



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

MONOGRAFIA

**Uso do aplicativo Canopeo® para estimativa da massa de forragem do capim-elefante  
consorciado ou não com cunhã.**

Joás José da Silva

RECIFE – PE  
Maio de 2022



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

MONOGRAFIA

**Uso do aplicativo Canopeo® para estimativa da massa de forragem do capim-elefante  
consorciado ou não com cunhã.**

Joás José da Silva

(Graduando)

Prof. Dr. Valdson José da Silva

(Orientador)

Recife – PE

Maio de 2022

Dados Internacionais de Catalogação na  
Publicação Universidade Federal Rural de  
Pernambuco

Sistema Integrado de

Bibliotecas

---

Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S586u Silva, Joás José da  
Uso do aplicativo Canopeo® para estimativa da massa de forragem do capim-elefante consorciado ou não com cunhã. / Joás José da Silva. - 2022.  
30 f.
- Orientador: Valdson Jose da Silva. Inclui referências.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Zootecnia, Recife, 2022.
1. Altura. 2. Cobertura. 3. Crescimento. 4. Manejo. I. Silva, Valdson Jose da, orient. II. Título

---

CDD 636



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

JOÁS JOSÉ DA SILVA  
**Graduando**

Monografia submetida ao Curso de Zootecnia como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Zootecnia.

Aprovado em 03/06/2022

EXAMINADORES

---

Prof. Dr. Marcio Vieira Cunha

---

Dr. Italvan Milfont Macêdo

*Dedico primeiramente a Deus, a meus pais e a todos que  
contribuíram para esse momento.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço em primeiro lugar a Deus, que permitiu que eu chegasse até aqui, que toda honra e toda glória sejam dadas a ele!

Aos meus pais, Josefa Adriana Pires da Silva e José Pires da Silva Neto, que me incentivaram nos momentos mais difíceis e compreenderam a minha ausência enquanto eu me dedicava aos estudos, sou muito grato por ter vocês na minha vida, hoje tento retribuir tudo o que vocês já fizeram e fazem por mim, amo vocês!

À minha noiva Hilda V. Gonçalves, pela dedicação oferecida, pelos momentos de companheirismo e compreensão aos momentos de ausência, te amo!

Aos amigos, que sempre estiveram ao meu lado, pela amizade incondicional e pelo apoio demonstrado ao longo de todo o período de tempo em que me dediquei a este trabalho.

Ao meu Orientador, professor Dr. Valdson, que com muita paciência, dedicação, correções e ensinamentos ajudou no meu processo de formação profissional ao longo do curso e na realização desse trabalho.

A Estação Experimental de Cana-de-Açúcar de Carpina – EECAC, por todo apoio dado durante a fase experimental.

A todos meus professores desde o primário à universidade, que contribuíram no meu processo de aprendizado, sou muito grato pelos seus ensinamentos.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), por me acolher e me disponibilizar todo o conhecimento possível, sempre com os melhores profissionais e tornar possível minha permanência no curso por meio dos programas de bolsas.

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	10
2.	REVISÃO DE LITERATURA.....	11
	2.1 O capim-elefante.....	11
	2.2 A Cunhã.....	12
	2.3 Consórcio entre gramíneas e leguminosas forrageiras .....	13
	2.4 Métodos de amostragem da massa de forragem.....	13
	2.5 Uso de aplicativos para estimar a massa de forragem.....	14
3.	OBJETIVO .....	16
	3.1 Geral .....	16
	3.2 Específicos.....	16
4.	METODOLOGIA .....	16
	4.1 Local do experimento, tratamentos e delineamento experimental .....	16
	4.2 Manejo da área experimental.....	17
	4.3 Coleta de dados.....	17
	4.4 Procedimentos estatísticos.....	19
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
	5.1 Características do dossel.....	20
	5.2 Estimativa da massa de forragem, massa de folhas e massa verde, utilizando a porcentagem de cobertura verde obtida com o aplicativo Canopeo® .....	21
	5.3 Estimativa da massa de forragem e características do dossel utilizando a porcentagem de cobertura verde no perfil do dossel .....	23
6.	CONCLUSÃO .....	25
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	26

## RESUMO

Embora os métodos de avaliação destrutivos para estimar/mensurar a massa de forragem, sejam considerados mais precisos em relação aos não destrutivos, são mais trabalhosos. O Canopeo® é um aplicativo mobile desenvolvido na Universidade de Oklahoma para sistemas Android e IOS e tem sido considerado uma boa ferramenta para estimar a cobertura do dossel. Objetivou-se avaliar o uso do Canopeo® para estimativa da massa de forragem do Capim-elefante [*Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone *syn. Pennisetum purpureum* Schum.] de diferentes portes consorciado ou não com Cunhã (*Clitoria ternatea* L.). O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Cana-de-açúcar de Carpina (EECAC)/Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) entre os anos de 2019 e 2022. Foram avaliados quatro genótipos de Capim-elefante sob corte, sendo dois de porte alto (IRI-381 e Elefante B) e dois de porte baixo (Taiwan A-146 2.37 e Mott) em consórcio ou não com Cunhã. Foi considerado os dados de um corte representativo no período chuvoso de 2019 e outro em 2022. Foram coletadas imagens utilizando um smartphone com câmera de 12mp e *f* 1.8 acoplada no topo e no perfil da vegetação em ponto representativo da condição média de cada parcela para estimativa da cobertura verde e porcentagem de pixel de cor verde. As equações de regressão obtidas para estimativa da massa de forragem total apresentaram de maneira geral, melhor valor de  $R^2$  na condição de consórcio durante a época chuvosa de 2019, com  $R^2$  0,71. Para estimativas de massa total a partir da porcentagem de verde no perfil do dossel, o  $R^2$  variou entre 0,58 e 0,70 no primeiro ano e  $R^2=$  0,62 a 0,63 no segundo ano. Os valores de cobertura verde do topo da vegetação obtidas com aplicativo Canopeo® apresentaram, de maneira geral, melhor nível de associação com a massa de forragem (MF) total e MF verde comparadas com as medidas realizadas a partir do perfil do dossel. O aplicativo Canopeo® é uma ferramenta interessante para estimar a MF e massa de folhas de genótipos de Capim-elefante consorciados ou não com Cunhã.

