

FUNDAÇÃO PINHALENSE DE ENSINO  
CENTRO REGIONAL UNIVERSITÁRIO DE ESPÍRITO SANTO DO PINHAL  
CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA “MANOEL CARLOS GONÇALVES”

ENRAIZAMENTO DE MUDAS DE *EUCALYPTUS UROGRANDIS* COM A  
APLICAÇÃO DE EXTRATO PIROLENHOSO

WESLEY BARBOSA DA SILVA

Espírito Santo do Pinhal – SP  
Dezembro de 2023

FUNDAÇÃO PINHALENSE DE ENSINO  
CENTRO REGIONAL UNIVERSITÁRIO DE ESPÍRITO SANTO DO PINHAL  
CURSO DE ENGENHARIA AGRÔNOMICA “MANOEL CARLOS GONÇALVES”

ENRAIZAMENTO DE MUDAS DE *EUCALYPTUS UROGRANDIS* COM A  
APLICAÇÃO DE EXTRATO PIROLENHOSO

Acadêmico: Wesley Barbosa da Silva

Orientador: Euzébio Beli

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como parte das exigências  
para obtenção do título de Engenheiro  
Agrônomo no Curso de Engenharia  
Agrônoma “Manoel Carlos Gonçalves”,  
UNIPINHAL.

Espírito Santo do Pinhal – SP

Dezembro de 2023

Silva, Wesley Barbosa da

S586e

Enraizamento de mudas de *Eucalyptus urograndis* com a aplicação de extrato pirolenhoso / Wesley Barbosa da Silva. – Espírito Santo do Pinhal, 2023.  
28 f.

Orientador: Prof. Me. Euzébio Beli.

Trabalho de Conclusão de Curso – Agronomia – Centro Regional  
Universitário de Espírito Santo do Pinhal – UNIPINHAL.

1. *Eucalyptus urograndis*. 2. Líquido pirolenhoso. 3. Enraizamento vegetal. 4. Mudas florestais. I. Euzébio, Beli . II. Centro Regional Universitário de Espírito Santo do Pinhal. III. Título.

CDU 582.883

## FOLHA DE APROVAÇÃO

A Comissão Supervisora do Trabalho de Conclusão de Curso, do Curso de Engenharia Agrônômica do UniPinhal, julga aprovado o trabalho apresentado pelo aluno Wesley Barbosa da Silva com o título: Enraizamento de Mudas de *Eucalyptus Urograndis* com a Aplicação de Extrato Pirolenhoso em 12 de Dezembro de 2023.

Orientador(a)

---

Euzebio Beli

### Membros da banca

---

Carlos Antonio Centurión Maciel

---

Diego Miranda de Souza

Espírito Santo do Pinhal, 11 de Dezembro de 2023.

## DEDICATÓRIA

Foi pensando nas pessoas que executei este projeto, por isso dedico este trabalho a todos aqueles a quem esta pesquisa possa ajudar de alguma forma.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço sinceramente à Sylvamo do Brasil por ceder a estrutura essencial para a condução do experimento. É com imenso orgulho que faço parte desta empresa, cujo suporte foi crucial para o sucesso deste projeto.

Meus agradecimentos especiais ao Departamento do Viveiro Florestal, onde atualmente trabalho. Agradeço especialmente à minha coordenadora, Dulcilene Frizo, por sua generosidade ao ceder a infraestrutura necessária para a realização do experimento. Sua constante motivação para inovações no viveiro florestal é inspiradora e impactante.

Ao Departamento de Negócios Florestais, onde realizei meu estágio antes de ingressar no viveiro florestal, expresso minha gratidão. Agradeço especialmente a Mateus Peressin e José Ângelo Vitório por sua valiosa mentoria pessoal e profissional. Sua orientação desempenhou um papel fundamental em meu desenvolvimento acadêmico e profissional.

Aos amigos que fiz durante meu tempo na faculdade, meu sincero agradecimento. Suas amizades tornaram os dias de aula mais alegres e foram essenciais para a busca coletiva pelo conhecimento. Uma menção especial a Eduardo Pizzi, cuja parceria na jornada acadêmica foi inestimável.

Aos professores, minha gratidão pela paciência, orientação e consideração desde o primeiro dia de aula. A maneira como nos trataram como colegas de profissão desde o início foi inspiradora e motivadora.

Cada um de vocês desempenhou um papel vital neste percurso, e sou profundamente grato pela colaboração, apoio e inspiração que proporcionaram.

## EPÍGRAFE

“Levante cedo, tome banho e vá trabalhar.”

André Luís Paradela

## SUMÁRIO

FOLHA DE APROVAÇÃO.....	i
DEDICATÓRIA.....	ii
AGRADECIMENTOS .....	iii
EPIÍGRAFE .....	iv
SUMÁRIO.....	v
LISTA DE TABELAS .....	vi
LISTA DE FIGURAS .....	vii
RESUMO.....	viii
ABSTRACT .....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	10
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	12
2.1 A importância do eucalipto.....	12
2.2 Formas de propagação do eucalipto.....	13
2.3 Fatores que afetam o enraizamento .....	13
2.4 O extrato pirolenhoso.....	14
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	20
5. CONCLUSÃO .....	25
6. REFERÊNCIAS .....	26



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Análise química do extrato a ser utilizado.....	19
<b>Tabela 2.</b> Quantidade total de mudas utilizadas no experimento.....	19

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Casa de vegetação com mudas de eucalipto. Fonte: Autor (2023).....	16
<b>Figura 2.</b> Bandeja para alocação de tubetes. Fonte: Autor (2023). ....	16
<b>Figura 3.</b> A) Tubete na visualização frontal; B) Visualização interna do tubete. Fonte: Autor (2023). ....	17
<b>Figura 4.</b> Saco de substrato Carolina Soil. Fonte: Autor (2023). ....	17
<b>Figura 5.</b> Pulverizador costal de 5L de capacidade. Fonte: Autor (2023). ....	18
<b>Figura 6.</b> Médias de enraizamento dos tratamentos experimentados. Fonte: Autor (2023).....	20
<b>Figura 7.</b> Análise estatística da variável comprimento de parte aérea. Fonte: Autor (2023).....	21
<b>Figura 8.</b> Análise estatística da variável comprimento de radícula. Fonte: Autor (2023).....	22
<b>Figura 9.</b> Análise estatística da variável quantidade de pares de folhas. Fonte: Autor (2023).....	22
<b>Figura 10.</b> Análise estatística da variável massa seca total. Fonte: Autor (2023).....	23
<b>Figura 11.</b> Análise estatística da variável massa seca das raízes. Fonte: Autor (2023).....	24
<b>Figura 12.</b> Análise estatística da variável massa seca da parte aérea. Fonte: Autor (2023).....	24

