



THOMAZ ANTUNES JUNQUEIRA

**EFEITO DA AUXINA E DO CARVÃO ATIVADO NO
DESENVOLVIMENTO DA PLANTA DE *EUCALYPTUS***

**LAVRAS – MG
2018**

THOMAZ ANTUNES JUNQUEIRA

**EFEITO DA AUXINA E DO CARVÃO ATIVADO NO DESENVOLVIMENTO DA
PLANTA DE *EUCALYPTUS***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Natalino Calegario
Orientador

Prof. Dr. Lucas Amaral de Melo
Coorientador

Prof. Dra. Maria Lúcia Bianchi
Coorientadora

**LAVRAS – MG
2018**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Junqueira, Thomaz Antunes.

Efeito da auxina e do carvão ativado no desenvolvimento da
planta de *Eucalyptus* / Thomaz Antunes Junqueira. - 2018.

54 p. : il.

Orientador(a): Natalino Calegario.

Coorientador(a): Lucas Amaral de Melo, Maria Lúcia Bianchi.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. Auxina. 2. Carvão ativado. 3. *Eucalyptus spp.* I. Calegario,
Natalino. II. Melo, Lucas Amaral de. III. Bianchi, Maria Lúcia. IV.
Título.

THOMAZ ANTUNES JUNQUEIRA

**EFEITO DA AUXINA E DO CARVÃO ATIVADO NO DESENVOLVIMENTO DA
PLANTA DE *EUCALYPTUS*
EFFECT OF AUXIN AND CHARCOAL ON THE DEVELOPMENT OF THE
EUCALYPTUS PLANT**

Dissertação apresentada a Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, para obtenção do título de Mestre.

APROVADO em 11 de maio de 2018.

Dr. Lucas Amaral de Melo – UFLA

Dr. Sebastião Carlos da Silva Rosado – UFLA

Dr. Raphael Nogueira Rezende – IFSULDEMINAS

Dr. Natalino Calegario
Orientador

**LAVRAS – MG
2018**

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer acima de tudo a Deus, por me dar saúde para que essa conquista fosse possível.

Aos meus pais, por sempre acreditarem e depositarem confiança em mim desde o princípio.

Aos amigos feitos desde a época como aluno especial, e mais ainda àqueles mais próximos, por estarem sempre presentes quando necessário e pelos momentos únicos de convívio ao lado de vocês.

Ao meu orientador Natalino Calegario e meus coorientadores Lucas Amaral e Maria Lúcia Bianchi pela atenção e disponibilidade. À Nágla Sampaio e ao Rodrigo Simetti pelo apoio prestado nessa reta final.

À Universidade Federal de Lavras por me propiciar momentos de aprendizagem e crescimento pessoal durante esse período.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudo e aos demais que de uma maneira ou de outra contribuíram para que esse trabalho fosse concluído.

MUITO OBRIGADO!

RESUMO

A madeira do gênero *Eucalyptus* é de suma importância para a indústria de base florestal, destacando-se como o principal utilizado em reflorestamento no Brasil. Estudos realizados com a utilização de reguladores de crescimento, juntamente com carvão vegetal ativado, despontam como uma alternativa que pode proporcionar melhorias na produção e qualidade da madeira. Neste trabalho, objetivou-se avaliar a influência da aplicação foliar do regulador vegetal AIA (ácido indol-3-acético) e de carvão ativado no desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus urophylla* e *E. grandis*. O experimento foi conduzido em casa de vegetação e as plantas foram cultivadas em vasos de 12 litros, em dois diferentes tipos de substrato: um contendo três partes de Latossolo Vermelho (textura média) e uma parte de esterco bovino e o outro com mesma mistura, porém com a adição de carvão vegetal ativado. As aplicações do regulador foram realizadas com intervalo de 15 dias, após 30 dias do transplântio das mudas. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 2, com seis tratamentos e quatro repetições, totalizando 24 parcelas experimentais constituídas de uma planta por parcela, sendo um experimento conduzido para *Eucalyptus urophylla* e um para *E. grandis*. Os tratamentos foram realizados variando-se a dosagem do regulador hormonal (zero, 5 e 10 milimolar - mM), com e sem adição de carvão ativado ao substrato. Depois do transplântio, foram coletados quinzenalmente, durante 15 semanas, dados de altura das plantas. Após esse período, foram realizadas medidas de massa seca do sistema radicular e de algumas propriedades anatômicas (comprimento, largura e espessura de fibras) à 10%, 30% e 50% da altura total da planta. Os resultados indicaram que o regulador vegetal influenciou o desenvolvimento das plantas analisadas, sendo que a menor dosagem promoveu melhores resultados. A presença do carvão ativado no solo pode mascarar os efeitos da atuação do regulador na altura total da muda, porém, há aumento de massa seca da raiz. A maior dosagem de AIA promoveu o alongamento e alargamento celular das fibras, como consequência se obteve fibras compridas e largas. Para a espessura de parede, a menor dosagem apresentou aumento exponencial de afinamento no sentido base-topo. Entretanto, é importante que estudos com maiores prazos de avaliação sejam realizados, para se obter melhores resultados perante o uso de regulador e carvão vegetal ativado.

Palavras-chave: Auxina. Carvão ativado. *Eucalyptus* spp. Avaliações de crescimento. Propriedades anatômicas.

ABSTRACT

The use of the *Eucalyptus* genre wood has a great importance for the forest-based industry, standing out as the main one used in reforestation in Brazil. Studies performed with the use of growth regulators along activated charcoal, stand out as an alternative that can provide improvements in the production and quality of the wood. The objective of this work was to evaluate the influence of foliar application of plant regulator AIA (3-indolyl acetic acid) and activated carbon on the development of *Eucalyptus urophylla* and *E. grandis* seedlings. The experiment was conducted in a greenhouse, the plants were cultivated in 12-liter vases in two different types of substrate: one containing three parts of Red Latosol (medium texture) and one part of bovine manure and the other with the same mixture plus the addition of activated charcoal. The regulator applications were performed in a 15 days interval, starting 30 days after the transplanting of the seedlings. The design was completely randomized, in a 3 x 2 factorial scheme, with six treatments and four replications, totalizing 24 experimental plots consisting of one plant per plot, being one experiment conducted for *Eucalyptus urophylla* and one for *E. grandis*. The treatments were performed by varying the dosage of hormonal regulator (zero, 5 and 10 milimolar - mM) with and without addition of activated carbon to the substrate. After the transplanting, height data were collected for a period of 15 weeks. After this period, measurements of dry mass of the root system and some anatomical properties (length, width and thickness of fibers) were done regarding 10%, 30% and 50% of total plant height. The results indicate that the plant regulator influenced the development of the analyzed plants, with the lowest dosages being the ones with the best results. The presence of activated charcoal in the soil may mask the effects of the regulator's action on the total height of the seedlings, however, there is a slight increase of dry root mass. The higher AIA dosage promoted the cell stretching and enlargement of the fibers, resulting in long and wide fibers. For the wall thickness, the lower dosage presented an exponential increase of tapering in the base-top direction. However, it is important that studies in longer periods of evaluation are performed, to obtain better results in the use of plant regulator and activated charcoal.

Keywords: Auxin. Activated charcoal. *Eucalyptus* spp. Growth ratings. Anatomical properties.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
2.1	Eucalipto no Brasil.....	11
2.2	Função do hormônio no desenvolvimento da planta.....	11
2.3	Carvão vegetal ativado.....	16
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1	Análise de altura e da massa seca da raiz.....	22
3.2	Análise anatômica.....	23
3.3	Análise estatística.....	24
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
4.1	Análise de crescimento.....	23
4.1.1	Altura de plantas.....	25
	<i>Eucalyptus urophylla.....</i>	<i>25</i>
	<i>Eucalyptus grandis.....</i>	<i>27</i>
4.1.2	Massa seca da raiz.....	29
	<i>Eucalyptus urophylla.....</i>	<i>29</i>
	<i>Eucalyptus grandis.....</i>	<i>29</i>
4.2	Variação morfológica das fibras ao longo do caule.....	34
4.2.1	Comprimento e largura de fibras.....	34
4.2.2	Espessura da parede das fibras.....	42
5	CONCLUSÕES.....	47
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48

1 INTRODUÇÃO

No setor industrial de base florestal brasileira, o gênero *Eucalyptus* é o que apresenta maior abundância em cultivo e utilização, pelo seu rápido crescimento, capacidade de adaptação às diversas regiões ecológicas e pelo potencial econômico proporcionado pela utilização diversificada de sua madeira.

Diante da importância dessa cultura, avanços significativos foram realizados principalmente no melhoramento genético, contudo, o potencial produtivo das plantas cultivadas ainda é pequeno, abrindo espaço para outras práticas de manejo para se obter maiores produtividades (GONÇALVES et al., 2004).

Para a obtenção de plantas com maior potencial produtivo e qualidade do produto final, é necessário o emprego de técnicas silviculturais adequadas como, por exemplo, uma adubação correta, utilizando assim fertilizantes adequados para o desenvolvimento das mesmas. Entretanto, essa prática pode trazer alguns contratempos, como a lixiviação dos fertilizantes para o lençol freático, adsorção em matéria orgânica, tornando o mineral pouco ou até mesmo indisponível à planta, sendo necessário o uso de novas alternativas que possam complementar essas perdas.

Assim sendo, é de grande importância a adoção de práticas de manejo adequadas a determinadas espécies na implantação e condução de florestas plantadas, visando garantir uma maior produtividade e lucratividade (ANGELO et al., 2014). Uma destas técnicas é a utilização de reguladores vegetais que permitam maior sucesso no estabelecimento das culturas, isto é, a produção de mudas sob condições adequadas, assegurando um crescimento satisfatório e a obtenção de plantas vigorosas no campo (SANTOS et al., 2014).

No setor florestal, o uso de reguladores vegetais é uma prática rotineira apenas no enraizamento de estacas. Especificamente para a cultura do eucalipto, há poucos estudos visando reduzir o tempo de corte e acelerar o acúmulo de biomassa por meio da ação dos fitormônios que norteiam o crescimento vegetal.

O fitormônio mais importante das plantas é o grupo das auxinas, que tem como principal atividade fisiológica a regulação do crescimento dos vegetais. Segundo Goda et al. (2004), a auxina é importante na formação da raiz, dominância apical e senescência das plantas. Dentro as principais formas da auxina, temos o ácido indol-3-acético, que exerce papéis fundamentais no crescimento e desenvolvimento das plantas, agindo na divisão, expansão e diferenciação celular durante todo o ciclo da planta (SALISBURY; ROOS, 1991).

Considerando-se a utilização de reguladores de crescimento na formação de mudas como alternativa para melhoria da qualidade do processo, estudos recentes avaliaram a utilização de carvão vegetal incorporado, como condicionador, ao substrato, visando melhorar a porosidade, absorção e disponibilidade de água e nutrientes, a microbiota do solo, o pH, a CTC (capacidade de troca de cátions) e o carbono orgânico (RONDON et al., 2007; DOWNIE et al., 2009; LEHMANN et al., 2011).

O carvão vegetal, obtido por carbonização, pode ser oriundo de diversas matérias primas, como madeiras e resíduos vegetais. Para que ocorra a ativação desse carvão é necessário o uso de materiais mais leves e menos resinosos ou lignificados. O processo de ativação do carbono vegetal faz com que o seu uso seja potencializado, aumentando-se a adsorção e melhorando seu aspecto físico e químico. De acordo com Claudino (2003), após o processo de ativação, o carvão pode apresentar uma maior porosidade interna, semelhante a uma rede de túneis que se bifurcam em sucessivos canais menores.

Dado que o carvão ativado apresenta efeitos positivos para as propriedades do solo e que, a auxina pode assegurar que as plantas tenham um crescimento vigoroso, espera-se que a combinação de ambos possa influenciar no crescimento da muda.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente estudo avaliar a influência da aplicação foliar do regulador vegetal AIA, em conjunto com a adição de carvão ativado ao substrato, no desenvolvimento da planta de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis*.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Eucalipto no Brasil

A cultura do eucalipto é de suma importância para o setor madeireiro devido a suas propriedades e múltiplos usos, como celulose, moirões, carvão etc. O gênero *Eucalyptus* possui aproximadamente 700 espécies que são utilizadas para diversos fins industriais. Sua produção abrange, aproximadamente, seis milhões de hectares de área plantada no país, de acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017).

O *Eucalyptus urophylla* apresenta potencialidade de utilização para diversos fins, sendo indicada para celulose, chapas de fibras e aglomerados, serrarias, postes, moirões e carvão (JÚNIOR e GARCIA, 2003). A espécie consegue crescer em solos arenosos, pobres e sujeitos a déficit hídrico, desenvolvendo-se melhor em solos profundos, úmidos e bem drenados (GALVÃO, 2000), sendo de grande interesse para zonas tropicais úmidas, onde apresenta procedências mais produtivas (FERREIRA, 1997).

Já o *Eucalyptus grandis* é considerado uma das principais fontes de matéria prima para produção de papel e celulose, caracterizando-se pela qualidade de celulose de fibra curta. Segundo Miranda (2012), a espécie supera qualquer outra espécie de *Eucalyptus* pelo incremento volumétrico em condições ambientais adequadas, sendo a espécie do gênero mais plantada no Brasil.

O híbrido *Eucalyptus urograndis* é uma das principais espécies florestais utilizadas no Brasil para o estabelecimento de florestas plantadas, sendo uma opção potencial das mais importantes, por apresentarem rápido crescimento, fácil adaptabilidade a diversos ambientes, atender aos requisitos tecnológicos dos diversos segmentos da produção industrial madeireira e contribuir, assim, para a redução da intensidade de exploração de florestas nativas (LOPES et al., 2011).

2.2 Função do hormônio no desenvolvimento da planta

As plantas são organismos multicelulares complexos, que necessitam de um meio eficaz de difusão de informações entre os órgãos, tecidos e células para o seu desenvolvimento. De maneira geral, as plantas são reguladas por diversos fatores, sejam internos (hormônios vegetais, conhecidos também como fitormônios) e externos (luz, água,

temperatura, minerais, entre outros). Quanto aos fatores internos, os hormônios vegetais são considerados os principais meios de comunicação intracelular. Por meio de sinais transmitidos de uma parte à outra, as plantas conseguem coordenar o seu metabolismo, crescimento e morfogênese (TAIZ e ZEIGER, 2004).

A palavra hormônio, de origem grega “horman”, que significa “estímulo”, cumpre função importante na regulação do crescimento, podendo ser encontrado em quantidades vestigiais nas estruturas das plantas, atuando de maneira direta ou indireta sobre os tecidos e órgãos que os produzem, expressando respostas fisiológicas específicas (KARLOVA e VRIES, 2006).