**Palavras-chave:** Altura, cobertura, crescimento, manejo.



## ABSTRACT

Destructive assessment methods to estimate forage mass, although considered more accurate, are more labor intensive compared to non-destructive methods. Canopeo® is a mobile app developed at the University of Oklahoma for Android and IOS systems and has been considered a good tool for estimating canopy coverage. This study aimed to evaluate the use of Canopeo® to estimate forage mass of Elephant grass [*Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone *syn. Pennisetum purpureum* Schum.] of different sizes intercropped or not with butterfly pea (*Clitoria ternatea* L.). The experiment was conducted at the Carpina Sugarcane Experimental Station (EECAC)/Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE) between 2019 and 2022. Four elephant grass genotypes, being two of tall size (IRI-381 and Elephant B) and two dwarf size (Taiwan A-146 2.37 and Mott) in intercropped or not with cunhã were harvested every 60d. Data from two representative harvests in the rainy season of 2019 and 2022 were considered. Images were collected using a cell phone with a camera attached at the top and in the profile of the vegetation at a representative point of the average condition of each plot to estimate the green cover and percentage of pixel of green color in the canopy profile. The regression equations obtained to estimate the total forage mass generally showed the best  $R^2$  value in the intercropped condition during the 2019 rainy season, with  $R^2$  0.71. For estimates of total forage mass from the percentage of green in the canopy profile, the  $R^2$  varied from 0.58 and 0.70 in the first year and from 0.62 to 0.63 in the the second year. The values of green cover of the top of the vegetation obtained with Canopeo® application presented, in general, a better level of association with the total forage mass and green biomass in comparison with the measurements carried out from the canopy profile. The Canopeo® application can be considered an interesting tool to estimate the total forage mass and leaf mass of elephant grass genotypes intercropped or not with butterfly pea.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui um rebanho de bovinos com cerca de 187 milhões de animais, sendo a maior parte (~85%) mantidos em 162,2 milhões de hectares de pastagens (ABIEC, 2021). Embora o pasto seja a principal fonte de alimento para os animais, estão sujeitos a erros de manejo que acabam comprometendo a produção e a persistência de plantas forrageiras nas pastagens.

A maioria das propriedades, no entanto, apresentam índices de produtividade abaixo do esperado e normalmente decorrentes do manejo inadequado, inclusive ausência de monitoramento e controle da condição do pasto (MANNETJE'T, 1987). O manejo correto das pastagens pode garantir a manutenção da produtividade e sustentabilidade do sistema de produção, bem como a conservação dos recursos ambientais, minimizando a degradação dessas pastagens (ALVES, 2017) . A determinação da massa de forragem (MF) da pastagem, bem como os métodos que podem ser utilizados para estimar/mensurar pode ajudar na tomada de decisão de e contribuir para evitar a degradação da pastagem por meio do ajuste adequado na taxa de lotação. De acordo com Fries et al. (2021), entre as avaliações quantitativas das plantas, a MF é a variável resposta de maior importância e relevância.

Existem diversos métodos que podem ser utilizados para estimar a MF, podendo ser agrupados em métodos destrutivos e não-destrutivos. O método destrutivo consiste em coletar a forragem de uma área conhecida da pastagem (ex. 1 m<sup>2</sup>), enquanto os métodos não-destrutivos podem permitir a estimativa da MF a partir de medidas indiretas, que se bem calibradas, podem permitir a determinação da MF de forma rápida e demandar menos mão de obra quando comparado aos métodos destrutivos (ZANINE; SANTOS; FERREIRA, 2017).

Em países onde a pecuária é conhecida por ser desenvolvida, o uso de métodos não-destrutivos é bastante difundido (ex. disco ascendente na Nova Zelândia) e utilizado por pesquisadores e produtores, e cada vez mais tem surgido opções que permitem a estimativa com bom nível de precisão da MF (ex. aplicativos e sensores). No Brasil, onde faz-se uso de plantas forrageiras tropicais que apresentam características morfológicas diferentes das de clima temperado, o uso de algumas dessas técnicas pode ser mais restrito.

Objetivou-se avaliar o uso de aplicativo para estimativa indireta da massa de forragem em consórcios de genótipos de Capim-elefante com Cunhã e monocultivo da gramínea.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 O capim-elefante

O capim-elefante [*Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone syn. *Pennisetum purpureum* Schum.] é uma gramínea forrageira de origem africana (BOGDAN,1977) que se tornou uma das gramíneas mais difundidas e importantes no Brasil, devido sua adaptação as condições de clima e solo. Essa gramínea pode ser utilizada de diversas formas e quando manejada de maneira eficiente, com condições climáticas adequadas e também solo fértil, apresenta elevado potencial produtivo e valor nutricional (LIMA et al., 2009).

O gênero *Cenchrus* é constituído por mais de 140 espécies e possui um número relativamente grande de cultivares, tendo exemplares de porte alto e porte baixo, nos quais os principais são: Mineirão, Napier, Cameroon, Taiwan, Roxo de Botucatu e Mott. O *Cenchrus purpureus* pode ser utilizado sob diversas formas (XAVIER et al., 2001), incluindo o pastejo direto, capineiras, produção de silagem e feno. Dentre as forrageiras utilizadas em grandes e pequenas propriedades, o Capim-elefante destaca-se devido a produtividade e facilidade de manejo (PEREIRA et al., 2016), sendo majoritariamente utilizado para formação de capineiras.

A utilização do Capim-elefante de porte alto para pastejo é limitada, devido seu hábito de crescimento apresentar alongamento mais rápido dos entrenós e amadurecimento precoce de colmos, resultando em uma planta fora da altura de pastejo pelos animais (PACIULLO, 2015). Já os genótipos de porte baixo apresentam entrenós curtos e maior relação folha/colmo, seu uso se torna viável em sistemas de pastejo para bovinos e animais de pequeno porte como ovinos e caprinos. A diferença no crescimento de colmos em relação aos genótipos de porte alto, confere ao Capim-elefante anão maior qualidade de forragem facilitando o manejo dos animais sob método de lotação rotacionada (CHAVES et al., 2013).

Em virtude de suas características produtivas, essa gramínea tem sido bastante estudado em programas de melhoramento genético pelo Brasil, objetivando a seleção de materiais superiores e adaptados a diversas condições ambientais (FREITAS et al., 2004; SILVA et al., 2009). Desde meados dos anos 60 a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) em parceria com o Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), vem realizando pesquisas que visam o melhoramento genético de Capim-elefante e híbridos como milheto [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br] com o objetivo de obter materiais com características melhores aos tradicionalmente utilizados no estado de Pernambuco. Os trabalhos têm envolvido a avaliação de genótipos de porte alto (ex. Elefante B e IRI – 381) e porte baixo (ex. Taiwan A- 146 e Mott) (IPA, 2008).

CUNHA et al. (2011) ao avaliarem a morfologia e características produtivas de clones do *Cenchrus purpureus* identificaram que o clone Taiwan A- 146 apresentou maior densidade basal de perfilho que os demais clones (característica importante para o pastejo) e produção de 4952,2 kg/ha de MS. Já o clone Mott apresentou o maior número de folhas verdes por perfilho e produção de 4465,7 kg/ha de MS. Os genótipos de porte alto IRI-381 e Elefante B apresentaram produção de 5277,6 kg/ha de MS e 5756,8 kg/ha de MS respectivamente.

