

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DE SUBSTRATOS CONTENDO RESÍDUOS DE CASCAS DE AMÊNDOAS DE CASTANHA-DO-BRASIL (*Bertholletia excelsa* H.B.K.)

Juliana Pereira Santos¹

Lúcia Filgueiras Braga¹

Carolina Michells Ruedell¹

Getúlio de Freitas Seben Júnior¹

Guilherme Ferreira Ferbonink¹

Gustavo Caione¹

RESUMO

O beneficiamento da castanha-do-Brasil gera um alto volume de resíduos que apresentam grande quantidade de nutrientes e viabilidade de uso como substrato para o desenvolvimento de espécies. O objetivo deste trabalho foi avaliar as características físicas de doze composições de substratos contendo casca das amêndoas de *B. excelsa*. As cascas da castanha foram trituradas e colocadas para compostagem por cinco meses. As composições avaliadas continham cascas de amêndoas, cascas de café, cascas de arroz, esterco de aves e de equinos em diferentes proporções. As características físicas determinadas foram: densidade de partículas, densidade do substrato, macroporosidade, microporosidade, porosidade total, capacidade de retenção de água, umidade gravimétrica e umidade volumétrica. Os substratos S2 (casca de amêndoas + casca de arroz -1:1), S6 (casca de amêndoas + casca de arroz - 3:7) e S8 (casca de amêndoas + esterco de equino - 3:7) apresentaram taxas de porosidade total consideradas adequadas, e junto com o substrato S10 (casca de Amêndoas + casca de café + esterco de equino - 1:1:1) apresentam boa capacidade de retenção de água. O substrato S10 enquadra-se entre os maiores valores de umidade gravimétrica. Portanto, torna-se evidente que estes são os substratos mais recomendados, dentro das misturas testadas, para a produção de mudas.

Palavra-chave: Sustentabilidade; Castanheira; Substrato Orgânico; Meio Ambiente.

ABSTRACT

Physical characteristics of substrates containing waste peel of almond chestnut-of-brazil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.). The processing of the Brazil nut generates large amounts of waste, which features lots of nutrients and feasibility of use as a substrate for the development of species. The objective of this study was to evaluate the physical characteristics twelve substrates compositions containing shell of almond of *B. excelsa*. Chestnut shells were crushed and put to compost for 5 months. The compositions evaluated contained almond shells, coffee husks, rice husks, poultry manure and equine manure in different proportions. The physical characteristics were determined: particle density, density of the substrate, macroporosity and microporosity, total porosity, water holding capacity, gravimetric and volumetric moisture humidity. The S2 substrates (peel almonds + rice husk - 1:1), S6 (shell almonds + rice husk - 3:7), S8 (almond bark + manure equine - 3:7) and they showed total porosity rates deemed appropriate, and with the S10 substrate (Almonds + coffee peeling bark + equine manure - 1:1:1) have a good capacity of water retention. The S10

¹ PPGBioAgro, Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, Alta Floresta, MT, Brasil. E-mail para correspondência: julianapsantos19@hotmail.com

substrate falls among the largest humidity values gravimetric. It is, therefore, these are the most recommended substrates within the mixtures tested for seedling production.

Keywords: Sustainability; Chestnut Tree; Organic Substrate; Environment.

INTRODUÇÃO

Na região norte de Mato Grosso, o beneficiamento da castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) é uma importante fonte de renda para produtores. Entretanto, essa atividade gera uma grande quantidade de resíduos provenientes da extração da amêndoa. De acordo com Dias *et al.* (2012), para cada tonelada de castanha limpa, são geradas 1,4 toneladas de resíduos, compostos por cascas e o chamado ouriço. Esse material, que vem sendo descartado, apresenta grande quantidade de nutrientes e, assim, viabilidade de uso como substrato para o crescimento de plantas, podendo ser utilizado na região Amazônica por conta de grande parte dos solos ser ácido e pobre em nutrientes (Gonçalves e Brasil, 2016).