Os hormônios vegetais conhecidos atualmente são classificados em cinco grupos: auxinas, citocininas, giberelinas, ácido abscísico e etileno. Esses hormônios podem ser produzidos sinteticamente, tendo o mesmo efeito que os hormônios biossintetizados pelas plantas, sendo chamados de reguladores de crescimento e que, em concentrações propícias, podem controlar o desenvolvimento e o crescimento vegetal (TAIZ e ZEIGER, 2004).

A atuação desses reguladores podem causar efeitos, dependendo do tecido ou órgão no qual estiverem atuando, da concentração, da época de desenvolvimento de um mesmo tecido e podem ser alterados de acordo com vários fatores, tais como: espécie vegetal, idade da planta, condições ambientais, estágio de desenvolvimento, balanço endógeno hormonal, além dos estados nutricionais e fisiológicos (WEI et al., 2012).

Dentre esses hormônios, o que apresenta maior relevância fisiológica para as plantas são as auxinas. Essas substâncias são relacionadas à regulação do crescimento, estimulando o alongamento em coleóptilos e seções de caules (WENT, 1926). Dentro da classe das auxinas, temos as consideradas naturais, como é o caso do ácido indol-3-acético (AIA), considerada mais comum e abundante dessa classe, no qual é produzido nos meristemas, primórdios foliares, tecidos vasculares e órgãos reprodutivos (TAIZ e ZEIGER, 2006).

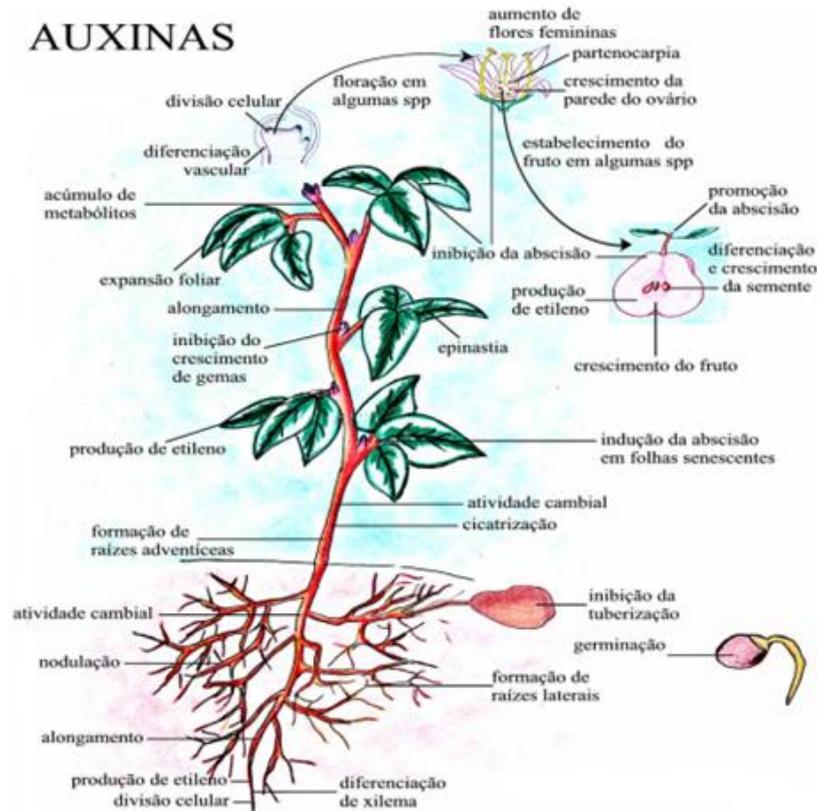
Existem também as auxinas sintéticas, comumente representadas pelo ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) e ácido 2-metoxi-3,6-diclorobenzoico (dicamba) (MATHESIUS, 2008).

O estudo com esses hormônios vegetais pode causar avanços na pesquisa científica, uma vez que os efeitos notórios no desenvolvimento vegetal são acarretados por moléculas sinalizadoras.

As auxinas atuam regulando diversos processos, como dominância apical, alongamento celular, geotropismo, fototropismo, partenocarpia, diferenciação dos tecidos vasculares, embriogênese, produção de etileno, desenvolvimento dos frutos, abscisão e

expressão sexual (ARTECA, 1996), além desses, existem outros processos que são regulados pelas auxinas (Figura 1). Quando aplicada, possibilita maior rapidez, qualidade, porcentagem e uniformidade de enraizamento (HARTMANN et al., 1997).

FIGURA 1: Representação esquemática dos efeitos fisiológicos das auxinas em plantas.



Fonte: JACOBS e GILBERT, 1983.

Outra implicação de seu uso e com efeito fisiológico importante é a redução da senescência foliar, desenvolvimento de partes florais e distribuição de fotoassimilados no vegetal em função do local de maior concentração de auxina, que tornará em dreno mais forte, relacionado ao deslocamento de solutos via floema (DAVIES, 2004).

A ocorrência do ácido indol-3-acético é bastante ampla no reino vegetal, sendo observada especialmente em órgãos de crescimento ativo, como folhas jovens e frutos em desenvolvimento e meristemas apicais da parte aérea (SACHS e THIMANN, 1967). Embora quase todos os tecidos vegetais sejam capazes de produzir AIA, os meristemas apicais de folhas jovens e de caules são os locais principais para a síntese desse hormônio (TAIZ e ZEIGER, 2006), sendo o aminoácido triptofano considerado o seu precursor.

O transporte da auxina é complexo e dinâmico, sendo regulado em vários níveis diferentes (MORRIS et al., 2010). Segundo Aloni (2004), há diversos percursos de transporte

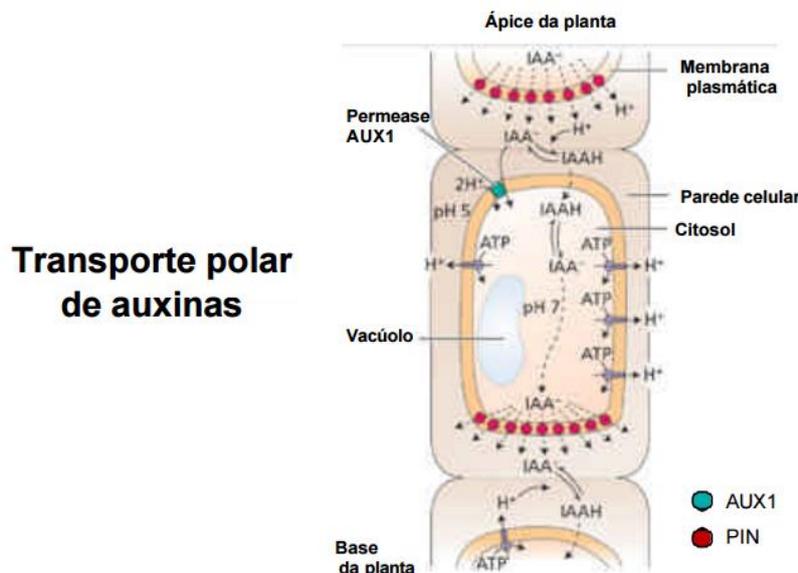
de auxina no corpo secundário de árvores, sendo que a principal via é a zona cambial e seus derivados mais recentes (SUNDBERG et al., 2000). Além disso, estudos feitos há mais de 90 anos demonstram que, em seções de coleótilos isolados, a auxina é propensa a se mover do ápice para a base, sendo a auxina o único fitohormônio a ser transportado dessa maneira, e esse tipo de transporte é chamado de transporte polar basípeto (WENT, 1926).

Segundo Ljung et al. (2005), os meristemas apicais das raízes são também locais importantes para a síntese de auxinas, especialmente à medida que as raízes atingem a maturidade e se alongam, embora elas ainda permaneçam dependentes da parte aérea para maior parte de auxina.

O meristema apical da parte aérea serve como fonte majoritária de auxina para o restante da planta e esse transporte polar contribui para a formação de um gradiente descendente de auxina da parte aérea para as raízes. Esse gradiente acaba controlando alguns processos já discutidos, como a dominância apical, senescência de folhas e alongamento do caule (UGGLA et al., 1998).

O transporte polar é dividido em duas etapas: o influxo e o efluxo das auxinas, segundo modelo quimiosmótico (Figura 2).

FIGURA 2: Modelo quimiosmótico do transporte polar de auxinas.



Fonte: JACOBS e GILBERT, 1983.

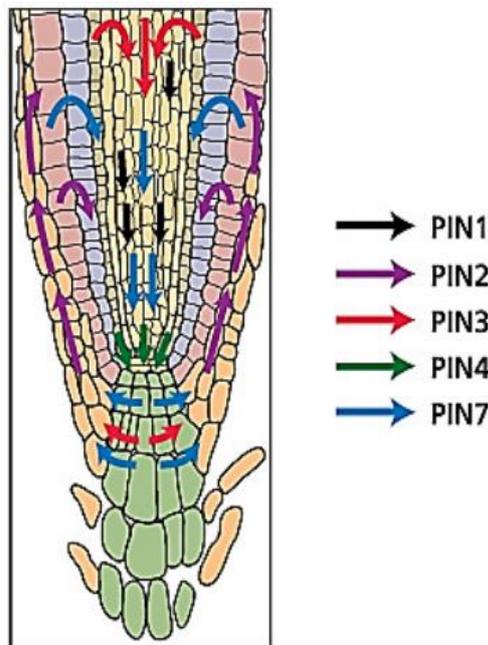
O modelo ilustrado na Figura 2 apresenta que as auxinas entram na célula de maneira semi-passiva, por causa do influxo ocasionado pela diferença de potencial de acidez (pH) entre a parede (consideravelmente mais ácida) e o seu interior (mais básico). O influxo é

facilitado por meio de enzimas transportadoras, as permeases, as quais participam do processo de difusão transmembranar a favor do gradiente de concentração e são produtos dos genes AUX (JACOBS e GILBERT, 1983).

A auxina ionizada precisa ser conduzida para fora da célula e as responsáveis por esse transporte ativo, as quais causam o efluxo da auxina, são as proteínas transmembranares da família PIN (proteínas geralmente localizadas de forma polarizada, tanto na base ou no ápice das células), que geram esse transporte polar no corpo da planta (JACOBS e GILBERT, 1983).

No interior do caule, na região basal das células do parênquima do sistema vascular, estão localizadas as proteínas PIN1, as quais induzem o fluxo em direção à base da planta. Na parte terminal das raízes, as proteínas PIN3 e PIN4 redirecionam o fluxo de auxinas vindo da parte aérea para as demais regiões periféricas, onde se encontram as proteínas PIN2, que irão transportar a auxina em direção à parte aérea da planta. Esse fluxo polar de auxina induz o crescimento da raiz e serve de informação posicional para todas as células (Figura 3).

FIGURA 3: Proteínas de transporte da família PIN no efluxo de auxina.



Fonte: JACOBS e GILBERT, 1983.

Diante disso, a auxina que é produzida no meristema apical é transportada pelo interior da planta em direção à raiz e, em seguida, de volta ao ápice caulinar pelos tecidos epidérmicos e subepidérmicos (WENT, 1926).

De acordo com os vários processos em que o AIA apresenta efeito, pode-se dizer que sua aplicação favorecerá o crescimento da planta e, conseqüentemente, nas características anatômicas da madeira, atentando-se às concentrações a serem aplicadas, que variam de acordo com a espécie, o clone, o estágio de maturação do propágulo e quanto à forma de aplicação, que pode ser em pó ou líquida (WILSON, 1994; CHUNG e LEE, 1994; GOMES, 1987; BLAZICH, 1987).

2.3 Carvão vegetal ativado

Carvão vegetal é o termo genérico do produto sólido obtido da carbonização da madeira e, antes mesmo de seu surgimento para o substrato, ele já era empregado como material adsorvente.

O carvão vegetal ativado é oriundo a partir do processo de combustão controlada, com temperaturas que variam de 400 a 900°C (de modo que se adeque a temperatura para não ocorrer degradação da superfície e conseqüente perda de carbono) com baixos teores de oxigênio.

A maioria dos materiais que possuem elevado teor de carbono pode ser convertida em carvão ativado, sendo precursores o bagaço de cana de açúcar (KRISHNAN e ANIRUDHAN, 2002), cascas de noz (AHMEDNA et al., 2004), resíduos de café (BAQUERO et al., 2003), cascas de coco (DIN et al., 2009), fibras de piaçava (AVELAR, 2008), além de madeiras e demais materiais carbonáceos.

O processo de ativação busca tornar o material bastante poroso e absorvente, características no qual o torna benéfico, visto que pode possibilitar uma maior adsorção de moléculas tanto em fase líquida quanto gasosa (GORGULHO et al., 2008).

Previamente ao processo de ativação, o carvão vegetal utilizado como insumo no solo, apresenta benefícios tanto para o solo quanto para atmosfera. Algumas dessas características são: mitigação das alterações climáticas, visto que como o carvão não se degrada rapidamente, sua estrutura poderia manter, por centenas de anos, grande parte do carbono pirogênico que contém, ao invés de liberá-lo na atmosfera na forma de CO₂ (CASSELMAN 2007); melhor aproveitamento dos resíduos pois pode obter o mesmo de diversas matérias-primas, melhoria na produtividade do solo e na produção de energia (LEHMANN et al. 2003).

A estrutura do carvão vegetal ativado, produzido a partir de qualquer material carbonáceo, pode apresentar cavidades dos poros alongadas e aberturas de forma oval (Figura 4). Esta estrutura proporciona uma área superficial interna de 600 a 1.200 m²/grama,

tornando-se uma rede porosa capaz de reter a substância a ser adsorvida. A porosidade interna desse carvão é classificada de acordo com o seu tamanho, em macro, meso ou microporos.

FIGURA 4: Microscopia eletrônica de varredura de carvão ativado obtido de bagaço da casca de acácia-negra com ampliação de 1000 vezes.

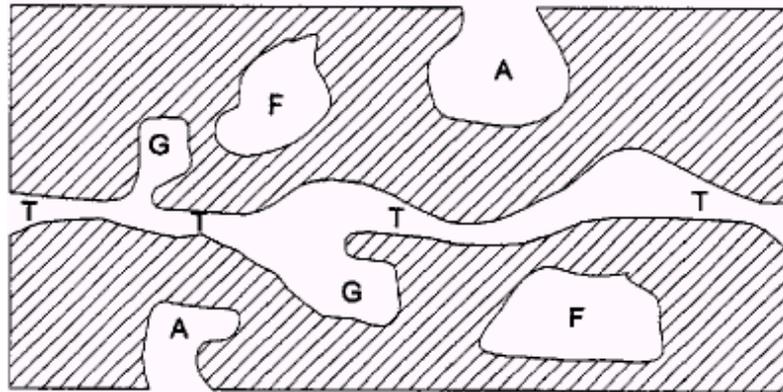


Fonte: LINHARES *et al.*, 2016.

