

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ENGENHARIA FLORESTAL

**Desenvolvimento de *Sapindus saponaria* (Sapindaceae) com lodo de
esgoto e índices ecológicos de artrópodes associados**

DAVID LOPES TEIXEIRA



2 **David Lopes Teixeira**

3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34

Desenvolvimento de *Sapindus saponaria* (Sapindaceae) com lodo de esgoto e índices ecológicos de artrópodes associados

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial, para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Germano Leão Demolin Leite

Montes Claros
2019

35 **David Lopes Teixeira.** Desenvolvimento de *Sapindus saponaria* (Sapindaceae) com lodo de
36 esgoto e índices ecológicos de artrópodes associados

37

38

39

40 Aprovada pela banca examinadora constituída por:

41

42

43

44

45


Prof. Dr. Délcio César Cordeiro Rocha - ICA/UFMG

46

47

48

49


Prof. Dr. Pedro Guilherme Lemes Alves - ICA/UFMG

50

51

52

53

54


Prof. Dr. Germano Leão Demolin Leite - Orientador ICA/UFMG

55

56

57

58

59

60

61

62

63

64

65

Montes Claros,

66

08 de Novembro de 2019.

67

35

36

37

38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71

Dedico esse trabalho a Deus e aos meus pais que sempre acreditaram em mim e que tornaram todos meus sonhos possíveis!

AGRADECIMENTOS

72

73

74

75

76

77

78

79

80

81

82

Agradeço ao Criador do Universo responsável por toda existência e que me intriga e fascina com a complexidade nela envolvida. Também, devido a ele ter me concedido o imenso privilégio de ser filho de Vitor e Dora, pais a quem sou extremamente grato pelo carinho e pela criação voltada para a honestidade, trabalho duro, fé e humildade. Características fundamentais para me tornar o homem que sou, e pelos quais pude me manter firme e ter foco em meus estudos e sonhos. Desta maneira sou muito grato também aos meus avos paternos Aurino e Maria e maternos Antônio e Piedade que os educaram e nos transferiu de forma direta e indireta tudo que foi vivido por eles e que se manifesta em forma de sabedoria.

83

84

85

86

A minhas irmãs pelo qual pude ter minhas primeiras experiências de equipe, e que foram responsáveis pelo desenvolvimento da minha consciência e senso de justiça, comunhão e respeito ao próximo. Dessa maneira igualmente grato aos meus tios e tias, primos e primas a quem tenho carinho muito grande pela forma com que cada um participou desta conquista.

87

88

89

90

Às pessoas especiais que surgiram em meio a essa jornada e com o qual eu sempre terei carinho muito grande. De uma forma muito especial a Mayra com quem tenho uma ligação espiritual indescritível e que esteve comigo em cada momento de aprendizado ou de alegria durante todo esse tempo e que me ajudou a me tornar mais sensível e forte.

91

92

93

94

95

E outros amigos irmãos com quem aprendi muito a qual não citarei nome por nome para não estender tanto essas palavras. São eles os amigos de turma e instituição, os de Januária, os de Taiobeiras, os do Insetário e do Leaf, os do cafezinho no setor em que meu grande amigo Aroldo trabalhava, aos do conservatório de música, ao meu amigo e mestre Prof. Pedro Henrique Silveira, o pessoal do estágio, entre outros.

96

97

98

99

100

101

102

Agradeço ao meu amigo Prof. Germano L.D. Leite que compartilhou do seu conhecimento comigo, me apresentou ao mundo científico auxiliando o meu desenvolvimento intelectual e postura como profissional. Aos meus amigos Prof. Pedro G. Lemes pelo qual fui coorientado e que pude aprender muito de forma prática tendo também grande contribuição para minha carreira profissional, e ao Prof. Délcio C.C. Rocha que sempre me deu muita liberdade e confiança com as monitorias de Zoologia pelo qual pude sentir o peso de ensinar. E também aos demais professores que me tornaram Eng. Florestal.

103

104

Ao César Guimarães, técnico responsável pela manutenção do Insetário George Washington Gomez de Moraes, ICA/UFMG, colaboração e conhecimento repassado.

105 Meus agradecimentos a CNPQ, FAPEMIG, CAPES e ao ICA/UFMG, pela
106 oportunidade e apoio a mim conferida.

107

108

109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142

“Se pude ver mais longe, foi por está de pé sobre os ombros de gigantes!”

(Isaac Newton)

RESUMO

A degradação dos ecossistemas aumenta a importância de programas de manejo para recuperá-los. O lodo de esgoto, rico em nitrogênio, tem potencial para adubar *Sapindus saponaria* (Sapinales: Sapindaceae), utilizada na recuperação de áreas degradadas, mas pode afetar a fauna de insetos. O objetivo foi avaliar, durante 24 meses, o desenvolvimento de *S. saponaria* e os índices ecológicos (abundância, diversidade e riqueza de espécies em insetos e aranhas) e sua correlação em plantas fertilizadas ou não com lodo de esgoto desidratado em área degradada. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com dois tratamentos (com ou sem lodo de esgoto desidratado) com 24 repetições, cada uma com uma planta de *S. saponaria*. Os números de folhas/galho e galhos/planta, cobertura do solo, abundância e riqueza de espécies de Coleoptera, insetos mastigadores, Diptera, aranhas, Orthoptera fitófagos e formigas protooperantes foram maiores em plantas de *S. saponaria* adubadas com lodo de esgoto desidratado e os de abelhas semelhantes entre tratamentos. A abundância de Coleoptera fitófagos foi menor em plantas de *S. saponaria* com altas populações de aranhas e formigas protooperantes. A abundância de aranhas foi positiva e negativamente correlacionada com as de insetos mastigadores e formigas protooperantes, respectivamente. A maior copa de *S. saponaria* adubada com lodo de esgoto desidratado aumenta a cobertura do solo e a abundância e riqueza de Coleoptera mastigadores, Diptera e aranhas e a abundância de Orthoptera. Formigas e aranhas se correlacionaram negativamente e reduziram a abundância de Coleoptera e a diversidade de predadores totais em plantas adubadas com lodo de esgoto. O aumento dos índices ecológicos de insetos em plantas de *S. saponaria*, fertilizada com lodo de esgoto desidratado, mostra ser esta combinação adequada para a recuperação de áreas degradadas.

Palavras chaves: Aranhas. Artrópodes. Biodiversidade. Sustentabilidade.

LISTA DE TABELAS

170

171

172 **Tabela 1-** Números de folhas/galho e galhos/árvore e percentagem de cobertura do solo em
173 árvores de *Sapindus saponaria* (média \pm EP) com ou sem lodo de esgoto
174 desidratado.....15

175

176 **Tabela 2-** Abundância, diversidade e riqueza de espécies de Coleoptera fitófagos, Orthoptera
177 fitófagos, insetos mastigadores totais, Diptera fitófagos, abelhas, aranhas e predadores em
178 árvores de *Sapindus saponaria* (média \pm EP) com ou sem lodo de esgoto
179 desidratado.....16

180

181 **Tabela 3.** Equações das análises de regressão simples das variáveis de abundância de
182 coleópteros fitófagos totais (Ab.Col.) com formigas totais (Ab.For.) e aranhas totais
183 (Ab.Ara.); Ab.Ara. com Ab.Mast. e Ab.For.; Ab.For. com Ab.Mast. e Ab.Dip. em árvores de
184 *Sapindus saponaria* com os dados totais.....18

185

186 **Figura 1.** Estruturas de rede estimadas baseadas na correlação de Spearman ($P < 0,05$) geradas
187 para a abundância total de insetos mastigadores, Coleoptera, Diptera, aranhas, folhas/árvore e
188 desfoliação (%) em árvores de *Sapindus saponaria* n= 48.....20

189

190

191

192

193

194

195

196

197

198

199

200

201

202

| | | |
|-----|---|----|
| 203 | Sumário | |
| 204 | 1. INTRODUÇÃO | 8 |
| 205 | 2. REFERENCIAL TEÓRICO | 9 |
| 206 | 2.1 Biologia de <i>Sapindus saponaria</i> L..... | 9 |
| 207 | 2.2 Ação Bioinseticidas da <i>Sapindus saponaria</i> L..... | 10 |
| 208 | 2.3 Índices de diversidade, riqueza e abundância de artrópodes..... | 11 |
| 209 | 2.3.1 Diversidade..... | 11 |
| 210 | 2.3.2 Riqueza e abundancia de espécies..... | 11 |
| 211 | 3. MATERIAL E MÉTODOS | 12 |
| 212 | 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 14 |
| 213 | 5. CONCLUSÃO | 20 |
| 214 | 6. REFERÊNCIAS | 20 |
| 215 | | |
| 216 | | |
| 217 | | |
| 218 | | |
| 219 | | |
| 220 | | |
| 221 | | |
| 222 | | |
| 223 | | |
| 224 | | |
| 225 | | |
| 226 | | |
| 227 | | |
| 228 | | |
| 229 | | |
| 230 | | |
| 231 | | |
| 232 | | |

233 1. INTRODUÇÃO

234
235 Impactos negativos nos ecossistemas como mudanças na funcionalidade e
236 estrutura reduzem a biodiversidade e aumentam o abandono de terras agriculturáveis através
237 da degradação das mesmas (Gris et al., 2012). Essas áreas devem ser recuperadas com plantas
238 adequadas (Gris et al., 2012). Que poderão ser utilizadas para finalidades como produção de
239 madeira, prevenção de erosão e sequestro de carbono (Komonen et al., 2015).

