

Artigos

Uso do biochar e de bioestimulante na produção e qualidade de mudas de *Sapindus saponaria* L.

Use of biochar and biostimulant in the production and quality of seedlings of *Sapindus saponaria* L.

Deanna Carla Oliveira Soares ^I , Sebastião Ferreira Lima ^{II} ,
Ana Paula Leite Lima ^{II} , Jéssica Aparecida Ferreira Paula ^{III} 

^I Pesquisadora Autônoma, São Gabriel do Oeste, MS, Brasil

^{II} Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Chapadão do Sul, MS, Brasil

^{III} Pesquisadora Autônoma, Maracaju, MS, Brasil

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do biochar adicionado ao substrato e de bioestimulante na produção e qualidade de mudas de *Sapindus saponaria* L. O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, em Chapadão do Sul - MS, com delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 5x2, com cinco proporções de biochar (0%, 7,5%, 15%, 22,5% e 30%), e presença ou ausência de bioestimulante, com quatro repetições. Foram avaliados a altura total da muda (HT), diâmetro do colo (DC), volume de raiz (VR), comprimento de raiz (CR), massa seca da raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca total (MST), área foliar (AF), relação altura total/diâmetro do colo (RHDC), relação altura total/parte aérea (RHPA), relação parte aérea/raiz (RPAR) e índice de qualidade de Dickson (IQD). Os valores de HT, DC, VR e CR decresceram à medida que se aumentou a proporção do biochar adicionado ao substrato, com maiores valores obtidos quando não houve a adição do composto e na ausência do bioestimulante, 19,22 cm e 4,99 mm, 6,36 mL e 14,1 cm, respectivamente. A produção de massa seca (g), na presença ou ausência de bioestimulante, tanto para parte aérea (MSPA), raiz (MSR) e total (MST), também reduziram à medida que se aumentou a proporção de biochar. Para AF, o maior valor proporcionado foi de 172,23 cm² sem biochar e sem o estimulante vegetal. A menor relação entre a altura e o diâmetro do colo (3,6) é obtida na presença do bioestimulante, na proporção de 8,3% de biochar no substrato. Para a RHPA, tanto na presença quanto na ausência do estimulante vegetal, os melhores resultados ocorrem sem uso do biochar. Na ausência do bioestimulante, o melhor resultado para MPAR foi proporcionado pela composição de 21,7% de biochar. O maior IQD (0,71) foi obtido na ausência do bioestimulante e sem adição do biochar. O uso do bioestimulante no tratamento das sementes e do biochar na composição do substrato não proporcionou incremento nas características de crescimento de *Sapindus saponaria*. Para o índice de qualidade RHDC, a combinação dos dois fatores manteve um equilíbrio na distribuição de biomassa nas mudas.

Palavras-chave: Espécies nativas; Fitorregulador; Substrato

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effects of biochar added to the substrate and the biostimulant in the production and quality of seedlings of *Sapindus saponaria* L. The experiment was conducted in a greenhouse of the Federal University of Mato Grosso do Sul, in Chapadão do Sul/MS state, with a randomized block design, with factorial scheme 5x2, with five proportions of biochar (0%, 7.5%, 15%, 22.5% and 30%), and presence or absence of biostimulant, with four replicates. The parameters were: total plant height (HT), colon diameter (DC), root volume (VR), root length (CR), root dry mass (MSR), part aerial dry mass (MSPA) total dry mass (MST), leaf area (AF), total height/colon diameter ratio (RHDC), total height/part aerial ratio (RHPA), part aerial/root ratio (RPAR) and Dickson quality index (IQD). The values of HT, DC, VR and CR decreased as the proportion of biochar added to the substrate increased, with higher values obtained when there was no addition of the compound and in the absence of the biostimulant, 19.22 cm and 4.99 mm, 6.36 mL and 14.1 cm, respectively. The dry mass (g) production, in the presence or absence of biostimulant, for the aerial part (MSPA), root (MSR) and total (MST), decreased as the proportion of biochar increased. For AF (cm²), the best result was 172.23 cm² with 0% biochar and without the vegetal stimulant. The lowest ratio between the height and the diameter of the colon (3,6) is obtained in the presence of the biostimulant, in the proportion of 8.3% of biochar in the substrate. The RHPA both in the presence and absence of the plant stimulant, the best results are presented when there is 0% biochar. In the absence of the biostimulant, the best result for MPAR was provided by the 21.7% biochar composition. The highest IQD (0.71) was obtained in the absence of the biostimulant and without addition of the biochar. The use of the biostimulant in the treatment of the seeds and the biochar in the composition of the substrate did not provide an increase in the growth characteristics of *Sapindus saponaria*. For the RHDC quality index, the combination of the two factors, maintained a balance in the biomass distribution in the seedlings.

Keywords: Native species; Phytoregulator; Substrate

1 INTRODUÇÃO

Sapindus saponaria L. é uma espécie arbórea pertencente à família Sapindaceae, conhecida popularmente como saboneteira ou fruta-de-sabão. Nativa de origem da América tropical e subtropical, ocorre no Brasil do Pará ao Rio Grande do Sul (ALBIERO *et al.*, 2001; LORENZI, 2008). Devido às mais diferentes formas de utilização, apresenta vasto potencial econômico (GUARIM NETO *et al.*, 2000), podendo ser utilizada para ornamentação e arborização por possuir uma copa globosa e perene, enquanto a madeira de seu tronco serve para a construção civil. A espécie é classificada como pioneira, sendo muito empregada na recuperação de áreas degradadas e recomposição de mata ciliar (PAOLI; SANTOS, 1998).