O carvão ativado pode ser classificado em três tipos: fibroso, granular e pó, de acordo com a forma e tamanho dos poros, sendo que cada um tem uma aplicação específica (SRINIVASAKANNAN e ABU BAKAR, 2004). São utilizados como materiais adsorventes no controle da emissão de poluentes, no tratamento de água, desodorização do ar, como suporte de catalisadores e outros (SCHETTINO *et al.*, 2007).

Na classificação quanto à forma, os poros podem ser fechados, abertos, de transporte e tipo gaiola. O poro fechado corresponde a um orifício isolado, enquanto o aberto corresponde a buracos que se comunicam com a superfície externa e, caso permita o fluxo de um fluido, é classificado como poro de transporte e pode apresentar cavidades (poro tipo gaiola) que não contribuem para o fenômeno de transporte (Figura 5).

FIGURA 5: Diferentes tipos de poros em um sólido: A - poro aberto, F - poro fechado, T - poro de transporte e G - poro tipo gaiola.



Fonte: GREGG e SING, 1967.

A porosidade do carvão vegetal ativado pode influenciar nas diferenças das características de adsorção e, de acordo com a *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC), há uma classificação referente à sua forma e dimensão (SING, 1985), sendo um ponto importante na avaliação do seu desempenho.

Segundo a IUPAC (1982), os poros podem ser classificados como micro, meso e macroporos, dependendo do seu diâmetro (Tabela 1).

TABELA 1: Classificação dos poros de acordo com o diâmetro, em nanômetro (nm).

Tipos de poros	Tamanho dos poros
Microporos	Diâmetro < 2 nm
Mesoporos	2 nm < Diâmetro < 50 nm
Macroporos	Diâmetro > 50 nm

Fonte: IUPAC (1982).

A proporção relativa de micro, meso e macroporos na estrutura do carvão ativado variam notavelmente de acordo com o precursor e quanto ao processo de fabricação. Segundo Soares (1998), os carvões ativados são principalmente microporosos, mas, em aplicações em fase líquida, os mesos e macroporos são muito importantes para facilitar o acesso das moléculas de adsorbato para o interior da partícula.

Quanto à área superficial do carvão ativado, observa-se que está diretamente relacionada com a sua capacidade de adsorção, termo que refere ao processo no qual um determinado contaminante adere-se à superfície de um adsorvente, devido a interações eletrostáticas e hidrofóbicas entre adsorbato-adsorvente (NAM et al. 2014).

A capacidade de adsorção é frequentemente utilizada como medida para descrever o desenvolvimento dos poros (SUZUKI, 1990). Além disso, segundo Baldissarelli (2006), a extensão da adsorção é maior quanto maior for a área superficial específica, ou seja, quanto maior for a área total disponível para adsorção.

Segundo Delgado et al. (2012), o processo de ativação possui vantagens, como a aplicabilidade a baixas concentrações, sendo dessa forma apropriado em sistemas contínuos, com baixo capital de investimento e fácil operação.

De acordo com Tsang et al. (2007), a adsorção pode ser afetada por fatores como os tipos de estrutura dos poros, a superfície química, os grupos funcionais, as propriedades do adsorvente, composições químicas que desempenham papel importante no mecanismo e capacidade de adsorção, a solubilidade do soluto, o pH do meio, a temperatura, tempo de contato e agitação.

Além desses fatores, o diâmetro molecular do adsorbato também afeta a adsorção. Segundo Foust (1982), compostos com diâmetros moleculares menores apresentam mais facilidade em difundir-se para o interior do sólido e, conseqüentemente, a adsorção é maior.

O grau de porosidade natural dos materiais carbonáceos, em sua maioria, apresenta área superficial variando entre 10 e 15 m²g⁻¹. No processo de ativação, a área superficial aumenta com a oxidação dos átomos de carbono e, segundo Claudino (2003), após esse processo, o carvão pode apresentar área superficial acima de 800 m²g⁻¹.

Diante das características que o material carbonáceo passa a apresentar após processo de ativação, e visto que a composição do substrato tem sido amplamente estudada para se obter condições ideais para a germinação, crescimento e desenvolvimento de mudas, a busca por meios de crescimento que ofereçam composição uniforme, baixa densidade, alta capacidade de troca catiônica (CTC), alta capacidade de retenção de água e boa aeração e drenagem se intensificaram (MUROYA et al., 1997).

Como a formação de mudas está associada à qualidade do substrato, o carvão vegetal por apresentar características benéficas ao solo passou a ser visto como alternativa para melhorar condições de crescimento de plantas. O mesmo apresenta características que aumentam a capacidade de retenção de água e nutrientes no solo devido à sua natureza porosa e forma relativamente estável da matéria orgânica do solo, cuja estrutura policíclica aromática confere estabilidade e apresenta atividade química na sua superfície, promovendo também a absorção de compostos orgânicos solúveis (BENITES et al., 2005; NOVOTNY et al., 2009).

Espera-se então, que o carvão ativado ao ser incorporado ao solo apresente substancial contribuição para o crescimento e aumento do vigor das plantas, garantindo maior sucesso no seu desenvolvimento.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Com o intuito de verificar o efeito da aplicação do regulador vegetal AIA, em conjunto com o carvão ativado no substrato, no desenvolvimento da planta e do lenho das espécies *Eucalyptus urophylla* e *E. grandis*, foi instalado um experimento no Viveiro Florestal da Universidade Federal de Lavras (UFLA). O delineamento utilizado foi inteiramente ao acaso, em esquema fatorial 3x2, com seis tratamentos e quatro repetições, totalizando 24 parcelas experimentais constituídas de uma planta por parcela, sendo um experimento conduzido para *Eucalyptus urophylla* e um para *E. grandis*. Os tratamentos foram resultantes da variação de dosagem do regulador hormonal (zero, 5 e 10 mM), com e sem adição de carvão ativado ao substrato.

As mudas produzidas para as duas espécies foram de origem seminal, oriundas do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais – IPEF. O carvão ativado, sob forma granular, foi adquirido de material carbonáceo comercial não identificado da marca Boyu Ponds.

Após a germinação das sementes, as mudas foram transplantadas para vasos de 12 litros, que continham substratos preparados de duas maneiras: o primeiro contendo uma mistura de três partes de Latossolo Vermelho de textura média e uma parte de esterco bovino; e o segundo contendo 1 kg de carvão ativado adicionado ao primeiro substrato, de maneira que essa quantidade fosse dividida igualmente para todos vasos. Ambos os substratos foram distribuídos de acordo com cada tratamento, conforme a Tabela 2.

TABELA 2: Experimento em resposta ao substrato e a dosagem de auxina (milimolar – mmol).

Tratamento	Carvão ativado no substrato	Dosagem de auxina (mmol)
1	Não	0
2	Sim	0
3	Não	5
4	Sim	5
5	Não	10
6	Sim	10

Fonte: Do autor (2018).

Em laboratório, com auxílio de um manual de preparo de soluções, foram preparadas as soluções do regulador, nas concentrações de zero, 5 e 10 mM. As aplicações do regulador vegetal foram iniciadas 30 dias após o transplante, com intervalo de 15 dias entre aplicações, totalizando seis aplicações.

O turno de rega foi realizado diariamente pela manhã, de acordo com a necessidade hídrica da planta. Durante o experimento foram necessárias avaliações fitossanitárias das plantas para o controle de oídio, tendo sido pulverizada uma solução de sulfato de cobre, adesil, leite e água duas vezes por semana, até a finalização do experimento.

3.1 Análise de altura e da massa seca da raiz

Medições de altura foram realizadas quinzenalmente, 30 dias a partir do transplântio. Coletou-se dados partindo da base do coleto à última folha do meristema apical com o auxílio de uma trena.

Para obtenção da massa seca das raízes, ao final (105 dias) do experimento, foi realizada a separação dos demais compartimentos da muda (folhas, galhos e fuste) no Laboratório de Química da Madeira da Universidade a Federal de Lavras. Ainda em laboratório, as raízes foram lavadas em água corrente para retirada total do excesso de substrato. Todo o material foi colocado em sacos de papel de 5 L, tendo sido levados à estufa de circulação e renovação forçada de ar a temperaturas de 75 ± 2 °C, até massa constante.

O ponto de máxima resposta em massa seca em função da dosagem do regulador vegetal, foi determinado pelo uso da primeira derivativa da equação. A equação geral utilizada foi a seguinte:

$$MS_i = \beta_0 + \beta_1 AIA_i + \beta_2 AIA_i^2 + \varepsilon_i \quad (1)$$

Em que:

MS_i : representa a Massa Seca, em gramas, da i ésima planta;

β_i : representam os parâmetros estimados;

AIA_i : representam as doses do regulador, em mM, para a i ésima planta;

ε_i : representa os erros aleatórios da regressão.

A primeira derivativa da equação (1), igualada a zero, gera o ponto de máxima resposta em massa seca, considerando que a curva tem formato convexo. A expressão é dada por:

$$\frac{\partial MS_i}{\partial AIA_i} = \beta_1 + 2\beta_2 AIA_i \quad (2)$$

3.2 Análise anatômica

A caracterização anatômica microscópica do lenho das plantas foi realizada de acordo com a metodologia estabelecida pela International Association of Wood Anatomists (IAWA, 1989) no Laboratório de Anatomia da Madeira da Universidade Federal de Lavras.

A haste principal de cada planta foi utilizada para a realização da análise anatômica do das plantas. A haste foi medida e dividida em três partes (10, 30 e 50 % da altura da planta) denominados corpos de prova, onde seriam realizadas 30 medições por altura.

Para a obtenção do material macerado necessário para análises microscópicas, foi utilizado o método adaptado de Franklin (1945). Foram retiradas fragmentos, no plano longitudinal de cada corpo de prova e armazenadas em recipiente de vidro, adicionando-se então uma solução contendo ácido acético glacial e peróxido de hidrogênio na proporção 1:1 e levadas à estufa, a 105 ° C, por 24 horas aproximadamente.

Em seguida, o material dissociado foi lavado em água corrente e corado com safranina hidro-alcoólica. Para observar os elementos celulares dissociados foram confeccionadas lâminas temporárias misturando-se uma pequena quantidade de macerado em gotas de glicerina entre lâmina e lamínula.

As dimensões dos elementos anatômicos foram mensuradas com o auxílio de um microscópio de luz OLYMPUS BX41 (com aumento de 4 a 40 x), associado a uma câmera digital Pixelink, modelo PL A662. Comprimento e largura das fibras e espessura da parede celular foram analisadas com o software de imagem WinCell Pro, da Regent Instrument Inc– Canadá.

Para cada tratamento, de cada espécie avaliada, foram registrados os valores de comprimento e largura de fibra. Para obtenção dos valores de espessura da parede utilizou-se da equação 3:

$$EP(\mu\text{m}) = \frac{E_f - L_l}{2} \quad (3)$$

Em que:

EP(μm): espessura da parede da fibra;

Ef (μm): largura total da fibra;

Ll (μm): diâmetro do lúmen da fibra.

3.3 Análise estatística

A avaliação dos resultados foi realizada separadamente para cada uma das espécies estudadas. Foram considerados como fatores de variação as dosagens de regulador (0, 5 e 10 mmol) e a presença do carvão ativado (com ou sem).

Na avaliação da altura da planta foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial duplo, com parcelas subdivididas no tempo, com quatro repetições, sendo a subparcela a idade da planta no dia de medição da altura. Para a avaliação das propriedades anatômicas também foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial duplo com parcelas subdivididas, sendo a subparcela a posição longitudinal de coleta do material, com quatro repetições (planta).

Quando houve efeito significativo do fator dosagem ou interação dosagem com presença de carvão vegetal, o teste de Tukey a 5% de probabilidade foi utilizado para comparar as médias. Foram ajustados modelos quadráticos para os efeitos das subparcelas (idade no dia de medição e posição longitudinal de coleta) na ausência e presença de carvão vegetal.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o *software* R versão 3.3.2 (R CORE TEAM, 2016) com auxílio do pacote *nlme* (PINHEIROS et al, 2017).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise de crescimento

4.1.1 Altura de plantas

Analisando-se o efeito do carvão ativado e das concentração do regulador vegetal para as duas espécies utilizadas, foi possível observar efeito significativo no crescimento das plantas (altura) apenas para espécie *Eucalyptus urophylla*.

Eucalyptus urophylla

De acordo com a análise de variância para a espécie *Eucalyptus urophylla* houve efeito significativo apenas para presença de carvão ativado (Tabela 3).

TABELA 3: Análise de variância para a espécie *Eucalyptus urophylla*.

