolic role of potassium in plants. In: CONGRESS INTERNATIONAL POTASH INSTITUTE. **Proceedings.** Bern: IPI, 1978. p.111-163.

LAZZARINI, P.R.C. **Substâncias húmicas extraídas de turfa associadas com N-ureia: influência no crescimento da cana-de-açúcar e nas transformações do N no solo.** 2014. 83 p. Dissertação (Mestre em Ciências) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2014.

LIMSTROM, G. A. **Forest planting practice in the central states**. Washington, U.S: Forest Service, 1963. 69 p.

LOPES, E.D. **Qualidade de mudas de *Eucalyptus urophylla*, *E. camaldulensis* e *E. citriodora* produzidos em blocos prensados e em dois modelos de tubetes e seu desempenho no campo**. 2005. 83 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2005.

LOPES, A. S. ; GUILHERME, L. R. G. **Uso eficiente de fertilizantes e corretivos agrícolas: aspectos agronômicos**. São Paulo: ANDA, 2000. 72 p. (Boletim Técnico, 4).

MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M. G. (Coord.). **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EPU, 1985. p. 333-350.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, A.S. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.

MALAVOLTA, E. **É uma realidade: o potássio é essencial para todas as plantas**. Piracicaba: Potafos, 1996. 2 p.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J. C. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 2002. 200p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MARANGON, R.J.; PAVINATO, P.S.; MONDARDO, J.T. Diâmetro de colo inicial de mudas de Pinus (*Pinus elliottii*) com adubação fosfatada solúvel e de lenta solubilização. **Synergismus scyentifica** UTFPR, Pato Branco, v. 4, n. 1, 2009.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.

MARQUES JR,R.B.; CANELLAS, L.P.; SILVA, L.G.; OLIVARES, F.L. Promoção de enraizamento de microtoletes de cana-de-açúcar pelo uso conjunto de substâncias húmicas e bactérias diazotróficas endofíticas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.32, p.1121-1128, 2008.

MARTIN, T.N.; LIMA, L.B. DE.; RODRIGUES, A.; GIRARDI, E.; FABRI, E.G.; MINAMI, K. Utilização de vermiculita, casca de pínus e carvão na produção de mudas de pepino e de pimentão. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 28, n. 1, p. 107-113, 2006.

MEDRADO, R.D.; BONA, A.M.; BRIME, P.S.; FERRARI, M.P.; URIO, C.A. Influência de diferentes substratos no desenvolvimento de mudas de *Pinus taeda*. In: 1º EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA Embrapa Florestas Colombo.

Anais...Colombo, 2002. Disponível em:

<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/99146/1/INFLUENCIA-DE-DIFERENTES-SUBSTRATOS-NO-DESENVOLVIMENTO.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2015.

MEIRELLES, L. Produção e comercialização de Hortaliças orgânicas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 1, suppl. 1, p. 205-210, 1997.

MENDES, A. M. S. Introdução a fertilidade do solo. In: CURSO DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 2007, Barreiras. **Palestras...** Barreiras: MAPA; SFA-BA: Embrapa Semi-Árido; Embrapa Solos - UEP Recife, 2007. 1 CD-ROM.

MENDES, L.S.; SOUZA, C.H.E.; MACHADO, V.J. Adubação com silício: influência sobre o solo, planta, pragas e patógenos. Revista do Centro Universitário de Patos de Minas, Patos de Minas, n. 2, p. 51-63, 2011.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. **Principles of plant nutrition**. 5.ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. 849p.

MOCELLIN, R. S. P. **Princípios da adubação foliar**. Canoas: Coletânea de dados e revisão bibliográfica, 2004. 82p.

MONDARDO, J.T.; PAVINATO, P.S.; MARANGON, R.J. Altura inicial de mudas de *Pinus* com adubação fosfatada de solubilidades variadas. **Synergismus scyentifica UTFPR**, Pato Branco, v. 4, n. 1, 2009. Disponível em:

<http://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/SysScy/article/viewFile/514/284>. Acesso em: 1 jul. 2015.

