

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE MESTRADO**

**VALIDAÇÃO DO SENSORIAMENTO REMOTO PARA
ESTIMATIVAS DE BIOMASSA E ALTURA DE PASTAGEM
DE *PANICUM MAXIMUM* CV TAMANI**

Juliana Oliveira Batistoti

CAMPO GRANDE, MS

2019

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE MESTRADO**

**VALIDAÇÃO DO SENSORIAMENTO REMOTO PARA
ESTIMATIVAS DE BIOMASSA E ALTURA DE PASTAGEM
DE *PANICUM MAXIMUM* CV TAMANI**

Juliana Oliveira Batistoti

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Menezes Dias

Orientador: Prof. Dr. José Marcato Junior

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito à obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Área de concentração: Produção Animal.

CAMPO GRANDE, MS

2019

Agradecimentos

A Deus, por absolutamente tudo.

A minha mãe, por tanto amor, carinho, dedicação e por me apoiar.

Ao meu noivo pelo incentivo, carinho, por me apoiar e pela paciência nos dias difíceis.

Ao meu orientador prof. Dr. Alexandre Menezes Dias pela paciência, orientação, confiança depositada, pelos puxões de orelha, ensinamentos, profissionalismo, amor à profissão e incentivo a pesquisa.

Ao prof. Dr. José Marcato Junior, por sempre estar pronto a atender, pelo auxílio e pelo exemplo de profissionalismo.

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), especialmente ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, e a todos os professores do programa por todos os ensinamentos.

Ao grupo de Forragicultura e pastagens, especialmente Eva Nara Oliveira Gomes, pelos ensinamentos e ajudas sempre que precisei.

Ao grupo da Faculdade de Engenharia, Arquitetura, Urbanismo e Geografia, em especial Bianca Garcia Oliveira, Mauricio de Souza e Geison Rezende Salgado Filho.

Ao secretário do curso de Pós-Graduação em Ciência Animal (UFMS) Ricardo de Oliveira dos Santos, por toda ajuda e pelo café de todo dia, meu muito obrigada.

A todos os colegas do curso de mestrado pela força e amizade.

Por fim, gostaria de agradecer a todos meus amigos e família, que contribuíram de alguma forma para a realização desse trabalho.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26

Resumo

BATISTOTI, J.O. Validação do sensoriamento remoto para estimativas de biomassa e altura de pastagem de *Panicum maximum* cv. Tamani. 2019. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2019.

Objetivou-se estimar altura do dossel e biomassa através de sensoriamento remoto, com uso de veículo aéreo não tripulado. Foram utilizados quatro unidades experimentais de 9 m² de gramínea *Panicum maximum* cv. BRS Tamani, em que as coletas de amostras de biomassa, altura e captura de imagens pelo veículo aéreo não tripulado foram realizadas simultaneamente. As imagens foram geradas a uma altura de 50 m com o pixel de 1,55cm GSD de amostragem do solo. A estimativa da altura do dossel com VANT, foi calculada a partir da diferença entre Modelo Digital da Terreno e o Modelo Digital Superfície. Os coeficientes de correlação entre altura da régua e altura do VANT foi de 0.89, o da biomassa e altura da régua de 0.90, o da biomassa e altura do VANT de 0.86. Houve diferença significativa ($p < 0.05$) entre os métodos (régua e VANT) para altura e massa de foragem. O sensoriamento remoto por meio do VANT possui potencial para estimar a altura e biomassa em pastagens de *Panicum maximum* cv. BRS Tamani.

Palavras chave: *Panicum maximum*, modelo digital de superfície, modelo digital de terreno, modelos de superfície de corte, biomassa, altura de dossel forrageiro.

27

Abstract

28 BATISTOTI, J.O. Validation of remote sensing for estimates of biomass and pasture
29 height of *Panicum maximum* cv. Tamani. 2019. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de
30 Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo
31 Grande, MS, 2019.

32

33 The objective of this study was to estimate canopy height and forage mass through remote
34 sensing using unmanned aerial vehicle. Four experimental units of 9 m² of grass were
35 used *Panicum maximum* cv. BRS Tamani, where sampling of forage mass, height and
36 image capture by the UAV were performed simultaneously. The flights were performed
37 at a height of 50 m and the images were generated with the 1.55 cm GSD soil sampling
38 pixel. The estimation of the canopy height with UAV was calculated from the difference
39 between the Digital Terrain Model and the Digital Surface Model. The correlation
40 coefficients between the height of the ruler and the height of the UAV were 0.89, the
41 forage mass (kg ha⁻¹ GM) and the ruler height of 0.90, the forage mass (kg ha⁻¹ GM) and
42 height UAV of 0.86. There was a significant difference (p <0.05) between the methods
43 (ruler and UAV) for height and forage mass. Remote sensing through the UAV has the
44 potential to estimate forage height and mass in pastures of *Panicum maximum* cv. BRS
45 Tamani.

46

47 Key words: digital surface model, digital terrain model, cutting surface models, forage
48 mass, forage canopy height.

49

50

Lista de figuras

51

Figura 1. Área do experimento e voo.....	39
Figura 2. Modelo Digital de Superfície.....	40
Figura 3. Relação entre altura estimada pelo VANT e altura medida com a régua...	41
Figura 4. Relação entre biomassa e altura medida com a régua.....	42
Figura 5. Relação entre altura estimada pelo VANT e biomassa.....	43
Figura 6. Altura mensurada pela régua e pelo VANT em diferentes idades de rebrota.....	45
Figura 7. Biomassa estimada pela régua e pelo VANT em diferentes idades de rebrota.....	46

52

Sumário

Introdução.....	8
Revisão Bibliográfica.....	10
<i>Biomassa.....</i>	10
<i>Altura do dossel forrageiro.....</i>	12
<i>Cultivar de Panicum maximum.....</i>	13
<i>Sensoriamento Remoto.....</i>	13
Referências.....	16
Uso de VANT na estimativa de biomassa e altura em pastagens.....	25
Resumo.....	25
Abstract.....	26
Introdução.....	27
Material e métodos.....	29
<i>Área experimental.....</i>	29
<i>Amostragem de biomassa e altura.....</i>	29
<i>Coleta e processamento de imagens.....</i>	30
<i>Análise estatística.....</i>	31
Resultados e Discussão.....	31
Conclusão.....	33
Referências.....	35

56

Introdução

57 Os sistemas de produção pecuários baseados em pastagens fundamentam-se em altas
58 taxas de lotação e pressões de pastejo (MacDonald et al. 2008), o que compromete a
59 ingestão de matéria seca da forrageira e, conseqüentemente, o desempenho dos animais
60 (Dillon 2006). Assim, o ajuste entre a biomassa e a taxa de lotação tem o intuito de
61 controlar a qualidade e a quantidade de forragem consumida, além de manter a
62 sustentabilidade do sistema (Reis 2009).

63 Diante disto, a produção forrageira deve ser utilizada de forma eficiente,
64 disponibilizando ao animal forragem suficiente para produzir ganhos de peso satisfatórios
65 e maior produtividade por área, auxiliando na conservação do solo e do meio ambiente.

66 Segundo Hodgson (1984), a oferta de forragem deve corresponder a três ou quatro
67 vezes a capacidade de ingestão dos animais. Da Silva e Nascimento Júnior (2007)
68 enfatizaram a importância que a estrutura do dossel forrageiro tem sobre o acúmulo e o
69 valor nutritivo da forragem produzida e, conseqüentemente, sobre o desempenho dos
70 animais em pastejo. Portanto, acompanhar a variabilidade da biomassa é uma ferramenta
71 fundamental para se elaborar recursos para o gerenciamento e a tomada de decisão em
72 relação ao manejo de pastagem adotado (Thomson, 1986; Mannelje 1987, 2000).

73 As tecnologias de precisão vem sendo utilizadas majoritariamente em culturas de
74 grãos, horticultura, fruticultura e silvicultura (Bernardi e Perez 2014). Porém, a
75 associação entre o avanço nas pesquisas agropecuárias e a agricultura de precisão aplicada
76 em pastagens, poderiam oferecer vastos benefícios ambientais e econômicos (Schellberga
77 et al. 2008), além de um alto potencial para utilização na produção animal em pastagens
78 tropicais (Bernardi e Perez 2014).

79 Com isso, a hipótese do trabalho é que a estimativa gerada pelas imagens obtidas
80 com o veículo aéreo não tripulado (VANT) sejam semelhantes as mensurações realizadas

81 manualmente a campo. Objetivou-se nesta dissertação estimar biomassa e altura em
82 pastagens, e validar a técnica do sensoriamento remoto. Os resultados obtidos estão
83 expostos na forma de uma artigo intitulado como “O uso de VANT na estimativa de
84 biomassa e altura em pastagens”. Para elaboração do artigo foi utilizada as normas da
85 revista: Crop & Pasture Science.

86

Revisão De Literatura87 *Biomassa*

88 A avaliação de biomassa é uma das medições mais importantes da forragem (Burns et al.
89 1989), pode ser descrita como uma técnica de avaliação que visa quantificar a matéria
90 seca (MS) presente acima do nível do solo por unidade de área (Hodgson 1979), sendo
91 expressa em kg ha⁻¹ de MS. Para a quantificação exata, o ideal seria o corte total ao nível
92 do solo da forrageira de uma pastagem, seca-la e posteriormente pesá-la (Burns et al.
93 1989). Para estimar a produção total da área uma alternativa seria a utilização da
94 amostragem da biomassa.

95 Há vários métodos de se avaliar a disponibilidade de forragem, os quais são
96 classificados em métodos diretos e indiretos (Hodgson et al. 2000). Os métodos diretos
97 são destrutíveis, pois no processo de amostragem é realizado o corte da forrageira, um
98 problema associado ao corte é a altura do mesmo uma vez que segundo Mannetje (2000)
99 cortes extremos podem afetar a rebrota. Já os métodos indiretos não são destrutivos, de
100 fácil realização, e rápidos, porém os resultados são menos precisos e há uma elevada
101 variabilidade entre as amostras (Santos 1997).

102 Dentro dos métodos diretos estão a técnica de corte e a técnica do quadrado
103 propostas por Hodgson et al. (2000). A técnica do corte é utilizado em sistemas de pastejo
104 contínuo, onde escolhidas e demarcadas duas áreas aparentemente semelhantes (altura,
105 massa, coloração, densidade de laminas foliares e intensidade de pastejo), uma das áreas
106 é cortada rente ao solo e a outra é colocada um gaiola de exclusão que impede o pastejo
107 permanecendo ali pelo período de avaliação. Após este período a forragem contida na
108 gaiola é cortada e posteriormente pesada e seca. Esta avaliação permite por diferença
109 obter-se o acumulo de forragem no período (Machado et al. 2007).

