

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
CURSO DE AGRONOMIA

ALDENICE OLIVEIRA CONCEIÇÃO

***INSIGHTS* SOBRE NOVOS SUBSTRATOS ORGÂNICOS: UMA ABORDAGEM
MULTIVARIADA**

CHAPADINHA - MA

2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
CURSO DE AGRONOMIA

ALDENICE OLIVEIRA CONCEIÇÃO

***INSIGHTS SOBRE NOVOS SUBSTRATOS ORGÂNICOS: UMA ABORDAGEM
MULTIVARIADA***

Monografia apresentada ao Colegiado do Curso de Agronomia da Universidade Federal do Maranhão, como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Nítalo André Farias Machado

Coorientadora: Prof^a Dr^a Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos.

CHAPADINHA - MA

2022

FICHA CATALOGRAFICA

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Oliveira Conceição, Aldenice.

Insights sobre novos substratos orgânicos : Uma abordagem multivariada / Aldenice Oliveira Conceição. - 2022.

27 p.

Coorientador(a): Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos.

Orientador(a): Nitalo André Farias Machado.

Curso de Agronomia, Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, MA, 2022.

1. Insumos. 2. Mudanças de qualidade. 3. Produção de mudas. 4. Sustentabilidade. I. André Farias Machado, Nitalo. II. Rachel Salustriano da Silva-Matos., Raissa. III. Título.

ALDENICE OLIVEIRA CONCEIÇÃO

***INSIGHTS SOBRE NOVOS SUBSTRATOS ORGÂNICOS: UMA ABORDAGEM
MULTIVARIADA***

Monografia apresentada ao Colegiado do Curso de
Agronomia da Universidade Federal do Maranhão,
como requisito para obtenção do grau de Bacharel
em Agronomia.

Aprovado em: ____ / ____ / ____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Nítalo André Farias Machado (Orientador)
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Marcus Willame Lopes Carvalho (Examinador)
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Gustavo André de Araújo Santos (Examinador)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão

Dedico aos meus avôs, *Silveria dos Reis Conceição* (*in memorian*) e *Justo Evangelista Conceição* (*in memorian*) pela educação que me deram. Aos meus pais, *Maria Filomena Oliveira e Aldemir dos Reis Conceição* pela dedicação e cuidado, por serem um verdadeiro pilar de esperança, sabedoria, respeito a Deus e amor em minha vida.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela minha vida e por me ajudar a ultrapassar todos os obstáculos encontrados durante o curso.

Ao meu filho Arthur Oliveira Mendes, minha maior motivação. Te amo!

A meu marido Antônio Luís Mendes Filho, que foi capaz de me incentivar todos os dias. Grata por me ajudar a realizar este sonho.

Aos meus irmãos, minhas maiores alegrias, em especial a Alice Oliveira Conceição por todo cuidado, paciência e dedicação enquanto cuidava do Arthur para que eu concluísse esta etapa. Gratidão a você.

Tia Leonice e mãe, obrigada por seu apoio e cada palavra de incentivo. Grata.

À minha família, tias (os), primos (as), por toda paciência, contribuindo diretamente para que eu pudesse ter um caminho mais fácil e prazeroso. Muito obrigada!

Sou imensamente grata a meu orientador Nítalo André Farias Machado cuja dedicação e paciência serviram de pilares de sustentação para a conclusão deste trabalho. Grata por sua orientação.

Quero agradecer a minha coorientadora Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos por ser constante fonte de motivação e incentivo ao longo da jornada acadêmica, no grupo de pesquisa e projeto de TCC. Muito obrigada.

Agradecer o acolhimento e momentos de convivência com Laís Matias e Letícia de Moraes, que prontamente me receberam em Chapadinha quando fui aprovada.

Aos meus amigos de caminhada acadêmica Amália Santos Veras, Andressa Cutrim, Larissa Ramos, Marina Martins e Valdrickson Costa Garreto, de poder contar com a boa vontade, apoio e incontáveis ajudas durante o curso. Muito Obrigada!

Agradeço ao Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Federal do Maranhão, englobando todo o corpo docente, bem como todo os funcionários da UFMA que contribuíram diretamente e indiretamente para a minha formação. Grata!

SUMÁRIO

1. Introdução	11
2. Material e Métodos	12
3. Resultados e Discussão	16
4. Conclusões	24
Referências	24

1 ***Insights sobre novos substratos orgânicos: uma abordagem multivariada***

2

3 Aldenice Oliveira Conceição¹; Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos¹; Nítalo André Farias
4 Machado*¹.

5

6 ¹Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal do Maranhão, 65500-000,
7 Chapadinha, MA, Brasil.

8

9 Os autores declaram que não há conflito de interesse.

10

11 *Para correspondência: nitalo.farias@ufma.br

12

Insights sobre novos substratos orgânicos: uma abordagem multivariada

13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36

Na zona de transição dos biomas amazônico-cerrado-caatinga, uma estratégia adotada empiricamente pelos produtores para reduzir os custos de produção é o aproveitamento da biomassa decomposta de palmeiras como o babaçu (BDB), carnaúba (BDC) e buriti (BBU) como substratos alternativos. O objetivo com esse estudo foi fornecer *insights* sobre as características físico-químicas desses substratos, em comparação com comercial (SC). Foram coletadas amostras dos substratos no comércio local e em 30 propriedades de Vargem Grande e Itapecuru Mirim, e as análises física e química seguiram os protocolos do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), respectivamente. Os dados foram submetidos a estatísticas univariadas e multivariadas. Os substratos alternativos apresentaram valores de pH aceitáveis e boa fertilidade, especialmente BDB e BDC. A análise de componentes principais explicou 80,71% da estrutura total de variância e covariância (CP1 51,97% e CP2 28,75%) entre características físico-químicas dos substratos. O CP1 associou-se a fertilidade (ex: capacidade de troca catiônica e saturação por bases) e CP2 com uma associação entre as características físicas com os teores de magnésio e carbono orgânico. Na análise de agrupamento, observou-se dois grupos, um grupo constituído exclusivamente pela BBU (Grupo 1) e outro formado pelo substrato comercial, BDC e, em seguida, com a BDB (Grupo 2). Em conclusão, pôde-se perceber que os insumos alternativos possuem características favoráveis, permitindo sua utilização integral ou parcial como substratos. Por meio da análise multivariada, observa-se que o BDC e BDB apresentam características semelhantes ao substrato comercial, sugerindo maior potencial de uso para os produtores da região.

Palavras-chave: insumos, mudas de qualidade, produção de mudas, sustentabilidade.

