

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO -
CAMPUS URUTAÍ

DIVINO DE SOUSA COSTA

**ESTIMATIVA DE FITOTOXICIDADE POR GLYPHOSATE EM *Digitaria insularis*
(L.) Fedde (DIGGIN) VIA PROCESSAMENTO DE IMAGENS**

URUTAÍ – GOIÁS

2020

DIVINO DE SOUSA COSTA

**ESTIMATIVA DE FITOTOXICIDADE POR GLYPHOSATE EM *Digitaria insularis* (L.)
Fedde. (DIGGIN) VIA PROCESSAMENTO DE IMAGENS**

Monografia apresentada ao IF Goiano
Campus Urutaí como parte das exigências
do Curso de Graduação em Agronomia
para obtenção do título de Bacharel em
Agronomia.

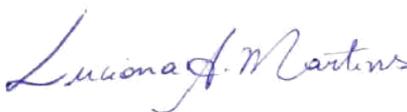
Aprovada em 31 de julho de 2020



Prof. Dr. Anderson Rodrigo da Silva
(Orientador e Presidente da Banca Examinadora)
Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí



Eng. Agro. José Junior Nunes
Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí



Eng. Agro. Luciana Alves Martins
Xingu Pesquisa e Consultoria Agrônômica LTDA

URUTAÍ - GOIÁS
2020

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

CC837e Costa, Divino de Sousa
Estimativa de fitotoxicidade por glyphosate em
Digitaria insularis (L.) Fedde. (DIGGIN) via
processamento de imagens / Divino de Sousa
Costa; orientador Anderson Rodrigo da Silva. --
Urutaí, 2020.
28 p.

Monografia (em Agronomia) -- Instituto Federal
Goiano, Campus Urutaí, 2020.

1. Imagens RGB. 2. capim amargoso. 3. injúrias
por glyphosate. I. Silva, Anderson Rodrigo da,
orient. II. Título.



ATA DE APRESENTAÇÃO DE TRABALHO DE CURSO

Aos 31 dias do mês de julho de dois mil e vinte reuniram-se: Prof. Dr. ANDERSON RODRIGO DA SILVA, Eng. Agro. JOSÉ JUNIOR NUNES e LUCIANA ALVES MARTINS nas dependências do Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí (GO), para avaliar o Trabalho de Curso do(a) acadêmico(a): DIVINO DE SOUSA COSTA, como requisito necessário para conclusão do Curso Superior de Bacharelado em Agronomia. O presente TC tem como título: ESTIMATIVA DE FITOTOXICIDADE POR GLYPHOSATE EM *Digitaria insularis* (L.) Fedde. (DIGGIN) VIA PROCESSAMENTO DE IMAGENS.

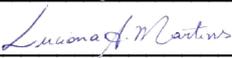
Após análise, foram dadas as seguintes notas:

Avaliadores	Notas
1. Prof. Dr. ANDERSON RODRIGO DA SILVA	9,6
2. Eng. Agro. JOSÉ JUNIOR NUNES	9,8
3. Eng. Agro. LUCIANA ALVES MARTINS	9,4
Média final:	9,6

OBSERVAÇÕES:

Por ser verdade firmamos a presente:

Nome e Assinatura:

1. 
2. 
3. 

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- Tese Artigo Científico
 Dissertação Capítulo de Livro
 Monografia – Especialização Livro
 TCC - Graduação Trabalho Apresentado em Evento
 Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____

Nome Completo do Autor: Divino de Sousa Costa
Matrícula: 2014101200240052
Título do Trabalho:

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 01/09/2020

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não
O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Urutaí - Goiás, 31/07/2020.
Local Data

Divino de Sousa Costa

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

Antônio Roberto F. Silva
Assinatura do(a) orientador(a)

SUMÁRIO

RESUMO.....	07
INTRODUÇÃO.....	08
MATERIAL E MÉTODOS.....	11
RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	13
CONCLUSÕES.....	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	19

1 ESTIMATIVA DE FITOTOXICIDADE POR GLYPHOSATE EM *Digitaria insularis* (L.)
2 Fedde. (DIGGIN) VIA PROCESSAMENTO DE IMAGENS

3
4 Divino de Sousa Costa⁽¹⁾, Anderson Rodrigo da Silva⁽¹⁾.

5 ⁽¹⁾Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, Rodovia Prof. Geraldo Silva Nascimento, Km 2,5, s/n, CEP 75790
6 – 000 Urutaí, GO, Brasil. E - mail:divinoscosta04@gmail.com; anderson.silva@ifgoiano.edu.br.

7
8 **Resumo:** O glyphosate, aliado à tecnologia de plantas resistentes a sua molécula, facilitou o
9 manejo de plantas daninhas, porém selecionou biótipos resistentes. Dentre essas espécies,
10 destaca-se o capim-amargoso (*Digitaria insularis*), pela ampla distribuição geográfica no
11 território brasileiro. A fitotoxicidade, que indica o grau de ação de uma molécula química em
12 tecidos vegetais é, costumeiramente, estimada visualmente. O objetivo do presente estudo foi
13 ajustar modelos para a estimativa de fitotoxicidade em capim amargoso por meio de imagens
14 digitais proximais, a fim de reduzir a subjetividade. O estudo foi realizado nas dependências do
15 IF Goiano – campus Urutaí, onde plantas de capim amargoso cultivadas em vasos receberam
16 diferentes doses de glyphosate (0%, 25%, 50%, 75%, 100%, 150%, 200% e 300%) em que
17 100% equivale 1.440 g e.a. ha⁻¹, gerando um gradiente amplo de fitotoxicidade. Avaliações
18 visuais e captura de imagens digitais no espectro do visível (RGB) foram realizadas aos 7, 14,
19 21 e 28 dias após aplicação (DAA). As imagens foram processadas no software R, realizando-
20 se segmentação planta/fundo pela aplicação do método de Otsu aos valores de matiz, obtidos
21 após conversão de RGB para HSV. A variação na fitotoxicidade visual foi analisada em função
22 da mediana de matiz de pixels de plantas, ajustando-se modelos de regressão. As plantas
23 apresentaram aumento expressivo de fitotoxicidade, com máximo de 77% e mínimo de 3% aos
24 14 DAA. No entanto, houve uma recuperação dos tecidos das plantas em todos os tratamentos
25 aos 21 e 28 DAA. Não obstante, é possível modelar a fitotoxicidade por meio da mediana de
26 matiz, com grau de ajuste superior a 60%.