O uso de espécies nativas florestais, como a saboneteira, é dificultado pelo escasso conhecimento sobre seus cultivos, sendo necessário ampliar o estudo silvicultural das espécies, desde a fase de produção de mudas até o seu desenvolvimento em campo (GUIMARÃES *et al.*, 2011). Por exemplo, um fator normalmente atribuído às espécies florestais nativas é que apresentam crescimento lento, o que gera uma demanda de tempo maior na fase de viveiro (CUNHA *et al.*, 2005), embora, para comercialização, busca-se reduzir esse tempo e, como consequência, diminuir os custos e qualidade das mudas (SCALON *et al.*, 2009).

Canesin *et al.* (2012) relatam a importância na utilização de técnicas que visam maximizar a produção de mudas nativas para os processos de germinação e desenvolvimento destas. Dentre essas técnicas, o emprego de bioestimulante é visto como uma prática eficiente na produção de mudas (SCALON *et al.*, 2009). O bioestimulante ou estimulante vegetal é caracterizado pela combinação de dois ou mais reguladores vegetais, o qual pode incrementar o crescimento e o desenvolvimento vegetal, estimulando a divisão celular, diferenciação e o alongamento das células, podendo também aumentar a absorção e a utilização de água e dos nutrientes pelas plantas (PIEREZAN *et al.*, 2012).

O uso do bioestimulante é comumente empregado nas culturas anuais, proporcionando aumento na produtividade e incremento nas características fitotécnicas (ABRANTES, 2008; BERTOLIN *et al.*, 2010). Em espécies florestais nativas, seu uso vem sendo testado e se mostrando eficiente, como na produção de mudas de *Genipa americana* *Dimorphandra mollis* (PRADO NETO *et al.*, 2007; CANESIN *et al.*, 2012). Entretanto, há resultados controversos, como constatados por Pierezan *et al.* (2012), que trabalhando com *Hymenaea courbaril*, verificam que o uso do bioestimulante em elevadas doses inibiu sua emergência e desenvolvimento das mudas.

Outro ponto importante a ser considerado na produção de mudas é a composição do substrato. Uma boa formação das mudas, condições ideais à germinação, crescimento e desenvolvimento, principalmente destinadas à recuperação de áreas

degradadas, estão diretamente relacionadas à qualidade do substrato. A composição desse material pode ser feita por uma combinação de partículas minerais e orgânicas, que proporcionem aeração, drenagem, retenção de água e disponibilidade de nutrientes, características que definem a eficiência ao substrato (CALDEIRA *et al.*, 2008; SOUCHIE *et al.*, 2011). Além da qualidade do insumo, a disponibilidade e baixo custo são fatores importantes na produção. Em função desses aspectos, como alternativa ao uso de adubação mineral, o uso de compostos orgânicos vem sendo estudado (FREITAS *et al.*, 2014).

Segundo Cavalcante *et al.* (2012), dentre os produtos orgânicos estudados com potencial, o biochar ou carvão pirogênico se destaca e seu uso em espécies florestais vem sendo testado. Esse subproduto ou resíduo da produção de carvão vegetal é muitas vezes chamado “moinho de carvão”, resultante da pirólise da madeira, quando misturado ao solo ou substrato. Em função da sua característica porosa, aumenta a aeração e a capacidade de retenção de água e nutrientes, além de contribuir com o meio ambiente através do sequestro de carbono, visto que o carvão não se degrada rapidamente, ao invés de liberá-lo à atmosfera na forma de CO₂ (SOUCHIE *et al.*, 2011). Os solos amazônicos conhecidos como “Terra Preta de Índio” apresentam alta fertilidade, devido à adição deste carbono pirogênico pelos índios, através da incorporação de resíduos de carvão vegetal ao solo (LEHMANN; JOSEPH, 2009; LIMA *et al.*, 2016).

O carvão utilizado como condicionante de substrato aumentou significativamente os parâmetros de crescimento de *Tachigali vulgaris* (SOUCHIE *et al.*, 2011). Quando adicionado ao substrato comercial, o biochar ativado (injeção de vapor ao processo de pirólise) foi suficiente para melhorar os parâmetros de crescimento de *Tectona grandis* (REZENDE *et al.*, 2016). O biochar associado a outras fontes de nutrientes, N e P ao substrato, apresenta potencial de uso para a produção de mudas de qualidade de *Anadenanthera colubrina* (LIMA *et al.*, 2016).

Contudo, estudos com espécies florestais nativas do Brasil são essenciais para

promover o uso de alternativas que minimizem os custos e confirmem qualidade na produção de mudas em larga escala. Por isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do biochar, adicionado ao substrato e de bioestimulante na produção e qualidade das mudas de *Sapindus saponaria* L.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação e laboratório de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, *campus* de Chapadão do Sul, no período de fevereiro a junho de 2017.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial 5x2. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de cinco proporções de biochar (0%, 7,5%, 15%, 22,5% e 30%) e presença (10 mL L⁻¹) ou ausência do bioestimulante, com quatro repetições. Cada repetição foi formada por 12 tubetes contendo uma muda por unidade. O biochar utilizado em mistura com o substrato foi proveniente de moinha de carvão de eucalipto.

