

DAIANE DE MOURA COSTA OLIVEIRA

**PREPARAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DA INCORPORAÇÃO DE
BIOCHAR AO SOLO PARA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Pinus elliottii***

Sorocaba
2017

DAIANE DE MOURA COSTA OLIVEIRA

**PREPARAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DA INCORPORAÇÃO DE
BIOCHAR AO SOLO PARA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Pinus elliottii***

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” na Área de Concentração Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. André Henrique Rosa

Co-orientador: Prof. Dr. José Claudio Caraschi

Sorocaba
2017

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

ciências
ambientais



Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Unesp
Instituto de Ciência e Tecnologia – Câmpus de Sorocaba

Oliveira, Daiane de Moura Costa.

Preparação, caracterização e avaliação da incorporação de biochar ao solo para germinação de sementes de *pinus elliottii* / Daiane de Moura Costa Oliveira, 2017.

88 f.: il.

Orientador: André Henrique Rosa.

Coorientador: José Claudio Caraschi.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Instituto de Ciência e Tecnologia (Câmpus de Sorocaba), 2017.

1. Recuperação e remediação ambiental. 2. Biocarvão. 3. Resíduos sólidos. 4. Substratos. I. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Instituto de Ciência e Tecnologia (Câmpus de Sorocaba). II. Título.

*A **DEUS**, pela minha fé e por tornar possível essa conquista.*

*Aos meus pais, **Durval** e **Rosana** e a minha irmã **Juliana**.*

*Ao meu marido **Junior**.*

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Ciência e Tecnologia Campus de Sorocaba e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, pela realização desse mestrado.

À Unesp Campus de Itapeva, pela utilização de seus laboratórios para execução da pesquisa.

Ao **Prof. Dr. André Henrique Rosa**, pela confiança em me orientar, pela amizade construída, paciência e orientações durante todo processo de desenvolvimento e conclusão da pesquisa.

Ao co-orientador **Prof. Dr. José Claudio Caraschi**, pelo apoio na pesquisa desenvolvida, pela amizade construída, paciência durante todo processo de desenvolvimento e conclusão da pesquisa.

Ao **Tiago José da Silva**, pela amizade fortalecida nesses dois anos e por todo apoio durante essa conquista.

Ao **Thiago Martin Christenson**, pelo apoio nessa dissertação.

*“Viver é acalentar sonhos e esperanças, fazendo da fé a nossa inspiração maior.
É buscar nas pequenas coisas, um grande motivo para ser feliz!”*

Mario Quintana

OLIVEIRA, Daiane de Moura Costa. **Preparação, caracterização e avaliação da incorporação de biochar ao solo para germinação de sementes de *Pinus elliottii***. 2017 88f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). Instituto de Ciência de Tecnologia de Sorocaba, UNESP – Univ. Estadual Paulista, 2017.

RESUMO

As florestas nativas são muito exploradas devido à crescente demanda de madeira e seus derivados para suprir o mercado consumidor, deixando evidente a importância das florestas plantadas como recurso para suprir a demanda comercial. O *Pinus* é uma espécie que se destaca devido a sua adaptabilidade aos mais diversos ambientes brasileiros. As indústrias beneficiadoras da matéria-prima para geração de madeira se caracterizam por gerar grande quantidade de resíduos denominados de “serragem”, muitas vezes sem destinação. O objetivo desta pesquisa foi de gerar *biochar* através do processo de pirólise em diferentes temperaturas: 300°, 400°, 500° e 600°C utilizando serragem de *pinus spp.* e avaliar sua incorporação ao solo na forma de substrato para germinação e desenvolvimento de mudas. Os *biochar* foram caracterizados quanto ao rendimento por pirólise e determinados seus teores de cinzas e carbono fixo segundo a norma ABNT NBR 8112/86. Todos os dados analisados desde a granulometria, caracterização físico-química, análises de germinação e o índice de qualidade de mudas através da metodologia de DICKSON, foram submetidos à análise estatísticas por teste de confrontamento de médias Tukey a 5% de probabilidade. Pode-se concluir que houve diferença significativa nos tratamentos que foram incorporados *biochar*, comprovando estatisticamente que o BC400, BC500 e BC600 obtiveram os melhores resultados o que também foi confirmado pelo índice de qualidade de mudas (IQD); não houve diferença entre nenhum tratamento com relação à quantidade de *biochar* e/ou serragem incorporada ao solo.

Palavras-chave: Recuperação e Remediação Ambiental. Biocarvão. Resíduos Sólidos. Substratos.

OLIVEIRA. Daiane de Moura Costa. **Preparation, characterization and evaluation of biochar incorporation on the soil for the germination of seeds of *Pinus elliottii***. 2017 88f. Dissertation (Master in Environmental Sciences). Sorocaba Institute of Science and Technology, UNESP - Univ. State of São Paulo, 2017.

ABSTRACT

Native forests are overexploited due to growing demand for wood and its derivatives to meet the consumer market, making it clear the importance of planted forests as a resource to meet the commercial demand. The pine is a species that stands out because of its adaptability to the most diverse Brazilian environments. The beneficiary industries of the raw material for the generation of wood are characterized by generating large amounts of waste called "sawdust", often without destination. The objective of this research was to generate *biochar* through pyrolysis process at different temperatures: 300, 400th, 500th and 600 ° C using spp pine sawdust. and evaluate its incorporation into the soil as substrate for germination and seedling development. The *biochar* were characterized in terms of yield determined by pyrolysis and their ash content and fixed carbon according to ABNT NBR 8112/86. All data from the analyzed particle, physicochemical characterization, analysis germination and seedling quality index through Dickson method, were subjected to statistical analysis by means confronting Tukey test at 5% probability. It can be concluded that there was significant difference in treatments which were incorporated into *biochar*, proving that statistically BC400, BC500 and BC600 obtained the best results which was also confirmed by the changes of quality index (DCI); there was no treatment difference with respect to the amount of *biochar* and / or sawdust incorporated into the soil.

Keywords: Environmental Recovery and Remediation. Biocarbon. Solid Waste. Substrates

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - A e B estrutura morfologia da semente de pinus.....	23
Figura 2 - Mapa Pedológico do Estado de São Paulo.	27
Figura 3 - Germinação da semente de pinus em placa de petri	31
Figura 4 - Imersão sementes de pinus para superação de dormência.	32
Figura 5 - Localização do município de Itapeva no estado de São Paulo – SP	34
Figura 6 - Serragem de Pinus spp.....	35
Figura 7 - Solo coletado.	37
Figura 8 - Reator cilíndrico de aço.....	38
Figura 9 - A) Forno tipo mufla fechado B) Forno tipo mufla aberto.....	39
Figura 10 - Sementes de Pinus elliottii.	41
Figura 11 - Tubete com papel Germitest.	41
Figura 12 - Tubetes medido o diâmetro.....	42
Figura 13 - Solo + <i>Biochar</i>	43
Figura 14 - Bandeja com tubetes.....	43
Figura 15 - Emergência de plântulas de Pinus elliotti.....	45
Figura 16 – (A) Medição do diâmetro do coleto; (B) Medição da altura da muda.....	47
Figura 17 – (A) Lavagem das mudas; (B) Separação raiz e parte aérea.	48
Figura 18 - Curva granulométrica da serragem.....	51
Figura 19 - Porcentagem de rendimento.	54
Figura 20 – Porcentagem Teor de Cinzas (TCZ%).	56
Figura 21 - M.V e C.F da serragem de Pinus	57

Figura 22 - Valores médios da porcentagem de germinação das sementes de <i>Pinus elliotii</i> submetidas a diferentes temperaturas de pirólise e concentração de produto.	59
Figura 23 - Porcentagem média do índice de velocidade de germinação das sementes de <i>Pinus elliotii</i> submetidas a diferentes dosagens de substratos.	60
Figura 24 - Valores médios do TMG (dias) de sementes de <i>Pinus elliotii</i> submetidas a diferentes substratos.	63
Figura 25 - Valores do IQD referente as mudas de <i>Pinus elliotii</i> submetidas a diferentes substratos.	65
Figura 26 – Variável altura (ALT).....	68
Figura 27 - Variável diâmetro do coleto (DIAM).....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Peneiras do agitador magnético.	36
Tabela 2 - Esquema da montagem experimental.	40
Tabela 3 - Caracterização química do solo utilizado.....	53
Tabela 4 - Porcentagem da análise imediata da serragem de Pinus.....	55
Tabela 5 - Parâmetros analisados para o IQD.....	66
Tabela 6 - Coeficiente de correlação de Pearson entre as variáveis índice de qualidade de Dickson (IQD), altura (ALT), diâmetro do coleto(DIAM), massa seca da parte aérea, (MSPA), massa seca da raiz, (MSR), massa seca total, (MST).....	67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRAF	= Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas
ASTM	= American Society for Testing and Materials
BC300	= <i>biochar</i> preparado a 300°C
BC400	= <i>biochar</i> preparado a 400°C
BC500	= <i>biochar</i> preparado a 500°C
BC600	= <i>biochar</i> preparado a 600°C
CTC	= capacidade de troca catiônica
D _{ap}	= densidade aparente
DAS	= dias após semeadura
DC	= diâmetro do colo
EUA	= Estados Unidos das Américas
FAO	= Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
G	= germinação
H	= altura
Há	= hectare
IQD	= índice de qualidade de Dickson
IQM	= índice de qualidade de mudas
IVG	= índice de velocidade de germinação
M.O.	= matéria orgânica
MAPA	= Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Mbio	= massa-biomassa
Mesh	= unidade de abertura de peneira
MSPA	= massa seca da parte aérea

MSR	= massa seca de raiz
MST	= massa seca total
NBR	= Norma Brasileira
ABNT	= Associação Brasileira de Normas Técnicas
R	= repetição
TCF	= teor de carbono fixo
TCZ	= teor de cinzas
TMV	= teor de materiais voláteis
TMG	= tempo médio de germinação
TPI	= terra preta de índio
TU	= teor de umidade base úmida
VMG	= velocidade média de germinação

LISTA DE SÍMBOLOS

Al	= Alumínio
C	= Carbono
Ca	= Cálcio
CO ₂	= Dióxido de carbono
kg	= Quilogramas
p	= Massa específica
pH	= potencial hidrogeniônico
S	= Enxofre

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1	O BIOCHAR	18
2.1.1	<i>Estrutura do biochar (bio-carvão)</i>	20
2.1.2	<i>Processo de Pirólise</i>	21
2.2	PINUS SPP.	22
2.2.1	<i>Pinus elliottii</i>	24
2.2.2	<i>Substrato na germinação de sementes e na formação de mudas florestais</i>	25
2.3	BIOCHAR APLICADO AO SOLO	26
2.4	PRODUÇÃO DE MUDAS	29
2.5	GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE PINUS	31
3	OBJETIVOS GERAIS	33
3.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	33
4	MATERIAL E MÉTODOS	34
4.1	LOCAL DE ESTUDO	34
4.2	CARACTERIZAÇÃO DA SERRAGEM DE PINUS SPP.	35
4.3	DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE E GRANULOMETRIA	35
4.4	DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE A GRANEL	36
4.5	COLETA E CARACTERIZAÇÃO DO SOLO	37
4.6	PRODUÇÃO DE BIOCHAR	37

4.7	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANALISES ESTATÍSTICAS EXPERIMENTAIS.....	39
4.8	MONTAGEM EXPERIMENTAL	40
4.9	CÁLCULO DE PORCENTAGEM DE GERMINAÇÃO	44
4.10	ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO (IVG)	44
4.11	TEMPO MÉDIO DE GERMINAÇÃO (TMG).....	46
4.12	VELOCIDADE MÉDIA DE GERMINAÇÃO (VMG)	46
4.13	ÍNDICE DE QUALIDADE DE MUDAS (IQM).....	46
4.14	ANÁLISE IMEDIATA	49
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
5.1	CARACTERIZAÇÕES.....	50
5.1.1	<i>Análise Granulométrica (graduada).....</i>	<i>50</i>
5.1.2	<i>Teor de Umidade e Densidade à Granel</i>	<i>52</i>
5.1.3	<i>Caracterização de Solo</i>	<i>53</i>
5.2	PRODUÇÃO DE <i>BIOCHAR</i>	53
5.2.1	<i>Rendimento do processo de pirólise</i>	<i>53</i>
5.3	ANÁLISE IMEDIATA	55
5.4	ANÁLISE DE GERMINAÇÃO	58
5.4.1	<i>Porcentagem de germinação das sementes de <i>Pinus Elliottii</i> e índice de velocidade de germinação.</i>	<i>58</i>
5.4.2	<i>Tempo médio de germinação.....</i>	<i>63</i>
5.5	ÍNDICE DE QUALIDADE DE DICKSON (IQD).....	64
6.	CONCLUSÃO	71
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	72
8.	REFERÊNCIAS.....	73

1 INTRODUÇÃO

As florestas de modo geral ajudam a minimizar os impactos ambientais, sendo as florestas plantadas o destaque nos últimos anos por auxiliarem no desenvolvimento econômico e social, buscando obter práticas de qualidade na sustentabilidade do meio ambiente através de seus benefícios diretos e indiretos dando destaque para a obtenção de madeira, lenha, carvão entre outros além de contribuir com a preservação ambiental.

A demanda por estratégias de desenvolvimento que possibilite novos sistemas de produção que sejam pertinentes as diferentes condições ambientais tem expandido, resultando em uma demanda considerável de pesquisas voltadas para o estudo de retenção de carbono no solo, contribuindo com medidas para reduzir os impactos ambientais negativos.

A produção de mudas de qualidade com a utilização de recursos renováveis vem ganhado ênfase, sendo essencial o bom manejo das sementes para condução de mudas de quaisquer espécies, tendo um desenvolvimento adequado onde possa proporcionar crescimento rápido e boa adaptação após o transplante.

O *biochar* gerado através da serragem da madeira de *Pinus spp.* apresentou em suas características alto teor de matéria orgânica, com isso um importante papel na produção de mudas florestais, com destaque para a absorção e retenção de líquido funcionando como uma esponja auxiliando na porosidade do substrato para germinação de sementes e desenvolvimento de mudas.

Conforme já relatado na literatura os *biochars* tem uma significativa influência em germinação de sementes e desenvolvimento de mudas, podendo proporcionar uma nova perspectiva de uso para resíduos sólidos de serragem de madeira podendo ser destinado como substrato para viveiros comerciais.

Assim sendo o objetivo desse estudo foi de avaliar a incorporação de *biochar* gerado através da serragem de *pinus spp.* e sua influência na germinação de sementes e na qualidade das mudas de *Pinus elliottii*.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O *biochar*

O *biochar* é comumente confundido com carvão vegetal, o que distingue um do outro, é que, o *biochar* é produzido com a intenção de ser aplicado ao solo com intuito de melhorar suas características e aumento da produtividade, melhorar a infiltração e retenção de água, auxiliando na aeração do solo.

O *biochar* pode ser produzido através de diferentes biomassas, entre as quais madeira, folhas, ramos, esterco, lodo de esgoto entre outros. Em termos técnicos o *biochar* é produzido da decomposição térmica de determinada biomassa sob oferta limitada de oxigênio e temperatura (LEHMANN J.; JOSEPH S, 2009).

A denominação *biochar* surgiu em conjunto com questões de manejo de solo e sequestro de carbono, a partir de estudos relacionados à matéria orgânica. Essa denominação é também utilizada para materiais lignocelulósicos carbonizados por meio de pirólise (PETTER e MADARI, 2012).

O *biochar* de acordo com Lehmann; Joseph (2009) consiste na decomposição térmica de material expostos a temperaturas na faixa de 200 a 700°C, em geral, menores que 700°C, em ambientes com pouco ou nenhum suprimento de oxigênio e são produzidos na maioria das vezes para aplicação ao solo de uma forma deliberada, com a intenção de melhorar as suas propriedades químicas, físicas e biológicas.

Estudos indicam que o *biochar* já vem sendo naturalmente observado desde a década de 1870 pelos naturalistas e geólogos que começam a viajar pela Amazônia, e a observar profundas manchas de solo escuro, muito fértil, diferente dos solos pobres existentes na região (LEHMANN, J.; STEPHEN, J., 2009).

O solo amazônico normalmente é arenoso e possui uma textura que na grande maioria reflete a altas concentrações de areia, contendo poucos nutrientes exigindo uma pequena e fina camada superficial de húmus produzida pela floresta, geralmente estes solos são altamente intemperizados, ácidos, com baixa capacidade de troca catiônica (CTC), portanto baixa fertilidade natural e declínio no

potencial de produção das culturas quando as florestas são eliminadas (MANGRICH et al., 2014).

O fundamento para o interesse recente no *biochar* é duplo, em primeiro lugar, a descoberta de que substâncias do tipo *biochar* são a explicação para quantidades elevadas de carbono orgânico e fertilidade sustentada na Amazônia, chamadas de Terra Preta de índio (TPI), são caracterizados pelo solos amazônicos alterados pela presença humana com características agrônômicas e ambientais (GLASER et al., 2001

As TPIs apresentavam alta fertilidade, conseqüentemente alto conteúdo de carbono estável de origem pirogênica, isto é, produzido por fogo ou calor em sua fração orgânica, gerando assim um modelo de solo adequado ao sequestro de carbono (REZENDE et al., 2011).

O processo de pirólise gera um material rico em carbono obtido através do aquecimento de biomassa como madeira, estrume ou folhas, segundo Lehmann (2009) se transformando em um material carbonáceo de granulidade fina com elevado teor de carbono orgânico e largamente resistente à decomposição e mineralização.

O *biochar* se distingue de carvão e similares pelo fato de que é produzido com a intenção de ser aplicado ao solo como meio de melhorar a produtividade deste através do carbono (C) armazenado ou pela filtração e absorção de água no solo (BROWN, 2011).

Segundo Lehmann (2009) e Nóbrega (2011), a utilização de resíduos queimados na terra como substrato para retenção de água, gases e nutrientes em benefícios para as culturas não é uma técnica recente, existindo registros da sua recomendação em algumas regiões na Amazônia explorada por índios que utilizavam esta técnica sem conhecimento científica fazendo que esta prática se resulta em um condicionar de solo proveniente de recursos sólidos naturais.

O *biochar* como corretivo de solo cria uma reserva de carbono recalcitrante, auxiliando como uma rede para retirada de CO₂ da atmosfera e armazenado no solo sob a forma de carbono, a capacidade de retenção de nutrientes não só limita a necessidade total de fertilizante como também o impacto no clima e ambiente das terras cultiváveis (LIANG et al., 2006).

