



A compostagem da casca de café carbonizada favorece a produção de mudas de ingá

Júlio César Tannure FARIA¹, Victor Mendes de Oliveira PINTO¹, Douglas Santos GONÇALVES¹,
Denys Matheus Santana Costa SOUZA¹, Sérgio Bruno FERNANDES¹,
Gilvano Ebling BRONDANI^{1*}

¹Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil.
(ORCID: 0000-0001-7081-3726; 0000-0002-8661-4016; 0000-0003-2580-8463; 0000-0003-4256-7163; 0000-0001-8685-1268; *)
*E-mail: gebondani@gmail.com (ORCID: 0000-0001-8640-5719)

Recebido em 24/09/2019; Aceito em 22/01/2020; Publicado em 13/04/2020.

RESUMO: O presente estudo teve como objetivo avaliar a casca de café carbonizada e decomposta como componente do substrato para a produção de mudas de *Inga vera* Willd subsp. *affinis* (DC). T.D. Penn. por meio da avaliação da sobrevivência e das características morfológicas de crescimento. O experimento foi conduzido em tubetes de 110 cm³, sendo instalado em um delineamento inteiramente casualizado, constituindo sete tratamentos, com cinco repetições de oito mudas por parcela. Após 180 dias da semeadura, avaliaram-se a sobrevivência e a altura das mudas, diâmetro do coleto, relação altura/diâmetro do coleto, matéria seca da parte aérea, matéria seca do sistema radicular, matéria seca total, relação matéria seca da parte aérea/raiz, e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD). Por meio dos resultados obtidos, constatou-se que a compostagem da casca de café carbonizada melhorou significativamente a qualidade das mudas de *Inga vera* subsp. *affinis*, sendo que o substrato contendo este componente resultou nas melhores respostas para a sobrevivência e para a maioria dos parâmetros de qualidade avaliados. Novos estudos são recomendados para se conhecer melhor os efeitos deste componente renovável para a produção de mudas.

Palavras-chave: *Inga vera* subsp. *affinis*; substrato renovável; compostagem; qualidade de mudas; mudas florestais.

Carbonized and decomposed coffee husk as substrate component for ingá seedling production

ABSTRACT: The aim of this study was to evaluate the carbonized and decomposed coffee husk in the seedling production of *Inga vera* Willd subsp. *affinis* (DC). T. D. Penn by assessing the survival and growth. The experiment was conducted in recipient of 110 cm³, being installed in a completely randomized design consisting of seven treatments with five replications of eight seedlings per plot. After 180 days, the survival rate, plant height, stem diameter, ratio between plant height and stem diameter, shoot dry mass, dry mass of root system, total dry mass, dry mass ratio of shoot/root dry mass and Dickson Quality Index (IQD) were evaluated. The composting of the carbonized coffee husk improved the quality of *Inga vera* subsp. *affinis* seedlings; and the substrate with proportions of this component resulted in the best responses for survival and most of the quality parameters evaluated. Further studies are recommended to better understand the effects of this component for the seedling production.

Keywords: *Inga vera* subsp. *affinis*; renewable substrate; composting; seedling quality; forest seedlings.

1. INTRODUÇÃO

Para pôr em prática programas de recuperação e proteção florestal é importante que a produção de mudas seja eficiente em relação a grande diversidade de espécies nativas, processo esse que ainda carece de estudos científicos. O desenvolvimento das técnicas envolvidas no processo de propagação das diferentes espécies florestais é bastante complexo, devido à diversidade existente e a pouca informação científica (FARIA et al., 2017; FELKER et al., 2018).

A espécie florestal *Inga vera* Willd subsp. *affinis* (DC). T. D. Penn., conhecida popularmente como ingazeiro, pertence à família Fabaceae (subfamília Mimosoideae), sendo muito indicada para plantios de recuperação de áreas ciliares

(LAMARCA; BARBEDO, 2015). A espécie é classificada como pioneira de rápido crescimento, com preferência a solos úmidos, apresenta altura entre 5-10 m e diâmetro com 20-30 cm, destacando seu uso em sistemas agroflorestais por sua capacidade de fixação biológica de nitrogênio (SOUZA; PIÑA-RODRIGUES, 2013; ANDRADE et al., 2015).

O *Inga vera* subsp. *affinis* possui sementes recalcitrantes que apresentam alto teor de umidade, pouca tolerância à perda de água e um curto período de longevidade, tornando-as de difícil armazenamento (CACCERE et al., 2013). Por sua vez, a dificuldade de armazenamento em longo prazo de sementes recalcitrantes, aliada à sazonalidade de produção, torna essa espécie mais vulnerável a ações antrópicas, podendo acarretar redução da variabilidade genética

existente, além de resultar em instabilidade na produção de mudas, comprometendo sua inserção em sistemas de produção e programas de recuperação de áreas degradadas (OLIVEIRA et al., 2011; SILVA et al., 2019). As sementes também são vivíparas, ou seja, a radícula inicia seu crescimento antes mesmo da abertura ou queda do fruto, devendo, logo após a colheita das sementes, produzir as mudas em condições de controle de crescimento e seleção até a época de plantio definitivo no campo (MATA et al., 2013).