SILVA et al. (2008) ao avaliarem clones de Capim-elefante HV-241, Hexaplóide, Venezuela, Elefante B e IRI 381 observaram que o clone IRI 381 apresentou elevada produção de matéria seca, uma das maiores alturas entre os clones estudados e maior número de lâminas foliares por perfilho, com baixo coeficiente de variação, os autores indicaram seu uso na zona da mata de Pernambuco para maior produção nas condições da região.

## 2.2 A Cunhã

A Cunhã (*Clitoria ternatea L.*) é da família das Fabaceae e nativa da Ásia Tropical Equatorial (COOK et al., 2005). É uma leguminosa perene de raízes profundas distribuída em todas as zonas tropicais do globo, se propagando através de sementes (BARROS et al., 2004), é uma planta herbácea, de caules finos e elevada massa foliar, seu feno é de alta qualidade e boa palatabilidade além disso possui uma boa adaptação ao trópico brasileiro e como forrageira possui alto valor nutritivo sendo comparado ao da alfafa (ALVES; REIS; NETO, 2015) também é tolerante a seca, podendo se desenvolver em localidade onde o regime pluvial é de apenas 380 mm/ ano (BARROS et al., 2004).

Esta leguminosa é cultivada em uma variedade de habitats e é comumente usada em consórcio para auxiliar na regeneração do nitrogênio do solo (OGUIS et al., 2019), também é considerada uma das leguminosas mais precoces e produtivas nas regiões tropicais sendo uma excelente alternativa para alimentação de ruminantes (ZAKARIA et al., 2018).

Além de sua boa palatabilidade e valor nutritivo, a Cunhã é bem adaptada ao clima quente e semiárido do nordeste do Brasil em função da sua adaptabilidade e resiliência sob condições de seca, e seu potencial de regeneração logo após o início do período chuvoso (ABREU et al., 2014). Embora seja uma planta que apresenta certa resistência e persistência ao pastejo, é normalmente recomendada para utilização sob corte, pois quando pastejada com alta frequência apresenta tendência de redução drástica do estande de plantas em longo prazo.

Ao avaliar o potencial forrageiro da *Clitoria ternatea L.*, ABREU et al. (2014) relataram que a produção variou de 592 Kg de MS. Ha<sup>-1</sup> aos 35 dias e até 3.684 Kg de MS. Ha<sup>-1</sup> aos 90 dias de idade.

### 2.3 Consórcio entre gramíneas e leguminosas forrageiras

Apesar da grande importância das pastagens no país, estima-se que aproximadamente 50% das pastagens cultivadas apresentam algum grau de degradação devido, principalmente, a baixa reposição de nutrientes (especialmente N) e erros nos ajustes da taxa de lotação (superpastejo) (BODDEY et al., 2004). Como parte da solução para esse problema tem sido incentivado a inclusão de leguminosas capazes de fixar nitrogênio em pastagens (ALVES et al., 2016) e a adoção de estratégias de manejo que garantam a persistência da planta forrageira.

A cunhã (*Clitoria ternatea* L.) pode apresentar alta compatibilidade com o Capim-elefante, especialmente pelo hábito de crescimento volúvel, permitindo que ocorra elevado grau de associação entre as características estruturais dentre e entre as espécies (GOMEZ e KALAMANI, 2003). De acordo com ALVES; REIS; NETO, (2015) a cunhã tem potencial para produzir 24 toneladas/ha em até 6 cortes anuais podendo chegar a 15 toneladas de matéria seca/hectare/ano na região semiárida. Esta variabilidade depende do sistema de produção escolhido, do número de cortes e adubação. A Cunhã apresenta simbiose com alguns gêneros de bactérias fixadoras de nitrogênio onde a planta fornece às bactérias toda a energia necessária ao seu metabolismo. Leguminosas que apresentam esta associação tem a capacidade de fixar biologicamente taxas de 40 a 290 kg N/ha/ano, com a grande maioria situando-se entre 70 e 140 kg N/ha/ano (BENEDETTI, 2013).

O uso de leguminosas em consórcio com gramíneas pode aumentar a qualidade e a diversificação da dieta consumida pelos animais; melhorar a disponibilidade de forragem pelo aporte de nitrogênio ao sistema por meio de sua reciclagem (DIEHL et al., 2013) e aumentar o período de utilização da pastagem (BARCELLOS et al., 2008). De maneira geral, a associação entre leguminosas e gramíneas traz benefícios de grande interesse no cenário produtivo, uma vez que a grande limitação das gramíneas forrageiras é a disponibilidade de nitrogênio (OLIVEIRA et al., 1996).

Seibt et al. (2021) ao avaliarem o uso do Capim-elefante consorciado com amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*) ou trevo-vesiculoso (*Trifolium vesiculosum*), observaram que as leguminosas contribuíram para o aumento da MF do Capim-elefante e menor variação no valor nutricional ao longo do ano.

### 2.4 Métodos de amostragem da massa de forragem

A estimativa imprecisa da massa de forragem (MF) pode dificultar decisões importantes sobre o uso da forragem produzida, contribuindo, inclusive para erros no ajuste da taxa de lotação e duração do pastejo (BAXTER et al., 2017). Nesse sentido, a determinação da

produção de forragem é fundamental para garantir o manejo adequado e planejamento da produção animal no sistema de produção.

A MF é uma medida instantânea que pode ser definida como a quantidade de matéria seca (MS) presente acima do nível do solo no momento da coleta (ALLEN et al., 2011), sendo normalmente expressa em  $\text{kg/ha}^{-1}$  de MS. Conhecer as variações de MF nas pastagens é essencial para tomada de decisões relacionadas ao manejo do pastejo (BENKOBI et al., 2000). De acordo com Burns et al. (1989), a partir da estimativa de MF pode-se identificar alterações na taxa de acúmulo de forragem (TAF) e consumo de forragem dos animais, o que pode permitir o ajuste na taxa de lotação animal.

Existem vários métodos para estimar a MF de uma pastagem e a escolha do método a ser utilizado pode variar porque muitos fatores interagentes podem exigir uma ou outra técnica de mensuração, incluindo a densidade e uniformidade do pasto, hábito de crescimento, perfilhamento, altura e composição morfológica da planta. Os métodos podem ser agrupados em destrutivos (diretos), baseados no corte de toda a forragem contida em uma área da pastagem sendo amostrada, e não-destrutivos (indiretos), que não requerem colheita da forragem e são normalmente mais rápidos, apresentando menor demanda de mão-de-obra. O método direto com uso de molduras de área conhecida é mais utilizado e conhecido em relação aos outros métodos (SALMAN; SOARES; CANESIN, 2006). É fundamental que o método utilizado represente de forma precisa a MF, e que, preferencialmente, não apresente elevada demanda de trabalho e mão-de-obra (FRAME, 1981; MANNETJE, 1987; LOPES et al., 2000).