110 Já na técnica do quadrado são utilizadas molduras metálicas quadradas ou
111 retangulares para demarcação da área onde a forrageira será cortada, após o corte a
112 amostra também é pesada. Em virtude da área amostrada ser pequena é necessária a
113 mensuração de 10 a 20 amostras por hectare da pastagem, aumentando assim a
114 confiabilidade das amostragem (Hodgson et al. 2000).

115 Dentre os métodos indiretos estão à rendimento comparativo, avaliação visual,
116 altura do dossel, bastão graduado e disco ou prato ("rising plate meter"). No rendimento
117 comparativo proposto por Haydock e Shaw (1975) escolhe-se cinco pontos
118 representativos da área a ser amostrada e é atribuído escores de 1 a 5 para cada ponto,
119 usando a leitura de cinco padrões os quais representam todas as variações presentes na
120 área. Seguinte a essa etapa os avaliadores marcam quadros amostrais na pastagem,
121 avaliam e atribuem para cada um escores visuais. Posteriormente as massas de forragem
122 referentes aos pontos escolhidos são cortadas, pesadas e secas em estufa. Já na avaliação
123 visual a biomassa é estimada através de escore visual em peso de forragem por hectare
124 (Carvalho 2008). A desvantagem dessa avaliação é a grande variabilidade entre os
125 avaliadores, exigindo um bom treinamento (Pedreira 2002).

126 Outro método simples de ser realizado consiste em medir a altura do dossel com
127 auxílio de uma régua graduada em um grande número de pontos da área amostrada
128 (Trindade et al. 2007). Apesar de ser simples é uma técnica pouco precisa (Pedreira 2002).
129 Segundo Lati (2013) a altura da planta está correlacionada positivamente com a biomassa
130 da cultura.

131 O método que utiliza disco ou prato ("rising plate meter") baseia-se em usar uma
132 haste graduada, na qual o disco ou prato fica acoplado, podendo "correr" pela haste. O
133 qual quando posicionado ou solto de uma determinada altura sobre a pastagem, indica a
134 altura em repouso (Santillan et al. 1979). Segundo Mannetje (2000) esta técnica tem por

135 vantagem a associação de duas características do dossel, altura e densidade, que
136 combinadas estão mais fortemente associadas com biomassa do que só altura.

137 Arruda et al. (2011) compararam os métodos indiretos mais utilizados para
138 estimativa de biomassa em pastos de capim-estrela sob condições de pastejo contínuo em
139 diferentes alturas, encontrando melhores resultados quando medidos com a régua.

140 A biomassa também pode ser estimada através de medições de reflectância
141 espectral (Kurmar et al. 2001), do espaço (Migdall et al. 2009; Koppe et al. 2012;), do ar
142 (Yang 2008; Hoyos-Villegas 2013) ou do solo (Jensen et al. 1990; Sakamoto et al. 2012;
143 Gnyp et al. 2014; Li et al. 2010). Contudo, essas medições constantemente implicam na
144 utilização de equipamentos onerosos e que precisam de calibração cautelosa.

145 Apesar de técnicas simples de serem realizadas em pequenas áreas, a medição
146 manual dedica tempo e muita mão-de-obra, logo estudos envolvendo tecnologias de
147 medição automática e não destrutiva é imprescindível e fundamental (Hu et al. 2018)

148

149 *Altura do dossel forrageiro*

150 As variáveis mais utilizadas como instrumentos de manejo de pastagens são a altura do
151 dossel forrageiro e o índice de área foliar, dado que apresenta alta correlação com a
152 produção de biomassa e estrutura do pasto (Laca e Lemaire 2000; Hammer et al. 2002).
153 Sendo a altura de dossel o método indireto que proporciona melhor avaliação do
154 rendimento forrageiro, reduzindo custos, tempo e mão de obra, se tornando uma
155 ferramenta simples e de fácil entendimento para os produtores (Cóser et al. 1998).

156 No estudo realizado por Terra Lopes et al. (2009) avaliando os efeitos que a altura
157 de manejo de pastagem tem sobre estabelecimento de cultura de grãos subsequente,
158 encontraram que a cada centímetro de incremento na altura do dossel representava um
159 acréscimo de 119 kg ha⁻¹ de MS na biomassa.

160 A altura do dossel forrageiro é a característica estrutural da pastagem que mais
161 influencia na apreensão de forragem (Hodgson 1990), uma vez que o aumento da altura
162 incrementa a produção de colmo, reduz a relação folha:colmo, conseqüentemente, pode
163 reduzir o consumo animal em pastejo (Alexandrino et al. 2011). No estudo realizado por
164 Sarmiento (2003) encontrou-se uma associação da altura do pasto e o comportamento
165 ingestivo de bovinos, evidenciando a importância da relação entre os componentes
166 estruturais do dossel forrageiro com o consumo animal de pastagem.

167 Palhano et al. (2005) verificaram que o padrão de desfolhação pode ser afetado
168 em diferentes alturas de dossel forrageiro, visto que a seletividade por folhas mais novas
169 é modificada pela altura do dossel, ao passo que em maiores alturas de dossel o acesso a
170 lâminas foliares em expansão fica mais restrito, resultando em maior consumo de lâminas
171 foliares expandidas.

172

173 *Panicum maximum* cv. Tamani

174 A gramínea *Panicum maximum* cv. Tamani é uma forrageira híbrida de *Panicum*
175 *maximum* lançada no ano de 2015 pela Embrapa Gado de Corte. Possui crescimento
176 cespitoso, ereto e porte baixo, podendo chegar a 1,3 metros de altura. Essa cultivar é uma
177 boa opção pra solos bem drenados, apresentando baixa tolerância a solos encharcados
178 (Embrapa 2015). É uma gramínea semelhante ao Massai, porém apresenta maior
179 digestibilidade (Fernandes et al., 2014).

180 Em estudo realizado por Maciel et al. (2018) avaliando o ganho de peso de
181 novilhos Nelore em pastagens de três cultivares de *Panicum maximum*, Zuri, Massai e
182 Tamani nos cerrados brasileiros, encontram para a cultivar Tamani uma produção de
183 biomassa pré-pastejo de 4995 kg ha⁻¹ MS no período chuvoso e 5480 kg ha⁻¹ MS no
184 período mais seco do ano.

185 *Sensoriamento Remoto*

186 O Sensoriamento Remoto consiste na obtenção de informações sobre objetos pertencentes
187 a superfície terrestre sem o contato físico entre o sensor e o objeto (Elachi 1987). Essa
188 definição apresenta a principal condição para a captura de informações espaciais por
189 Sensoriamento Remoto que considera o sensor estar a uma distância remota do objeto.

190 O Sensoriamento Remoto utiliza sensores, que são instrumentos capazes de
191 detectar e registrar a radiação eletromagnética (REM). A REM é uma forma de energia
192 que se manifesta a partir da interação com a matéria e, assim, consiste no meio de
193 comunicação entre o objeto e o sensor (Jensen 2009).

194 Os sistemas sensores podem ser classificados, quanto a fonte da REM, em
195 passivos e ativos. Os sistemas passivos utilizam a REM natural refletida ou emitida a
196 partir da superfície terrestre. O sol é a principal fonte de REM desses sensores. Já os
197 ativos utilizam REM artificial, produzida por radares instalados nos próprios
198 instrumentos (Novo 2010).

199 Os sensores remotos imageadores registram a informação dos alvos em diversas
200 porções do espectro eletromagnético (bandas). Os sensores RGB (Red, Green e Blue)
201 adquirem os dados em três bandas do visível. Os sensores multiespectrais registram a
202 energia em múltiplas bandas do espectro eletromagnético, incluindo bandas no
203 infravermelho.

204 Os sensores estão a bordo de estruturas chamadas plataformas. As plataformas
205 podem ser orbitais (satélites), aéreas (aviões, veículos aéreos não tripulados, entre outros)
206 ou terrestre (torres, postes, pequenos suportes, entre outros). As principais vantagens dos
207 veículos aéreos não tripulados (VANT) estão relacionadas com as resoluções espaciais e
208 temporais, e o baixo custo quando comparado com os demais sistemas aéreos e orbitais.

209 Visando buscar novas tecnologias os veículos aéreos não tripulados vêm sendo
210 empregados em diversas aplicações, dentre elas destacam-se: agricultura, meio ambiente,
211 geologia, recursos hídricos, estudo de solos, florestas, entre outros. Shang et al. (2017)
212 analisaram o comportamento de floração de fitoplâncton no estreito ocidental de Taiwan,
213 possibilitando com isso um monitoramento do sistema aquático ambiental. Rey et al.
214 (2017) demonstraram que os veículos aéreos não tripulados também são capazes de
215 detectar grandes mamíferos na Savana semiárida da África, proporcionando assim um
216 controle e conservação da vida selvagem. Além disso, estudos mostram que o veículo
217 aéreo não tripulado possibilita o monitoramento visual de pastagens e agriculturas (Rango
218 2009; Laliberte 2010), possui potencial para estimar a biomassa de culturas agrícolas
219 (Bendig et al. 2014, 2015), na avaliação da aplicabilidade das imagens para modelar a
220 altura das culturas de beringela, tomate e repolho (Moeckel et al. 2018), na detecção de
221 plantas daninhas dentro de fileiras em culturas de girassol e algodão (Castro et al. 2018)
222 e para estimar a biomassa durante o crescimento da planta, através de altura da planta
223 resultantes de modelos de superfície de corte (CSM) (Brocks e Bareth 2018).

224 Grande potencial da associação de sensores multiespectrais e veículos aéreos não
225 tripulados para a agricultura, destacando a alta resolução espacial alcançada e os custos
226 relativamente menores em relação a outros métodos de aquisição de imagens aéreas
227 (Nebiker et al. 2008), monitoramento da erosão do solo a partir de um modelo digital de
228 terreno (D'Oleire-Oltmanns et al. 2012), utilização de um veículo aéreo não tripulado
229 associado a sensores multiespectrais e termais para a identificação de fungos em um
230 plantio de oliveira (Calderón et al. 2013).

231 Alguns trabalhos foram realizados no Brasil, tais como modelagem digital do
232 terreno e avaliação dos dados de alta resolução espacial (Almeida et al. 2014), Brito et al.
233 (2015) estimaram a cobertura verde em pastagens, Santos (2016) avaliou a precisão do

234 modelo digital do terreno gerados por levantamento aerofotogramétrico via VANT no
235 Pantanal Matogrossense, encontrando um nível de confiabilidade nos produtos gerados
236 pelo VANT. No estudo realizado por Calou et al. (2016) estimando a biomassa na cultura
237 do milho por meio de veículo aéreo não tripulado, verificaram que a biomassa estimada
238 é muito próxima as amostradas a campo.