Neste contexto, produzir mudas da espécie em quantidade e qualidade é fundamental para a sobrevivência e sucesso do plantio em áreas degradadas; e um dos principais fatores refere-se a escolha correta da composição do substrato. Além do suporte estrutural à parte aérea das mudas, o substrato serve como o meio para a proliferação das raízes, principalmente pelo fornecimento de água, oxigênio e nutrientes (HIGASHIKAWA et al., 2016).

O substrato utilizado para a produção de mudas influencia o preço final e a qualidade, por isso, recomenda-se utilizar substratos renováveis, de baixo custo, alta eficiência e fácil acesso (FARIA et al., 2013). Existem diversos materiais que podem ser adotados para a composição dos substratos, dentre os mais comuns, citam-se a terra de subsolo, vermiculita, areia, composto orgânico, esterco bovino curtido e casca de arroz carbonizada (FARIA et al., 2018).

O Brasil é um país rico em variedade de cafés devido ao cultivo distribuído ao longo do seu território. A casca de café é um resíduo renovável oriundo do processamento do grão que pode ser encontrado em abundância e a baixo custo nas principais regiões produtoras, tais como em Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Bahia e Rondônia. Entretanto, os poucos estudos publicados sobre a produção de mudas com esse resíduo não recomendam seu uso pela baixa sobrevivência e qualidade das mudas, principalmente por serem relatadas respostas atribuídas a efeitos alelopáticos (SHEMEKITE et al., 2014; DE LA CRUZ-MARTORELL et al., 2019).

De acordo com Mora et al. (2015), a compostagem é uma técnica utilizada para se obter rápida estabilização da matéria orgânica e atribuir melhores condições para o seu uso na agricultura. O processo de compostagem consiste em utilizar matérias-primas com uma relação carbono/nitrogênio (C/N) favorável ao metabolismo dos microrganismos decompositores e facilitar a decomposição dessa matéria-prima por meio do controle das condições ambientais, como umidade, aeração e temperatura (VALENTE et al., 2009; ASSIS et al., 2011).

Diante dessa problemática, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a compostagem da casca de café carbonizada para a produção de mudas de *Inga vera* Willd subsp. *affinis* (DC). T. D. Penn. por meio da determinação da sobrevivência e das características morfológicas de crescimento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização geral

As mudas de *Inga vera* subsp. *affinis* foram produzidas no Viveiro Florestal da Universidade Federal de Lavras (UFLA), pertencente ao Departamento de Ciências Florestais (DCF), localizado no *campus* universitário do município de Lavras, Minas Gerais. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é classificado como Cwa, temperado úmido com

inverno seco e verão quente, com precipitação média anual em torno de 1.460 mm e temperatura média anual de 20,4°C (DANTAS et al., 2007).

2.2. Aquisição e componentes dos substratos

Os substratos foram formulados utilizando os componentes orgânicos: casca de café carbonizada (CCC), casca de café carbonizada e decomposta (CCD) e substrato comercial (SC).

A casca de café carbonizada (semi-carbonização – mantendo a estrutura e sem atingir o ponto de carvão vegetal) foi oriunda de uma unidade de beneficiamento de café localizada no *campus* da UFLA, em Lavras-MG, sendo caracterizada pelo resíduo do processo da torra de grãos de *Coffea arabica* L. O substrato comercial utilizado foi composto por 85% de casca e pinus decompostada + 10% de vermiculita + 5% de cascas de arroz carbonizada.

A compostagem da casca de café carbonizada foi realizada a céu aberto em canteiro forrado, composto por uma camada de areia, onde realizou-se o revolvimento da pilha do resíduo a cada seis dias. Durante o processo de compostagem, a pilha foi recoberta por uma camada de palha e capim seco para evitar a perda de temperatura e umidade, sendo o controle da umidade realizada a cada três dias com auxílio de regador de água. O período de compostagem do material foi de 150 dias.

2.3. Obtenção de sementes e tratos culturais

As sementes de *Inga vera* subsp. *affinis* foram coletadas de seis matrizes, com distância média de 100 m, as quais fazem parte da arborização do *campus* da UFLA (coordenadas 21°13'35,25" S e 44°58'55,84" O). A coleta foi feita no mesmo dia da montagem do experimento, pois as sementes são recalcitrantes e podem perder sua viabilidade em poucos dias. Os frutos foram coletados e beneficiados manualmente. Logo em seguida, realizou-se a semeadura manual utilizando duas sementes por recipiente. Após a germinação (± 15 dias) foi feito o desbaste com auxílio de uma tesoura, mantendo-se uma muda por recipiente, sendo essa a mais centralizada e com melhor crescimento da parte aérea.