Fator de Variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Presença de Carvão (PC)	1	209	209,17	7,072	0,00853**
Dosagem (D)	2	65	32,28	1,091	0,33798
PC:D	2	143	71,50	2,417	0,09203
Resíduo	180	5324	29,58		
Total	185				
CV (%) A	17,32				
CV (%) B	11,05				

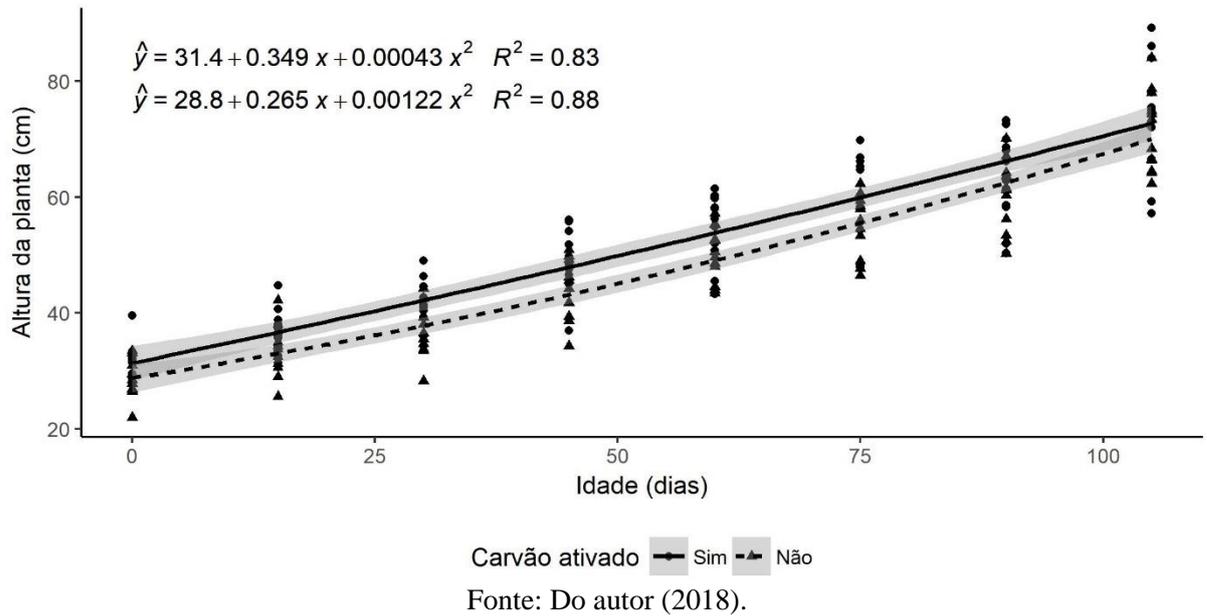
Média do experimento = 49,92 cm

**significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2018).

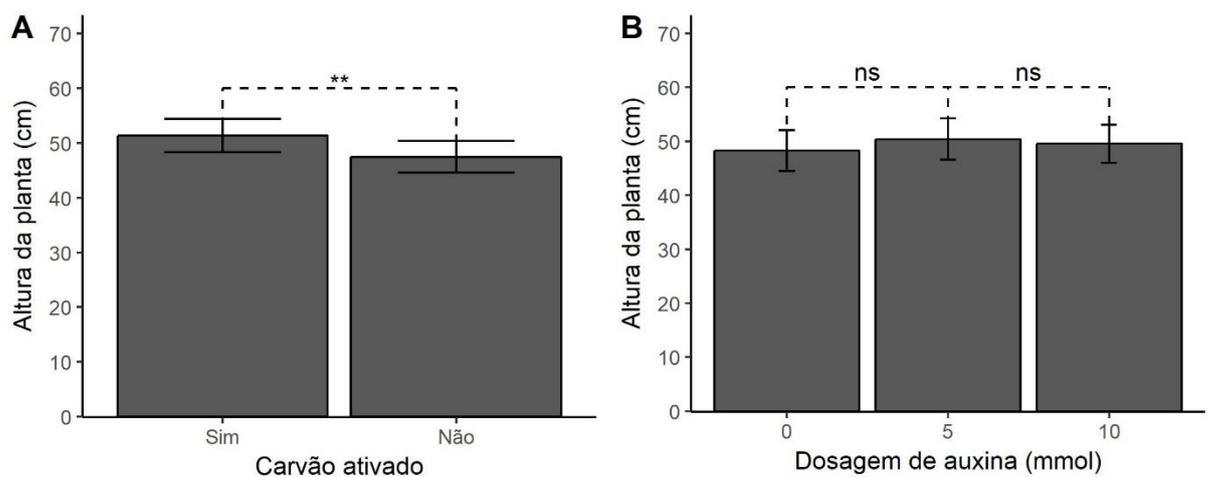
Depois de obtida análise de variância, realizou-se uma análise de regressão tanto para presença quanto ausência de carvão ativado no substrato, tendo como variável dependente a altura total das plantas (cm) e a idade (dias) como variável independente. Foi utilizado o polinômio de grau dois (Figura 6). Pela mesma figura, observou-se que a presença de carvão apresentou melhor comportamento em altura quando comparada a ausência de carvão.

FIGURA 6: Análise de regressão para efeito da idade (dias) na altura das mudas (cm) de *Eucalyptus urophylla*.



Para avaliar apenas influência do carvão ativado (Figura 7A) e da dosagem de auxina (mmol) (Figura 7B) na altura das plantas (cm) ao final de 105 dias, foram feitos gráficos de barras (Figura 7).

FIGURA 7: Altura das plantas (cm) em função do carvão ativado no substrato (A) e da dosagem de auxina (mmol) para a espécie *Eucalyptus urophylla*.



**significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2018).

Na Figura 7A observando-se a presença ou não de carvão ativado ao solo nota-se diferença significativa, indicando que com a presença do mesmo contribuiu positivamente para o desenvolvimento em altura das plantas avaliadas para essa espécie.

É possível observar também que quando avaliado apenas efeito das dosagens do regulador vegetal, o mesmo não apresentou diferença significativa entre elas (Figura 7B), podendo ser um indicativo que a auxina tenha sido adsorvida na estrutura do carvão, e deixando claro que a altura das plantas de *Eucalyptus urophylla* é influenciada exclusivamente pela presença do carvão ativado no substrato.

A afirmativa de que o carvão adsorveu o regulador e de que não houve liberação dessa auxina está de acordo com o encontrado em literatura, pois o carvão ativado possui característica de liberação lenta, o que é acrescido pelo fato dos conjugados da auxina já serem armazenados dentro da planta e depois hidrolisados para fornecer auxina livre como a planta requer (BLAKESLEY, 1994; NAKHOODA et al., 2011).

Além disso, é conhecido que essa liberação e fornecimento de auxina para a planta pode ocasionar um acúmulo do regulador vegetal, que irá interferir diretamente no seu crescimento, visto que há uma faixa de concentração ótima para que este regulador vegetal seja efetivo (DAVIES, 2004; TARAKHOVSKAYA et al., 2007).

Apesar de apresentar esta característica de liberação lenta, o carvão ativado quando aplicado como único tratamento ao solo pode trazer ganhos em altura para algumas espécies. Petter et al.(2012) relataram que a adição de 7,5% de biochar (v/v) no substrato para produção de *Eucalyptus citriodora* promoveu maior desenvolvimento, tanto em altura, quanto em diâmetro do coleto.

Eucalyptus grandis

Para a espécie *Eucalyptus grandis*, de acordo com a análise de variância não houve diferença estatística significativa apenas para os fatores presença de carvão ativado e dosagem do regulador vegetal (Tabela 4).

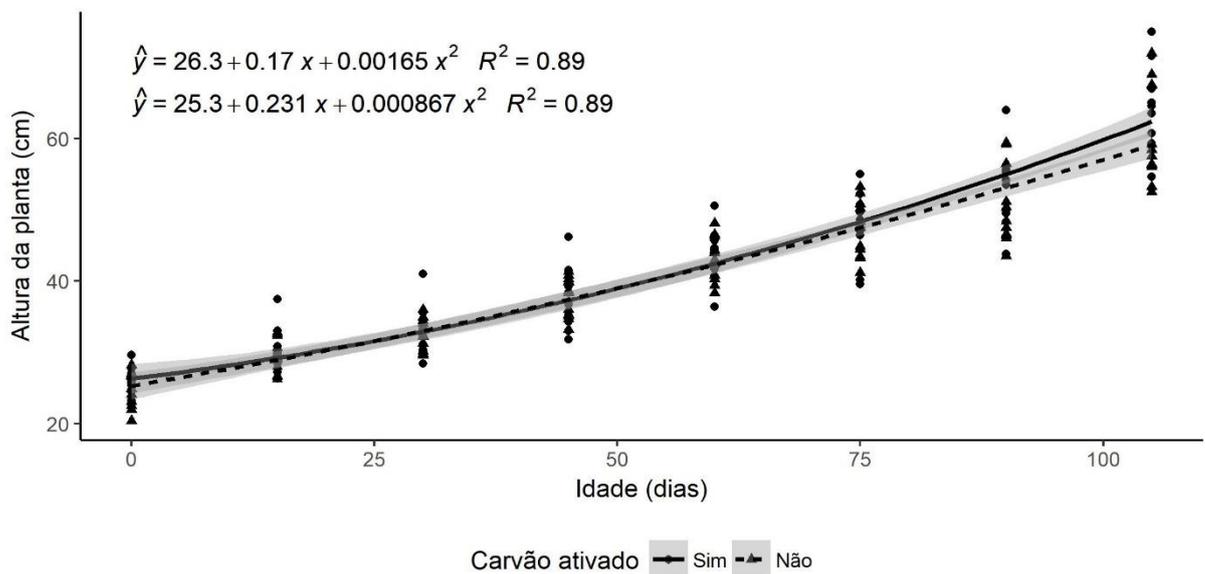
TABELA 4: Análise de variância para a espécie *Eucalyptus grandis*.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Presença de Carvão (PC)	1	0,7	0,657	0,040	0,841
Dosagem (D)	2	22,3	11,147	0,686	0,505
PC:D	2	17,1	8,536	0,525	0,592
Resíduo	180	2924,1	16,245		
Total	185				
CV(%) A	36,58				
CV(%) B	9,76				

Média do experimento = 41,28 cm

Fonte: Do autor (2018).

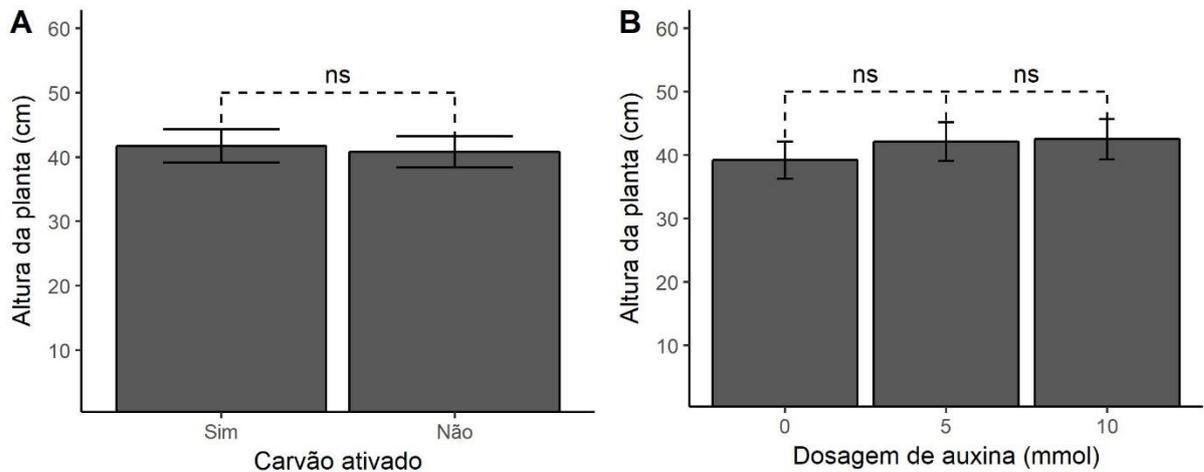
Para a espécie *Eucalyptus grandis* realizou-se análise de regressão tanto para presença quanto ausência de carvão ativado no substrato, tendo como variável dependente a altura total das plantas e a idade como variável independente. Foi utilizado o polinômio de grau dois (Figura 8).

FIGURA 8: Análise de regressão para efeito da idade (dias) na altura das mudas (cm) de *Eucalyptus grandis*.

Fonte: Do autor (2018).

De acordo com a Figura 9, o uso de carvão ativado (Figura 9A) juntamente com o regulador vegetal (Figura 9B) não influenciou estatisticamente a altura de plantas para o *Eucalyptus grandis*, demonstrando assim que cada espécie responde de maneira diferentes para essa variável analisada.

FIGURA 9: Altura das plantas (cm) em função do carvão ativado no substrato (A) e da dosagem de auxina (mmol) para a espécie *Eucalyptus grandis*.



Fonte: Do autor (2018).

Este resultado está de acordo com Almeida et al. (2007), que afirmam que o uso de reguladores vegetais tende a ser ajustados de acordo com a espécie utilizada, visto que a planta já produz endogenamente certa quantidade de auxina para sua propagação e para seu alongamento celular.

Silva et al. (2015), aplicando fertilizante convencional de liberação lenta (NPK), em um plantio de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, não encontraram diferença significativa na altura das mudas, corroborando com os efeitos apresentados pela auxina neste trabalho. Entretanto, outros experimentos de fertilização convencional de *Eucalyptus* (SILVA et al., 2008; SILVA et al., 2013), demonstraram que houve diferenciação no crescimento em altura para as fertilizações estudadas, após o primeiro ano de crescimento, deixando claro que o fator espécie influencia esses resultados.

4.1.2 Massa seca da raiz

Eucalyptus urophylla

Na tabela 5, são apresentados os resultados da análise de variância para massa seca da raiz da espécie *Eucalyptus urophylla* aos 105 dias de idade, onde os fatores presença de carvão ativado e dosagem, variando as concentrações de auxina, não foram significativos estatisticamente.

TABELA 5: Análise de variância da massa seca de raiz para espécie *Eucalyptus urophylla*.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Presença de Carvão (PC)	1	3,81	3,806	1,113	0,305
Dosagem (D)	2	0,72	0,362	0,106	0,900
PC:D	2	1,57	0,785	0,230	0,797
Resíduo	18	61,56	3,420		
Total	23				

Fonte: Do autor (2018).

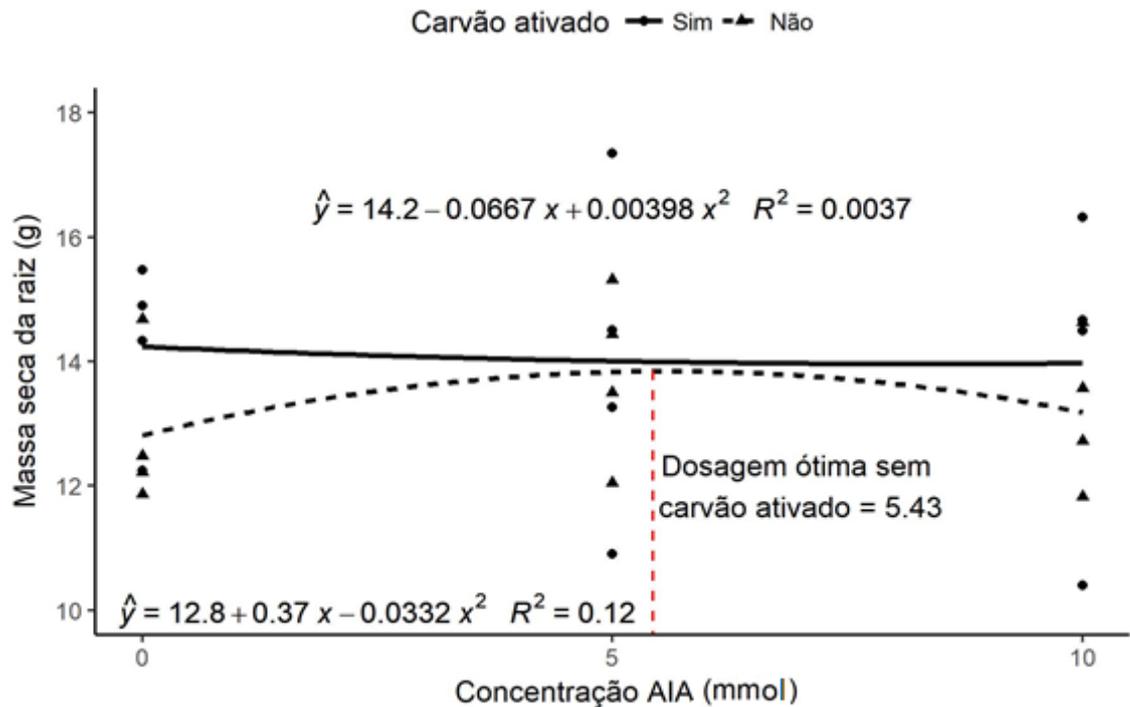
Na Figura 10 observou-se que a presença de auxina induz, até certo ponto, o aumento no acúmulo de massa da raiz na planta. Isto indica que o regulador vegetal, além de alterar processos vitais e estruturais das plantas, é capaz de estimular o desenvolvimento do sistema radicular (VIEIRA e CASTRO, 2001; SILVA et al., 2008).