Frutos maduros de *Sapindus saponaria* L. foram coletados diretamente das árvores-matrizes localizadas no município de Chapadão do Sul - MS, com coordenadas geográficas 18°46'44" S e 52°36'49" O, e levados para o laboratório no qual ocorreu o beneficiamento, a partir da extração manual do pericarpo oleoso para a obtenção das sementes. Em seguida, foram lavadas em água corrente, desinfestadas em solução de hipoclorito de sódio a 2% de cloro ativo (v/v), durante 5 minutos. Devido às características das sementes de saboneteira, elas foram submetidas à escarificação química utilizando ácido sulfúrico concentrado por 70 minutos (SILVA *et al.*, 2018), processo realizado em capela de exaustão e, em seguida, lavadas abundantemente em água corrente.

As sementes cujos tratamentos recebiam bioestimulante (composto por 3 reguladores vegetais, contendo 90 mg L⁻¹ de cinetina, 50 mg L⁻¹ de ácido giberélico, 50 mg L⁻¹ de ácido indolbutírico e 99,981% de ingredientes inertes) foram imersas na

solução com concentração de 10 mL L⁻¹ do produto Stimulate®, enquanto as demais foram imersas em água destilada, ambas durante 12 horas, sob as mesmas condições.

Em casa de vegetação, a semeadura foi realizada em tubetes de polipropileno com volume de 120 cm³, dispostos em bandejas. Foi utilizado o substrato comercial Carolina® e a fertilização de plantio feita com 6 kg m⁻³ de adubo de liberação controlada NPK (3 - 4 meses) Osmocote®.

Aos 110 dias após emergência, para analisar os efeitos dos tratamentos foram avaliados os seguintes parâmetros: altura total (HT) (cm), diâmetro do colo (DC) (cm), utilizando um paquímetro digital e uma régua graduada, respectivamente. Após a avaliação no viveiro, as mudas selecionadas foram levadas ao laboratório, onde foram seccionadas em raiz e parte aérea total da planta. A parte aérea foi separada em caule e folhas, estas últimas foram utilizadas para obtenção da área foliar por muda (AF) (cm²), utilizando-se o medidor de área foliar CI - 203CA, da Bioscience. As raízes foram lavadas em água corrente sobre uma peneira, e utilizando uma régua graduada mediu-se o comprimento das raízes (CR) (cm), em seguida o volume das raízes (VR) (mL raiz⁻¹), utilizando uma proveta de 100 mL e o volume obtido por deslocamento. Posteriormente, foram colocadas para secar, juntamente com a parte aérea, em estufa de circulação forçada de ar, a 65°C, por 72 horas, obtendo-se a massa seca de raiz (MSR) (g), parte aérea (MSPA) (g) e massa seca total (MST) (g) por muda. A qualidade das mudas foi analisada a partir das relações: altura/diâmetro (RHD), altura/parte aérea (RHPA), parte aérea/raiz (RPAR) e do Índice de Qualidade de Dickson (IQD) (DICKSON *et al.*, 1960). De acordo com a fórmula:

$$\text{IQD} = \text{MST} / [(\text{HT} / \text{DC}) + (\text{MSPA} / \text{MSR})] \quad (1)$$

Em que: IQD = índice de qualidade de Dickson; MST = massa seca total; HT = altura total; DC = diâmetro do colo; MSPA = massa seca da parte aérea; MSR = massa seca da raiz.

Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo que para a variável quantitativa, proporções de biochar, foi realizada análise de regressão, enquanto para a variável qualitativa, bioestimulante, foi aplicado o teste de Tukey, com 5% de probabilidade de erro.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi verificado no experimento uma germinação média de 78,8% das sementes de *Sapindus saponaria*, atingindo um índice de velocidade de emergência de 0,61. Para todos os parâmetros avaliados, com exceção do comprimento das raízes, foi verificada interação entre o biochar e o bioestimulante. Para o comprimento das raízes, diferenças significativas também foram verificadas para os dois fatores de forma isolada (Figuras 1, 2 e 3).