A produção de substratos com resíduos orgânicos confere destinação para esses produtos, evitando que seu acúmulo torne-se um problema ambiental (Ferreira *et al.*, 2015), o que representa economia para o produtor, pois reduz o investimento financeiro para sua produção. Considerando que a demanda por substratos cresce mais a cada dia por conta da utilização em diversas áreas agrícolas e florestal, são necessárias alternativas de produtos para serem utilizados como substratos (Krats *et al.*, 2013), principalmente feitos com misturas de componentes com fácil aquisição, que promovam o desenvolvimento de mudas de qualidade e a redução de seu custo final (Sediyama *et al.*, 2014).

O substrato ideal para a produção de mudas deve apresentar: uniformidade na composição, sendo isento de pragas, organismos patogênicos e plantas daninhas (Pagliarini *et al.*, 2012); boa aeração, para permitir a difusão de oxigênio para as raízes; boa capacidade de armazenamento de água; baixa resistência à penetração das raízes; e boa resistência à perda de estrutura (Menezes Júnior *et al.*, 2000). Além disso, o substrato deve manter suas características físicas mais importantes, como densidade, porosidade total, espaço de aeração e a retenção de água, sem sofrer alteração durante o cultivo (Menezes Júnior *et al.*, 2000; Lacerda *et al.*, 2006). Ambos os autores destacam que o substrato adequado não deve apresentar alta densidade, permitindo que ocorra espaço poroso adequado para as trocas gasosas, bem como para movimentação e drenagem da água. As características físicas de um substrato não podem ser alteradas após o plantio e são determinadas em função da origem do material, da granulometria e da proporção de seus componentes (Kratz e Wendling, 2016). A manutenção da umidade pelo substrato irá refletir na disponibilidade de água e nutrientes para o vegetal (Ferrarenzi *et al.*, 2015).

A casca de castanha-do-Brasil possui altos teores de cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês, zinco, fósforo, que são nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas. Contudo, apresenta, como características físicas, alta densidade e baixa capacidade de retenção de água (Soares *et al.*, 2014). Assim, há a necessidade de misturar esse material a outros que apresentem boa capacidade de retenção e condicionem a formulação de um bom substrato.

O objetivo do estudo foi determinar as características físicas de doze composições de substratos contendo casca da amêndoa da castanheira (*B. excelsa*, Lecythidaceae) e avaliar se apresentam as qualidades necessárias para o desenvolvimento de mudas.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido durante o mês de março de 2015 nos Laboratórios de Ecofisiologia e Propagação de Plantas e de Análise de Solos da Universidade do Estado de Mato Grosso, *Campus Alta Floresta* – MT.

Foram utilizados resíduos de cascas de amêndoas da castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*), triturados e colocados para decomposição durante 5 meses. Para tanto, foi utilizado um picador e triturador forrageiro GT 2.000L, 2,0 CV, marca Garthen, regulado para tamanho de partículas com até 12 mm. Durante a decomposição, foi realizado o umedecimento e revolvimento dos resíduos duas vezes por semana. A casca de arroz utilizada foi carbonizada antes do uso na composição. A casca do café, que se apresentava parcialmente carbonizada pelo processo de extração do grão, foi umedecida e abafada com uma lona, revolvida duas vezes por semana, para que ocorresse a curtição desse material por um período de 3 meses, antes do uso na formulação de substrato. Para os esterco de ave e equino, também foi utilizado material curtido, por conta da alta concentração de sais presentes quando frescos.

Foram avaliadas 12 composições de substratos, que podem ser observadas na tabela 1. Foram utilizadas três repetições de cada substrato para avaliação, conforme metodologia de Pragana (1999). A densidade de partículas, densidade global, macroporosidade, microporosidade e porosidade total foram determinadas seguindo a metodologia da EMBRAPA (1997).

Tabela 1. Composições dos substratos contendo resíduos das cascas de amêndoas de castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* H. B. K.).