## RESUMO

Título: Enraizamento de Mudanças de *Eucalyptus Urograndis* com a Aplicação de Extrato Pirolenhoso

Autor: Wesley Barbosa da Silva

Orientador: Euzebio Beli

O presente estudo aborda o enraizamento de mudas de *Eucalyptus urograndis* com a aplicação de extrato pirolenhoso. O experimento foi conduzido no viveiro florestal da empresa Sylvamo do Brasil, o qual empregou três clones distintos da espécie *Eucalyptus urograndis*. O extrato foi aplicado em concentrações de 0,25%, 0,50%, e um grupo controle (0,00%), ao longo de 35 dias. Os resultados indicam que, embora concentrações menores do extrato tenham influenciado variavelmente o enraizamento, o grupo controle demonstrou enraizamento completo. A análise conjunta destacou a o mau desempenho do extrato no crescimento e no processo de enraizamento. Conclui-se que a aplicação do extrato pirolenhoso impactou negativamente o desenvolvimento das mudas, especialmente em concentrações mais elevadas. Não se recomenda o seu uso nas doses experimentadas, enfatizando a necessidade de estudos mais detalhados para otimizar as condições de aplicação.

**Palavras-chave:** *Eucalyptus urograndis*, líquido pirolenhoso, enraizamento vegetal, mudas florestais.

## ABSTRACT

Title: Rooting of Eucalyptus Urograndis Seedlings with the Application of Pyroligneous Extract

Author: Wesley Barbosa da Silva

Supervisor: Euzebio Beli

This study deals with the rooting of Eucalyptus urograndis seedlings with the application of pyroligneous extract. The experiment was conducted in the forest nursery of the company Sylvamo do Brasil, which used three different clones of the Eucalyptus urograndis species. The extract was applied in concentrations of 0.25%, 0.50% and a control group (0.00%) over 35 days. The results indicate that, although lower concentrations of the extract had a variable influence on rooting, the control group showed complete rooting. The joint analysis highlighted the poor performance of the extract on growth and the rooting process. It can be concluded that the application of pyroligneous extract had a negative impact on the development of seedlings, especially at higher concentrations. Its use is not recommended at the doses experimented, emphasizing the need for more detailed studies to optimize application conditions.

**Keywords:** Eucalyptus urograndis, pyroligneous liquid, plant rooting, forest seedlings.

## 1. INTRODUÇÃO

No contexto da silvicultura, a busca por métodos e técnicas que aprimorem a qualidade e o rendimento das culturas de interesse econômico tem se tornado uma necessidade premente. Dentre as espécies vegetais de grande interesse econômico, o eucalipto (*Eucalyptus spp.*) ocupa um lugar de destaque, devido à sua versatilidade e importância na indústria madeireira, energética e de papel e celulose. Para garantir o sucesso no cultivo dessa espécie, é essencial abordar aspectos cruciais de seu desenvolvimento, e um dos pontos centrais é o processo de enraizamento das mudas.

Esse tema emerge em um cenário no qual a otimização dos processos de propagação vegetativa é crucial para a obtenção de mudas saudáveis e vigorosas, capazes de resistir a condições adversas e contribuir para um crescimento sustentável das florestas. Nesse contexto, a aplicação de extrato pirolenhoso, uma substância obtida a partir da destilação da biomassa vegetal, se apresenta como uma abordagem promissora para promover o enraizamento eficaz das mudas.

A relevância deste estudo transcende os limites da Agronomia, reverberando na esfera ambiental, econômica e social. A indústria florestal desempenha um papel crucial na economia global, fornecendo matéria-prima para setores essenciais, enquanto a busca por práticas sustentáveis e ecologicamente responsáveis assume um papel cada vez mais proeminente. Aperfeiçoar a produção de mudas de *E. urograndis* com base em abordagens naturais, como o extrato pirolenhoso, não apenas pode incrementar a produtividade florestal, mas também minimizar potenciais impactos negativos associados a métodos convencionais de enraizamento, como o uso excessivo de produtos químicos.

Diante desse cenário, é inegável a importância de investigar o efeito do extrato pirolenhoso no enraizamento de mudas de eucalipto. O entendimento aprofundado desses processos poderá fornecer informações cruciais para aprimorar as práticas de produção, promovendo o desenvolvimento de sistemas agrícolas mais sustentáveis e eficazes. Este estudo se propõe a contribuir para a base de conhecimento científico, oferecendo insights valiosos que podem ser aplicados no campo e, potencialmente, redefinir as estratégias de cultivo de espécies florestais de importância econômica e ambiental.

Portanto, este trabalho visa analisar o desempenho do extrato pirolenhoso no melhoramento de enraizamento de mudas de propagação vegetativa de três clones comerciais de *E. urograndis*, cultivados em casa de vegetação durante 35 dias.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A importância do eucalipto

O eucalipto (*Eucalyptus spp.*) é uma espécie de árvore que desempenha um papel fundamental na indústria florestal global. Sua importância reside principalmente em sua notável capacidade de crescimento rápido e versatilidade. De acordo com Santos et al. (2017), essa árvore é amplamente cultivada em várias regiões do mundo devido à sua capacidade de produzir uma grande quantidade de biomassa em um curto período de tempo. No Brasil, o eucalipto é uma das principais espécies florestais cultivadas, e isso se deve em grande parte à demanda crescente por celulose, papel e madeira serrada na indústria.

A Associação Brasileira de Produtores de Árvores (IBA) destaca o papel fundamental das árvores plantadas, abrangendo aproximadamente 9 milhões de hectares destinados a diversas espécies, como eucalipto, pinus e outras, para atender uma gama variada de setores. Segundo dados do IBA, a distribuição dessas áreas revela a importância estratégica desse recurso, com 36% voltados para a indústria de celulose e papel, 12% direcionados à siderurgia e carvão vegetal, 6% destinados à produção de painéis de madeira e pisos laminados, demonstrando a versatilidade dessa matéria-prima. Além disso, a gestão dessas áreas por investidores financeiros (10%) e produtores independentes (29%) evidencia a colaboração de diferentes atores na cadeia produtiva, ressaltando a complexidade e a abrangência desse setor (IBA, 2023).