240 *Sapindus saponaria* L. (Sapindales: Sapindaceae) conhecida popularmente como
241 saboneteira é uma espécie florestal secundária tardia pode atingir 8 m de altura (Lorenzi,
242 2008) e ocorre do estado do Pará ao do Rio Grande do Sul, Brasil. Essa planta é utilizada na
243 recuperação de áreas degradadas, na medicina popular e seus frutos são usados também na
244 lavagem de roupas devido à presença do composto químico saponina (Tsuzuki et al., 2007;
245 Lorenzi, 2008).

246 O lodo de esgoto, resíduo rico em matéria orgânica, tem potencial para fertilizar
247 mudas florestais e plantas no campo como *S. saponaria*. O uso desse material em plantios
248 florestais e na recuperação de áreas degradadas pode minimizar a contaminação ambiental
249 (Martins et al., 2016), mas isto pode afetar a fauna de insetos devido ao elevado teor de N
250 desse material que promove o crescimento vegetal de plantas tornando-as mais atrativas aos
251 insetos fitófagos e também a maior complexidade da copa que fornece esconderijo a insetos
252 predadores (Leite et al., 2011a). No entanto, o uso do lodo de esgoto como adubo na
253 agricultura e silvicultura, pode reduzir custos de produção e problemas ambientais através do
254 reaproveitamento de resíduos urbanos (Martins et al., 2016). Os teores semelhantes de metais
255 pesados em grãos de milho, *Zea mays* L. (Poaceae) e feijão caupi, *Vigna unguiculate* (L.)
256 Walp. (Fabaceae), fertilizado ou não com lodo de esgoto desidratado, mostram a segurança
257 desse método (Nogueira et al., 2007).

258 Insetos respondem a mudanças ambientais de forma rápida podendo ser usados no
259 monitoramento da recuperação de áreas degradadas (Barah & Bones, 2015; Kishi et al.,
260 2017). Coleoptera, Lepidoptera e Hymenoptera são indicadores de recuperação de áreas
261 degradadas (Komonen et al., 2015; Kishi et al., 2017). A diversidade de insetos fitófagos e de
262 seus inimigos naturais, incluindo aranhas, variam com os índices nutricionais, defesas
263 químicas e fatores, como adubação e idade das plantas hospedeiras (Bowers e Stamp, 1993;
264 Coley e Barone, 1996; Leite et al., 2011b). Macronutrientes, como P e N, e micronutrientes,
265 como Cu e Zn, no lodo de esgoto, melhoram o desenvolvimento de plantas (Nogueira et al.,
266 2007; Jakubus, 2016), mas isto pode afetar insetos (Sousa-Souto et al., 2018). A diversidade e

267 abundância de insetos herbívoros e de seus inimigos naturais são, em geral, mais elevadas em
268 árvores maiores (Ferrier & Price, 2004; Leite et al., 2017). As probabilidades de extinção de
269 espécies mais raras são menores nessas plantas por funcionarem como ilhas biogeográficas
270 (IBG) (Burns, 2016; Leite et al., 2017). Para proporcionar precisão aos programas de
271 recuperação de áreas degradadas é necessário entender a influencia da aplicação do lodo de
272 esgoto desidratado em plantas *S. saponaria* e também a influência desse quadro nutricional
273 nos índices ecológicos de insetos e artrópodes, elaborando assim estudos que sirvam como
274 base para esses programas de recuperação de áreas degradadas.

275 O objetivo desse trabalho foi avaliar a produção da massa vegetal (folhas e
276 galhos) e cobertura do solo em plantas de *S. saponaria* fertilizada ou não com lodo de esgoto
277 desidratado, os índices ecológicos (abundância, diversidade, e riqueza de espécies) de
278 artrópodes e suas correlações com essas plantas, durante 24 meses em área degradada. As
279 hipóteses testadas foram: i) a copa de plantas fertilizadas é maior formando mais serapilheira,
280 auxiliando na recuperação da área degradada; ii) plantas adubadas são maiores (maior IBG)
281 com maior abundância de insetos mastigadores e de seus predadores por acompanharem suas
282 presas; iii) formigas protooperantes e aranhas reduzem a densidade populacional de insetos
283 mastigadores; e iv) formigas protooperantes reduzem densidade populacional de aranhas.

284 2. REFERENCIAL TEÓRICO

285

286 2.1 Biologia de *Sapindus saponaria* L.

287 *Sapindus saponaria* é originária da América Tropical e Subtropical. É utilizada
288 em paisagismo e na recuperação de áreas degradadas (Albeiro et al., 2002). No Brasil está
289 presente na maior parte do território brasileiro (Pelegrini et al., 2008; Lovato et al., 2014).
290 Encontra-se preferencialmente em locais úmidos, nas florestas tropicais e semidecídua. É uma
291 árvore considerada secundária e tardia que apresenta copa densa e perfeitamente globosa,
292 tronco cilíndrico, de 30-40 cm de diâmetro, revestido por casca rugosa, com folhas
293 compostas, imparipenadas, com sete folíolos e glabras de 10-16 cm de comprimento por 3-4
294 cm de largura. Floresce nos meses de abril-junho e seus frutos amadurecem durante os meses
295 de setembro-outubro. A dispersão é barocórica e zoocórica feita por morcegos frugívoros
296 (Lorenzi, 2008).

297 *Sapindus saponaria* apresenta alto teor de saponinas, surfactante natural,
298 encontrado nas sementes e nos frutos (Pelegrini et al., 2008). Essa espécie vegetal é usada na

299 medicina popular, sendo o seu fruto cozido com água usado no tratamento de pé-de-atleta,
300 frieiras, fungos e micoses dos pés e, além disso, a casca, a raiz e o fruto são utilizados como
301 calmante, adstringente, diurético, expectorante, tônico, depurativo do sangue e para a tosse
302 (Lorenzi, 2008). Também tem atividade biocida com ação moluscicida, pesticida e
303 espermicida (Tsuzuki et al., 2007)

304

305 **2.2 Ação bioinseticida de *Sapindus saponaria* L.**

306 Os efeitos dos extratos sobre os insetos são variáveis dependendo do extrato
307 utilizado, podendo ser tóxico, repelente, modificar o comportamento e desenvolvimento,
308 interferir ou bloquear o metabolismo, esterilizante, causar deterrência alimentar e inibir a
309 oviposição (Jesus et al., 2011). A planta é responsável pela especificidade dos efeitos de
310 acordo com as substâncias químicas presentes nos metabólitos secundários (Almassy Junior et
311 al., 2005).

312 Estudos com a *S. saponaria* levaram ao isolamento de saponinas, diterpenos e
313 flavonoides, entre outros metabólitos secundários (Pelegrini et al., 2008). Esses compostos
314 resultante da interação planta-meio ambiente (Kessler & Baldwin, 2002), sendo que alguns
315 desses compostos estão envolvidos no mecanismo de defesa da planta (Osbourn, 2003; Porras
316 & López-Ávila, 2009). As saponinas estão entre esses compostos secundários com
317 propriedades tenso-ativas, presentes nas sementes, sendo utilizada como inseticidas e
318 larvicidas. Seus efeitos subletais sobre os insetos têm sido estudados (Barreto et al., 2006;
319 Porras & López-Ávila, 2009).