27 Palavras chave: Imagens RGB, capim amargoso, injúrias por glyphosate.

28

29 1. INTRODUÇÃO:

30 Com o advento da transgenia em plantas cultivadas, como soja (*Glycine max* [L.]
31 Merrill), milho (*Zea mays* L.) e algodão (*Gossypium hirsutum* L.), o manejo de plantas daninhas,
32 a princípio, se tornou mais simples e menos oneroso, por essas culturas conferirem resistência
33 à molécula do herbicida glyphosate. Um herbicida de amplo espectro, inibidor da enzima 5-
34 enolpiruvato-chiquimato-3-fosfato sintase (EPSPS), que se tornou o pesticida mais
35 comercializado do mundo (Duke, 2017). Porém, seu uso constante e generalizado promoveu a
36 seleção de populações ou biótipos de espécies daninhas resistentes ao seu mecanismo de ação
37 nas principais regiões produtoras do Brasil, tais como o Capim-Pé-de-Galinha (*Eleusine indica*
38 [Linn.] Gaertn), e o Capim amargoso (*Digitaria insularis* [L.] Fedde [DIGGIN]), (Takano et
39 al., 2017; Lopez-Ovejero et al., 2017).

40 Entre as espécies daninhas com biótipos que possuem genes de resistência à molécula
41 do glyphosate citadas, o capim amargoso, pertencente à família *Poaceae*, possui ciclo de
42 desenvolvimento perene, adapta-se a diversos ambientes agrícolas, vem chamando atenção nas
43 principais áreas de produção de grãos no território brasileiro, por apresentar alta capacidade de
44 disseminação, reprodução (via sementes e pequenos rizomas) e emergência, proporcionadas
45 pelas condições climáticas do país (Sediyama et al., 2015). O capim amargoso pode reduzir a
46 produção de culturas como soja e milho, pois compete por espaço, nutrientes, água e luz com
47 as espécies cultivadas, além disso, Bellé et al. (2017) relataram que essa planta daninha é
48 hospedeira do fitonematóide das lesões radiculares (*Pratylenchus zae*). O primeiro caso
49 relatado de resistência ao herbicida glyphosate em biótipos de capim amargoso se deu em 2005
50 na província do Alto Paraná, no Paraguai. Posteriormente, em 2008, no oeste do estado do
51 Paraná, houve o primeiro relato em território brasileiro (Lopez-Ovejero et al., 2017; Cassol et

52 al., 2018). A partir de então novos casos surgiram em áreas de produção do Centro-Oeste, no
53 estado do Pará e na região conhecida como MATOPIBA, onde a disseminação de biótipos
54 resistentes ao glyphosate provavelmente se deu por meio da dispersão pelo vento ou pela
55 movimentação frequente de máquinas e equipamentos carregando sementes de uma área para
56 outra (Takano et al., 2018; Silva et al., 2017; Lopez-Ovejero et al., 2017).

57 A fitotoxicidade que determina o grau de ação de uma molécula química em espécies
58 vegetais, visando conhecer a eficiência de herbicidas no controle de plantas daninhas e as lesões
59 causadas por esses em espécies cultivadas, é estimada através da biomassa das plantas, índice
60 de mortalidade de plantas em parcelas experimentais e através da verificação de injúrias visuais
61 refletidas nos tecidos vegetais. A estimativa das injúrias visuais é, geralmente, feita através de
62 escalas percentuais, como a proposta pelo European Weed Research Council (EWRC, 1964) e
63 pela Asociación Latina Americana de Malezas (ALAM, 1974), onde escores visuais estimam a
64 fitotoxicidade observada nas espécies vegetais cultivadas ou infestantes. Essa metodologia é
65 amplamente aceita e usada no meio científico e acadêmico, sendo comum em trabalhos que
66 visam mensurar estresse por herbicidas em linhagens de produção de sementes de milho; para
67 inferir sobre o impacto de herbicidas usados em espécies forrageiras; para testar a eficácia de
68 herbicidas no controle de ervas daninhas; no estudo de novas cultivares resistente à herbicidas
69 recém lançados; e na averiguação de efeitos residuais de herbicidas pré-emergentes em espécies
70 cultivadas (Brankov et al., 2017; Moraes et al., 2015; Shahbazi et al., 2016; Dor et al., 2016;
71 Kumar et al., 2017). Contudo, a fitotoxicidade atribuída às injúrias causadas por fatores
72 abióticos (como moléculas de defensivos) ou bióticos (como patógenos), dependem de quanto
73 o avaliador consegue distinguir as diferenças entre cada um desses estresses refletidos pela
74 planta, para assim conseguir estimar com precisão o grau de injúria que determinado fator está
75 causando na espécie vegetal em estudo.

76 Com o avanço da tecnologia, novas ferramentas passaram a ser usadas no campo por
77 produtores rurais e técnicos, visando maior assertividade em tomadas de decisão. Sendo assim,
78 ainda em meados da segunda metade do século XX, muitos estudos foram realizados com o
79 objetivo de reduzir a subjetividade na quantificação do grau de injúrias em culturas, com auxílio
80 de imagens capturadas em diferentes faixas espectrais (Cui et al., 2010).

81 O sensoriamento remoto por meio de imagens geradas por satélites ou VANT's
82 (veículos aéreos não tripulados) pode ser de grande valia para os profissionais agrícolas, pois
83 fornece informações de forma eficiente, para diversos fins. Robles et al. (2015) observaram
84 correlação entre o índice de área foliar de aguapé (*Eichhornia crassipes*) e o NDVI, um índice
85 de vegetação baseado na soma e diferença da reflectância das regiões espectrais do vermelho e
86 do infravermelho próximo, amplamente usado, obtendo bons resultados na predição da
87 biomassa da parte aérea. Cui et al. (2010), usando imagens capturadas no espectro do visível
88 (400 a 700 nm), quantificaram a severidade foliar da ferrugem (*Phakopsora pachyrhizi*) na
89 cultura da soja, por meio de índices de cor obtidos com imagens RGB.

90 Embora prático e com alto grau de acurácia o monitoramento de injúrias em plantas por
91 meio de imagens possui alguns pormenores a serem considerados, pois no campo a planta sofre
92 estresses simultâneos, sendo eles causados por doenças, pragas, deficiência nutricional e
93 moléculas químicas, sendo que muitas vezes os sintomas são parecidos, podendo dificultar a
94 identificação e mensurar a gravidade de um estres específico (Barbedo, 2016).