MONTES, R.M.; MONTES, S.M.N.M.; RAGA, A. **O uso do silício no manejo de pragas**. São Paulo: Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, 2015. 13 p. (Documento técnico 017)

MOURA, V.P.G.; OLIVEIRA, J.B.; REZEK JUNIOR, J. Variabilidade e ganho genético em progênies de meioirmãos de *Pinus patula* ssp. *tecunumanii*, em Planaltina-DF. In.: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE COSSISTEMAS FLORESTAIS. 1996. Belo Horizonte. **Anais...**Belo Horizonte: Sociedade Brasileira para aValorização do Meio Ambiente - Biosfera, 1996. p.230-233.

MOURA, V.P.G.; VALE, A.T. Variabilidade genética na densidade básica da madeira de *Pinus tecunumanii* procedente do México e da América Central, no cerrado. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.62, p.104-113, 2002.

MOURA, V.P.G.; VALE, A.T.; ISAIAS, F.B. Comparação entre dois métodos de avaliação da variabilidade genética em volume, densidade básica da madeira e matéria seca de *Pinus tecunumanii* (Schwd) Eguiluz e Perry. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 77-84, 2004.

MUIANGA, M.R.D. **Relação entre crescimento e respostas ecofisiológicas em clones híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* submetidos à diferentes doses de adubação potássica.** 2013. 70 p. Dissertação (Mestrado em Silvicultura e Manejo Florestal) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2013.

MUNGUAMBE, J.F. **Qualidade morfológica de mudas clonais de eucalipto na fase de expedição em viveiros comerciais.** 2012. 73 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

NARDI, S.; PIZZEGHELLO, D.; MUSCOLO, A.; VIANELLO, A. Physiological effects of humic substances in higher plants. **Soil Biology and Biochemistry**, Exeter, v. 34, n. 11, p. 1527–1537. 2002.

NEVES, J.C.L.; GOMES, J.M.; NOVAIS, R.F. Fertilização mineral de mudas de eucalipto. In: BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. **Relação Solo-Eucalipto.** Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. p. 99-126.

NIETO, V.M.; RODRIGUEZ, J. ***Pinus caribaea*. Species description in the Tropical Tree Seed Manual.** 2003 Disponível em: <http://www.rngr.net/Publications/ttsm/Folder.2003-07-11.4726>, Acesso em: 20 abr. 2015.

NOVAES, A.B. **Avaliação morfofisiológica da qualidade de mudas de *Pinus taeda* L., produzidas em raiz nua e em diferentes tipos de recipientes.** 1998. 118p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

NOVAES, A. B.; CARNEIRO, J.G.A.; BARROSO, D.G.; LELES, P.S.S. Desempenho de mudas de *Pinus taeda* L. produzidas em raiz nua e em dois tipos de recipientes, 24 meses após o plantio. **Floresta**, Curitiba, v.31, n.1/2, p.62-71, 2001.

NOVAES, A. B.; CARNEIRO, J.G.A.; BARROSO, D.G.; LELES, P.S.S. Avaliação do potencial de regeneração de raízes de mudas de *Pinus taeda* L., produzidas em diferentes tipos de recipientes, e o seu desempenho no campo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 675-681. 2002.

NUNES, F.S.; RAIMONDI, A.C.; NIEDWIESKI, A.C. Fixação de nitrogênio: estrutura, função e modelagem bioinorgânica das nitrogenases. **Química Nova**, São Paulo, v. 26, n. 6, p. 872-879, 2003.

OLIVEIRA, L.A.A.; GÓES, G.B.; MELO, I.G.C.; COSTA, M.E.; SILVA, R.M. Uso do extrato de algas (*Ascophyllum nodosum*) na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v.6, n.2, p. 01-04, 2011.

OLIVEIRA, E.A.B de. **Avaliação de método alternativo para extração e fracionamento de substâncias húmicas em fertilizantes orgânicos.** Dissertação (mestrado) instituto agrônomo curso de pós-graduação em agricultura tropical e subtropical. Jaboticabal, 2014. 53p.

PARVIAINEN, J.V. Qualidade e avaliação de qualidade de mudas florestais. In: SEMINÁRIO DE SEMENTES E VIVEIROS FLORESTAIS, 1981. Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1981. p. 59-90.