Substrato	Composição	Proporção (Volume)
S1	Casca das amêndoas + casca de café	1:1
S2	Casca das amêndoas + casca de arroz	1:1
S3	Casca das amêndoas + esterco de aves	1:1
S4	Casca das amêndoas + esterco de equino	1:1
S5	Casca das amêndoas + casca de café	3:7
S6	Casca das amêndoas + casca de arroz	3:7
S7	Casca das amêndoas + esterco de aves	3:7
S8	Casca das amêndoas + esterco de equino	3:7
S9	Casca das amêndoas + casca de café + esterco de aves	1:1:1
S10	Casca das amêndoas + casca de café + esterco de equino	1:1:1
S11	Casca das amêndoas + casca de arroz + esterco de aves	1:1:1
S12	Casca das amêndoas + casca de arroz + esterco de equino	1:1:1

Densidade das partículas (picnometria): utilizou-se balão volumétrico de 50 ml, no qual foi inserido um volume de amostra seca do substrato com peso conhecido e adicionado álcool etílico até completar o volume limite do balão. E, por fim, determinada por meio da equação 1:

$$Dp = a / (50 - b) \quad (1)$$

Onde *a* é o peso da amostra seca à 105 °C e *b* é o volume de álcool adicionado. Os valores são expressos em gcm⁻³.

Densidade do substrato (global ou aparente): obtido por meio do método do cilindro volumétrico, no qual os substratos foram colocados em cilindros com altura e diâmetro conhecido para caracterizar o volume. A massa seca dos substratos foi determinada secando o material em estufa a 105 °C até obtenção da massa constante, e a densidade global pôde ser calculada por meio da equação 2:

$$Dg = a / b \quad (2)$$

Onde a é o peso da amostra seca à 105 °C (g) e b é o volume do anel ou cilindro (cm³). Os valores foram expressos em gcm⁻³.

Macroporosidade (Ma): obtida por meio da equação 3:

$$Ma = (Ps - a) / c \times 100 \quad (3)$$

Onde Ps corresponde ao peso do substrato completamente saturado por água, a é o peso do substrato após a mesa de tensão de 0,006 MPa (60 cm de coluna de água) e c representa o volume do anel, sendo expressa em porcentagem (%).

Microporosidade (Mi): obtida pela equação 4:

$$Mi = (a - b) / c \times 100 \quad (4)$$

Onde a corresponde ao peso seco do substrato após a mesa de tensão de 0,006 MPa (60 cm de coluna de água), b é o peso seco obtido após secagem em estufa à 105 °C e c representa o volume do anel. Os resultados são expressos em porcentagem (%).

Porosidade Total (α): obtida por meio da equação 5:

$$\alpha = (\% Ma + \% Mi) \quad (5)$$

Onde Ma é a % de macroporosidade e Mi a % de microporosidade presente no substrato, ambas expressas em porcentagem (%).

A capacidade de retenção de água (CRA) dos substratos foi obtida seguindo a metodologia de Rondon Neto e Ramos (2010), com a adição de 50 ml de água em um funil contendo 20g do substrato formulado, até o início do gotejamento em um Becker, determinando assim a quantidade de água em ml retida no substrato.

Umidade gravimétrica (Ug) e Umidade volumétrica (Uv): obtidas pelas equações 6 e 7, respectivamente, adaptadas para substratos a partir das propostas por Klein (2012) para solos:

$$Ug = (Mu - Ms) / Ms \quad (6)$$

Onde Mu é a massa do substrato úmido, que corresponde ao substrato saturado, e Ms é a massa do substrato seco em estufa à 105 °C até obtenção da massa constante. Os valores são expressos em kg de água/kg de substrato:

$$Uv = Ug \times (Ds \div Da) \quad (7)$$

Onde Ug corresponde à Umidade gravimétrica, Ds é a Densidade do substrato e Da é a Densidade da água. Os valores são expressos em m³ água/m³ de substrato.

Os resultados encontrados foram submetidos à análise estatística por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade. A capacidade de retenção de água (CRA) foi classificada baseado nas recomendações propostas por Gonçalves e Poggiani (1996), conforme tabela 2.

Tabela 2. Interpretação de características físicas de substratos usados para a produção de mudas florestais.