Ainda na mesma figura, para ausência do carvão ativado no substrato houve aumento da massa seca de raiz entre a dosagem de 0 mmol e o tratamento realizado com dosagem de 5 mmol. Pode-se verificar também, uma tendência de decréscimo do acúmulo da massa seca da raiz ao se aumentar a concentração.

O decréscimo é explicado pela fitotoxidez, causada pela elevada dosagem do regulador vegetal, pois a auxina, quando em altas concentrações, tem efeito inibitório e depende da espécie (DAVIES, 2004; TARAKHOVSKAYA et al., 2007). Essa inibição causada na planta por exceder níveis ótimos é atribuída a biossíntese de etileno induzida pela auxina (AYALA-SILVA et al., 2005; ROMANO et al., 1993). O etileno, segundo Davies (2004), é capaz de inibir o alongamento de raízes e caules em muitas espécies.

A concentração ideal do regulador vegetal para ausência do carvão ativado no substrato, apresentou dosagem ótima na concentração de 5,43 mmol, enquanto o devido ao comportamento apresentado para presença de carvão, não há uma concentração ideal para se obter acúmulo de massa seca da raiz.

FIGURA 10: Gráfico de massa seca da raiz para a espécie *Eucalyptus urophylla* com e sem presença de carvão ativado.



Fonte: Do autor (2018).

Para presença de carvão ativado observa-se uma tendência de diminuição da massa seca de raiz ao aumentar a concentração do regulador vegetal. O fato ocorrido pode ser explicado por Alvarenga e Carvalho (1983), em que concentrações de reguladores vegetais empregadas variam e devem ser ideais para cada tipo de espécie. Fato esse comprovado por Hartmann et al. (2002) com aplicação de auxinas em estacas de clones de *Eucalyptus grandis* x *urophylla*. Este fato pode ser um indicativo que para essa espécie, a auxina possa ter sido adsorvida pelo carvão ativado.

Eucalyptus grandis

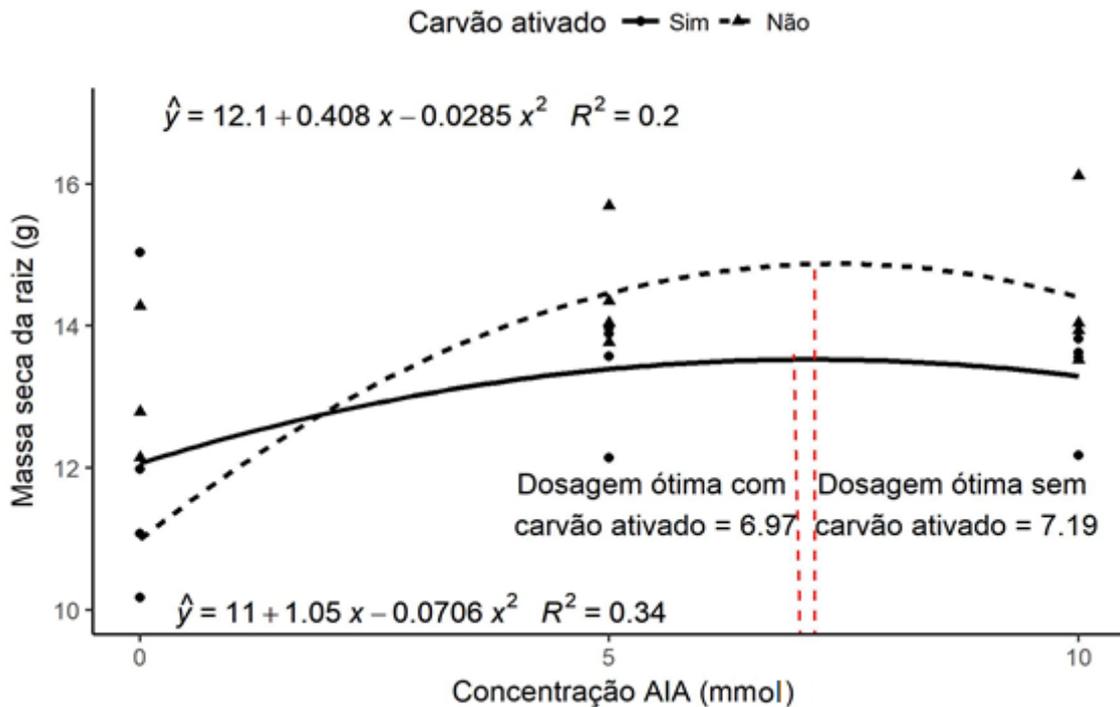
Na tabela 6, são apresentados os resultados da análise de variância para massa seca da raiz da espécie *Eucalyptus grandis* aos 105 dias de idade, onde os fatores presença de carvão ativado e dosagem, variando as concentrações de auxina, não foram significativos estatisticamente.

TABELA 6: Análise de regressão da massa seca de raiz para espécie *Eucalyptus grandis*.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Presença de Carvão (PC)	1	0,82	0,818	0,189	0,6689
Dosagem (D)	2	29,75	14,873	3,437	0,0544
PC:D	2	6,26	3,129	0,723	0,4988
Resíduo	18	77,89	4,327		
Total	23				

Fonte: Do autor (2018).

Na Figura 11 foi possível observar que a presença de auxina também estimulou assim como a espécie *Eucalyptus urophylla*, houve aumento no acúmulo de massa da raiz na planta até determinado ponto, decrescendo logo em seguida. Percebe-se que em ambas espécies a auxina interfere nos processos vitais e estruturais das plantas, sendo capaz de estimular o desenvolvimento do sistema radicular (VIEIRA e CASTRO, 2001; SILVA et al., 2008).

FIGURA 11: Gráfico de massa seca da raiz para a espécie *Eucalyptus grandis*, com e sem presença de carvão ativado.

Fonte: Do autor (2018).

O decréscimo apresentado em acúmulo de massa seca da raiz a partir de certo ponto, assim como foi para outra espécie estudada, também é ocasionado pela fitotoxidez devido às altas concentrações do regulador.

Em trabalho realizado por Mauri (2016), observou-se que o aumento de massa seca deu-se de acordo com a área de aplicação do regulador vegetal, tendo na aplicação foliar uma maior destinação de massa seca para compartimentos lenhosos (fuste e galhos), e na radicular uma maior destinação às raízes. Considerando que a aplicação neste trabalho foi foliar, isso pode explicar a pequena variação entre os valores de massa seca de raízes em todos os tratamentos realizados.

Ainda de acordo com a mesma figura, é possível notar que a presença do carvão ativado quando comparada com sua ausência, apresentou melhores resultados em massa seca da raiz. Tendo a dosagem ótima do regulador na concentração de 6,97 mmol para presença do carvão ativado e 7,19 mmol para ausência do carvão.

4.2 Variação morfológica das fibras ao longo do caule

4.2.1 Comprimento e largura de fibras

A aplicação foliar do regulador vegetal alterou a variação morfológica das fibras ao longo do caule. Para o comprimento de fibras, em ambas as espécies, houve diferença significativa apenas para presença do regulador vegetal (Tabelas 7 e 8).

TABELA 7: Análise de variância para comprimento de fibra na espécie de *Eucalyptus urophylla*.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Presença de Carvão (PC)	1	11	11	0,003	0,95378
Dosagem (D)	2	44077	22039,5	6,897	0,00201**
PC:D	2	1176	588	0,184	0,83243
Resíduo	60	191738	3196		
Total	65				
CV (%) A	28,79				
CV (%) B	11				

Média do experimento = 513,84 μm

**significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2018).

TABELA 8: Análise de variância para comprimento de fibra na espécie de *Eucalyptus grandis*.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Presença de Carvão (PC)	1	609	609	0,433	0,513
Dosagem (D)	2	33100	16550	11,757	4,92e-05***
PC:D	2	243	122,5	0,086	0,917
Resíduo	60	84458	1408		
Total	65				
CV (%) A	22,32				
CV (%) B	6,89				

Média do experimento = 544,53 μm

***significativo ao nível de 0,1% de probabilidade.

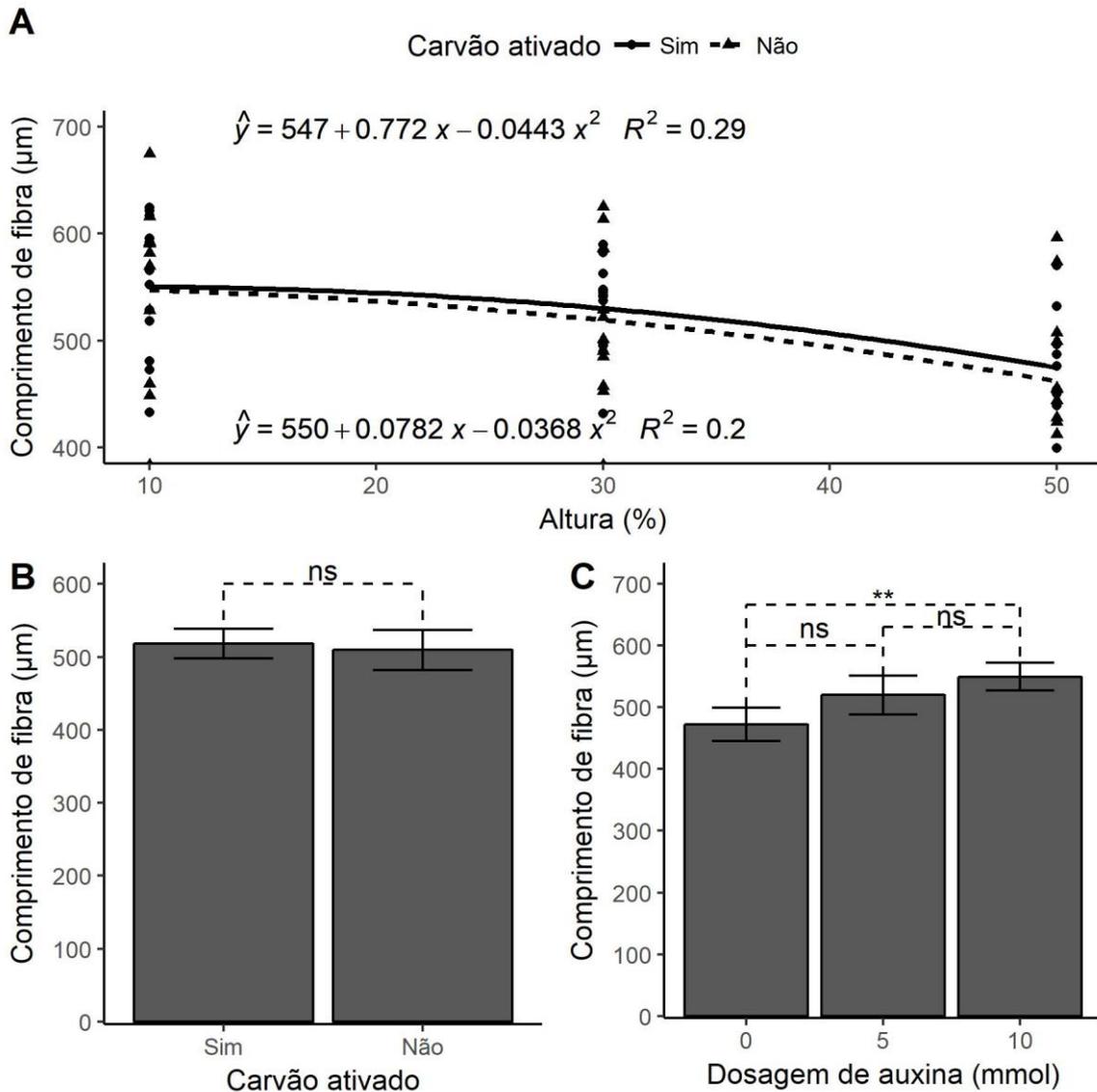
Fonte: Do autor (2018).

Para a espécie *Eucalyptus urophylla*, de acordo com presença ou não do carvão ativado em diferentes alturas (Figura 12A), observou-se em ambos os casos que a porção mais baixa da planta, à 10% da altura total da planta, foi a que obteve maiores comprimentos de fibra (μm), com posterior decréscimo dessa variável no sentido base topo, tendo a 50% da altura total da planta os menores valores em comprimento de fibras.

Ao se avaliar apenas a influência do carvão ativado, observou-se que o mesmo não apresentou diferença estatística significativa quanto a presença de carvão no substrato (Figura 12B).

Quando avaliada a influência da dosagem de auxina, observou-se que as diferentes concentrações do regulador só foram significativas quando comparadas a menor dosagem (0 mmol) à maior dosagem (10 mmol), indicando que a maior dosagem foi a que obteve maiores comprimentos de fibras para essa espécie (Figura 12C).

FIGURA 12: Análise de regressão para comprimento de fibras (μm) para presença ou não de carvão ativado em diferentes alturas (A); Teste de média para influência apenas do carvão ativado (B) ou da dosagem de auxina (mmol) (C) para espécie *Eucalyptus urophylla*.