O que potencializa o *biochar* a fornecer melhorias ao solo, são seus efeitos diretos e indiretos ligados a retenção de água, podendo ser de curta ou longa

duração, a retenção de água é determinada pela organização e conectividade dos poros do solo, onde são regulados pelo tamanho das partículas ou seja pela sua textura, combinado com as características de agregação (estruturais) e conteúdo de matéria orgânica (NEVES et al.,2011).

O *biochar* pode causar efeitos diretos ao solo pela sua elevada quantidade de micro poros, pois se retém água pelos fenômenos de capilaridade, melhorando a porosidade do solo, conseqüentemente elevando a disponibilidade de água para as plantas (KARHU et al., 2011).

2.1.1 Estrutura do *biochar* (bio-carvão)

As características do *biochar* dependem de qual material se faz o processo e sobre quais condições de pirólise esse material é submetido. A serragem em temperaturas acima de 120°C já começa a sofrer mudanças devido à perda de umidade (LEHMANN et al., 2006).

A estrutura de um *biochar* requer um estudo para aplicação de técnicas de pirólise, processo que resulta nas diferentes formas arranjos estruturais influenciando na quantidade e na qualidade dos produtos obtidos dependendo do tipo de material que se quer reaproveitar é possível ajustar as condições do processo de acordo com o produto desejado como exemplo o *biochar* de lodo de esgoto que pode ser produzido por pirólise em temperaturas que variam de 300°C a 800°C (SOUSA, 2015).

Cada material tem em sua estrutura uma reação ao processo, o *biochar* de madeira quando aplicado uma alta temperatura de imediato suas superfícies vão perder umidade e componentes tão rápido que irão apresentar alto índice de fendas e rachaduras, o ideal é que essas temperaturas de degradação do material sejam controladas e analisadas para se encontrar a faixa ideal que não afete o objetivo final (BROWN et al., 2006).

Embora todos esses parâmetros citados acima contribuam para a estrutura final do *biochar*, o processo de pirólise deverá ser o mais importante dos fatores estudados, sendo este processo o que determina as alterações físicas

fundamentais, isto é, a formação de voláteis e a formação de intermediários, pois a transformação dos produtos são todos dependentes da temperatura. (BOATENG, 2007).

Os produtos sólidos da pirólise têm ganhado destaque nos últimos anos devido as vantagens proporcionadas com a incorporação ao solo, as condições do processo de pirólise têm o objetivo de maximizar o *biochar* produzido, onde dependerá também das propriedades da serragem utilizada (NOVOTNY et al., 2009; NEVES et al., 2011).

2.1.2 Processo de Pirólise

O processo de pirólise é um fenômeno químico (reação) que ocorre em altas temperaturas, é a decomposição de materiais onde ocorre a ruptura da estrutura molecular original de um determinado material pela ação de calor em um ambiente controlado (MCCARLE et al., 2009).

As fontes de material para pirólise podem ser oriundas de diversos segmentos tais como agropecuária, sólidos orgânicos urbanos, resíduos da agroindústria, palha e cascas de arroz, caule de algodão, palha, sabugo e caule de milho, palha de trigo, cascas de coco, bagaço e palha de cana e de sorgo, casca de girassol, e o principal segmento é a madeira e conseqüentemente a serragem, cavacos, resíduos florestais (folhas, galhos e cascas de madeira), rejeitos das indústrias de papel e celulose, recentemente a biomassa de microalgas produzida após extração de seus lipídeos sendo a última estudada (LEHMANN, 2007; SOHI et al., 2010; RISTOW et al., 2011).

A técnica denominada de pirólise é o processo de aquecimento da biomassa na ausência ou em condições de baixa concentração de oxigênio, onde uma parte da biomassa é transformada em carbono e a outra parte é oxidada e hidrolisada dando origem a fenóis, carboidratos, álcoois, aldeídos, cetonas e ácidos carboxílicos (ROCHA et al., 2004; MANGRICH et al., 2009).

Encontra-se dois tipos de pirólise: a lenta e a rápida, onde a lenta consiste em uma sequência de reações com baixas taxas de aquecimento e longas durações, o que maximiza o rendimento do carvão, diminuindo as quantidades de bio-óleo e gás.

2.2 *Pinus spp.*

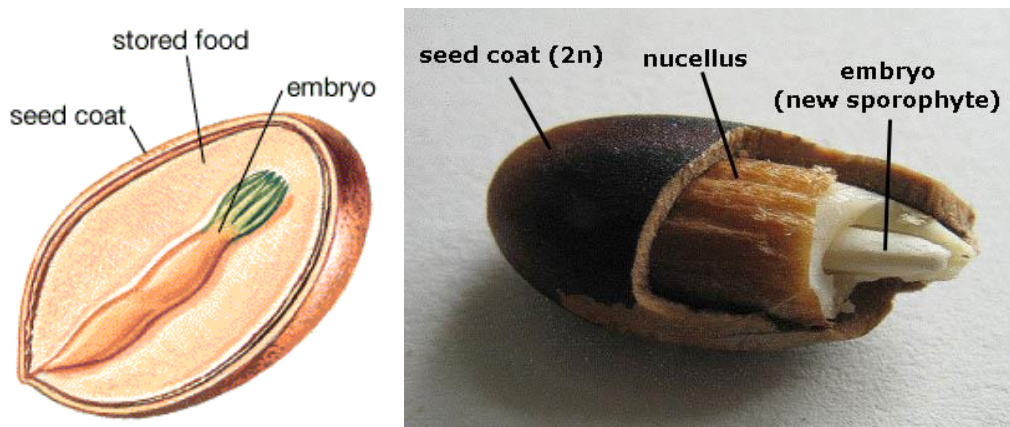
A economia brasileira vem passando por um período de turbulência, onde o setor florestal apresenta números gerais positivos, nos 11 primeiros meses do ano passado, o volume de exportações indicou evolução em comparação com o mesmo período de 2015. O resultado positivo do saldo da Balança Comercial do setor atingiu US\$ 6 bilhões (+2,3%). A projeção de investimentos no segmento até 2020 gira em torno de R\$ 40 bilhões no Brasil, considerando o que foi investido ao longo de 2016 segundo os dados do IBÁ, o setor brasileiro de árvores plantadas é responsável por 6% do PIB (Produto Interno Bruto) Industrial do país (MACEDO, 2017).

A primeira classificação e descrição do gênero *Pinus* foi feita por Carlos Lineu por volta de 1880. Esse gênero possui mais de 100 espécies, sendo elas distribuídas pelas regiões árticas e subárticas da Europa, Ásia, América do Norte, áreas tropicais da América Central e também podendo ser encontradas nas regiões montanhosas e temperadas. A palavra “*Pinus*” tem origem do latim que significa nesta língua “Pinheiro”, o *Pinus* pertence a ordem das Coníferas, sendo destaque dentro desta ordem (FOELKEL, 2008).

A espécie possui as seguintes classificações taxonômicas, gênero: *Pinus*; reino: vegetal e/ou *plantae*; divisão: *embryophytaesiphonogame (Spermatophytae)*; subdivisão: *gymnospermae*; classe: *coniferopsida*; família: *pinaceae*; subfamília: *pinoideae*(FOELKEL, 2008; LACHINI, 2012).

A estrutura morfologia das sementes de pinus é composta pelo tegumento conhecido por casca ou testa, núcleo (parede do megasporângio), endosperma primário (megaprótalo) ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - A e B estrutura morfologia da semente de pinus.



Fonte: A- Southeastern, 2017 (Department of Biological Sciences) B – bio.miami.org (Alternation of Generations) 2017.

Os primeiros estudos evidentes de introdução do *Pinus* no Brasil são de 1906, porém as pesquisas referentes a este gênero começam a ser feitas a partir de 1936 e, partir da década 1950 inicia-se os plantios comerciais. A introdução do gênero foi devida as altas demandas por madeira para o setor industrial no Brasil, considerando que ainda o plantio desta espécie encontra-se em crescimento constante no país (PONCE et al., 2005).

A espécie *Pinus* se destaca principalmente por ter uma boa adaptabilidade às condições climáticas brasileiras, assim com um crescimento rápido com dimensões homogêneas e com aplicações diversas no setor moveleiro, nas serrarias e indústrias químicas e de celulose e papel (LORENZI et al., 2003)

No setor florestal brasileiro o *Pinus* é uma das espécies que se destaca como sendo sustentadora de cadeias produtivas importantes no país sua madeira é utilizada na produção de celulose de fibra longa, como principal destinação à produção de papéis para embalagem em geral, na produção de chapas e painéis de madeira usados na construção civil e, ainda tem aplicação cada vez maior na indústria moveleira agregando valor a espécie além da extração da goma resina direto da árvore (SHIMIZU; MEDRADO, 2005).

As plantações do gênero *Pinus* cobrem 1,8 milhão de hectares do território brasileiro, e se destinam as mais diversas utilidades conforme citado anteriormente, o manejo e condução adequada dessas florestas contribui para abastecer um mercado que antes atendido por espécies nativas, o plantio florestal do *Pinus* é uma das atividades mais produtivas do País, fonte de riqueza e

desenvolvimento social e econômico, bem como a conservação e preservação ambiental (ABRAF, 2013).

2.2.1 *Pinus elliottii*

A espécie de *Pinus elliottii* é originária da região Sudeste dos EUA, onde se espalhou pela parte sul dos Estados da Louisiana entre outros, sendo as principais características do local de origem solo arenoso, altitude menor que 990 m, precipitação média anual 1270 mm, temperatura média anual 17,2°C e clima quente e úmido. Esta espécie é resistente a geadas e seu sistema radicular pode penetrar no solo até uma profundidade maior que 5 metros. A espécie se difere das demais por apresentar em suas características botânicas três folhas por braquiblasto de 12 a 30 centímetros de comprimento, flexíveis ao toque, verde-claras; cones femininos pedunculados, castanho-avermelhado e assimétricos (MELO et al., 2013).

O *Pinus elliotti* é uma espécie que se desenvolveu muito bem no Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e nas regiões serranas do estado de São Paulo, lugares onde há invernos frios e chuvas distribuídas ao decorrer do ano. O *Pinus elliottii* tem crescimento pouco mais moderado se comparado a espécies do gênero *Pinus* oriundas de regiões tropicais. A maior concentração de reflorestamentos nessas regiões é devida às condições edafoclimáticas e à localização dos principais centros processadores desse tipo de madeira (PIRES et al., 2013).

A produção de resina no Brasil estima-se na safra 2014-2015 um total de 124 mil toneladas onde 97 mil toneladas são produzidas da espécie de *Pinus elliottii*, destacando-se o estado de São Paulo que produz aproximadamente 68 mil toneladas derivadas dessa espécie de *Pinus* (ARESB, 2015).

Em geral a qualidade para todo processo que seja utilizado o *Pinus* destaca-se a madeira, derivada de um bom plantio, que tem sua origem de mudas com boa procedência, conseqüentemente o êxito de um plantio de qualidade seja ele de produção comercial, reflorestamento ao qualquer outro fim depende diretamente das potencialidades das sementes e a condução primária desse material produzindo-se

uma muda de qualidade. As práticas realizadas em viveiro florestais influenciam diretamente no resultado de plantio bem-sucedido (SILVEIRA et al., 2009).

O interesse na qualidade e desempenho das mudas geradas em viveiros se justifica pelos projetos de implantação de florestas bem sucedidas, a avaliação da qualidade da muda com base nos parâmetros morfológicos mensurados na fase de viveiro é muito importante, pois nesta fase o desenvolvimento da muda é influenciado por fatores bióticos e abióticos, isto é, além da espécie e do material genético reprodutivo, há influência do tipo de substrato, recipiente, nutrição, intensidade luminosa e manejo da irrigação estas características podem ser utilizadas para prever o sucesso na implantação (GOMES et al., 2002; CARVALHO; SILVA; LATORRACA, 2010).

2.2.2 Substrato na germinação de sementes e na formação de mudas florestais

O desafio para conseguir produzir mudas de qualidade e com bom desenvolvimento inicia-se na utilização de substrato que apresente permeabilidade, retenção de umidade e disponibilidade de nutrientes possibilitando a facilidade na penetração de raízes (KAMPF, 2000). Neste aspecto a incorporação de resíduos na formação de substratos é um assunto frequentemente abordado, pois além de atender as necessidades das plantas também gera alternativa diante das questões ambientais e impactos causados pelo acúmulo de resíduos (KREFTA et al., 2012; KRATZ; WENDLING, 2013).

Alguns fatores como dormência, vigor das sementes, umidade, temperatura, profundidade, textura, posicionamento no substrato são fatores que podem indicar a velocidade de germinação para produção de mudas em viveiro, fazem com que a necessidade de estudos para formação mudas nativas e exóticas com a utilização de alguns tipos de substratos (LOPES et al., 2006).

Os substratos têm a finalidade auxiliar no desenvolvimento de raiz dando suporte para a muda, um dos principais meios de sobrevivência e desenvolvimento, com determinações que favorecem a formação de um sistema radicular com todas suas estruturas resistente, tendo a raiz primária e secundária sadias ainda

possibilitando a composição de um torrão firme, com capacidade de acúmulo de nutrientes e umidade para seu crescimento sucessivo (MADARI et al., 2003).

Para bom crescimento das mudas os viveiros têm acesso a diversos substratos produzidos em escala industrial, na maioria desses substratos possui a mesma formulação casca de *Pinus*, vermiculita, turfa, calcário e adubo químico, existindo várias composições de substratos produzidos em escala comercial (MAEDA et al., 2007).

Porém o grande desafio de otimização de substratos sustentáveis, oriundos de resíduos e subprodutos das atividades madeireiras que devem ser utilizados com principal propósito que é diminuir os custos de produção, tais como exemplo a casca de *Pinus* e a serragem vêm sendo analisados em estudos com a objetivo de viabilizar a utilização destes materiais através dos produtos de diversos segmentos reaproveitáveis. (NÓBREGA et al., 2011).

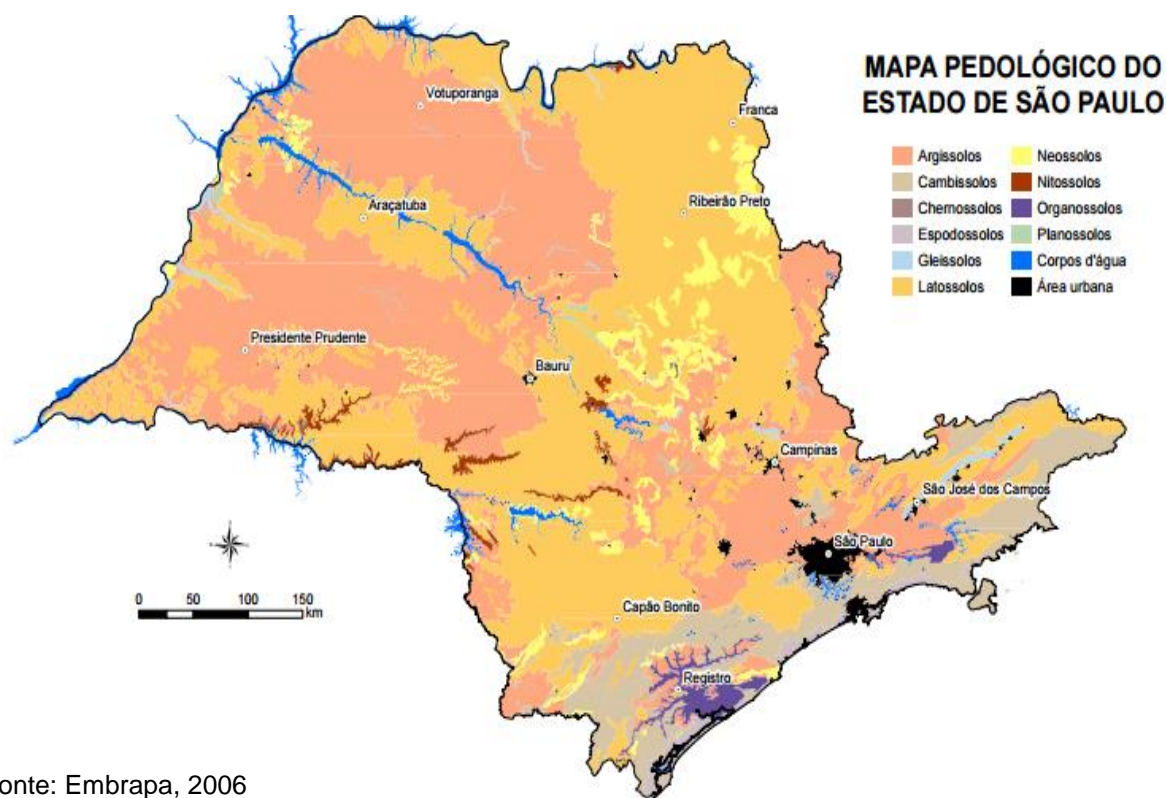
Uma opção renovável como a serragem de *Pinus*, constitui um dos resíduos da atividade madeireira que costuma ser deixado em áreas de descarte a céu aberto próximo a serrarias apresentando riscos de combustão lenta e degradação a altos índices de cálcio e magnésio, este segmento de substrato está ganhando o interesse e representam uma demanda atual, seu sistema de produção é favorecido pelo uso de matéria-prima considerada de baixo custo (MARTINS et al., 2012).

2.3 **Biochar aplicado ao solo**

O Brasil tem uma grande diversidade de solos, com uma vasta diversidade que está ligada diretamente à intensidade de diferentes formas e tipos de relevo, temperatura, diversos climas, material de origem, vegetação e organismos associados, os quais condicionam diferentes processos formadores de solos (EMBRAPA, 2006).

Dentre os diversos tipos de solo, o Latossolo Vermelho-Amarelo de textura argilosa é predominantemente encontrado na maioria das regiões do estado de São Paulo conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 - Mapa Pedológico do Estado de São Paulo.



Fonte: Embrapa, 2006

Em solos brasileiros com histórico de incêndios naturais ou provocadas, como nos casos do Cerrado em ambientes rupestres mostram que, em solos antrópicos da Amazônia denominado de “Terra Preta de Índio” (TPI) a matéria orgânica consiste em aproximadamente 35% do carvão pirogênico ao longo do espesso horizonte A antrópico. Sendo que este valor aumenta com o acréscimo do conteúdo de argila, nos solos vizinhos às manchas de TPI, os latossolos com outros tipos de horizonte A o carvão pirogênico ocorrem somente nos primeiros centímetros do perfil constituindo cerca de 10% da matéria orgânica do solo (BENITES et al., 2009; REZENDE et al, 2011).