37 **Introdução**

38

39 O substrato é qualquer material poroso, utilizado em sua forma pura ou misturada com outros
40 materiais em um mesmo recipiente, com potencialidade de fornecer condições de sustentação e níveis
41 adequados de nutrientes, umidade e areação para o desenvolvimento das plantas (Gomes-Júnior et
42 al., 2019). No entanto, sua a escolha deve fundamentar-se em fatores como disponibilidade regional,
43 o preço e viabilidade técnica para produção de mudas de qualidade (Pascual et al., 2021).

44 No Brasil, os substratos disponíveis comercialmente são constituídos basicamente por vermiculita
45 expandida associada à compostos orgânicos (Cavalcante et al., 2011). Esses substratos possuem alto
46 valor agregado e não apresentam todos os nutrientes necessários para a produção de mudas de alta
47 qualidade (Silva-Matos et al., 2016), comprometendo uma parcela considerável da rentabilidade dos
48 produtores de mudas (Gomes-Júnior et al., 2019).

49 Na zona de transição entre os biomas amazônico-cerrado no nordeste do Brasil, a biomassa
50 decomposta das palmeiras nativas [babaçu (*Attalea speciosa* Mart.), buriti (*Mauritia flexuosa* L.f.) e
51 carnaúba (*Copernicia prunifera* (Mill.)] tem sido utilizada empiricamente por diversos agricultores
52 para produção de mudas, visando principalmente reduzir custos de produção (Albano et al., 2017,
53 Albano et al., 2018, Cavalcante et al., 2021).

54 Estudos mostram resultados promissores da utilização da biomassa decomposta dessas palmeiras em
55 mudas de frutíferas [maracujazeiro (Cordeiro et al., 2019) e mamoeiro (Albano et al., 2017)], mudas
56 de reflorestamento [*Jacaranda mimosifolia* D. Don (Cavalcante et al., 2021)] e mudas pré-brotadas
57 [mandioca (Andrade et al., 2021) e cana-de-açúcar (Costa et al., 2021)]. As principais vantagens
58 apontadas foram a fertilidade natural, disponibilidade regional e baixo custo de aquisição.

59 No entanto, investigações sobre esses substratos alternativos dessa região são incipientes,
60 especialmente com uma abordagem multivariada. As técnicas multivariadas permitem avaliar
61 simultaneamente as variáveis de uma amostra ou população, caracterizando os tratamentos com
62 combinações lineares das variáveis que mais explicam sua variação total e o grau de dissimilaridade

63 dos tratamentos, indicando um efeito entre os tratamentos, onde testes univariadas não revelariam
64 diferenças significativas (Oliveira et al., 2021).

65 A caracterização físico-química da biomassa decomposta das palmeiras nativas pode fornecer
66 informações valiosas, importantes tanto para elaboração de diretrizes locais referentes a padronização
67 e comercialização desses insumos, como para somar ao conhecimento de técnicos e produtores de
68 mudas, auxiliando em uma tomada de decisão mais consciente por sua aquisição e utilização.

69 A hipótese deste estudo baseia-se na premissa que existem particularidades e, portanto, diferenças
70 significativas entre as características físico-químicas dos insumos gerados pelas biomassas
71 decomposta das palmeiras nativas. Assim, o objetivo do estudo foi fornecer *insights* sobre a
72 caracterização físico-química da biomassa decomposta das palmeiras nativas, para utilização racional
73 desses insumos por produtores na zona de transição entre os biomas Amazônia-Cerrado no Nordeste
74 do Brasil.