A semeadura foi realizada em tubetes cônicos de polipropileno com capacidade de 110 cm³ de substrato, acondicionados em bandejas de polipropileno com capacidade de 108 unidades, sendo estas bandejas dispostas em canteiro suspenso (1 m de altura em relação ao solo). Foi utilizada casa de sombra com tela de sombrite permitindo a passagem de 50% da luminosidade, sendo irrigadas por sistema de bicos do tipo microaspersores, cinco vezes ao dia e com duração de 5 minutos (cerca de 8 mm ao dia), sendo cessada em dias chuvosos.

Após 30 dias, as mudas foram transferidas para área de pleno sol visando favorecer o crescimento, aclimatação e formação de tecidos mais lignificados. Utilizou-se alternagem de 50% na bandeja. Na fase de pleno sol realizou-se fertirrigações, as quais foram aplicadas uma vez a cada três dias. As irrigações foram realizadas quatro vezes ao dia, com duração de 7 minutos por meio de bicos do tipo aspersores (cerca de 8 mm ao dia). Após 90 dias em área de pleno sol, as fertirrigações foram ministradas uma vez a cada dois dias.

Em cada fertirrigação foram aplicados 25 mL de solução nutritiva para cada muda, conforme detalhamento de sua composição na Tabela 1.

Tabela 1. Fonte de macro e micronutrientes utilizada para a fertirrigação de mudas de *Inga vera* Willd. subsp. *affinis* após 30 dias da semeadura.

Table 1. Macro and micronutrient sources used in the fertirrigation for the seedling production of *Inga vera* Willd. subsp. *affinis* after 30 days.

Fonte de macro e micronutriente	FQ*/PM	mg.L ⁻¹
Nitrato de cálcio	Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O / 236,15	589,20
Monoamônio fostato	NH ₄ H ₂ PO ₄ / 115,03	111,42
Cloreto de potássio	KCl / 74,56	171,62
Sulfato de magnésio	MgSO ₄ .7H ₂ O / 246,48	304,18
Sulfato de manganês	MnSO ₄ .H ₂ O / 169,01	4,62
Ácido bórico	H ₃ BO ₃ / 61,83	5,72
Sulfato de zinco	ZnSO ₄ .7H ₂ O / 287,54	4,40
Sulfato de cobre	CuSO ₄ .5H ₂ O / 249,68	0,40
Molibdato de sódio	Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O / 241,95	0,12
Ferro Solúvel **	-	330,00

*FQ – Fórmula química; PM – Peso molecular. ** Ferro com agente quelante etilendiamina-N, N'-bis (ácido 2-hidroxifenilacético) (EDDHA).

2.4. Tratamentos e delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), constituindo sete tratamentos, com cinco repetições de oito mudas por parcela. As formulações dos substratos podem ser conferidas na Tabela 2.

Tabela 2. Proporção volumétrica dos componentes (%) dos substratos (tratamentos) para a produção de mudas de *Inga vera* Willd. subsp. *affinis*.

Table 2. Volumetric ratio of the components (%) of the substrates (treatments) for *Inga vera* Willd subsp. *Affinis* seedling production.

Tratamentos	Constituintes (% - v.v)		
	CCC	CCD	SC
T1	25	75	0
T2	50	50	0
T3	75	25	0
T4	25	75	0
T5	50	50	0
T6	75	25	0
T7	0	0	100

CCC – Casca de café carbonizada; CCD – Casca de café carbonizada e decomposta e SC – Substrato comercial (testemunha).

2.5. Características morfológicas e análise estatística

Quando as mudas completaram 180 dias após a semeadura foram avaliadas a sobrevivência (SOBREV), altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC), razão entre altura e diâmetro do coleto (RHDC), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca das raízes (MSR), matéria seca total (MST), relação entre a matéria seca da parte aérea e a matéria seca das raízes (RMSPAR), e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), obtido pela fórmula $IQD = \frac{[matéria\ seca\ total]}{[RHDC + RMSPAR]}$ (DICKSON et al., 1960).

Para a determinação da altura da parte aérea utilizou-se uma régua milimetrada, medindo da base da planta (coleto) até a gema apical terminal. Para medir o diâmetro do coleto foi utilizado um paquímetro digital, com precisão de 0,01 milímetro. Para a coleta dos dados de matéria seca, as mudas tiveram suas partes aéreas separadas das raízes com o auxílio de uma tesoura e as raízes foram cuidadosamente lavadas em água corrente para retirar todo o resquício de substrato. Em seguida as partes foram levadas para secagem em estufa à

75°C (±2°C) por sete dias, quando os pesos das amostras estabilizaram. Após a secagem, os materiais foram pesados em laboratório utilizando uma balança analítica com precisão de 0,001 g.