As primeiras pesquisas e informações científicas detalhadas sobre os efeitos do *biochar* no crescimento das plântulas do solo foram produzidas por Retan (1915) e Tryon, (1948) que citam que o carvão atua como uma esponja no solo absorvendo e retendo água, gases e soluções (GROSSMAN et al., 2010).

Dois aspectos sobre a aplicação do *biochar* em solo são valiosos: estabilidade em relação à decomposição e sua habilidade superior em reter nutrientes quando comparado a solos ricos em matéria orgânica. Três benefícios ambientais podem ser alcançados por estas propriedades: mitigação nas mudanças

climáticas; melhoria na fertilidade dos solos; e redução de poluição ambiental. (GLASER et al., 2001; LEHMANN, 2007).

O acréscimo da fertilidade do solo com adição de *biochar* também se baseia na capacidade de troca catiônicas (CTC) do *biochar*, o aumento nos *habitats* para a microflora do solo tem significativo aumento na retenção de água e nutrientes nos poros. Singh, B., Singh, B. P.; Cowie, A. L (2010) observaram o dobro de aumento na produtividade de arroz quando aplicado o *biochar* junto com fertilizante no solo demonstrando um efeito significativo na produtividade com aplicação de biochar no solo.

O potencial do solo pode ser modificado pela adição de *biochar*, ocorrendo o aumento do potencial hidrogeniônico (pH) quando estes são adicionados a solos ácidos, o *biochar* fornece uma oportunidade única para favorecer a fertilidade do solo e a eficácia de nutrientes usando materiais disponíveis através do beneficiamento da matéria prima derivada de floresta plantada (PETTER et al., 2012).

A utilização de um condicionador de solo que proporciona ou auxilia o fornecimento adequado de nutrientes e aeração, se mostra como uma alternativa na produção de mudas de qualidade. Nesse sentido, o carbono pirogênico, recentemente denominado de *biochar* e constituinte básico da biomassa carbonizada (carvão vegetal), apresentam algumas características físico-químicas que podem atuar como condicionador de substratos (LAIRD et al., 2010).

A adição de *biochar* leva a uma diminuição na densidade do solo, aumenta o volume de poros, bem como aumenta a retenção de água no solo auxiliando a não chegar ao ponto de murcha permanente (ABEL et al., 2013).

Estudos relatam em média um aumento de até 18% na capacidade de retenção de água dos solos com adição de *biochar*, sendo importante ressaltar que o impacto de *biochar* provavelmente seja muito maior em solos perturbados, degradados ou altamente intemperados do que sobre os ricos em matéria orgânica (ULYETT et al., 2014).

2.4 Produção de mudas

A formação das mudas deve ser priorizada para a obtenção de plantas com qualidade, fator que irá se refletir no plantio e no desenvolvimento em campo. Para cada espécie é fundamental averiguar qual substrato ou combinação de substratos mais aconselhável e as condições ideais que proporcionem a formação de mudas de melhor qualidade possível (LAVIOLA et al., 2006).

Entre os métodos de produção de mudas mais utilizados para condução de mudas nativas da flora brasileira estão os tubetes em bandejas e os sacos plásticos de acordo com HAHN et al. (2006), estes recipientes necessitam de um investimento menor para produção, são facilmente preenchidos com substratos e não necessitam de mão de obra especializada.

Os tubetes em bandejas para mudas são os recipientes mais utilizados em viveiros devido ao seu suporte do meio de crescimento das mudas e a moldagem das raízes em desenvolvimento, o formato cônico dos tubetes ajuda protegê-las contra os danos mecânicos e da desidratação, assim como facilitar o manuseio das mudas, até o plantio definitivo os tubetes apresentam frisos verticais que direcionam o sistema radicular, evitando enovelamento e possuem um orifício na parte inferior que possibilita o crescimento uniforme das raízes, além de possibilitar a automatização dos viveiros e apresentar melhores condições de manuseio (HAHN et al., 2006).

As vantagens do uso de tubetes são segundo Nappo et al. (2001) um fator determinante no quesito trabalhabilidade e manuseio das mudas em várias fases do processo, além de ser um recipiente econômico por necessitar de menor volume de substrato seu formato possibilita uma boa formação do sistema radicular por possuir demarcações internas que auxilia no desenvolvimento de raízes homogêneas além de plantio facilitado e ergonomia na assepsia do material para reutilização.

O manuseio desse material é facilitado principalmente pela retirada da muda para o plantio e ocupando o mínimo de espaço físico podendo ser transportado em quantidades grandes de mudas e sua principal função é ser um recipiente reutilizável.

A condução de mudas de alta qualidade constitui etapas importantes do sistema produtivo, atuando diretamente no comportamento das plantas em resposta

nutricional e ciclo de cultivo, pois mudas irregularmente formadas comprometem o desenvolvimento das plantas e prolongam seu ciclo, levando a perdas de produção (BASTOS et al.,2007).

A avaliação da qualidade da muda, com base nos parâmetros morfológicos mensurados na fase de viveiro, é muito importante, pois nesta fase o desenvolvimento da muda é por fatores bióticos e abióticos, e a influência do tipo de substrato, recipiente e manejo de irrigação, estas características podem ser utilizadas para prever o sucesso na implantação dessas mudas (FREITAS et al., 2013).

Uma das condições que favorecem o bom desenvolvimento das mudas é a quantidade e qualidade dos insumos, mas também é importante que estes insumos sejam de fácil disponibilidade e baixo custo. Para tanto a busca por substratos específicos para determinadas culturas é de fundamental importância, já que existem inúmeras possíveis combinações de substratos comerciais (SILVA et al., 2010).

Para o avanço das mudas o substrato deve apresentar permeabilidade, absorção de umidade e boa disponibilidade de nutrientes, facilidade de penetração de raízes, entre outros. Neste aspecto a aplicação de resíduos orgânicos na mistura para substratos vem aumentando, além de atender as necessidades das plantas também gera alternativa quanto às questões ambientais sobre os impactos causados pelo acúmulo de resíduo gerado pelas atividades humanas (CALDEIRA et al., 2011).

O *biochar* apresenta-se como uma alternativa, especificamente por representar uma forma estável da matéria orgânica em função de suas estruturas aromáticas, a qual se constitui uma eficaz ferramenta para promover a expansão capacidade de troca catiônica do solo, o carbono pirogênico é o constituinte básico da biomassa carbonizada (carvão vegetal), apresentando alta porosidade e elevada área de superfície específica, fato que confere condições favoráveis para absorção de compostos orgânicos solúveis podendo contribuir não só com a disponibilidade de nutrientes mas também com a retenção de água no solo, principalmente os de textura arenosa (SCHMITZ; SOUZA; KÄMPF, 2002).

Deve-se considerar aspectos qualitativos e quantitativos dos materiais utilizados nas avaliações quantitativas os principais parâmetros morfológicos utilizados para a classificação quanto à qualidade da muda podem ser analisados de

acordo com sua altura, o diâmetro do coleto e com a correlação através do diâmetro do coleto e a altura da parte aérea (PETTER et al., 2012).

Estes parâmetros fornecem uma estimativa do crescimento inicial no campo a altura quando ajustada com o diâmetro do coleto, constitui o índice de robustez, sendo considerado um dos critérios morfológicos para pré-estabelecer um crescimento das mudas após o plantio determinado em campo, além de que estas características são de forma não destrutiva (ROSA et al., 2009).

2.5 Germinação de sementes de *Pinus*.

As sementes de *Pinus* têm sua característica denominada de germinação epígea. O tegumento se solta e a plântula forma o caule com as primeiras folhas a raiz primária penetra no solo e o epicótilo cresce externamente no solo emitindo as primeiras folhas fotossintéticas ilustrado na figura 3 (SMITH et al., 2003).

Figura 3 - Germinação da semente de *pinus* em placa de petri



Fonte: Varis, 2010 (Photo: © Metla/ErkkiOksanen)

A dormência é um acontecimento muito importante no processo, pois é modo da semente se proteger da deterioração e fenômeno que também pode ser superado ao decorrer do tempo e em condições naturais de clima ou mudanças climáticas (MELO; JÚNIOR, 2006).

Os procedimentos comuns para superação da dormência em sementes é a escarificação química, mecânica, estratificação fria e quente-fria, afundamento e ou mergulho, submersão em água quente e embebição em água fria, as sementes de *Pinus elliottii* tem a dormência superada, quando submetidas a 15 dias de frio de 0 até máximo 5°C em mergulho em água por 16 horas conforme ilustrado na figura 4.

Figura 4 - Imersão sementes de pinus para superação de dormência.



Fonte: Oliveira, 2017

Este processo provoca a embebição e favorece o rompimento do tegumento das sementes dando condições para sua germinação (FOWLER; BIANCHETTI, 2000; FLORIANO, 2004).

3 OBJETIVOS GERAIS

O estudo buscou alternativa de destinação de resíduo de serragem, com a produção de *biochar* e utilização como substrato para produção de mudas de *pinus elliotti*.

3.1 Objetivos específicos

- ✓ Geração de *biochar* através da serragem de pinus spp.
- ✓ Incorporação de *biochar* ao solo para geração de substrato para sementes e mudas.
- ✓ Determinação da proporção (quantidade) de *biochar* incorporar ao solo.
- ✓ Produção de mudas de *Pinus Elliottii* através de sementes.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local de Estudo

O experimento foi realizado na cidade de Itapeva – SP, região sudoeste do estado de São Paulo conforme visualizados na Figura 5, nas coordenadas Latitude: 23°57' S e Longitude: 23° 57' W, com altitude de 700m, temperatura média anual de 21,9°C, umidade relativa anual de 76% e índice pluviométrico de 1.467,5 mm.

Figura 5 - Localização do município de Itapeva no estado de São Paulo – SP



Fonte: ITAPEVA (2017)

A região de Itapeva tem destaque para o *Pinus elliotti* com uma área de plantios dessa espécie de 58.031 ha, sendo considerada polo de reflorestamento e de produção madeireira pois somente o município de Itapeva apresenta 14.586 ha, equivalente a 24% do total da região (Kronka et al., 2005).

4.2 Caracterização da serragem de *Pinus spp.*

A serragem utilizada no estudo foi oriunda do beneficiamento da tora de *Pinus spp.*, doada pela serraria Potiguá que está localizada na Rodovia Eduardo Saigh SP 249, no município de Itapeva do Estado de São Paulo.

A serragem foi coletada imediatamente após o beneficiamento, diretamente do pátio de descarte com o material ainda úmido. A serragem foi pré-seca ao ar livre por aproximadamente 15 dias consecutivos (Figura 6).

Figura 6 - Serragem de *Pinus spp.*



Fonte: Oliveira, 2017.

4.3 Determinação do teor de umidade e granulometria

A determinação do teor de umidade foi realizada conforme a norma NBR 9656 (ABNT, 1986), no qual foram pesadas 5 amostras de 1,000 g aproximadamente em cadinhos previamente pesados e deixados em estufa a $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ durante quatro horas ou até apresentar massa constante. O teor de umidade base úmida foi calculado segundo a Equação 1:

$$TU = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad [1]$$

Em que:

TU = teor de umidade base úmida em porcentagem;

m_1 = massa de amostra úmida (g);

m_2 = massa de amostra seca (g).

A análise granulométrica (tamanho das partículas) foi determinada de acordo com a norma NBR 7217 (ABNT, 1987) nas granulometrias descritas na Tabela 1.

Tabela 1 - Peneiras do agitador magnético.

Abertura	
mesh	mm
5	4,00
10	2,00
20	0,84
35	0,50
60	0,25
80	0,17
Fundo	0

4.4 Determinação da densidade a granel

A densidade a granel foi realizada em triplicata através do preenchimento de uma Becker de volume conhecido através de uma compactação com três batidas e na mesa e passando uma espátula na base para nivelamento do material. A determinação foi segundo a norma SCAN-CM 46:92 e calculada a partir da Equação 2:

$$d = \frac{m}{V}$$

[2]

Em que:

d = densidade(kg.m^{-3});

m = massa da serragem (kg);

V = volume da serragem (m^3).

4.5 Coleta e caracterização do solo

O solo utilizado foi coletado segundo as normas NBR 10.007 (ABNT, 2004) no Campus da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP em Itapeva-SP, foram abertas covas na profundidade de 0–60 cm, o solo foi armazenado em sacos de plásticos conforme figura 7.

Figura 7 - Solo coletado.



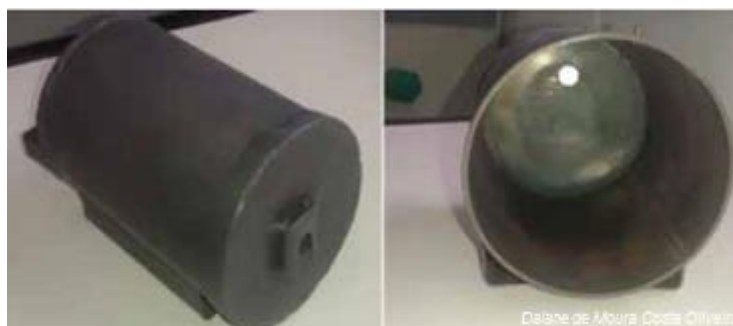
Fonte: Oliveira, 2017.

Os sacos com solos foram identificados e levados ao Laboratório de Análise Química da UNESP/Campus de Itapeva para análises, onde foi seco em estufa a 30°C , homogeneizado e peneirado em peneira de 2 mm para retirada das raízes e folhas.

4.6 Produção de *biochar*

O *biochar* foi produzido a partir da serragem de pinus. Pesou-se aproximadamente 70,000 g de serragem em um béquer e em seguida colocou-se dentro de um reator cilíndrico conforme ilustrado na Figura 8 com capacidade volumétrica de 0,82 L e adaptado com uma entrada para gás. O reator cilíndrico foi utilizado para otimizar a quantidade de nitrogênio usada neste processo, uma vez que, se utilizou um volume menor de gás (volume interno do forno elétrico: 1,7 L; volume interno do reator metálico: 0,82 L).

Figura 8 - Reator cilíndrico de aço.



Fonte: Oliveira, 2017.

O reator abastecido com a serragem foi colocado dentro do forno elétrico do tipo mufla (Figura 9) a uma razão de aquecimento de $10\text{ C}^\circ\text{ min}^{-1}$ e a temperatura se manteve por 2 horas ao atingir o patamar desejado. O forno foi aquecido nas temperaturas de 300°C (processo intitulado de BC300), 400°C (BC400), 500°C (BC500) e 600°C (BC600).

Figura 9 – (A) Forno tipo mufla fechado; (B) Forno tipo mufla aberto.



Fonte: Oliveira, 2017.

O rendimento do *biochar* gerado foi calculado de acordo com a Equação 3:

$$R\% = (m_f / m_i) \times 100 \quad [3]$$

Em que:

R% = rendimento do processo de pirólise (%);

m_f = massa final (g);

m_i = massa inicial (g).

4.7 Delineamento experimental e análises estatísticas experimentais

Neste estudo foi adotado delineamento experimental em delineamento inteiramente casualizado. O experimento consiste em apenas uma espécie estudada o *Pinus elliottii*, cinco tratamentos com três concentrações mais a testemunha. Foram avaliadas 4 temperaturas de pirólise na geração do *biochar* a partir da serragem de *Pinus* spp. e 12 combinações de substrato + *biochar*, sendo usados nas quantidades de 0,30 g, 0,60 g e 0,90 g adicionados ao solo, também foi avaliado a mistura de solo + serragem *in natura*, para todos os tratamentos foram feitas dez repetições, conforme esquematizado na Tabela 2.

Tabela 2 - Esquema da montagem experimental.

<i>BC300</i>			<i>BC400</i>			<i>BC500</i>			<i>BC600</i>			<i>In natura</i>			<i>Testemunh a</i>
<i>massa (g)</i>			<i>massa (g)</i>			<i>massa (g)</i>			<i>massa (g)</i>			<i>massa (g)</i>			
0,3 0	0,6 0	0,9 0	0,3 0	0,6 0	0,9 0	0,3 0	0,6 0	0,9 0	0,3 0	0,6 0	0,9 0	0,3 0	0,6 0	0,9 0	Zero
R1	R1	R1	R1	R1	R1	R1	R1	R1	R1	R1	R1	R1	R1	R1	R1
R2	R2	R2	R2	R2	R2	R2	R2	R2	R2	R2	R2	R2	R2	R2	R2
R3	R3	R3	R3	R3	R3	R3	R3	R3	R3	R3	R3	R3	R3	R3	R3
R4	R4	R4	R4	R4	R4	R4	R4	R4	R4	R4	R4	R4	R4	R4	R4
R5	R5	R5	R5	R5	R5	R5	R5	R5	R5	R5	R5	R5	R5	R5	R5
R6	R6	R6	R6	R6	R6	R6	R6	R6	R6	R6	R6	R6	R6	R6	R6
R7	R7	R7	R7	R7	R7	R7	R7	R7	R7	R7	R7	R7	R7	R7	R7
R8	R8	R8	R8	R8	R8	R8	R8	R8	R8	R8	R8	R8	R8	R8	R8
R9	R9	R9	R9	R9	R9	R9	R9	R9	R9	R9	R9	R9	R9	R9	R9
R10	R10	R10	R10	R10	R10	R10	R10	R10	R10	R10	R10	R10	R10	R10	R10

Fonte: Autoria própria. (R= Repetição)

Foram feitas análises de variância nos dados e aplicado o teste de comparação de médias Tukey a 5% de probabilidade com a finalidade de avaliação dos dados e análise do efeito do *biochar* incorporado ao solo na germinação de sementes de *Pinus elliottii* e no crescimento e desenvolvimento de qualidade das mudas.

Em todos os experimentos, a análise estatística foi realizada mediante o uso do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

4.8 Montagem experimental

O sistema de montagem para avaliação da eficiência do *biochar* na germinação de sementes (Figura 10) e desenvolvimento das mudas foi feito em tubetes de material polipropileno, modelo de fabricação T53/4, com volume de 53 cm³, 125 mm de altura, furo inferior com diâmetro de 12 mm e peso de aproximadamente 10g, em bandeja de produção retangular. O fundo dos tubetes foi revestido com papel GerminTest (Figura 11).