O método considerado como o mais preciso para estimativas de MF é o destrutivo, no entanto, pode apresentar baixa viabilidade prática em razão das amostragens serem bastante trabalhosas, requerer tempo e mão de obra para coleta e na manipulação de amostras (FRAME, 1981). Por outro lado, os métodos não-destrutivos para determinar a MF, mesmo sendo menos preciso, permitem que muitas medições podem ser feitas em um curto período, tornando-se mais práticos. Os métodos não destrutivos, incluem desde avaliações visuais (HAYDOCK e SHAW, 1975; STOCKDALE, 1984), até a utilização de descritores do dossel (ex. altura, índice de área foliar, imagens, etc.), entre outros. Essas ferramentas variam em precisão e praticidade no contexto da espécie forrageira em questão e o uso (ou seja, no campo ou ambiente controlado) (KOENING et al., 2000).

### **2.5 Uso de aplicativos para estimar a massa de forragem**

O avanço da tecnologia que ocorreu nos últimos anos e melhorias na qualidade de imagem produzidas pelos sensores de câmeras digitais e até mesmo de dispositivos móveis, possibilitaram o uso de imagens para diferentes finalidades. A melhoria do sensor está

relacionada com a quantidade de pixels por ele produzido, permitindo imagens com maior quantidade de informações, permitindo então estimar características da vegetação, incluindo estimativas da cobertura do dossel (BEHRENS e DIEPENBROCK, 2006).

A partir de imagens do dossel, pode ser possível avaliar o desenvolvimento da vegetação, interceptação de luz pelos diferentes componentes das plantas, bem como o potencial de evapotranspiração (PATRIGNANI e OCHSNER, 2015). O Canopeo® é uma ferramenta que possibilita a análise dos pixels utilizando o sistema Red-Green-Blue (RGB) (PATRIGNANI e OCHSNER, 2015) e estima a cobertura verde do dossel. O aplicativo foi desenvolvido na Universidade de Oklahoma, e está disponível como aplicativo para dispositivos Android e IOS e permite ao usuário determinar a porcentagem de cobertura verde em tempo real (PATRIGNANI e OCHSNER, 2015), o que pode permitir a tomada de decisões de gerenciamento de forma bastante ágil.

Xiong et al. (2019) avaliando o uso de aplicativos como métodos não destrutivos para estimativa da cobertura do dossel observaram que o Canopeo® foi capaz de detectar a cobertura do dossel em maior velocidade e com boa precisão, quando comparado a outros pacotes de softwares, como o imageJ. O aplicativo utiliza um limite de cores automático na classificação, o que reduz drasticamente o tempo de processamento de cada imagem. Além disso, o Canopeo® pode processar imagens 75 a 2500 vezes mais rápido que o conhecido programa de análise de imagem para obtenção de cobertura vegetal SamplePoint (BOOTH et al., 2006).

Chung et al. (2017) adaptaram a forma de uso do aplicativo Canopeo®, e utilizaram para estimar a biomassa de quatro cultivares de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] durante cinco semanas. Em vez de analisar imagens do topo da vegetação, os autores analisaram imagens do perfil da planta. Os autores encontraram elevado grau de correlação entre medidas de porcentagem de verde em imagens do perfil e a biomassa de plantas, recomendando o uso da ferramenta para estimativa da biomassa total dos quatro cultivares avaliados. Jáuregui et al. (2018) avaliaram o uso do aplicativo Canopeo® para estimar a biomassa de alfafa (*Medicago sativa* L.) a partir de medidas da cobertura verde e o aplicativo foi capaz de predizer valores com boa precisão ( $R^2 = 0,83$ ) sem a necessidade de considerar as estações do ano.

A possibilidade de uso de um aplicativo (ex: Canopeo®) como ferramenta para estimativa da massa de forragem pode facilitar significativamente o planejamento da produção e uso da forragem produzida na propriedade. Estudos iniciais tem indicado que o aplicativo pode ser utilizado, com boa precisão e acurácia, para estimar a massa de forragem de culturas anuais (CHUNG et al., 2017), porém ainda não há estudos com outras plantas forrageiras tropicais.

### 3. OBJETIVO

#### 3.1 Geral

- Avaliar o uso do aplicativo Canopeo® para estimativa da massa de forragem de genótipos de Capim-elefante de diferentes portes e dos consórcios destes com a cunhã.

#### 3.2 Específicos

- Avaliar o uso do aplicativo Canopeo® para estimar a massa de forragem total, massa de folhas e massa verde de capim-elefante e sistemas manejo (consorciado ou não com Cunhã) a partir de imagens coletadas do topo do dossel.

- Avaliar o uso do aplicativo Canopeo® para estimar a massa de forragem total, massa de folhas e massa verde de capim-elefante e sistemas manejo (consorciado ou não com Cunhã) a partir de imagens coletadas do perfil do dossel.

### 4. METODOLOGIA

#### 4.1 Local do experimento, tratamentos e delineamento experimental

O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Cana-de-açúcar do Carpina (EECAC), pertencente à Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), localizada no Município de Carpina, Mata Setentrional do estado de Pernambuco, a 56 km da capital Recife, com altitude média de 180 m, latitude 07°51'03" Sul e longitude 35°15'17" Oeste. O município de Carpina encontra-se inserido nos domínios das bacias hidrográficas dos rios Goiana e Capibaribe. O clima da região é As' (tropical seco), segundo classificação de Köppen (PEEL; FINLAYSON; MCMAHON, 2007), com período chuvoso compreendido entre os meses de maio e agosto e com temperatura e precipitação médias anuais de 24,6 °C e 1100 mm, respectivamente.

O tipo de solo predominante na região é o Argissolo Amarelo Distrocoeso, com topografia plana à suavemente ondulada. A área experimental, anteriormente, foi utilizada para cultivo de cana-de-açúcar. Foram coletadas amostras de terra do solo no dia 06/03/2017, e os resultados foram: pH em água = 5,5; K = 0,11 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Na = 0,09 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al = 0,00 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca = 1,80 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg = 0,50 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H = 2,70 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. A saturação por bases foi de 2,49 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e a capacidade de troca catiônica, de 5,19 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

Foram avaliados quatro genótipos de Capim-elefante sob corte, sendo dois de porte alto (IRI-381 e Elefante B) e dois de porte baixo (Taiwan A-146 2.37 e Mott) em consórcio ou não com Cunhã (*C. ternatea* L.). O delineamento utilizado foi em blocos completos casualizados, em arranjo fatorial (4 × 2), correspondendo aos genótipos e sistema de cultivo, com quatro repetições.