Além de sua rápida taxa de crescimento, o eucalipto é conhecido por sua capacidade de adaptação a diferentes condições climáticas e tipos de solo. Carvalho et al. (2019) destacam que essa adaptabilidade faz com que o eucalipto seja uma escolha atrativa para a reflorestação e a recuperação de áreas degradadas. Além disso, ele desempenha um papel essencial na conservação do solo, uma vez que suas raízes profundas ajudam a prevenir a erosão do solo em áreas inclinadas.

## 2.2 Formas de propagação do eucalipto

A propagação do eucalipto pode ser realizada por meio de diversas técnicas, cada uma com suas próprias vantagens e desvantagens. De acordo com Gonçalves et al. (2020), as sementes são um método amplamente utilizado devido à sua acessibilidade e ao fato de preservarem a variabilidade genética da espécie. As estacas, por outro lado, são preferidas quando se deseja manter as características específicas da planta-mãe, como em programas de melhoramento genético.

Outra abordagem interessante é a micropropagação *in vitro*, que envolve o cultivo de explantes vegetais em condições assépticas em um meio de cultura apropriado. Isso permite a produção de um grande número de mudas geneticamente idênticas em um curto espaço de tempo, sendo especialmente útil para a propagação de clones de eucalipto com características desejáveis, como alta produtividade ou resistência a doenças (Silva et al., 2018).

## 2.3 Fatores que afetam o enraizamento

O processo de enraizamento em mudas de *E. urograndis* é influenciado por uma série de fatores intrínsecos e extrínsecos que desempenham um papel crucial no estabelecimento e no desenvolvimento inicial das plantas. Estudos indicam que características genéticas, condições ambientais, fisiológicas e até mesmo o manejo das mudas podem influenciar significativamente o sucesso do enraizamento.

Geneticamente, a variabilidade entre clones e indivíduos de *E. urograndis* desempenha um papel fundamental no processo de enraizamento. Certos genótipos demonstram uma maior capacidade de enraizamento devido a características genéticas específicas que influenciam a formação e o crescimento das raízes adventícias. Esta variabilidade genética pode impactar diretamente a resposta das mudas ao processo de propagação vegetativa, como apontado por Fett-Neto et al. (2016).

Além disso, as condições ambientais desempenham um papel determinante. De acordo com dados de investigações realizadas por Gonçalves et al. (2020), a temperatura e a umidade do solo exercem influência direta no enraizamento das mudas de *E. urograndis*, sendo determinantes para a taxa de formação de raízes adventícias. Esses autores também destacam que a disponibilidade de nutrientes no



solo e a qualidade da água de irrigação desempenham papéis fundamentais no processo de enraizamento das mudas.

Adicionalmente, práticas de manejo, como o uso de hormônios de enraizamento ou substâncias promotoras de crescimento, podem ter efeitos marcantes no enraizamento de mudas de *E. urograndis*.

## **2.4 O extrato pirolenhoso**

De acordo com Gomes et al. (2019), esse líquido obtido a partir da destilação seca da madeira contém uma variedade de compostos orgânicos, incluindo ácidos, fenóis e aldeídos, que demonstraram ter propriedades estimulantes de enraizamento.

Essa abordagem tem implicações práticas importantes, uma vez que pode reduzir a dependência de produtos químicos sintéticos no processo de enraizamento de mudas. Além disso, o uso do extrato pirolenhoso pode ser considerado uma prática sustentável, pois faz uso de um subproduto da indústria madeireira que, de outra forma, seria descartado.

Segundo Geijskes (2007), O líquido pirolenhoso, comumente referido como ácido pirolenhoso, vinagre de madeira ou extrato pirolenhoso, é produzido pela condensação da fumaça gerada durante o processo de fabricação de carvão.

Conforme Miyasaka et al. (2001) destacaram, o extrato pirolenhoso bruto requer um processo de purificação antes de ser aplicado na agricultura, visando à remoção do alcatrão. Esse alcatrão é solúvel imediatamente após a obtenção do produto, e a purificação pode ser realizada em escala industrial por meio de destilação sob vácuo ou manualmente através do processo de decantação. Durante um período de repouso superior a 100 dias, ocorre a separação em três fases distintas: a camada superior, que contém óleos leves, a camada inferior que consiste no alcatrão, que se separa durante o período de repouso, e a camada central, que representa o extrato pirolenhoso devidamente purificado e adequado para uso na agricultura, considerando as diluições recomendadas para cada situação.

O líquido pirolenhoso tem sido objeto de estudos e aplicação sobretudo no Japão, onde é empregado como fertilizante, e há evidências de que ele também desempenha um papel no manejo de pragas e doenças, como sugerido por Tsuzuki et al. (2000).

Vários estudos têm demonstrado os efeitos benéficos da aplicação do extrato pirolenhoso no solo como fertilizante orgânico para o cultivo de arroz (ICHIKAWA; OTA, 1982; TSUZUKI et al., 2000), cana-de-açúcar (UDDIN et al., 1995), batata-doce (SHIBAYAMA, 1998), melão (DU et al., 1997; TSUZUKI et al., 1993) e sorgo (ESECHIE, 1998).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