75

76 **Material e Métodos**

77

78 **Tratamentos e Amostragem**

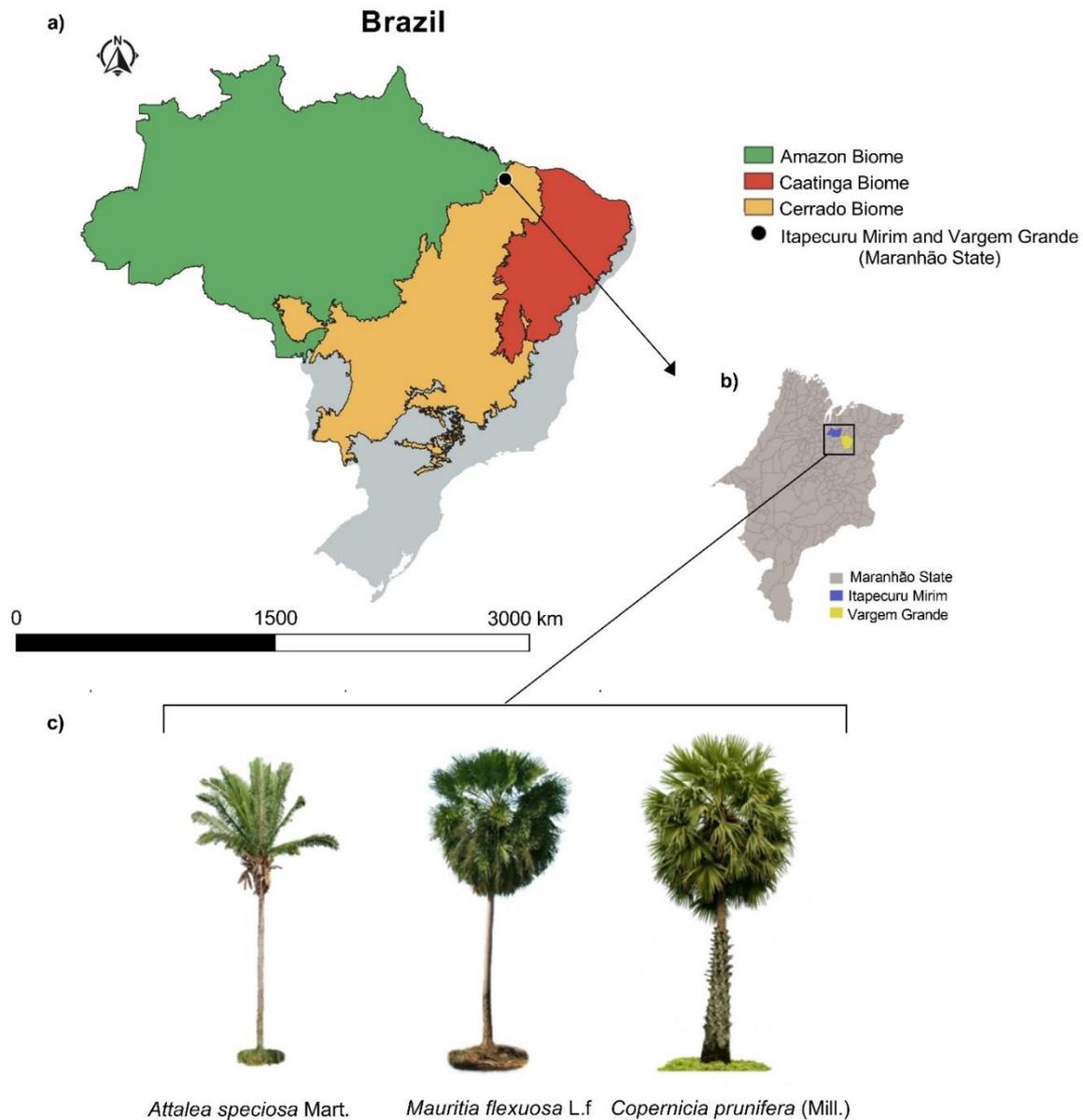
79

80 O experimento foi conduzido pelo Grupo de Estudo e Pesquisa em Bioinsumos no Maranhão -
81 BIOIMA, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias e Ambientais -CCAA da Universidade Federal
82 do Maranhão - UFMA, localizado na cidade de Chapadinha, MA, Brasil. Neste estudo, os tratamentos
83 investigados foram os seguintes: substrato comercial (controle), substrato da biomassa decomposta
84 da palmeira de babaçu (BDB), substrato da biomassa decomposta da palmeira de carnaúba (BDC) e
85 substrato da biomassa decomposta da palmeira de buriti (BBU).

86 Uma amostragem probabilística aleatória simples de 30 propriedades foi utilizada para coleta da
87 biomassa dos caules decompostos das palmeiras nativas na zona dos cocais, com base no banco de
88 dados do Sindicato dos Trabalhadores Rurais das cidades de Vargem grande [15 produtores]

89 (03°67'18" S, 43°96'75" O e 100 m de altitude) e Itapecuru Mirim [15 produtores] (03°39'99" S,
 90 44°35'16" O e 100 m de altitude), estado do Maranhão, na zona de transição entre os biomas
 91 amazônico-cerrado no nordeste do Brasil (Figura 1).

92



93

94 Figura 1. Local de estudo no Brasil (a), região do estado do maranhão com as cidades foram coletadas
 95 amostras (b) e as palmeiras nativas (c) da zona dos cocais

96

97 O substrato comercial utilizado foi o Plantmax HT®, composto pela mistura entre fibra de *pinus*
 98 moída e vermiculita. Para validação estatística, as coletou-se um total de 30 amostras do substrato

99 comercial, adquiridas no comércio local. O procedimento de amostragem das biomassas dos caules
100 decompostos das palmeiras, em cada fazenda, iniciou com a coletou-se cinco subamostras de ~ 500
101 \pm 50 g dos insumos. Essas amostras foram homogeneizadas, e em seguida cerca de 400 ± 65 g foram
102 armazenadas em embalagens de polietileno de média densidade e identificadas para posterior análise.
103 A coleta do material foi realizada em caules de palmeiras tombadas naturalmente, cujo processo de
104 decomposição do caule era visível. Portanto, não foi realizado nenhuma prática de corte.

105

106 **Caracterização Química**

107

108 A caracterização química foi efetuada de acordo a Instrução Normativa nº 17 do Ministério de
109 Agricultura, Pecuária e Abastecimento-(MAPA) do Brasil (BRASIL, 2007). O pH foi determinado
110 pela medição direta em solução do substrato com água na proporção 1:2,5 usando pHmetro (Simpla®,
111 PH140, São Caetano, SP, Brasil). A condutividade elétrica foi obtida após a obtenção da solução do
112 solo pelo método da saturação de pasta com extração a vácuo pela leitura direta com eletrodo usando
113 condutivímetro (CDH222, São Caetano, SP, Brasil).

114 O teor de nitrogênio foi determinado pelo método adaptado de Kjeldahl, com digestão em H_2SO_4
115 seguido de destilação a vapor com solução de NaOH, usando uma solução de ácido bórico como
116 indicador. Após a destilação, efetuou-se a titulação com uma solução padrão de cloreto de hidrogênio.

117 Os teores de potássio e sódio foram determinados usando um fotômetro de chama (Digimed®, DM-
118 63, São Paulo, SP, Brasil) e os teores de fósforo e enxofre com fotocolorímetro (Alfakit®, AT 100P
119 II, Florianópolis, SC, Brasil) após extração com solução de MEHLICH 1 (HCl $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ + H_2SO_4
120 $0,0125 \text{ mol L}^{-1}$).

121 O teor de carbono foi determinado pelo método Walkley-Black, usando o princípio da oxirredução
122 por via úmida. Os teores de cálcio e magnésio foram determinados por espectrometria de absorção
123 atômica (Konica Minolta®, CM-3600A, Tóquio, Japão) e o teor de alumínio trocável por titulação
124 com $NaOH$ $0,025 \text{ mol L}^{-1}$, ambos após extração com 1 mol L^{-1} de KCl . A acidez potencial foi obtida

125 por titulação com NaOH 0,025 mol L⁻¹ após extração com solução de acetato de cálcio a pH 7,0. A
126 soma de bases (SB) foi obtida pelo somatório das bases trocáveis, enquanto que a capacidade de troca
127 de cátions (CTC) pela adição da soma de bases com acidez potencial. A saturação por bases (V) foi
128 determinada pela relação da soma de bases com a capacidade de troca de cátions. A saturação por
129 alumínio (m) foi obtida considerando a razão entre o teor de alumínio com a capacidade de troca de
130 cátions.

131

132 **Caracterização Física**

133

134 As análises seguiram as diretrizes estabelecidas pelo protocolo de análises da Empresa Brasileira de
135 Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1997). Para determinação da densidade global, inseriu-se as
136 amostras em um anel volumétrico de volume conhecido (PSPTRADOS®, TRADO CASTELINHO,
137 Curitiba, PR, Brasil). Em seguida, as amostras foram condicionadas em estufa com circulação de ar
138 forçada (SolidSteel®, MBSSDCR40L, Piracicaba, SP, Brasil), com temperatura de 105 °C por 24
139 horas. A determinação da densidade global foi efetuada com base na relação entre o volume e o peso
140 da amostra. Após a secagem em estufa, transferiu-se as amostras para um balão volumétrico de 50 ml
141 contendo álcool etílico, obtendo a densidade de partícula e a porosidade das amostras pelo método do
142 balão volumétrico através das equações 1 e 2, respectivamente.