## 4.2 Manejo da área experimental

Os genótipos foram plantados em sulcos espaçados de 1,0 m entre linhas, formando parcelas de 25 m<sup>2</sup> (5 m × 5 m) de área total, com 9 m<sup>2</sup> (3 m × 3 m) de área útil. Para início do experimento, foi realizado corte de uniformização do Capim-elefante rente ao nível do solo e adubação de manutenção das parcelas de monocultivo de Capim-elefante, segundo recomendação de análise química do solo. No momento do corte de uniformização, foram plantadas as mudas de Cunhã nas entrelinhas das parcelas destinadas ao consórcio gramínea-leguminosa. Nas parcelas em sistemas de consórcio não foram realizadas adubação de manutenção. A frequência de colheita adotada ao longo do tempo foi de 60 dias.

Para este trabalho foram considerados os dados coletados em dois cortes representativos do período chuvoso dos anos de 2019 e 2022 respectivamente, a partir de coletas realizadas nos dias 04/10/2019 e 07/04/2022. Após cada colheita, apenas as parcelas com monocultivo de Capim-elefante receberam adubação equivalente a 100 kg N ha<sup>-1</sup>, 80 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, 70 Kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>. A adubação foi realizada apenas no período chuvoso.

## 4.3 Coleta de dados

Imediatamente antes de cada corte, foram coletadas duas imagens com o uso de smartphone com câmera acoplada do topo da vegetação em ponto representativo da condição média de cada parcela para estimativa da cobertura verde do dossel (Figura 1).

O dispositivo utilizado para captura foi o Samsung Galax s9+ com câmera de 12mp e abertura de *f* 1.8. Cada imagem foi tirada a uma distância de 60 cm do topo da vegetação, seguindo as recomendações de uso do aplicativo Canopeo® (PATRIGNANI e OCHSNER, 2015) a coleta de dados foi realizada entre as 9:00 e 11:00am todas as imagens foram coletadas sem uso do flash.



Figura 1 - Coleta imagem da cobertura da planta

Em cada parcela, foi registrada uma imagem do perfil do dossel (a partir da altura de corte) em um ponto representativo da condição média do dossel em cada tratamento utilizando o smartphone na posição horizontal. Todas as imagens (topo da vegetação e perfil do dossel – (Figuras 2: A e C) foram analisadas por meio do aplicativo Canopeo®. A cobertura verde do dossel foi obtida a partir da média de cobertura das duas imagens analisadas. As medidas foram realizadas de acordo com as recomendações do fabricante, e foram utilizadas para correlacionar com as medidas de cobertura verde obtidas com o aplicativo Canopeo®.

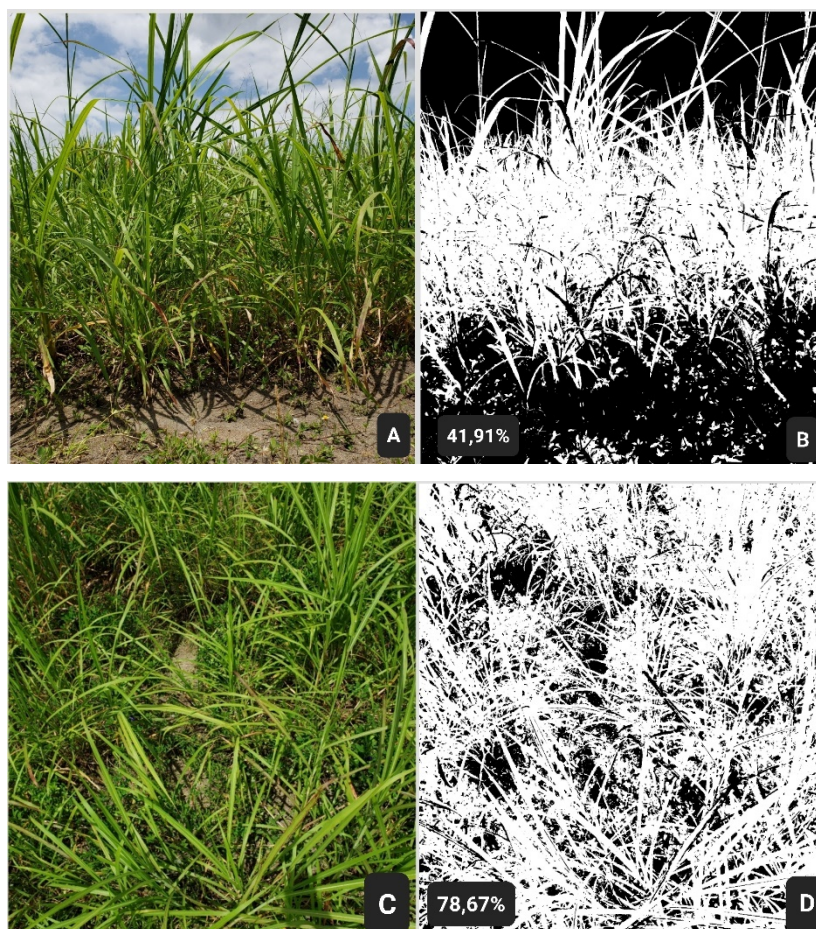


Figura 2 - Imagem do perfil (A) e topo do dossel (C) e resultado da análise utilizando o aplicativo Canopeo® (B) e (D).

A forragem foi colhida a cada 60 dias, o Capim-elefante foi cortado rente ao solo e a Cunhã a 20cm. Após o corte, a massa colhida em cada parcela separada em folha, colmo e material morto, e levados a estufa de circulação de ar forçada a 55° C até peso constante. A soma dos componentes da massa seca colhida foi considerada massa de forragem total em cada corte. A massa de folhas foi calculada a partir do peso seco das folhas e massa de forragem verde foi calculada a partir da soma das frações colmo e folha.

Os valores de MF total e massa de folhas, e massa de forragem verde foram utilizados para correlacionar com as análises de imagens de cobertura e do perfil do dossel utilizando o aplicativo Canopeo® para avaliar a possibilidade de uso do aplicativo para estimar a massa de forragem, massa de folhas e massa verde (CHUNG et al., 2017).

#### 4.4 Procedimentos estatísticos

Os dados foram agrupados por ano de avaliação, considerando que não foram obtidos em anos subsequentes. Os dados de cobertura verde foram analisados utilizando o PROC MIXED do pacote estatístico SAS versão 9.2. No modelo, os efeitos de genótipos, sistema de

manejo e ano foram considerados efeitos fixos. Na escolha da matriz de covariância foi adotado o critério de Akaike (WOLFINGER, 1993). As médias foram estimadas utilizando o LSMEANS. Os dados foram submetidos à análise de regressão utilizando o PROC REG do SAS ao nível de 5%.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Características do dossel

Os valores médios e intervalo de variação dos parâmetros estudados estão apresentados na Tabela 1 e 2. No ano de 2019, os valores de MF foram inferiores no sistema consorciado (Tabela 1). Já no ano de 2022, os valores na situação de consórcio e não consorciado foram mais próximos (Tabela 2). É importante destacar que as parcelas de sistemas não consorciados foram adubadas com 100 kg de N durante a época chuvosa. Era esperado que a presença da leguminosa contribuísse para aumento da produção de forragem, ou pelo menos, conseguisse níveis de produção semelhante ao sistema não consorciado, considerando o potencial de fixação biológica de N da leguminosa.