Para a avaliação do crescimento e sobrevivência das mudas, os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$) para testar a normalidade e ao teste de Hartley ($p > 0,05$) para verificar a homogeneidade de variância e, quando foi necessário, os dados foram transformados utilizando o teste de Box-Cox. Após, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA, $p < 0,05$) e em seguida, nos casos de resultados significativos, à análise de comparação de médias por Tukey ($p < 0,05$). As análises estatísticas foram realizadas utilizando os softwares SOC (EMBRAPA, 1990) e R (R CORE TEAM, 2019).

3. RESULTADOS

As mudas de *Inga vera* subsp. *affinis* produzidas nos tratamentos formulados com casca de café carbonizada e decomposta (T4, T5 e T6) responderam positivamente para a maioria das características de crescimento analisadas, em comparação com os tratamentos com casca de café carbonizada e com o tratamento controle, que continha apenas substrato comercial em sua constituição (Tabela 3).

De forma geral, as mudas de todos os tratamentos apresentaram elevado percentual de sobrevivência ao final dos 180 dias após a semeadura, resultando em valores superiores a 80%. As plantas submetidas aos tratamentos T5 (50%CCD+50%SC) e T6 (75%CCD+25%SC) apresentaram as maiores médias absolutas de sobrevivência (95%) diferindo estatisticamente daquelas cultivadas em T1 (25%CCC+75%SC) e T7 (100%SC), que apresentaram médias inferiores a 90% (83,3 e 81,7% respectivamente) (Tabela 3).

As maiores alturas das mudas resultaram dos tratamentos T4, T5 e T6, os quais utilizaram a casca de café carbonizada e decomposta na composição do substrato, sendo esses estatisticamente superiores aos demais tratamentos. As maiores médias em altura da parte aérea resultaram em mudas com aproximadamente 16,00 cm de comprimento e as menores médias entre 12,33 a 13,40 cm (Tabela 3).

Neste estudo, as médias do diâmetro do coleto variaram entre 2,95 e 3,88 mm. As maiores médias do diâmetro do coleto foram observadas dos tratamentos formulados com casca de café carbonizada e decomposta (T4, T5 e T6), não diferindo estatisticamente entre si. As menores médias foram apresentadas nos tratamentos T1, T2 e T3, todos utilizando casca de café carbonizada como componente do substrato (Tabela 3).

O equilíbrio das características morfológicas de crescimento entre a altura da parte aérea e diâmetro do coleto resultou no incremento para as médias da relação RHDC. Os valores de RHDC das mudas de *Inga vera* subsp. *affinis* variaram entre 3,87 a 4,30, sendo o valor máximo observado no tratamento T6 (75%CCD+25%SC) e o mínimo em T3 (75%CCC+25%SC), os quais diferiram apenas na decomposição da casca de café carbonizada (Tabela 3).

No que se refere à matéria seca da parte aérea (MSPA) e radicular (MSR), foram constatadas diferenças estatísticas nos tratamentos avaliados. As médias da MSPA variaram entre 0,57 e 1,06 g, onde as maiores médias foram observadas nos tratamentos onde a casca de café foi decomposta (T4, T5

e T6) e as menores nos tratamentos T1 e T3. As médias da MSR variaram entre 0,87 e 1,48 g, e apresentaram resposta similares com as maiores e menores médias da MSPA (Tabela 3).

Os resultados para a matéria seca total (MST) acompanharam as tendências das médias da matéria seca da parte aérea e radicular, onde as maiores médias foram observadas nos tratamentos onde a casca de café foi decomposta (T4, T5 e T6). Quando a característica avaliada foi a relação entre a matéria seca da parte aérea e a matéria

seca da raiz, todos os tratamentos formulados apresentaram resultados próximos entre si, estando a média geral com valor igual a 0,69 (Tabela 3).

Os resultados positivos do uso dos componentes alternativos na produção de mudas de *Inga vera* subsp. *affinis* também podem ser observados quando se analisa o IQD. O tratamento T6 (75%CCD+25%SC) apresentou média do IQD estatisticamente superior em relação aos tratamentos T1 (25%CCC+75%SC), T2 e T3 (100%SC), ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de Tukey (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios da sobrevivência (SOBREV), altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC), relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto (RHDC), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca radicular (MSR), matéria seca total (MST), relação da matéria seca da parte aérea/matéria seca radicular (RMSPAR), e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) das mudas de *Inga vera* Willd. subsp. *affinis* aos 180 dias após a semeadura.