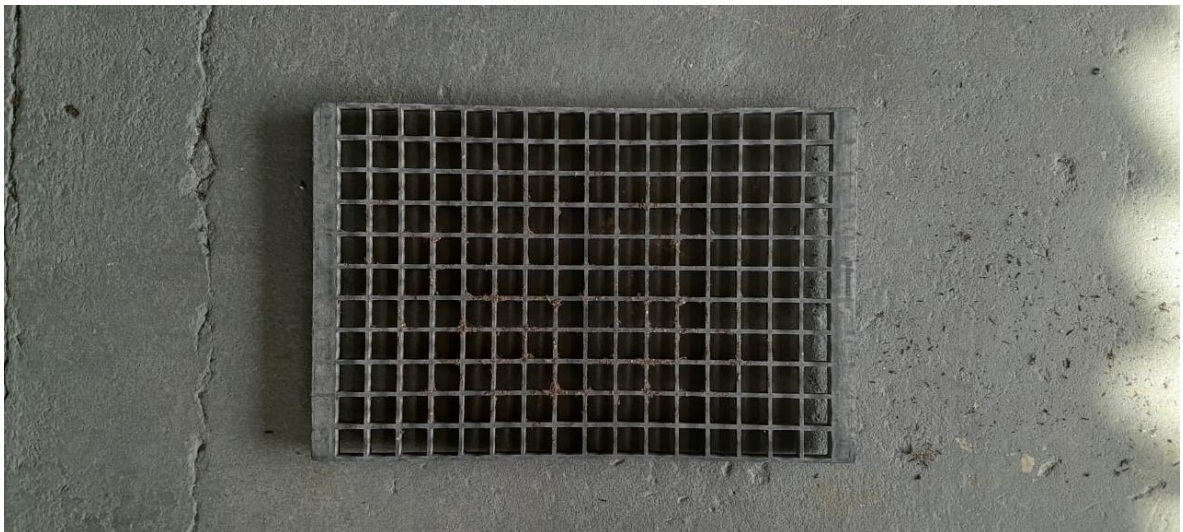
O experimento foi conduzido no viveiro florestal da empresa Sylvamo do Brasil, no município de Mogi Guaçu (22°21'8.55" de Latitude Sul e 46°58'53.43" de Longitude Oeste; altitude média de 600m), de julho de 2023 a agosto de 2023.

Para realizar o experimento, três clones distintos de *E. urograndis* foram escolhidos e denominados como "Clone 1", "Clone 2" e "Clone 3". Essa seleção foi útil para capturar variações genéticas que possam influenciar a resposta ao tratamento com extrato pirolenhoso. As condições de baixo enraizamento desses clones foram determinantes para a sua seleção para o estudo. As mudas foram provenientes de estacas de *E. urograndis*. Por um período de 35 dias as mudas foram instaladas em casa de vegetação com irrigações automatizadas programadas para realizar aspersão a cada 10 minutos com duração de 45 segundos cada, totalizando 30 irrigações diárias. A temperatura média foi mantida na faixa mínima de 30°C e máxima de 35°C, buscando proporcionar um ambiente propício para o desenvolvimento das mudas. Foram aplicados indutores de resistência e fungicidas para garantir o bom estado fitossanitário dos materiais biológicos.



**Figura 1.** Casa de vegetação com mudas de eucalipto. Fonte: Autor (2023).

Para executar o experimento foram utilizadas trinta e seis bandejas (Figura 2) que utilizam 13,5 litros de substrato cada. As bandejas dispõem de 176 lacunas para os tubetes (Figura 3), cada um suportando um volume de 0,077 litros de substrato.



**Figura 2.** Bandeja para alocação de tubetes. Fonte: Autor (2023).



**Figura 3.** A) Tubete na visualização frontal; B) Visualização interna do tubete.  
Fonte: Autor (2023).

O substrato utilizado foi o Carolina Soil<sup>®</sup>, composto por uma mistura de turfa de sphagnum, casca de arroz carbonizada, vermiculita e osmocote (Figura 4).



**Figura 4.** Saco de substrato Carolina Soil. Fonte: Autor (2023).

Para o plantio dos tratamentos, utilizamos o método de plantio de microestacas (propagação vegetativa). Após plantio das microestacas foram realizadas três aplicações semanais de extrato pirolenhoso, realizadas após a última irrigação do dia para preservar o efeito residual do produto comercial, a 0,25% (Tratamento 1), 0,50% (Tratamento 2) e 0,00% (Controle), ao longo do período de cultivo das mudas (35

dias). A diluição das doses do extrato pirolenhoso EVN-350<sup>®</sup> concentrado (100%), em 5 litros de água segue indicação do fabricante. O extrato pirolenhoso foi proveniente da empresa Carvoaria Colorado (Santa Rosa de Viterbo), utilizando-se madeira de reflorestamento de *Eucalyptus spp.*



**Figura 5.** Pulverizador costal de 5L de capacidade. Fonte: Autor (2023).

A análise química da composição do extrato pirolenhoso é apresentada na Tabela 1.

**Tabela 1.** Análise química do extrato a ser utilizado.

Parâmetros	Resultados
Nitrogênio Total	0,03%
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) Total	0,01%
Potássio (K <sub>2</sub> O) Total	<0,01 %
Cálcio	0,01%
Magnésio	<0,01 %
Enxofre	0,01%
Boro	<0,01 %
Zinco	<0,01 %
Cobre	<0,01 %
Manganês	<0,01 %
Ferro	0,06%
pH	2,94
Umidade	96,06%
Carbono Orgânico	7,74%
Relação C/N	258

As concentrações de extrato pirolenhoso a serem avaliadas foram: 0,00% (controle), 0,25% e 0,50%, valores que correspondem a 12,5mL L<sup>-1</sup> e 25mL L<sup>-1</sup> do produto comercial. As concentrações utilizadas seguem recomendação do fabricante.

Um mês e cinco dias após a instalação do experimento, foram avaliadas as variáveis comprimento da parte aérea (CPA), comprimento das raízes (CR), número de pares de folhas (NF), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca das raízes (MSR) e massa seca total (MSPA+MSR, identificada como MST).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com 120 repetições por tratamento (Tabela 2).