95 O objetivo do presente estudo foi ajustar modelos para predição da fitotoxicidade
96 causada pelo herbicida glyphosate em capim amargoso, por meio de imagens digitais
97 capturadas no espectro do visível (RGB).

98

99 2. MATERIAL E MÉTODOS:

100 O experimento foi realizado entre os meses de dezembro de 2018 e março de 2019, nas
101 dependências do Instituto Federal Goiano – campus Urutaí, coordenadas geográficas: 17° 29'
102 16" S e 48° 12' 45" O, altitude média de 745 m. As sementes de capim amargoso foram obtidas
103 em áreas produtoras da região sudeste de Goiás. Foram semeadas em vasos com capacidade de
104 12 L, preenchidos com latossolo vermelho de textura argilosa, que recebeu calagem na dose de
105 0,75 Kg m⁻³ de solo e adubação na dose de 200 g m⁻³ do fertilizante formulado 08-30-10 (NPK).
106 Os vasos foram regados diariamente e mantidos a céu aberto, livres de outras plantas
107 infestantes.

108 Quando as plantas de capim amargoso apresentaram de 6 a 8 perfilhos ou com 45 dias
109 após a semeadura, receberam aplicação com o herbicida glyphosate em 8 doses (tratamentos),
110 a saber 0%, 25%, 50%, 75%, 100%, 150%, 200% e 300% da dose recomendada (1.440 g e.a.
111 ou 3 L p.c. ha⁻¹) para o controle de capim amargoso (Agrofit, 2019). Os tratamentos foram
112 escolhidos a fim de simular um gradiente amplo de fitotoxicidade. Cada tratamento foi aplicado
113 em 4 unidades experimentais, com cada unidade experimental consistindo de um vaso com 2
114 plantas de capim amargoso. A aplicação foi realizada com um pulverizador costal pressurizado
115 com CO₂, equipado com pontas tipo leque XR11002, fornecendo vazão e volume constantes de
116 150 L ha⁻¹. A aplicação foi realizada com equipamentos de proteção individual (EPI), seguindo
117 padrões de segurança.

118 Aos 7, 14, 21 e 28 dias após aplicação (DAA), escores visuais de fitotoxicidade (%)
119 foram atribuídos por 3 avaliadores usando a escala ALAM (1974), sendo analisado o valor
120 médio dos escores. Após as avaliações visuais, imagens digitais das unidades experimentais
121 foram adquiridas com uma câmera RGB de 5 megapixels de resolução. As imagens foram
122 obtidas a pleno sol, entre 10:00 e 14:00 horas, com a câmera posicionada a 0,9 m de altura em
123 relação ao solo.

124 As imagens digitais foram processadas com o pacote EImage (Pau et al., 2010) do
125 software R (www.R-project.org/). Uma conversão do sistema de cores RGB (vermelho, verde
126 e azul) para o sistema HSV (matiz, saturação e valor/intensidade) foi feita, dado que este último
127 é robusto a variações de brilho e permite trabalhar com as alterações de cor em uma única
128 característica (matiz), sendo o sistema de cores HSV mais intuitivo para distinguir pixel que o
129 sistema RGB.

130 A conversão foi feita aplicando um conjunto de equações (Eqs. 1 e 2) apresentadas por
131 Gonzalez & Woods (2002).

$$\begin{cases} H = \begin{cases} \theta & \text{se } B < G \\ 360 - \theta & \text{se } B > G \end{cases} \\ S = 1 - \frac{\min(R, G, B)}{R + G + B} \\ V = \frac{1}{3}(R + G + B) \end{cases} \quad (1),$$

132 Sendo θ uma variável angular intermediária que pode ser calculada usando a seguinte equação:

$$\theta = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2} [(R - G) + (R - B)]}{[(R - G)^2 + (R - B)(G - B)]^{\frac{1}{2}}} \right\} \quad (2),$$

133 Dessa forma, o valor matiz é representado dentro de um espaço de cores (0° a 360°),
134 sendo 0° vermelho, 60° amarelo, 120° verde, 240° azul e 300° magenta.

135 Após a conversão, o componente matiz (H) foi extraído para segmentação do solo e
136 planta através do método de Otsu (1979), que consiste em um algoritmo de limiarização,
137 visando maximizar a variância entre duas classes de matiz, e minimizar a variância interna
138 dessas classes. Os valores da mediana de matiz considerando apenas os pixels de planta de cada
139 unidade experimental foram usadas como variáveis preditoras da fitotoxicidade em modelos de
140 regressão. A escolha do modelo mais adequado e a determinação do grau de ajuste dos modelos
141 foram baseadas no (pseudo) coeficiente de determinação (R^2).

142

143 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES:

144 3.1. Fitotoxicidade por glyphosate

145 A análise de variância dos dados de fitotoxicidade visual indicou um efeito significativo
146 ($p < 0,05$) de doses e tempos de avaliação (7, 14, 21 e 28 DAA). Curvas de dose resposta foram
147 ajustadas usando as doses relativas (% da dose recomendada para controle, 1.440 g e.a. ha⁻¹)
148 como preditor (figura 1). Modelos não lineares foram ajustados para cada tempo de avaliação,
149 com erros de predição abaixo de 4% (tabela 1).

150

Tabela 1. Modelos de regressão não lineares para estimativa visual de fitotoxicidade causada por glyphosate em *Digitaria insularis*, ajustados para cada tempo de avaliação (7, 14, 21 e 28 DAA).

Dias após aplicação (DAA)	Equação ajustada	Coefficiente de determinação
7	$Y = 1,5066 \times X^{0,7038}$	($R^2 = 0,97$)
14	$Y = 0,5215 \times X^{0,9083}$	($R^2 = 0,99$)
21	$Y = 0,02453 \times X^{1,38681}$	($R^2 = 0,96$)
28	$Y = 0,02453 \times X^{1,38681}$	($R^2 = 0,96$)

151

152 Aos 7 e 14 DAA houve um crescimento não linear de fitotoxicidade em função das
153 doses de glyphosate, corroborando com resultados apresentados por Correia et al. (2010) e
154 Carvalho et al. (2011), que verificaram que doses crescentes de glyphosate reduziram
155 significativamente a matéria seca da parte aérea de plantas de capim amargoso. Aos 21 e 28
156 DAA observou-se recuperação das plantas a injúria, mesmo em doses maiores do herbicida. A
157 recuperação da parte aérea das plantas de capim amargoso por si só não é indicativa de
158 resistência ao mecanismo de ação do glyphosate (EPSPS).