Table 3. Mean of survival (SOBREV), plant height (H), stem diameter (DC), ratio between plant height and stem diameter (RHDC), shoot dry mass (MSPA), dry mass of root system (MSR), total dry mass (MST), dry mass ratio of shoot/root dry mass (RMSPAR) and Dickson Quality Index (IQD) of *Inga vera* Willd. subsp. *affinis* seedlings at 180 days.

Tratamento	SOBREV	H	DC	RHDC	MSPA	MSR	MST	RMSPAR	IQD
	%	cm	mm		-	g	g		
T1 (25%CCC+75%SC)	83,3 bc	12,31 b	2,95 d	4,18 abc	0,57 d	0,87 d	1,44 c	0,69 ab	0,29 d
T2 (50%CCC+50%SC)	93,3 ab	12,60 b	3,16 cd	3,99 abc	0,68 cd	1,08 bcd	1,77 bc	0,64 b	0,38 bcd
T3 (75%CCC+25%SC)	90,0 abc	12,33 b	3,23 cd	3,86 c	0,58 d	0,92 cd	1,50 c	0,66 ab	0,33 cd
T4 (25%CCD+75%SC)	90,0 abc	16,33 a	3,84 ab	4,25 ab	0,93 ab	1,23 abc	2,17 ab	0,76 a	0,42 abc
T5 (50%CCD+50%SC)	95,0 a	15,93 a	3,88 a	4,13 abc	0,91 abc	1,34 ab	2,25 ab	0,68 ab	0,47 ab
T6 (75%CCD+25%SC)	95,0 a	16,32 a	3,80 ab	4,30 a	1,06 a	1,48 a	2,55 a	0,72 ab	0,51 a
T7 (100%SC)	81,7 c	13,40 b	3,46 bc	3,87 bc	0,76 bcd	1,12 bcd	1,88 bc	0,68 ab	0,41 abc
CV (%)	27,7	10,75	12,7	10,1	25,6	22,8	23,2	13,1	23,6

Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro. Dados apresentados como média geral. CCC – Casca de café carbonizada; CCD – Casca de café carbonizada e decomposta e SC – Substrato comercial (testemunha).

4. DISCUSSÃO

Segundo Carneiro (1995) um dos principais critérios utilizados para avaliação do padrão de qualidade das mudas é por meio da análise do percentual de sobrevivência, sendo que quanto maior for esse percentual melhor será a qualidade das mudas. Baseado nesta afirmação, todos os tratamentos do presente estudo apresentaram elevado percentual de sobrevivência ao final dos 180 dias após a semeadura, indicando valores adequados independente do substrato utilizado.

As características morfológicas avaliadas das mudas de *Inga vera* subsp. *affinis* apresentaram maiores médias de crescimento quando se utilizou substratos com a decomposição de casca de café carbonizada juntamente com o substrato comercial. Esse comportamento pode ser explicado pois no processo de compostagem há aumento da relação carbono/nitrogênio (maior consumo de N), atribuído ao metabolismo de microrganismos decompositores, e favorece a decomposição do resíduo orgânico por meio do controle das condições ambientais, como umidade, aeração e temperatura (HIGASHIKAWA et al., 2016).

Com relação à altura da parte aérea e o diâmetro do coleto, Gomes et al. (2002) destacaram que essas duas características morfológicas de crescimento são as mais utilizadas na avaliação da qualidade de mudas, por serem de fácil mensuração e não destrutíveis. Para verificação da qualidade de mudas de eucalipto produzidas em tubetes, Wendling; Dutra (2017) consideraram mudas aptas para o plantio com altura entre 15 e 25 cm. No presente estudo foi possível constatar que a altura próxima a 16 cm ocorreu nos substratos T4, T5 e T6, os quais resultaram em melhor

rusticidade e formação das estruturas da parte aérea. Até o fim do período experimental (180 dias após a semeadura) não foram constatadas mudas com problemas de altura excessiva, a ponto de causar estiolamento.

O diâmetro do coleto é uma característica difundida para expressar a capacidade de sobrevivência das mudas em campo, sendo usualmente indicado valores superiores a 2 mm como padrão de qualidade em mudas florestais (FARIA et al., 2013; DELARMEILINA et al., 2014; WENDLING; DUTRA, 2017). No presente estudo, apenas o tratamento T1 apresentou mudas com diâmetro inferior a 3 mm, quando comparadas as mudas dos demais tratamentos (Tabela 3).

Na literatura são encontrados estudos similares em relação ao crescimento de mudas florestais utilizando substratos a base de casca de café. Mudas de *Senna alata* apresentam maior crescimento em altura e diâmetro em substratos formulados com substratos a base de um composto orgânico com casca de café decomposta, estando este na proporção de 40% (composto orgânico com esterco bovino e palha de café), com adição de 60% de lodo de esgoto (FARIA et al., 2013). Na produção de mudas de *Sesbania virgata* também foi recomendada a estabilização biológica do resíduo orgânico à base de casca de café, apresentando assim os maiores resultados de crescimento no substrato composto por 40% (composto orgânico com esterco bovino e palha de café), com adição de 60% de lodo de esgoto (DELARMEILINA et al., 2014).