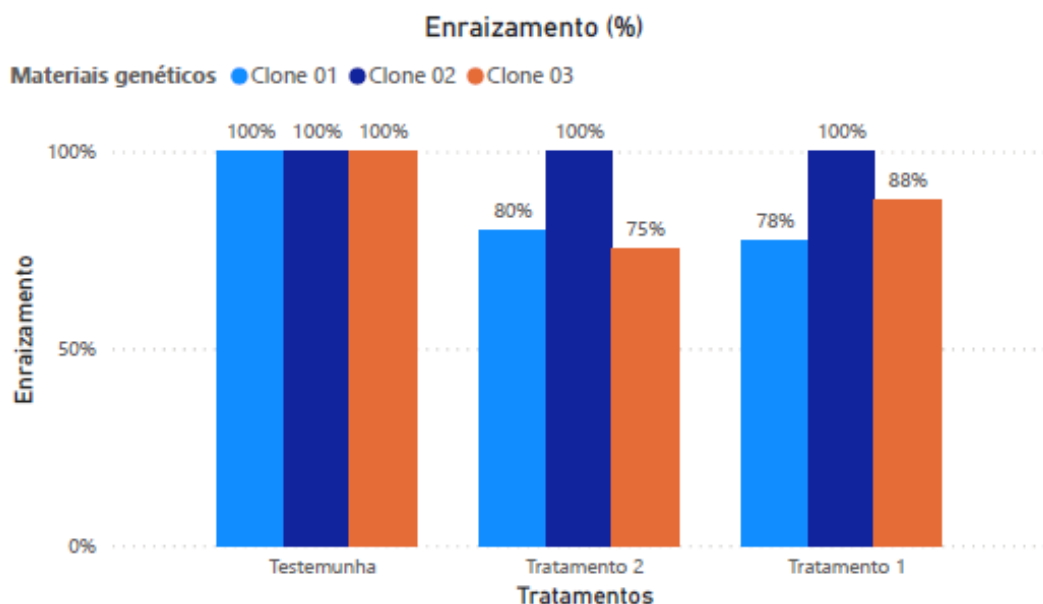
**Tabela 2.** Quantidade total de mudas utilizadas no experimento.

	Clone 01	Clone 02	Clone 03
Tratamento 1	40	40	40
Tratamento 2	40	40	40
Testemunha	40	40	40

Foram avaliadas as variáveis apontadas acima, os dados foram transformados pela constante, sendo que as médias apresentadas não são as transformadas. Os dados foram submetidos à análise de variância, ao teste de Tukey a 5% (CANTERI et al., 2001).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

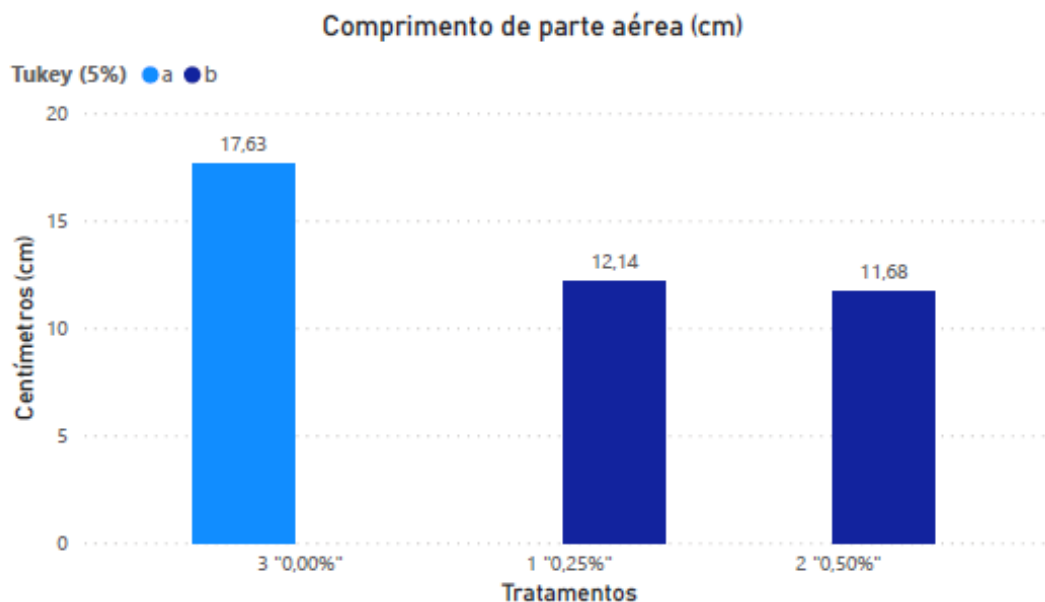
Os resultados do enraizamento indicam que o tratamento controle atingiu enraizamento completo em todos os clones, enquanto os tratamentos com extrato pirolenhoso apresentaram níveis variados de enraizamento (Tabela 3). Esse padrão reforça a possível fitotoxicidade do extrato pirolenhoso nas mudas.



**Figura 6.** Médias de enraizamento dos tratamentos experimentados. Fonte: Autor (2023).

Os resultados do comprimento da parte aérea indicam diferenças significativas entre os tratamentos, conforme demonstrado pelo teste de Tukey a 5% (Tabela 4). O tratamento com 0,00% de extrato pirolenhoso (Controle) apresentou uma média significativamente maior (17,63 cm) em comparação com os tratamentos de 0,25% (12,14 cm) e 0,50% (11,68 cm). Essa redução no comprimento da parte aérea sugere um possível efeito fitotóxico do extrato pirolenhoso nas mudas de *E. urograndis*.

O elevado coeficiente de variação (C.V. = 32,63%) indica uma variabilidade considerável nos resultados, o que pode ser atribuído à sensibilidade das mudas à variação nas doses do extrato pirolenhoso.