PAULETTI, V. **Nutrientes: Teores e interpretações**. Campinas: Fundação Cargill, 1998. 59p.

PETRONI, S.L.G; PIRES, M.A.F. Adsorção de Zinco e Cádmio em colunas de turfa. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, n.4, p.477-481, 2000.

PEZZUTTI, R.V.; CALDATO, S.L. Sobrevivência e crescimento inicial de mudas de *Pinus taeda* L. com diferentes diâmetros de colo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.21, n.2, p.355-362, 2011.

PICOLLO, A.; CELANO, G.; PIETRANELLA, G. Effects of fractions of coal derived humic substances on seed germination and growth of seedlings *L. sativa* and *L. sculentum*. **Biology and Fertility of Soils**, v. 6, p. 11-15, 1993.

PINHEIRO, G.L.; SILVA, C.A.; FURTINI NETO, A.E. Crescimento e nutrição de clone de eucalipto em resposta à aplicação de concentrações de c-ácidos húmicos. **Revista Brasileira Ciência Solo**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 1217-1229, 2010.

PINTO, P.A.C. **Sedimentos orgânicos utilizados como fertilizantes na agricultura**. Universidade do Estado da Bahia. Juazeiro: Departamento de tecnologia e ciências sociais. 7p. 2003. Disponível em: http://www.augustocoimbra.xpg.com.br/sedim_org.pdf. Acesso em: 24 jun. 2015.

PINTON, R., CESCO, S., LACOLETTI, G., ASTOLFI, S., VARANINI, Z. Modulation of nitrate uptake by water-extractable humic substances: Involvement of root plasma membrane H⁺-ATPase. **Plant and Soil**, Netherland, v. 215, p. 155-163, 1999.

PRADO, D.Z. **Enraizamento de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* pela ação de peróxido de hidrogênio, quercetina e ácido indolbutírico**. 2014. 113 p. Dissertação (Mestrado em botânica) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2014.

PRIMAVESI, A. M. **Manejo ecológico dos solos**. 9. ed. São Paulo: Nobel, 1990. 514 p.

QUAGGIOTTI, S.; RUPERTI, B.; PIZZEGHELLO, D.; FRANCIOSO, O.; TUGNOLI, V.; NARDI, S.; Effect of low molecular size humic substances on nitrate uptake and expression of genes involved in nitrate transport in maize (*Zea mays* L.). **Jornal of Experimental Botany**, Lancaster, v.55, p. 803-813.2004.

REIS, E.R.; LÚCIO, A.D.; BINOTTO, A.F.; LOPES, S.J. Variabilidade dos parâmetros morfológicos em mudas de *Pinus elliottii* Engelm. **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 2, p. 141-146, 2008.

REIS, A.R.; RODAK, B.W.; PUTTI, F.F.; MORAES, M.F. **Papel fisiológico do níquel: essencialidade e toxidez em plantas**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, n. 147, 2014, 15 p. (Informações Agronômicas n° 147)

RIVERO, C.; SENESI, N.; D'ORAZIO, V. Los ácidos húmicos de leonardita sobre características espectroscópicas de la materia orgánica de un suelo en la cuenca del lago de Valencia. **Agronomía Tropical**, La Asunción, v. 54, n. 2, p 133-144, 2004.

ROGÉRIO, F.; SANTOS, J.I.; SILVA, T.R.B; MIGLIAVACCA, R.A.; GOUVEIA, B.; BARBOSA, M.C. Efeito de doses de fósforo no desenvolvimento da cultura do crame. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, Supplement 1, p. 251-255, 2012.

ROMUALDO, L.M. **Modos de aplicação de zinco no crescimento inicial de plantas de milho e de sorgo em casa de vegetação**. 2008. 58 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho". Jaboticabal, 2008.

ROSA, C.M.; CASTILHOS, R.M.V.; VAHL, L.C.; CASTILHOS, D.D.; PINTO, L.F.S.; OLIVEIRA, E.S.; LEAL, O.A. Efeito de substâncias húmicas na cinética de absorção de potássio, crescimento de plantas e concentração de nutrientes em *Phaseolus vulgaris* L. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 959-967, 2009.