239

240

Referências Bibliográficas

241

242 Alexandrino E, Candido, MJD, Gomide JA (2011) Fluxo de biomassa e taxa de acúmulo
243 de forragem em capim Mombaça mantido sob diferentes alturas. *Revista Brasileira de*
244 *Saúde Produção Animal* **12**. 59-71. ISSN 1519 9940

245 Almeida IC (2014) Estudo Sobre O Uso De Veículo Aéreo Não Tripulado (Vant) Para
246 Mapeamento Aéreo Com Fins De Elaboração De Projetos Viários. Monografia (Curso
247 De Engenharia Civil) Universidade Católica De Pernambuco. Orientador: Glauber
248 Carvalho Costa.

249 Alturas do Dossel Forrageiro. *Revista Brasileira de Zootecnia* **34**.1860-1870.

250 Arruda DSR, Canto MW, Jobim CC, Carvalho PCF (2011) Métodos de avaliação de
251 biomassa em pastagens de capim-estrela submetidas a intensidades de pastejo. *Ciência*
252 *Rural* **41**. 2004-2009. ISSN 0103-8478

253 Batista LAR, Godoy R (2002) Produção de biomassa no capim *Panicum maximum*
254 cultivar Tanzânia em diferentes níveis de manejo. In: Reunião Anual Da Sociedade
255 Brasileira De Zootecnia, **39** Recife. Anais...

256 Bendig J, Bolten A, Bennertz S, Broscheit J, Eichfuss S, Bareth G (2014) Estimating
257 Biomass of Barley Using Crop Surface Models (CSMs) Derived from UAV-Based RGB
258 Imaging. *Remote Sensing* **6**, 10395-10412. doi: 10.3390/rs61110395

259 Bendig J, Yu K, Aasen H, Bolten A, Bennertz S, Broscheit J, Gnyp NL, Bareth G (2015)
260 Combining UAV-based plant height from crop surface models, visible, and near infrared
261 vegetation indices for biomass monitoring in barley. *International Journal of Applied*
262 *Earth Observation and Geoinformation* **39**, 79-87. doi: 10.3390/jimaging4040052

- 263 Bernardi ACC, Perez NB (2014) Agricultura de precisão em pastagens. In: Bernardi
264 ACC, Naime JM, Resende AV, Bassoi LH, Inamasu RY. (Eds Agricultura de precisão:
265 resultados de um novo olhar). Brasília, DF: Embrapa. p. 492-499.
- 266 Brito JLS, Ferreira LG, Silva JR, Arantes AE (2015) Utilização de imagens aéreas de um
267 Veículo Aéreo Não-Tripulado (VANT) para estimativa de cobertura verde das pastagens
268 cultivadas em duas áreas experimentais no município de Uberlândia – MG. In: Simpósio
269 Brasileiro de Sensoriamento Remoto, **17**. Anais... João Pessoa: INPE, p. 1360 – 1367.
- 270 Brocks S, Bareth G (2018) Estimating Barley Biomass with Crop Surface Models.
271 *Remote sensing* **10**, 268. doi: 10.3390/rs10020268
- 272 Burns JC, Lippke H, Fisher DS (1989) The relationship of herbage mass and
273 characteristics to animal responses in grazing experiments. In: Marten, G.C. (Ed. Grazing
274 research: design, methodology, and analysis) p. 7-19. CSSA Special Publication no. 16.
275 CSSA-ASA, Madison, WI, USA)
- 276 Calderón R, Navas-Cortés JA, Lucena C, Zarco-Tejada PJ (2013) High-resolution
277 airborne hyperspectral and thermal imagery for early detection of Verticillium wilt of
278 olive using fluorescence, temperature and narrow-band spectral indices. *Remote Sensing*
279 *of Environment* **139**, 231–245. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.07.031>
- 280 Calou VBC (2016) Estimativa Da Biomassa Da Cultura Do Milho Por Meio De
281 VANT/Drone. Monografia (Curso de Agronomia) Universidade Federal Do Ceará.
282 Orientador: Adunias dos Santos Teixeira.
- 283 Carvalho RCR, Athayde AAR, Valeriano AR, Medeiros LT, Pinto JC (2008) Método de
284 determinação da disponibilidade de forragem. *Ciência et Praxis* **1**. 7-10.
- 285 Castro AI,-Sánchez JT, Peña JM, Jiménez-Brenes FM, Csillik O, López-Granados F
286 (2018) An Automatic Random Forest-OBIA Algorithm for Early Weed Mapping between
287 and within Crop Rows. *Remote Sensing* **10**, 285. doi: 10.3390/rs10020285

- 288 Cóser AC, Martins CE, Alvim MJ, Teixeira FV (1998) Altura da planta e cobertura do
289 solo como estimadores da produção da biomassa em pastagem de capim-elefante. *Revista*
290 *da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, **27**. 676-680.
- 291 d'Oleire-Oltmanns S, Marzloff I, Peter KD, Ries JB (2012) Unmanned Aerial Vehicle
292 (UAV) for Monitoring Soil Erosion in Morocco. *Remote Sensing* **4**, 3390-3416. doi:
293 10.3390/rs4113390
- 294 Da Silva SC, Nascimento Júnior D (2007) Avanços na pesquisa com plantas forrageiras
295 tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. *Revista*
296 *Brasileira de Zootecnia* **36**, 121-138. doi: 10.1590/S1516-35982007001000014
- 297 Dillon P (2006) Achieving high dry-matter intake from pasture with grazing dairy cows.
298 In: A. Elgersma, J. Dijkstra, and S. Tamminga, (Eds Fresh herbage for dairy cattle: The
299 key to a sustainable food chain). Springer, Wageningen, the Netherlands. p. 1–26
- 300 Elachi C (1987) Introduction to the physics and techniques of remote sensing. New York:
301 Wiley.
- 302 Embrapa Gado de Corte (2015) BRS Tamani, forrageira híbrida de *Panicum maximum*.
303 Disponível em: [https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-](https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1011507/brs-tamani-forrageira-hibrida-de-panicum-maximum)
304 [/publicacao/1011507/brs-tamani-forrageira-hibrida-de-panicum-maximum](https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1011507/brs-tamani-forrageira-hibrida-de-panicum-maximum). (Acessado
305 em: 05 de Fevereiro de 2019).
- 306 Fernandes FD, Ramos AKB, Jank L, Carvalho MA, Martha Jr GB, Braga GJ (2014)
307 Forage yield and nutritive value of *Panicum maximum* genotypes in the Brazilian
308 savannah. *Scientia Agricola* **71**, 23-29. doi: [http://dx.doi.org/10.1590/S0103-](http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162014000100003)
309 [90162014000100003](http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162014000100003).
- 310 Gnyp ML, Bareth G, Li F, Lenz-Wiedemann VIS, Koppe W, Miao Y, Hennig SD, Jia L,
311 Laudien R, Chen X, Zhangga F (2014) Development and implementation of a multiscale
312 biomass model using hyperspectral vegetation indices for winter wheat in the North China

- 313 Plain. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* **33**, 232–
314 242. doi: 10.1016/j.jag.2014.05.006
- 315 Hammer GL, Kropff MJ, Sinclair TR, Porter JR (2002) Future contributions of crop
316 modelling—from heuristics and supporting decision making to understanding genetic
317 regulation and aiding crop improvement. *European Journal of Agronomy* **18**, 15–31. doi:
318 10.1016/S1161-0301 (02)00093-X
- 319 Haydock KP, Shaw NH (1975) The Comparative Yield Method for Estimating Dry
320 Matter Yield of Pasture. *Australian Journal of Agriculture and Animal Husbandry* **15**,
321 663-670. <http://dx.doi.org/10.1071/EA9750663>
- 322 Hodgson J (1979) Nomenclature and definitions in grazing studies. *Grass and Forage*
323 *Science* **34**, 11-17. doi: 10.1111/j.1365-2494.1979.tb01442.x
- 324 Hodgson J (1984) Sward conditions, herbage allowance and animal production: an
325 evaluation of research results. Proceedings of New Zealand Society of Animal
326 Production, Wellington, **44**, p.99-104.
- 327 Hodgson J (1990) Grazing management: Science into practice. Harlow, UK: Longman
328 Scientific and Technical, 203p.
- 329 Hodgson J, Matthew C, Harrington KC (2000) Pasture measurement. In: Hodgson, J,
330 White J. Eds. *New Zealand: pasture and crop science*. 59-66. Auckland, New Zealand:
331 OXFORD. ISBN: 9780195583755
- 332 Hoyos-Villegas V, Fritschi, FB (2013) Relationships among vegetation indices derived
333 from aerial photographs and soybean growth and yield. *Crop Science*. **53**, 2631–2642.
334 doi: 10.2135 / crops2013.02.0126
- 335 Hu Y, Wang L, Xiang L, Wu Q, Jiang H (2018) Automatic Non-Destructive Growth
336 Measurement of Leafy Vegetables Based on Kinect. *Sensors* **18** 806. doi: 10.3390
337 /s18030806.

- 338 Jensen A, Lorenzen B, Østergaard HS, Hvelplund EK (1990) Radiometric estimation of
339 biomass and nitrogen content of barley grown at different nitrogen levels. *International*
340 *Journal of Remote Sensing* **11**, 1809–1820. doi: doi.org/10.1080/01431169008955131
- 341 Jensen, JR (2009) Sensoriamento Remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos
342 terrestres. Tradução de José Carlos N. Epiphânio, Antonio R. Formagio, Athos R. Santos,
343 Bernardo F. T. 138 Rudorff, Cláudia M. Almeida e Lênio S. Galvão. 2. ed. São José dos
344 Campos, SP: Editora Parêntese, pp. 598. ISBN: 9788560507061
- 345 Koppe W, Gnyp ML, Hennig SD, Li F, Miao Y, Chen X, Jia L, Bareth G (2012) Multi-
346 temporal hyperspectral and radar remote sensing for estimating winter wheat biomass in
347 the North China Plain. *Photogrammetrie, Fernerkundung, Geoinformation* **3**, 281–298.
348 doi:10.1127/1432-8364/2012/0117
- 349 Kumar L, Schmidt K, Dury S, Skidmore A (2001) Imaging spectrometry and vegetation
350 science. In *Imaging Spectrometry*, Van der Meer, F.D., Jong, S.M.D., (Eds Kluwer
351 Academic Publishers: Dordrecht) The Netherlands, pp. 111–155.
- 352 Laca EA, Lemaire G (2000) Measuring sward structure. In ‘Field and laboratory methods
353 for grassland and animal production research’. (Eds L’t Mannetje, RM Jones) pp. 103–
354 122. (CAB International: Wallingford, UK)
- 355 Laliberte AS, Herrick JE, Rango A, Winters C (2010) Acquisition, Orthorectification,
356 and Object-based Classification of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Imagery for
357 Rangeland Monitoring. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* **76**, 661–672,
358 doi: 0099-1112/10/7606–0661
- 359 Lati RN, Filin S, Eizenberg H (2013) Estimating plant growth parameters using an
360 energy minimization-based stereovision model. *Computers Electronics. Agriculture* **98**,
361 260–271. doi.org/10.1016/j.compag.2013.07.012