Figura 10 - Sementes de *Pinus elliottii*.



Fonte: Oliveira, 2017.

Figura 11 - Tubete com papel Germitest.



Fonte: Oliveira, 2017.

Para o cálculo de proporção de *biochar* a ser aplicado ao solo foi considerado o encontrado na literatura de Chen; Aviad (1990), Piccolo et al (1993) e Beauclair (2007) com aplicação de condicionadores de solo onde prevalece a proporção de 2 toneladas de condicionador de solo (*biochar*) para 1 hectare. Foi realizado o cálculo da área do tubete (Figura 12).

Figura 12 - Tubetes medido o diâmetro.



A área do tubete foi calculada de acordo com a Equação 4:

$$A = \pi \cdot r^2 \quad [4]$$

Em que:

A = área;

π = pi;

r = raio

Resultando em 0,60 g de *biochar* para cada tubete equivalendo a 2 t.ha⁻¹ para efetiva comparação realizamos uma medida abaixo 0,30 g equivalente a 1 t.ha⁻¹ e uma acima 0,90 g de *biochar* por tubete que equivale a 3 t.ha⁻¹. O solo mais o *biochar* foram misturados em bandejas grandes conforme a Figura 13.

Figura 13 - Solo + Biochar.



Fonte: Oliveira, 2017.

Para cada pirólise do *biochar* intitulados de BC300, BC400, BC500 e BC600 foram realizado as respectivas misturas, também foi avaliado as eficiências de germinação na combinação solo mais material *in natura*(serragem), e repetições apenas com o solo para servir de testemunha as comparações. Para cada mistura foram feitas 10 repetições conforme ilustrada na Figura 14.

Figura 14 - Bandeja com tubetes.



Fonte: Oliveira, 2017.

A superação de dormência das sementes foi realizada em geladeira por um período de 15 dias na temperatura de 0°C a 5°C. As sementes foram imersas em

água com temperatura ambiente por 16 horas, assim provocando a embebição antes da sementeira das sementes nos tubetes (BRASIL, 2009).

Para cada tubete foram implantadas 5 sementes de *Pinus elliottii*, após semeio a bandeja foi levada em uma estufa de indução a germinação, as bandejas ficaram suspensas em estruturas com aproximadamente 1m do solo, acomodadas em bancada de metal.

Manteve-se o experimento à temperatura ambiente e a irrigação foi controlada por meio do sistema de aspersão com duas irrigações diárias no início do dia e no final da tarde através de micro aspersores.

4.9 Cálculo de porcentagem de germinação

Para o cálculo de porcentagem de germinação das sementes de *Pinus elliottii* em cada tratamento foi utilizado a equação 4:

$$\%G = (N/A) \times 100 \quad [4]$$

Em que:

%G = porcentagem de germinação;

N = número de sementes germinadas;

A = número total de sementes colocadas para germinar.

4.10 Índice de velocidade de germinação (IVG)

O IVG foi analisado durante 28 dias de acordo com recomendação de Brasil (2009), a primeira contagem de germinação foi conduzida a partir do quarto dia após a instalação do ensaio, no qual foram computadas as plântulas que emergiram nesse período conforme ilustrado Figura 15.

Figura 15 - Emergência de plântulas de *Pinus elliotti*.



Fonte: Oliveira, 2017.

Após o quarto dia foram analisadas a germinações diárias no decorrer de 28 dias, ao termino do vigésimo oitavo dia foi realizado o raleio nas mudas, deixando somente a muda mais vigorosa em cada tubete.

O cálculo foi realizado através do somatório do número de sementes germinadas a cada dia sendo posteriormente dividido pelo número de dias decorridos entre a semeadura e a germinação de acordo com a equação 5, conforme Maguire (1962).

$$IVG = (G1 /N1) + (G2 /N2) + (G3 /N3) + ... + (Gn /Nn) \quad [5]$$

Em que:

IVG = índice de velocidade de germinação;

G1 , G2 , G3 , ..., Gn = número de plântulas computadas na primeira contagem, segunda contagem e na última contagem;

N1 , N2 , N3 , ..., Nn = números de dias da semeadura à primeira , à segunda, e à última contagem..

4.11 Tempo médio de germinação (TMG)

A determinação do TMG realizado pela contagem diária das sementes germinadas até o décimo dia após a semeadura os dados obtidos foram calculados através da Equação 6, proposta por Labouriau (1983), sendo os resultados expressos em dias.

$$t = \frac{\sum n_i t_i}{\sum n_i} \quad [6]$$

Em que:

t = tempo médio de incubação, em dia;

n_i = número de sementes germinadas por dia;

t_i = tempo de incubação, em dia.

4.12 Velocidade média de germinação (VMG)

Para o cálculo da VMG das sementes de *Pinus elliotti* nos tratamentos foi utilizada a Equação 7:

$$V = 1/t \quad [7]$$

Em que:

V = velocidade média de germinação;

t = tempo médio de germinação, em dias.

4.13 Índice de qualidade de mudas (IQM)

Para determinação do IQM, foram utilizadas as determinações pelo índice de qualidade de Dickson (IQD), para definir o padrão de qualidade das mudas, no

entanto, os dados para as análises foram obtidos através do método destrutivo da muda, não sendo um método mais indicado em grande escala comercial, porém sendo considerado o método mais eficiente e promissor de estimar a qualidade das mudas (HOSSAIN et al., 2011).

As avaliações de diâmetro do coleto e as alturas da parte aérea das mudas, foram analisadas aproximadamente a cada 15 dias, com auxílio de um paquímetro digital Clarke® graduado em milímetros com precisão de 0,01mm (Figura 16A).

A altura utilizou-se uma régua, conforme ilustra a (Figura 16B), tendo como referência entre o colo ao ápice da muda.

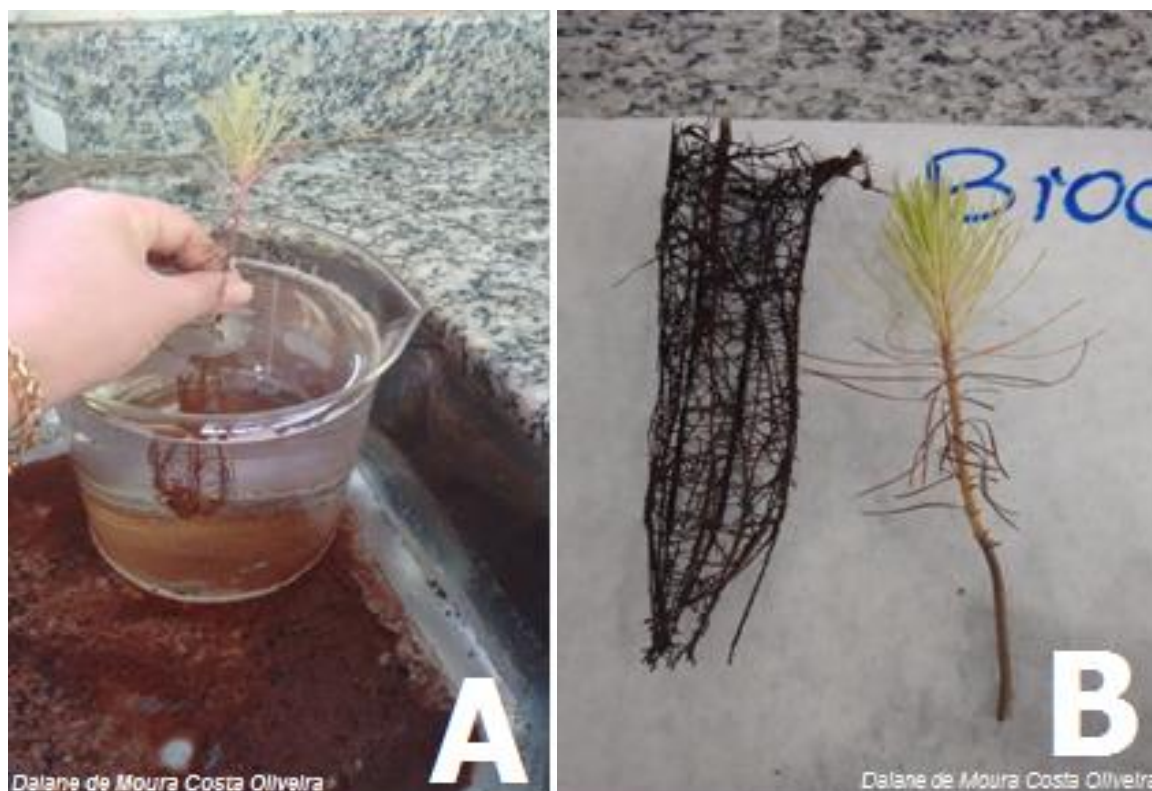
Figura 16 – (A) Medição do diâmetro do coleto; (B) Medição da altura da muda.



Fonte: Oliveira, 2017.

Ao final do experimento com 180 dias foi realizada a lavagem das mudas para retirada do substrato, sendo estas seccionadas para separação da parte aérea e sistema radicular (Figura 17).

Figura 17 – (A) Lavagem das mudas; (B) Separação raiz e parte aérea.



Fonte: Oliveira, 2017.

As partes seccionadas foram secas em estufa de circulação de ar forçada por 48 horas a 60°C, para a determinação dos valores de massa seca da raiz e parte aérea (g), essas avaliações determinaram a massa seca da parte aérea (MSPA) que é dada pela soma da massa seca do coleto (MSC) e a massa seca de folhas (MSF) e da massa seca das raízes (MSR). Todos os dados obtidos foram analisados através da fórmula de IQD através da Equação 9 (DICKSON et al., 1960).

$$IQD = \frac{MST(g)}{\frac{ALT(cm)}{DIAM(mm)} + \frac{MSPA(g)}{MSR(g)}} \quad [9]$$

Em que:

MST = massa seca total, em g;

MSPA = massa seca da parte aérea, em g;

MSR = massa seca de raiz, em g;

H = altura da parte aérea, em cm;

DC = diâmetro do colo, em mm.

4.14 **Análise Imediata**

A análise imediata (determinação dos teores de cinzas (TCZ), materiais voláteis (TMV) e carbono fixo (TCF)) foram determinados de acordo com a norma ABNT NBR 8112/86. O carbono fixo foi calculado subtraindo-se de 100% a soma dos teores de voláteis e de cinzas. Todas as análises foram feitas na forma de triplicatas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterizações

5.1.1 Análise Granulométrica (graduada).

A distribuição granulométrica da serragem coletada pode ser observada na tabela abaixo (Tabela 3).

Tabela 3 - Resultados das análises de granulométrica

Peneiras		Pó de serragem	
Mesh	Mm	% em massa	% passante
5	4,00	2,46	97,54
10	2,00	8,87	88,67
20	0,84	25,32	63,35
35	0,50	43,30	20,05
60	0,25	11,83	8,22
80	0,17	4,38	3,84
Fundo	0	3,84	0

Legenda: Mesh = unidade de medida; Mn = Milímetros.

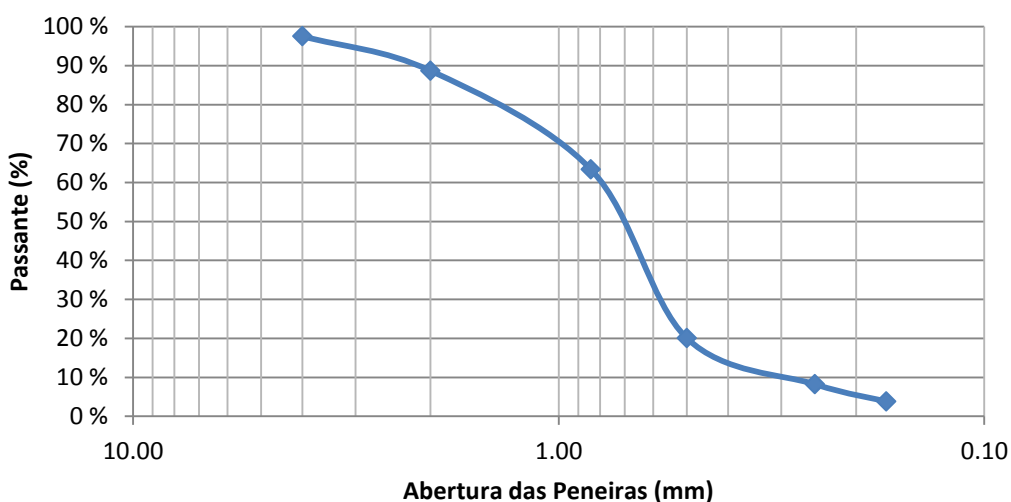
É possível através da tabela 3 observar que a distribuição do tamanho das partículas não foi homogênea, e que a maior fração se encontra na malha e 35mesh (0,50mm) com 43,30% e na malha e 20mesh (0,84mm) com 25,32% de massa retira e com 63,35% de material passante.

Pode-se verificar que de acordo com os resultados encontrado o material trabalhado é de uma granulometria bem pequena, sendo que de acordo com Pereira, (2009) todos os materiais originados de resíduos quanto menor a partícula, maior é a área superficial em contato e o tamanho das partículas é um dominante importante na durabilidade e resistência demonstrando a classificação granulométrica da biomassa antes de algum processo.

A trabalhabilidade dependendo da biomassa bruta exige a redução granulométrica em inúmeros segmentos que tem necessidade de matéria-prima com granulometrias previamente definidas que visam aumentar o rendimento e melhorar as circunstâncias de operação, assim a maior superfície específica onde podem aumentar a eficiência de diferentes sistemas de utilização (MATOSKI, 2005; MADARI et al., 2009).

Na Figura 18 pode-se observar a curva granulométrica da serragem, mostrando a porcentagem passante nas peneiras de 0,17 a 4,00 mm (5 a 80 mesh) através das curvas de ensaio de granulometria da serragem de *Pinus* spp.

Figura 18 - Curva granulométrica da serragem.



Conforme observa-se na figura 14, nos resultados de granulometria da serragem nota-se que não há necessidade de redução das partículas para os processos de pirólises, pois o *biochar* não é um produto padrão e que suas características físicas e químicas variam de acordo com cada processo que pode ser realizado como a queima e/ou seus desdobramentos como o tipo de pirólise, temperatura, tempo de retenção, adição de oxigênio etc.

No processo de pirólise o ideal é que os resíduos tenham aproximadamente 1mm de diâmetro máximo da partícula, para possibilitar uma melhor fluidez dentro do reator cilíndrico.

O tamanho inferior a 1 mm de diâmetro da partícula é ideal para rendimento dos produtos das frações líquida e gasosas, possibilitando condução uniforme do calor em toda sua extensão e rapidamente sendo pirolisada, a importância da definição dessas partículas com tamanho maior é para que processo de pirólise não acontece por completo gerando maior quantidade de carvão (MESA, 2011; CHEN et al., 2013).

5.1.2 Teor de Umidade e Densidade à Granel

Após a serragem coletada ser seca ao ar livre por 15 dias sua umidade de trabalho apresentou 13,25% (m/m) de umidade e densidade aparente de 0,243 g/cm³.

A umidade da serragem depende basicamente da temperatura e da umidade relativa do ambiente. Segundo Ghani et al. (2013) o teor de umidade ideal para a pirólises encontra-se entre 7% e 15% para geração de *biochar*.

O conhecimento das propriedades físicas é fundamental para a utilização da serragem a umidade tem um efeito significativo sobre a pirólise, sendo que esta é menos drástica quando o processo se realiza com matéria seca e assim os produtos da pirólise apresentam componentes levemente decompostos.

O teor de umidade e a densidade aparente são propriedades indispensáveis a serem analisada quando se quer avaliar a qualidade da madeira e seus derivados como a serragem, pois esta representa a quantidade de massa presente em um determinado volume de material (ZIECH et al., 2011).

Tanto o teor de umidade com a densidade aparente está dentro de faixas indicadas para sofrerem processos de pirólises para geração de *biochar*.

5.1.3 Caracterização de Solo

Na Tabela 3 é possível visualizar o resultado obtido quanto a caracterização química do solo utilizado para montagem experimental da pesquisa.

Tabela 3 - Caracterização química do solo utilizado.

Macronutrientes											
C	pH	S	P _{Resina}	K	Ca	Mg	S.B.	H+Al	Al ³	CTC	V%
g dm ⁻³	CaCl ₂	mg dm ⁻³					mmol _c dm ⁻³				
4	6,1	4	4	0,6	21	7	28	13	0	41	69

Legenda: C = Carbono / pH = Potencial Hidrogeniônico / S = Enxofre / P_{Resina} = Fósforo extraído pelo método de resina / K = Potássio / Ca = Cálcio / Mg = Magnésio / S.B = Soma das bases / H+Al = Hidrogênio e alumínio / CTC = Capacidade de troca catiônica do solo / V% = percentagem de saturação por bases.

A análise de granulometria apresentou 706 g.kg⁻¹ de areia, 212 g.kg⁻¹ de argila e 82 g.kg⁻¹ de silte sendo de acordo com instrução normativa número 2 (MAPA, 2008) um solo tipo 2 ou seja um Latossolo Vermelho-Amarelo de textura argilosa, onde a textura média tem um teor mínimo de 15% de argila e menor do que 35%, e apresentando diferença entre o percentual de areia e o percentual de argila menor do que 50.

Solo classificado como de média saturação por base e acidez baixa sendo um solo médio-argiloso compreendendo a classe de textura Franco-argilo arenosa RAIJ et al. (1997).