Características	Nível			
	Baixo	Médio	Alto	Adequado
Densidade global (g cm ⁻³)	< 0,25	0,25 – 0,50	> 0,50	0,45 – 0,55
Porosidade Total (%)	< 55	55 – 75	> 75	75 – 85
Macroporosidade (%)	< 20	20 – 40	> 40	35 – 45
Microporosidade (%)	< 25	25 – 50	> 50	45 – 55
Capacidade Máxima de retenção de água (ml)	< 15	15 – 25	> 25	20 – 30

Fonte: Gonçalves e Poggiani (1996).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados demonstram que os substratos S7 (30% casca de castanha + 70% esterco de aves), S3 (50% casca de castanha + 50% esterco de aves) e S8 (30% casca de castanha + 70% esterco de equino) apresentaram os maiores valores de porcentagem de microporos (43,88%; 40,85% e 40,29%, respectivamente, conforme Tabela 3). Entretanto, todos os substratos avaliados apresentaram valores médios de microporosidade (25-50%) de acordo com a classificação proposta por Gonçalves e Poggiani (1996) (Tabela 2). De acordo com esses autores, a microporosidade entre 45–55% seria adequada para substratos usados para mudas de espécies florestais, valores muito próximos ao obtido na composição S7 (43,88%). Materiais orgânicos, como o esterco de aves e de equino, promovem o agrupamento dos componentes presentes na mistura do substrato, melhorando sua estrutura e reduzindo o tamanho dos poros, o que vem a favorecer a capacidade de retenção de água (Bertoni e Lombardi Neto, 2005) e justifica os resultados encontrados nos tratamentos S3, S7 e S8 para a microporosidade.

A porcentagem de macroporos em todos os tratamentos foi considerada média-alta, mas os substratos S2, S4, S6, S8, S9, S10, S11 e S12 apresentaram valores entre 35–45% de macroporos (Tabela 3), considerados adequados (Tabela 2), indicando capacidade de aeração (trocas gasosas de oxigênio e gás carbônico) e fluxo de água por gravidade (infiltração, drenagem e transporte de solutos) satisfatórios, sendo, portanto, composições interessantes para formação de um bom substrato. A granulometria das partículas das cascas de amêndoas de *Bertholletia excelsa* (com até 12 mm) possivelmente favoreceu essa característica física, devido à disposição entre essas partículas com os outros componentes presentes nesses substratos, promovendo o aumento do espaço poroso.

Tabela 3. Macroporosidade (*Ma*), Microporosidade (*Mi*) e porosidade total (*PT*) de diferentes composições de substratos contendo resíduos de cascas de amêndoas de *Bertholletia excelsa*. Médias seguidas na coluna pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As letras entre parênteses referem-se a classificação obtida para os substratos de acordo com classificação de Gonçalves e Poggiani (1996), onde são considerados como: Ad = adequado, B= baixo, M= médio e A= alto.

Substratos	<i>Ma</i>			<i>Mi</i>			<i>PT</i>		
				%					
S1	29,1133	bc	(M)	26,3800	de	(M)	55,4933	e	(M)
S2	37,5867	a	(Ad)	38,0900	bc	(M)	75,6767	abcd	(Ad)
S3	28,1633	c	(M)	40,8567	ab	(M)	69,0167	cd	(M)
S4	37,5033	a	(Ad)	36,9200	c	(M)	74,4233	bcd	(M)
S5	28,1767	c	(M)	25,2100	e	(M)	53,3867	e	(M)
S6	37,7533	a	(Ad)	40,1100	bc	(M)	77,8667	ab	(Ad)
S7	24,3967	c	(M)	43,8867	a	(M)	68,2800	d	(M)
S8	42,3600	a	(Ad)	40,2933	abc	(M)	82,6567	a	(Ad)
S9	36,9600	ab	(Ad)	38,0800	bc	(M)	75,0367	bcd	(Ad)
S10	44,0567	a	(Ad)	29,5433	d	(M)	73,6033	bcd	(M)
S11	37,5033	a	(Ad)	38,8167	bc	(M)	76,3200	abc	(Ad)
S12	41,2300	a	(Ad)	39,8400	bc	(M)	81,0700	ab	(Ad)
C.V. (%)	7,90			3,39			3,56		