- 362 Li F, Miao Y, Hennig SD, Gnypl ML, Chen X, Jia L, Bareth G (2010) Evaluating
363 hyperspectral vegetation indices for estimating nitrogen concentration of winter wheat at
364 different growth stages. *Precision. Agriculture* **11**,335–357. doi: 10.1007 / s11119-010-
365 9165-6 30.
- 366 MacDonald KA, Verkerk GA, Thorrold BS, Pryce JE, Penno JW, McNaughton LR,
367 Burton LJ, Lancaster JAS, Williamson JH, Holmes CW (2008) A comparison of three
368 strains of Holstein–Friesian grazed on pasture and managed under different feed
369 allowances. *Journal of Dairy Science* **91**. 1693–1707 doi: 10.3168/jds.2007-0441
- 370 Machado LAM, Fabrício AC, Assis PGG, Maraschin GE (2007) Estrutura do dossel em
371 pastagens de capim-marandu submetidas a quatro ofertas de lâminas foliares. *Pesquisa*
372 *Agropecuária Brasileira* **42**, 1495-1501.
- 373 Maciel GA, Braga GJ, Guimarães Jr. R, Ramos AKB, Carvalho MA, Fernandes FD,
374 Fonseca CEL, Jank L (2018) Seasonal Liveweight Gain of Beef Cattle on Guineagrass
375 Pastures in the Brazilian Cerrados. *Agronomy Journal* **110**, 480–487. doi:
376 10.2134/agronj2017.05.0262
- 377 Mannetje L (1987) Measuring quantity of grassland vegetation. In: Mannetje L.
378 Measurement of grassland vegetation and animal production. Berkshire CAB
379 International. pp. 63-95. ISBN: 0851984045
- 380 Mannetje L (2000) Measuring biomass of grassland. In: Mannetje L, Jones, R.M. (Eds
381 Field and laboratory methods for grassland and animal production research). Wallingford:
382 CAB International pp.151-177. ISBN: 0851993516
- 383 Measurement of Leafy Vegetables Based on Kinect. *Sensors* **18**, 806. doi:
384 10.3390/s18030806

- 385 Migdall S, Bach H, Bobert J, Wehrhan M, Mauser W (2009) Inversion of a canopy
386 reflectance model using hyperspectral imagery for monitoring wheat growth and
387 estimating yield. *Precision Agriculture* **10**, 508–524. doi: 10.1007/s11119-09-9104-6
- 388 Moeckel T, Dayananda S, Nidamanuri RR, Nautiyal S, Hanumaiah N, Buerkert A,
389 Wachendorf M (2018) Estimation of Vegetable Crop Parameter by Multi-temporal
390 UAV-Borne Images, *Remote Sensing* **10**, 805. doi:10.3390/rs10050805.
- 391 Nebikera S, Annena A, Scherrerb M, Oeschc D (2008) A Lightweight Multispectral
392 Sensor for Micro UAV – Opportunities For Very High Resolution Airborne Remote
393 Sensing. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial*
394 *Information Sciences* **37**. 1193- 1199.
- 395 Novo EMLM (2010) Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações. (4 ed. São José dos
396 Campos, SP: Blucher). pp. 308. ISBN: 978-85-212-0540-1
- 397 Palhano AL, Carvalho PCF, Dittrich JR, Moraes A, Barreto MZ, Santos MCF (2005)
398 Estrutura da Pastagem e Padrões de Desfolhação em Capim-Mombaça em Diferentes
399 Alturas do Dossel Forrageiro. *Revista Brasileira de Zootecnia* **34**, 1860-1870. doi:
400 doi.org/10.1590/S1516-35982005000600009.
- 401 Pedreira CGS (2002) Avanços metodológicos na avaliação de pastagens. IN: Reunião
402 Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Recife, Anais de Palestra. Recife: SBZ.
- 403 Rango A, Laliberte A, Herrick JE, Winters C, Havastad K, Steele C, Browning, D
404 (2009) Unmanned aerial vehicle-based remote sensing for rangeland assessment,
405 monitoring, and management. *Journal of Applied Remote Sensing* **3**, doi:
406 10.1117/1.3216822
- 407 Reis RA, Ruggieri AC, Casagrande DR, Páscoa AG (2009) Suplementação da dieta de
408 bovinos de corte como estratégia do manejo das pastagens. *Revista Brasileira de*
409 *Zootecnia* **38**, 147-159. doi: doi.org/10.1590/S1516-35982009001300016.

- 410 Rey N, Volpi M, Joost S, Tuia D (2017) Detecting animals in African Savanna with
411 UAVs and the crowds. *Remote Sensing of Environment* **200**, 341–351. doi: 10.1016 /
412 j.rse.2017.08.026
- 413 Sakamoto T, Gitelson AA, Nguy-Robertson AL, Arkebauer TJ, Wardlow BD, Suyker
414 AE, Verma SB, Shibayama M (2012) An alternative method using digital cameras for
415 continuous monitoring of crop status. *Agricultural and Forest Meteorology*. 154–155.
416 doi: 10.1016/j.agrformet.2011.10.014
- 417 Santillan RA, Ocumpaugh WR, Mott GO (1979) Estimating forage yield with a disk
418 meter. *Agronomy Journal* **71**.71-74. doi: 10.2134 / agronj1979.00021962007100010017x
- 419 Santos MVF (1997) Métodos agronômicos para estimativa de consumo e de
420 disponibilidade de forragem na Zona da Mata Viçosa, 155p. Tese (Doutorado)-
421 Universidade Federal de Viçosa.
- 422 Santos LFB (2016) Avaliação De Modelo Digital De Terreno Gerado Atráves De Vant
423 Em Planícies Pantaneiras. Monografia (Curso de Engenharia Florestal) Universidade
424 Federal De Mato Grosso. Orientador: Dr. Gustavo Manzon Nunes.
- 425 Sarmiento DOL (2003) Comportamento ingestivo de bovinos em pastos de capim
426 marandu submetidos a regimes de lotação contínua. Piracicaba. Dissertação (Mestrado
427 em Agronomia) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Orientador: Sila
428 Carneiro da Silva. Universidade Federal de São Paulo.
- 429 Schellberga J, Hill MJ, Gerhards R, Rothmundd M, Braun M (2008) Precision agriculture
430 on grassland: Applications, perspectives and constraints. *European Journal of Agronomy*
431 **29**, 59–71. doi:10.1016/j.eja.2008.05.005
- 432 Shang, S, Lee Z, Lin G, Hu C, Shi L, Zhang Y, Li X, Wu J, Yan J (2017) Sensing an
433 intense phytoplankton bloom in the western Taiwan Strait from radiometric

434 measurements on a UAV. *Remote Sensing of Environment* **198**, 85–94, doi:
435 10.1016/j.rse.2017.05.036

436 Terra Lopes, ML, Carvalho PCF, Anghinoni I, Santos DT, Aguinaga AAQ, Flores JPC,
437 Moraes A (2009) Sistema de integração lavoura-pecuária: efeito do manejo da altura em
438 pastagem de aveia preta e azevém anual sobre o rendimento da cultura da soja e da altura
439 em pastagem de aveia preta e azevém anual. *Ciência Rural* **39**, 1499-1506. doi:
440 10.1590/S0103-84782009005000096

441 Thomson NA (1986) Techniques available for assessing pasture. In. Massey University.
442 *Dairy farming annual*. New Zeland. pp. 113-121.

443 Trindade JK, Da Silva SC, Souza Júnior SJ, Giacomini AA, Zeferino CV, Guarda VDA,
444 Carvalho PCF (2007) Composição morfológica da forragem consumida por bovinos de
445 corte durante o rebaixamento do capim-marandu submetido a estratégias de pastejo
446 rotativo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* **42**, 883-890. doi: doi.org/10.1590/S0100-
447 204X2007000600016

448 Yang C, Everitt JH, Bradford JM (2008) Yield estimation from hyperspectral imagery
449 using spectral angle mapper (SAM). *Transactions of the ASABE* **51**, 729–737.

450

451 **VALIDAÇÃO DO SENSORIAMENTO REMOTO PARA ESTIMATIVAS DE**
452 **BIOMASSA E ALTURA DE PASTAGEM DE *PANICUM MAXIMUM* CV**
453 **TAMANI**

454 Juliana Oliveira Batistoti¹, Alexandre Menezes Dias¹, José Marcato Junior², Luís Carlos
455 Vinhas Ítavo¹, Edson Takashi Matsubara², Eva Nara Oliveira Gomes¹, Bianca Garcia
456 Oliveira², Mauricio de Souza², Geison Rezende Salgado Filho²

457

458 ¹ School of Veterinary Medicine and Animal Science, Federal University of Mato Grosso
459 do Sul, Avenida Senador Filinto Muller, 2443, 79074-960, Campo Grande, MS, Brazil.

460 ² School of Engineering, Architecture and Urbanism and Geography, Federal University
461 of Mato Grosso do Sul, Av. Costa e Silva, s/n, 79070-900, Campo Grande, MS, Brazil.

462 Correspondence: alexandre.menezes@ufms.br

463

464 **Resumo:**

465 Objetivou-se estimar altura do dossel e biomassa através de sensoriamento remoto, com
466 uso de veículo aéreo não tripulado. Foram utilizados quatro unidades experimentais de 9
467 m² de gramínea *Panicum maximum* cv. BRS Tamani, em que as coletas de amostras de
468 biomassa, altura e captura de imagens pelo VANT foram realizadas simultaneamente. Os
469 voos foram realizados a uma altura de 50 m e as imagens foram geradas com o pixel de
470 1,55cm GSD de amostragem do solo. A estimativa da altura do dossel com VANT, foi
471 calculada a partir da diferença entre Modelo Digital da Terreno e o Modelo Digital
472 Superfície. Os coeficientes de correlação entre altura da régua e altura do VANT foi de
473 0.89, o da biomassa e altura da régua de 0.90, o da biomassa e altura do VANT de 0.86.
474 Houve diferença significativa ($p < 0.05$) entre os métodos (régua e VANT) para altura e

475 massa de foragem. O sensoriamento remoto por meio do VANT possui potencial para
476 estimar a altura e biomassa em pastagens de *Panicum maximum* cv. BRS Tamani.