143

$$144 \quad \text{Densidade de Partícula (g/cm}^3\text{)}; = \frac{\text{peso da amostra seca em estufa (g)}}{50 - \text{volume de álcool (cm}^3\text{)}} \quad (1)$$

145

$$146 \quad \text{Porosidade (\%)} = 1 - \frac{\text{Densidade Global (g/cm}^3\text{)}}{\text{Densidade de Partícula (g/cm}^3\text{)}} \quad (2)$$

147

148 **Estatística**

149

150 Inicialmente, a validade da suposição de normalidade dos resíduos foi verificada pelo teste de
151 Shapiro-Wilk e uma ANOVA foi efetuada usando um Modelo Linear Generalizado, segundo o
152 modelo estatístico: $Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$, onde Y_{ij} = valor observado para variáveis; μ = efeito da média
153 geral; T_i = efeito do tratamento (substrato) e e_{ij} = erro experimental. Após estas análises as médias
154 foram comparadas pelo teste Tukey-Kramer. Um nível de $P < 0,05$ foi adotado como limite de
155 significância em todos os testes.

156 Em seguida, realizou-se uma análise de componentes principais pelo procedimento PRINCOMP e
157 um *biplot* foi elaborado pelo procedimento PRINQUAL, com o objetivo de caracterizar os substratos,
158 em uma perspectiva multivariada. Uma análise de agrupamento foi realizada usando o procedimento
159 cluster, usando o método hierárquico da distância média entre os tratamentos (UPGMA) e como
160 medida de dissimilaridade a distância euclidiana. Esta análise teve o objetivo de verificar a
161 similaridade multivariada entre os substratos. Todas as análises foram realizadas no *Statistical*
162 *Analysis System*® (SAS Institute Inc. 2012).

163

164 **Resultados e Discussão**

165

166 O pH foi significativamente maior no BBU, seguido pelo BDB e BDC, em comparação ao substrato
167 comercial (Tabela 1). Em substratos orgânicos, valores de pH variando entre 5 e 6,5 sugerem
168 condições ideais para a disponibilidade de nutrientes as mudas (Baoro et al., 2014). Nesse sentido,
169 embora, a BBU seja levemente ácida, provavelmente em consequência de o *habitat* da palmeira de
170 buriti ser caracterizada tipicamente por áreas e vegetação em condições inundadas, e devido aos
171 biomas cerrado e amazônia por apresentarem solos ácidos, todos os substratos alternativos avaliados
172 apresentaram condições relativamente aceitáveis de pH.

173

174

175 Tabela 1. Médias seguidas pelo erro padrão das médias das características químicas do substrato
 176 comercial (SC), biomassa decomposta do babaçu (BDB), biomassa decomposta da carnaúba (BDC)
 177 e biomassa decomposta do buriti (BBU)

Item	Substratos				CV ¹ (%)	P valor
	SC	BDB	BDC	BBU		
pH	4,83±0,03 ^c	5,29±0,03 ^b	5,08±0,05 ^b	6,27±0,13 ^a	2,86	<0,001
CE, dS/m	2,63±0,06 ^b	4,30±0,04 ^a	0,65±0,09 ^d	1,69±0,04 ^c	18,4	<0,001
N, g/kg	3,07±0,01 ^d	5,78±0,09 ^b	4,11±0,06 ^c	23,61±0,17 ^a	6,23	<0,001
P, mg/kg	55,10±0,68 ^b	33,10±0,39 ^c	88,00±0,53 ^a	51,42±1,46 ^b	4,58	<0,001
K, Cmol _c /kg	2,86±0,01 ^b	3,64±0,04 ^a	3,76±0,11 ^a	1,50±0,05 ^c	6,71	<0,001
Ca, Cmol _c /kg	22,66±0,14 ^a	20,59±0,14 ^b	19,67±0,29 ^b	8,82±0,05 ^c	3,34	<0,001
Mg, Cmol _c /kg	3,43±0,02 ^d	15,24±0,12 ^a	10,52±0,17 ^b	7,32±0,13 ^c	4,06	<0,001
S, Cmol _c /kg	29,41±0,01 ^c	41,29±0,32 ^a	34,35±0,18 ^b	17,50±0,23 ^d	2,55	<0,001
Na, Cmol _c /kg	0,58±0,01 ^b	2,06±0,01 ^a	0,54±0,01 ^b	0,61±0,01 ^b	4,37	<0,001
C, g/kg	89,28±0,10 ^d	145,08±0,16 ^c	347,25±0,31 ^b	365,57±0,40 ^a	2,65	<0,001
H+Al, Cmol _c /kg	15,68±0,05 ^b	11,09±0,01 ^d	12,06±0,01 ^c	20,66±0,10 ^a	2,95	<0,001
Al, Cmol _c /kg	0,23±0,01 ^d	3,27±0,01 ^a	0,65±0,01 ^c	0,94±0,01 ^b	7,42	<0,001
SB, Cmol _c /kg	29,39±0,31 ^c	41,52±0,02 ^a	34,49±0,30 ^b	18,25±0,05 ^d	2,53	<0,001
T, Cmol _c /kg	45,07±0,05 ^c	52,61±0,02 ^a	46,55±0,32 ^b	38,91±0,09 ^d	2,01	<0,001
V, %	65,22±0,08 ^c	78,92±0,10 ^a	74,09±0,15 ^b	46,91±0,16 ^d	2,18	<0,001

178 Médias com letras diferentes na mesma linha são significativamente diferentes pelo teste Tukey-
 179 Kramer ($P < 0,05$).¹CV = coeficiente de variação.

180

181 Na solução do BDB, constatou-se maior condutividade elétrica quando comparada ao substrato
 182 comercial, enquanto as soluções de BBU e BDC apresentaram valores significativamente inferiores.
 183 O teor de nitrogênio foi superior na BBU (+20,54 kg/g), seguido pela BDB (+ 2,07 kg/g) e depois por
 184 BDC (+ 1,04 kg/g) em comparação com o substrato comercial. No entanto, o maior teor de fósforo
 185 foi apresentado em BDC, seguido pelo BBU e substrato comercial e depois BDB e os substratos BDB
 186 e BDC apresentaram o teor de potássio mais elevado em comparação com o controle.
 187 O substrato comercial apresentou maior teor de cálcio, seguido pela BDB e BDC. O teor de carbono
 188 orgânico foi superior na BBU (+ 276,29 g/kg), seguido pela BDC (+257, 97 g/kg) e depois BDB
 189 (+55,80 g/kg) em comparação com o substrato comercial. Maiores teores de magnésio e enxofre,
 190 sódio e alumínio foram obtidos na BDB em relação aos demais substratos. Além disso, BDB

191 apresentou a menor acidez potencial e valores superiores da soma e saturação por bases e capacidade
192 de troca de cátions.