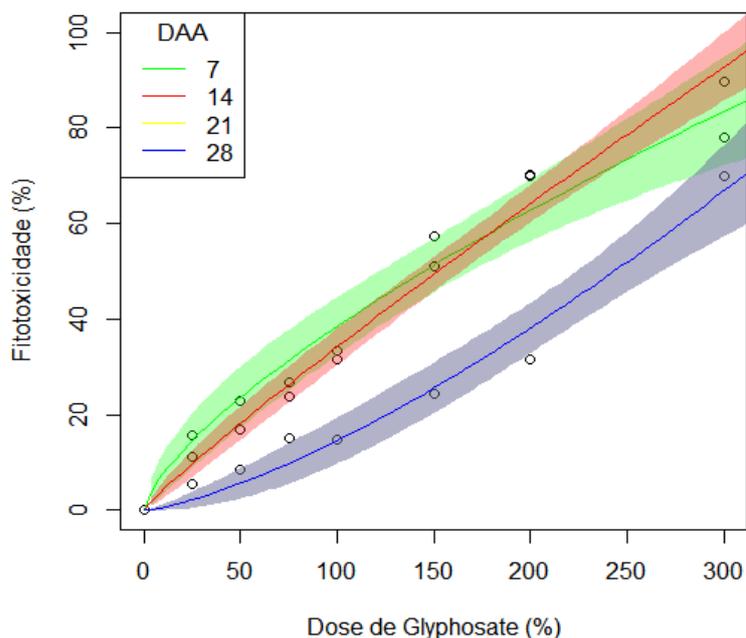


Figura 1. Curvas de dose resposta para fitotoxicidade por glyphosate (100% = 1.440 g e.a. ha⁻¹) em *Digitaria insularis* aos 7, 14, 21 e 28 DAA. Os modelos de 21 e 28 DAA estão sobrepostos, pois são iguais.

160

161 Para a comprovação de resistência no biótipo, além da realização de experimentos de
 162 curva de dose-resposta, é necessário que haja herdabilidade da característica de resistência em
 163 gerações futuras da população e que seu fator de resistência para o herbicida seja maior que 10
 164 (Correia et al., 2010). A melhor explicação para o fato apresentado é que as plantas de capim
 165 amargoso já haviam desenvolvido rizomas em seus sistemas radiculares e, conseqüentemente,
 166 se recuperaram por causa da reserva energética presente nesses rizomas, visto que 35 dias após
 167 a emergência das plântulas, essa espécie já pode apresentar o órgão de reserva (Gemelli et al.,
 168 2012).

169

170 3.2. Predição da fitotoxicidade pela mediana de matiz

171 A segmentação das imagens digitais de capim amargoso, foram realizadas com limiares
172 de matiz variando de 20 a 60 graus, para a discriminação do plano de fundo da imagem (partes
173 não verdes), sendo possível obter uma boa segmentação, com poucos ruídos capazes de causar
174 interferência na estimativa de fitotoxicidade, confirmando outros resultados de estimação de
175 injúrias por imagens RGB (Padmavathi & Thangadurai, 2016). A figura 2 apresenta três
176 imagens de unidades experimentais aos 14 DAA das doses 25%, 100% e 300%,
177 respectivamente, e suas versões segmentadas.

178 Os valores de mediana de matiz de pixels de plantas variaram de 60 a 80 graus,
179 observando-se que pixels com matiz em torno de 60 indicam plantas com maior estresse
180 causado pelo efeito do herbicida e valores de matiz próximos a 80 indicam plantas com menor
181 ou nenhum estresse causado pelo herbicida. Resultados semelhantes foram encontrados por Cui
182 et al. (2010) ao avaliar ferrugem em soja, onde pixels com matiz em torno de 70 indicavam
183 plantas com infecção grave por ferrugem da soja e pixels em torno de 80 indicavam plantas sem
184 infecção ou com infecção leve.

185 Foram ajustados modelos lineares (tabela 2) para predição da fitotoxicidade para todos
186 os períodos de avaliação (7, 14, 21 e 28 DAA). Aos 7 e 14 DAA, verificou-se que os modelos
187 são capazes de estimar fitotoxicidade baixa ou alta causado por glyphosate em capim amargoso,
188 porém com o modelo ajustado para 14 DAA sendo capaz de estimar fitotoxicidade até valores
189 próximos a 100% e o modelo ajustado para 7 DAA sendo capaz de estimar até valores em torno
190 de 85%, com $R^2 = 0,64$ e $R^2 = 0,68$, respectivamente. Aos 21 e 28 DAA, notou-se que os
191 modelos são capazes de estimar a fitotoxicidade até valores próximos a 60%, com $R^2 = 0,32$ e
192 $R^2 = 0,11$, respectivamente. No presente trabalho, o modelo ajustado para 14 DAA foi escolhido
193 como o mais adequado para a estimativa de fitotoxicidade causada por glyphosate em capim
194 amargoso, por apresentar um R^2 relativamente bom e por ser capaz de estimar injúrias em uma
195 ampla faixa de fitotoxicidade, como pode ser visto na figura 3.