477

478 Palavras chave: modelo digital de superfície, modelo digital de terreno, modelos de
479 superfície de corte, altura de dossel forrageiro.

480

481 **Abstract:**

482 The objective of this study was to estimate canopy height and forage mass through remote
483 sensing using unmanned aerial vehicle. Four experimental units of 9 m² of grass were
484 used *Panicum maximum* cv. BRS Tamani, where sampling of forage mass, height and
485 image capture by the UAV were performed simultaneously. The flights were performed
486 at a height of 50 m and the images were generated with the 1.55 cm GSD soil sampling
487 pixel. The estimation of the canopy height with UAV was calculated from the difference
488 between the Digital Terrain Model and the Digital Surface Model. The correlation
489 coefficients between the height of the ruler and the height of the UAV were 0.89, the
490 forage mass and the ruler height of 0.90, the forage mass and height UAV of 0.86. There
491 was a significant difference ($p < 0.05$) between the methods (ruler and UAV) for height
492 and forage mass. Remote sensing through the UAV has the potential to estimate forage
493 height and mass in pastures of *Panicum maximum* cv. BRS Tamani.

494

495 Key words: digital surface model, digital terrain model, cutting surface models, forage
496 mass.

497

498

499

500

Introdução

501 O Brasil possui cerca de 160 milhões de hectares de pastagens, localizadas
502 principalmente nas regiões Norte, Sudeste e Centro-Oeste (IBGE 2006). Uma das
503 principais atividades desenvolvidas no país é a pecuária, com um rebanho bovino de
504 aproximadamente 226 milhões de cabeças (USDA 2018), dos quais grande parte utiliza
505 a pastagem como meio de criação (Ferraz e Felício 2010), desta forma é necessário
506 otimizar o manejo de pastagem. Diante disto, determinar a disponibilidade de biomassa
507 se torna essencial para o planejamento de exploração adequado das pastagens, visto que
508 os objetivos das estratégias de estimar a biomassa são definir lotação de sistemas de
509 pastoreio, crescimento, valor nutritivo e regimes de desfolhação em virtude do pastejo e
510 métodos de lotação (Rouquette Junior 2016).

511 Biomassa é descrita como uma técnica de avaliação que visa quantificar a matéria
512 seca (MS) presente acima do nível do solo por unidade de área (Hodgson 1979). Embora
513 envolvam técnicas simples de serem realizadas em pequenas áreas, a medição manual
514 dedica tempo e muita mão de obra, logo estudos envolvendo tecnologias de medição
515 automática e não destrutiva é imprescindível e fundamental (Yang et al. 2018).

516 Segundo Graça (2017), o sensoriamento remoto utilizando veículo aéreo não
517 tripulado (VANT) quando comparados com outros tipos de sensoriamento remoto
518 utilizando outras plataformas, satélites e aviões por exemplo se tornam a opção mais
519 viável para se obter imagens de alta resolução. Permitindo o processamento rápido de
520 grandes quantidades de dados e em formato digital, tornando-se uma ferramenta para a
521 estimativa de biomassa em grandes áreas (Kumar et al. 2001), visto que possibilita a
522 obtenção de informações sobre objetos pertencentes a superfície terrestre sem o contato
523 físico entre o sensor e o objeto (Elachi 1987).

524 O uso do veículo aéreo não tripulado proporciona uma plataforma adaptável,
525 devido a diversidade de sensores possibilitando ser montada e voada para a coleta de
526 imagens aéreas com resoluções temporais e espaciais de alta qualidade. Com a evolução
527 na precisão, do custo benefício e na miniaturização das tecnologias, tais como
528 processadores de computador e GPS, tornaram os sistemas de veículos aéreos não
529 tripulados uma plataforma de sensoriamento remoto inovadora e econômica (Holman
530 2016).

531 Estudos prévios mostraram o potencial dos uso de VANT na estimativa da
532 biomassa de culturas agrícolas típicas da Alemanha (Bendig et al. 2014, 2015), na
533 avaliação da aplicabilidade das imagens para modelar a altura das culturas de beringela,
534 tomate e repolho na Índia (Moeckel et al. 2018), na detecção de plantas daninhas dentro
535 de fileiras em culturas de girassol e algodão na Espanha (Castro et al. 2018) e para estimar
536 a biomassa durante o crescimento da planta, através de altura da planta resultantes de
537 modelos de superfície de corte (CSM) (Brocks e Bareth 2018).

538 Bendig et al. (2015) verificaram uma maior correlação da biomassa com a altura
539 das culturas, estimadas com o VANT, do que com os índices espectrais (estimados a partir
540 da razão entre bandas espectrais). Moeckel et al. (2018), concluíram que a medição
541 manual da altura da planta pode ser substituída por medições realizadas por meio do
542 sensoriamento remoto. No estudo de realizado por Castro et al. (2018) verificaram que o
543 algoritmo utilizado conseguiu identificar nas imagens cada planta individualmente,
544 incluindo as ervas daninhas e estimou com precisão a característica de altura da planta
545 com base no modelo digital de superfície (MDS).

546 Devido à escassez de dados científicos utilizando o VANT para a estimativa de
547 altura e biomassa em pastagens no Brasil, a presente proposta objetiva por meio do uso
548 de imagens obtidas com o VANT, estimar biomassa e altura da gramínea *Panicum*

549 *maximum* cv. Tamani e validar a técnica do sensoriamento remoto no estado de Mato
550 Grosso do Sul.

551

552 **Material e métodos**

553 *Área experimental*

554 O experimento foi conduzido no Setor de Forragicultura da Fazenda Escola, no município
555 de Terenos, MS, localizada aproximadamente em latitude 20°26'34.31''S, longitude
556 54°50'27.86''O e altitude 530.7 m (Figura 1). Antes da implantação do experimento
557 foram coletadas amostras de solo na camada de 0-20cm, para determinação da fertilidade,
558 da qual o resultado obtido foram: pH (CaCl₂) =5.31 e (H₂O)=5.91; P (mg/dm³)=4.52;
559 matéria orgânica (g/dm³)=35.34; K (cmol/dm³)=0.20; Ca (cmol/dm³)=7.35; Mg
560 (cmol/dm³)=1.20; Ca + Mg (cmol/dm³)=8.55; Al (cmol/dm³)=0.00; H + Al
561 (cmol/dm³)=5.18; CTC (cmol/dm³)=13.93; saturação por bases (%)=62.81. Foi aplicado
562 1.2 t ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT = 80%). Antes do plantio, foram aplicados 100kg
563 ha⁻¹ de P₂O₅, 100kg ha⁻¹ de N na forma de uréia e 60 kg ha⁻¹ de K₂O. O plantio da gramínea
564 *Panicum maximum* cv. BRS Tamani foi realizado em novembro de 2015.

565 A cultivar BRS Tamani foi implantada em 4 canteiros experimentais de 3x12 m, que
566 foram subdivididos em 3x3 m, totalizando 9 m² para cada intervalo de corte (21,35, 49 e
567 63 dias).

568

569 *Amostragem de biomassa e altura*

570 Foi quantificada toda a biomassa presente nas unidades experimentais (área 9.0 m²),
571 sendo cortadas a 10 cm da superfície do solo.

572 O monitoramento da altura das plantas forrageiras foi realizado no momento do
573 corte (21, 35, 49 e 63 intervalo de rebrota). Em cada unidade experimental foram

574 realizadas medições em 5 pontos representativos à altura média da curvatura das folhas
575 superiores em torno da régua na unidade experimental, utilizando-se régua em
576 centímetros. A amostragem ocorreu no mesmo dia da geração de imagens obtidas pelo
577 VANT.

578

579 *Coleta e processamento de imagens*

580 A avaliação do sensoriamento remoto foi realizado com imagens do VANT foram
581 coletadas com o uso do Phantom 4 advanced (ADV), as coletas de imagens foram
582 realizados antes da dos cortes de biomassa das unidades experimentais e medição da
583 altura. A câmera apresenta sensor CMOS (Complementary Metal-OxideSemiconductor)
584 com 20 Megapixels, sendo que cada bateria apresenta duração máxima de 30 minutos.

585 Para a correção geométrica (georreferenciamento) das imagens foram usados
586 alvos (pontos de apoio) com aproximadamente 50x50 cm os quais foram distribuídos
587 regularmente na unidades experimentais, sendo utilizados 5 pontos de controle de solo
588 (GCPs), por ser uma área pequena e plana. As coordenadas dos alvos foram estimadas
589 com o receptor GNSS (Global Navigation Satellite System) RTK (Real Time Kinematic)
590 GS15 da linha LEICA VIVA GNSS GS15. A correção geométrica foi realizada no
591 software comercial Pix4D.

592 O VANT é cadastrado junto à Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) (Nº
593 do cadastro: PP201732266). Os voos foram realizados a partir de solicitação ao
594 Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), responsável pelo espaço aéreo
595 brasileiro, a uma altura de 50 metros. As imagens capturadas tem uma sobreposição
596 longitudinal de 80% e lateral de 60% processadas com 1,55 GDS, utilizando o programa
597 Pix4D.

598 Para estimativa da biomassa e altura da pastagem com VANT, gerou-se o Modelo
599 Digital do Terreno (MDT) usando o RTK, com pontos pertencentes ao solo. No
600 processamento das imagens no Pix4D foi gerado o Modelo Digital de Superfície (MDS)
601 (Figura 2), com pontos sobre a pastagem. A partir da diferença do MDS e MDT calculou-
602 se a altura da pastagem.

603

604 *Análise estatística*

605 As análises de correlação e regressão foram realizadas no Microsoft® Excel®
606 2013. A média de altura do dossel por unidade experimental obtida do MDS foi avaliada
607 em relação à altura do dossel média obtida a partir das medidas realizadas com a régua a
608 campo. O resultado é apresentado em um gráfico de dispersão juntamente com uma
609 equação de regressão linear.

610 Para a estimativa de biomassa, as equações de regressão linear foram derivadas
611 para altura do dossel obtida do MDS versus biomassa verde e avaliados pelo seu
612 coeficiente de determinação (R^2). Foi realizada uma análise de correlação e regressão para
613 verificar quais elementos proporcionam melhores resultados.

614

615 **Resultados e Discussão**

616 Houve correlação entre a altura mensurada com a régua e com o VANT, apresentando
617 coeficiente de correlação de 0.89. A diferença entre a altura do VANT e a régua é de
618 aproximadamente 8 cm como pode ser observado pela equação de regressão da Figura 3,
619 ao passo que se aumenta a idade a diferença diminui. Visto que, o VANT captura imagens
620 da área total do canteiro, o que pode coletar áreas de solo descobertas, que segundo Jakob
621 Geipel et al. (2014), os MDTs podem subestimar a altura em campos heterogêneos, onde

622 pontos de solo ficam aparentes, o que pode ter ocorrido nas menores idades em função da
623 menor altura e conseqüentemente menor índice de área foliar.