193 Esses resultados destacam a potencialidade de utilização da biomassa decompostas dessas palmeiras,
194 especialmente do babaçu e carnaúba. Embora o valor de CE em BDB apresente alto teor de sódio (~
195 73,8% > maior que os demais substratos), podendo limitar a absorção de água e nutrientes (Pascual
196 et al., 2018), os valores reportados para a capacidade de troca catiônica, soma de bases e a saturação
197 por base indicam boas condições de fertilidade nesses insumos, especialmente pelos teores de
198 potássio, cálcio magnésio e enxofre.

199 Estudos recentes demonstram (Cordeiro et al., 2019, Cavalcante et al., 2020; Andrade et al., 2021)
200 resultados promissores no uso de BDB. Em um estudo com mudas de mandioca, Andrade et al.,
201 (2021) avaliaram o efeito da inclusão de BDB (20, 40, 60, 80 e 100%) no solo nos parâmetros
202 biométricos das mudas. Esses autores verificaram que a inclusão de BDB melhorou a fertilidade do
203 substrato e o crescimento e desenvolvimento das mudas, sendo recomendado substratos compostos
204 integralmente pelo BDB.

205 Em um outro estudo, Cordeiro et al., (2019) avaliaram a inclusão de BDB (20, 40, 60, 80 e 100%)
206 com solo em comparação com substrato comercial (Basaplant®) no crescimento vegetativo de mudas
207 de maracujazeiro amarelo. Os autores registraram maiores valores de crescimento e volume radicular,
208 matéria seca do sistema radicular e do índice de qualidade de Dickson nas mudas produzidas em
209 substratos com 80% de BDB, promovendo maior acúmulo de nutrientes (N, P, K e B) em comparação
210 ao substrato comercial.

211 Informações sobre BDC e BBU são incipientes, especialmente BDC. A maioria dos estudos
212 realizados com carnaúba avaliaram o resíduo da carnaúba, gerado a partir do processo agroindustrial
213 de extração da cera de carnaúba (Albano et al., 2017). Sobre o BBU, Oliveira et al., (2021) testaram
214 a inclusão de BBU (20, 40, 60, 80 e 100%) com solo nos parâmetros biométricos de mudas de
215 mandioca e observaram melhores condições de desenvolvimento da parte aérea, sobrevivência e

216 maiores teores de N, P, K, Ca e Mg nas mudas. Os autores concluíram que o BBU pode ser um insumo
 217 viável e sustentável para produção de mudas de mandioca.

218 Os resultados desse estudo estão alinhados com os obtidos por Albano et al., (2014), quando
 219 conduziram um estudo avaliando o efeito do BBU na formação de mudas de mamoeiro formasa cv.
 220 Caliman. Os autores concluíram que o BBU pode ser utilizado parcialmente nos substratos para a
 221 formação de mudas de mamoeiro, na proporção de até 20 % na formulação, sem causar danos à altura
 222 de plântulas, diâmetro do caule, área foliar, clorofila foliar, diâmetro radicular, massa da matéria seca
 223 da parte aérea e massa da matéria seca radicular.

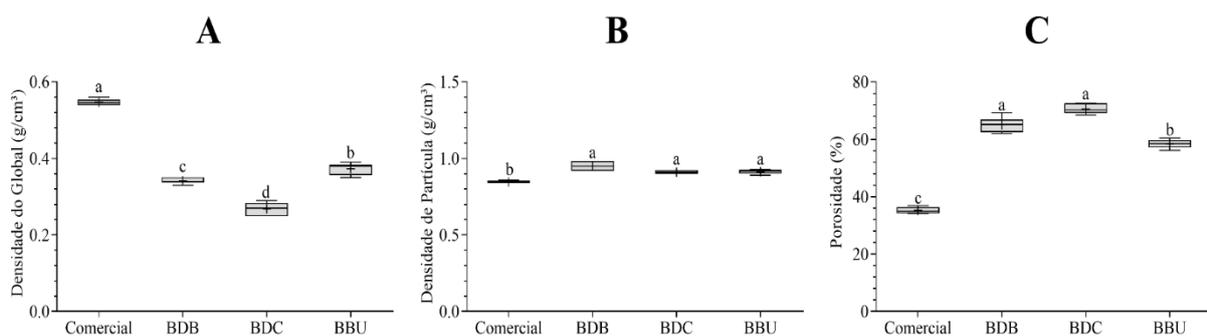
224 Os resultados apresentados nesse estudo demonstraram a potencialidade do uso desses insumos, com
 225 ênfase na fertilidade, o que associado a fatores como baixo ou nenhum custo e a ampla disponibilidade
 226 regional, pode indicar uma alternativa técnica viável e sustentável de uso da biodiversidade local por
 227 agricultores na zona de transição dos biomas amazônia-cerrado-caatinga.

228 Os resultados da caracterização física dos substratos são apresentados na Figura 2. Não foi verificado
 229 diferenças da densidade de partícula entre os substratos alternativos. No entanto, ambos apresentaram
 230 médias superiores ao substrato comercial. Os resultados estão adequados, pois valores abaixo de 0,4
 231 g/cm³ podem causar o tombamento das mudas (Gauland, 1997).

232

233 Figura 2. *Boxplot* das características físicas do substrato comercial (SC), biomassa decomposto do
 234 babaçu (BDB), biomassa decomposto da carnaúba (BDC) e biomassa decomposta do buriti (BBU).

235 Médias com letras diferentes são significativamente diferentes pelo teste Tukey-Kramer ($P < 0,05$)



236

237

238 Os substratos BDB e BDC apresentaram menores valores de densidade global, o que resultou em
239 maiores valores de porosidade nesses substratos, em comparação com BBU e o substrato comercial.

240 No entanto, todos os substratos alternativos apresentaram valores de porosidade entre 50 e 80%, esse
241 intervalo é considerado ideal para substratos (Pascual et al., 2018). Portanto, esse resultado sugere
242 que provavelmente os substratos de BDB, BDC e BBU apresentam condições de fluxo de água e
243 oxigênio adequadas para a formação de mudas (Costa et al., 2017).