Tabela 1 - Média e intervalo de valores de cobertura verde e do perfil, massa de forragem total, massa de folhas e massa de forragem verde de genótipos de Capim-elefante em consórcio ou não com Cunhã no ano de 2019.

Variável ou descritor morfológico	Mínimo	Máximo	Média
<i>Conсорciado</i>			
Cobertura verde (%)	47	82	72
Massa de forragem total (kg MS ha <sup>-1</sup> )	721	3996	1058
Massa de folhas (kg MS ha <sup>-1</sup> )	505	2070	1202
Massa de forragem verde (kg MS ha <sup>-1</sup> )	631	2959	1830
Perfil (%) <sup>§</sup>	35	65	47
<i>Não- consorciado</i>			
Cobertura verde (%)	71	84	75
Massa de forragem total (kg MS ha <sup>-1</sup> )	3508	7959	5584
Massa de folhas (kg MS ha <sup>-1</sup> )	1451	2584	1896
Massa verde (kg MS ha <sup>-1</sup> )	3088	7185	4892
Perfil (%) <sup>§</sup>	36	55	45

<sup>§</sup> Porcentagem de verde na imagem do perfil da vegetação

Tabela 2 - Média e intervalo de valores de cobertura verde e do perfil, massa de forragem total, massa de folhas e massa de forragem verde de genótipos de Capim-elefante em consórcio ou não com Cunhã durante o ano de 2022.

Variável ou descritor morfológico	Mínimo	Máximo	Média
<i>Consoiciado</i>			
Cobertura verde (%)	27	56	39
Massa de forragem total (kg MS ha <sup>-1</sup> )	1006	3231	1340
Massa de folhas (kg MS ha <sup>-1</sup> )	602	1773	1089
Massa de forragem verde (kg MS ha <sup>-1</sup> )	872	2930	1905
Perfil (%) <sup>§</sup>	24	39	33
<i>Não- consorciado</i>			
Cobertura verde (%)	22	52	32
Massa de forragem total(kg MS ha <sup>-1</sup> )	878	1980	1394
Massa de folhas (kg MS ha <sup>-1</sup> )	486	953	687
Massa verde (kg MS ha <sup>-1</sup> )	695	1760	1204
Perfil (%) <sup>§</sup>	24	43	32

<sup>§</sup> Porcentagem de verde na imagem do perfil da vegetação

### **5.2 Estimativa da massa de forragem, massa de folhas e massa verde, utilizando a porcentagem de cobertura verde obtida com o aplicativo Canopeo®**

Os modelos apresentaram, de maneira geral, maior R<sup>2</sup> para a condição de consórcio no primeiro ano (2019) (Tabela 3). Isso pode ter acontecido devido a contribuição da Cunhã no consórcio para aumento da quantidade de pixels verdes da imagem. Os valores de R<sup>2</sup> para massa total e massa verde foram parecidos (R<sup>2</sup> de 0,70 e 0,71 respectivamente), e foram inferiores para estimativa da massa de folhas (R<sup>2</sup> = 0,57).

No ano de 2022, as estimativas de massa verde apresentaram valores de R<sup>2</sup> superior nos genótipos não consorciados variando de 0,48 a 0,58. Isso não era esperado, uma vez que o Canopeo® lê pixels de cor verde, nas parcelas consorciadas há maior presença de material de nessa cor.

Tabela 3 - Equações de regressão para estimativa de massa de forragem (MF) a partir da cobertura verde obtida com o aplicativo Canopeo® em genótipos de Capim-elefante em consórcio ou não com Cunhã durante o ano de 2019.

Cobertura verde	Equação	R <sup>2</sup>	RMSE
<i>Consoiciado</i>			
Massa total	MFt = 73,9(cv) – 3232,1	0,71	438,54
Folhas	MFo = 35,746(cv) – 1299,3	0,57	280,61
Massa verde	MVe = 64,504(cv) – 2810,8	0,71	392,25
<i>Não-consoiciado</i>			
Massa total	MFt = 550,05(cv) – 35204	0,59	915,96
Folhas	MFo = 81,746(cv) - 4165,4	0,28	265,98
Massa verde	MVe = 509,52(cv) - 32900	0,57	846,72

cv= percentual de cobertura verde determinada com aplicativo Canopeo®

Tabela 4 - Equações de regressão para estimativa de massa de forragem (MF) a partir da cobertura verde obtida com o aplicativo Canopeo® em genótipos de Capim elefante em consórcio ou não com Cunhã durante o ano 2022.

Cobertura verde	Equação	R <sup>2</sup>	RMSE
<i>Consoiciado</i>			
Massa total	MFt = 47,117 (cv) – 319,2	0,48	457,54
Folhas	MFo = 32,897(cv) – 201,67	0,77	290,21
Massa verde	MVe = 42,493(cv) – 204,12	0,45	543,25
<i>Não-consoiciado</i>			
Massa total	MFt = 35,971(cv) – 253,92	0,58	448,12
Folhas	MFo = 13,842(cv) – 248,03	0,56	546,18
Massa verde	MVe = 33,567(cv) – 145,67	0,58	475,04

cv= percentual de cobertura verde determinada com aplicativo Canopeo®

Martin et al. (2005) avaliaram equações para determinar a massa de forragem de pastagens de capins de clima temperado em consórcio com trevo branco (*Trifolium repens* L.) a partir de estimativa visual, disco ascendente e altura, e observaram valores de R<sup>2</sup> variando de 0,04 a 0,80. Os autores reportaram diferenças entre diferentes semanas de avaliação, e a análise considerando todo o conjunto de dados resultou em equações com baixos valores de R<sup>2</sup>.

Baxter et al., (2017), avaliando a possibilidade de uso do aplicativo de análise de imagens ImageJ para estimativa da MF de pastagens de alfafa (*Medicago sativa* L.) em consórcio com grama trigo de porte alto (*Thinopyrum ponticum*) reportaram  $R^2$  de 0,66. No presente trabalho, os valores de  $R^2$  variaram entre 0,59 a 0,71 para genótipos consorciados no primeiro ano e 0,48 a 0,58 em 2022.

JÁUREGUI et al., (2019) utilizaram as medidas de cobertura verde com o aplicativo Canopeo® para determinar a MF de alfafa (*Medicago sativa* L.) e reportaram que embora o aplicativo tenha sido desenvolvido para medir a porcentagem de cobertura verde do dossel, as medidas poderiam ser utilizadas para estimar a MF devido ao elevado nível de associação ( $R^2 = 0,81$ ). De acordo com os autores, considerando a praticidade das medidas com o uso de aplicativos e as correlações encontradas, o Canopeo® se mostrou eficiente na determinação da MF.