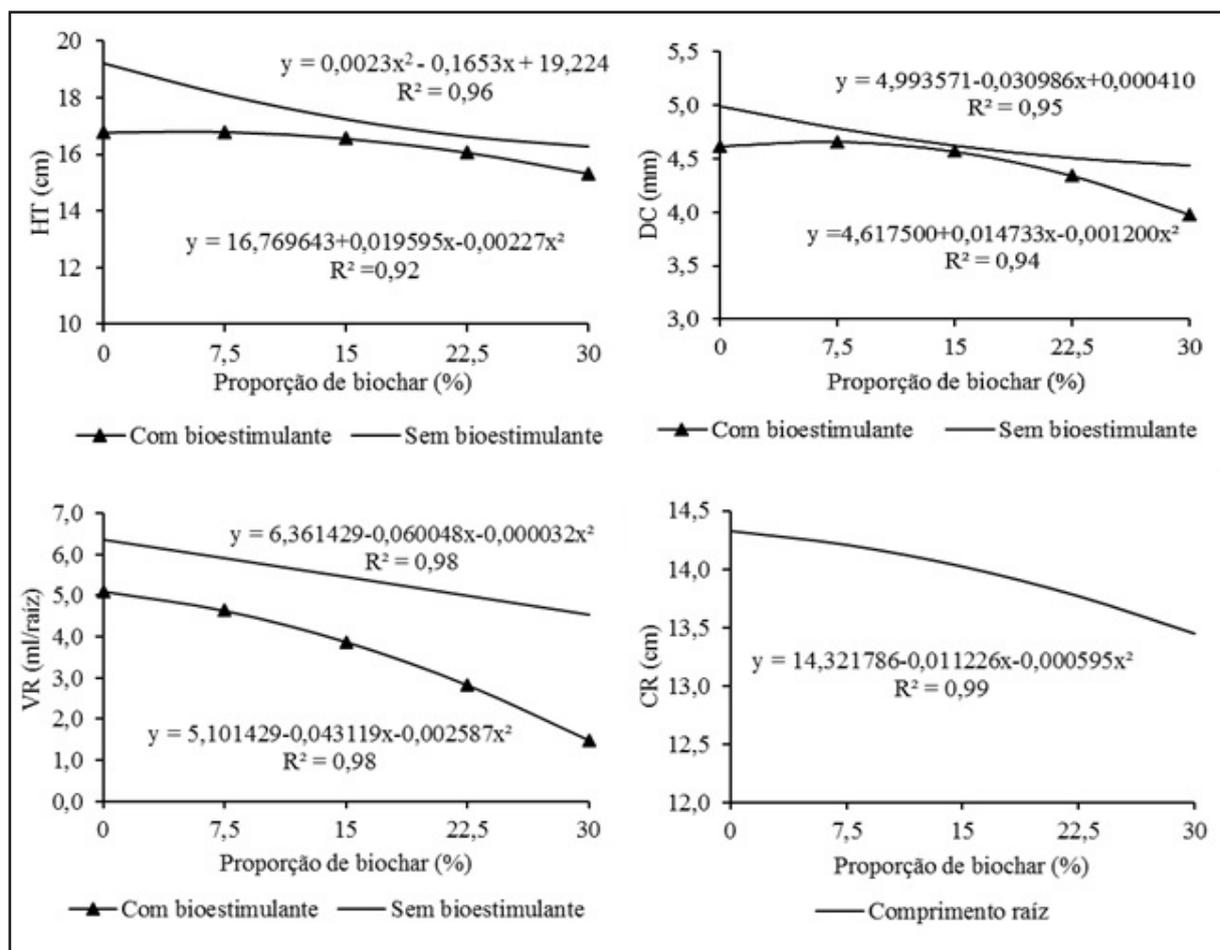
A utilização do biochar no substrato resultou em decréscimo no crescimento, na altura total, diâmetro do colo, volume de raiz e comprimento de raiz (Figura 1). Os maiores valores de altura total e diâmetro do colo, 19,22 cm e 4,99 mm, respectivamente, foram obtidos quando não houve a adição do composto orgânico e na ausência do bioestimulante (Figura 1 - a, b), representando um incremento de 20,3% na altura total e 20,2% no diâmetro, em relação aos menores valores, os quais foram obtidos na maior proporção de biochar (30%). A variável altura total e diâmetro do colo configuram parâmetros altamente relevantes para indicar a qualidade de mudas, por apresentarem alto grau de relação com o IQD (GOMES; PAIVA; 2012).

De acordo com Lima *et al.* (2016), o melhor desenvolvimento vegetal proporcionado pelo biochar varia conforme suas características químicas, se este apresenta baixa disponibilidade pode ser ineficiente. Kissmann *et al.* (2011), trabalhando com *Jacaranda decurrens*, verificaram que não houve efeito no crescimento em altura e diâmetro quando se utilizou a mesma concentração de bioestimulante empregada no presente estudo (10 mL L⁻¹).

Seguindo o mesmo comportamento, o volume de raiz (mL raiz⁻¹) (VR) foi decrescente quando se aumenta a proporção do biochar, tanto na presença quanto na ausência do bioestimulante (Figura 1 - c). A melhor resposta foi proporcionada quando não se utilizou bioestimulante e não foi adicionado o biochar ao substrato (6,36 mL raiz⁻¹), 76,72% de incremento em relação ao menor valor (1,48 mL raiz⁻¹),

obtido na presença do bioestimulante e maior proporção do biochar. Observa-se que na presença do bioestimulante a maior média obtida é de 5,10 mL raiz⁻¹, uma redução de 19,8%, não superando a média obtida na ausência do produto. Pôde-se verificar em ambos os casos que a maior média obtida na presença do bioestimulante apresentou-se quando não houve adição do biochar, o qual pode ter interferido no efeito do estimulante.

Figura 1 – Altura total (a), diâmetro do colo (b), volume de raiz (c) e comprimento de raiz (d) de *Sapindus saponaria* em função de proporções de biochar, na presença (10 mL L⁻¹) e na ausência de bioestimulante



Fonte: Autores (2017)

Em que: HT: Altura total; DC: Diâmetro do colo; VR: Volume de raiz; CR: Comprimento de raiz.

Analisando o parâmetro comprimento das raízes (cm), o maior valor (14,32 cm) foi proporcionado pela ausência do biochar (Figura 1 - d). Quanto ao bioestimulante, o maior comprimento foi verificado quando não se adiciona o produto, resultando em 13,7 cm na presença e 14,32 cm na ausência. De acordo com Kerbauy (2004), o processo de enraizamento requer quantidades diferentes de auxinas e citocininas, dependendo da fase organogênica. Na indução, a presença de auxina é um sinal para iniciar a divisão celular e formação do novo meristema. Porém, após a formação do primórdio radicular, a concentração de auxina torna-se inibitória ao alongamento da raiz. O efeito do bioestimulante, em função de suas substâncias, composição e concentração, pode não ter sido suficiente para promover o crescimento das raízes de *Sapindus saponaria*.