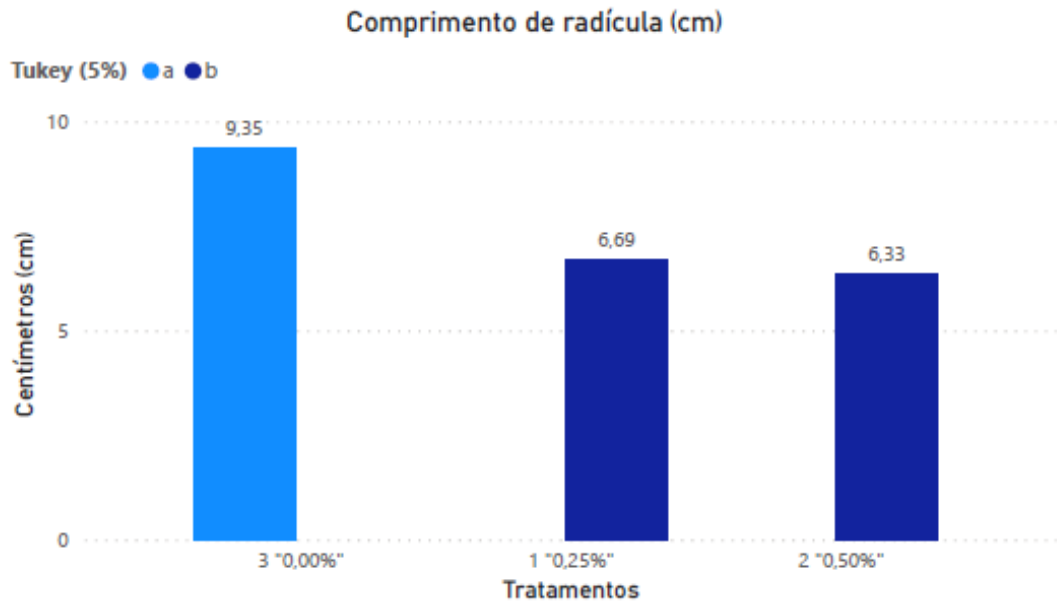


**Figura 7.** Análise estatística da variável comprimento de parte aérea. Fonte: Autor (2023).

Analogamente, o comprimento da radícula também revela uma redução significativa nos tratamentos com extrato pirolenhoso (Tabela 5). O tratamento controle apresentou uma média mais alta (9,35 cm) em comparação com 0,25% (6,69 cm) e 0,50% (6,33 cm). Este resultado sugere que a aplicação do extrato pirolenhoso impactou negativamente o desenvolvimento das raízes.

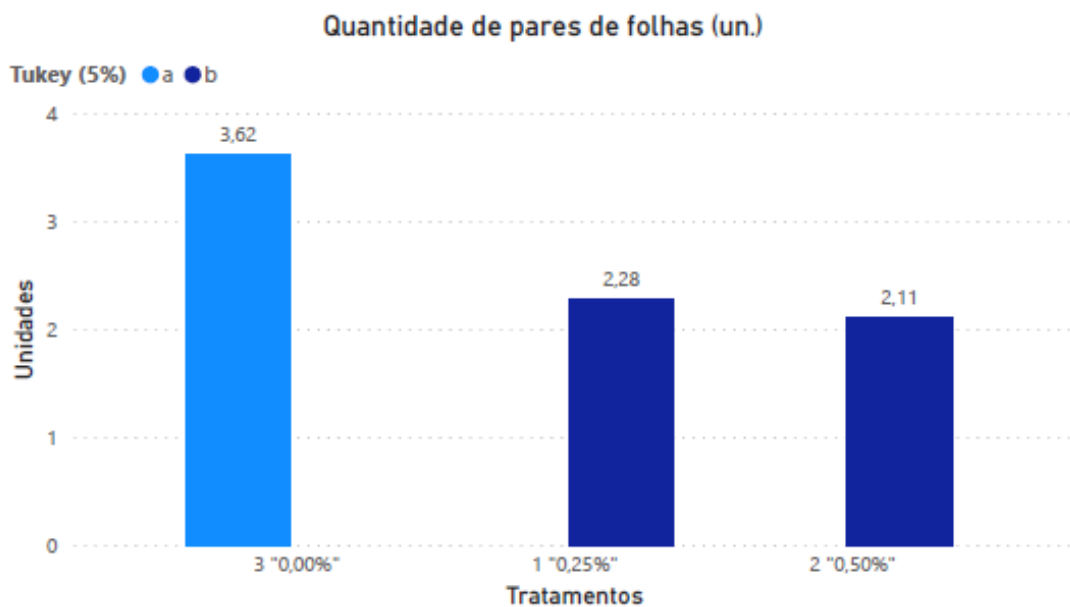
O alto coeficiente de variação (C.V. = 62,76%) sugere uma considerável variabilidade nos dados, indicando uma resposta variada das mudas à aplicação do extrato.





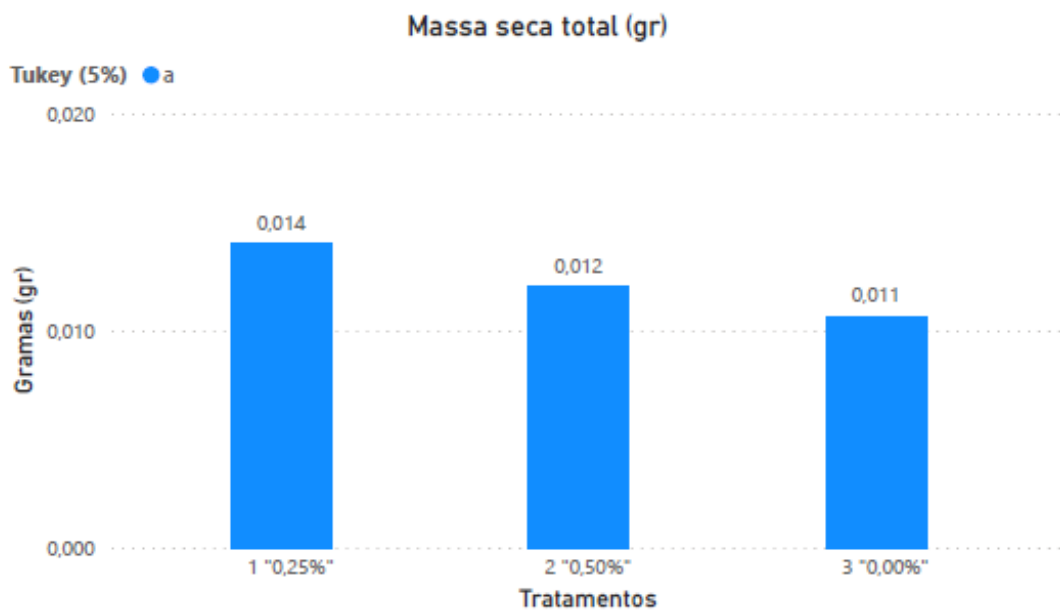
**Figura 8.** Análise estatística da variável comprimento de radícula. Fonte: Autor (2023).

A quantidade de pares de folhas segue a tendência observada nas variáveis anteriores (Tabela 6). O tratamento controle exibiu uma média superior (3,62 pares de folhas) em comparação com 0,25% (2,28 pares) e 0,50% (2,11 pares). Novamente, o alto coeficiente de variação (C.V. = 50,52%) destaca a variabilidade nas respostas das mudas.