SAMPAIO, P.T.B. **Variação genética entre procedências e progênes de *Pinus oocarpa* Schiede, *Pinus caribaea* var. *hondurensis* barr. e Golf. e *Pinus maximinoi* H.E. Moore e métodos de seleção para melhoramento genético**. 1996. 169 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1996.

SANT'ANA, E.V.P.; SANTOS, A.B.; SILVEIRA, P.M. Adubação nitrogenada na produtividade, leitura spad e teor de nitrogênio em folhas de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, p. 491-496, 2000.

SANTOS, P.E.T.; FERREIRA, M.; KAGEYAMA, P.Y. Produção de híbridos. **Circular técnica IPEF**, Piracicaba, n. 156, p. 1-17, 1988.

SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. Fundamentos da matéria orgânica do solo. Ed. Genesis, Porto alegre, 1999. 491p.

SANTOS, A.P.; XAVIER, A.; OLIVEIRA, M.L.; REIS, G.G.; Efeito da estaquia, miniestaquia, microestaquia e micropropagação no desempenho silvicultural de clones de *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**.Piracicaba, v. 68, p. 29-38. 2005.

SANTOS, C.M.G.; CERQUEIRA, R.C.; FERNANDES, L.M.S.; RODRIGUES, J.D.; ONO, E.O. Efeito de substratos e boro no enraizamento de estacas de pitaya. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 57, n.6, p. 795-802, 2010.

SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba, ESALQ/USP, 1974, 56 p.

SEBBENN, A.M. Variação Genética em procedências e Progenies de *Pinus patula* ssp. *tecunumanii* no Noroeste do Estado de São Paulo. **Revista Instituto Florestal**. São Paulo, v. 17, n. 1, p. 17-23, jun. 2005.

SCHITZER, M. HUMIC Substance: chemistry and reactions. In: SCHNITZER, M.; KHAN, S.U. (Ed.) **Soil Organic Matter**. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company, 1978. 319 p.

SCHORN, L.A.; FORMENTO, S. **Silvicultura II- Produção de Mudast Florestais**. Universidade Regional de Blumenau. Blumenau, 2003. Disponível em: home.furb.br/lischorn/silvi/2/Apostila%20Silvicultura.PDF. Acesso em: 06 Out. 2015.

SCHULTZ, R. Loblolly pine: the ecology and culture of loblolly pine (*Pinustaeda* L.). **Agricultural Handbook 713**. Washington: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 1997. 514 p.

SENGIK, E. S. **Os macronutrientes e os micronutrientes das plantas**. 2003. 22p. Disponível em: www.nupel.uem.br/nutrientes-2003.pdf.> Acesso em: 15 out. 2015

SFREDO, G.J.; LANTMANN, A.F. **Enxofre nutriente necessário para maiores rendimentos da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 6 p. (Circular técnica 53)

SFREDO, G.J.; OLIVEIRA, M.C.N. **Soja Molibdênio e Cobalto**. Londrina: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, n. 322, 2010, 36 p.

SHIMIZU, J.Y.; MEDRADO, M.J.S. **Cultivo de Pinus: espécies**. Colombo: Embrapa Florestas, Sistemas de Produção 5, 2005. 33 p.

SHIMIZU, J.Y. Pinus na silvicultura brasileira. **Revista da Madeira**, Curitiba, v. 16, n. 99, p. 4-12, 2006.

SHIMIZU, J.Y. **Pínus na Silvicultura Brasileira**. Colombo: Ed. Embrapa Florestas. 2008. 223 p.

SILVA, J. M. S.; KLAR, A. E.; GUERRA, S. P. S.; GOMES, J. E. Desenvolvimento de mudas de *Pinus oocarpa* Schiede. em vasos na presença de adubação N-P-K e diferentes condições hídricas. **Revista científica eletrônica de engenharia florestal**, Garça, ano 5. v. 9, p. 1-14., 2007.

SILVA, C.A. **Desenvolvimento inicial de três espécies nativas do Cerrado em função de lâminas de irrigação e tamanhos de recipientes**. 2012. 181 p. Tese (Dissertação) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura, Piracicaba, 2012.