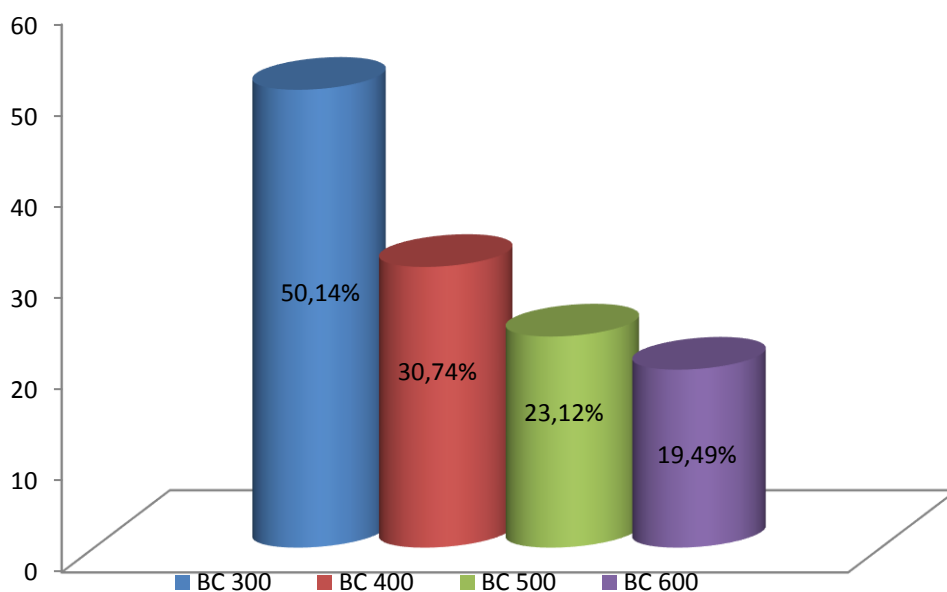
5.2 Produção de Biochar

5.2.1 Rendimento do processo de pirólise

A preparação dos *biochar* foi realizada em triplicata e os resultados apresentados são uma média dos valores obtidos em cada experimento. O

rendimento do processo de pirólise da serragem de *Pinus* foi diminuindo de acordo com o aumento de temperatura, conforme apresentado na Figura 19.

Figura 19 - Porcentagem de rendimento.



O decréscimo de rendimento conforme o aumento de temperatura é um resultado esperado, pois quando aumenta a temperatura da pirólise aumenta também a volatilização de matéria orgânica, gerando menor quantidade do produto final (DOMINGUES et al., 2014).

O resultado obtido nesta pesquisa corrobora com os resultados de Domingues, (2015) que gerando *biochar* de bagaço de cana-de-açúcar, nas temperaturas de pirólise a 300°C, 400°C, 500°C, 600°C e 700°C à uma razão de aquecimento de 10°C, concluiu que conforme a temperatura de pirólise aumenta o rendimento de *biochar* diminui.

Segundo Melzer et al. (2013) a pirólise pode revelar também a influência do alto teor de extrativos na biomassa inicial em relação ao rendimento dos produtos de pirólise.

Considerando que a pirólise da madeira leva três importantes componentes pirolisados separadamente, ou seja, o processo de pirólise não acontece de forma conjunta, mas, em períodos, nos quais as hemiceluloses se degradam primeiro em temperaturas entre 200°C – 260°C, subsequente da celulose a 240°C - 350°C e lignina a 280°C – 500°C (KIM et al., 2010).

Gomes et al., 2012, concluem que o maior rendimento em carvão produzido através do processo de pirolise testando reator para carbonização de biomassa, capaz de operar em regime de alta pressão e obter resultados que demonstrem o aumento de rendimento na carbonização de serragem de eucalipto foi a 450 e 500°C favorecendo o rendimento dos materiais.

É possível constatar que existem diversas maneiras de empregar o processo de pirólise como uma opção econômica, sendo uma alternativa que representa benefício ambiental na recuperação e utilização de resíduos gerados em processos, como exemplo desse estudo a produção de *biochar* através da serragem gerada do desdobramento primário de madeira, podendo assim estar prevenindo prejuízos por eles ocasionados.

5.3 Análise imediata

Os resultados obtidos com as análises do teor de materiais voláteis (TMV), teor de cinzas (TCZ) e teor de carbono fixo (TCF) na serragem de *pinus spp.*, podem ser observados na tabela abaixo (Tabela 4).

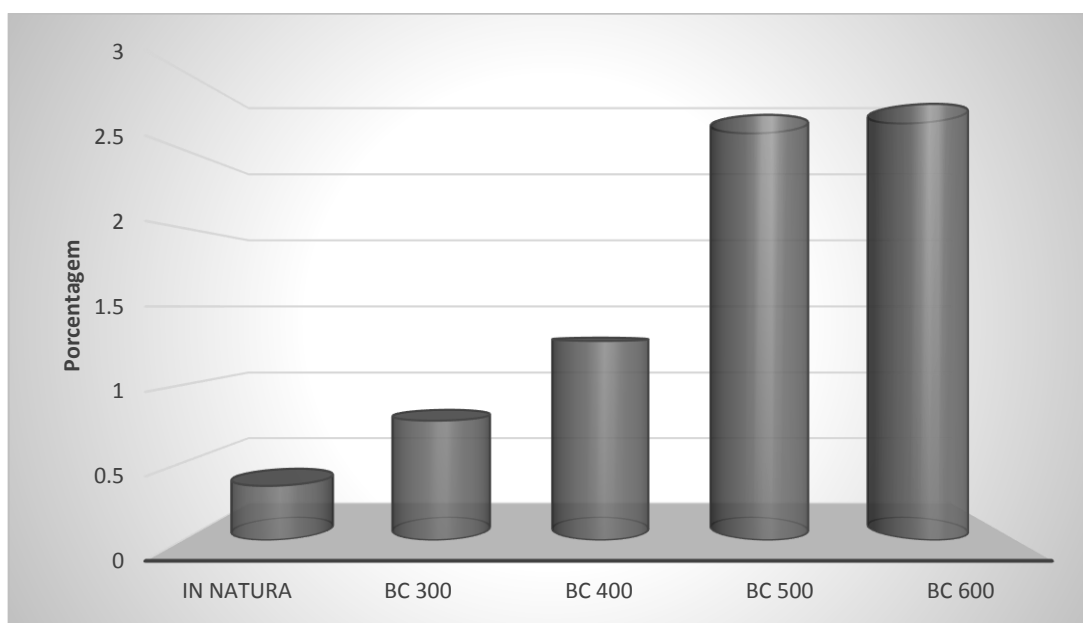
Tabela 4 - Porcentagem da análise imediata da serragem de *Pinus*

Bichar's (°)	TMV (%)	TCZ (%)	TCF (%)
<i>in natura</i>	80,37	0,35	19,28
BC 300	50,59	0,77	48,64
BC 400	33,86	1,28	64,86
BC 500	23,91	2,72	73,36
BC 600	16,25	2,79	81,96

Legenda: TMV (teor de materiais voláteis); TCZ (teor de cinzas); TCF (teor de carbono fixo).

Observa-se que o teor de cinzas aumenta conforme a temperatura de pirolise aumenta em cada tratamento o que é comum devido que o teor de cinzas do material a ser queimado indica qual será o volume de resíduos gerados após a queima desse material, obtivemos um aumento que foi de 0,35% na in natura até 2,79% no BC 600 (Figura 20).

Figura 20 – Porcentagem Teor de Cinzas (TCZ%).



Fonte: Oliveira, 2017

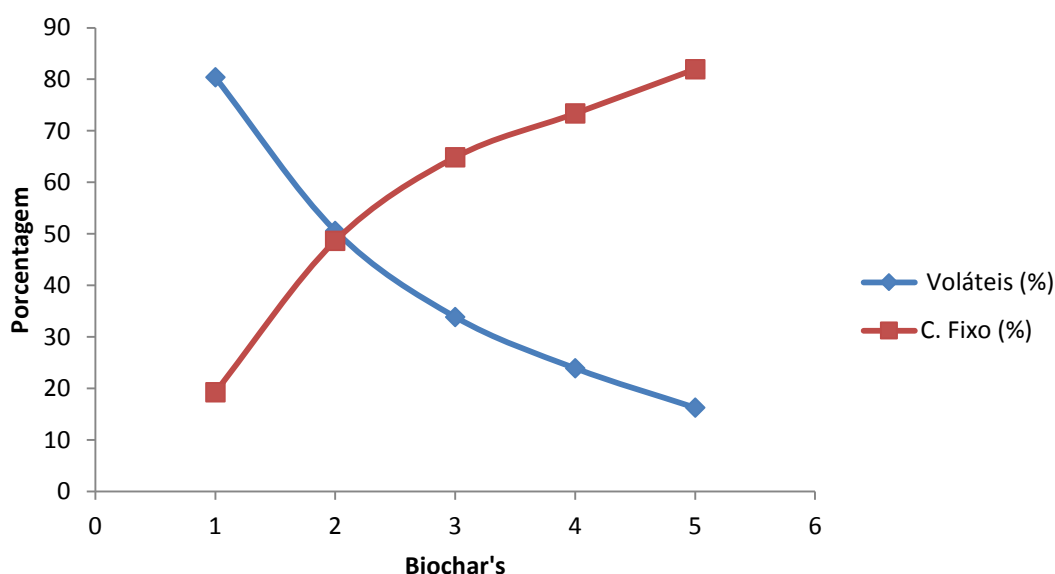
O resultado obtido nessa pesquisa está corroborando com Moraes (2005) que relata os valores para porcentagem de cinzas para madeiras em geral aumentam ordem de 0,5% em média conforme aumento de temperatura. Nesse estudo observa-se 1,28% de cinzas no tratamento BC400, corroborando com Santiago et al. (2007) que encontrou valores de 1,6 % para a maravalha de *Eucalyptus urophylla*, à temperatura de 400 °C, foi possível observar uma tendência de aumentar do teor de cinzas conforme aumento da temperatura, que em sua pesquisa resultou em 1,9 % de cinzas quando chegou a 600 °C com o mesmo resíduo.

Isso se deve que o teor de cinzas aumenta em relação aos demais componentes orgânicos que sofrem maior taxa de degradação com o aumento da temperatura do material, mas em termos de quantidade, a massa de cinzas permanece praticamente constante.

Porém para Santiago e Andrade (2005) estudando as lascas, cascas e maravalhas, provenientes do processamento mecânico da madeira de *Eucalyptus* spp. chegaram à conclusão que o aumento do teor de cinzas no processo ocorre na carbonização a 600°C (HOFFMANN, 2010).

Os resultados obtidos nessa pesquisa para os teores de materiais voláteis e carbono fixo são inversamente proporcionais conforme pode observar na Figura 16.

Figura 21 - M.V e C.F da serragem de *Pinus*



Na figura 16 pode-se observar a correlação inversa quando comparado o teor de matérias voláteis com o teor de carbono fixo, pois o teor de carbono fixo aumenta, para um mesmo rendimento gravimétrico, em espécies que apresentaram menor porcentagem de materiais voláteis. De acordo com Leite et al. (2015) o comportamento do teor de material volátil é oposto ao de carbono fixo, já que esse último parâmetro é obtido por diferença.

A biomassa que apresenta um alto teor de voláteis tem maior facilidade de ignição no processo de combustão (VIEIRA, 2012). O teor de carbono fixo está relacionado à quantidade de cinzas e voláteis, pois o mesmo representa a massa restante após a saída de compostos voláteis, excluindo as cinzas e teores de umidade.

Pois há também uma significativa correlação negativa entre o rendimento de carvão gravimétrico e o rendimento em gases não condensáveis e em licor pirolenhoso, o que já era esperado, pois quanto maior o grau de desvolatilização da madeira, menor é o rendimento em carvão, principalmente quando não há favorecimento das reações secundárias (DI BLASI, 2008).

O poder calorífico de uma determinada biomassa é a propriedade físico-química mais importante a considerar para a escolha de um processo termoquímico, pois indica a quantidade de energia liberada durante a transferência de calor, relacionada à eficiência do processo (VIEIRA, 2012).

Esses fatores acontecem devido ao teor de substâncias derivadas de MV encontramos na madeira, mais rápido se iniciara a queima (SMITH, 2003). As características finais dos produtos obtidos também dependem em grande parte das propriedades físico-químicas da matéria-prima utilizada, por exemplo, a maior parte das frações voláteis é formada a partir da decomposição térmica da celulose e hemiceluloses.

Por outro lado, a lignina contribui para a formação de cerca de 50% do carbono fixo na fração sólida (FROEHLICH; MOURA, 2014).

Sendo que o processo de combustão da biomassa é normalmente dividido em três fases, a evaporação da água, remoção e queima de materiais voláteis, e combustão do carbono fixo (SZEMMELVEISZ K. et al., 2009).

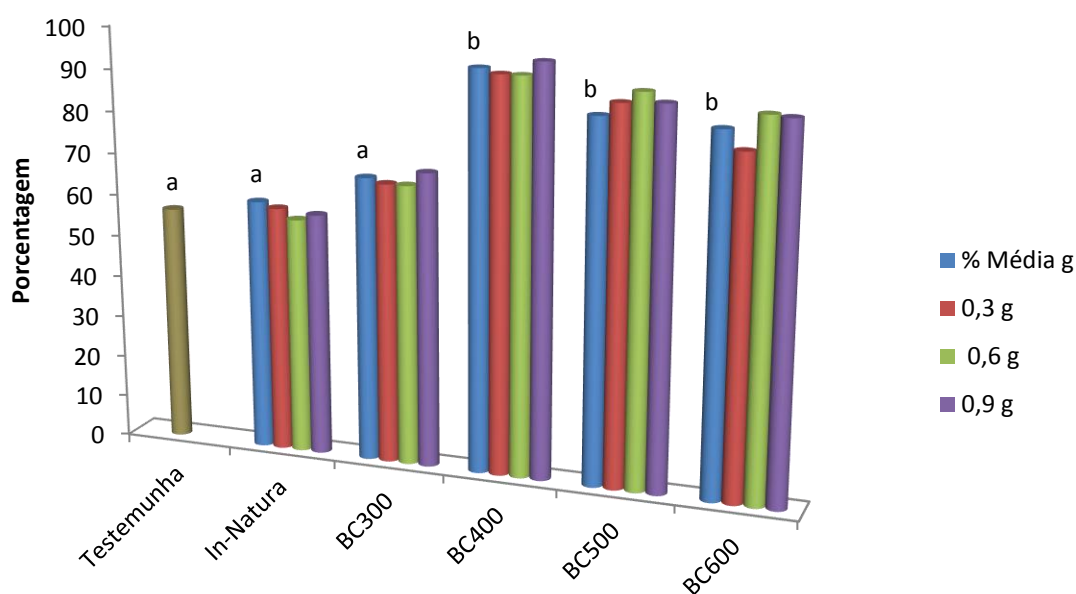
O rendimento em CF exibe uma associação diretamente proporcional aos teores de lignina, extrativos e densidade da madeira e inversamente proporcional ao teor de hemiceluloses, sendo uma função direta do rendimento gravimétrico e do teor de CF presente na madeira (KOBYLARZ, 2016).

5.4 Análise de Germinação

5.4.1 Porcentagem de germinação das sementes de *Pinus Elliottii* e índice de velocidade de germinação.

Pode-se observar na Figura 17 os valores da porcentagem média de germinação e os valores em relação à concentração de *biochar* incorporado ao solo em diferentes proporções.

Figura 22 - Valores médios da porcentagem de germinação das sementes de *Pinus elliotii* submetidas a diferentes temperaturas de pirólise e concentração de produto.



As médias seguidas por uma mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

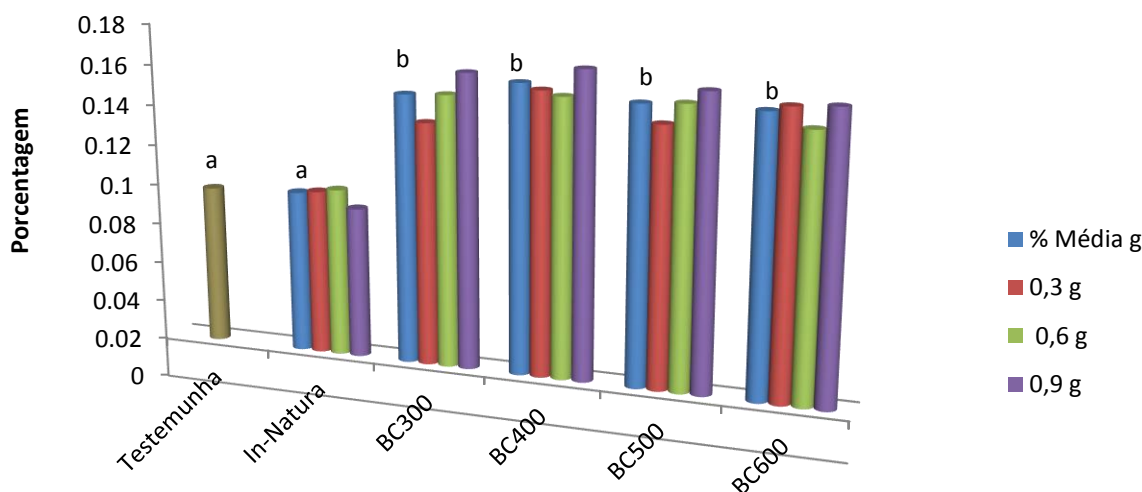
Conforme se observa na figura 17 para as médias de germinação com relação a temperatura de pirólise o BC400, BC 500 E BC600 foram estatisticamente significativos na germinação das sementes de *Pinus elliotii*, pois os três tratamentos apresentaram uma média de 88%, e destacando o BC400 que apresentou 94,4% de germinação das sementes.

Enquanto que a testemunha apresentou apenas 56% de germinação e *in natura* com o BC300 entre 50 e 68%, ficando muito abaixo dos tratamentos que contem *biochar* incorporado ao solo na forma de substrato para as sementes.

Em relação à concentração de *biochar* aplicado ao solo na incorporação do substrato não houve diferença significativa em nenhum dos tratamentos.

Seguindo a mesma lógica pode-se observa-se a porcentagem do índice de velocidade de germinação (IVG) das sementes de *Pinus elliotti* (Figura 18)

Figura 23 - Porcentagem média do índice de velocidade de germinação das sementes de *Pinus elliotti* submetidas a diferentes dosagens de substratos.



As médias seguidas por uma mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Todos os tratamentos contendo biochar independente da dosagem incorporada ao solo apresentaram-se significativos estatisticamente pois a velocidade de germinação foi bem maior conforme ilustrado na figura 18, quando comparado com a testemunha e com o material in natura (somente serragem).

Observa-se que os experimentos contendo *biochar* se mostraram mais viáveis quanto sua utilização em viveiros de mudas, para quando se quer obter uma rápida emergência de sementes de *pinus elliottii*, podendo ser uma alternativa para qualidade de germinação.

A germinação é o episódio pelo qual, em situações adequadas de temperatura, água e oxigênio, o eixo embrionário continua seu desenvolvimento e não sucede morte do embrião (CARVALHO; NAKAGAWA,2000). Portanto, podemos

considerar que o *biochar* é um material que causa interferência nos processos bioquímicos da germinação, auxiliando as sementes na rápida germinação.