Contudo, mesmo as características morfológicas de crescimento da altura da parte aérea e diâmetro do coleto serem as mais utilizadas nas avaliações de qualidade de mudas, Gomes et al. (2002) recomendaram que elas devem

ser analisadas conjuntamente com outras características para maior precisão nas recomendações de substratos e na qualidade das mudas.

A relação H/DC e o Índice de Qualidade de Dickson são parâmetros morfológicos muito difundidos em diversos estudos científicos na avaliação da qualidade e produção de mudas agrônômicas e florestais (CALDEIRA et al., 2012; DELARMELINA et al., 2014; FARIA et al., 2017). Vale ressaltar que é encontrada na literatura discordância na definição dos valores ideais para essas duas grandezas, sendo que as mesmas podem variar de acordo com a espécie de estudo, tipo e proporção de substrato, volume do recipiente, adubação e idade de avaliação das mudas (SOUZA et al., 2010). Com relação aos valores médios de RHDC, todos os tratamentos apresentaram médias inferiores do intervalo de 5,4 a 8,1, indicado por Carneiro (1995). Segundo o autor, esse intervalo é responsável por expressar o balanceamento de crescimento entre ambas as características, entretanto, no presente estudo, não foi possível constatar mudas de baixa qualidade avaliando o intervalo desse parâmetro.

Em relação à matéria seca (MSPA, MSR e MST), apesar de ter ocorrido o mesmo comportamento estatístico entre os tratamentos, as maiores médias absolutas resultaram do substrato composto com a maior proporção de casca de café carbonizada e decomposta. Estes resultados seguem a tendência, mostrada em outros estudos, tal como o aumento da fitomassa seca da planta quando cultivada em substrato contendo resíduos que passaram pelo processo de compostagem. Caldeira et al. (2008) também observaram aumento na MSPA e MSR em mudas de aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi) ao adicionar composto orgânico (casca de arroz e cama de aviário) ao substrato com terra de subsolo.

A relação RMSPAR expressa o equilíbrio na distribuição da fitomassa na planta entre a parte aérea e radicular, e alguns pesquisadores sugerem valores iguais a 2,0 para determinadas espécies como sendo a melhor relação entre essas duas características (CALDEIRA et al., 2008; CALDEIRA et al., 2012). Todos os substratos utilizados no presente estudo apresentaram valores inferiores ao considerado ideal, resultando em média geral de 0,7 aos 180 dias após a semeadura, o que pressupõe um desequilíbrio no ganho de massa nas mudas de *Inga vera* subsp. *affinis*, sendo o ganho de matéria seca da parte aérea não acompanhado pelo ganho da matéria seca radicular. Provavelmente esse fato pode estar relacionado, além dos substratos utilizados, com as características de crescimento/desenvolvimento da espécie, clima, estação de cultivo, recipiente e fotoperíodo da região.

O Índice de Qualidade de Dickson (IQD) é uma medida morfológica integrada, sendo apontada como um adequado indicador da qualidade de mudas, por utilizar diversas características morfológicas importantes, como a robustez e o equilíbrio na distribuição da fitomassa (ELOY et al., 2013). De acordo com Gomes et al. (2002), quanto maior for o valor de IQD, melhor será a qualidade da muda. Com relação aos valores médios de IQD para mudas de *Inga vera* subsp. *affinis*, os tratamentos que utilizaram os substratos com a decomposição de casca de café carbonizada, juntamente com o substrato comercial apresentaram as maiores médias e, consequentemente, os melhores valores de qualidade para esse índice.

O fato das mudas produzidas com a casca de café carbonizada apresentarem menor crescimento nas

características de crescimento avaliadas podem estar relacionados aos efeitos alelopáticos de substâncias presentes na casca desse resíduo (SHEMEKITE et al., 2014; FARIA et al., 2018). A cafeína é um composto termoestável que não se degrada facilmente com o aumento da temperatura, o que torna provável a presença de fração residual desta substância nos substratos, mesmo após a carbonização da casca de café (DE LA CRUZ-MARTORELL et al., 2019).

Na literatura são encontrados estudos que corroboram com os dados do presente estudo, principalmente no que diz respeito a possível capacidade da cafeína inibir o crescimento das características morfológicas em espécies vegetais, tal como o relatado para *Cucumis sativus* (MAY et al. 2011), *Senna alata* (FARIA et al., 2013) e *Sesbania virgata* (DELARMELINA et al., 2014).