A influência da casca de arroz carbonizada sobre a macroporosidade dos substratos (S2, S6, S11 e S12) ocorre devido ao arranjo das partículas e à baixa densidade desse material, que melhoram a aeração e a drenagem (Kratz e Wendling, 2016). Sua combinação com materiais que favoreçam a microporosidade reduz, em parte, a drenagem ocasionada, quando há seu uso isolado, e melhora a condição física do substrato, como foi observado para o S11 com a adição do esterco de aves. A macroporosidade favorecida nos tratamentos que apresentam em sua composição o esterco de equino (S4, S8, S10 e S12) ocorre em função da granulometria das partículas, que se apresentam com tamanhos bastante irregulares. Isso favorece a drenagem de água e melhora as características de porosidade do substrato, como foi observado por Knapik e Angelo (2007), utilizando o esterco de equino como adubo em substrato comercial contendo casca de *Pinus* sp e vermiculita.

Os tratamentos S2, S6, S8, S9, S11 e S12 apresentaram valores elevados para a porosidade total (Tabela 3), mas considerados adequados (entre 75–85%) de acordo com Gonçalves e Poggiani (1996) (Tabela 2). Apesar da porosidade total ser um parâmetro que não especifica o tamanho dos poros presentes, nem se estão ocupados por água ou por ar (Zanetti *et al.*, 2003), nos mesmos tratamentos observa-se valores adequados de macroporos e médios de microporos, caracterizando, respectivamente, maior proporção do primeiro em relação ao segundo na porosidade total observada. Esse resultado indica a necessidade de ajuste na proporção dos diferentes componentes do substrato ou até mesmo na utilização das cascas das amêndoas com menor tamanho de partícula para melhoria na proporção de microporos, sem prejuízo na quantidade de macroporos.

Maiores densidades global e de partículas foram observadas no tratamento S7 (1,66 g cm⁻³ e 0,4838 g cm⁻³, respectivamente) (Tabela 4). De acordo com a classificação de Gonçalves e Poggiani (1996), valores maiores que 0,5 gcm⁻³ de densidade global são considerados altos (Tabela 2), o que caracteriza que

todas as composições de substratos avaliados apresentaram valores elevados. A densidade global descreve a estrutura do solo, e seus valores em solos agrícolas variam de 0,9 a 1,8 g cm⁻³, dependendo da textura e do teor de material orgânico (Klein, 2012). Dentro desse conceito, por conta de as misturas de substratos avaliadas possuírem alto teor de material orgânico, as densidades globais estão dentro do padrão apontado na literatura.

Os valores de densidade de partículas em todos os tratamentos variaram de 0,1667 a 0,4838 g cm⁻³ (Tabela 4), e, segundo Zorzeto *et al.* (2014), valores inferiores a 1,45 g cm⁻³ são considerados adequados para substratos orgânicos. A densidade de partículas expressa a relação entre a massa de material seco e o volume real ocupado por essas partículas, não incluindo o espaço ocupado por poros, não sendo afetada pela granulometria do substrato, mas pela composição de suas partículas. Segundo a autora, se o substrato apresentar grande quantidade de minerais como a magnetita, a densidade de partículas será alta, porém, se possuir maior teor de material orgânico, sua densidade de partículas será menor, o que explica o resultado observado nos tratamentos.

Tabela 4. Densidade das partículas (Dp) e densidade global (Dg) de diferentes composições de substratos contendo resíduos de cascas de amêndoas de *Bertholletia excelsa*. Médias seguidas na coluna pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As letras entre parênteses para densidade global se referem à classificação obtida para os substratos de acordo com classificação de Gonçalves e Poggiani (1996), onde são considerados como: Ad = adequado, B= baixo, M= médio e A= alto.