320 O efeito de inibidores de tripsina presente nesta planta afeta negativamente os
321 insetos (Lima et al., 2012). Experimentos realizados com *Spodoptera frugiperda* (JE Smith)
322 (Lepidoptera: Noctuidae) e à aplicação de extratos aquosos de sementes de *S. saponaria*,
323 mostram que quando alimentadas com folhas de milho impregnados com o extrato, houve
324 mortalidade de 63% devido à presença de inibidores de peptidases presentes nas sementes
325 (Santos et al., 2008). Em testes com os extratos de *S. Saponaria* no controle de mosca-branca
326 *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae), apresentando controle
327 eficiente desta praga após 24 h de exposição ao extrato (Porras & Lpez-Ávila et al., 2009).
328 Contudo, o extrato dessa planta também apresentou efeito de mortalidade sobre o predador
329 *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Hemiptera: Pentatomidae) (Poderoso et al., 2016).

330

331 **2.3 Índices de diversidade, riqueza e abundância de espécies.**

332 **2.3.1 Diversidade**

333 A diversidade se subdivide em dois componentes bem diferentes: riqueza e
334 equitabilidade (Martí & García-Álvarez, 2002.), esses índices levam em conta, tanto a
335 uniformidade quanto a riqueza de espécies, sendo chamados também de índices de
336 heterogeneidade (Barros, 2007). O aumento do número de espécies ou o aumento da
337 uniformidade das abundâncias aumenta a diversidade (Barros, 2007). A riqueza de espécies é
338 muito dependente do tamanho da amostra e, portanto, o usuário deve padronizar o esforço
339 amostral das coletas primeiramente no campo por rarefação ou extrapolação (Wilsey et al.,
340 2005). Apesar desta necessidade, a medição da riqueza de espécies é a forma mais comum
341 realizada em estudos de diversidade. A diversidade pode ser calculada pela fórmula de Hill
342 (Hill, 1973; Jost, 2006).

343 Entre os índices de diversidade mais utilizados inclui o índice de Simpson, que
344 através de um sistema coerente de números de diversidade pode ser agrupado. Tal sistema foi
345 desenvolvido por Hill (1973) e neste sistema apenas quando a abundância é diferente as
346 espécies serão diferentes (Heip et al., 1998).

347

348 **2.3.2 Riqueza e abundancia de espécies**

349 O índice de riqueza de espécies irá depender da própria natureza da
350 comunidade e do tamanho amostral – quanto maior a amostra, maior o número de espécies
351 que poderão ser amostradas (Gomes & Ferreira, 2004). Ao medir um total de espécies (S) de
352 uma determinada área, a riqueza de espécies e a uniformidade são correlacionadas, sendo que
353 a riqueza de espécies é responsável por uma grande proporção da variância na diversidade.
354 Essa correlação entre riqueza de espécies e tamanho amostral pode se observada nos dosséis
355 florestais, em particular nas comunidades de artrópodes, pois no dossel existe uma grande
356 concentração de recurso e com isso maior quantidade de artrópodes (Lowman & Moffett,
357 1993). No entanto, é razoável supor que a distribuição da comunidade de insetos reflete os
358 recursos que explora. Por exemplo, insetos que se alimentam de folhagens devem ser
359 concentrados nas folhas, enquanto que os insetos polinizadores concentrem-se nas flores
360 (Hawkins & Macmahon, 1989).

361 A variação do número de espécies, que ocorre quando o número de indivíduos
362 varia, depende da abundância de cada espécie (Barros, 2007). Portanto, em uma comunidade,
363 cada espécie tem uma abundância diferente, sendo algumas muito abundantes (dominantes),
364 outras de abundância intermediária e ainda outras, de abundância muito pequena (raras).
365 Sendo associado um conjunto de valores de importância para cada espécie. Em um rank de
366 abundância, as espécies são plotadas das mais comuns para as mais raras (Martins &
367 Santos,1999; Barros, 2007).

368 Dentre os índices utilizados para calcular abundância e riqueza de espécies o
369 índice de Simpson é o mais utilizado (Barros, 2007). Podendo ser usado para comparar
370 diferentes comunidades de modo independente do modelo de distribuição de abundância, e do
371 tamanho amostral (Martins & Santos,1999). Dando maior peso para as espécies comuns,
372 captura bem as variações das distribuições de abundância, pois se baseia na equabilidade e
373 expressa a probabilidade de dois indivíduos tomados de uma comunidade de modo
374 independente e aleatório pertencer a uma mesma espécie. (Martins & Santos,1999).

375

376 3. MATERIAL E MÉTODOS

377

378 O estudo foi realizado no campus da Universidade Federal de Minas Gerais
379 (UFMG) no município de Montes Claros, Minas Gerais, Brasil (16°51'38 S, 44°55'00 "W, 943
380 m) de março de 2012 a fevereiro de 2014 (período de coleta de insetos). A área escolhida era
381 degradada com perdas do solo e alterações na química ou hidrologia do solo (Whitford,
382 2001). O clima é Aw: savana tropical, com inverno seco e verão chuvoso, segundo a
383 classificação de Köppen (Vianello e Alves, 2012). O tipo de solo é neossolo litólico com
384 textura argilosa, areia total = 17 dag.Kg⁻¹, lodo = 46,0 dag.Kg⁻¹, argila = 37,0 dag.Kg⁻¹,
385 pH – H₂O = 4,3, matéria orgânica = 0,73 dag. Kg⁻¹, carbono orgânico = 0,42 dag.Kg⁻¹, P =
386 0,35 mg.dm⁻³, K = 41,0 mg.dm⁻³, Ca = 1,6 cmolc.dm⁻³, Mg = 0,9 cmolc.dm⁻³, Al = 3,3
387 cmolc.dm⁻³, saturação de alumínio na capacidade de troca catiônica = 55,1%, soma das bases
388 = 2,69 cmolc dm⁻³, H + Al = 13,4 cmolc.dm⁻³, porcentagem de saturação da base do solo de
389 a capacidade de troca catiônica com pH 7,0 = 16,7, capacidade efetiva de troca catiônica
390 (CEC) = 5,9 cmolc.dm⁻³ e potencial (pH 7,0) CEC = 16,1 cmolc.dm⁻³.

391 Mudanças de *S. saponaria* foram produzidas a partir de sementes de árvores
392 cultivadas no ICA / UFMG. As mudas foram plantadas em sacos plásticos (8 x 12 cm) em um
393 viveiro com mistura de substrato padrão com 30% de composto orgânico, 30% de solo

394 argiloso, 30% de areia e 10% de fosfato natural reativo (160g/plântula) em março de 2011. O
395 composto orgânico consistia em três partes, em volume: duas partes de detritos de poda para
396 jardinagem (≤ 5 cm) e uma parte de esterco bovino curtido. O pH do solo nas covas (40×40
397 $\times 40$ cm) foi corrigido com calcário dolomítico (90% de poder total de neutralização)
398 (187g/cova), aumentando a saturação da base para 50% (Kopittke e Menzies, 2007). Fosfato
399 natural (80g/cova), oligoelementos porosos (ETI) (10g/cova) e pó de rocha de mármore (1 kg
400 / cova) foram adicionados de acordo com a análise do solo. Uma muda de *S. saponaria* com
401 30 cm de altura foi plantada por cova com espaçamento de dois metros entre elas, em seis
402 linhas paralelas em terreno plano. Essas mudas foram plantadas espaçadas dois metros entre
403 linhas com quatro plantas com e quatro sem adubação com lodo de esgoto desidratado/linha,
404 em setembro de 2011. Essas mudas foram irrigadas duas vezes por semana até o início da
405 estação das chuvas, quando não havia água adicional. As plantas foram podadas com uma
406 lâmina esterilizada por planta, quando seus galhos atingiram 5 cm de comprimento,
407 eliminando os adicionais e aqueles com até 1/3 da altura da copa, deixando apenas o melhor
408 caule. As partes podadas de cada planta foram deixadas entre suas respectivas linhas de
409 plantio. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com dois tratamentos (20
410 L de lodo de esgoto desidratado/cova em dose única durante o plantio ou sem lodo de esgoto
411 desidratado) e 24 repetições com uma planta cada.

412 O lodo de esgoto desidratado (5% de umidade) foi coletado na estação de
413 tratamento de esgoto no município de Juramento, Minas Gerais, Brasil, a cerca de 40 km do
414 experimento. O sistema remove mais de 93% da matéria orgânica do esgoto.