SILVA FILHO, A.V.; SILVA, M.I.V. **Importância das substâncias húmicas para a Agricultura**. Disponível em: http://audienciapublica.ana.gov.br/arquivos/Aud_38_363_importancia%20da%20subst%20humicas.pdf. Acesso em: 04 Jul. 2015.

SILVA, R. **Cobre e Cloro na planta**. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAABREQAE/cobre-cloro-na-planta>. Acesso em 13 out. 2015

SIMÕES, J.W.; MELLO, H. A.; JUNQUEIRA, R.A. Tratamento do solo e seu efeito sobre o desenvolvimento das mudas de eucaliptos e pinos. **IPEF**, Piracicaba, v. 1, p. 129-40, 1970.

SOUSA, V.A.; ALVES, A.P.; AGUIAR, A.V.O.; SHIMIZU, J.Y. Desempenho e variação genética em progênies de *Pinus tecunumanii* procedentes da Nicarágua. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 6., 2011, Búzios. **Panorama atual e perspectivas do melhoramento de plantas no Brasil**. Búzios: SBMP, 2011. 4p.

SOUSA, A.C.O. **Eficiência da adubação de base e da adubação foliar em mudas de *Eucalyptus grandis***. 2013. 29 p. Monografia - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2013. Disponível em: <http://www.if.ufrj.br/inst/monografia/2012II/ana.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2015.

SOUSA, H.U.; RAMOS, J.D.; CARVALHO, J.G.; FERREIRA, E.A. Nutrição de mudas de açazeiro sob relações cálcio:potássio:sódio em solução nutritiva. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 1, p. 56-62, 2004.

STIPP, S.R.; CASARIN, V.A. **Importância do enxofre na agricultura brasileira**. Piracicaba: IPNI - Brasil, 2010. p. 14-20.

STURION, J.A.; ANTUNES, B.M.A. Produção de mudas de espécies florestais. In: GALVÃO, A.P.M. **Reflorestamento de propriedades rurais para fins de produtivos e ambientais**. Colombo: Embrapa, 2000. p.125-150.

SUGUINO, E. **Influência dos substratos no desenvolvimento de mudas de plantas frutíferas**. 2006. 81 p. Tese (Doutorado em Agronomia - Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

SUPERBAC. **Substâncias húmicas**. São Paulo, 2011. 37 diapositivos: color.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.

TERRA MATER BRASIL. **Agricultura**. 2015. Disponível em: <http://www.terramaterbrasil.com/index-7.html>. Acesso em: 13 jul. 2015.

THOMPSON, B. E. Seedling morphological evaluation – what you can tell by looking. In: DURYEA, M. L. (Ed.) **Evaluating seedling quality**: principles, procedures, and predictive abilities of major tests Proceedings. Corvallis: Forest Research Laboratory, Oregon State University. 1985. p. 59-71.

TINUS, R.W.; MCDONALD, S.E. **How to grow tree seedlings in containers in greenhouses**. Fort Collins, CO.: USDA-Forest Service Gen. Tech. Rpt. RM-60. Rocky Mtn. For. and Range Expt. Sta., 1979. 256 p.

TITON, M., XAVIER, A., OTONI, W.C. Dinâmica do enraizamento demicroestacas e miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 665-673, 2002.

TOLEDO, M.A.S. **Efeito da aplicação de lodo de esgoto compostado na fertilidade do solo e no crescimento inicial de Pinus e Eucalipto**. 2013. 81 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho. Botucatu, 2013.

TOMAZELLO FILHO, M; KRÜGNER, T.L. Formação de ectomicorrizas e crescimento de mudas de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* em solo de viveiro infestado artificialmente com *Thelephora terrestris* e *Pisolithus tinctorius* no litoral sul da Bahia. **IPEF**, Piracicaba, v. 21, n. 2, p. 21-37. 1980.

TORRES, A. J. et al. Desenvolvimento de mudas de cafeeiro tratadas com bioestimulante fermentado. In: 7º Simpósio de Pesquisa dos cafés do Brasil. 2011 : Araxá - MG. **Anais...** Brasília, D.F: Embrapa - Café, 2011. p. 1-4.