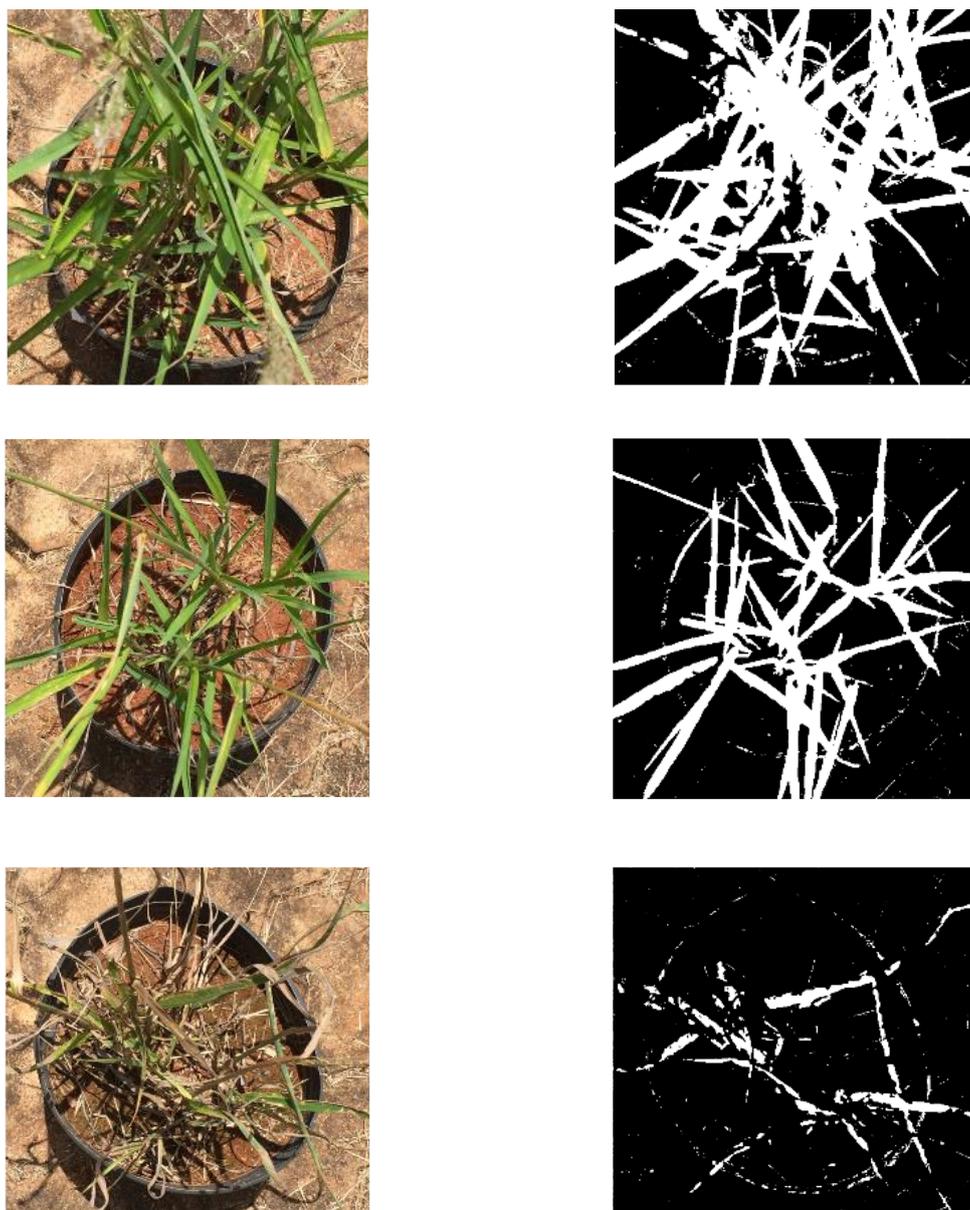


Figura 2. Imagens RGB de *Digitaria insularis* (à esquerda) submetidas a doses de 25%, 100% e 300% (de cima pra baixo) de glyphosate (100% = 1.440 g e.a. ha⁻¹), 14 DAA e suas respectivas versões segmentadas (à direita).

197

198 Os valores dos coeficientes de determinação encontrados no estudo estão de acordo com
199 os encontrados por Weber et al (2017), ao usar a fluorescência de clorofila para detectar lesões
200 por herbicidas em beterraba sacarina (*Beta vulgaris* L.) e soja [$R^2 = 0,36$ e $R^2 = 0,67$].

Tabela 2. Modelos de regressão lineares para estimativa de fitotoxicidade causada por glyphosate em *Digitaria insularis*, por meio da mediana de matiz ajustados para cada tempo de avaliação (7, 14, 21 e 28 DAA).

Dias após aplicação (DAA)	Equação ajustada	Coefficiente de determinação
7	$Y = 464,350 - 6,255 \times X$	$(R^2 = 0,68)$
14	$Y = 453,946 - 5,784 \times X$	$(R^2 = 0,64)$
21	$Y = 232,929 - 3,083 \times X$	$(R^2 = 0,32)$
28	$Y = 173,423 - 2,206 \times X$	$(R^2 = 0,11)$

201

202 Segundo o mesmo estudo citado, o motivo pelo qual o R^2 não ter sido maior foi porque
 203 as espécies usadas na pesquisa se recuperam rapidamente da ação do herbicida, reduzindo o
 204 efeito dos tratamentos refletidos pela biomassa das plantas. O mesmo ocorreu no presente
 205 estudo.

206 A fitotoxicidade estimada pelo método visual, atribuindo escores para as unidades
 207 experimentais, e a mediana de matiz das imagens digitais apresentaram uma correlação negativa
 208 (- 0,53).

209 Com uso do modelo ajustado para 14 DAA (tabela 2) para estimar a fitotoxicidade, a
 210 mediana de matiz de uma imagem de uma unidade experimental que recebeu tratamento na
 211 dose 0% de glyphosate, foi de 76,21 graus, indicando uma fitotoxicidade de 10,4%, já a mediana
 212 de matiz de uma imagem para outra unidade experimental tratada com a dose 300% de
 213 glyphosate foi de 65,25 graus, indicando fitotoxicidade de 77%. Esses resultados demonstram
 214 alta concordância com a fitotoxicidade estimada pelo método visual, 0 e 88%, respectivamente,
 215 para as mesmas unidades experimentais, portanto com erro percentual absoluto em torno de
 216 11%.

217 No presente estudo, fatores capazes de causar estresses que refletem nos tecidos vegetais
218 das plantas, tais como disponibilidade hídrica e danos por insetos sugadores, foram observados.
219 Portanto a fitotoxicidade apresentada pode não ter sido gerada apenas pela ação do herbicida.
220