**significativo ao nível de 1% de probabilidade.

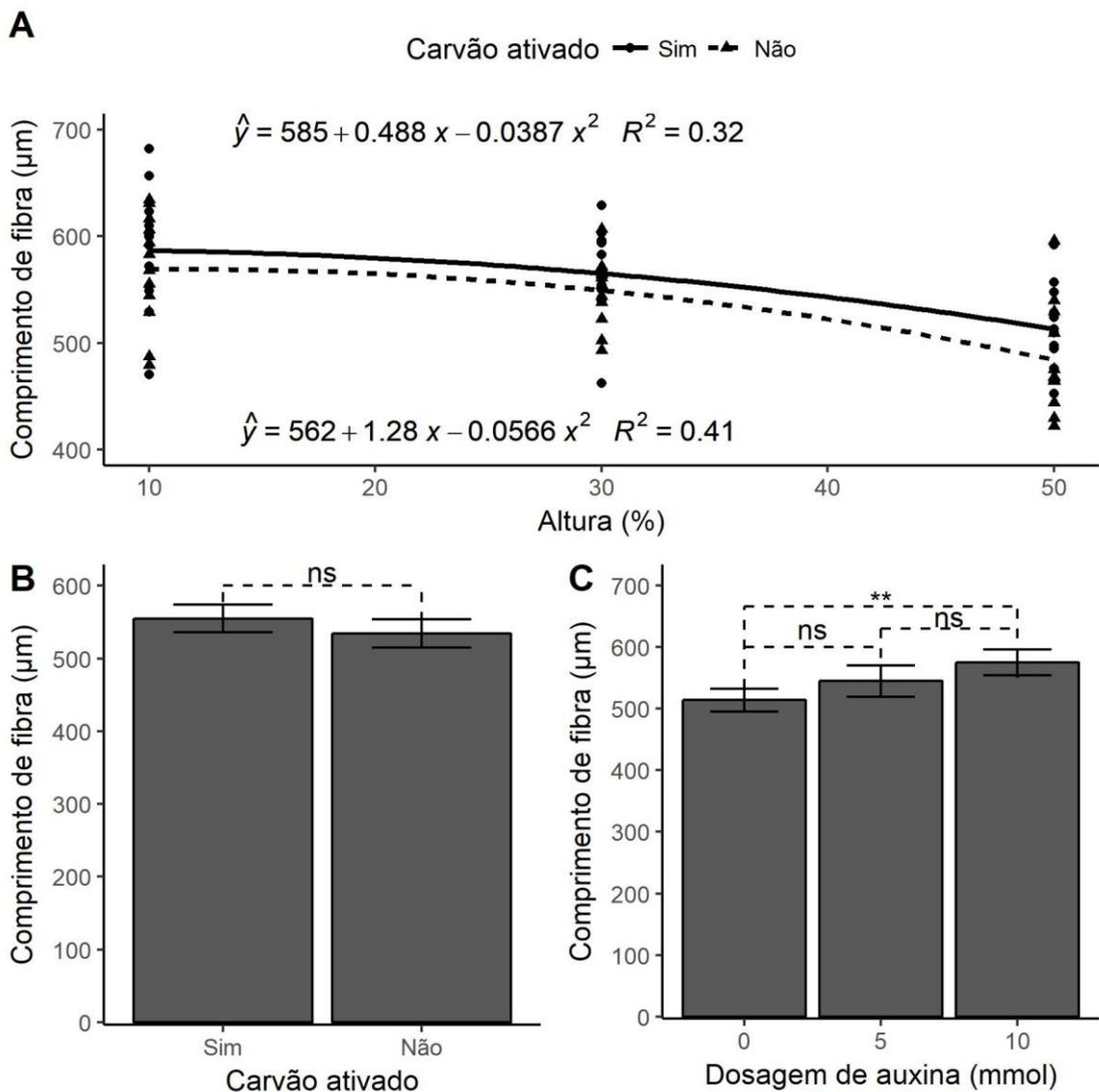
Fonte: Do autor (2018).

Já para espécie *Eucalyptus grandis*, de acordo com presença ou não do carvão ativado em diferentes alturas (Figura 13A), observou-se comportamento similar ao da outra espécie, onde maiores comprimentos de fibra (μm) foram encontrados à 10% da altura total da planta e menores a 50% da altura total.

Quando avaliada a influência do carvão ativado, observou-se que não houve diferença estatística significativa entre presença ou não do mesmo no substrato (Figura 13B). Quanto a

influência da dosagem de auxina, assim como a outra espécie estudada, houve diferença estatística significativa apenas quando comparadas a menor dosagem (0 mmol) à maior dosagem (10 mmol) (Figura 13C).

FIGURA 13: Análise de regressão para comprimento de fibras (μm) para presença ou não de carvão ativado em diferentes alturas (A); Teste de média para influência apenas do carvão ativado (B) ou da dosagem de auxina (mmol) (C) para espécie *Eucalyptus grandis*.



**significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2018).

Pode-se dizer que para ambas as espécies estudadas o carvão ativado não apresenta influência na propriedade de comprimento de fibra, porém há a influência do regulador, o mesmo apresentando melhores resultados com maiores dosagens (Figuras 12C e 13C).

Para largura de fibras, conforme Tabela 9, a espécie *Eucalyptus urophylla* apresentou diferença estatística significativa para os fatores presença de carvão ativado e diferentes concentrações do regulador vegetal. Já para a espécie *Eucalyptus grandis*, houve diferença significativa apenas para a presença de carvão ativado (Tabela 10).

TABELA 9: Análise de variância para largura de fibra na espécie de *Eucalyptus urophylla*.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Presença de Carvão (PC)	1	5,10	5,10	8,294	0,00550**
Dosagem (D)	2	12,11	6,055	9,841	0,00020***
PC:D	2	0,50	0,252	0,409	0,66619
Resíduo	60	36,92	0,615		
Total	65				
CV (%) A	36,33				
CV (%) B	5,12				

Média do experimento = 15,31 μm

**significativo ao nível de 1% de probabilidade.

***significativo ao nível de 0,1% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2018).

TABELA 10: Análise de variância para largura de fibra na espécie de *Eucalyptus grandis*.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Presença de Carvão (PC)	1	9,74	9,74	10,505	0,00194**
Dosagem (D)	2	4,71	2,357	2,542	0,08714
PC:D	2	0,37	0,185	0,200	0,81952
Resíduo	60	55,62	0,927		
Total	65				
CV (%) A	33,36				
CV (%) B	6,15				

Média do experimento = 15,64 μm

**significativo ao nível de 1% de probabilidade.

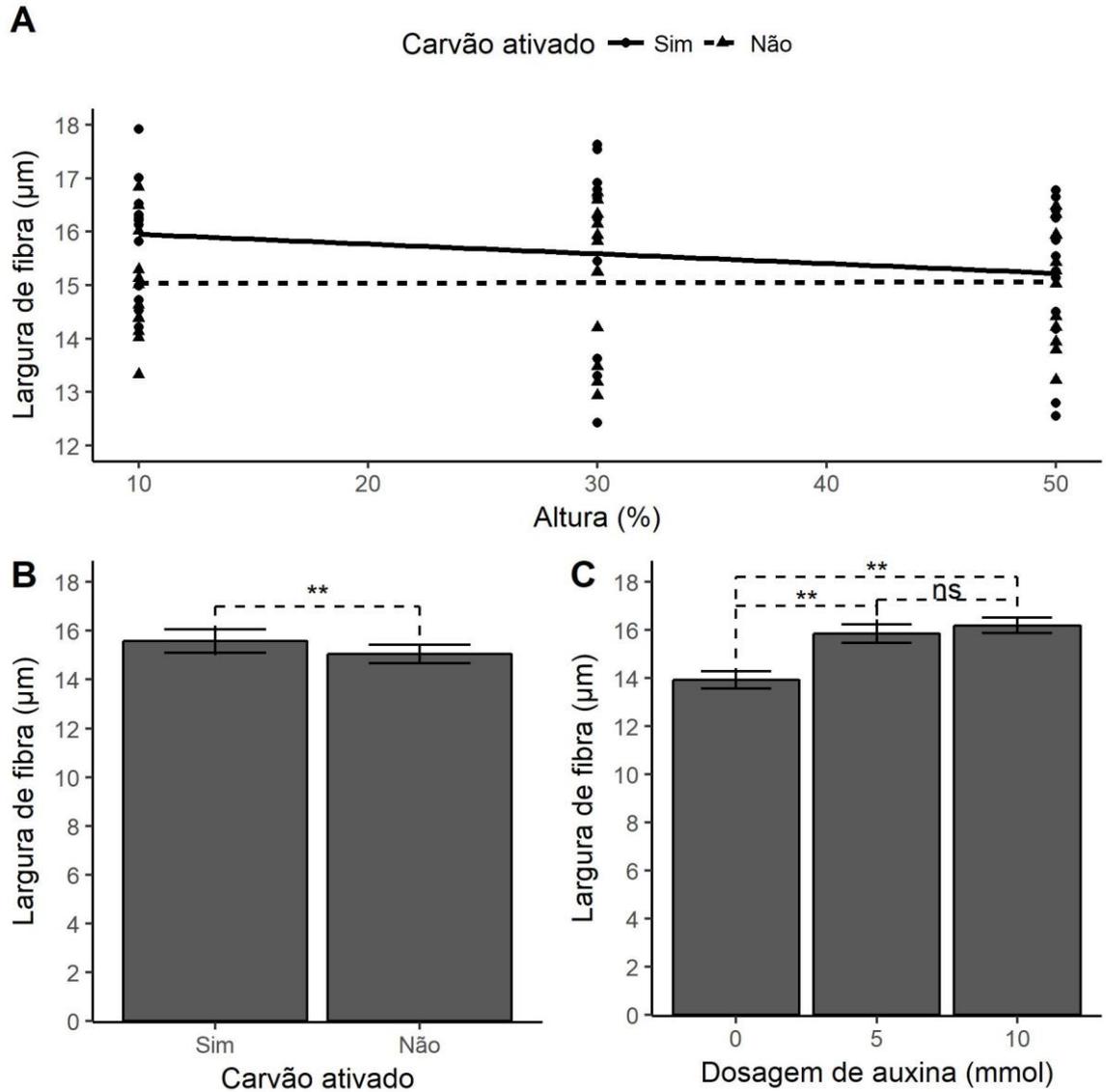
Fonte: Do autor (2018).

De acordo com a Figuras 14A, a ausência de carvão ativado no substrato não apresentou influência no comportamento em largura das fibras, o contrário ocorrendo com a presença, apresentando maiores valores em largura de fibras (μm) a 10% da altura total da planta, com decréscimo desses valores no sentido base-topo.

O resultado obtido na Figura 14B, corrobora com o apresentado na Figura 14A, onde a presença do carvão ativado influenciou no comportamento em largura de fibras, mostrando diferença estatística significativa.

Quando avaliada a influência apenas do regulador vegetal, Figura 14C, observou-se que a menor dosagem (0 mmol) diferiu estatisticamente das maiores dosagens (5 e 10 mmol), e as mesmas não diferiram entre si, indicando assim o uso de doses menores para obtenção de maiores valores para largura de fibras para essa espécie analisada.

FIGURA 14: Análise de regressão para largura de fibras (μm) para presença ou não de carvão ativado em diferentes alturas (A); Teste de média para influência apenas do carvão ativado (B) ou da dosagem de auxina (mmol) (C) para espécie *Eucalyptus urophylla*.



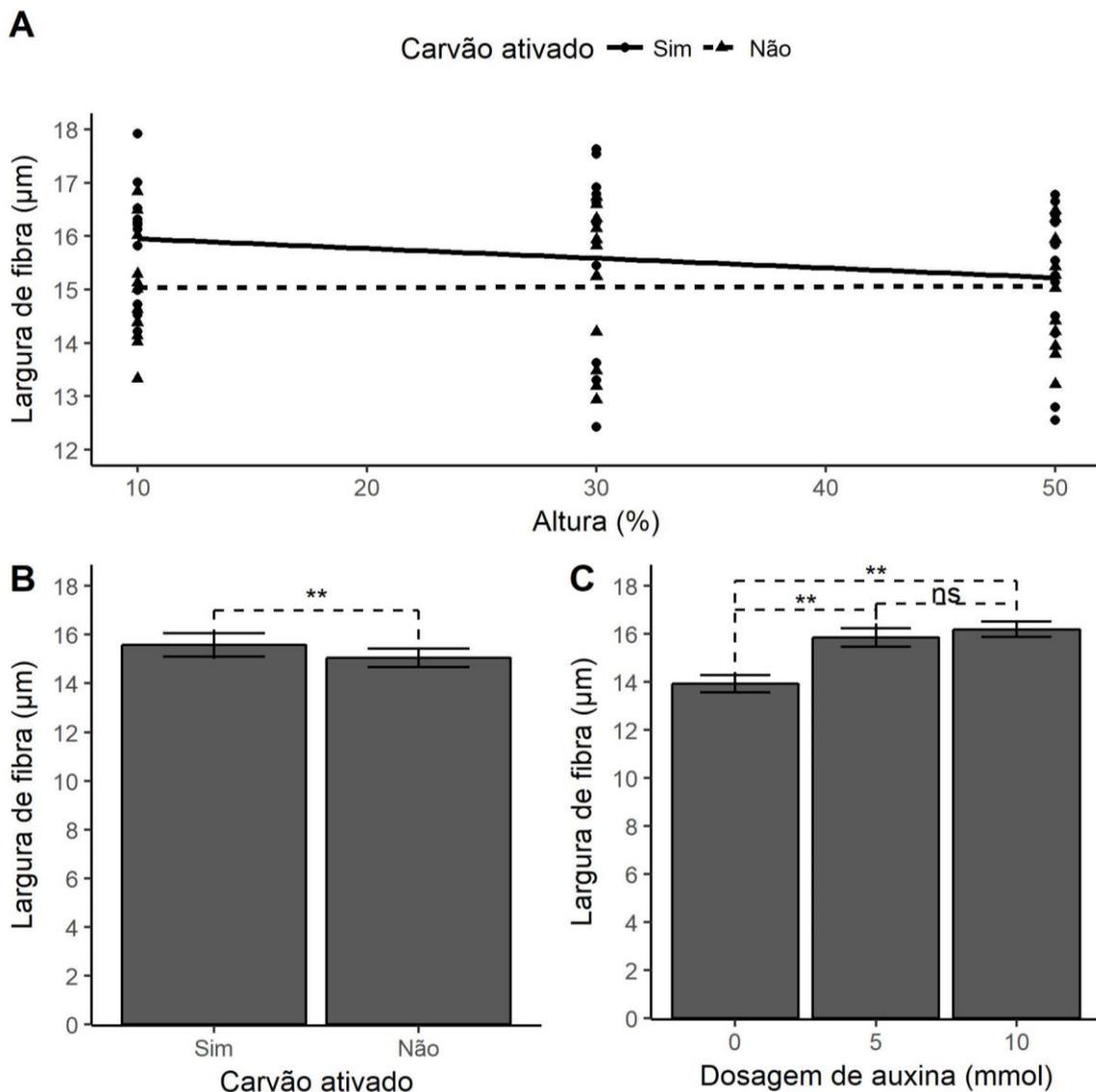
**significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2018).

A espécie *Eucalyptus grandis* apresenta comportamento similar a espécie *E. urophylla* em todos os casos, como pode ser observado na Figura 15A, que a ausência do carvão ativado no solo não apresentou influência no comportamento em largura de fibras, e a presença teve melhores resultados a 10% da altura total da planta com posterior decréscimo desses valores no sentido base-topo.