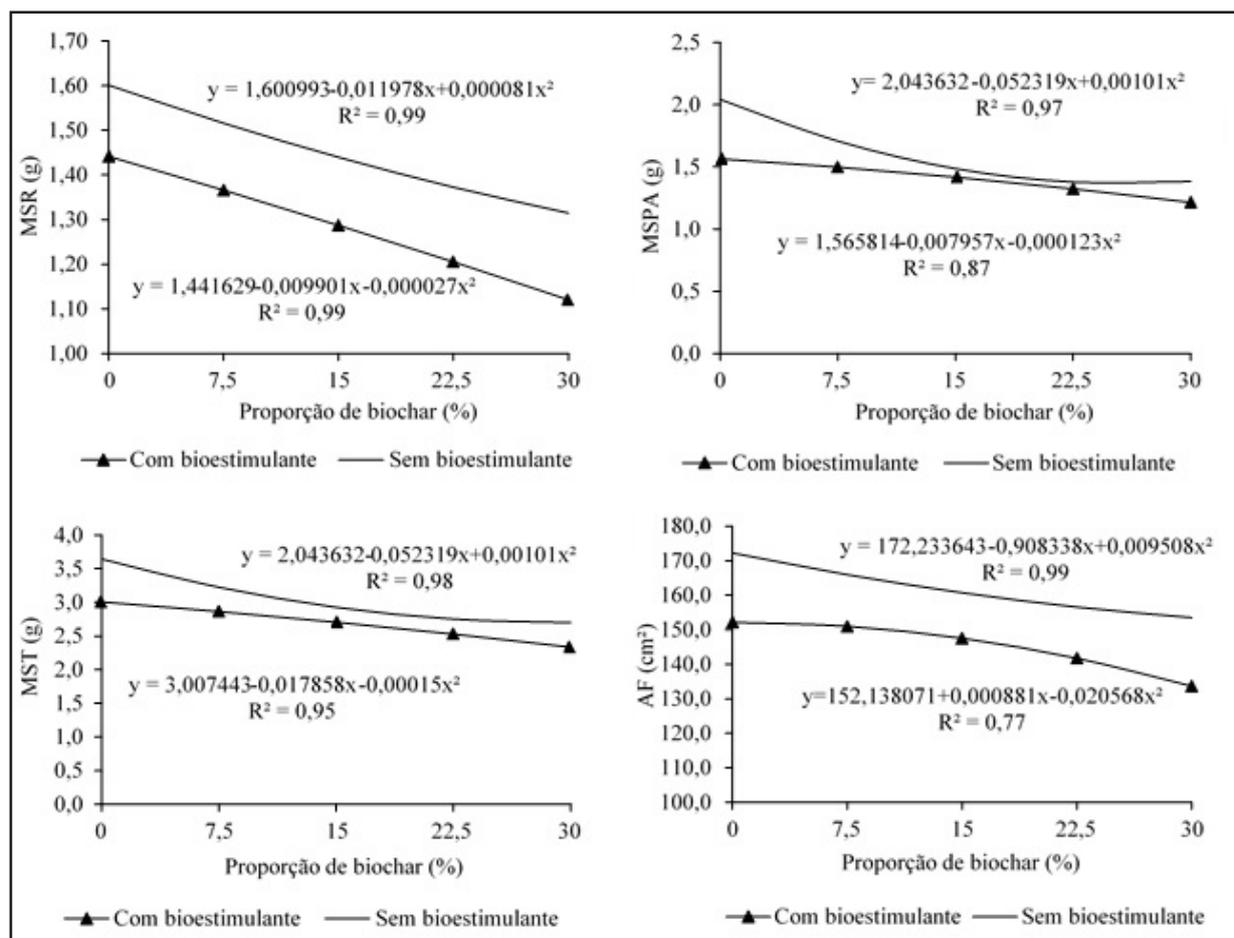
O crescimento proporcionado pelo estimulante vegetal pode ser observado na literatura para algumas espécies nativas. O melhor resultado quanto ao comprimento de raiz de *Genipa americana* foi observado no tratamento com Stimulate® a 10 mL L⁻¹, cuja média superou o tratamento-controle em 84,31% (PRADO NETO *et al.*, 2007). Pierezan *et al.* (2012) constataram que o acréscimo no crescimento de raiz foi até a dose de 15 mL do bioestimulante e que a dose de 35 mL foi prejudicial para o crescimento de mudas de *Hymenaea courbaril*, demonstrando que diferentes espécies respondem de forma diferenciada à utilização desses bioestimulantes.

A produção de massa seca (g), na presença ou ausência de bioestimulante (Figura 2), tanto para parte aérea (MSPA), raiz (MSR) e total (MST), reduziu à medida que se aumentou a proporção de biochar, na composição do substrato. Redução essa de 22,3% (MSPA com bioestimulante), 32,3% (MSPA sem bioestimulante), 22,2% (MSR com bioestimulante), 18% (MSR sem bioestimulante), 22,2% (MST com bioestimulante) e 25,8% (MST sem bioestimulante), quando se compararam os maiores e menores valores.

Os resultados de massa seca de raiz (g) (Figura 2 - a) corroboram os resultados

de volume e comprimento de raízes (Figura 1 - c, d), indicando um declínio proporcional no seu desenvolvimento à medida que se aumenta a proporção de biochar, tanto na presença como na ausência do bioestimulante vegetal, sendo o maior peso (1,60 g) obtido na ausência do bioestimulante e do biochar. O mesmo pôde ser observado para massa seca da parte aérea e total com melhores resultados 2,04 g e 3,64 g, respectivamente, proporcionados na ausência dos dois fatores (Figura 2 - b, c).