De forma geral, as características morfológicas avaliadas das mudas de *Inga vera* subsp. *affinis* apresentaram maiores médias de crescimento quando se utilizou os substratos com a decomposição de casca de café carbonizada, tendo destaque ao tratamento que resultou na maior proporção de casca de café carbonizada e decomposta (75% do volume do substrato). Com base nesses resultados, pode-se supor que a cafeína, ou outras substâncias alelopáticas nocivas às plantas presentes na casca de café carbonizada, tenham sido estabilizadas (ou até reduzidas a componentes menos tóxicos) durante o processo de compostagem.

Para verificar com mais acurácia a qualidade das mudas de cada substrato, é recomendada a realização de experimentos de campo avaliando a sobrevivência e o crescimento inicial das plantas de *Inga vera* subsp. *affinis*. Além disso, novos estudos são necessários para se conhecer melhor os efeitos da compostagem da casca de café em mudas de outras espécies florestais, principalmente em relação às características físicas, químicas e biológicas dos substratos formulados. As aplicações poderão ser estendidas para a produção de diversas espécies vegetais, além de se tornar uma alternativa renovável e de baixo custo para o produtor rural.

5. CONCLUSÕES

Todos os substratos formulados com casca de café carbonizada e decomposta apresentaram resultados superiores para as características morfológicas de crescimento das mudas de *Inga vera* subsp. *affinis* quando comparados aos que utilizaram apenas a casca de café carbonizada.

Dentre os substratos formulados, o tratamento com 75% de casca de café carbonizada e decomposta e 25% de substrato comercial resultou nas maiores médias absolutas para a maioria das características morfológicas de crescimento das mudas.

6. AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro.

7. REFERÊNCIAS

ANDRADE, F. R.; PETTER, F. A.; JUNIOR, B. H. M.; GONÇALVES, L. G. V.; SCHOSSLER, T. R.; NÓBREGA, J. C. A. Formulação de substratos