415 O lodo de esgoto passou por um processo de exposição solar em tanques de areia
416 grossa durante três meses na ETE, reduzindo os coliformes termotolerantes ao nível aceito
417 pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA (Resolução nº 375) do Ministério do
418 Meio Ambiente para uso agrícola, que é $<10^3$ número provável/g de sólidos totais. As
419 principais características químicas e biológicas do lodo de esgoto desidratado foram: pH –
420 $H_2O = 4,40$, $N = 10,4 \text{ mg.Kg}^{-1}$, $P = 2,9 \text{ mg.Kg}^{-1}$, $K = 5,8 \text{ mg.Kg}^{-1}$, $Cd = 0,1 \mu\text{g} .\text{g}^{-1}$, $Pb =$
421 $56,9 \mu\text{g} .\text{g}^{-1}$, $Cr = 46,7 \mu\text{g} .\text{g}^{-1}$ e coliformes fecais = 4,35 número mais provável g^{-1}
422 (Nogueira et al., 2007).

423 Folhas/galho, galhos/planta, número e porcentagem de cobertura do solo por
424 serapilheira, grama e plantas herbáceas foram avaliados visualmente por mês e parcela (1m^2)
425 na área de projeção da copa das 48 plantas de *S. saponaria*.

426 Insetos e aranhas foram contados por observação visual quinzenalmente nas
427 superfícies adaxiais e abaxiais das folhas de *S. saponaria* entre 7:00 e 11:00 da manhã nas

428 partes apical, média e basal do dossel nas direções norte, sul, leste e oeste de 12
429 folhas/planta/avaliação e no tronco das 48 árvores de *S. saponaria* (24 plantas por tratamento)
430 durante 24 meses. Insetos e aranhas não foram removidos das plantas durante as avaliações. O
431 esforço total da amostra foi de 27.648 folhas cobrindo toda a planta (eixos vertical e
432 horizontal) para capturar o maior número possível de espécies de insetos e aranhas, incluindo
433 as mais raras. Pelo menos, três espécimes por espécie de inseto ou aranha foram capturados
434 por coleta usando aspirador, armazenados em frascos de vidro com etanol a 70% ou
435 montados, separados em morfoespécies e enviados para identificação.

436 As médias foram feitas reduzindo os dados para árvores únicas. Os índices
437 ecológicos (abundância, diversidade e riqueza de espécies) foram calculados para cada
438 espécie identificada por tratamento (com ou sem lodo de esgoto desidratado/árvore) com o
439 software BioDiversity Pro 2.0 (Krebs, 1989). A diversidade foi calculada usando a fórmula de
440 Hill (Hill, 1973; Jost, 2006) e a riqueza de espécies com os índices de Simpson (Begon et al.,
441 2009).

442 Dados de folhas/galho, galhos/planta, porcentagens de cobertura do solo por
443 serapilheira, grama e plantas herbáceas e os índices ecológicos de abundância, correlação,
444 diversidade e riqueza de mastigadores, desfolhadores, Diptera, Diptera, polinizador, aranhas e
445 espécies predadoras de insetos foram submetidos à hipótese estatística não paramétrica,
446 Wilcoxon ($P < 0,05$) (Wilcoxon, 1992), utilizando o programa de análise estatística “Sistema
447 para Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG)”, versão 9.1 (SAEG, 2007). As interações
448 entre grupos de insetos fitófagos e seus predadores foram testadas com análise de regressão
449 simples ($P < 0,05$) com o programa estatístico SAEG.

450 A matriz de correlação de Spearman, entre as características mais significativas,
451 foi calculada com as matrizes submetidas às redes de correlação (Epskamp et al., 2012). A
452 espessura da borda foi controlada através da aplicação de um corte de 0,26 (valor a partir do
453 qual a correlação de Spearman se tornou significativa com $| r_{ij} | \geq 0,26$ borda realçada). Essas
454 análises foram feitas com o software R versão 3.4.1 (R Core Team, 2014). O procedimento de
455 rede de correlação foi realizado com o pacote *qgraph* (Epskamp et al., 2012).

456

457 **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

458

459 Os números de folhas/galho e galhos/planta e a porcentagem de cobertura do solo
460 (serapilheira, plantas herbáceas e gramíneas) foram maiores ($P < 0.05$) em plantas de *S.*
461 *saponaria* adubadas com lodo de esgoto desidratado (Tabela 1).

462

463

464

465

Tabela 1- Números de folhas/galho e galhos/árvore e percentagem de cobertura do solo em árvores de *Sapindus saponaria* (média \pm EP) com ou sem lodo de esgoto desidratado.

| | Lodo de esgoto desidratado | | Teste de Wilcoxon | |
|-----------------------|----------------------------|-----------------|-------------------|------|
| | Com | Sem | VT* | P |
| Folhas/galhos | 16,55 \pm 0,83 | 6,88 \pm 0,39 | 5,9 | 0,00 |
| Galhos/planta | 19,51 \pm 2,30 | 7,22 \pm 0,73 | 6,3 | 0,00 |
| Cobertura do solo (%) | 24,69 \pm 1,05 | 5,96 \pm 0,41 | 5,2 | 0,00 |

466

n= 24 por tratamento. VT*= valor do teste.

467

468

469

470

471

472

473

474

475

O desenvolvimento (ex.: maior número de folhas/árvore) de plantas de *S. saponaria* foi melhor com lodo de esgoto desidratado devido à riqueza em nitrogênio desse material (Nogueira *et al.*, 2007), resultando em maior cobertura do solo com serapilheira. Além disso, a copa dessa planta foi maior (maior IBG) – mais recurso alimentar - com maiores abundância e riqueza de espécies de Coleoptera, insetos mastigadores, Diptera, abundância de Orthoptera, e de seus predadores totais (Ferrier & Price, 2004; Leite *et al.*, 2017). As aranhas e formigas protooperantes, negativamente correlacionadas entre si, reduziram densidade populacional de insetos herbívoros (Eubanks, 2001; Leite *et al.*, 2012a).

476

477

478

479

480

481

482

483

484

485

486

487

Os maiores números de folhas/galho e galhos/planta de *S. saponaria*, adubadas com lodo de esgoto desidratado aumenta a cobertura do solo com serapilheira e confirma a primeira hipótese - plantas fertilizadas aceleram o processo de recuperação de áreas degradadas - importante para reduzir a erosão laminar e aumentar a fertilidade do solo. O crescimento adequado de plantas de *S. saponaria*, adubadas com lodo de esgoto desidratado, aumenta a importância das mesmas para a recuperação de áreas degradadas devido ao aumento da copa e produção de serapilheira que favorece a redução da energia cinética da chuva diminuindo a perda de solo causada pelo seu impacto (Goebes *et al.*, 2015). O melhor desenvolvimento de espécies arbóreas com lodo de esgoto se deve à riqueza em matéria orgânica, macronutrientes (ex.: nitrogênio e fósforo) e micronutrientes (ex.: zinco e cobre) (Nogueira *et al.*, 2007; Jakubus, 2016) desse material. O desenvolvimento de *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze (Araucariaceae), *Cedrela fissilis* Vell (Meliaceae), *Eucalyptus*

488 *grandis* Hill (Myrtaceae), *Lafoensia pacari* Saint-Hilaire (Lythraceae) e *Senna spectabilis*
 489 Schrad (Fabaceae) foi, também, melhor com lodo de esgoto (da Silva *et al.*, 2011; de Abreu *et*
 490 *al.*, 2017).

491 A abundância, diversidade, riqueza de espécies de predadores totais e a
 492 abundância e riqueza de espécies de aranhas, Coleoptera, Diptera, formigas protooperantes
 493 e insetos mastigadores foram maiores ($P < 0,05$) em plantas de *S. saponaria* fertilizadas. A
 494 abundância de Orthoptera fitófagos foi maior ($P < 0,05$) em plantas fertilizadas e a diversidade
 495 e a riqueza desses insetos semelhantes ($P > 0,05$) entre tratamentos. Esses índices foram
 496 semelhantes ($P > 0,05$) para abelhas em plantas de *S. saponaria* fertilizadas ou não com lodo
 497 de esgoto desidratado (Tabela 2).