Figura 2 – Massa seca de raiz (a), massa seca de parte aérea (b), massa seca total (c) e área foliar(d), de *Sapindus saponaria* em função de proporções de biochar, na presença (10 mL L⁻¹) e na ausência de bioestimulante



Fonte: Autores (2017)

Em que: MSR: Massa seca de raiz; MSPA: Massa seca da parte aérea; MST: Massa seca total; AF: Área foliar.

Lima *et al.* (2016) ressaltam o potencial de biochar estar diretamente relacionado às características físico-químicas do material (teor de lignina, extrativos, celuloses e hemiceluloses), visto que este pode ser proveniente de qualquer fonte de biomassa, assim como condições de pirólise, o que pode ter interferido nos resultados deste trabalho.

Diferentemente dos resultados já encontrados na literatura, com relação ao uso do bioestimulante, Scalon *et al.* (2009), trabalhando com *Campomanesia adamantium*, obtiveram resultados significativamente superiores na matéria seca quando as sementes foram tratadas com estimulante vegetal.

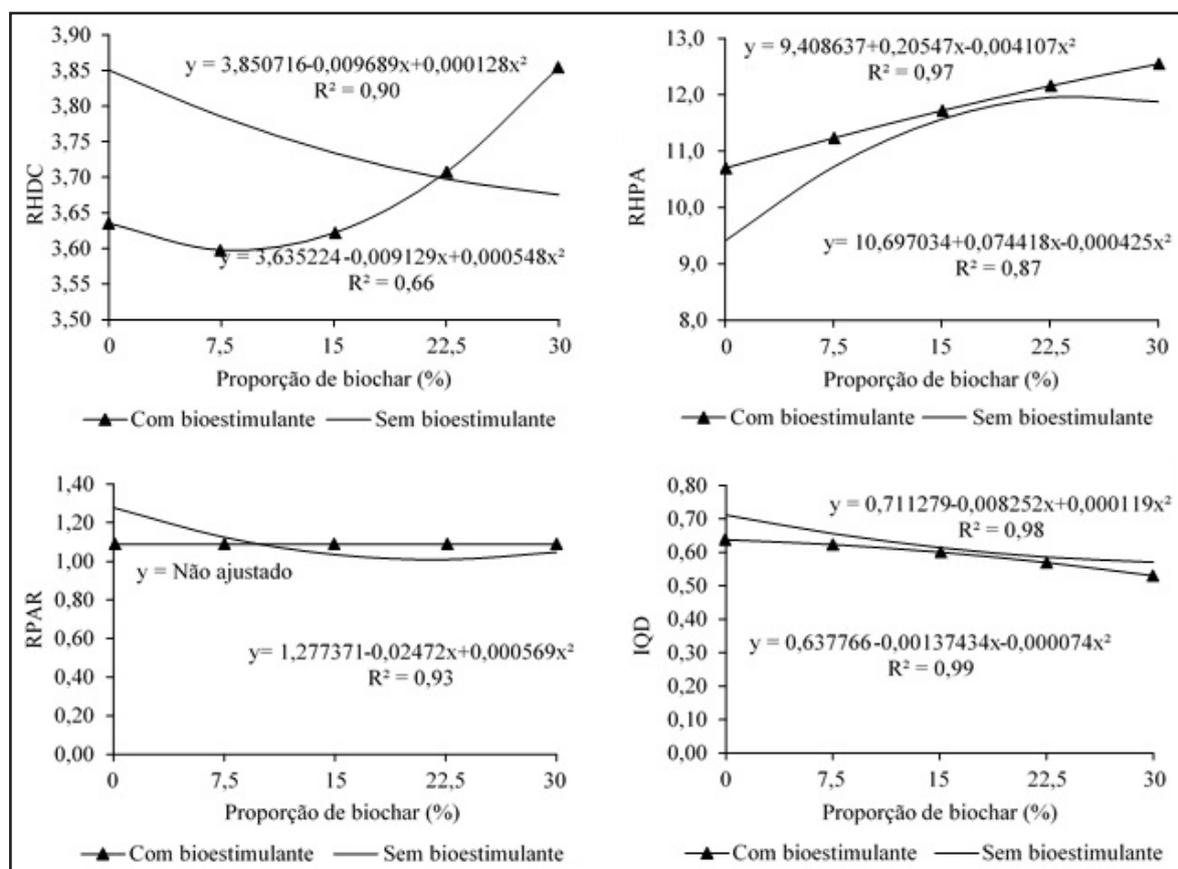
Para a área foliar, os resultados seguiram a mesma tendência dos demais parâmetros, com sua redução na medida em que se aumenta a proporção do biochar (Figura 2 - d). O melhor resultado para área foliar (172,23 cm²) foi proporcionado com 0% de biochar adicionado ao substrato e na ausência do estimulante vegetal. A área foliar é um importante parâmetro de avaliação, uma vez que está diretamente relacionada com processos fisiológicos, tais como fotossíntese, respiração e transpiração (SOUCHIE *et al.*, 2011). Já foi constatada, em outros estudos, a importância da mistura de material orgânico no substrato no desenvolvimento de *Sapindus saponaria* (OLIVEIRA *et al.*, 2016), em que houve incremento na área foliar, diferentemente do observado no presente estudo.