244 A análise de componentes principais (ACP) explicou 80,71% da estrutura total de variância e
245 covariância (CP1 51,97% e CP2 28,75%) entre características físico-químicas dos substratos (Tabela
246 2). O componente 1 (CP1) está associado principalmente aos teores de potássio e enxofre, acidez
247 potencial, capacidade de troca catiônica e saturação por bases. Portanto, relaciona-se com a fertilidade
248 dos substratos. Por outro lado, o componente 2 (CP2) está ligado a densidade global, densidade de
249 partícula, porosidade e teores de magnésio e carbono, sugerindo uma variação atribuída pela
250 associação entre as características físicas com os teores de magnésio e carbono orgânico nos
251 substratos.

252

253

254 Tabela 2. Coeficientes, autovalores e variação total explicados por cada componente principal a partir
 255 das variáveis estudadas

Variáveis	Componentes Principais (CP)	
	CP1	CP2
pH	-0,257	0,268
Condutividade Elétrica	0,182	-0,588
Nitrogênio	-0,289	0,200
Fósforo	-0,043	0,015
Potássio	0,323*	0,019
Cálcio	0,288	-0,239
Magnésio	0,217	0,352*
Enxofre	0,345*	0,032
Sódio	0,236	0,155
Carbono Orgânico	-0,193	0,325*
H +Al	-0,335*	-0,049
T	0,342*	0,039
V	0,342*	0,014
Densidade Global	-0,061	-0,432*
Densidade de Partícula	0,099	0,433*
Porosidade	0,079	0,438*
Autovalores	8,3146	4,599
Variação (%)	51,97	28,75
Variação acumulada (%)	51,97	80,71

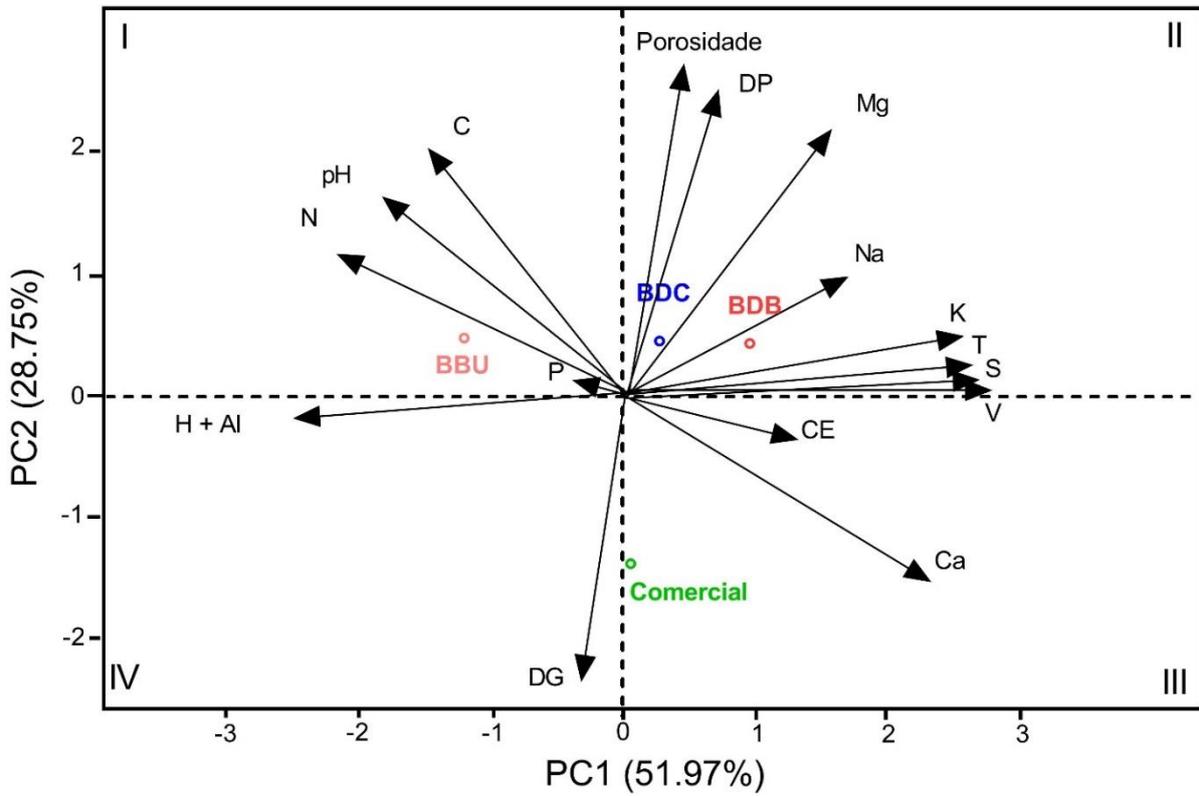
256 *coeficientes relevantes na formação do CP, peso > 0,30

257

258 No *biplot*, a correlação entre as variáveis e a caracterização dos substratos é claramente visualizada
 259 (Figura 3). O cosseno dos ângulos formados entre os vetores de média revela correlações positivas
 260 (ângulos agudos), negativas (ângulos obtusos) ou ausentes (ângulos retos) entre as variáveis
 261 (Almusallam et al., 2021). Além disso, a caracterização dos tratamentos pode ser obtida com base em
 262 sua localização no gráfico, considerando os vetores de médias incidentes no quadrante oposto e sobre
 263 o quadrante onde o tratamento foi posicionado (Vicini et al., 2018).

264

265 Figura 3. *Biplot* para os dois primeiros componentes principais, mostrando a relação entre variáveis
 266 e as características dos substratos



267

268

269 O substrato BBU alocou-se no quadrante I, sendo caracterizado por altos valores do pH, teores de
 270 nitrogênio, fósforo e carbono orgânico e um baixo teor de cálcio e valor de condutividade elétrica.

271 Os substratos BDB e BDC situaram-se no quadrante II, caracterizado por altos valores de densidade
 272 de partícula e porosidade, altos teores de magnésio, sódio, potássio, enxofre, além de altos valores de

273 capacidade de troca catiônica e saturação por bases associada a baixos valores de acidez potencial e

274 densidade global. Por outro lado, o substrato comercial foi deslocado para o quadrante III, sendo

275 sobreposto pelos vetores médios de condutividade elétrica e cálcio associado a baixos valores de pH

276 e teores de nitrogênio, fósforo e carbono orgânico.