### 5.3 Estimativa da massa de forragem e características do dossel utilizando a porcentagem de cobertura verde no perfil do dossel

Os valores de  $R^2$  observados nas equações para estimativa da massa de folhas a partir da porcentagem de verde nas imagens do perfil do dossel foram, de maneira geral, menores quando comparados com os observados para cobertura no primeiro ano (Tabelas 3). É importante destacar que a depender do porte o Capim-elefante possui a característica de apresentar alta quantidade de colmos no perfil e maior quantidade de folhas em sua parte superior, o que reduz a quantidade de pixels verde da imagem do perfil. Para estimativas de massa total a partir da porcentagem de verde no perfil do dossel, o  $R^2$  variou entre 0,58 e 0,70 no primeiro ano e 0,62 a 0,63 no período chuvoso do segundo ano.

Tabela 5 - Equações de regressão para estimativa de massa de forragem a partir da análise de imagem de perfil do dossel com o aplicativo Canopeo® em genótipos de Capim-elefante em consórcio ou não com Cunhã durante o período chuvoso de 2019.

Perfil	Equação	$R^2$	RMSE
<i>Consoiciado</i>			
Massa total	$MF_t = 71.805(pv) - 1230,6$	0,70	335,82
Folhas	$MF_o = 27.828(pv) - 82.353$	0,28	372,05
Massa verde	$MV = 64,853(pv) - 1139,9$	0,73	301,71
<i>Não-consorciado</i>			

Massa total	$MFt = 170,32(pv) - 2214,5$	0,58	162,05
Folhas	$MFo = 20,392(pv) + 993,57$	0,21	200,93
Massa verde	$MVe = 161,77(pv) - 2528,4$	0,59	139,92

pv= percentual de verde no perfil do dossel determinada com aplicativo Canopeo®

Tabela 6 - Equações de regressão para estimativa de massa de forragem a partir da análise de imagem perfil do dossel com o aplicativo Canopeo® em genótipos de Capim-elefante em consórcio ou não com Cunhã durante o período chuvoso de 2022.

Perfil	Equação	R <sup>2</sup>	RMSE
<i>Consoiciado</i>			
Massa total	$MFt = 114,05(pv) - 1521,1$	0,63	325,32
Folhas	$MFo = 62,338(pv) - 927,26$	0,61	362,24
Massa verde	$MVe = 106,9(pv) - 1586,1$	0,63	372,47
<i>Não-consoiciado</i>			
Massa total	$MFt = 53,68(pv) - 332,97$	0,62	332,12
Folhas	$MFo = 21,068(pv) + 8,83$	0,61	262,61
Massa verde	$MVe = 51,104(pv) - 434,93$	0,64	243,2

pv= percentual de verde no perfil do dossel determinada com aplicativo Canopeo®

Uma das limitações do aplicativo Canopeo® para determinar a MF específica de cada espécie é que ele não permite distinguir entre plantas invasoras e o cultivo de interesse (JÁUREGUI et al., 2019), o que pode contribuir para elevar o erro nas estimativas da MF, especialmente em condições de campo, no entanto essa estimativa contendo outras espécies é importante na determinação da massa total, uma vez que algumas plantas ali presentes podem ser consumidas pelo animal. Embora os níveis de correlação observados entre medidas do perfil e do topo da vegetação com variáveis relacionadas a biomassa possam ser considerados medianos, a combinação de modelos lineares pode contribuir para melhorar o nível de precisão das estimativas de biomassa (BAXTER et al., 2017).



## 6. CONCLUSÃO

Os valores de cobertura verde do topo da vegetação e do perfil obtidos com aplicativo Canopeo® apresentaram, um bom nível de aproximação com a biomassa verde, massa total e massa de folhas. Os valores de cobertura verde apresentaram maior aproximação com a massa total, massa de folhas e biomassa verde quando comparado com as medidas realizadas a partir do perfil do dossel. O aplicativo Canopeo® é uma ferramenta útil para estimar a biomassa de genótipos de Capim-elefante consorciados ou não com Cunhã. A obtenção de mais dados de cobertura verde e biomassa para os diferentes genótipos pode permitir a separação de equações específicas para cada grupo/genótipo, contribuindo para melhorar a estimativas de biomassa a partir de medidas obtidas com o aplicativo.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIEC. Perfil da Pecuária no Brasil. Assoc. Bras. Ind. Exportação carne, 2019. Disponível em: <<http://www.abiec.com.br/control/uploads/arquivos/sumario2019portugues.pdf>>. Acesso em: 20 de julho de 2020.
- ABREU, M. et al. *Clitoria ternatea* L. as a Potential High Quality Forage Legume. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. v. 27, n. 2, p. 169-178, fev. 2014
- ALLEN, V. G. et al. An international terminology for grazing lands and grazing animals. *Grass and Forage Science*, v. 66, n. 1, p. 2–28, 2011.
- ALVES, E.B.; MENEZES, R.C.; LARA, M.A.S. CASAGRANDE, D.R.; BERNARDES, T.F. Residual effects of stylo on the morphogenetic and structural characteristics of palisadegrass pasture. *Grassland Science*, v. 62, 151-159, 2016.
- ALVES, A. A.; REIS, E. M.; NETO, M. F. da S. Forrageiras indicadas para a alimentação animal no Semiárido brasileiro Forrageiras indicadas para a alimentação animal no Semiárido brasileiro. Embrapa Semiárido, Petrolina, p. 62, 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/141004/1/Cartilha-Andrea.pdf>. Acesso em: 06 de junho de 2022.
- BARCELLOS, A. O. et al. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 37, n. suplemento especial, p. 51–67, 2008.
- BARIONI, L. G.; FERREIRA, A. C. Boletim de Pesquisa em Fazenda Agropecuária na Região do Cerrado EMBRAPA CERRADOS. Planaltina, DF: [s.n.]. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/571495/1/bolpd191.pdf>>. Acesso em: 9 de abril de 2022.
- BARROS, N. N., ROSSETTI, A. G; DE CARVALHO, R. B. Feno de cunhã (*Clitoria ternatea* L.) para acabamento de cordeiros. *Ciência Rural*, v. 34, n. 2, p. 499-504, 2004.
- BENKOBI, L. et al. Protocol for Monitoring Standing Crop in Grasslands Using Visual Obstruction. *Journal of Range Management*, v. 53, n. 6, p. 627, 2000.
- BENEDETTI, E. Leguminosa e sistema silvipastoril. 1. Ed. Uberlândia: EDFU, 127p., 2013.
- BAXTER, L. L.; WEST, C. P.; BROWN, C. P.; GREEN, P. E. Comparing nondestructive sampling techniques for predicting forage mass in alfalfa–tall wheatgrass pasture. *Agronomy Journal*, v.109, p.2097–2106, 2017.