Resultados encontrados por Scalon *et al.* (2009), quanto ao uso do bioestimulante no tratamento das sementes de *Campomanesia adamantium*, demonstraram incremento na área foliar quando se adicionou o produto. Entretanto, vale ressaltar que concentrações baixas do bioestimulante podem não ser suficientes para estimular o desenvolvimento das plantas, assim como concentrações muito elevadas podem causar inibição dos processos metabólicos (CANESIN *et al.*, 2012).

Observando as análises dos principais parâmetros que predizem a qualidade de uma muda (Figura 3), pode-se constatar que RHPA, RPAR e IQD, com exceção da RHDC, obtiveram seus melhores resultados quando não se utiliza o bioestimulante e variam em relação às proporções do biochar.

Embora os parâmetros que caracterizam o crescimento, altura total e diâmetro do colo não apresentarem incremento significativo com os tratamentos, a relação altura total/diâmetro do colo (RHDC) proporcionou melhor resultado quando se utilizou o bioestimulante no tratamento das sementes e uma dose intermediária do biochar. O menor valor da relação entre a altura e o diâmetro do colo (3,6) é obtido quando as sementes são tratadas com o bioestimulante, e se utiliza uma proporção de 8,3% de biochar no substrato (Figura 3 - a). Na ausência do estimulante vegetal, há uma tendência decrescente na relação quando se aumentam as proporções do biochar, sendo que o menor valor obtido apresenta-se na maior quantidade do biochar (30%) no substrato.

Figura 3 – Relação altura total/diâmetro do colo (a), relação altura total/parte aérea (b), relação parte aérea/raiz (c) e índice de qualidade de Dickson (d), de *Sapindus saponaria* em função de proporções de biochar, na presença (10 mL L⁻¹) e na ausência de bioestimulante



Fonte: Autores (2017)

Em que: RHDC: Relação altura total/diâmetro do colo; RHPA: Relação altura total/parte aérea; RPAR: Relação parte aérea/raiz; IQD: Índice de qualidade de Dickson.

Entre os parâmetros que avaliam a qualidade de uma muda, a RHDC exprime o equilíbrio no crescimento e sua robustez. Com isso, quanto menor seu valor, indica uma maior capacidade de sobrevivência em campo (GOMES; PAIVA, 2012). Em estudo com a espécie nativa carvoeiro (*Tachigali vulgaris*), Souchie *et al.* (2011) verificaram o potencial do biochar como condicionante de substrato, resultando em uma produção de mudas mais vigorosas, o que se recomenda quando a muda é destinada para a recuperação de áreas degradadas.

Para a RHPA (Figura 3 - b), tanto na presença quanto na ausência do estimulante vegetal, os melhores resultados se apresentam na ausência de biochar (10,7 com bioestimulante e 9,41 sem o bioestimulante), seguindo uma tendência desse índice aumentar conforme se aumenta a proporção do componente orgânico. Para espécies florestais, Hunt (1990) estabelece que o índice de qualidade de mudas RHPA deve ser menor que 10 e maior que 0,2 para que as mudas apresentem boa qualidade e alta sobrevivência após o plantio. Embora o presente trabalho tenha obtido valores superiores a 10 na maioria dos tratamentos, deve se ressaltar que, de acordo com Gomes e Paiva (2012), os índices de qualidade devem ser calibrados para cada espécie.

Observando a relação entre as massas secas de parte aérea e raiz (Figura 3 - c), para o uso de bioestimulante, não foi possível o ajuste da equação. Na ausência do bioestimulante, a composição de 21,7% de biochar proporcionou a melhor relação (1,01) entre os parâmetros. Esse resultado corrobora o encontrado por Lima *et al.* (2016) no seu estudo com *Anadenanthera colubrina*, no qual confirmam a eficácia do uso do biochar no equilíbrio dessa relação. A melhor qualidade de mudas na RPAR é verificada com valor máximo de 2 (GOMES; PAIVA, 2012), indicando boa qualidade das mudas, o que não foi verificado para nenhum dos tratamentos testados neste trabalho.

Foi observado ainda que no IQD (Figura 3 - d), na presença ou ausência do estimulante vegetal, os valores tendem a reduzir, porém não de uma forma acentuada como visto em outros parâmetros neste estudo, conforme o aumento da proporção

do biochar. O melhor resultado (0,71) foi obtido na ausência do bioestimulante e sem adição do biochar ao substrato. Segundo Binotto *et al.* (2010), quanto mais próximos são os valores de um, representam melhor qualidade, e que tanto a RPAR quanto IQD são parâmetros eficazes, pois avaliam a distribuição da biomassa na muda. Sendo assim, melhoram suas características alométricas, aumentando sua capacidade de sobrevivência em campo e diminuindo a necessidade de replantio em áreas de recuperação.

4 CONCLUSÕES

O uso do bioestimulante no tratamento das sementes e do biochar na composição do substrato não proporcionou incremento nas características de produção de mudas de *Sapindus saponaria*.

Para o índice de qualidade RHDC, a combinação dos dois fatores, na concentração de 8,3% de biochar, manteve um equilíbrio na distribuição de biomassa na muda.