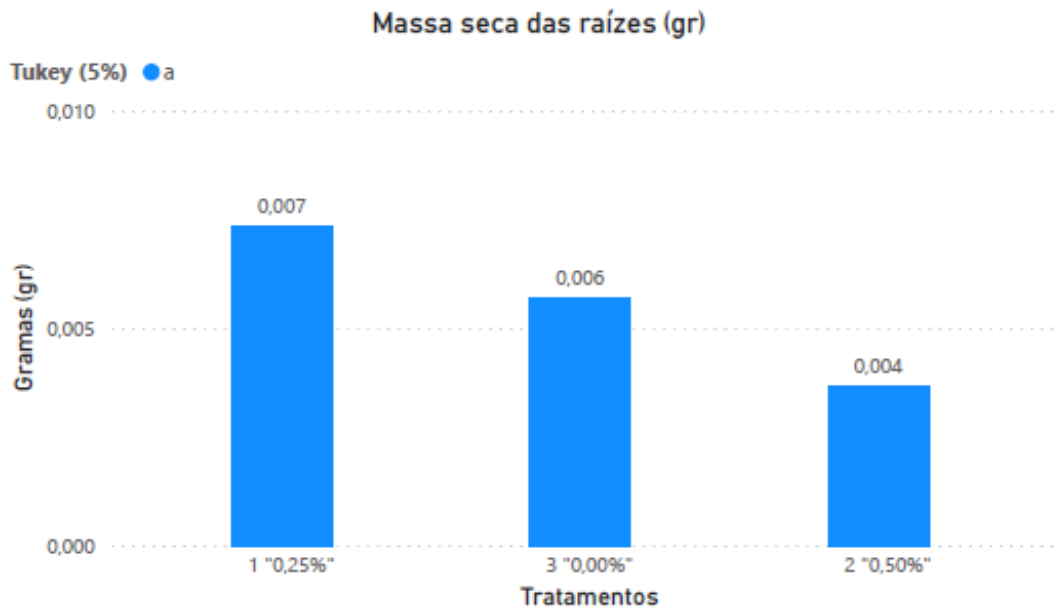
**Figura 9.** Análise estatística da variável quantidade de pares de folhas. Fonte: Autor (2023).

A análise da massa seca total revela que o tratamento com 0,25% de extrato pirolenhoso resultou em uma massa seca total maior em comparação com os tratamentos de 0,50% e controle (Tabela 7). Este resultado pode ser interpretado como uma adaptação das mudas ao estresse causado pelo extrato pirolenhoso, demonstrando uma possível estratégia de crescimento compensatório.

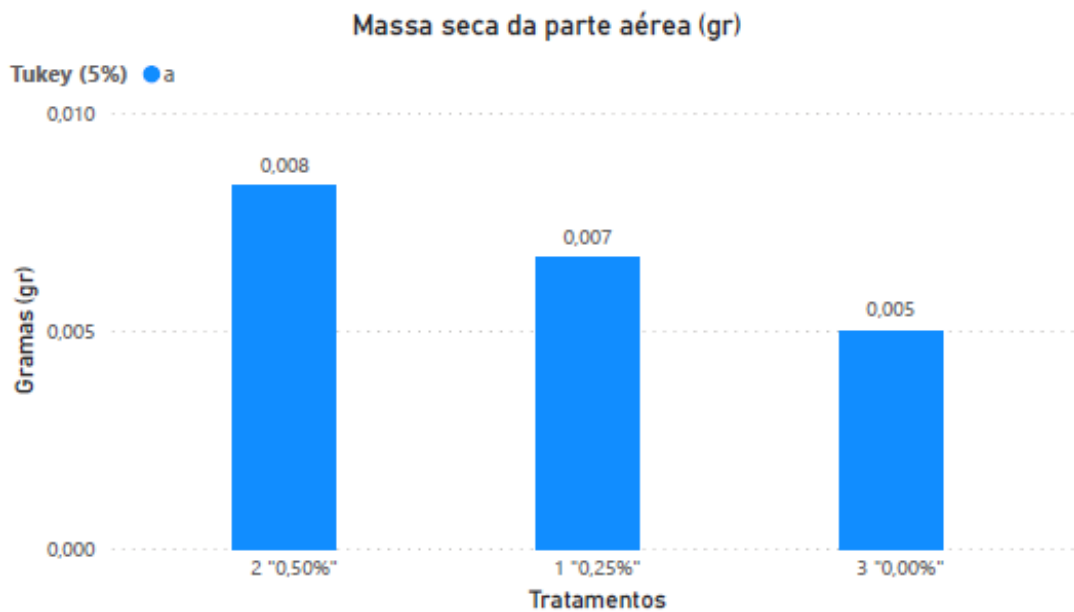


**Figura 10.** Análise estatística da variável massa seca total. Fonte: Autor (2023).

As variáveis de massa seca das raízes e parte aérea apresentam resultados que corroboram a tendência observada nas variáveis anteriores (Tabela 8 e Tabela 9). O tratamento com 0,25% de extrato pirolenhoso resultou em maiores médias de massa seca das raízes e o tratamento 0,50% resultou em maiores médias de massa seca da parte aérea em comparação com os demais tratamentos.



**Figura 11.** Análise estatística da variável massa seca das raízes. Fonte: Autor (2023).



**Figura 12.** Análise estatística da variável massa seca da parte aérea. Fonte: Autor (2023).

## 5. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, é possível concluir que a aplicação do extrato pirolenhoso nos tratamentos de 0,25% e 0,50% resultou em significativa redução no desenvolvimento das mudas de *E. urograndis*. O aumento na massa seca total no tratamento de 0,25% pode indicar uma resposta de adaptação ao estresse, mas os efeitos adversos sobre o comprimento da parte aérea, comprimento da radícula e quantidade de pares de folhas sugerem um impacto negativo geral.

Os resultados do enraizamento também indicam que o extrato pirolenhoso pode afetar adversamente o processo de enraizamento das mudas, comprometendo seu desenvolvimento subsequente.

Apesar de os resultados das variáveis de massa seca da parte aérea, massa seca das raízes e massa seca total demonstrarem destaque nas médias dos tratamentos 1 e 2, os resultados se tratam de médias numéricas, não demonstrando estatisticamente diferenças significativas, podendo esses resultados serem atribuídos a uma adaptação das mudas de *E. urograndis* ao estresse causado pelas aplicações do extrato pirolenhoso, apresentando resposta as aplicações do produto comercial com um crescimento compensatório.