Substratos	Dp		Dg	
	g cm ⁻³			
S1	0,2233	f	1,2074	bc (A)
S2	0,3200	cd	1,2103	bc (A)
S3	0,4233	b	1,3315	bc (A)
S4	0,3500	c	1,2730	bc (A)
S5	0,1667	g	1,2055	bc (A)
S6	0,2833	de	1,1529	c (A)
S7	0,4838	a	1,6643	a (A)
S8	0,3167	cd	1,2765	bc (A)
S9	0,4067	b	1,3305	bc (A)
S10	0,2600	ef	1,2557	bc (A)
S11	0,3700	bc	1,4197	b (A)
S12	0,3200	cd	1,2250	bc (A)
CV (%)	5,61		6,27	

Capacidade de retenção de água (CRA) mostrou-se adequada para os substratos S2, S4, S8, S10 e S11 e alta para o substrato S6 (Tabela 5), segundo a classificação proposta por Gonçalves e Poggiani (1996). A CRA é importante porque permite um manejo adequado das plantas em função da água disponível, pois um nível baixo pode causar estresse hídrico nas plantas e concentração de solutos no substrato, e um alto pode ocasionar acúmulo de CO₂ e redução da aeração pelas raízes (Zorzeto, 2011).

A alta retenção no tratamento S6 provavelmente se deve a maior proporção de casca de arroz na composição em relação às amêndoas de castanha (7:3), que possivelmente apresentavam fracionamento maior de suas partículas devido a carbonização. Isso vai de encontro à afirmação de Kratz e Wendling (2016) de que a granulometria reduzida, nesse material, fecha os poros e aumenta a microporosidade. No

entanto, esse resultado contraria o que propõe Guerrini e Trigueiro (2004), os quais afirmam que quanto maior a quantidade de casca de arroz carbonizada menor é a proporção de microporos no substrato, reduzindo sua capacidade de retenção de água e aumentando a proporção de macroporos. O tratamento S6 apresentou adequada proporção de macroporos e média proporção de microporos de acordo com a classificação de Gonçalves e Poggiani (1996).

O esterco de equino presente nos tratamentos S4, S8 e S10 e o de aves no S11, por apresentarem grande teor de material orgânico e favorecer a estabilidade entre os agregados, culminaram em adequada CRA nesses substratos, corroborando com a afirmação de Bertoni e Lombardi Neto (2005) de que esses materiais melhoram a estrutura do substrato e favorecem a capacidade de retenção de água. Campanharo *et al.* (2006) também verificaram favorecimento dessa variável utilizando composto unificado de esterco de curral e casca de café na proporção de 1:2.

Os maiores valores de umidade volumétrica foram observados nos substratos S7 e S9 (35 e 31,93 m³ água/ m³ substrato, respectivamente), e os menores valores verificados nos substratos S5 e S1 (9,33 e 12,90 m³ água/ m³ substrato, respectivamente). A umidade volumétrica representa um volume de solo a ser explorado pela planta onde existirá um volume de água (Buske, 2013). Assim, teoricamente os substratos S7 e S9 deveriam apresentar maior umidade retida passível de ser explorada pelas plantas, mas a CRA desses tratamentos foi classificada como baixa. O conhecimento do movimento vertical da água em substratos, como é verificado na umidade volumétrica, demonstra o tempo de permanência dessa umidade à disposição das plantas, o que pode otimizar a automação da irrigação de mudas (Ferrarezi *et al.*, 2017), de modo a proporcionar o manejo adequado dos recursos hídricos.

O maior valor de umidade gravimétrica (Ug) foi observado no substrato S5 que não diferiu dos substratos S6 e S10 (3,90; 3,36 e 3,23 kg água/kg substrato, respectivamente). Já o menor valor foi observado no substrato S7 que não diferiu dos substratos S3, S4 e S9 (1,60; 1,93; 2,33 e 2,13 kg água/kg substrato, respectivamente). A umidade gravimétrica é a determinação da quantidade de água presente no solo na capacidade de campo (Custódio *et al.*, 2015), ou seja, a quantidade de água depois da drenagem da chuva ou da irrigação ter ocorrido. Conhecer a capacidade de campo é importante para determinar o limite superior aproximado da quantidade de água disponível às plantas (Santos *et al.*, 2013). Desse modo, os tratamentos que apresentem valores de umidade gravimétrica próximos aos observados para os tratamentos S5, S6 e S10 devem ser considerados, especialmente se apresentarem valores de CRA adequadas como ocorreu para S2, S8 e S11.