624 O coeficiente de correlação entre a altura mensurada com a régua e a biomassa
625 (em média 2902.2 kg ha⁻¹ MV) (Figura 4) foi de 0.90.

626 Houve correlação entre altura mensurada pelo VANT e biomassa (em média
627 2396.7 kg ha⁻¹ MV), com o coeficiente de correlação de 0.86 (Figura 5). A cada um
628 centímetro de incremento na altura mensurada com VANT há um aumento de
629 aproximadamente 88 kg ha⁻¹ de biomassa verde, ou seja, a medida que aumenta a altura
630 do dossel mensurada no VANT há um acréscimo na biomassa, corroborando com Terra
631 Lopes et al. (2009) e Casagrande et al. (2003), os quais encontraram um aumento na oferta
632 de forragem nas maiores alturas.

633 O modelo de regressão de estimativa de biomassa pelo VANT ($R^2= 0.74$) e a
634 mensurada com a régua ($R^2= 0.81$) são maiores que os encontrados por Bendig et al.
635 (2014), estimando a biomassa de cevada usando modelos de superfície de corte derivados
636 de imagens RGB baseadas em VANT, onde foram encontrados coeficientes de
637 determinação para estimativa de biomassa de $R^2= 0.72$ e $R^2= 0.71$.

638 O MDS possibilita estimar a biomassa a partir da altura calculada pelo VANT
639 através da sobreposição das imagens obtidas, corroborando com os estudos de Ehlert et
640 al. (2009) e Zhang e Grift (2012), os quais apresentaram que a relação entre biomassa e
641 altura são muito próximas.

642 Houve acréscimos na altura da cultivar Tamani com o avanço da idade de rebrota,
643 logo, a cada dia de idade de rebrota elevou a altura em 0.2422 cm para medição com a
644 régua e 0.2098 cm com o VANT (Figura 6), o que foi observado por Maranhão et al.
645 (2010) e Ansah et al. (2010).

646 O aumento na idade de rebrota proporcionaram incrementos na biomassa, esses
647 acréscimos foram de 50,93 kg de MV ha⁻¹ a cada dia de rebrota para estimativa com a
648 régua e de 43,96 kg de MV ha⁻¹ para o VANT (Figura 7), aumentos na biomassa também
649 foram encontrado por Oliveira et al. (2000), Costa et al. (2007), Rodrigues et al. (2013) e
650 Geleti e Tolera (2013).

651

652

Conclusão

653 A sobreposição das imagens baseadas em veículos aéreos não tripulados (VANT) são
654 altamente adequadas para derivar altura do dossel com uma resolução de 1 GSD
655 (1.55cm/pixel). A altura do dossel pode ser modelada com alta precisão para as diferentes
656 idades de rebrota usando imagens obtidas por veículos aéreos não tripulados. A altura do
657 dossel derivada de imagens baseadas em VANT é um indicador adequado para a
658 estimativa de biomassa.

659

Referências Bibliográficas

- 660
- 661 Ansah T, Osafo ELK, Hansen HH (2010) Herbage yield and chemical composition of
662 four varieties of Napier (*Pennisetum purpureum*) grass harvested at three different days
663 after planting. *Agriculture and Biology Journal of North America* **5**, 923-929
664 doi:10.5251/abjna.2010.1.5.923.929
- 665 Bendig J, Bolten A, Bennertz S, Broscheit J, Eichfuss S, Bareth G (2014) Estimating
666 Biomass of Barley Using Crop Surface Models (CSMs) Derived from UAV-Based RGB
667 Imaging. *Remote Sensing* **6**, 10395-10412. doi: 10.3390/rs61110395
- 668 Bendig J, Yu K, Aasen H, Bolten A, Bennertz S, Broscheit J, Gnyp NL, Bareth G (2015)
669 Combining UAV-based plant height from crop surface models, visible, and near infrared
670 vegetation indices for biomass monitoring in barley. *International Journal of Applied*
671 *Earth Observation and Geoinformation* **39**, 79-87. doi: 10.3390/jimaging4040052
- 672 Brocks S, Bareth G (2018) Estimating Barley Biomass with Crop Surface Models.
673 *Remote sensing* **10**, 268. doi: 10.3390/rs10020268
- 674 Casagrande DR, Ruggieri AC, Jamusckiewicz ER, Gomide JA, Reis RA, Valente ALS
675 (2003) Características morfogênicas e estruturais do capim-maramdu manejado sob
676 pastejo intermitente com diferentes ofertas de forragem. *Revista Brasileira de Zootecnia*
677 **39**, 2108-2115. doi: 10.1590/S1516-35982010001000002
- 678 Castro AI, Sánchez JT, Peña JM, Jiménez-Brenes FM, Csillik O, López-Granados F
679 (2018) An Automatic Random Forest-OBIA Algorithm for Early Weed Mapping between
680 and within Crop Rows. *Remote Sensing* **10**, 285. doi: 10.3390/rs10020285
- 681 Costa NL, Paulino VT, Townsendi CR, Magalhães JA, Oliveira JRC (2007) Desempenho
682 agronômico de genótipos de *Brachiaria brizantha* em diferentes idades de corte em Porto
683 Velho, Rondônia, Brasil (Agronomic performance of *Brachiaria Brizantha* genotypes in

- 684 Porto Velho, Rondônia, Brazil) *Revista Electrónica de Veterinaria* **8** ISSN1695-7504
685 2007.
- 686 Ehler D, Adamek R, Horn H (2009) Laser rangefinder-based measuring of crop biomass
687 under field conditions. *Precision Agriculture* **10**, 395–408. doi: 10.1007/s11119-009-
688 9114-4.
- 689 Elachi C (2016) Introduction to the physics and techniques of remote sensing. New York:
690 Wiley, 1987. Holman, L. Bet hedging via multiple mating: A meta-analysis. *Evolution*
691 **70**, 62-71. doi:10.1111/evo.12822
- 692 Ferraz JBS, Felício PED (2010) Production systems - an example from Brazil. *Meat*
693 *Science* **84**, 238-243. doi:10.1016/j.meatsci.2009.06.006
- 694 Geipel J, Link J, Claupein W (2014) Combined spectral and spatial modeling of corn
695 yield based on aerial images and crop surface models acquired with an unmanned aircraft
696 system. *Remote Sensing* **6**, 10335–10355. doi.:10.3390/rs61110335.
- 697 Geleti D, Tolera A (2013) Effect of age of regrowth on yield and herbage quality of
698 *Panicum coloratum* under sub humid climatic conditions of Ethiopia. *African Journal of*
699 *Agricultural* **8**, 5841-5844. doi: 10.5897/AJAR11.1999
- 700 Graça NLSS, Mitishita EA, Gonçalves JE (2017) Use of UAV platform as an autonomous
701 tool for estimating expansion on invaded agricultural land. *Boletim de Ciências*
702 *Geodésicas* **23**. 509-519. doi:http://dx.doi.org/10.1590/s1982-21702017000300034
- 703 Hodgson J (1979) Nomenclature and definitions in grazing studies. *Grass and Forage*
704 *Science* **34**, 11-17. doi: 10.1111/j.1365-2494.1979.tb01442.x
- 705 IBGE 2006 Censo Agropecuário. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
706 Disponível em:[https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-
707 epecuaria/9827_censo-agropecuario.html?=&t=resultados](https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-epecuaria/9827_censo-agropecuario.html?=&t=resultados). (Acessado em 16 de maio de
708 2018).

- 709 Kumar L, Schmidt K, Dury S, Skidmore A (2001) Imaging spectrometry and vegetation
710 science. In *Imaging Spectrometry*; Van der Meer, F.D., Jong, S.M.D., Eds.; Kluwer
711 Academic Publishers: Dordrecht, The Netherlands pp 111–155.
- 712 Maranhão CMA, Bonomo P, Pires AJV, Costa ACPR, Martins GCF, Cardoso EO (2010)
713 Características produtivas do capim-braquiária submetido a intervalos de cortes e
714 adubação nitrogenada durante três estações. *Acta Scientiarum. Animal Sciences* **32**, 375-
715 384. doi: 10.4025/actascianimsci.v32i4.8574
- 716 Moeckel T, Dayananda S, Nidamanuri RR, Nautiyal S, Hanumaiah N, Buerkert A,
717 Wachendorf M (2018) Estimation of Vegetable Crop Parameter by Multi-temporal
718 UAV-Borne Images, *Remote Sensing* **10**, 805. doi:10.3390/rs10050805.
- 719 Oliveira MA, Pereira OG, Garcia R, Obeid JA, Cecon PR, Moraes SA, Silveira PR (2000)
720 Rendimento e Valor Nutritivo do Capim-Tifton 85 (*Cynodon spp.*) em Diferentes Idades
721 de Rebrotas. *Revista Brasileira de Zootecnia* **29**, 1949-1960.
- 722 Rouquette Junior FM (2016) Invited Review: The roles of forage management, forage
723 quality, and forage allowance in grazing research. *The Professional Animal Scientist*, 10–
724 18. doi: 10.15232 /pas.2015-01408
- 725 Rodrigues MM, Oliveira ME, Moura RL, Rufino MOA, Silva WKA, Nascimento
726 MPSCB (2013) Forage intake and behavior of goats on Tanzania-grass pasture at two
727 regrowth ages. *Acta Scientiarum. Animal Sciences* **35**, 37-41. doi:
728 10.4025/actascianimsci.v35i1.16035
- 729 Terra Lopes, ML, Carvalho PCF, Anghinoni I, Santos DT, Aguinaga AAQ, Flores JPC,
730 Moraes A (2009) Sistema de integração lavoura-pecuária: efeito do manejo da altura em
731 pastagem de aveia preta e azevém anual sobre o rendimento da cultura da soja e da altura
732 em pastagem de aveia preta e azevém anual. *Ciência Rural* **39**, 1499-1506. doi:
733 10.1590/S0103-84782009005000096

- 734 USDA 2018. Livestock and Poultry: World Markets and Trade. Foreign Agricultural
735 Service. Disponível em:
736 https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.pdf. (Acessado em 16 de
737 Maio de 2018).
- 738 Yang H, Wang L, Xiang L, Wu Q, Jiang H (2018) Automatic Non- Destructive Growth
739 Measuremen Leafy Vegetables Based on Kinect. *Sensors* **18**, 806-829; doi:
740 10.3390/s18030806
- 741 Zhang L, Grift TE (2012) A LIDAR-based crop height measurement system for
742 *Miscanthus giganteus*. *Computers and Electronics in Agriculture* **85**, 70–76.
743 doi:10.1016/j.compag.2012.04.001