498

499 **Tabela 2-** Abundância, diversidade e riqueza de espécies de Coleoptera fitófagos,
 500 Orthoptera fitófagos, insetos mastigadores totais, Diptera fitófagos, abelhas, aranhas, formigas
 501 protooperantes e predadores totais em árvores de *Sapindus saponaria* (média \pm EP) com ou
 502 sem lodo de esgoto desidratado.

| Índices Ecológicos | Lodo de esgoto desidratado | | Teste de Wilcoxon | |
|-------------------------|----------------------------|-----------------|-------------------|------|
| | Com | Sem | VT* | P |
| Abundância | | | | |
| Coleoptera | 1,17 \pm 0,29 | 0,33 \pm 0,17 | 2,7 | 0,00 |
| Orthoptera | 1,79 \pm 0,30 | 1,13 \pm 0,25 | 1,7 | 0,04 |
| Mastigadores totais | 31,96 \pm 5,73 | 4,13 \pm 1,84 | 5,2 | 0,00 |
| Diptera | 20,38 \pm 3,55 | 0,88 \pm 0,45 | 5,6 | 0,00 |
| Abelhas | 0,29 \pm 0,22 | 0,00 \pm 0,00 | 1,4 | 0,08 |
| Formigas protooperantes | 24,29 \pm 5,97 | 6,00 \pm 2,21 | 4,06 | 0,00 |
| Aranhas | 3,08 \pm 0,52 | 0,71 \pm 0,22 | 4,2 | 0,00 |
| Predadores | 28,00 \pm 6,09 | 6,79 \pm 2,26 | 4,4 | 0,00 |
| Diversidade | | | | |
| Coleoptera | 0,52 \pm 0,33 | 0,26 \pm 0,15 | 0,9 | 0,46 |
| Orthoptera | 0,78 \pm 0,22 | 0,99 \pm 0,28 | 0,3 | 0,40 |
| Mastigadores | 2,90 \pm 0,40 | 2,02 \pm 0,38 | 2,2 | 0,02 |

| | | | | |
|-------------------------|-------------|-------------|------|------|
| Diptera | 0,22 ± 0,17 | 0,12 ± 0,08 | 0,0 | 0,48 |
| Abelhas | --- | --- | --- | --- |
| Formigas protooperantes | 3,34 ± 0,67 | 1,73 ± 0,37 | 1,54 | 0,06 |
| Aranhas | 1,37 ± 0,53 | 1,44 ± 0,51 | 0,2 | 0,42 |
| Predadores | 7,52 ± 1,08 | 3,42 ± 0,75 | 2,5 | 0,01 |
| Riqueza | | | | |
| Coleoptera | 1,04 ± 0,23 | 0,25 ± 0,10 | 2,8 | 0,00 |
| Orthoptera | 1,04 ± 0,14 | 0,75 ± 0,15 | 1,4 | 0,08 |
| Mastigadores | 3,25 ± 0,24 | 1,25 ± 0,19 | 5,0 | 0,00 |
| Diptera | 0,75 ± 0,12 | 0,08 ± 0,05 | 4,1 | 0,00 |
| Abelhas | 0,08 ± 0,05 | 0,00 ± 0,00 | 1,4 | 0,08 |
| Formigas protooperantes | 3,25 ± 0,21 | 1,04 ± 0,20 | 5,11 | 0,00 |
| Aranhas | 1,92 ± 0,23 | 0,71 ± 0,22 | 3,7 | 0,00 |
| Predadores | 5,58 ± 0,37 | 1,83 ± 0,33 | 5,2 | 0,00 |

503 n= 24 por tratamento. VT*= valor do teste. --- = não foi possível gerar por ser zero o
504 tratamento sem lodo de esgoto desidratado.

505

506 Maiores índices ecológicos significativos para artrópodes em folhas de *S.*
507 *saponaria* adubada com lodo de esgoto desidratado (maior número de folhas/planta)
508 confirmam a segunda hipótese: maior IBG maiores índices de insetos mastigadores e
509 predadores. As maiores diversidade e abundância de insetos fitófagos e predadores em árvores
510 maiores reduzem as chances de extinção dessas espécies (Burns, 2016; Leite *et al.*, 2017) e
511 estes últimos podem acompanhar suas presas (Auslander *et al.*, 2003; Ferrier & Price, 2004;
512 Leite *et al.*, 2017). A abundância de herbívoros é um fator positivo por servirem de alimento
513 para aves silvestres (Litt *et al.*, 2014). Herbívoros se alimentando de determinada planta
514 devem ter uma história evolutiva associada à mesma como relatado para cerca de 90% dos
515 insetos associados ao gênero ou família específica de sua planta hospedeira (Litt *et al.*, 2014).
516 O maior tamanho de plantas de *S. saponaria*, adubadas, pode aumentar a atração de insetos
517 herbívoros (Litt *et al.*, 2014), os quais selecionam as mesmas em resposta à qualidade do
518 tecido foliar (Sousa-Souto *et al.*, 2018), pois o lodo aumenta a nutrição da planta e a
519 complexidade de sua copa. A herbivoria por Orthoptera pode variar com a planta e a

520 especificidade da dieta da espécie, pois, algumas espécies dessa ordem se alimentam de presas
 521 vivas e material vegetal morto, podendo se beneficiar de mudanças estruturais relacionadas
 522 com o aumento de detritos e gramíneas invasivas (Pearse *et al.*, 2019). A riqueza de insetos
 523 herbívoros tem menor impacto na comunidade de plantas que o número de indivíduos desses
 524 organismos (Laws *et al.*, 2018). A macrofauna, incluindo larvas e adultos de Scarabaeidae
 525 (Coleoptera), em solos degradados no cerrado (Kitamura *et al.*, 2008) e a riqueza de espécies
 526 de Carabidae (Coleoptera) em solo em área de Oxford, USA foram maiores naquelas
 527 adubadas com lodo de esgoto (Larsen *et al.*, 1996).

528 A abundância de Coleoptera fitófagos foi, inversamente, correlacionada ($P < 0,05$)
 529 com as de formigas protocooperantes e aranhas totais. Folhas com altas populações de insetos
 530 mastigadores e Diptera foram menos visitadas ($P < 0,05$) por formigas protocooperantes totais.
 531 As maiores abundâncias de insetos mastigadores favoreceram ($P < 0,05$) as de aranhas totais
 532 (Tabela 3).

533

534 **Tabela 3.** Equações das análises de regressão simples das variáveis de abundância de
 535 coleópteros fitófagos totais (Ab.Col.) com formigas totais (Ab.For.) e aranhas totais
 536 (Ab.Ara.); Ab.Ara. com Ab.Mast. e Ab.For.; Ab.For. com Ab.Mast. e Ab.Dip. em árvores de
 537 *Sapindus saponaria* com os dados totais.

| Equações das análises de regressão simples | R ² | ANOVA | |
|---|----------------|-------|------|
| | | F | P |
| Ab.Col.= - 0,42 + 0,03 x Ab.For. - 0,001 x Ab.For. ² | 0,12 | 3,2 | 0,05 |
| Ab.Col.= 0,17 + 1,26 x $\sqrt{\text{Ab.Ara.}}$ - 0,40 x Ab.Ara. | 0,13 | 3,3 | 0,04 |
| Ab.Ara.= 1,24 + 0,04 x Ab.Mast. | 0,16 | 8,6 | 0,01 |
| Ab.Ara.= 1,11 + 0,07 x Ab.For. - 0,004 x Ab.For. ² | 0,15 | 3,9 | 0,03 |
| Ab.For.= 1,30 + 1,38 x Ab.Mast. - 0,01 x Ab.Mast. ² | 0,32 | 10,5 | 0,00 |
| Ab.For.= 5,18 + 1,43 x Ab.Dip. - 0,02 x Ab.Dip. ² | 0,24 | 7,1 | 0,00 |

538 ANOVA. n= 48, graus de liberdade: tratamento= 1, repetições= 22, e do resíduo= 23.

539

540 A redução das populações de Coleoptera fitófagos por formigas protocooperantes
 541 e aranhas em plantas de *S. saponaria*, principalmente, nas adubadas, confirma a terceira
 542 hipótese: maior densidade populacional de formigas e/ou aranhas diminui a densidade
 543 populacional de insetos mastigadores. Formigas protegem árvores, em sistemas agroflorestais,