Para as Figuras 15B e 15C, temos valores que apresentam diferença estatística significativa, indicando que há tanto influência do carvão ativado no solo quanto da diferença nas concentrações do regulador vegetal. Esse comportamento apresentado em ambas as espécies, deixa claro que se o objetivo for alcançar aumento na largura de fibras, pode-se adotar o uso exclusivo tanto do carvão quanto do regulador.

FIGURA 15: Análise de regressão para largura de fibras (μm) para presença ou não de carvão ativado em diferentes alturas (A); Teste de média para influência apenas do carvão ativado (B) ou da dosagem de auxina (mmol) (C) para espécie *Eucalyptus grandis*.



**significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2018).

O responsável direto por esses comportamentos observados na variação do comprimento e largura de fibras, nos tratamentos que receberam o regulador vegetal, está no gradiente longitudinal decrescente de concentração de AIA, onde se tem seus pontos de máximos opostos (raiz e ápice da planta), como foi verificado por Aloni (2001) e Ugglá et al., (1998).

Baixas concentrações de AIA são capazes de promover o alongamento das dimensões das fibras como observados à 10% da altura total do caule (Figuras 16A e 17A), por possibilitarem uma diferenciação celular lenta (ALONI, 2001). Em contrapartida, elevadas dosagens de AIA promovem uma rápida diferenciação celular, possibilitando que o alongamento e alargamento celular sejam realizados em período de tempo limitado, conseqüentemente ocorrendo o desenvolvimento de fibras curtas e estreitas.

A hipótese para explicar a variação vista nas dimensões das fibras é apoiada por diversos estudos que mostram que a principal via do fluxo de AIA no caule é o câmbio vascular, onde o hormônio é transportado das folhas para raízes e se observa uma nítida queda no sentido base-topo em estudos na variação longitudinal em árvores (SUNDBERG et al., 2000; ALONI, 2001; MUNERI e RAYMOND, 2001; ROCHA et al., 2004).

4.2.2. Espessura da parede das fibras

De acordo com Tabelas 11 e 12, tanto para espécie *Eucalyptus urophylla* e *E. grandis*, não houve diferença estatística significativa para os tratamentos estudados.

TABELA 11: Análise de variância para largura de fibra na espécie de *Eucalyptus urophylla*.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Presença de Carvão (PC)	1	0,0002	0,00020	0,009	0,925
Dosagem (D)	2	0,0888	0,04441	2,025	0,141
PC:D	2	0,0061	0,00306	0,140	0,870
Resíduo	60	1,3161	0,02193		
Total	65				
CV (%) A	38,63				
CV (%) B	7,22				

Média do experimento = 2,05 µm

Fonte: Do autor (2018).

TABELA 12: Análise de variância para largura de fibra na espécie de *Eucalyptus grandis*.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Presença de Carvão (PC)	1	0,0048	0,00476	0,213	0,646
Dosagem (D)	2	0,0980	0,04901	2,195	0,120
PC:D	2	0,0003	0,00013	0,006	0,994
Resíduo	60	1,3394	0,02232		
Total	65				
CV (%) A	36,01				
CV (%) B	7,15				

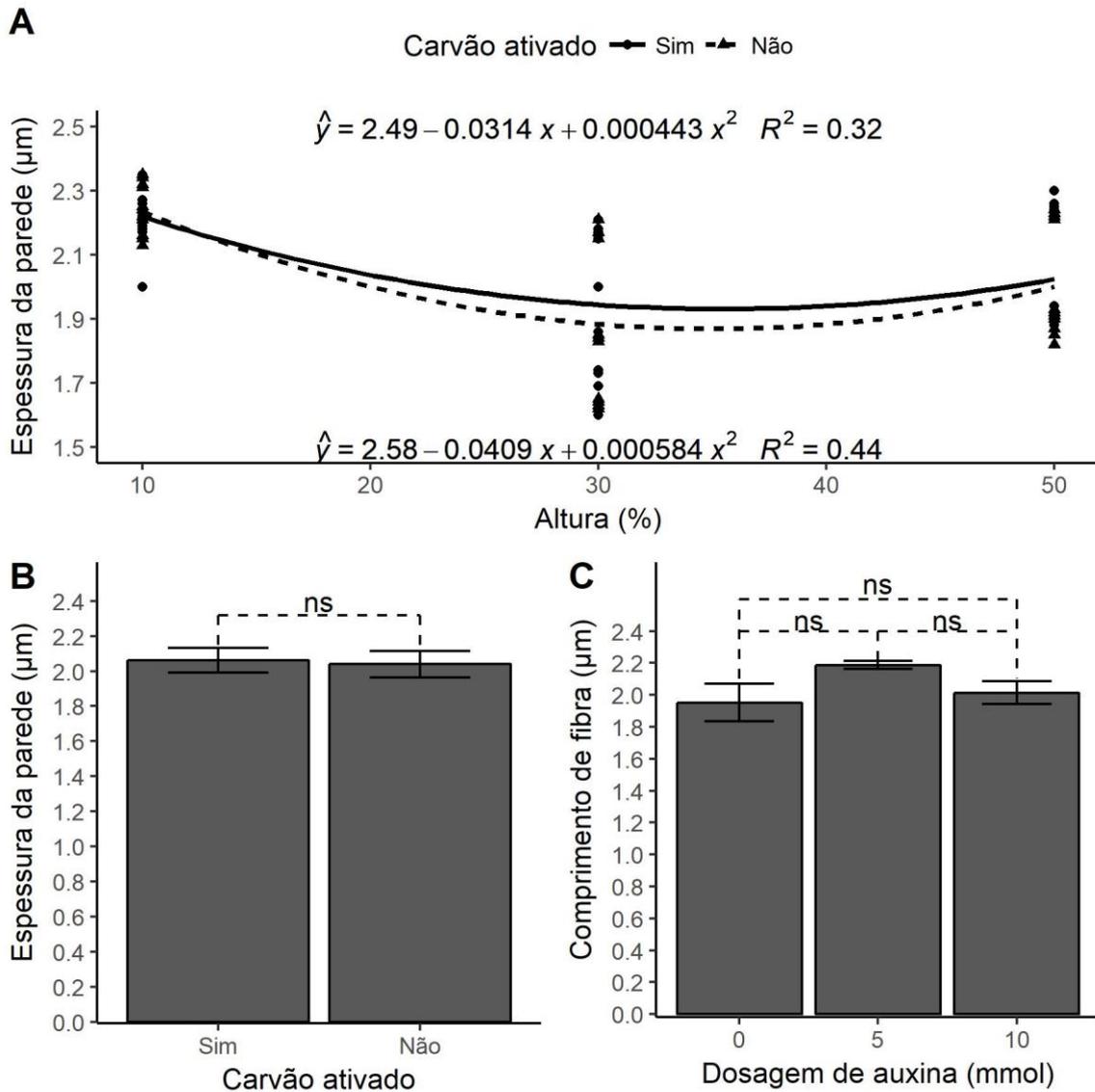
Média do experimento = 2,09 μm

Fonte: Do autor (2018).

Quanto ao apresentando em ambas as espécies, observou-se comportamento similar nas análises de regressão (Figuras 16A e 16B. Quando avaliadas apenas influência da presença do carvão ativado (Figuras 16B e 17B) e do regulador vegetal (Figuras 17B e 17C), não foi observado diferença estatística significativa.

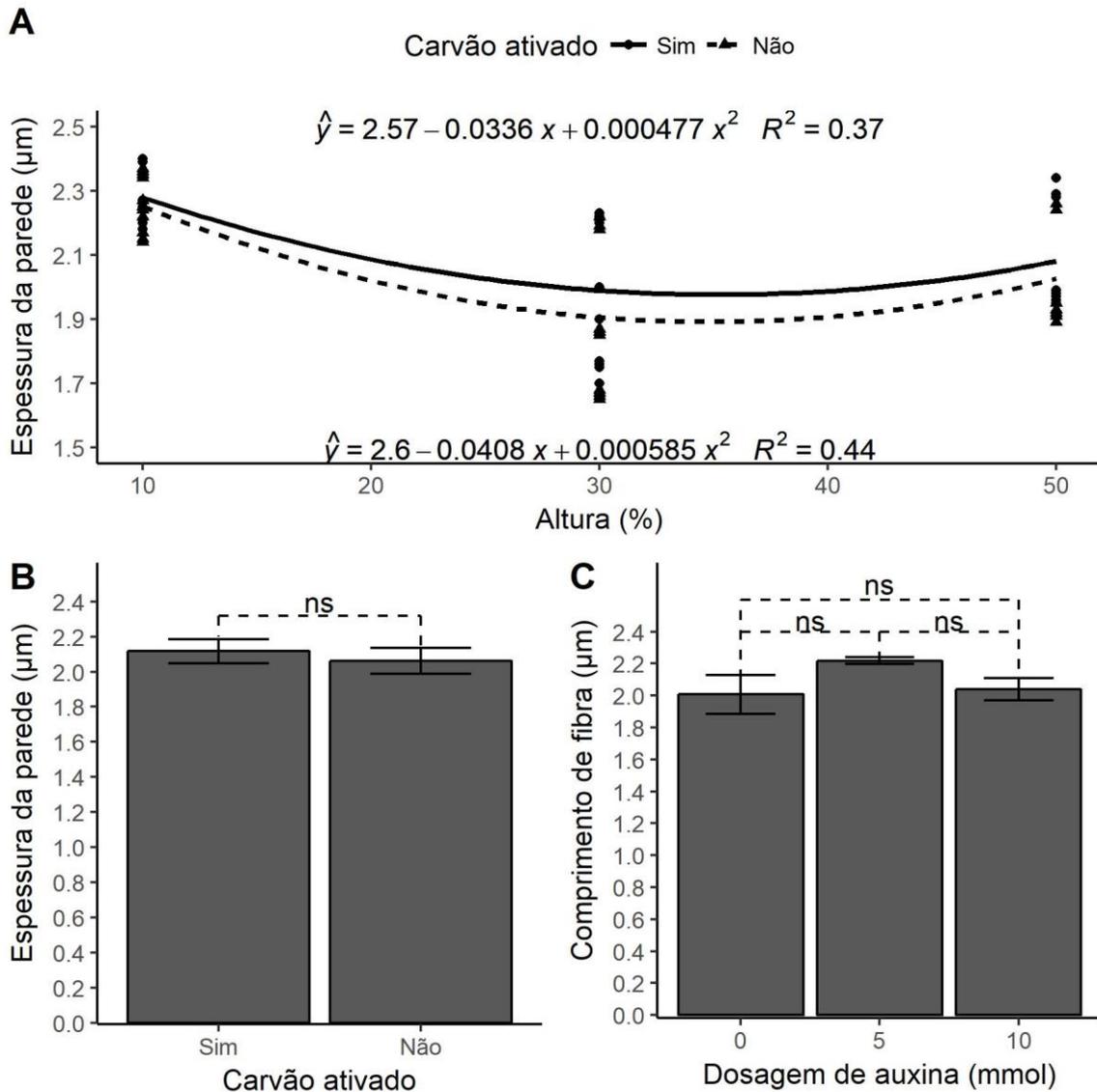
Diante do resultado obtido, a espessura de parede não sofreu influência dos tratamentos aplicados para cada espécie analisada.

FIGURA 16: Análise de regressão para espessura de parede celular das fibras (μm) para presença ou não de carvão ativado em diferentes alturas (A); Teste de média para influência apenas do carvão ativado (B) ou da dosagem de auxina (mmol) (C) para espécie *Eucalyptus urophylla*.



Fonte: Do autor (2018).

FIGURA 17: Análise de regressão para espessura de parede celular das fibras (μm) para presença ou não de carvão ativado em diferentes alturas (A); Teste de média para influência apenas do carvão ativado (B) ou da dosagem de auxina (mmol) (C) para espécie *Eucalyptus grandis*.



Fonte: Do autor (2018).

O comportamento observado da variação da espessura de parede das fibras é muitas vezes explicado quando se aplica AIA junto de outro regulador vegetal, a Giberelina (ALONI, 1979; ROBERTS et al., 1998). Segundo esses autores, a relação AIA/Giberelina pode estimular a formação de fibras com paredes secundárias espessas, enquanto abaixo disso há estímulo para formação de fibras com paredes secundárias delgadas.

Assim como as hipóteses discutidas acima para descrever a variação da dimensão das fibras, foi demonstrada que existe nas árvores um gradiente longitudinal natural de

concentração de AIA no sentido topo (local da biossíntese de AIA) para a base do fuste (UGGLA et al., 1998).

5 CONCLUSÕES

- O regulador vegetal não influenciou no desenvolvimento em altura das mudas analisadas.

- A presença do carvão ativado no solo pode mascarar os efeitos da atuação do regulador vegetal na altura total da muda.

- O compartimento massa seca da raiz, na ausência do carvão ativado, é influenciado pela presença do regulador vegetal, apresentando maiores valores nas menores dosagens. Já na presença do carvão, o comportamento quanto à massa seca varia entre as espécies estudadas.

- Maior dosagem do regulador vegetal AIA promove o alongamento celular, em consequência se obtém fibras compridas.

- A presença do carvão ativado no substrato influencia no aumento da largura de fibras assim como a dosagem de 5 mmol.

- A espessura da parede celular não sofreu influência nem do carvão ativado no substrato nem da aplicação do regulador vegetal.

- Deve-se adotar exclusivamente uma das duas opções para desenvolvimento das plantas de acordo com o objetivo de interesse.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMEDNA, M.; MARSHALL, W. E.; HUSSEINY, A. A.; RAO, R. M.; GOKTEPE, I. The use of nutshell carbons in drinking water filters for removal of chlorination by-products. **Journal of chemical technology and biotechnology**, v. 79, n. 10, p. 1092-1097, 2004.
- ALMEIDA, F. D.; XAVIER, A.; PAIVA, H. N.; DIAS, J. M. M. Eficiência das auxinas (AIB e ANA) no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus cloezina* F. Muell. **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.3, p.455-463, 2007.
- ALONI, R. Foliar and axial aspects of vascular differentiation - hypotheses and evidence. **Journal Plant Growth Regulation**, v. 20, n. 1, p. 22-34, 2001.
- ALONI, R. Role of auxin and gibberellin in differentiation of primary phloem fibers. **Plant Physiology**, v. 63, n. 4, p. 609-614, 1979.
- ALONI, R. The induction of vascular tissues by auxin. In: **Plant Hormones**. Springer Netherlands, p. 485-518, 2001.
- ALVARENGA, L. R.; CARVALHO, V. D. de. Uso de substâncias promotoras de enraizamento de estacas de frutíferas. **Informativo Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 9, n. 101, p. 47-55, 1983.
- ANGELO, H.; SILVA, P. C.; ALMEIDA, A.N. & POMPERMAYER, R. S. Análise estratégica do manejo florestal na Amazônia brasileira. **Floresta** 44(3): 341 – 348, 2014.
- ARTECA, R. N. **Plant growth substances: principles and applications**. New York: Chapman and Hall, p. 332, 1996.
- AVELAR, F. F. **Utilização de fibras de piaçava (*Attalea funifera*) na preparação de carvões ativados**. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, p. 72, 2008.
- AYALA-SILVA, T; AKIN, D. E., FOULK, J.; DODD, R. B. Effect of growth regulators on yield and fiber quality and quantity in flax (*Linum usitatissimum* L.). **Plant Growth Regulation Society of America**, v.33, p. 90–100, 2005.
- BALDISSARELLI, V. Z. **Estudo da adsorção do corante negativo preto 5 sobre o carvão ativado: caracterização do adsorvente e determinação de parâmetros cinéticos e termodinâmicos**. 2006. 117 p. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2006.
- BAQUERO, M. C.; GIRALDO, L.; MORENO, J. C.; SUAREZ-GARCIA, F.; MARTINEZ-ALONSO, A.; TASCÓN, J. M. D. Activated carbons by pyrolysis of coffee bean husks in presence of phosphoric acid. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v. 70, n. 2, p. 779-784, 2003.
- BENITES, V. M. et al. Properties of black soil humic acids from high altitude rock complexes in Brazil. **Geoderma**, v.127, n. 1, p. 104-113, jul. 2005.