REFERÊNCIAS

- ABRANTES, F. L. **Efeito de bioestimulante sobre a produtividade e qualidade fisiológica de dois cultivares de feijão cultivados no inverno**. 2008. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Ilha Solteira, 2008.
- ALBIERO, A. L. M. *et al.* Caracterização anatômica das folhas, frutos e sementes de *Sapindus saponaria* L. (Sapindaceae). **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 2, p. 549-560, 2001.
- BERTOLIN, D. C. *et al.* Aumento da produtividade de soja com a aplicação de bioestimulantes. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 2, p. 339-347, 2010.
- BINOTTO, A. F. *et al.* Correlations between growth variables and the Dickson quality index in forest seedlings. **Cerne**, Lavras, v. 16, p. 457-464, 2010.
- CALDEIRA, M. V. W. *et al.* Composto orgânico na produção de mudas de aroeira-vermelha. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 27-33, 2008.
- CANESIN, Â. *et al.* Bioestimulante no vigor de sementes e plântulas de faveiro (*Dimorphandra mollis* Benth.). **Cerne**, Lavras v. 18, n. 2, p. 309-315, 2012.
- CAVALCANTE, Í. H. L. *et al.* Biochar no substrato para produção de mudas de maracujazeiro amarelo. **Revista de la Facultad de Agronomía**, La Plata, v. 111, n. 1, p. 41-47, 2012.

CUNHA, A. O. *et al.* Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex DC.) Standl. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 4, p. 507-516, 2005.

DICKSON, A. *et al.* Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicle**, [s. l.], v. 36, p. 10-13, 1960.

FREITAS, A. F. *et al.* Carvão vegetal em substrato para produção de mudas de *Dipteryx odorata*. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 3, p. 31-40, 2014.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2012. p. 92-101.

GUARIM NETO, G. *et al.* Notas etnobotânicas de espécies de Sapindaceae Jussieu. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 14, p. 327-334, 2000.

GUIMARÃES, I. P. *et al.* Efeito de diferentes substratos na emergência e vigor de plântulas de Mulungú. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 6, p. 932-938, 2011.

HUNT, G. A. Effect of styroblock design and cooper treatment on morphology of conifer seedlings. *In*: TARGET SEEDLING SYMPOSIUM, MEETING OF THE WESTERN FOREST NURSERY ASSOCIATIONS, 1990, Roseburg. **Proceedings** [...]. Fort Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1990. p. 218-222.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 452 p.

KISSMANN, C. *et al.* Biorregulador e pré-condicionamento osmótico na germinação de sementes e no crescimento inicial da muda de carobinha (*Jacaranda decurrens* subsp. *symmetrifoliolata* Farias & Proença) -Bignoniaceae. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 13, n. 1, p. 58-67, 2011.

LEHMANN, J.; JOSEPH, S. Biochar for environmental management: an introduction. *In*: LEHMANN, J.; JOSEPH, S. (ed.). **Biochar for environmental management: science and technology**. London: Earthscan, 2009. p. 112.

LIMA, S. L. *et al.* Biochar no manejo de nitrogênio e fósforo para a produção de mudas de angico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 2, p. 120-131, 2016.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 349 p.

OLIVEIRA, L. *et al.* Efeitos de diferentes substratos no vigor de plântulas de saboneteira. **Cadernos Macambira**, v. 1, n. 2, p. 82-87, 2016.

PAOLI, A. A. S.; SANTOS, M. R. O. Caracterização morfológica de frutos, sementes e plântulas de *Sapindus saponaria* L. (Sapindaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 20, n. 2, p. 147-153, 1998.

PIEREZAN, L. *et al.* Emergência de plântulas e crescimento de mudas de jatobá com uso de bioestimulante e sombreamento. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 1, p. 127-133, 2012.

PRADO NETO, M. *et al.* Germinação de sementes de jenipapeiro submetidas à pré-embebição em regulador e estimulante vegetal. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 693-698, 2007.

REZENDE, F. A. *et al.* Biochar in substrate composition for production of teak seedlings. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 9, p. 1449-1456, 2016.

SCALON, S. P. Q. *et al.* Germinação de sementes e crescimento inicial de mudas de *Campomanesia adamantium* Camb.: Efeito da lavagem, temperatura e de bioestimulantes. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 96-103, 2009.

SILVA, R. S. *et al.* Superação da dormência de sementes de *Sapindus saponaria* L. **Ciência Floresta**, Santa Maria, v. 28, n. 3, p. 987-996, 2018.

SOUCHIE, F. F. *et al.* Carvão pirogênico como condicionante para substrato de mudas de *Tachigali vulgaris* LG Silva & HC Lima. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 4, p. 811-821, 2011.

Contribuição de Autoria

1 – Deanna Carla Oliveira Soares

Engenheira Florestal

<https://orcid.org/0000-0002-5355-6091> • deanna.92@hotmail.com

Contribuição: Conceituação, Metodologia, Curadoria de dados, Análise Formal, Supervisão, Validação, Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição

2 – Sebastião Ferreira Lima

Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor

<https://orcid.org/0000-0001-5693-912X> • sebastiao.lima@ufms.br

Contribuição: Curadoria de dados, Análise Formal, Supervisão, Validação, Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição

3 – Ana Paula Leite Lima

Engenheira Florestal, Dra., Professora

<https://orcid.org/0000-0002-6442-2734> • paula.leite@ufms.br

Contribuição: Curadoria de dados, Análise Formal, Supervisão, Validação, Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição

4 – Jéssica Aparecida Ferreira Paula

Engenheira Florestal

<https://orcid.org/0000-0003-4605-2095> • jessica_ferreirasp@hotmail.com

Contribuição: Supervisão, Validação, Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição

Como citar este artigo

Soares, D. C. O.; Lima, S. F.; Lima, A. P. L.; Paula, J. A. F. Uso do biochar e de bioestimulante na produção e qualidade de mudas de *Sapindus saponaria* L. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 106-122, 2021. DOI 10.5902/1980509828677. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509828677>. Acesso em: xx mês abreviado 202x.