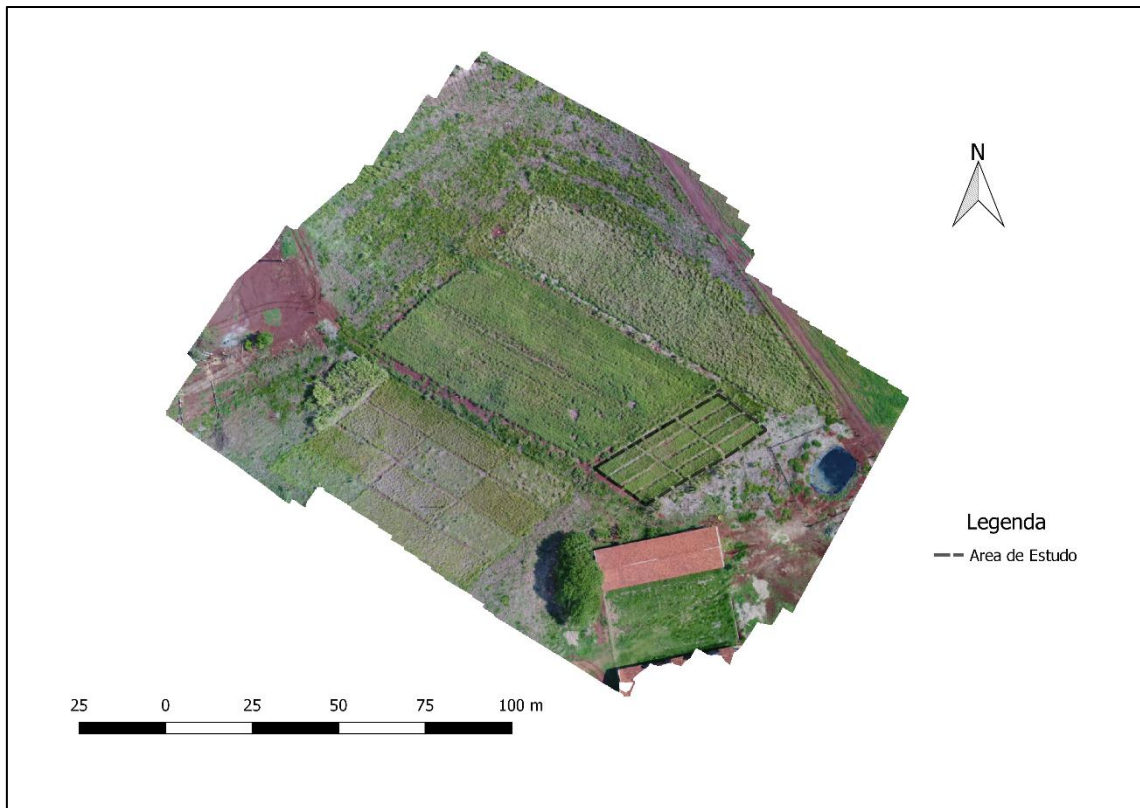


Figura 1. Área do experimento e voo

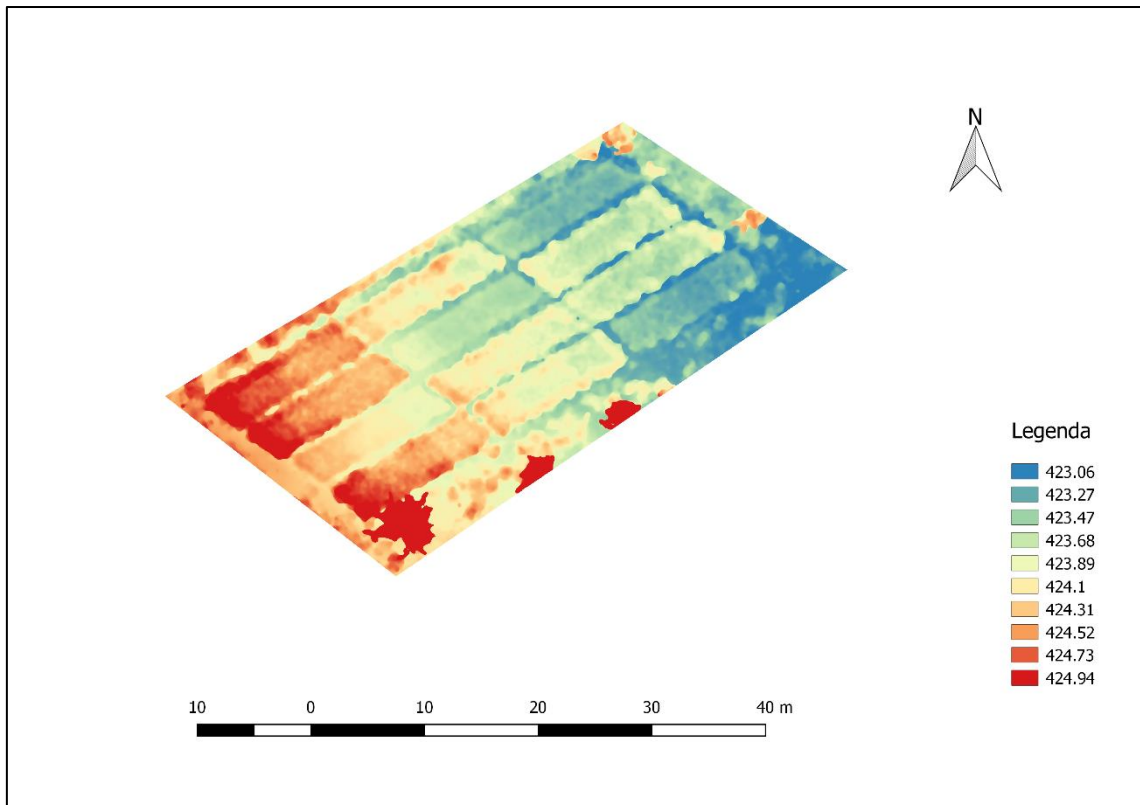


Figura 2. Modelo Digital de Superfície

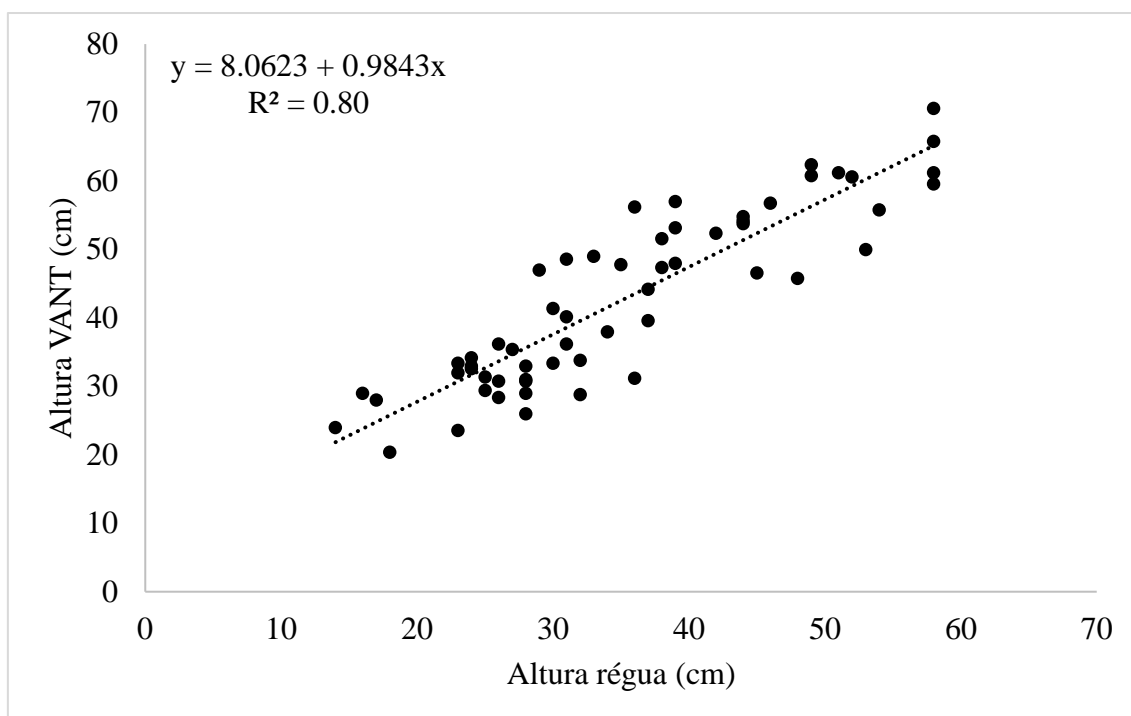


Figura 3. Relação entre altura estimada pelo VANT e altura medida com a régua.