- alternativos na formação inicial de mudas de ingazeiro. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 14, n. 4, p. 234-239, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v14n4p234-239>
- ASSIS, A. M. D.; UNEMOTO, L. K.; YAMAMOTO, L. Y.; LONE, A. B.; SOUZA, G. R. B. D.; FARIA, R. T. D.; ROBERTO, S. R.; TAKAHASHI, L. S. A. Cultivo de orquídea em substratos à base de casca de café. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 3, p. 544-549, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052011000300009>
- CACCERE, R.; TEIXEIRA, S. P.; CENTENO, D. C.; RITA DE CÁSSIA, L.; BRAGA, M. R. Metabolic and structural changes during early maturation of *Inga vera* seeds are consistent with the lack of a desiccation phase. **Journal of plant physiology**, Stuttgart, v. 170, n. 9, p. 791-800, 2013. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.jplph.2013.01.002>
- CALDEIRA, M.V.W.; FENILLI, T. A. B.; HARBS, R. M. P. Composto orgânico na produção de mudas de aroeira-vermelha. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 27-33, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v9i1.9898>
- CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; LÜBE, S. G.; GOMES, D. R.; GONÇALVES, E. de O.; ALVES, A. F. Biossólido na composição de substrato para a produção de mudas de *Tectona grandis*. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 1, p. 77-84, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/ufv.v42i1.26302>
- CARNEIRO, J. G. de A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF; Campos: UENF, 1995. 451 p.
- DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542007000600039>
- DE LA CRUZ-MARTORELL, K.; GÓMEZ-SALCEDO, Y.; SANTANDER, Y.; MERA, D. J.; MENDOZA, J. C. D.; PEREDA-REYES, I. Effect of alkaline pre-treatment on the anaerobic biodegradability of coffee husk. **Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia**, n. 92, p. 36-41, 2019. <https://dx.doi.org/10.17533/udea.redin.20190516>
- DELARMELINA, W. M.; CALDEIRA, M. V. W.; FARIA, J. C. T.; GONÇALVES, E. O.; ROCHA, R. L. F. Diferentes substratos para a produção de mudas de *Sesbania virgata*. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 21, n. 2, p. 224-233, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2014.027>
- DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, Ottawa, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960. DOI: <https://dx.doi.org/10.5558/tfc36010-1>
- ELOY, E.; SCHMIDT, D.; BEHLING, A.; SCHWERS, L.; ELLI, E. F. Avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* utilizando parâmetros morfológicos. **Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 3, p. 373-384, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/ufv.v43i3.26809>
- EMBRAPA_EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Programa SOC** - Software Científico, Versão 2.1. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 1990.
- FARIA, J. C. T.; CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; ROCHA, R. L. F. Uso de resíduos orgânicos na produção de mudas de *Senna alata* (L.) Roxb. **Revista Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria, v. 3, n. 1, p. 133-146, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.13086/2316-980x.v01n03a05>
- FARIA, J. C. T.; DE MELO, L. A.; BRONDANI, G. E.; DELARMELINA, W. M.; DA SILVA, D. S. N.; NIERI, E. M. Substrates formulated with organic residues in the production of seedlings of *Moquiniastrum polymorphum*. **Floresta**, Curitiba, v. 47, n. 4, p. 523-532, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/ufv.v47i4.50568>
- FARIA, R. T.; STEGANI, V.; BERTONCELLI, D. J.; ALVES, G. A. C.; DE ASSIS, A. M. Substrates for the cultivation of epiphytic orchids. **Semina-Ciências Agrárias**, Londrina, v. 39, n. 6, p. 2851-2866, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n6p2851>
- FELKER, R. M.; ROVEDDER, A. P. M.; STEFANELLO, M. M.; HUMMEL, R. B.; PIAIA, B. B.; PIAZZA, E. M. Caracterização florística e estrutural de um fragmento florestal na região central do Rio Grande do Sul. **Nativa**, Sinop, v. 6, n. 1, p. 73-78, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v6i1>
- GOMES, J. M.; GARCIA, H. L.; XAVIER, A.; RIBEIRO, S. G. L. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 655-664, 2002. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622002000600002>
- HIGASHIKAWA, F. S.; SILVA, C. A.; NUNES, C. A.; BETTIOL, W.; GUERREIRO, M. C. Physico-Chemical Evaluation of Organic Wastes Compost-Based Substrates for *Eucalyptus* Seedlings Growth. **Communications in soil science and plant analysis**, New York, v. 47, n. 5, p. 581-592, 2016. DOI: <https://dx.doi.org/10.1080/00103624.2016.1146741>
- LAMARCA, E. V.; BARBEDO, C. J. Sensibilidade à dessecação de embriões de *Inga vera* Willd. formados sob diferentes condições ambientais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 39, n. 6, p. 1083-1092, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622015000600011>
- MATA, M. F.; SILVA, K. B.; BRUNO, R. D. L. A.; FELIX, L. P.; MEDEIROS FILHO, S.; ALVES, E. U. Maturação fisiológica de sementes de ingazeiro (*Inga striata*) Benth. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 549-565, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n2p549>
- MAY, D.; DE OLIVEIRA, C. M. R.; ROCHA, L. D.; MARANHO, L. T. Efeito de extratos de casca de café (*Coffea arabica* L.) na germinação e crescimento de pepino (*Cucumis sativus* L.). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 9, n. 2, p. 180-186, 2011.
- MORA, M. M.; DE ASSIS, A. M.; YAMAMOTO, L. Y.; PIVETTA, K. F. L.; DE FARIA, R. T. Resíduos agrícolas e argila expandida no cultivo de orquídea *Oncidium banerii* Lindl. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 1, p. 39-46, 2015. DOI: <https://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n1p39>
- OLIVEIRA, L. M.; DE OLIVEIRA SILVA, E.; BRUNO, R. D. L. A.; ALVES, E. U. Períodos e ambientes de secagem na qualidade de sementes de *Genipa americana* L. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 495-502, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n2p495>

- R CORE TEAM (2019). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em <<https://www.R-project.org/>>.
- SHEMEKITE, F.; GÓMEZ-BRANDÓN, M.; FRANKE-WHITTLE, I. H.; PRAEHAUSER, B.; INSAM, H.; ASSEFA, F. Coffee husk composting: an investigation of the process using molecular and non-molecular tools. **Waste management**, Elmsford, v. 34, n. 3, p. 642-652, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.11.010>
- SOUZA, M. C. S.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Desenvolvimento de espécies arbóreas em sistemas agroflorestais para recuperação de áreas degradadas na Floresta Ombrófila Densa, Paraty, RJ. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 89-98, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622013000100010>
- SOUZA, P. H.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M.; MARQUES, L. S. Crescimento e qualidade de mudas de *Senna macranthera* (collad.) Irwin et Barn. em resposta à calagem. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 233-240, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622010000200005>
- SILVA, D.; STUEPP, C. A.; WENDLING, I.; HELM, C.; ANGELO, A. C. Influence of seed storage conditions on quality of *Torresea acreana* seedlings. **Cerne**, Lavras, v. 25, n. 1, p. 60-67, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/01047760201925012611>
- VALENTE, B. S.; XAVIER, E. G.; MORSELLI, T. B. G. A.; JAHNKE, D. S.; BRUM JR, B. D. S.; CABRERA, B. R.; MORAES, P. O.; LOPES, D. C. N. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 58, n. 1, p. 59-85, 2009. DOI: <https://dx.doi.org/10.21071/az.v58i224.5074>
- WENDLING, I.; DUTRA, L. F. **Produção de mudas de eucalipto por sementes**. 2. ed. Brasília: Embrapa Florestas, 2017. 192 p.