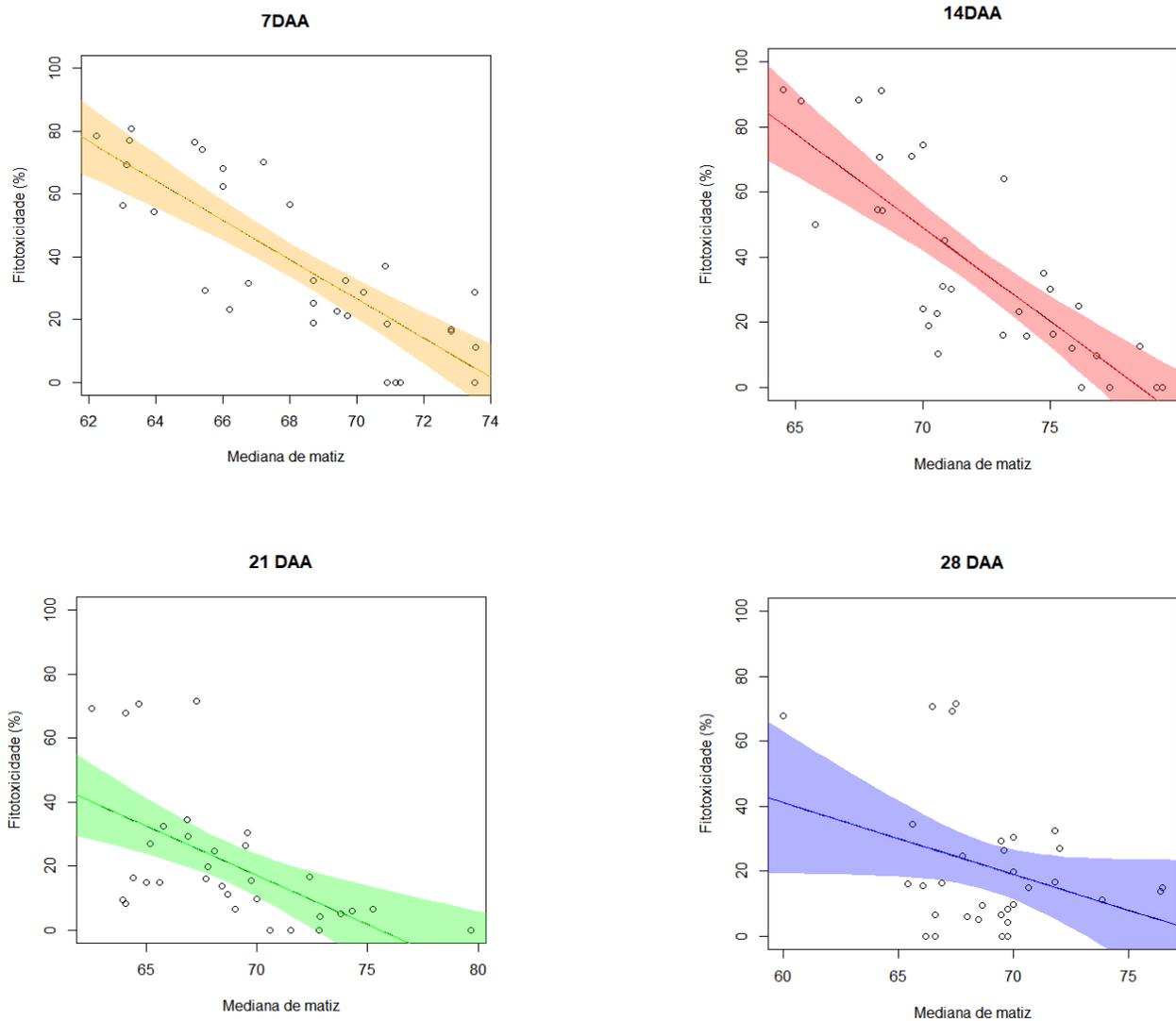


Figura 3. Bandas de confiança de 95% para os valores previstos de fitotoxicidade por glyphosate em *Digitaria insularis* em função da mediana de matiz dos pixels das plantas aos 7, 14, 21 e 28 DAA.

221

222 4. CONCLUSÕES:

223 A estimação da fitotoxicidade por glyphosate em capim amargoso através do
224 processamento de imagens no espaço HSV de cores apresenta robustez e reduz o tempo e a
225 subjetividade na avaliação.

226 A estimativa de fitotoxicidade por meio da mediana de matiz com o modelo ajustado
227 aos 14 DAA apresentou relação linear com a avaliação visual, com ajuste de 64%.

228

229 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

230 AGROFIT. *Sistemas de agrotóxicos fitossanitários*. Disponível em:
231 <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>, acesso em: 10 de
232 dezembro de 2019.

233

234 AHMADI, A. R.; SHAHBAZI, S.; DIYANAT, M. *Efficacy of Five Herbicides for Weed*
235 *Control in Rain-Fed Lentil (*Lens culinaris Medik.*)*. *Weed Technology*, v. 30, p. 448-455, 2016.

236

237 ALAM (Asociación Latinoamericana de Malezas), “*Recomendaciones sobre unificación de los*
238 *sistemas de evaluación em ensayos del control de malezas,*” *ALAM*, v. 1, n. 1, p. 35-38, 1974.

239

240 BARBEDO, J. G. A. *A review on the main challenges in automatic plant disease identification*
241 *based on visible range images*. *Biosystems Engineering*, v. 144, p. 52-60, 2016.

242

243 BELLÉ, C.; KASPARY, T. E.; KUHN, P. R.; SCHMITT, J.; LIMA-MEDINA, I.; LIMA-
244 MEDINA, I. *Reproduction of *Pratylenchus zae* on Weeds*. *Planta Daninha*, v. 35, 2017.

245

246 BRANKOV, M.; DRAGICEVIC, V.; SIMIC, M.; FILIPOVIC, M.; KRESOVIC, M.;
247 MANDIC, V. *Diminishing herbicide stress in maize inbred lines by application of foliar*
248 *fertiliser*. Journal of Environmental Protection and Ecology, v. 18, n. 4, p. 1440-1449, 2017.
249

250 CARVALHO, L. B.; CRUZ-HIPOLITO, H.; GONZALEZ-TORRALVA, F.; ALVES, P. L. C.
251 A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; DE PRADO, R. *Detection of Sourgrass (Digitaria insularis)*
252 *Biotypes Resistant to Glyphosate in Brazil*. Weed Science, v. 59, n. 2, p. 171-176, 2011.
253

254 CASSOL, M.; MATTIUZZI, M. D.; ALBRECHT, A. J. P.; ALBRECHT, L. P.; BACCIN, L.
255 C.; SOUZA, C. N. Z. *Efficiency of Isolated and Associated Herbicides to Control Glyphosate-*
256 *Resistant Sourgrass*. Planta Daninha, v. 37, 2018.
257

258 CORREIA, N. M.; LEITE, G. J.; GARCIA, L. D. *Resposta de Diferentes Populações de*
259 *Digitaria insularis ao Herbicida Glyphosate*. Planta Daninha, v. 28, n. 4, p. 769-776, 2010.
260

261 CUI, D.; ZHANG, Q.; LI, M.; HARTMAN, G. L.; ZHAO, Y. *Image processing methods for*
262 *quantitatively detecting soybean rust from multispectral images*. Biosystems Engineering, v.
263 107, p. 186-193, 2010.
264

265 DOR, E.; SMIRNOV, E.; GALILI, S.; GUY, A.; HERSHENHORN, J. *Characterization of the*
266 *Novel Tomato Mutant HRT, Resistant to Acetolactate Synthase-Inhibiting Herbicides*. Weed
267 Science, v. 64, p. 348-360, 2016.
268

269 DUKE, S. O. *The history and current status of glyphosate*. Pest Management Science, 2017.
270

271 EWRC (European Weed Research Council), “*Reporto f the third and fourth meetings of the*
272 *European Weed Research Council Committee on Methods,*”. Weed Research, v. 4, n. 1, p. 88-
273 88, 1964.