544 de pragas como insetos mastigadores (ex.: Coleoptera e Lepidoptera) (Gonthier *et al.*, 2013) e,
545 com outros inimigos naturais, são importantes no equilíbrio dos agrossistemas (Lima Junior *et*
546 *al.*, 2013). Isto é semelhante ao relato de redução da desfolha e do número de minas por
547 insetos em folhas de *Acacia mangium* Willd. (Fabales: Fabaceae) e de *Caryocar brasiliense*
548 Camb. (Malpighiales: Caryocaceae) por formigas (Bertuol *et al.*, 2008; Leite *et al.*, 2012ab).
549 *Solenopsis invicta* (Buren) (Hymenoptera: Formicidae) preda ovos, larvas pequenas e pupas
550 de *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) em *Gossypium hirsutum* L.
551 (Malvaceae) e *Glycine. max* L. (Fabales: Fabaceae) e *Pheidole* sp. (Hymenoptera:
552 Formicidae) e *Solenopsis geminata* F. (Hymenoptera: Formicidae) predam pragas em *Oryza*
553 *sativa* L. (Poaceae) e *Musa paradisiaca* L. (Musaceae) (Ruberson *et al.*, 1994; Eubanks,
554 2001; Way *et al.*, 2007; Abera-Kalibata *et al.*, 2008). A resposta de formigas a adubação de
555 plantas com lodo de esgoto é importante, pois estes insetos são indicadores em áreas
556 degradadas ou em recuperação (Economio *et al.*, 2015; Perez-Lachaud & Lachaud, 2014;
557 Chomicki *et al.*, 2015; Sanchez, 2015). A predação por aranhas pode reduzir a desfolha ($r = -$
558 $0,73$; $P = 0,003$) por besouros e, também, o número de minas de Lepidoptera ($r = -0,62$; $P =$
559 $0,01$) em *C. brasiliense* (Leite *et al.*, 2012a). As aranhas são predadores obrigatórios e podem
560 ser importantes no controle de insetos pragas desfolhadores, principalmente, em regiões
561 tropicais (Landis *et al.*, 2000; Halaj *et al.*, 2008).

562

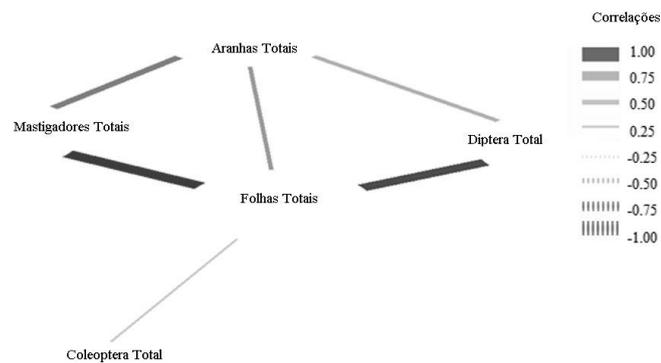
563 A abundância de aranhas foi, negativamente, correlacionada ($P < 0,05$) com as de
564 formigas protooperantes totais (Tabela 3).

565

566 A correlação negativa entre os números de indivíduos de aranhas e os de formigas
567 protooperantes em plantas de *S. saponaria* confirmam a quarta hipótese: maior densidade
568 populacional de formigas protooperantes diminui a densidade populacional de aranhas, ou
569 seja, formigas prejudicam mesopredadores (ex.: aranhas). Este tipo de comportamento
570 caracteriza a predação intraguilida onde dois predadores competem pelos mesmos recursos
571 alimentares influenciando assim na densidade populacional um do outro (Polis & Myers,
572 1989). Isso pode reduzir o controle biológico, pois aranhas auxiliam no controle de pragas
573 como *Epiphyas postvittana* (Walker) (Lepidoptera: Tortricidae) em *Malus domestica* Bork
574 (Rosaceae) e *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) em *Citrus sinensis*
575 (L.) Osbeck (Rutaceae) (Amalin *et al.*, 2001; Hogg *et al.*, 2017) predando as mesmas ou
576 matando suas presas aderidas em suas teias (Sunderland & Samu, 2000).

576

577 **Figura 1** Estruturas de rede estimadas baseadas na correlação de Spearman ($P < 0,05$) geradas
 578 para a abundância total de insetos mastigadores, Coleoptera, Diptera, aranhas, folhas/árvore e
 579 desfoliação (%) em árvores de *Sapindus saponaria* n= 48.



580

581

582 5. CONCLUSÃO

583 A maior copa de *S. saponaria* adubada com lodo de esgoto desidratado aumenta a
 584 cobertura do solo e a abundância e riqueza de Coleoptera mastigadores, Diptera e aranhas e a
 585 abundância de Orthoptera. Formigas e aranhas se correlacionaram negativamente e reduziram
 586 a abundância de Coleoptera e a diversidade de predadores totais em plantas adubadas com
 587 lodo de esgoto. O aumento dos índices ecológicos de insetos em plantas de *S. saponaria*,
 588 fertilizadas com lodo de esgoto desidratado, é uma combinação adequada para a recuperação
 589 de áreas degradadas.

590

591 6. REFERÊNCIAS

592

- 593 ABERA-KALIBATA A. M., GOLD C. S., VAN DRIESCHE R. Experimental evaluation of
594 the impacts of two ant species on banana weevil in Uganda. **Biological Control**, v.46, n.2,
595 p.147-157, 2008.
- 596 ALBEIRO, A.L.M.; SERTIÉ, J.A.A.; BACCHI, E. M. Antiulcer activity of *Sapindus*
597 *saponaria* L. in the rat. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 82, n.1, p. 41-44. 2002.
- 598 ALMASSY JÚNIOR, A.A.; LOPES, R.C.; ARMOND, C.; SILVA, F. DA; CASALI, V.W.D.
599 Folhas de chá: Plantas medicinais na terapêutica humana. Viçosa: **Ed. UFV**, v. 1, n.1, p.233,
600 2005.
- 601 AMALIN D. M., REISKIND J., PENA J. E., MCSORLEY R. Predatory behavior of three
602 species of sac spiders attacking citrus leafminer. **Journal of Arachnology**, v.29, n.1, p.72-81,
603 2001.
- 604 AUSLANDER, M.; NEVO, E.; INBAR, M. The effects of slope orientation on plant growth,
605 developmental instability and susceptibility to herbivores. **Journal of Arid Environments**, v.
606 55, n. 3, p. 405-416, 2003.
- 607 BARAH P, BONES AM. Multidimensional approaches for studying plant defence against
608 insects: from ecology to omics and synthetic biology. **Journal of Experimental Botany**, v.
609 66, n. 2, p. 479-493, 2015.
- 610 BARRETO, C. F.; CAVASIN, G. M.; SILVA, H. H. G.; SILVA, I. G. Estudo das alterações
611 morfo-histológicas em larvas de *Aedes aegypti* submetidas ao extrato bruto etanólico de
612 *Sapindus saponária* Lin (Sapindaceae). **Revista de Patologia Tropical**, v. 35, n. 1, p. 37-57,
613 2006.
- 614 BARROS, R. S. Medidas de diversidade biológica. Programa de Pós-Graduação em Ecologia
615 Aplicada ao Manejo e Conservação de Recursos Naturais da **Universidade Federal de Juiz**
616 **de Fora, Minas Gerais**, v. 1, p. 2-13, 2007.

- 617 BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER J. L. *Ecologia: De indivíduos a ecossistemas:*
618 **Artmed Editora**, v.2, 1-752, 2009.
- 619 BERTUOL T. J., GALBIATI C., PEREIRA M. J. B., DO AMARAL A. M. Avaliação de
620 mutualismo entre *Acacia mangium* Willd (Mimosaceae) e formigas (Hymenoptera:
621 Formicidae). **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.3, n.1, p.41-47, 2008.
- 622 BOWERS M. D; STAMP, N. E. Effects of plant-age, genotype, and herbivory on *Plantago*
623 performance and chemistry. **Ecology**, v. 74, n.6, p. 1778-1791, 1993.
- 624 BURNS, K. C. Native–exotic richness relationships: a biogeographic approach using turnover
625 in island plant populations. **Ecology**, v. 97, n.11, p. 2932–2938, 2016.
- 626 CHOMICKI G., WARD P. S., RENNER S. S. Macroevolutionary assembly of ant/plant
627 symbioses: *Pseudomyrmex* ants and their ant-housing plants in the Neotropics. **Proceedings**
628 **of the Royal Society B**, v.282, n.1819, p.1-9, 2015.
- 629 COLEY, P. D.; BARONE, J. A. Herbivory and plant defenses in tropical forests. Annual
630 Review of Ecology, **Evolution, and Systematics**, v. 27, n.305, p. 305 335, 1996.
- 631 DA SILVA, P. H. M.; POGGIANI, F.; LACLAU, J. P. Applying sewage sludge to
632 *Eucalyptus grandis* plantations: effects on biomass production and nutrient cycling through
633 litterfall. **Applied and Environmental Soil Science**, v. 2011, Article ID 710614, p. 11, 2011.
634 doi:10.1155/2011/710614.
- 635 DE ABREU, A. H. M.; MARZOLA, L. B.; DE MELO, L. A.; LELES, P. S. DOS S; ABEL,
636 E. L. S.; ALONSO, J. M. Urban solid waste in the production of *Lafloensia pacari* seedlings.
637 **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n.2, p. 83–87, 2017.
- 638 DE LIMA, G. P. G.; ROCHA-BEZERRA, L. C. B.; MACEDO, L. L. P.; BEMQUERER, M.
639 P.; SA, M. F. G.; CARVALHO, A. F. U. Purification, partial characterization and in vitro