277 A análise de agrupamento, revelou dois grupos dos substratos quanto as características físico-

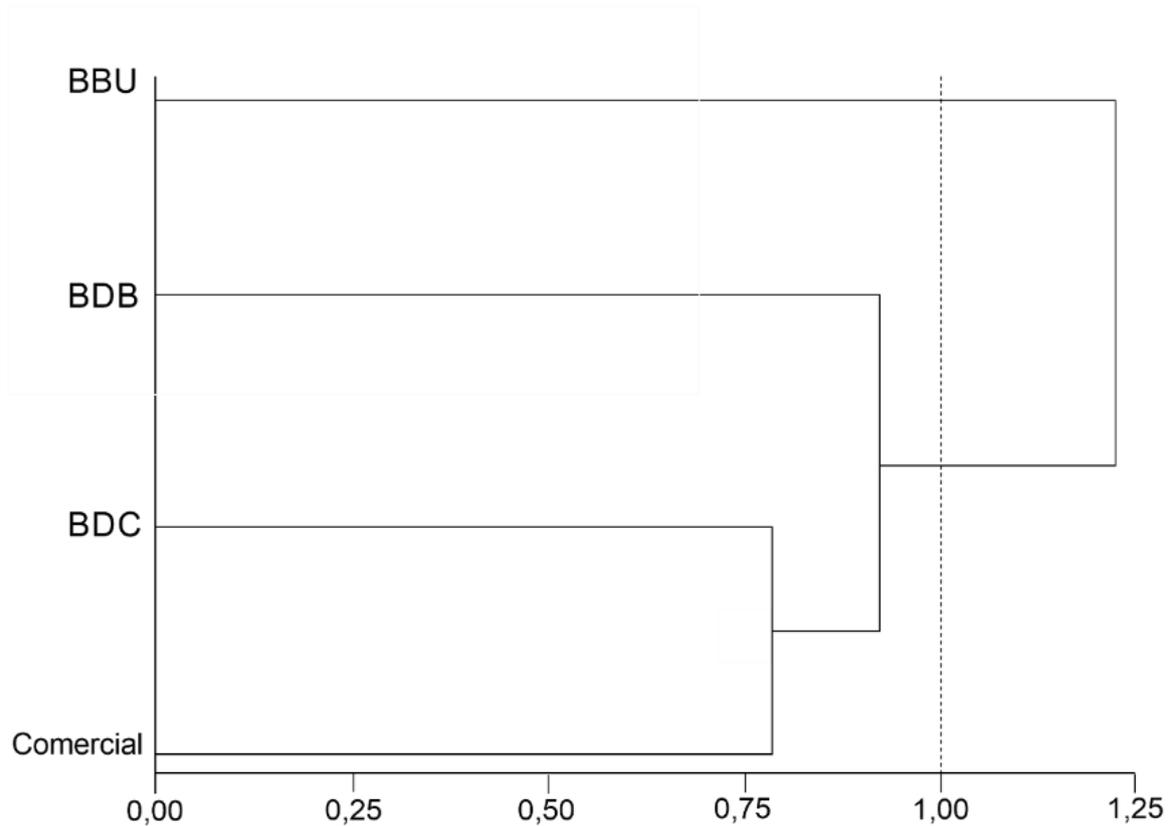
278 químicas (Figura 4). Após o corte no dendrograma, percebe-se um grupo constituído exclusivamente

279 pela biomassa decomposta do caule da palmeira de buriti (Grupo 1) e outro grupo formado pelo

280 substrato comercial, a biomassa decomposta do caule da palmeira de carnaúba e, em seguida, com a
 281 biomassa decomposta do caule da palmeira de babaçu (Grupo 2), sugerindo maior similaridade dos
 282 insumos BDC e BDB com o substrato comercial, com destaque para BDC, evidenciando maior
 283 potencial de utilização.

284

285 Figura 1. Dendrograma de dissimilaridade entre substratos com base na distância euclidiana



286

287

288 Portanto, em uma perspectiva multivariada, as evidências levantadas com as análises sugeriram uma
 289 maior potencialidade da BDC e da BDB, com características multivariadas mais similares ao
 290 substrato comercial. No entanto, novos estudos devem ser conduzidos para obter dados mais robustos
 291 e testar associações desses insumos com solo, outras fontes orgânicas como esterco e turfa, bem
 292 como fertilizantes minerais ou insumos inertes para garantir o uso e informações técnicas mais
 293 precisas sobre esses substratos alternativos.

294

295 **Conclusões**

296 Os insumos avaliados possuem características favoráveis, permitindo sua utilização integral ou
297 parcial em substratos.

298 O aproveitamento da biomassa do caule decomposto de carnaúba e babaçu apresentam características
299 mais similares ao substrato comercial, sugerindo maior potencialidade de utilização.

300

301 **Referências**

302

303 Albano, F.G.; Cavalcante, I.H.L.; Machado, J.S.; Lacerda, C.F.; Silva, E.R.; Sousa, H.G. 2017. New
304 substrate containing agroindustrial carnaúba residue for production of papaya under foliar
305 fertilization. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 21 (2): 128-133.

306 Albano, F.G.; Marques, A.S.; Cavalcante, I.H.L. 2014. Alternative substrate for production of papaya
307 seedlings (cv. Caliman), *Revista Científica* 42 (4): 388-395.

308 Almusallam I. A.; Ahmed, I. A. M.; Babiker, E. E.; Al-Juhaimi, F. Y.; Saleh, A.; Qasem, A. A.; Al-
309 Shawaker, A. S. 2021. Effect of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) spikelets extract on the
310 physicochemical and microbial properties of set-type yogurt during cold storage. *LWT – Food*
311 *Science and Technology* 148: 111-762.

312 Andrade, H. A. F.; Silva-Matos, R. R.S.; Machado, N. A. F.; Oliveira, A. R. F.; Garreto, V. C.; Leite,
313 M. R. L.; Pontes, S. F.; Silva, A. F.; Machado-Albano, F. G.; Lopes, P. R. C. 2021.
314 Decomposed babassu biomass residue enhances the initial development of cassava (*Manihot*
315 *esculenta* Crantz). *Australian Journal of Crop Science* 15: 409-415.

316 Boaro, V.; Schwarz, S. F.; Souza, P. V. S.; Soares, W.; Lourosa, G. V. 2014. Elemental sulfur for pH
317 management of alkaline organic substrates. *Ciência Rural*. 12: 2111-2117.

318 Brasil. Instrução Normativa nº 17, de 21 de maio de 2007. Aprova os Métodos Analíticos Oficiais
319 para Análise de Substratos e Condicionadores de Solos. *Diário Oficial da União, Brasília*, 24
320 maio. 2007. Seção 1, 8 p.