274

275 G. PAU et al. “*EImage-an R package for processing with applications to cellular*
276 *phenotypes*”. Bioinformatics, v. 26, n. 7, p. 979-981, 2010.

277

278 GEMELLI, A.; OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J.; BRAZ, G. B. P.; JUMES, T. M. C.;
279 NETO, A. M. O.; DAN, H. A.; BIFFE, D. F. *Aspectos da biologia de Digitaria insularis*
280 *resistente ao glyphosate e implicações para o seu controle.* Revista Brasileira de Herbicidas,
281 v. 11, n. 2, p. 231-240, 2012.

282

283 GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. *Digital image processing.* 2^a edição, Prentice Hall, 2002.

284

285 KUMAR, A.; RANA, M. C.; SHARMA, N.; RANA, S. S. *Effect of Post-Emergence Herbicide*
286 *– Tembotrione on Yield, Soil Dehydrogenase Activity and Its Phytotoxicity on Maize (Zea mays*
287 *L.) under Mid Hill Conditions of Himachal Pradesh, India.* International Journal of Current
288 Microbiology and Applied Sciences, v. 6, n. 8, p. 2297-2303, 2017.

289

290 LOPEZ-OVEJERO, R. F.; TAKANO, H.; NICOLAI, M.; FERREIRA, A.; MELO, M. S. C.;
291 CAVENAGHI, A. L.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; OLIVEIRA JR, R.; S. *Frequency and*
292 *Dispersal of Glyphosate-Resistant Sourgrass (Digitaria insularis) Populations across*
293 *Brazilian Agricultural Production Areas.* Weed Science, 2017.

294

295 MORAES, P. V. D.; WITT, W. W.; PHILLIPS, T. D.; ROSSI, P.; PANOZZO, L. E. *Impacto f*
296 *pasture herbicide on the seedling growth response of three tal fescue varieties*. African Journal
297 of Agricultural Research, v. 10, n. 51, p. 4653-4659, 2015.

298

299 N. OTSU. “*A threshold selection method from gray-level histograms*”. IEEE Transactions on
300 Systems, Man, and Cybernetics: Systems, v. 9, n. 1, p. 62-66, 1979.

301

302 PADMAVATHI, K.; THANGADURAI, K. *Implementation of RGB and Grayscale Images in*
303 *Plant Leaves Disease Detection – Comparative Study*. Indian Journal of Science and
304 Technology, v. 9, n. 6, 2016.

305

306 ROBLES, W.; MADSEN, J. D.; WERSAL, R. M. *Estimating the Biomass of Waterhyacinth*
307 *(Eichhornia crassipes) Using the Normalized Difference Vegetation Index Derived From*
308 *Simulated Landsat 5 TM*. Invasive Plant Science Management, v. 8, p. 203-211, 2015.

309

310 SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. *Soja: do plantio à colheita*. Viçosa, MG, Editora
311 UFV, 2015.

312

313 SILVA, W. T.; KARAM, D.; VARGAS, L.; SILVA, A. L. *Alternativas de controle químico*
314 *para capim-amargoso (Digitaria insularis) na cultura do milho*. Revista Brasileira de Milho e
315 Sorgo, v. 16, n. 3, p. 578-586, 2017.

316

317 TAKANO, H. K.; OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J.; BRAZ, G. B. P.; GHENO, E. A.
318 *Goosegrass Resistant to Glyphosate in Brazil*. Planta Daninha, v. 35, 2017.

319

320 TAKANO, H. K.; OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J.; MANGOLIM, C. A.;
321 MACHADO, M. F. P. S.; BEVILAQUA, M. R. R. *Spread of glyphosate-resistant sourgrass*
322 *(Digitaria insularis): Independent selections or merely propagule dissemination?. Weed*
323 *Biology and Management*, v. 18, p. 50-60, 2018.

324

325 WEBER, J. F.; KUNZ, C.; PETEINATOS, G.; ASNTEL, H. J.; GERHARDS, R. *Utilization of*
326 *Chlorophyll Fluorescence Imaging Technology to Detect Plant Injury by Herbicides in Sugar*
327 *Beet and Soyben. Weed Science*, v. 31, n. 4, p. 523-535, 2017.

ANEXO

Diretrizes para Autores

Pesquisa Agropecuária Tropical (PAT) é o periódico científico editado pela Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, em versão eletrônica (e-ISSN 1983-4063). Destina-se à publicação de Artigos Científicos cuja temática tenha aplicação direta na agricultura tropical. Logo, a vinculação indireta do objeto de estudo com essa temática não é razão suficiente para que uma submissão seja aprovada para seguir no processo editorial deste periódico. Notas Técnicas, Comunicações Científicas e Artigos de Revisão somente são publicados a convite do Conselho Editorial.

A submissão de trabalhos é gratuita e deve ser feita exclusivamente via sistema eletrônico, acessível por meio do endereço www.agro.ufg.br/pat ou www.revistas.ufg.br/index.php/pat. Os autores devem manifestar, por meio de documento (ver sugestão de modelo) assinado por todos, escaneado e inserido no sistema como documento suplementar (mesmo local onde foi inserido o texto do artigo, cabeçalho “Outros”, sempre preservando o histórico), anuência acerca da submissão e do conhecimento da política editorial e diretrizes para publicação na revista PAT (caso os autores morem em cidades diferentes, mais de um documento suplementar pode ser inserido no sistema, pelo autor correspondente). Os dados de todos os autores devem ser inseridos no sistema (ao clicar na opção "Incluir coautor", no ato da submissão, novos campos se abrirão).