- 640 biological activity against pest insects of a novel trypsin inhibitor from *Sapindus saponaria*
641 seeds. **FEBS Journal**, v.279, n.1, p.81-81, 2012.
- 642 ECONOMO E. P., KLIMOV P., SARNAT E. M., GUENARD B., WEISER M. D., LECROQ
643 B., KNOWLES L. L. Global phylogenetic structure of the hyperdiverse ant genus *Pheidole*
644 *reveals* the repeated evolution of macroecological patterns. **Proceedings of the Royal Society**
645 **B**, v.282, n.1798, p.1-10, 2015.
- 646 EPSKAMP S., CRAMER A. O. J., WALDORP L. J., SCHMITTMANN V. D., BORSBOOM
647 D. *qgraph*: Network visualizations of relationships in psychometric data. **Journal of**
648 **Statistical Software**, v.48, n.4, p.1-18, 2012.
- 649 EUBANKS, M. D. Estimates of the direct and indirect effects of red imported fire ants on
650 biological control in field crops. **Biological Control**, v. 21, n. 1, p. 35-43, 2001.
- 651 FERRIER, S. M. & PRICE, P. W. Oviposition preference and larval performance of a rare
652 bud-galling sawfly (Hymenoptera: Tenthredinidae) on willow in northern Arizona.
653 **Environmental Entomology**, v. 33, n.3, p. 700–708, 2004.
- 654 GOEBES P., BRUELHEIDE H., HÄRDITTE W., KRÖBER W., KÜHN P., LI Y., SEITZ S.,
655 VON OHEIMB G., SCHOLTEN T. Species-specific effects on throughfall kinetic energy in
656 subtropical forest plantations are related to leaf traits and tree architecture. **PLoS ONE**, v.10,
657 n.6, e0128084, 2015.
- 658 GOMES, A. S.; FERREIRA, S. P. Análise de dados ecológicos. **Universidade Federal**
659 **Fluminense**, v.1, p. 1-30, 2004.
- 660 GONTHIER D. J., ENNIS K. K., PHILPOTT S. M., VANDERMEER J., PERFECTO
661 I. Ants defend coffee from berry borer colonization. **Biocontrol**, v.58, n.6, p.815-820,
662 2013.

- 663 GRIS, D.; TEMPONI, L. G.; MARCON, T. R. Native species indicated for degraded area
664 recovery in western Paraná, Brazil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.36, n.1, p.113-125, 2012.
- 665 HALAJ J., HALPERN C. B., YI H. B. Responses of litter-dwelling spiders and carabid
666 beetles to varying levels and patterns of green-tree retention. **Forest Ecology and**
667 **Management**, v.255, n.3, p.887-900, 2008.
- 668 HAWKINS, C. P.; MACMAHON, J. A. Guilds: the multiple meanings of a concept. **Annual**
669 **review of entomology**, v. 34, n. 1, p. 423-451, 1989.
- 670 HEIP, C.H.R.; HERMAN, P.M.J.; SOETAERT, K. Indices of diversity and evenness.
671 **Netherlands Institute of Ecology**, v.24, n.4, p.61-87, 1998.
- 672 HILL M. O. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. **Ecology**, v.54,
673 n.2, p.427-432, 1973.
- 674 HOGG B. N., MILLS N. J., DAANE K. M. Temporal patterns in the abundance and species
675 composition of spiders on host plants of the invasive moth *Epiphyas postvittana* (Lepidoptera:
676 Tortricidae). **Environmental Entomology**, v.46, n.3-4, p.502-510, 2017.
- 677 JAKUBUS M. Estimation of phosphorus bioavailability from composted organic wastes.
678 **Chemical Speciation and Bioavailability**, v.28, n.1-4, p.189-198, 2016.
- 679 JESUS, F. G.; PAIVA, L. A.; GONÇALVES, V. C.; MARQUES, M. A.; JUNIOR, A. L. B.
680 Efeito de plantas inseticidas no comportamento e biologia de *Plutella xylostella* (Lepidoptera:
681 Plutellidae). **Arquivos do Instituto Biológico, São Paulo**, v.78, n.2, p.279-285, 2011.
- 682 JOST L. Entropy and diversity. **Oikos**, v.113, n.2, p.363-375, 2006.
- 683 KESSLER, A.; BALDWIN, I. T.; Plant responses to insect herbivory: the emerging molecular
684 analysis. **Annual Review of Plant Biology**, v.53, n.1, p. 299-328, 2002.

- 685 KISHI, S; SAKURA, N; YOSHIKAWA, T; HIRAIWA, M. K. ; KATOH, K. Interaction
686 between insects and insect-pollinated plants on Myake Island after a recent volcanic eruption:
687 A comparison between vegetation types. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v.20, n.3, p.
688 964-970, 2017.
- 689 KITAMURA, A. E.; ALVES, M. C.; SANCHES, S.; AKIHIRO, L. G.; ANTONIO, P. G.
690 Recovery of a degraded soil with green manure and sewage sludge. **Revista Brasileira de**
691 **Ciência do Solo**, v. 32, n.1, p. 405–416, 2008.
- 692 KOMONEN, A.; ÖVERMAR,K.; HYTÖRNEN, J.; HALME, P. Tree species influences
693 diversity of ground-dwelling insects in afforested fields. **Forest Ecology and Management**,
694 v.349, n.1, p.12-19, 2015.
- 695 KOPITTKE P. M., MENZIES N. W. A review of the use of the basic cation saturation ratio
696 and the “ideal” soil. **Soil Science Society of America Journal**, v.71, n.2, p.259-265, 2007.
- 697 KREBS C.J. Ecological Methodology. **University of British Columbia**. Edition 1, p 1-654,
698 1989.
- 699 LANDIS D. A., WRATTEN S. D., GURR G. M. Habitat management to conserve natural
700 enemies of arthropod pests in agriculture. **Annual Review of Entomology**, v.45, n.1, p.175-
701 201, 2000.
- 702 LARSEN K. J., PURRINGTON F. F., BREWER S. R., TAYLOR D. H. Influence of sewage
703 sludge and fertilizer on the ground beetle (Coleoptera: Carabidae) fauna of an old-field
704 community. **Environmental Entomology**, v.25, n.2, p.452-459, 1996.
- 705 LAWS A. N., PRATHER C. M., BRANSON D. H., PENNINGS S. C. Effects of
706 grasshoppers on prairies: Herbivore composition matters more than richness in three grassland
707 ecosystems. **Journal of Animal Ecology**, v.87, n.6, p.1727-1737, 2018.