Este resultado corrobora com Souchiet et al. (2011) que em estudo com carvoeiro, o substrato contendo *biochar* teve atuação significativa na taxa de germinação de sementes de carvoeiro, mostrando que o produto pode ser empregado na substituição ao esterco, expondo boa qualidade como condicionador de solo e ainda possuindo baixo custo quando comparado com os condicionantes comerciais.

Os substratos de alta qualidade são mais difíceis em aquisição no mercado, sendo o *biochar* considerado como opção viável para o condicionamento de substrato visando à preservação das taxas normais de germinação (SOUCHIE et al., 2011).

Maia et al. (2011) também relata a importância da utilização de substratos alternativos ou adição de condicionadores de fertilidade ao substrato, como o *biochar a nível de viveiros* para produção de mudas.

Nesse estudo o *biochar* mostrou-se com capacidade para influenciar na germinação de sementes quando incorporado ao solo e utilizado como substrato em viveiros, pois em todos os tratamentos onde ele está inserido houve um aumento na porcentagem e na velocidade de germinação das sementes.

Sendo assim possível observar seu potencial para ser utilizado com uma alternativa viável para produção de mudas em viveiros. Pois segundo OLIVEIRA et al. (2008, 2009) o substrato apropriado deve ter boa capacidade de troca, níveis suficientes de nutrientes, retenção de umidade, ventilação adequada e custos mínimos nesse sentido o *biochar* é capaz de aumentar germinação e crescimento vegetativo, afetando a produtividade das culturas.

Os resultados analisados nesse estudo corroboram com demais pesquisas relatadas abaixo e que também relataram a influencia do *biochar* incorporado ao solo e utilizado substrato para germinação de sementes e desenvolvimento de mudas.

Lima et al. (2016) em seus estudos concluíram que o *biochar* como uma alternativa viável quando utilizado como condicionamento de substrato a baixo custo. A eficiência do *biochar* foi testada em viveiro tendo como base o Latossolo Vermelho em três tratamentos com 60 plantas em cada: Tratamento 1 (T.1): 30% de esterco bovino; Tratamento 2 (T.2): 20% de *biochar* em pó e Tratamento 3 (T.3) 20%

de *biochar* + 30% de esterco bovino. A germinação foi de 10% no tratamento T1 (somente esterco), 78,3% no T.2 (somente *biochar*) e 35% no T.3 (misto, *biochar* + esterco). A taxa de mortalidade após a germinação foi de 1% no T.1 (somente esterco), 6,6% no T.2 (somente *biochar*) e 15% no T.3 (mistura).

Oliveira et al., 2009 por sua vez, testaram cinco tratamentos representados pela proporção de *biochar* 0,0; 5,0; 12,5; 25,0 e 50,0%, incorporados ao substrato base, avaliando a emergência de plântulas; índice de velocidade de emergência; altura de plântula; diâmetro do caule; comprimento da maior raiz; volume radicular, massa seca de raiz e parte aérea e concentração de clorofila, concluíram que concentrações de *biochar* influenciam no desenvolvimento das mudas de maracujazeiro amarelo, o aumento da proporção de *biochar* no substrato proporcionou a melhor qualidade de mudas.

Herbert et al. (2012) estudando *C. citriodora* aos 75, 90 e 120 dias após a semeadura, analisou-se o diâmetro do coleto e altura de plantas e ao final do experimento aos 120 dias após semeadura, fez-se à avaliação da massa fresca da parte aérea e radicular, massa seca da parte aérea e radicular e os parâmetros morfológicos relação altura de plantas/diâmetro do coleto, massa seca da parte aérea/massa seca de raízes e IQD onde observou que de maneira geral os substratos acrescidos de 7,5% de *biochar* proporcionaram melhor desenvolvimento das mudas, com destaque para *C. citriodora*, apresentando os bons resultados.

Benites et al. (2009) estudaram interações entre concentrações crescentes de *biochar* e nitrogênio, na forma de uréia, e de *biochar* e fósforo, na forma de superfosfato simples, adicionados a Latossolo Amarelo onde indica-se os parâmetros de crescimento, qualidade e nutrição das mudas, e os resultados foram submetidos ao estudo de regressão polinomial. A interação entre *biochar* e a ureia privilegiou a qualidade e a concentração foliar de Mg das mudas de angico, apesar de não influenciar o crescimento das plantas, deferindo-se dos resultados analisados neste estudo, onde observa-se que houve significância nos substratos adicionados *biochar*.

Lima et al., 2013 em um experimento de avaliação da utilização de biocarvão para o crescimento inicial de sete espécies florestais nativas da Zâmbia comparou a taxa de germinação e o crescimento da parte aérea de mudas de *caciapolyacantha*, *Bauhiniapetersiana*, *Isoberliniaangolensis*, *Pterocarpusangolensis*, *Swartziamadagascariensis*, *Tamarindus indica* e *Ziziphusmauritiana*, produzidas em

solos com e sem biocarvão, observou que para solos não incorporados com *biochar*, a germinação das espécies variou de 0 a 30%, enquanto que em solo com *biochar* a germinação ficou entre 20 e 70%.

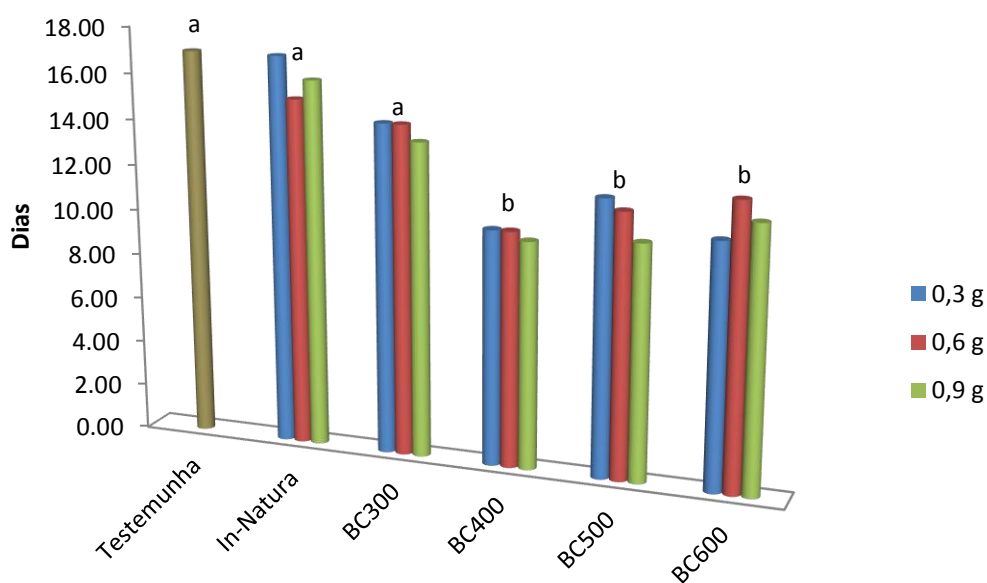
A incorporação de *biochar* a substratos em viveiros é relativamente recente porém conforme resultados obtidos é uma opção significativa, pois interfere diretamente na germinação das sementes e desenvolvimento das mudas.

Como já relatado a algumas décadas por Chidumayo (1995) e ainda sendo relatado conforme estudo de Pluchon et al. (2014), o *biochar* pode influenciar no crescimento de espécies florestais, ambos estudando *Pinus taeda* observaram que o *biochar* afeta significativamente o crescimento inicial, até o sétimo mês das mudas.

5.4.2 Tempo médio de germinação

Observa-se na Figura 23 valores médios do tempo médio de germinação em dias para as sementes de *Pinus elliottii*.

Figura 24 - Valores médios do TMG (dias) de sementes de *Pinus elliottii* submetidas a diferentes substratos.



As médias seguidas por uma mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Os tratamentos BC400, BC500 e BC600 foram significativos em relação ao tempo médio de germinação das sementes, pois a emergência das plântulas ocorreram em média dentro de 12 dias enquanto que os demais tratamentos ocorreram em aproximadamente 18 dias.

A velocidade média de germinação é determinada dentre outros fatores o mais importante que é a absorção de água pela semente, que é realizada pela área superficial de contato entre a semente e o substrato umedecido segundo Carvalho; Nakagawa (2000), diante disso podemos supor que o substrato que contém *biochar* teve maior retenção de água auxiliando as sementes a germinarem mais rapidamente.

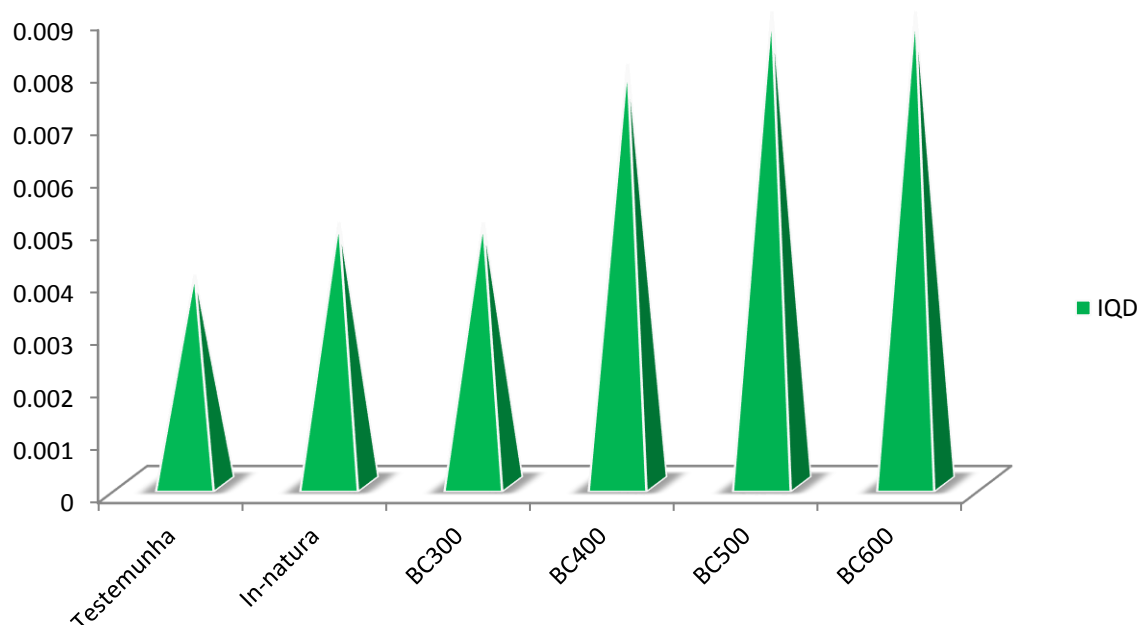
Observa-se que no BC400 a velocidade de germinação foi maior, pois todas as sementes germinaram na média de 10 dias, deixando evidente a utilização de *biochar* na incorporação de substrato como uma alternativa.

Dentre os substratos mais utilizados na área florestal podemos citar a vermiculita e areia com relação à velocidade de germinação, Machado (2002), salientando que os substratos vermiculita permitiram um desenvolvimento das plântulas satisfatório, constatado pelo sistema radicular das mesmas, sendo o substrato vermiculita empregado rotineiramente em testes de germinação com sementes de espécies florestais, devido às vantagens que proporciona algumas espécies florestais, cuja germinação das sementes foi favorecida por este substrato.

5.5 ÍNDICE DE QUALIDADE DE DICKSON (IQD).

O índice de qualidade de mudas foi maior em mudas provenientes dos tratamentos BC400 (0,008), BC500 (0,009) E BC600 (0,009), sendo consideradas de acordo com IQD mudas de alta qualidade. A testemunha, in natura e o BC300 não são consideradas mudas de alto padrão de qualidade de acordo com o IQD. Na figura 24 estão expressos os valores encontrados para cada tratamento.

Figura 25 - Valores do IQD referente as mudas de *Pinus elliottii* submetidas a diferentes substratos.



Legenda: índice de qualidade de Dickson (IQD)

O IQD, também informa o padrão de qualidade em que mudas está sendo considerada eficiente e recomendada por diversos autores na literatura. No entanto, para a obtenção dessa informação sobre a qualidade, existe a necessidade de proceder a métodos destrutivos da muda, mas este índice é mencionado como uma promissora medida morfológica integrada e apontado como bom indicador da qualidade de mudas, por considerar para o seu cálculo a robustez e o equilíbrio da distribuição da fitomassa, sendo ponderados vários parâmetros importantes (FONSECA, 2000).

Na Tabela 5 observam-se os resultados obtidos para geração do IQD nos experimentos com incorporação de *biochar* ao solo.

Tabela 5 - Parâmetros analisados para o IQD

<i>Biochar</i>	DIAM (mm)	ALT (cm)	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)
Testemunha	0,131	12,3	0,198	0,147	0,345
In-natura	0,134	13,7	0,273	0,232	0,505
BC300	0,149	16,9	0,298	0,289	0,587
BC400	0,174	19,3	0,512	0,401	0,913
BC500	0,178	19,1	0,475	0,489	0,964
BC600	0,176	18,5	0,499	0,452	0,951

Legenda: índice de qualidade de Dickson (IQD), altura (ALT), diâmetro do coleto (DIAM), massa seca da parte aérea, (MSPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca total (MST), em mudas de *Pinus elliottii*.

OIQD tem sido frequentemente utilizado em avaliações de qualidade de mudas em experimentos agrários. Rudeket al. (2013) destaca a importância da produção de mudas de qualidade para o setor florestal e a necessidade de determinar a qualidade das mudas produzidas em viveiros.

A variação do IQD relacionada à temperatura de pirólise gerado o *biochar* pode ainda sofrer alterações, principalmente de aplicação prática nos substratos, uma vez que existem diferentes mecanismos para diferentes espécies, na absorção dos nutrientes necessários ao desenvolvimento e crescimento das mudas.

Este estudo, com a espécie de *Pinus elliottii*, destaca-se o melhor tipo de *biochar*, de acordo com os valores obtidos do IQD, no que se refere a qualidade das mudas produzidas.

Para melhor análise crítica dos resultados e de acordo com Fonseca (2002) que afirma que o IQD é altamente correlacionado com todos os parâmetros morfológicos da planta, diante dessa informação foram avaliados os parâmetros pela correlação de Person expostos na Tabela 6.

Assim sendo possível ter vários parâmetros para correlacionar e assim obtendo o melhor tratamento para produção de mudas dentro de um contexto geral de todos os resultados de testes realizados.

Tabela 6 - Coeficiente de correlação de Pearson entre as variáveis índice de qualidade de Dickson (IQD), altura (ALT), diâmetro do coleto (DIAM), massa seca da parte aérea, (MSPA), massa seca da raiz, (MSR), massa seca total, (MST).

Parâmetros	<i>Pinus Elliotti</i>	
IQD x	DIAM	0,9847
	ALT	0,9066
	MSPA	0,9713
	MSR	0,9708
	MST	0,9753
ALT x (cm)	DIAM	0,9624
	MSPA	0,9781
	MSR	0,9643
	MST	0,9768
DIAM x (cm)	MSPA	0,9968
	MSR	0,9822
	MST	0,9952
MSPA x (g)	MSR	0,9821
	MST	0,9972
MSR x (g)	MST	0,9935

* todos os coeficientes de correlação foram significativos em 5% de probabilidade de erro, pelo teste t.

O IQD analisa todo sistema radicular de mudas, em adição ao estudo dos seus parâmetros morfológicos, para assegurar melhor desempenho no campo. Os resultados apresentados na Tabela 7 mostram que todos os coeficientes de correlação, entre as variáveis estudadas, apresentaram-se como significativos. Observando que a FMSPA obteve maior coeficiente quando correlacionado com FMST e FMSR, seguido do parâmetro através do diâmetro do coleto. Na realidade, as raízes estão intimamente associadas às atividades de natureza fisiológica das

mudas, no complexo ambiente-solo-água-planta (CARNEIRO, 1995). A produção de matéria seca tem sido considerada um dos melhores parâmetros para caracterizar a qualidade de mudas, apresentando, porém, o inconveniente de não ser viável a sua determinação em muitos viveiros (AZEVEDO, 2003)

O presente estudo destaca uma alta correlação do DIAM com as variáveis analisadas sendo em média de 0,99 de confiabilidade assim corroborando com José et al. (2005), pesquisando a produção de mudas de aroeira (recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita, verificaram que o potencial de crescimento radicular apresentou correlação significativa com outras variáveis, no entanto, foi com o diâmetro do coleto a sua resposta mais evidente o diâmetro do coleto foi a característica que mais se correlacionou com as outras variáveis, como também afirmam Carneiro (1985), Mexal e Landis (1990), Brisset et al. (1991), Johnson e Cline (1991).

Como analisado o DIAM foi o parâmetro que obteve a maior correlação com o IQD apresentando 0,9847 de confiabilidade e a ALT foi o parâmetro que teve a menor resultado sendo 0,9066 de confiabilidade. As médias das medições nessas duas variáveis estão apresentadas na Figura 25.

Figura 26 – Variável altura (ALT).