Tabela 5. Capacidade máxima de retenção de água (CRA), Umidade volumétrica (Uv) e gravimétrica (Ug) de diferentes composições de substratos contendo resíduos de cascas de amêndoas de *Bertholletia excelsa*. Médias seguidas de mesma letra para Umidade volumétrica e para Umidade gravimétrica não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. As letras entre parênteses para capacidade de retenção de água se referem a classificação obtida para os substratos de acordo com classificação de Gonçalves e Poggiani (1996), onde são considerados como: Ad = adequado, B= baixo, M= médio e A= alto, para cada 50 ml de água.

Substratos	Uv		Ug		CRA
	(m ³ água/ m ³ substrato)		(kg água/kg substrato)		(ml)
S1	12,90	g	2,93	bc	6 (B)
S2	25,63	de	2,80	bcd	25 (Ad)
S3	30,66	bc	1,93	ef	14 (B)
S4	27,03	cd	2,33	cdef	22 (Ad)
S5	9,33	g	3,90	a	6 (B)
S6	23,00	ef	3,36	ab	38 (A)
S7	35,00	a	1,60	f	13 (B)
S8	27,03	cd	2,90	bc	26 (Ad)
S9	31,93	ab	2,13	def	12 (B)
S10	19,80	f	3,23	ab	20 (Ad)
S11	29,66	bc	2,40	cde	23 (Ad)
S12	27,10	cd	3,03	bc	17 (M)
CV (%)	5,04		9,23		---

A casca de café apresenta propriedades higroscópicas, podendo aumentar a absorção de água (Souza *et al.*, 2003), o que possivelmente favoreceu a Ug nos tratamentos S5 e S10, porém, em conjunto com a casca de amêndoas de *Bertholletia excelsa*, não favoreceu a CRA em S5 e S1. O uso de esterco de animais em substratos, por serem ricos em material orgânico, favorecem a umidade, influenciando na infiltração, drenagem e retenção da água (Pereira *et al.*, 2013).

CONCLUSÕES

Os substratos S2 (casca de amêndoas + casca de arroz - 1:1), S8 (casca de amêndoas + esterco de equino - 3:7) e S11 (casca de amêndoas + casca de arroz + esterco de aves - 1:1:1) são recomendados para produção de mudas, por apresentarem adequadas proporções de micro e macroporos e de porosidade total, além da adequada capacidade de retenção de água.

Os autores sugerem a redução da granulometria da casca de amêndoa de *Bertholletia excelsa* para partículas menores que 12 mm, visando melhorar as misturas estudadas, pois isso favorecerá características físicas como a microporosidade e a porosidade total.

AGRADECIMENTOS

À CAPES e à UNEMAT, pela concessão de bolsas de mestrado e de iniciação científica respectivamente, à primeira autora. À FAPEMAT, pelo suporte financeiro à pesquisa da segunda autora.