BLAKESLEY, D. Auxin metabolism and adventitious root formation. In: DAVIS, T.D.; HAISSIG, B.E. (eds) **The biology of adventitious root formation**. Plenum Press, New York, p. 143-153, 1994.

BLAZICH, F. A. Chemicals and formulations used to promote adventitious rooting. In: DAVIES, T. D.; HAISSIG, B. E.; SANKHLA, N. (Eds.). **Adventitious root formation in cuttings**. Portland: Dioscorides Press, p. 132-149, 1987.

CASSELMAN, A. Special Report: Inspired by Ancient Amazonians, a Plan to Convert Trash into Environmental Treasure. **Scientific American**, New York, v. 67, p. 2, May. 2007.

CHUNG, D. Y.; LEE, K. J. Effects of clones, ortet age, crown position, and rooting substance upon the rooting of cuttings of Japanese larch (*Larix leptolepis* S. et Z. Gordon). **Forestry Genetics Research Institute**, v. 83, n. 2, p. 205- 210, 1994.

CLAUDINO, A. **Preparação de carvão ativado a partir de turfa e sua utilização na remoção de poluentes**. 2003. 89p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

DAVIES, P. J. (ed.). **Plant hormones**. Biosynthesis, signal transduction, action. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, p. 750, 2004.

DELGADO, L. F.; CHARLES, P.; GLUCINA, K.; MORLAY, C. The removal of endocrine disrupting compounds, pharmaceutically activated compounds and cyanobacterial toxins during drinking water preparation using activated carbon—a review. **Science of the total environment**, v. 435, p. 509-525, 2012.

DOWNIE, A.; CROSKY, A.; MUNROE, P. Physical properties of biochar. **Biochar for environmental management: Science and technology**, p. 13-32, 2009.

FERREIRA, M. **Melhoramento genético de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake direcionado para a formação de populações base tipo casca lisa (“gum”)**. Piracicaba: ESALQ/ USP/ Departamento de Ciência Florestais, 1997. (não publicado).

FOUST, A. S.; WENZEL, L. A.; CLUMP, C. W.; MAUS, L.; BRYCE ANDERSEN, L. **Princípios das Operações Unitárias**. Editora Guanabra Dois. 2a Ed. Rio de Janeiro, 1982.

GALVÃO, A.P. M. **Reflorestamento de propriedades rurais para fins productivos e ambientais**. Embrapa Florestas, 2000.

GODA, H.; SAWA, S.; ASAMI, T.; FUJIOKA, S.; SHIMADA, Y.; YOSHIDA, S. Comprehensive comparison of auxin-regulated and brassinosteroid-regulated genes in *Arabidopsis*. **Plant physiology**, v. 134, n. 4, p. 1555-1573, 2004.

GOMES, A. L. **Propagação clonal: princípios e particularidades**. Vila Real: Universidade de Trás-os Montes e Alto Douro, p. 67, 1987.

GONÇALVES, J. L.; STAPE, J. L.; LACLAU, J. P.; SMETHURST, P.; GAVA, J. L. Silvicultural effects on the productivity and Wood quality of eucalypt plantations, **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 193, p. 43-61, 2004.

GORGULHO, H. F.; MESQUITA, J. P.; GONÇALVES, F.; PEREIRA, M. F. R.; FIGUEIREDO, J. L. Characterization of the surface chemistry of carbon materials by potentiometric titrations and temperature-programmed desorption. **Carbon**, v. 46, n. 12, p. 1544-1555, 2008.

GREGG, S. J.; SING, K. S. W. Adsorption surface area and porosity. **Journal of The Electrochemical Society**, v. 114, n. 11, p. 279, 1967.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JUNIOR, F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 7. ed. New Jersey: Prentice-Hall, p. 880, 2002.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES, F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation; principles and practices**. 6. Ed. New Jersey: Prentice Hall, p. 770, 1997.

JACOBS, M.; GILBERT, S. F. Basal localization of the presumptive auxin transport carrier in pea stem cells. **Science**, v. 220, n. 4603, p. 1297-1300, 1983.

JÚNIOR, L. S.; GARCIA, J. N. Determinação das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus urophylla*. **SCIENTIA FLORESTALIS**, n. 65, p. 120 – 129, 2004.

KARLOVA, R.; DE VRIES, SC. Advances in understanding brassinosteroid signaling. **Science Signaling**, v. 2006, n. 354, p. 36, 2006.

KRISHNAN, K. A.; ANIRUDHAN, T. S. Uptake of heavy metals in batch systems by sulfurized steam activated carbon prepared from sugarcane bagasse pith. **Industrial e Engineering Chemistry Research**, Washington, v. 41, n. 20, p. 5085-5093, 2002.

LEHMANN, J.; DA SILVA, J. P.; 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, 2003.

LEHMANN, J.; RILLIG, M. C.; THIES, J.; MASIELLO, C. A.; HOCKADAY, W. C.; CROWLEY, D. Biochar effects on soil biota—a review. **Soil biology and biochemistry**, v. 43, n. 9, p. 1812-1836, 2011.

LINHARES, F. A.; MARCÍLIO, N. R.; MELO, P. J. Estudo da produção de carvão ativado a partir do resíduo de casca da acácia negra com e sem ativação química. **Scientia cum Industria**, v. 4, n. 2, p. 74-79, 2016.

LJUNG, K.; HULL, A. K.; CELENZA, J.; YAMADA, M.; ESTELLE, M.; NORMANLY, J.; SANDBERG, G. Sites and regulation of auxin biosynthesis in Arabidopsis roots. **The Plant Cell**, v. 17, n. 4, p. 1090-1104, 2005.

LOPES, C. S. D.; NOLASCO, A. M.; TOMAZELLO FILHO, M.; DIAS, C. T. S.; PANSINI, A. Estudo da massa específica e da variação dimensional da madeira de três espécies de eucalipto para a indústria moveleira. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 21, p. 315-322, 2011.

MARCILLA, A.; GARCIA-GARCIA, S.; ASENSIO, M.; CONESA, J. A. Influence of thermal treatment regime on the density and reactivity of activated carbons from almond shells. *Carbon*, v. 38, p. 429-440, 2000.

MATHESIUS, U. Auxin: at the root of nodule development? **Functional Plant Biology**, Victoria, v. 35, n. 8, p. 651-668, 2008.

MIRANDA, A. C. **Produtividade, estabilidade e adaptabilidade em progênies de Eucalyptus grandis**. 2012. 56 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

MORRIS, D.A.; FRIML, J.; ZAŽÍMALOVÁ, E. The transport of auxins In: **Plant Hormones**. Springer Netherlands, p. 451-484, 2010.

MUNERI, A.; RAYMOUND, C. A. Nondestructive sampling of Eucalyptus glóbulos and E. nitens for Wood properties: II, fiber length and coarseness. **Wood Science and Technology**, Berlin, v. 35, n. 1/2, p. 41-56, 2001.

MUROYA, K.; VARELA, V. P.; CAMPOS, M. A. A. Análise de crescimento de mudas de jacareúba (*Calophyllum angulare* - Guttiferae) cultivadas em condições de viveiro. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 27, n. 3, p. 197-212, jun. 1997.

NAKHOODA, M.; WATT, M. P.; MYCOCK, D. Auxin stability and accumulation during in vitro shoot morphogenesis influences subsequent root induction and development in *Eucalyptus grandis*. **Plant Growth Regulation**, v.65, p.263-271, 2011.

NAM, S.; JO, B. I.; YOON, Y.; ZOH, K. D. Chemosphere Occurrence and removal of selected micropollutants in a water treatment plant. **Chemosphere**, v. 95, p. 156-165, 2014.

NOVOTNY, E. H. et al. 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**, Campinas, v. 20, n. 6, p. 1-8, Feb. 2009.

PETTER, F. A.; ANDRADE, R. F.; MARIMON, B. S.; GONÇALVES, L. G.; SCHOSSLER, T. R. Biochar como condicionador de substrato para a produção de mudas de eucalipto. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 4, 2012.

PINHEIRO, J., BATES, D., DEBROY, S., SARKAR, D., R CORE TEAM. . nlme: Linear and nonlinear mixed effects models (R package version 3.1-131, 2017). **R software**, 2017.

ROBERTS, L. W.; GAHAN, P. B.; ALONI, R. **Vascular Differentiation and Plant Growth Regulators**. Estados Unidos, Springer-Verlag, p. 22-38. 1988.

ROCHA, F. T.; FLORSHEIM, S. M. B.; DO COUTO, H. T. Z. Variação das dimensões dos elementos anatômicos da madeira de árvores de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden aos sete anos. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.16, n.1, p. 43-55, 2004.

ROMANO, C.P.; COOPER, M. L.; KLEE, H. J. Uncoupling auxin and ethylene effects in transgenic tobacco and Arabidopsis plants. **Plant Cell**, v.5, p. 181–189, 1993.

RONDON, M. A.; LEHMANN, J.; RAMÍREZ, J.; HURTADO, M. Biological nitrogen fixation by common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) increases with bio-char additions. **Biology and fertility of soils**, v. 43, n. 6, p. 699-708, 2007.

SACHS, T.; THIMANN, K. V. The role of auxins and cytokinins in the release of buds from dominance. **American Journal of Botany**, p. 136-144, 1967.

SALISBURY, F. B.; ROOS, C.W. **Plant Physiology**. Wadsworth, California. cap.17, p.357-378, 1991.

SANTOS, V. M.; MELO, A. V.; CARDOSO, D. P.; SILVA, A. R.; BENÍCIO, L. P. F. & FERREIRA, E. A. Desenvolvimento de plantas de soja em função de bioestimulante sem condições de adubação fosfatada. **Bioscience Journal** 30(4): 1087-1094, 2014.

SCHETTINO, M. A.; FREITAS, J. C.; CUNHA, A. G.; EMMERICH, F. G.; SOARES, A. B.; SILVA, P. Preparation and characterization of chemically activated carbon from rice hulls. **Química Nova**, v. 30, n. 7, p. 1663-1668, 2007.

SILVA, P. H. M.; POGGIANI, F.; SILVA, A. A.; NETO, I. P.; PAULA, R. C. Mortalidade, crescimento e solução do solo em eucalipto com aplicação de fertilizante de liberação lenta. **Cerne**, v. 21, n. 3, p. 473-481, 2015.

SILVA, P. H. M.; POGGIANI, F.; STAPE, J. L. Crescimento de *Eucalyptus grandis* tratado com diferentes doses de lodos de esgoto úmido e seco, condicionados com polímeros. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, p. 79-88, 2008.

SILVA, P.H.M.; POGGIANI, F.; LIBARDI, P. L.; GONÇALVES, A. N. Fertilizer management of eucalypt plantations on sandy soil in Brazil: Initial growth and nutrient cycling. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 301, p. 67-71, 2013.

SILVA, T. T. A.; VON PINHO, E. V. R.; CARDOSO, D. L.; FERREIRA, C. A.; ALVIM, P. O.; COSTA, A. A. F. Qualidade fisiológica de sementes de milho na presença de bioestimulantes. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 3, p. 840-846, 2008.

SING, K. S. W. Reporting physisorption data for gas/solid systems with special reference to the determination of surface area and porosity (Recommendations 1984). **Pure and applied chemistry**, v. 57, n. 4, p. 603-619, 1985.

SOARES, J. L. **Remoção de corantes têxteis por adsorção em carvão mineral ativado com alto teor de cinzas**. 1998. 84 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SRINIVASAKANNAN, C.; BAKAR, A. Production of activated carbon from rubber wood sawdust. **Biomass and Bioenergy**, v. 27, n. 1, p. 89-96, 2004.

SUNDBERG, B.; UGGLA, C.; TUOMINEN, H. Cambial growth and auxin gradients. Savidge, R, A, Barnett, J, R, Napier, R ed (s). Cell and molecular biology of wood

- formation. **Experimental Biology Reviews**. BIOS Scientific Publishers Ltd.: Oxford, UK, p. 169-188, 2000.
- SUZUKI, M. Adsorption Engineering. 1 ed., Amsterdam: **Elsevier**, 1990.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia do estresse. **Fisiologia vegetal**, v. 4, p. 738-772, 2004.
- TARAKHOVSKAYA, E. R.; MASLOV, Y. I.; SHISHOVA, M. F. Phytohormones in algae. **Russian Journal of Plant Physiology**, v.54, p. 163–170, 2007.
- TSANG, D. C. W.; HU, J.; LIU, M. Y.; ZHANG, W.; LAI, K. C.; LO, I. M. Activated carbon produced from waste wood pallets: adsorption of three classes of dyes. **Water, air, and soil pollution**, v. 184, n. 1-4, p. 141-155, 2007.
- UGGLA, C.; MELLEROWICZ, E. J.; SUNDBERG, B. Indole-3-acetic acid controls cambial growth in Scots pine by positional signaling. **Plant Physiology**, v. 117, n. 1, p. 113-121, 1998.
- VIEIRA, E. L.; CASTRO, P. R. C. Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor das plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 23, n. 2, p. 222-228, 2001.
- WENT, F. W. On growth-accelerating substances in the coleoptile of *Avena sativa*. In: **Proc. Kon. Ned. Akad. Wet.**, p. 1, 1926.
- WILSON, P. J. The concept of a limiting rooting morphogen in woody stem cuttings. **Journal of Horticultural Science**, v. 69, n. 4, p. 591-600, 1994.