321 Cavalcante, H. S.; Santos, R. J. N.; Cordeiro, K. V.; Andrade, H. A. F.; Machado, N. A. F.; Silva-
322 Matos, R. R.S. 2021. Decomposed Babassu Biomass: New Substrate for the Production of
323 *Jacaranda mimosifolia* D. Don Seedlings. *FLORAM* 28: 2-9.

- 324 Cavalcante, I.H.L.; Silva, R.R.S.; Albano, F.G.; Lima, F.N.; Marques, A.S. 2011. Foliar spray of
325 humic substances on seedlings production of papaya (pawpaw). *Journal of agronomy* 10 (4):
326 118-122.
- 327 Cordeiro, K. V.; Costa, N. A.; Andrade, H. A. F.; Oliveira-Neto, E. D.; Rocha, B. R. S.; Machado, N.
328 A. F.; Albano, F. G.; Furtado, M. B.; Silva-Matos, R. R. S. 2019. Inclusion of Babassu
329 Decomposed Stem Substrates on the Pattern of the Vegetative Growth of Passion Fruit
330 Seedlings. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 50, 2777-2786.
- 331 Costa, J. C. F.; Mendonça, R. M. N.; Fernandes, L. F.; Oliveira, F. P.; Santos, D. 2017. *Revista*
332 *Brasileira de Agropecuária Sustentável* 7: 16-23.
- 333 Costa, R. M.; Leite, M. R. L.; Matos, S. S.; Sousa, R. C. M.; Silva-Matos, R. R. S.; Bezerra, A. A. C.
334 2021. Quality of pre-sprouted sugarcane seedlings grown on substrates with decomposed
335 babassu palm stem. *Pesquisa Agropecuaria Tropical* 51: 1-8.
- 336 Embrapa (1997) *Manual de métodos de análise de solos*. 2ª end. Embrapa: Rio de Janeiro. 212 p
- 337 Gauland, D. C. *Relações hídricas em substratos à base de turfas sob o uso de condicionadores casca*
338 *de arroz carbonizada ou queimada*. Dissertação (Mestrado em Solos) – Universidade Federal
339 do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS, 1997.
- 340 Gomes-Júnior, G. A.; Pereira, R. A.; Santos, D. J.; Sodré, A. G.; Gross, E. 2019. Substrate and quality
341 mangosteen seedlings. *Revista Brasileira de Fruticultura* 41 (3): (e-135).
- 342 Oliveira, F. R. A.; Dias, C. T. S.; Souza, H. A.; Lima, B. L. C.; Costa, M. C. G. 2021. Tree legumes
343 with fertilizer potential: a multivariate approach. *Revista Ciência Agron mica*. 51: 1.
- 344 Oliveira, S. T.; Azevedo, G. A.; Pereira, Y. F.; Silva, A. F.; Andrade, H. A. F.; Cordeiro, K. V.;
345 Barroso, V. B.; Machado, N. A. F. Silva-Matos, R. R. S. 2021. Production of cassava seedlings
346 on substrates based on decomposed buriti stem. *International Journal of Vegetable Science* 1:
347 1-8.
- 348 Pascual, J. A; Ceglie, F.; Tuzel, Y; Koller, M.; Koren, A; Hitchings, R.; Tittarelli, F. 2018. Organic
349 substrate for transplant production in organic nurseries. A review. *Agronomy for Sustainable*
350 *Development* 38: 35 2018.
- 351 SAS. SAS/STAT® 9.3 User's Guide. Cary: SAS Institute Inc, 2012.
- 352 Silva-Matos, R.R.S. da; Silva Junior, G. B.; Marques, A. S.; Monteiro, M. L.; Cavalcante,  . H. L.;
353 Osajima, J. A. 2016. New organic substrates and boron fertilizing for production of yellow
354 passion fruit seedlings. *Archives of Agronomy and Soil Science* 6: 445-455.

- 355 Vicini, L.; Souza, A. M.; Morales, F. E. C.; Souza, F. M. Técnicas multivariadas exploratórias: teorias
356 e aplicações no software Statistica. Santa Maria: Ed. UFSM, 2018. 240 p

Communications in Soil Science and Plant Analysis

Instructions for authors

Please note that this journal only publishes manuscripts in English.

Communications in Soil Science and Plant Analysis accepts the following types of articles: Articles, Reviews.

Preparing Your Paper

Structure

Your paper should be compiled in the following order: title page; abstract; keywords; main text introduction, materials and methods, results, discussion; acknowledgments; declaration of interest statement; references; appendices (as appropriate); table(s) with caption(s) (on individual pages); figures; figure captions (as a list).

Please include a word count for your paper. There are no word limits for papers in this journal.

Should contain an unstructured abstract of 200 words. Read tips on writing your abstract.

You can opt to include a video abstract with your article. Find out how these can help your work reach a wider audience, and what to think about when filming.

Between 3 and 5 keywords. Read making your article more discoverable, including information on choosing a title and search engine optimization.

Figures. Figures should be high quality (1200 dpi for line art, 600 dpi for grayscale and 300 dpi for color, at the correct size). Figures should be supplied in one of our preferred file formats: EPS, PS, JPEG, TIFF, or Microsoft Word (DOC or DOCX) files are acceptable for figures that have been drawn in Word. For information relating to other file types, please consult our Submission of electronic artwork document.

Tables. Tables should present new information rather than duplicating what is in the text. Readers should be able to interpret the table without reference to the text. Please supply editable files.

Equations. If you are submitting your manuscript as a Word document, please ensure that equations are editable. More information about mathematical symbols and equations.

Units. Please use SI units (non-italicized).

Style Guidelines

Please refer to these quick style guidelines when preparing your paper, rather than any published articles or a sample copy. Please use American spelling style consistently throughout your manuscript. Please use double quotation marks, except where “a quotation is ‘within’ a quotation”.

Please note that long quotations should be indented without quotation marks.

Papers may be submitted in Word or LaTeX formats. Figures should be saved separately from the text. To assist you in preparing your paper, we provide formatting template(s): <https://www.tandfonline.com/action/authorSubmission?show=instructions&journalCode=lc20>).

Word templates are available for this journal. Please save the template to your hard drive, ready for use. All parts of the manuscript should be typewritten, double-spaced, with margins of one inch on all sides. Number manuscript pages consecutively throughout the paper. Avoid abbreviations, diagrams, and reference to the text within the abstract.

References

Please use this reference guide when preparing your paper.