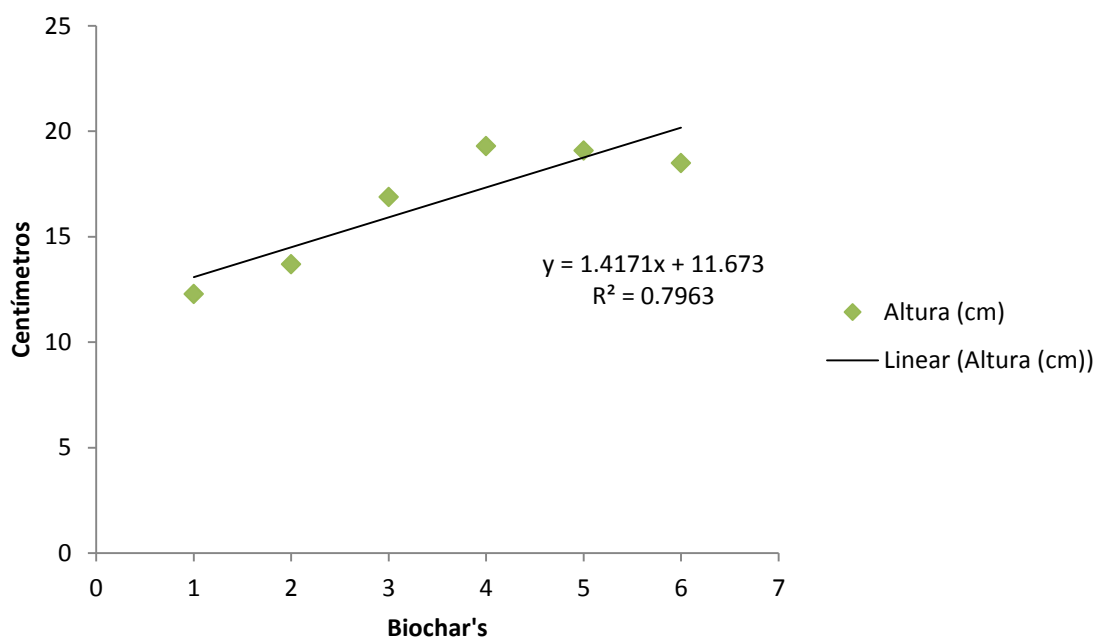
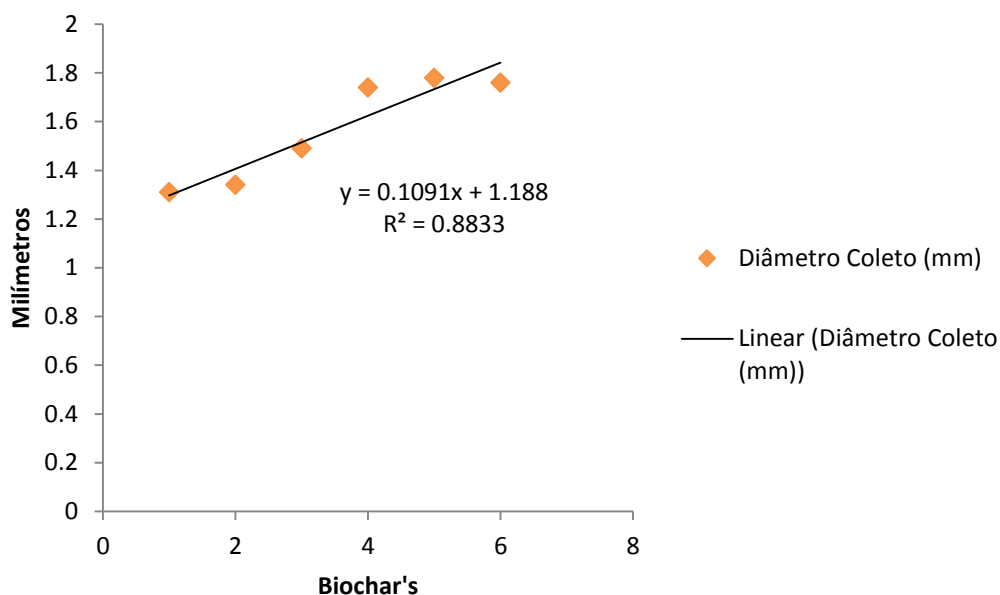


Figura 27 - Variável diâmetro do coleto (DIAM).



Na variável altura foi observado que no BC400 foi máximo em crescimento com 19,3 cm de altura, ocorrendo um declínio na média a desse ponto como pode ser verificado no BC500 19,0 cm e BC 600 17,0 cm.

A relação altura e diâmetro do colo (RAD), também designada por H/D, obteve um resultado significativo com 0,9624, estes parâmetros podem ser utilizados para auxiliar no índice de qualidade de mudas, principalmente em viveiros de mudas, conforme foi observado pode ser uma variável viável, corroborando com o observado por Chaves et al. (2006), defendem que a RAD determina o quão esbelta é a planta e é indicativa de estiolamento da muda na fase de viveiro e possível tombamento da planta a campo após o plantio (CARNEIRO, 1995).

Essa razão demonstra o equilíbrio de crescimento e determina a sobrevivência a campo, pois quanto menor seu valor, melhor a capacidade de sobrevivência da muda após o plantio (CARNEIRO, 1986). Dentro das análises de correlação de Person o DIAM mostrou-se muito conexo com todos os parâmetros juntamente com a e FMSPA e FMSR que é muito importante pois, o porte do sistema radicular influencia diretamente a muda, pois quanto maior sua área de captação de nutrientes, positivamente será seu comportamento de desenvolvimento.

Deve-se considerar que a altura da parte aérea (ALT) é de fácil medição, sendo um parâmetro utilizado como eficiente para estimar o padrão de qualidade de mudas nos viveiros (GOMES et al., 2002), o principal atributo as variáveis ALT e DIAM é que sua medição não acarreta a destruição das mudas, sendo tecnicamente aceita como uma boa medida do potencial de desempenho das mudas (MEXAL; LANDIS, 1990).

O presente estudo mostra que as variáveis ALT e DIAM podem ser utilizadas para estimar o índice de qualidade das mudas, pois além de resultados que se apresentaram confiáveis não tem a necessidade de destruição das mudas.

Esta observação corrobora com CARNEIRO(1995) que já confirmava, a altura da parte aérea combinada com o diâmetro do coleto constitui um dos mais importantes parâmetros morfológicos para estimar o crescimento das mudas após o plantio definitivo no campo, porém contrariando, no entanto, o que Gomes et al. (2002), estudando parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, afirmaram que a adoção somente da altura para estimar a qualidade de mudas poderá ser utilizada, uma vez que ela foi um dos parâmetros que apresentou boa contribuição relativa, além de sua medição ser muito fácil e não ser um método destrutivo.

6. CONCLUSÃO

Na geração de *biochar* através da serragem de *pinus spp.*, conforme a temperatura do processo de pirólise aumenta o rendimento do *biochar* diminui.

Nos tratamentos incorporados *biochar* houve uma diferença significativa nos, apresentando uma taxa de germinação acima de 85%.

Através do índice de qualidade de Dickson (IQD), pode-se concluir que o BC400, BC 500 e BC600 produziram mudas com alto padrão de qualidade quando confrontados com BC300, *in natura* e testemunha.

A velocidade de germinação apresentou diferença significativa para o BC500 e BC 600 quando comparados aos outros tratamentos.

O tempo médio de germinação das sementes, para o BC500 e BC600, apresentou melhor que as demais misturas de substratos. Sendo que o BC300 e BC400 se diferenciaram estatisticamente em relação à testemunha e ao material *in natura*, mas não quando comprado ao BC500 e BC600.

Na velocidade média de germinação estatisticamente houve uma diferença significativa para o BC500 e BC600 em relação aos demais.

O diâmetro do coleto foi a variável mais relacionada com o IQD baseado no maior grau de relação e sendo um dos parâmetros mais indicados, pois não tem a necessidade de destruição da muda.

A relação de altura x diâmetro do coleto se mostrou significativa para analisar o índice de qualidade de mudas na produção em viveiros e a maior altura das mudas foi obtida no tratamento BC400.

Diante de análise de todas as variáveis estudadas pode-se concluir que o BC 400 foi o melhor tratamento para produção de mudas com alto padrão de qualidade.

A proporção de aplicação, ou seja, a quantidade de *biochar* incorporado ao solo para substrato neste estudo não teve diferença significativa.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa teve como proposta a contribuição da caracterização da serragem de *Pinus* como a geração dessa biomassa em *biochar's* através de pirólise em diferentes temperaturas e a incorporação desse material ao solo. Foi significativo para análise de aproveitamento do resíduo assim como seu uso ambientalmente correto.

O *biochar* gerado nesse estudo apresentou relevância de utilização quando incorporado ao solo para germinação de sementes e condução de mudas de *Pinus elliottii*, assim visando este material vir a auxiliar na germinação de demais variedades de sementes.

8. REFERÊNCIAS

ABEL, Stefan et al. Impact of biochar and hydrochar addition on water retention and water repellency of sandy soil. **Elsevier B.v. All Rights Reserved.**, Berlin, Germany, p.183-191, 24 abr. 2013. *Geoderma* 202–203 (2013) 183–191.

ABRAF (Brasília). Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico ABRAF 2013 ano base 2012**: Alexandre Valladares Mello; João Batista Rezende. 2013. Pöyry Silviconsult Engenharia Ltda. ISSN: 1980:8550. Disponível em: <<http://www.ipef.br/estatisticas/relatorios/anuario-abraf13-br.pdf>>. Acesso em: 18 jun. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10007:2004**: Amostragem de resíduos sólidos: Elaboração. ABNT, 2004. 21 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7217** : 1987 : Agregados - Determinação da composição granulométrica: Elaboração. ABNT, 1987. 3 p.

ARESB - ASSOCIAÇÃO DOS RESINADORES DO BRASIL. **Resina Pinus.** Disponível em: <http://www.aresb.com.br/portal/trabalhos/>. Acesso em: 18 abr.2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 9656**. Determinação de Umidade por Secagem em Estufa, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 8112/86** Carvão vegetal – análise imediata. 1986. 5 p.

AZEVEDO, M.I.R. **Qualidade de mudas de cedro-rosa (CedrelafissilisVell.) e de ipê-amarelo (Tabebuia serratifolia (Vahl) Nich.) Produzidas em diferentes substratos e tubetes**. 2003. 90f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 2003.

BASTOS, D.C.; PIO, R.; SCARPARE FILHO, J.A.; LIBARDI, M.N.; ALMEIDA, L.F.P.; ENTELMANN, F.A. Diferentes substratos na produção de porta-exertos de caramboleira. **Ciência e Agro tecnologia**, v. 31, n. 2, p. 312-316, 2007.

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

BENITES, V. M.; TEIXEIRA, W. G.; REZENDE, E. M.; PIMENTA, A. S. Utilização de carvão e subprodutos da carbonização vegetal na agricultura: Aprendendo com as terras Pretas de Índio. In: TEIXEIRA, W. G. (Ed.). **As terras pretas de índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas**. Embrapa Amazônia Ocidental, 2009. p. 285-296.

BOATENG, A A., 'Characterization and thermal conversion of charcoal derived from fluidized-bed fast pyrolysis oil production of switchgrass', **Industrial Engineering and Chemical Research**, vol 46, 2007.Pp8857-8862

BRASIL. Ministério da Agricultura do Abastecimento e da Reforma Agrária. **Regras para análise de Sementes**. Brasília - DF: Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. 365p. 2009.

BROWN, R. A., Kercher, A. K., Nguyen, T. H., Nagle, D. C. and Ball, W. P. (2006) Brown, T. R.; Wright, M. M.; Brown, R. C., Estimating profitability of two biochar production scenarios: slow pyrolysis vs fast pyrolysis. **Biofuel.Bioprod.Bior.**2011, 68p.

BRISSET, J.C.; BARNETT, J.P.; LANDIS, T.D. Container seedlings. In:DURYEA, M.L.; DOUGHERTY, P.M. (eds.). **Forest regeneration manual**.Netherlands: KlumerAcademic, 1991. p. 117-142.

CALDEIRA, M. V. W.; WENDLING, I.; PENCHEL, R. M.; GONÇALVES, E. O.; KRATZ, D.; TRAZZI, P. A. Propriedades de substratos para produção de mudas florestais. In: CALDEIRA, M. V. W.; GARCIA, G. O.; GONÇALVES, E. O.;

ARANTES, M. D. C.; FIEDLER, N. C. **Contexto e Perspectivas da Área Florestal no Brasil**. 2011, p. 141 - 160.

CARNEIRO, J.G. de A. **Efeito da densidade sobre o desenvolvimento de alguns parâmetros morfofisiológicos de mudas de Pinus taeda L. em viveiro e após o plantio**. Curitiba: Setor de Ciências Agrárias/Universidade Federal do Paraná, 1985. 106p.

CARNEIRO, J.G. de A. **Influência do sítio sobre o desenvolvimento dos parâmetros morfológicos indicadores da qualidade de mudas**. Curitiba: Departamento de Silvicultura e Manejo/Universidade Federal do Paraná. 1986. 58p.

CARNEIRO, J.G. de A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1995. p. 41-65.

CARVALHO, A. M.; SILVA, B. T. B.; LATORRACA, J. V. Avaliação da usinagem e caracterização das propriedades físicas da madeira de mogno-africano (*Khayaivorensis* A. Chev.). **Cerne**, v.16, p. 106 - 114, 2010.

CARVALHO, N.M. de; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: Funep, 2000. 588p.

CHAVES, T.C.B.; BERNARDO, A.R.; SANAVRIA, A.; BRITO, M. de F.; CRUZ, G. B. da; DANELLI, M.G.M.; MAZUR, C. Ineficiência da *Thuja occidentalis* no tratamento dos poxvirus aviários. **Ciência Rural**, v.36, n.4, p.1334-1336, 2006.

CHEN, Y.; AVIAD, T. Effects of humic substances on plant growth. In MacCARTH, Y, ed. **Humic substances in soil and crop science: selected readings**. Madison, SSSA, 1990, p 161-200.

CHEN, L.; DUPONT, C.; SALVADOR, S.; GRATEAU, M.; BOISSONNET, G.; SCHWEICH, D. **Experimental study on fast pyrolysis of free-falling millimetric biomass particles between 800 °C and 1000 °C**, v. 106, p. 61-66, 2013.

CHIDUMAYO, E. N. Effects of wood carbonization on soil and initial development of seedlings in miombo woodland, Zambia. **Forest Ecology and Management**, v. 70, p. 353-357, 1994.

DI BLASI, C. Modeling chemical and physical processes of wood and biomass pyrolysis. **Progress in Energy and Combustion Science**, Italy, v. 34, n. 1, p. 47-90, 2008.

DICKSON, A.; LEAF, A.L.; HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicle**, v. 36, p.10-13, 1960

DOMINGUES, M. T., Bueno, C. C., Watanabe, C.H., Fraceto, L.F., Loyola, C., Crowley, D., Rosa, A. H., Polymeric alginatemicrospheres containing biochar to immobilize phosphate ions. **Chemical Engineering Transactions**, 114p, 2014.

DOMINGUES, Murilo Teles. **Imobilização de fosfatos em microesferas poliméricas contendo biochar: preparação, caracterização e liberação lenta em sistemas aquosos**. 90 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Câmpus Experimental de Sorocaba, Sorocaba, 2015.

Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**. 316p. 2ª edição/2006.

FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. Melhores informações florestais são necessárias para lidar com as mudanças climáticas e desenvolver estratégias bioenergéticas – **FAO 2009**. Disponível em <https://www.fao.org/nfmabecf> . Acessado em 05 de fev de 2016.

FERREIRA, Daniel Furtado. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agro tecnologia**, [s.l.], v. 35, n. 6, p.1039-1042, dez. 2011. Fap UNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-70542011000600001>.

FLORIANO, E. P. Germinação e dormência de sementes florestais. **Caderno Didático**. 19p., 2004.

FOELKEL, C. Resíduos Sólidos Industriais do Processo de Fabricação de Celulose Papel de Eucalipto. **Eucalyptus Online Book & Newsletter**. ABTCP, 2008. forms in soil: Application to black carbon particles', Global Bio geo chemical Cycles.

FOWLER, J.A.P.; BIANCHETTI, A. Dormência em sementes florestais. Colombo: **EMBRAPA-Florestas**, doc. 40, 2000.

FREITAS, G. A.; Silva, R. R.; Barros, H. B.; Melo, A. V.; Abrahão, W. A. P. Produção de mudas de alface em função de diferentes combinações de substratos. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, p.159-166, 2013.

FROEHLICH, P. L.; MOURA, A. B. D. Carvão vegetal: propriedades físico-químicas e principais aplicações. **Tecnologias e Tendências**. Ano 13, v.9, n.1, 1º sem 2014.

FONSECA, E.P. **Padrão de qualidade de mudas de Trema micrantha (L.) Blume, CedrelafissilisVeli. eAspidospermopolynuronMüll Arg. produzidas sob diferentes períodos de sombreamento**. 2000. 113 f. Tese (Doutorado). Universidade Estadual Paulista, 2000.

FONSECA, E.P. et al. Padrão de qualidade de mudas de Trema micrantha (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, v. 26, n. 4, p. 515-523, 2002.

GHANI, W.A.W.A.K.; MOHD, A.; da SILVA, G.; BACHMANN, R.T.; TAUFIQ-YAP, Y.H.; RASHID, U.; AL-MUHTASEB, A.A.H. *biochar* production from waste rubberwood-sawdust and its potential use in C sequestration: Chemical and physical characterization. **Industrial Crops and Products**, 44p., 2013.

GLASER, B.; HAUMAIER, L.; GUGGENBERGER, G.; ZECK, W. The „Terra Preta” phenomenon: a model for sustainable agriculture in the humic tropics. **Naturwissenschaften**, v. 88, n. 5, 41p., 2001.

GOMES, Igor Alberto Silva. Oliveira, Marcos Enê Chaves. Veras, Carlos Alberto Gurgel. Colatto, Iúry Vinícius Winckler. **Aumento no Rendimento de Carvão Vegetal da Casca de Arroz por Meio da Carbonização Pressurizada a 2 bar.**^{3º} RS, Brasil, 2012.8 pág.

GOMES, J.M. COUTO, L. LEITE HG, XAVIER A; GARCIA SLR. Parâmetros morfológicos na avaliação de qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, 664p. - 2002.

GOMES, J. M. G.; Couto, L.; Leite, H. G.; Xavier, A. X.; Garcia, S. L. R. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 26, n. 6, p. 655-664, 2002.

GROSSMAN, J. M.; O'NEILL, B. E.; TSAI, S. M.; LIANG, B.; NEVES, E.; LEHMA GUIMARÃES, M.A. et al. Influência de temperatura, luz e giberelina na germinação de sementes de *Thlaspi caerulescens* J. Presl & C. Presl (Brassicaceae). **Revista Ceres**, v. 57, n. 3, p.372-376, jun. 2010.

HAHN, C. M.; OLIVEIRA, C.; AMARAL, E. M.; RODRIGUES, M. S.; SOARES, P. V. **Recuperação florestal: da semente à muda**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente para a Conservação e Produção Florestal do Estado de São Paulo, 2006. 144p

HERBERT, L., Hosek, I.; Kripalani, R. **The Characterization And Comparison Of biochar Produced From A Decentralized Reactor Using Forced Air And Natural Draft Pyrolysis**. Diss. San Luis Obispo: California Polytechnic State University, 2012.

HOFFMANN, B. **O ciclo combinado com gaseificação integrada e a captura de CO2: uma solução para mitigar as emissões de CO2 em termelétricas a carvão em larga escala no curto prazo**. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação e Planejamento Energético - COPPE, UFRJ, 2010.

HOSSAIN, K. M.; STREZOV, V.; YIN CHAN, K.; ZIOLKOWSKI, A.; NELSON, F. P. Influence of pyrolysis temperature on production and nutrient properties of wastewater sludge biochar. **Journal of Environmental Management**, v. 92, 228p., 2011.