REFERÊNCIAS

- BUSKE, T. C. 2013. **Comportamento da umidade do solo determinada por métodos expeditos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, 68p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. 2005. **Conservação dos Solos**. 5. ed. São Paulo: Ícone, 355p.
- CAMPANHARO, M. et al. 2006. Características físicas de diferentes substratos para produção de mudas de tomateiro. **Revista Caatinga**, **19**(2):140-145.
- CUSTÓDIO, G. D. et al. 2015. Densidade do solo e densidade relativa – Indicadores da qualidade física de um Latossolo Amarelo sob diferentes manejos de pastagens e mata nativa. **Revista Campo Digit@l**, **10**(1):50-62.
- DIAS, J. M. C. S. et al. 2012. **Produção de briquetes e péletes a partir de resíduos agrícolas, agroindustriais e florestais**. Brasília, Distrito Federal: Embrapa Agroenergia, 130p.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1997. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 212p.
- FERRAREZI, R. S. et al. 2015. Subirrigation: Historical overview, challenges, and future prospects. **HortTechnology**, **25**(3):262-276.
- FERRAREZI, R. S.; FERREIRA FILHO, A. C.; TESTEZLAF, R. 2017. Altura de lâmina e tempo de permanência de água na umidade de substratos em subirrigação. **Horticultura Brasileira**, **35**(2):186-194.
- FERREIRA, M. C.; COSTA, S. M. L.; PASIN, L. A. A. 2015. Uso de resíduos da agroindústria de bananas na composição de substratos para a produção de mudas de Pau Pereira. **Nativa**, **3**(2):120-124.
- GONÇALVES, D. de L.; BRASIL, D. do S. B. 2016. Problemas ambientais e sustentabilidade nas várzeas da Amazônia Tocantina: um estudo no Projeto de Assentamento Agroextrativista São João Batista II, Abaetetuba, Estado do Pará, Brasil. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, **7**(4): 89-99.
- GONÇALVES, J. L. M.; POGGIANI, F. 1996. Substratos para produção de mudas florestais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13, 1996, Águas de Lindóia. CD-ROM.
- GUERRINI, I. A.; TRIGUEIRO, R. M. 2004. Atributos físicos e químicos de substratos compostos por biossólidos e casca de arroz carbonizada. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, **28**:1069-1076.
- KLEIN, V. A. 2012. **Física do solo**. 2.ed. Passo Fundo: Ediupf, 240p.
- KNAPIK, J. G.; ANGELO, A. C. 2007. Pó de basalto e esterco eqüino na produção de mudas de *Prunus sellowii* Koehne (Rosaceae). **Floresta**, **37**(3):427-436.
- KRATZ, D. et al. 2013. Substratos renováveis na produção de mudas de *Eucalyptus benthamii*. **Ciência Florestal**, **23**(4):607-621.
- KRATZ, D.; WENDLING, I. 2016. Crescimento de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* em substratos à base de casca de arroz carbonizada. **Revista Ceres**, **63**(3):348-354.
- LACERDA, M. R. B. et al. 2006. Características físicas e químicas de substratos à base de pó de coco e resíduo de sisal para a produção de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.). **Revista Árvore**, **30**(2):163-170.
- MENEZES JÚNIOR, F. O. G. et al. 2000. Caracterização de diferentes substratos e seu desempenho na produção de mudas de alface em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, **18**(3):164-170.
- PAGLIARINI, M. K.; CASTILHO, R. M. M. de; ALVES, M. C. 2012. Caracterização físico-química de misturas de componentes de substratos com resíduos de celulose para fins de produção de mudas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, **7**(2):160-169.
- PEREIRA, D. C.; WILSEN NETO, A.; NÓBREGA, L. H. P. 2013. Adubação orgânica e algumas aplicações agrícolas. **Revista Varia Scientia Agrárias**, **3**(2):159-174.
- PRAGANA, R. B. 1999. **Potencial de resíduo da extração da fibra de coco como substrato na produção agrícola**.

Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, 86p.

RONDON NETO, R. M; RAMOS, C. B. 2010. Avaliação das características físicas de substratos formulados com resíduos orgânicos para a produção de mudas florestais em tubetes. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, 3(2):117-122.

SANTOS, C. S. et al. 2013. Estimativa da umidade na capacidade de campo em vasos e em laboratório. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 8(2):151-160.

SEDIYAMA, M. A. N.; SANTOS, I. C. dos; LIMA, P. C. de. 2014. Cultivo de hortaliças no sistema orgânico. **Revista Ceres**, 61(suplemento):829-837.

SOARES, I. D. et al. 2014. Propriedades físico-químicas de resíduos agroflorestais amazônicos para o uso como substratos. **Nativa**, 2(3):155-161.

SOUZA, A. L. de et al. 2003. Valor Nutritivo de Silagem de Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com Diferentes Níveis de Casca de Café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 32(4):828-833.

ZANETTI, M. et al. 2003. Características físicas de substratos para a produção de mudas cítricas sobre telados. **Laranja**, 24(2):519-530.

ZORZETO, T. Q. 2011. **Caracterização física e química de substratos para plantas e sua avaliação no rendimento do morangueiro (*Fragaria X ananassa* Duch.)**. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico de Campinas, 110p.

ZORZETO, T. Q. et al. 2014. Caracterização física de substratos para plantas. **Bragantia**, 73(3):300-311.