- 708 LEITE, G. L. D., ALVES S. M., NASCIMENTO A.F., LOPES P. S. N., FERREIRA P. S. F.,
709 ZANUNCIO J. C. Identification of the wood borer and the factors affecting its attack on
710 *Caryocar brasiliense* trees in the Brazilian Savanna. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.33,
711 n.4, p.589-566, 2011a.
- 712 LEITE G. L. D., VELOSO R.V.S., ZANUNCIO J.C., ALVES S.M., AMORIM C.A.D.,
713 SOUZA O.F.F. Factors affecting *Constrictotermes cyphergaster* (Isoptera: Termitidae)
714 nesting on *Caryocar brasiliense* trees in the Brazilian savanna. **Sociobiology**, v.57, n.1,
715 p.165-180, 2011b.
- 716 LEITE, G. L. D., VELOSO R.V.S., MARTINS E.R., ZANUNCIO J.C., FERNANDES G.W.,
717 ALMEIDA C.I.M, RAMALHO F.S., SERRÃO J.E. Population of herbivores insects on
718 different sides of *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae) trees in the Brazilian Cerrado Region.
719 **Journal of Medicinal Plant Research**, v.6, n.43, p.5557-5565, 2012a.
- 720 LEITE, G. L. D., VELOSO R.V.S., ZANUNCIO J.C., FERNANDES G.W., ALMEIDA
721 C.I.M., FERREIRA P.S.F., ALONSO J., SERRÃO J.E. Seasonal abundance of hemipterans
722 on *Caryocar brasiliense* (Malpighiales: Caryocaraceae) trees in the Cerrado. **Florida**
723 **Entomologist**, Gainesville, v.95, n.4, p.862-872, 2012b.
- 724 LEITE G. L. D., VELOSO R. V., ZANUNCIO J. C., AZEVEDO A. M., SILVA J. L.,
725 WILCKEN C. F., SOARES M. A. Architectural diversity and galling insects on *Caryocar*
726 *brasiliense* trees. **Scientific Reports**, v.7, n.16677, p.1-7, 2017.
- 727 LITT A. R., CORD E. E., FULBRIGHT T. E., SCHUSTER G. L. Effects of invasive plants
728 on arthropods. **Conservation Biology**, v.28, n.6, p.1532-1549, 2014.
- 729 LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas
730 nativas do Brasil. Nova Odessa, SP, **Instituto Plantarum**, v.1, 5ª ed., 2008. 384p.
- 731 LOVATO, L.; PELEGRINI, B. L.; RODRIGUES, J.; de OLIVEIRA, A. J. B.; FERREIRA, I.
732 C. P. Seed oil of *Sapindus saponaria* L.(Sapindaceae) as potential C16 to C22 fatty acids

- 733 resource. **Biomass and Bioenergy**, v. 60, n.1, p. 247-251, 2014.
734 <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2013.11.016>
- 735 LOWMAN, M. D.; MOFFETT, M. The ecology of tropical rain forest canopies. **Trends in**
736 **Ecology & Evolution**, v.8, n.3, p.104-107,1993.
- 737 MARTÍ, J. I.; GARCÍA-ÁLVAREZ, A. Diversidad: biodiversidad edáfica y
738 geodiversidad. **Edafología**, v.9, n.3, p. 329-385, 2002.
- 739 MARTINS, F. R.; SANTOS, F. Técnicas usuais de estimativa da biodiversidade. **Revista**
740 **Holos**, v. 1, n. 1, p. 236-267, 1999.
- 741 MARTINS M. N. C., DE SOUZA V. V., SOUZA T. D. Genotoxic and mutagenic effects of
742 sewage sludge on higher plants. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.124, n.1,
743 p.489-496, 2016.
- 744 NOGUEIRA, T. A. R; SAMPAIO, R. A; FONSECA, I. M; FERREIRA, C. S; SANTOS, S.
745 E; FERREIRA, L. C; GOMES, E; FERNANDES, L. A. Metais pesados e patógenos em
746 milho e feijão caupi consorciados, adubados com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de**
747 **Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 3, p. 331–338, 2007.
- 748 OLIVEIRA, F. S.; MENDONÇA, M. W.; VIDIGAL, M. C.; RÊGO, M. M.,
749 ALBUQUERQUE, P. M. Comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em ecossistema
750 de dunas na praia de Panaquatira, São José de Ribamar, Maranhão, Brasil. **Revista Brasileira**
751 **de Entomologia**, v. 54, n. 1, p. 82-90, 2010.
- 752 OSBOURN, A. E. Molecules of interest, saponins in cereals. **Phytochemistry**, v.62, n.1, p.1-
753 4. 2003.
- 754 PEARSE I., MCMUNN M., YANG L. Seasonal assembly of arthropod communities on
755 milkweeds experiencing simulated herbivory. **Arthropod-Plant Interactions**, v.13, n.1, p.99-
756 108, 2019.

- 757 PELEGRINI, D. D.; TSUZUKI, J. K.; AMADO, C. A.; CORTEZ, D. A.; FERREIRA, I. C.
758 Biological activity and isolated compounds in *Sapindus saponaria* L. and other plants of the
759 genus *Sapindus*. **Latin American Journal of Pharmacy**, v. 27, n.6, p.922-927, 2008.
- 760 PEREZ-LACHAUD G., LACHAUD J. P. Arboreal ant colonies as 'hot-points' of cryptic
761 diversity for myrmecophiles: The weaver ant *Camponotus* sp aff. *textor* and its interaction
762 network with its associates. **PLoS ONE**, v.9, n.9, p.1-8, 2014.
- 763 PODEROSO, J. C. M.; CORREIA-OLIVEIRA, M. E.; CHAGAS, T. X.; ZANUNCIO, J. C.;
764 RIBEIRO, G. T. .Effects of plant extracts on developmental stages of the predator *Podisus*
765 *nigrispinus* (Hemiptera: Pentatomidae). **Florida Entomologist**, v.99, n.1, p.113-116, 2016.
- 766 POLIS, G.A.; MYERS, C.A. THE ECOLOGY AND EVOLUTION OF INTRAGUILD
767 PREDATION: Potential Competitors That Eat Each Other. **Annual Reviews of Ecology and**
768 **Systematics**, v. 20, n. 1, p. 297-330, 1989.
- 769 PORRAS, M. F.; LÓPEZ-ÁVILA, A. Effect of extracts from *Sapindus saponaria* on the
770 glasshouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). **Revista**
771 **Colombiana de Entomologia**, v.35, n.1 p. 7-11, 2009.
- 772 RUBERSON J. R., HERZOG G. A., LAMBERT W. R., LEWIS W. J. Management of the
773 beet armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) in cotton: role of natural enemies. **The Florida**
774 **Entomologist**, v.77, n.4, p.440-453, 1994.
- 775 SANTOS, W. L. D.; FREIRE, M.G.M.; BOGORNÍ, P.C.; VENDRAMIM, J.D.; MACEDO,
776 M.L.R. Effect of the aqueous extracts of the seeds of *talisia esculenta* and *sapindus saponaria*
777 on fall armyworm. **Brasilian Archives of Biology and Technology**, v.51, n.2, p. 373-383,
778 2008.
- 779 SAEG - Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV -
780 Viçosa, 2007.

- 781 SOUSA-SOUTO L., BOCCHIGLIERI A., DIAS D. D., FERREIRA A. S., FILHO J. P. D.
782 (2018) Changes in leaf chlorophyll content associated with flowering and its role in the
783 diversity of phytophagous insects in a tree species from a semiarid Caatinga. **Peerj**, v.6, n.1,
784 p.1-14, 2018
- 785 SUNDERLAND K., SAMU F. Effects of agricultural diversification on the abundance,
786 distribution, and pest control potential of spiders: a review. **Entomologia Experimentalis et**
787 **Applicata**, v.95, n.1, p.1-13, 2000.
- 788 TOWNSEND, C. R.; BERGON, M.; HARPER, J. L. Fundamentos em ecologia. **Porto**
789 **Alegre: Artmed**, 3ª edição, p. 15- 547, 2006.
- 790 TSUZUKI, J.K.; SVIDZINSKI, T.I.E.; SHINOBU, C.S.; SILVA, L.F.A.; RODRIGUES-
791 FILHO, E.; CORTEZ, D.A.G.; FERREIRA, I.C.P. Antifungal activity of the extracts and
792 saponins from *Sapindus saponaria* L. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 79, n.4,
793 p.577-583, 2007.
- 794 VIANELLO R. L., ALVES A. R. Meteorologia básica e aplicações, **Viçosa: UFV**, 2012.
- 795 WAY M. J., JAVIER G., HEONG K. L. The role of ants, especially the fire ant, *Solenopsis*
796 *geminata* (Hymenoptera: Formicidae), in the biological control of tropical upland rice pests.
797 **Bulletin of Entomological Research**, v.92, n.5, p.431-437, 2007.
- 798 WHITFORD W. G. Repairing damaged wildlands: A process-oriented, landscape-scale
799 approach. **Restoration Ecology**, v.9, n.2, p.249-249, 2001.
- 800 WILCOXON F. Individual comparisons by ranking methods. In: Breakthroughs in Statistics:
801 Methodology and Distribution, pp. 196-202 Eds S. Kotz & N. L. Johnson. New York, NY:
802 Springer New York, 1992.

803 WILSEY, B. J.; CHALCRAFT, D. R.; BOWLES, C. M.; WILLIG, M. R.; Relationships
804 among indices suggest that richness is an incomplete surrogate for grassland biodiversity.
805 **Ecology**, v. 86, n.5, p.1178-1184, 2005.

806