JOHNSON, J.D.; CLINE, M.L. Seedling quality of southern pines. In: DURYEY, M.L.; DOUGHERTY, P.M. (eds.). **Forest regeneration manual**. Netherlands: Klumer Academic, 1991. p. 143-162.

JOSÉ, A. C.; DAVIDE, A. C.; OLIVEIRA, S. L. de. Produção de mudas de aroeira (*Schinus molle* L.) para recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 2, p. 187-196, abr./jun.2005.

KAMPF, A. N. Seleção de materiais para uso como substrato. In: KÄMPF, A. N.; FIRMINO, M. H. Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes. **Genesis**, 2000.p.209-215.

KARHU, K.; Mattila, T.; Bergström, I.; Regina, K. *biochar* addition to agricultural soil increased CH₄ uptake and water holding capacity – Results from a short-term pilot field study. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.140, p.309-313, 2011.

KIM, U. J.; EOM, S. H.; WADA, M. Thermal decomposition of native cellulose: influence on crystallite size. **Polymer Degradation and Stability**, v.95, p.778-781, 2010.

KOBYLARZ, Renata. **QUALIDADE ENERGÉTICA DE CINCO ESPÉCIES FLORESTAIS DA AMAZÔNIA**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Industrial Madeireira da Universidade Federal do Paraná, 2016.

KRATZ, D.; WENDLING, I. Produção de mudas de *Eucalyptus dunnii* em substratos renováveis. **Floresta**, v. 43, n. 1, p. 125 - 136, jan./mar. 2013

KREFTA, S. M.; BRUN, E. J.; FACCHI, S. P. **Substratos orgânicos para produção de mudas de Juqueri** (*Senegaliapolyphylla* (DC) Britton & Rose). In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UTFPR, 17., 2012, Anais UTFPR, 2012.

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

LABOURIAU, L.G. **A germinação das sementes**. Washington: Secretaria Geral da organização dos Estados Americanos, 1983. 174p.

LACHINI, E. **Efeito da idade na estimativa do volume de árvores de Pinus caribaeavar.hondurensis e Pinus oocarpa**. 2012. 47 p. Jerônimo Monteiro: Universidade Federal do Espírito Santo.

LAIRD, D.A.; Fleming, P.; Davis, D. D.; Horton, R.; Wang, B.; Karlen, D. L. Impact of biochar amendments on the quality of a typical Midwestern agricultural soil. **Geoderma**, v.158, p.443-449, 2010

LAVIOLA, B.G., LIMA, P.A., JÚNIOR, A. W., MAURI, A.L., VIANA, R.S. LOPES, J.C. Efeito de diferentes substratos na germinação e no desenvolvimento inicial de jiloeiro (*Solanum gilo* RADDI), cultivar verde claro. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.3, p. 415-421, 2006.

LEITE, E. R. S.; PROTÁSIO, T. P.; ROSADO, S. C. S.; TRUGILHO, P. F.; MELO, I. C. N. A. M. Qualidade do carvão vegetal produzido a partir da madeira do cafeeiro, para uso bioenergético. Rev. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 2, p. 251-261, 2015.

LEHMANN, J, Gaunt J, and Rondon M. 2006. *biochar* sequestration in terrestrial ecosystems: a review. **Mitig Adapt Strategy Global Change** 11: p.403-427.

LEHMANN J, Joseph S. *biochar* for Environmental Management: Science and Technology. **1st ed. Routledge**; 2009. p. 1-12.

LEHMANN, J. 2007. **Bio-energy in the black**. *Frontiers in Ecology and Environment* 5, p.38-387.

LEHMANN, J. A handful of carbon, *Nature*. *biochar* for environmental management: **Science and Technology**. 447p., 2007.

LEHMANN, J. et al. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: Fertilizer, manure and charcoal amendments. **Plant and Soil**, v.249, p.343-357, 2003.

LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B.; WOODS W.I. Amazonian Dark Earths: origin, properties, management. Dordrecht. **Kluwer Academic Publisher**.p. 523. 2003.

LEHMANN, J.; SILVA, J. P. da; STEINER, C.; NEHLS, T.; ZECH, W.; GLASER, B. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. **Plant and Soil**, The Hague, v. 249, n. 2, p.343-357, Feb. 2003.

LEHMANN, J.; STEPHEN, J. *biochar* for environmental management: science and technology. **Earthscan**, 1: 1-12, 2009

LIANG, B. et al. **Black Carbon Increases Cation Exchange Capacity in Soils**. 2006. *SOIL SCI. SOC. AM. J.*, VOL. 70, SEPTEMBER–OCTOBER 2006.

Disponível em:

<<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.182.9795&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2017.

LIMA, S. L.; MARIMON JUNIOR, B. H.; PETTER, F. A.; TAMIOZZO, S.; BUCK; G. B.; MARIMON, B. S. *biochar* as substitute for organic matter in the composition of substrates for seedlings. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 333- 341, 2013.

LIMA, S. L.; OLIVEIRA, S. T.; MARIMON-JUNIOR, B. H.; PETTER, F. A.; TAMIOZZO, S.; BUCK, G. B.; MARIMON, B. S. *biochar* as substitute for organic matter in the composition of substrates for seedlings. **Acta Scientiarum**, v.35, p.333-341, 2013.

LOPES, J. C.; DIAS, P. C.; MACEDO, C. M. P. Tratamentos para acelerar a germinação e reduzir a deterioração das sementes de *Ormosia anitida* Vog. **Revista Árvore**, v.30, n.2, p.171-177, 2006.

LORENZI, H; SOUZA, H.M.; TORRES, M.A.V. Árvores exóticas no Brasil: madeiras, ornamentais e aromáticas. Nova Odessa: **Instituto Plantarum**, 2003. 368p.

MACEDO, Rafael. **Crescimento à vista – Perspectivas 2017**: FNBF - Fórum Nacional das Atividades de Base Florestal. 2017. Revista: Referência Florestal. Disponível em: <<http://www.forumflorestal.org.br/2017/03/10/crescimento-a-vista-perspectivas-2017/>>. Acesso em: 27 mar. 2017.

MACHADO, Cibele Ferreira. **METODOLOGIA PARA A CONDUÇÃO DO TESTE DE GERMINAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE RAIOS-X PARA A AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SEMENTES DE AROEIRABRANCA (*Lithraea molleoides* (Vell.) Engl.)**. 61f. Dissertação Mestrado. ESALQ, 2002.

MADARI, Beáta Emôke et al (Org.). **Matéria orgânica dos solos antrópicos da Amazônia (Terra Preta de índio): suas características e pap.** Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2009. 421 p. (174-187).

MADARI, B. E.; Benites, V. M.; Cunha, T. J. F. **The effect of management on the fertility of Amazonian dark earths.** In Lehmann, J.; Kern, D. C.; Glaser, B.; Woods, W. I. (eds) Amazonian dark earths. Origin, properties, management. Kluwer: Dordrecht. 2003. 433p.

MAEDA, et al. Caracterização de substratos para produção de mudas de espécies florestais elaborados a partir de resíduos orgânicos. **Pesquisa Florestal Brasileira**,

n. 54, p. 97-104, 2007.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science, Madison**, v. 2, n. 1, jan./feb. 1962. 176-177p.

MAIA, C.M.B.F.; MADARI, B.E.; NOVOTNY, E.H. Advances in biochar research in Brazil. **Dynamic soil, Dynamic plant**, v.5, p.53-58, 2011.

MANGRICH, A. S. Lessons from the Terra Preta de Índios of the Amazon region for the utilisation of charcoal for soil amendment. **Journal of the Brazilian Chemical Society** 2009.

MANGRICH, A. S.; DOUMER, M. E.; MALLMANN, A. S.; WOLF, C. R. Química verde no tratamento de águas: uso de coagulante derivado de tanino de *Acacia mearnsii*. **Revista Virtual de Química**, v. 6, p. 2-15, 2014.
<http://dx.doi.org/10.5935/1984-6835.20140002>. Acessado em 10 de Jun de 2016.

MAPA - **MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO** - SECRETARIA DE POLÍTICA AGRÍCOLA / **INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 2, DE 9 DE OUTUBRO DE 2008.**

MARTINS, Cibele Chalita., Silva, José Diego Rodrigues da., Pereira, Maria Renata Rocha., Oliveira, Silvia Sanielle Costa de. Efeito do sombreamento e do substrato sobre a germinação e o crescimento de plântulas de *Acacia mangium* e *Acacia mearnsii*. **Ciência Florestal**, v. 22, n., 2, p. 421-431, 2012.

MATOSKI, A. **Utilização de pó de Madeira com granulometria controlada na produção de painéis de cimento-madeira.** 2005. 187 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná.

MCCARL, B. A., PEACOCKE, C.; CHRISMAN, R.; KUNG, C.; SANDS, R. D. Economics of biochar production, utilisation and gas offsets In: LEHMANN, J.; JOSEPH, S. (Eds). **biochar for Environmental Management: Science and Technology.** 356p.: Earthscan, London, 2009.

MELO, L.C. et al. Volumetric estimates in a stand of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in Bahia State, Brazil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.33, n.76, p.379-386, 2013.

Available from: Accessed: Jul. 15, 2014. doi: 10.4336/2013.pfb.33.76.459.

MELO, R. R. JÚNIOR, F. R. Superação de Dormência em Sementes e Desenvolvimento Inicial de Canafístula (*Cassia grandis*L.f.). **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**. Ano, IV. n, 07. 2006.

MELZER, M.; BLINA, J.; BENSAXHRIAC, A.; VALETTEB, J.; BROUSTB, F. Pyrolysis of extractive rich agroindustrial residues.

Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, v.104, p. 448-460, 2013.

MESA, L. R. Estudo da pirólise de cana-de-açúcar integral. Dissertação de mestrado. Mestrado em Química, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, 2011.

MEXAL, J.L.; LANDIS, T.D. Target seedling concepts: height and diameter. In: TARGET SEEDLING SYMPOSIUM, MEETING OF THE WESTERN FOREST NURSERY ASSOCIATIONS, GENERAL TECHNICAL REPORT RM-200, 1990, Roseburg. **Proceedings...** p. 17-35. Fort. Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1990.

MORAIS, S. A. L. de; NASCIMENTO, E. A. do; MELO, D. C. de. Análise da madeira de *Pinus oocarpa* parte I: estudo dos constituintes macromoleculares e extrativos voláteis. **Revista Árvore**, v. 29, n. 3, p. 461-470, 2005.

NAPPO, M.E.; GOMES, Laura J.; CHAVES, Maria M. F. Reflorestamentos mistos com essências nativas para recomposição de matas ciliares. **Boletim Agropecuário**, Nº 30, p. 5-31, UFLA, 2001. natural sorbents', *Organic Geochemistry*, vo137, pp321-333.

NEVES, D.; THUNMAN, H.; MATOS, A.; TARELHO, L.; GÓMEZ-BAREA, A. Characterization and prediction of biomass pyrolysis products. **Progress in Energy and Combustion Science**, v. 37, p. 611-630, 2011.

NÓBREGA, I.P.C. Efeitos do *biochar* nas propriedades físicas e químicas do solo: - Sequestro de carbono no solo. **Dissertação Mestrado** 46 p. Instituto Superior de Agronomia – Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa 2011.

NOVOTNY, E.H.; HAYES, M.H.; MADARI, B.E.; BONAGAMBA, T.J.; AZEVEDO, E.R.D.; SOUZA, A.A.D.; MANGRICH, A.S. Lessons from the Terra Preta de Índios of the Amazon region for the utilization of charcoal for soil amendment. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, 2009.

OLIVEIRA, A. B.; HERNANDEZ, F. F. F.; ASSIS JÚNIOR, R. N. Absorção de nutrientes em mudas de berinjela cultivadas em pó de coco verde. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 2, p. 139-143, 2009.

OLIVEIRA, A. B.; HERNANDEZ, F. F. F.; ASSIS JÚNIOR, R. N. Pó de coco verde, uma alternativa de substrato na produção de mudas de berinjela. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 1, p. 39-44, 2008.

PEREIRA, F. A.; Carneiro, A. C. O.; Vital, B. R.; Lúcia, R. M. D.; Júnior, W. P.; Bianche J. J. Propriedades físico-químicas de briquetes aglutinados com adesivo de silicato de sódio. **Floresta e Ambiente**. v.16, n.1, p. 23 - 29, 2009.

PETTER, F. A, et al. BIOCHAR COMO CONDICIONADOR DE SUBSTRATO PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE EUCALIPTO. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 4, p. 44-51, out-dez., 2012.

PETTER, F. A.; MADARI, B. E.; SOLER, M. A. S.; CARNEIRO, M. A. C.; CARVALHO, M. T. M.; MARIMON-JUNIOR, B. H.; PACHECO, L. P. Soil fertility and upland rice yield after biochar application in the Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.5, p.699- 706, 2012.

PIRES, V. C. M.; MARTINS, K.; VILAS BÔAS, O.; FREITAS, M. L. M.; SEBBENN, A. M. Variabilidade genética de caracteres silviculturais em progênes de polinização aberta de *Pinus caribaea var. bahamensis*. **Scientia Forestalis**, v. 41, n. 97, 119p., 2013.

PLUCHON, N.; GUNDALE, M. J.; NILSSON, M. C.; KARDOL, P.; WARDLE, D. A. Stimulation of boreal tree seedling growth by wood-derived charcoal: effects of charcoal properties, seedling species and soil fertility. **Functional Ecology**, v. 28, p. 766–775, 2014.

RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100)

REZENDE, E. I. P.; ANGELO, L. C.; DOS SANTOS, S. S.; MANGRICH, A. S. Biochar (biochar) e Sequestro de Carbono. **Revista Virtual Química**, 3(5), 426-433, 2011.

RISTOW, N. C.; ANTUNES, L. E.C.; CARPENEDO, S.; SCHUCH, M. W. Diferentes substratos na produção de mudas de mirtilheiro. **Ciência Rural**, v. 41, n.7, 1159p., 2011.

ROCHA, J.D.; PÉREZ MESA, J.M. e CORTEZ, L.A.B. Aspectos teóricos e práticos do processo de pirólise de biomassa. UNIFEI. **Energia na Indústria de Açúcar e Alcool**. 2004.

ROSA, et al. Métodos de soma térmica e datas de semeadura na determinação de filo crono de cultivares de trigo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.44, n.11, p.1374-1382, 2009.

RUDEK, Alynne., Garcia, Flávio Augusto de Oliveira., Peres., Fabiana Schmidt Bandeira. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE MUDAS DE EUCALIPTO PELA MENSURAÇÃO DA ÁREA FOLIAR COM O USO DE IMAGENS DIGITAIS. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA. **Centro Científico Conhecer**, v.9, n.17; p.-3775 2013.

SANTIAGO, A. R.; ANDRADE, A. M. Carbonização de resíduos do processamento mecânico da madeira de eucalipto. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.15, n.1, p.1-7 - 2007. Disponível em: < <http://www.bioline.org.br/pdf?cf05001>>. Acesso em: 06. Jan. 2017.

SCAN-C46:92: **Wood chips for pulp production - Bulk Density**. Stockholm, Sweden, 1992. 4 p

SCHMITZ, J.; SOUZA, P.V.D.; KÄMPF, A.N. 2002. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Ciência Rural** 32: 937-944

ISHIMIZU J. Y.; MEDRADO M. J. S. **Sistema de produção**. Colombo: Embrapa Floresta. 2005. Disponível em: <https://www.embrapa.br/florestas> .Acessoem: 15 abr. 2016

SILVA, Marcelo de Almeida., Caputo, Marina Maitto., Perecin, Dilermando., Bressiani, José Antônio. Comparação de ambientes na germinação de cariopses de cana-de-açúcar (Environment comparison in the germination of sugar cane seeds). **Ciência Agro tecnologia**,v. 34, Edição Especial, p. 1604-1609, 2010

SILVEIRA, Bruna De nardinda., Lúcio, Alessandro Dal'Colli., Lopes, Sidinei José., Oliveira, Fernanda de. Aleatoriedade e tamanho da amostra em mudas de *Pinus taeda* L.**Ceres**, v.56, p.730-735, 2009.

SINGH, B., SINGH, B.P.; COWIE, A.L. Characterisation and evaluation of biochars for their application as a soil amendment.**Australian Journal of Soil Research.**, v.48, p.516-525, 2010.

SMITH, M.; WANG, T.; Ben S.P.; MSANGA, Heriel P. Chapter 5: **Dormancy and Germination. In: Tropical Tree Seed Manual**. [s.l]: USDA Forest Service's/Reforestation, Nurseries, & Genetics Resources, 2003.

SOHI, S. P.; KRULL, E.; LOPEZ-CAPEL, R.; BOL, A. Review of biochar and its use and function in soil. In: SPARKS, D. L. (Ed.). **Advances in Agronomy**. Burlington: Academic Press, 2010, p.47-82.

SOUCHIE, F.F., B.H. MARIMON JUNIOR, F.A. PETTER, B.E. MADARI, S.B. MARIMON & E. LENZA. Carvão pirogênico como condicionante para substrato de mudas de *Tachigali vulgaris*. **Ciência Florestal** v.21, p.245-250, 2011.

SOUSA, A.A.T.C.; FIGUEIREDO, C.C.; SUJII, E.R.; PIRES, C.S.S.; SOUZA, L.M. *biochar* de lodo de esgoto: efeitos no desenvolvimento agrônômico do rabanete. **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, n. 3, 2015.

SZEMMELVEISZ, K., Szücs, I., Palotás, Á.B., Winkler, L., Eddings, E.G. Examination of the combustion condition of woody biomass. *Fuel Processing Technology*, 2009.

ULYETT, J. et al., Impact of biochar addition on water retention, nitrification and carbon dioxide evolution from two sandy loam soils. **European Journal of Soil Science**, v. 65, p. 96–104, 2014.

VIEIRA, A. C. **Caracterização da biomassa proveniente de resíduos agrícolas**. Cascavel, 2012, 56 p. Dissertação - (Mestrado em Energia na Agricultura), - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE

ZIECH, R.Q.S.; RIBEIRO, A. O.; MENDES, L. M.; MORI, F. A.; MENDES, R. F. Variação da densidade básica da madeira de *Too* na *Cibata Roem* cultivada em diferentes localidades. **Scientia Florestalis**. v. 39, n. 91, p. 359-356, set. 2011.