TRIGUEIRO, R.M. **Uso de bio sólidos como substrato para produção de mudas de Pinus e Eucalipto**. 2002. 94 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2002.

TUOTO, M.; HOEFLICH, V.A.; SYLVESTRE, A.H. Mercado internacional de produtos de madeira sólida de Pinus. **Revista da Madeira (Remade)**. v. 83, ano 14, 2004.

TUOTO, M.; KEINERT, S.; HOEFLICH, V.A. Crescimento das exportações de compensado de Pinus e perspectivas. **Revista da Madeira (Remade)**. v. 99. Ano 16. 2006.

UGARTE J.F.O, SAMPAIO J.A, FRANÇA S.C.A. **Rochas & Minerais Industriais: Usos e Epecificações**. 2a ed. Rio de Janeiro: CETEM, 2008. p. 865-887.

UNIFÉRTIL. **Nutrientes do que as plantas precisam**. 2012. Disponível em: <<http://www.unifertil.com.br/admin/files/rc20121011151121.pdf>> Acesso em: 15 Jun. 2015.

VALERI, S.V.; CORRADINI.L. Fertilização em viveiros para produção de mudas de *Eucalyptus* e *Pinus*. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: Instituto de Pesquisa Florestal, 2000. cap. 6, p. 167-190.

VASQUES, A.G.; NOGUEIRA, A.S.; KIRCHNER, F.F.; E BERGER, R. Uma síntese da contribuição do gênero *Pinus* para o desenvolvimento sustentável no sul do Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 37, n. 3, p. 445-450. 2007.

VENTURA, C.A.D. **Níveis de potássio, cálcio e magnésio em solução nutritiva influenciando o crescimento e a composição da soja (*Glycinemax* (L.) Merrill), cv. Paraná.** 1987. 65 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz; Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1987.

VIEIRA, A.H.; SHIMIZU, J.Y. **Avaliação do potencial de produtividade de madeira de *Pinus tecunumanii* no sul de Rondônia.** Porto Velho: Embrapa Rondônia, 1998. 16 p. (Boletim de pesquisa 24)

VOGEL, H.L.M.; SCHUMACHER, M.V.; STORCK, L. WITSCHORECK, R. Crescimento inicial de *Pinus taeda* L. relacionado a doses de N, P e K. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 2, p. 199-206, 2005.

WAKELEY, P.C. Planting the southern pines. **Agriculture Monography**, Washington, C., n. 18, p. 1-233, 1954.

WENDLING, I.; GATTO, A. 2002. **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas.** Viçosa: Aprenda fácil, 2002. 166p. (Série produção de mudas ornamentais, 2).

WENDLING, I. **Propagação Vegetativa.** In: I Semana do Estudante Universitário. 2003. Colombo: Embrapa, 6 p. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/50925/1/Wendling.pdf> Acesso em: 05 jul. 2015.

WENDLING, I.; GUASTALA, D; DEDECEK, R. Características físicas e químicas de substratos para produção de mudas de *Ilex paraguariensis* St.-Hil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, p. 209 - 220, 2007.

WRIGHT, J.A. Provenance variation in wood properties of *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **New Zealand Journal of Forestry Science**, Heidelberg, v. 20, n. 1, p. 111-121, 1990.

XAVIER, A. **Silvicultura clonal I: Princípios e técnicas de propagação vegetativa.** Viçosa: UFV, 2002. 64p.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas.** Viçosa: Ed. UFV, 2009. 272p.

XAVIER, A.; SILVA, R.L. Evolução da silvicultura clonal de *Eucalyptus* no Brasil. **Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, San José, v. 34, n. 1, p. 93-98, 2010.

YAMADA, T. A nutrição mineral e a resistência das plantas às doenças. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v. 72, p. 1-3, 1995.

ZANCHETTA, D; DINIZ, F. V. Estudo da contaminação biológica por *Pinus* spp. em três diferentes áreas na estação ecológica de Itirapina (SP, Brasil). **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 18, n 1, p. 1-14, 2006.