Embora o extrato pirolenhoso demonstre potencial como agente enraizador em outras culturas, como no caso das orquídeas, sua eficácia no enraizamento de mudas de *E. urograndis* não foi comprovada nas doses experimentadas. Esses resultados podem ser atribuídos à possível interação do extrato pirolenhoso com rotas metabólicas específicas que podem não estar presentes nas espécies arbóreas, dada a natureza diferenciada dos organismos. Além disso, não se pode descartar a hipótese de que algum componente do extrato pirolenhoso possa estar causando fitotoxicidade, uma vez que a análise laboratorial do extrato detectou apenas os macronutrientes, micronutrientes, pH, umidade, carbono orgânico e a relação carbono/nitrogênio, deixando possíveis substâncias não identificadas.

Este estudo sugere fortemente a necessidade de reconsiderar a utilização do extrato pirolenhoso como agente de melhoramento de enraizamento para mudas de *E. urograndis*, devido aos potenciais efeitos fitotóxicos observados.

Essa conclusão pode ter implicações significativas para a prática agrônômica, enfatizando a importância da seleção cuidadosa de produtos para o melhoramento de mudas, a fim de garantir o desenvolvimento saudável das plantas.

## 6. REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Produtores de Árvores (IBÁ). **Dados Estatísticos**. 24/11/2023. Disponível em: <https://www.iba.org/dados-estatisticos>.

CARVALHO, A., et al. Eucalyptus cultivation in Brazil: Environmental aspects and perspectives. **Forest Ecology and Management**, 453, 2019.

CANTERI, M. G., ALTHAUS, R. A., VIRGENS FILHO, J. S., GIGLIOTI, E. A., GODOY, C. V. SASM - Agri: Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scoft - Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, V.1, N.2, p.18-24. 2001.

DU, H. G.; OGAWA, M.; ANDO, S.; TSUZUKI, E.; MURAYAMA, S. Effect of mixture of charcoal with pyroligneous acid on sucrose content in netted melon (*Cucumis melo* L. var. *reticulatus* Naud.) fruit. **Japanese Journal of Crop Science**, v. 66, n. 3, p. 369 - 373, 1997.

ESECHIE, H. A.; DHALIWAL, G. S.; ARORA, L.; RANDHAWA, N. S.; DHAWAN, A. K. Assessment of pyroligneous liquid as a potential organic fertilizer. In: ECOLOGICAL agriculture and sustainable development. **India: Center for Research in Rural and Industrial Development**, 1998. v. 1, p. 591-595.

FETT-NETO, A. G., et al. Clonal forestry of Eucalyptus: the role of somatic embryogenesis. **In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant**, 52(6), 479-499, 2016.

GEIJSKES, et al. Ação de diferentes preparações de extrato pirolenhoso sobre *Brevipalpus phoenicis*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 2, p. 382-385, 2007.

GOMES, J. M., et al. Use of biochar and pyroligneous extract to improve the rooting of *Eucalyptus saligna* cuttings. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 43, 2019.

GONÇALVES, J. L. M., et al. Eucalyptus genetic improvement in Brazil. **Forest Ecology and Management**, 473, 2020.

GONÇALVES, J. L. M., et al. Environmental factors affecting rooting of hardwood cuttings of Eucalyptus urograndis. **Cerne**, 26(1), 117-126, 2020.

ICHIKAWA, T.; OTA, Y. Effect of pyroligneous acid on the growth of rice seedlings. **Japanese Journal of Crop Science**, v. 51, n. 1, p. 14-17, 1982.

MIYASAKA S.; OHKAWARA T.; UTSUMI B. Ácido Pirolenhoso: uso e fabricação. **Boletim Agro Ecológico**, 14, 1999.

MIYASAKA S.; OHKAWARA T.; NAGAI K.; YAZAKI H.; SAKITA, M. N. Técnicas de produção e uso do fino de carvão e licor pirolenhoso. In: I Encontro de Processos de Proteção de Plantas: **Controle Ecológico de Pragas e Doenças**, p.161-179, 2001.

MORANDI FILHO, Wilson José et al. Ação de produtos naturais sobre a sobrevivência de *Argyrotaenia sphaleropa* (Meyrick) (Lepidoptera: Tortricidae) e seletividade de inseticidas utilizados na produção orgânica de videira sobre *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Ciência Rural**, v. 36, n. 4, p. 1072-1078, 2006.

SANTOS, T. M., et al. Sustainability and environmental impacts of eucalyptus production for energy purposes in Brazil. **Energy for Sustainable Development**, 40, 99-110, 2017.

SILVA, R. B., et al. Eucalyptus propagation by stem cuttings: a review. **Cerne**, 24(1), 94-105, 2018.

SHIBAYAMA, H.; MASHIMA, K.; MITSUTOMI, M.; ARIMA, S. Effects of application of pyroligneous acid solution produced in Karatsu city and growth and free sugar contents of storage roots of sweet potatoes. **Marine and Highland Bioscience Center Report**, v. 7, p. 15-23. 1998.

TSUZUKI, E.; ANDO, S.; TERAO, H.; UCHIDA, Y. Effect of organic matters on growth and quality of crops: II. Effect of charcoal with pyroligneous acid on quality of melon (*Cucumis melo* L.) **Japanese Journal of Crop Science**, v. 62, n. 2, p. 170-171, 1993.

TSUZUKI, E.; MORIMTSU, T.; MATSUI, T. Effect of chemical compounds in pyroligneous acid on root growth in rice plants. **Japanese Journal of Crop Science**, v. 66, n. 4, p. 15-16, 2000.

UDDIN, S. M. M.; MURAYAMA, S.; ISHIMINE, Y.; TSUZUKI, E.; HARADA, J. Studies on sugarcane cultivation: II. Effects of the mixture of charcoal with pyroligneous acid on dry matter production and root growth of summer planted sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). **Japanese Journal of Crop Science**, v. 64, n. 4, p. 747-753, 1995.

WANDERLEY, Christina da Silva; FARIA, Ricardo Tadeu de; VENTURA, Maurício Ursi. Chemical fertilization, organic fertilization and pyroligneous extract in the development of seedlings of areca bamboo palm (*Dyopsis lutescens*). **Acta Scientiarum**, v. 34, n. 2, p. 163-167, 2012.