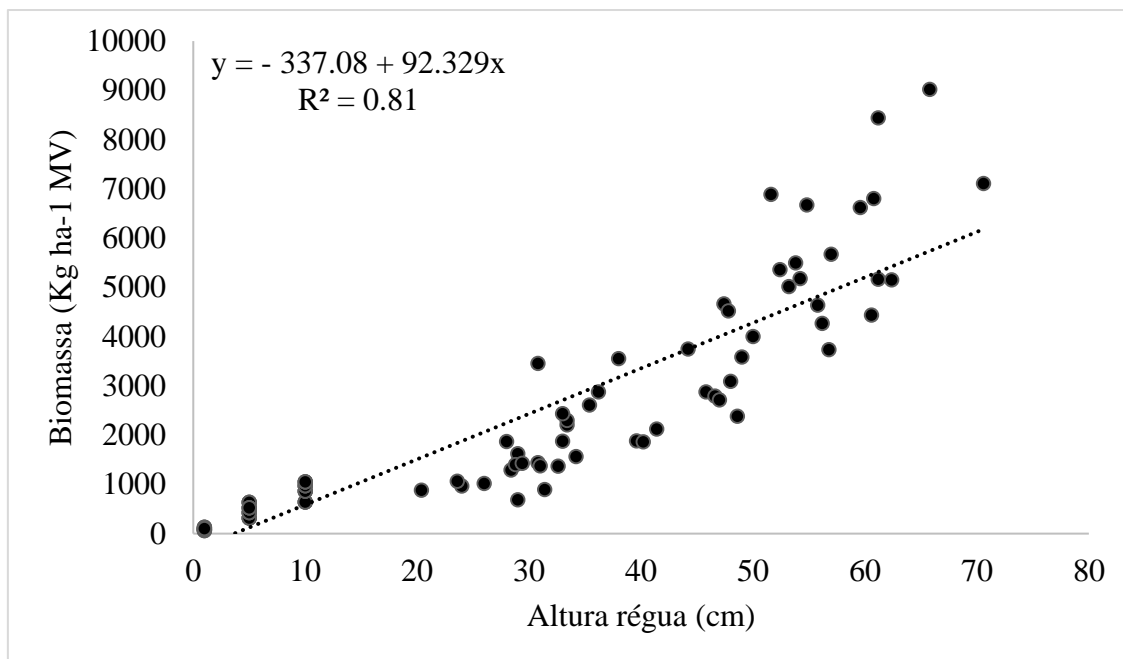


Figura 4. Relação entre biomassa e altura medida com a régua

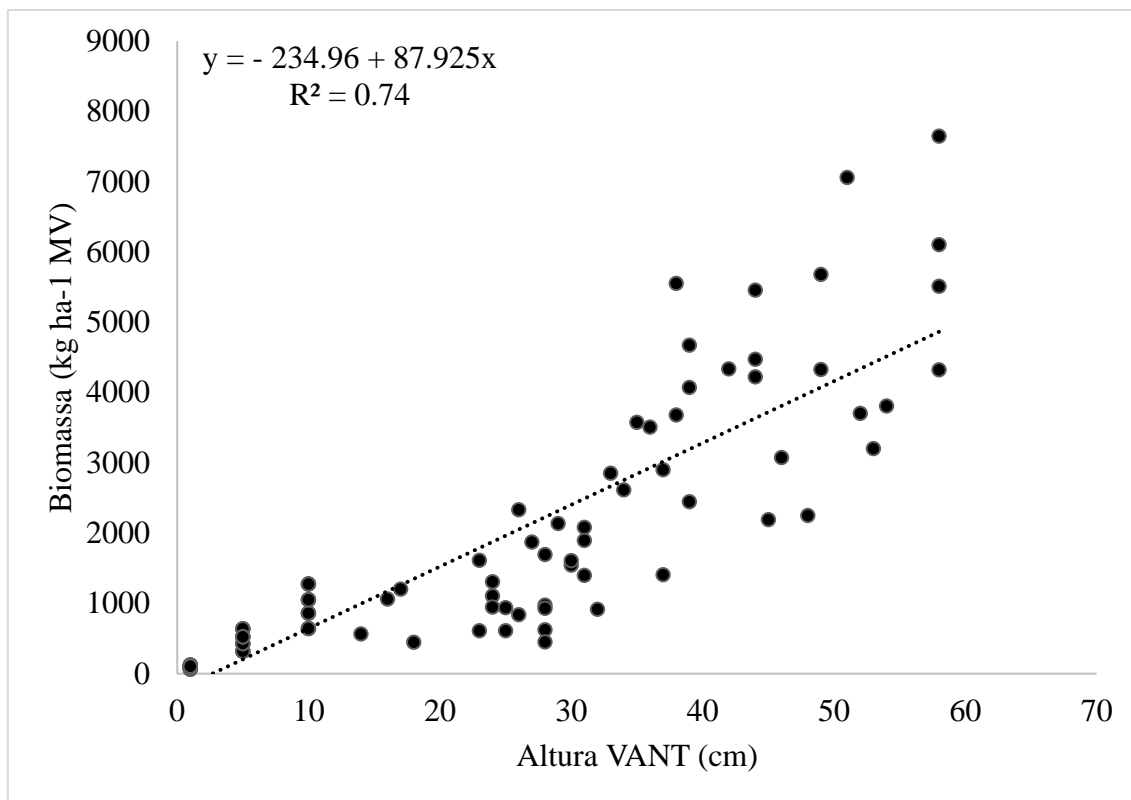


Figura 5. Relação entre altura estimada pelo VANT e biomassa

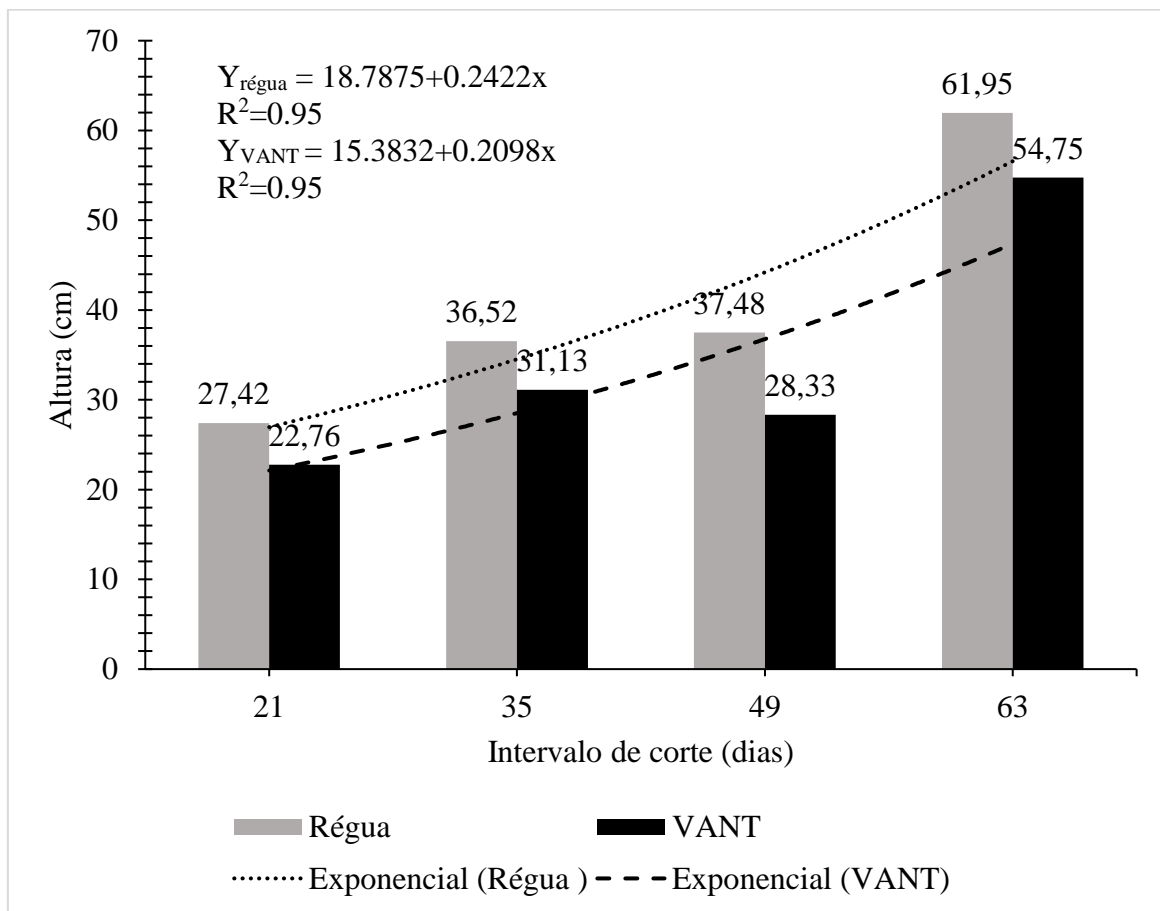


Figura 6: Altura mensurada pela régua e pelo VANT em diferentes intervalos de cortes

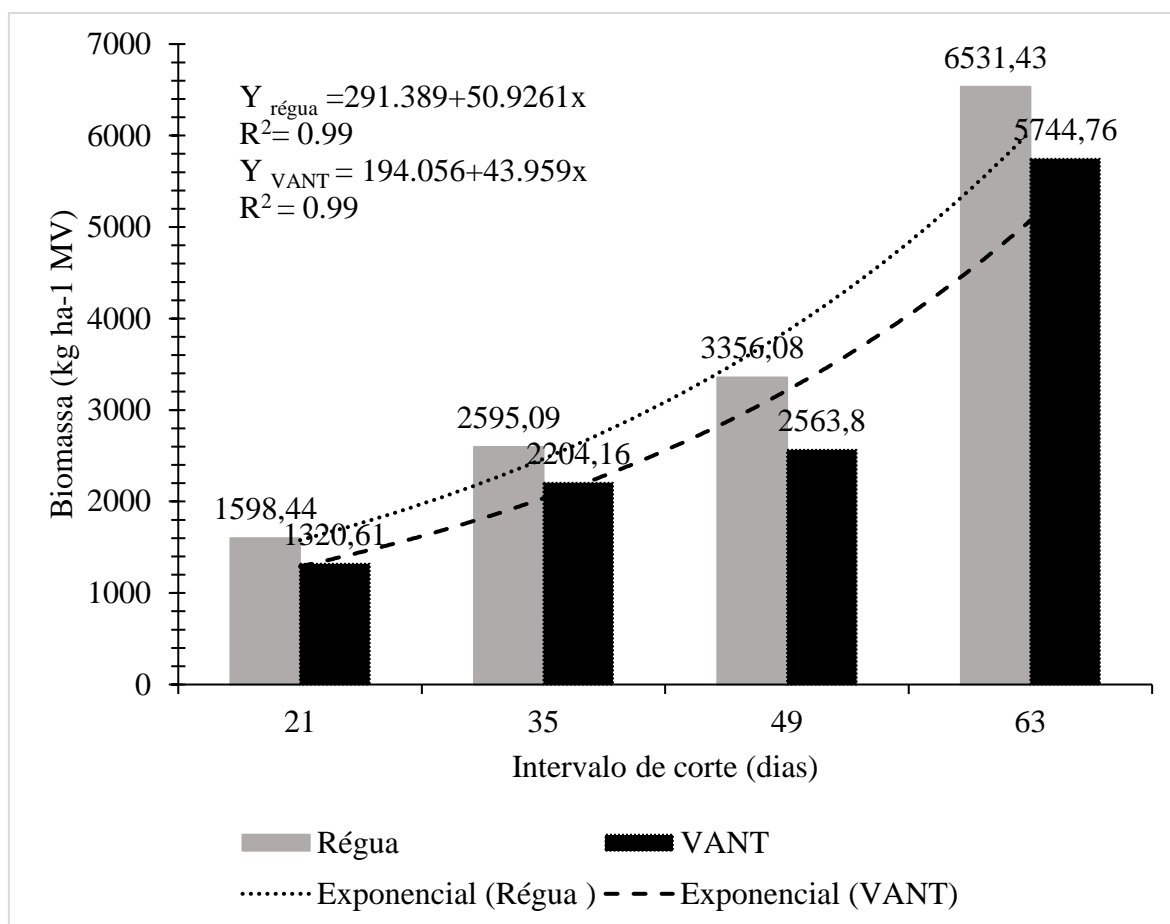


Figura 7: Biomassa estimada pela régua e pelo VANT em diferentes intervalos de cortes