A revista PAT recomenda a submissão de artigos com, no máximo, 5 (cinco) autores. A partir deste número, uma descrição detalhada da contribuição de cada autor deve ser encaminhada ao

Conselho Editorial (lembre-se de que, às vezes, a seção “Agradecimentos” é mais apropriada que a autoria).

Durante a submissão on-line, o autor correspondente deve atestar, ainda, em nome de todos os autores, a originalidade e ineditismo do trabalho (trabalhos já disponibilizados em anais de congresso não são considerados inéditos, por tratarem-se de uma forma de publicação e ampla divulgação dos resultados), a sua não submissão a outro periódico, a conformidade com as características de formatação requeridas para os arquivos de dados, bem como a concordância com os termos da Declaração de Direito Autoral, que se aplicará em caso de publicação do trabalho. Por fim, deve-se incluir os chamados metadados (informações sobre os autores e sobre o trabalho, tais como título, resumo, palavras-chave) e transferir os arquivos com o manuscrito e documento suplementar (anuência dos autores).

Se o trabalho envolveu diretamente animais ou seres humanos como sujeitos da pesquisa, deve-se comprovar a sua aprovação prévia por um Comitê de Ética em pesquisa.

Os trabalhos podem ser escritos em Português ou Inglês, entretanto, serão publicados apenas em Inglês. Logo, em caso de submissão em Português e aprovação para publicação, a versão final do manuscrito deverá ser traduzida por especialista em Língua Inglesa (preferencialmente falante nativo), sendo que a tradução ficará a cargo dos autores, sem qualquer ônus para a revista.

Os manuscritos devem ser apresentados em até 18 páginas, com linhas numeradas. O texto deve ser editado em Word for Windows e digitado em página tamanho A-4 (210 mm x 297 mm), com margens de 2,5 cm, em coluna única e espaçamento duplo entre as linhas (inclusive para

tabelas, cabeçalhos e rodapés). A fonte tipográfica deve ser Times New Roman, corpo 12. O uso de destaques como negrito e sublinhado deve ser evitado. Todas as páginas devem ser numeradas. Os manuscritos submetidos à revista PAT devem, ainda, obedecer às seguintes especificações:

1. Os Artigos Científicos devem ser estruturados na ordem: título (máximo de 20 palavras); resumo (máximo de 250 palavras; um bom resumo primeiro apresenta o problema para, depois, apresentar os objetivos do trabalho); palavras-chave (no mínimo, três palavras, e, no máximo, cinco, separadas por vírgula); Introdução; Material e Métodos; Resultados e Discussão; Conclusões; Agradecimentos (se necessário, em parágrafo único) e Referências. Chamadas relativas ao título do trabalho e os nomes dos autores, com suas afiliações e endereços (incluindo e-mail) em notas de rodapé, bem como agradecimentos, somente devem ser inseridos na versão final corrigida do manuscrito, após sua aceitação definitiva para publicação.

2. As citações devem ser feitas no sistema “autor-data”. Apenas a inicial do sobrenome do autor deve ser maiúscula e a separação entre autor e ano é feita somente com um espaço em branco. Ex.: (Gravena 1984, Zucchi 1985). O símbolo “&” deve ser usado no caso de dois autores e, em casos de três ou mais, “et al.”. Ex.: (Gravena & Zucchi 1987, Zucchi et al. 1988). Caso o(s) autor(es) seja(m) mencionado(s) diretamente na frase do texto, utiliza-se somente o ano entre parênteses. Citações de citação (citações secundárias) devem ser evitadas, assim como as seguintes fontes de informação: artigo em versão preliminar (no prelo ou preprint) ou de publicação seriada sem sistema de arbitragem; resumo de trabalho ou painel apresentado em evento científico; comunicação oral; informações pessoais; comunicação particular de documentos não publicados, de correios eletrônicos, ou de sites particulares na Internet.

3. As referências devem ser organizadas em ordem alfabética, pelos sobrenomes dos autores, de acordo com a norma NBR 6023:2018, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), com a seguinte adequação: não é necessária a inclusão da cidade após os títulos de periódicos. Os destaques para títulos devem ser apresentados em itálico e os títulos de periódicos não devem ser abreviados.

4. As tabelas (também com corpo 12 e espaçamento duplo) e figuras, dispostas no decorrer do texto, devem ser identificadas numericamente, com algarismos arábicos, e receber chamadas no texto. As tabelas devem ser editadas em preto e branco, com traços simples e de espessura 0,5 ponto (padrão Word for Windows). As figuras devem ser apresentadas com resolução mínima de 300 dpi.

5. A consulta a trabalhos recentemente publicados na revista PAT (www.agro.ufg.br/pat ou www.revistas.ufg.br/index.php/pat) é uma recomendação do corpo de editores, para dirimir dúvidas sobre estas instruções e, conseqüentemente, agilizar a publicação.

6. Os autores não serão remunerados pela publicação de trabalhos na revista PAT, pois devem abrir mão de seus direitos autorais em favor deste periódico. Os conteúdos publicados, contudo, são de inteira e exclusiva responsabilidade de seus autores, ainda que reservado aos editores o direito de proceder a ajustes textuais e de adequação às normas da publicação. Por outro lado, os autores ficam autorizados a publicar seus artigos, simultaneamente, em repositórios da instituição de sua origem, desde que citada a fonte da publicação original na revista PAT.

7. Endereço e contatos:

Pesquisa Agropecuária Tropical (PAT)

Escola de Agronomia

Universidade Federal de Goiás

Caixa Postal 131 - Campus II (Samambaia)

CEP 74.001-970 - Goiânia, GO - Brasil

E-mail: gilsonrevistaufg@gmail.com

Telefone: (62) 3521-1552

Homepage: <http://www.agro.ufg.br/pat> ou www.revistas.ufg.br/index.php/pat

Declaração de Direito Autoral

Os autores não serão remunerados pela publicação de trabalhos na revista PAT, pois devem abrir mão de seus direitos autorais em favor deste periódico. Os conteúdos publicados, contudo, são de inteira e exclusiva responsabilidade de seus autores, ainda que reservado aos editores o direito de proceder a ajustes textuais e de adequação às normas da publicação. Por outro lado, os autores ficam autorizados a publicar seus artigos, simultaneamente, em repositórios da instituição de sua origem, desde que citada a fonte da publicação original na revista PAT.

Política de Privacidade

Os nomes e endereços informados nesta revista serão usados exclusivamente para os serviços prestados por esta publicação, não sendo disponibilizados para outras finalidades ou a terceiros.