- BEHRENS, T.; DIEPENBROCK, W. Using digital image analysis to describe canopies of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) during vegetative developmental stages. *Agronomy Journal.*, v.192, p.295–302, 2006.
- BODDEY, R.M.; MACEDO, R.; TARRÉ, R.M.; FERREIRA, E.; OLIVEIRA, O.C.; REZENDE, Nitrogen cycling in brachiaria pastures: The key to understanding the process of pasture decline. *Agriculture Ecosystems & Environment*, v.103, p.389–403, 2004.
- BOGDAN, A. V. Tropical pasture and fodder plants. In: *Tropical Pasture and Fodder Plants (grasses and Legumes)*. London UK: [s.n.]. p. 475.
- BOOTH, D.T.; COX, S.E. BERRYMAN, R.D. Point sampling digital imagery with ‘SamplePoint’. *Environmental Monitorind and Assessment*, v.123, p.97–108, 2006.
- BURNS, J.C.; LIPPKE, H. & FISHER, D.S. The relationship of herbage mass and characteristics to animal responses in grazing experiments. In: Marten, G.C. (ed.) *Grazing research: design, methodology, and analysis.*, 1989, Madison, WI, USA, n. 16. p. 7-19. Disponível em: <<https://doi.org/10.2135/cssaspecpub16.c2>> Acesso em: 01 de maio de 2022.
- CASTRO, E. S. Software para processamento por imagem e cálculo de massa de forragem em pastagens tropicais. 2016. 98 f. Dissertação (Mestrado profissional em computação aplicada) - Universidade Federal de Mato grosso do Sul, Campo Grande-MS, 2016.
- CHAVES, C. S.; GOMIDE, C. A. M.; RIBEIRO, K. G.; PACIULO, D. S. C.; LEDO, F. J. S.; COSTA, I. DEA.; CAMPANA, L. L. Forage production of elephant grass under intermitente stocking. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 48, n. 2, p. 234-240, 2013.
- CHUNG, Y. S., CHOI, S. C., SILVA, R. R., KANG, J. W., EOM, J. H., & KIM, C. Case study: Estimation of sorghum biomass using digital image analysis with Canopeo®. *Biomass and Bioenergy*, v.105, p.207–210, 2017.
- COOK, B.G.; PENGLLY, B.C.; BROWN, S.D.; DONNELLY, J.L.; EAGLES, D.A.; FRANCO, M.A.; HANSON, J.; MULLEN, B.F.; PARTRIDGE, J.; PETERS, M.; SHULTZE-KRAFT, R. Tropical forages: in interactive selection tool. CSIRO, DPI&F (Qld), CIAT AND ILRI, Brisbane, Austrália. 2005. Disponível em: <[http://www.tropicalforages.info/key/Forages/Media/Html/Clitoria\\_ternatea.html](http://www.tropicalforages.info/key/Forages/Media/Html/Clitoria_ternatea.html)>. Acesso em: 28 de maio de 2022.
- COLLINS, R.; GRUNDY, T. The butterfly pea book : a guide to establishing and managing butterfly pea pastures in central Queensland. Brisbane, Qld: Dept. of Primary Industries and Fisheries, 2005.

- CÓSER, A. C. et al. Altura da planta e cobertura do solo como estimadores da produção de forragem em pastagem de capim-elefante. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 27, n. 4, p. 676–680, 1998.
- CUNHA, M. V. et al. Associação entre características morfológicas e produtivas na seleção de clones de capim-elefante. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 40, n. 3, p. 482–488, 2011.
- DIEHL, M. S. et al. Produtividade de sistemas forrageiros consorciados com leguminosas. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 65, n. 5, p. 1527–1536, 2013.
- FRAME, J. Herbage mass. In: HODGSON, J. et al. Sward measurement hand-book. Berkshire: Hurley, p.39- 69, 1981.
- FREITAS, E. V. DE et al. Características produtivas e qualitativas de clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum Schum.*) avaliados sob pastejo na zona da mata de Pernambuco. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v. 26, n. 2, 2004.
- FRIES, D. D. et al. Métodos de avaliação de pastagem: uma breve revisão. *society and development*, v. 10, n. 16, p. 1–19, 2021.
- GASTAL, F.; LEMAIRE, G. Defoliation, shoot plasticity, sward structure and herbage utilization in pasture: review of the underlying ecophysiological processes. *Agriculture*, Basileia, v.5, n.4, 1146-1171, 2015. <http://dx.doi.org/10.3390/agriculture5041146>
- GOMEZ, S. M.; KALAMANI, A. Butterfly Pea (*Clitoria ternatea L.*): A nutritive multipurpose forage legume for the Tropics - An Overview. *Pakistan Journal of Nutrition*, v. 2, n. 6, p. 374–379, 2003.
- HAYDOCK, K.; SHAW, N. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Animal Production Science*, v.15, p.663-670, 1975.
- HODGSON, J. Nomenclature and definitions in grazing studies. *Grass and Forage Science*, v. 34, n. 1, p. 11–17, 1979.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DE PERNAMBUCO - IPA. Pesquisa Com Forrageira Impulsiona Bovinocultura Na Mata Norte. Recife – PE [s.n.]. Disponível em: <[http://www.ipa.br/noticias\\_detalhe.php?idnoticia=341&secao=1](http://www.ipa.br/noticias_detalhe.php?idnoticia=341&secao=1)>. Acessado em 27 de abril de 2022.
- JÁUREGUI J.M.; MILLS, A., BLACK, D.B.; WIGLEY, K.; RIDGWAY, H.J.; MOOT, D.J. Yield components of lucerne were affected by sowing dates and inoculation treatments. *European Journal of Agronomy*, v. 103, p.1-12, 2019.
- JÁUREGUI, J. et al. Use of Canopeo® to determine light interception and yield of alfalfa (*Medicago sativa L.*) crops. In: 2018, Córdoba, Argentina. II World Alfalfa Congress. Córdoba, Argentina, 2018.

- KOENING, K.T.; WINGER, M.; KITCHEN, B. Simple, low-cost data collection methods for agricultural field studies. *The Journal of Extension*, v. 38, p. 21, 2000.
- LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; CHABBI, A. Grassland productivity and ecosystem services. Wallingford: CABI, 2011. 287p.
- LIMA, E. . et al. Composição e digestibilidade in vitro de genótipos de Capim-elefante, aos 56 dias de rebrota. *Archivos de Zootecnia*, p. 279–282, 2009.
- LOPES, R.S.; FONSECA, D.M.; COSER, A.C.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; MARTINS, C.E.; OBEID, J.C. Avaliação de métodos para estimação da disponibilidade de forragem em pastagem de Capim-elefante. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 37., 2000, Viçosa. Anais. Viçosa: SBZ, 2000. p. 40-47.
- MANNETJE’T, L. Measuring quantity of grassland vegetation. In: MANNETJE’T, L. (Ed.) Measurement of grassland vegetation and animal production. Berkshire: CAB International, 1987, p.63-95.
- MARTIN, R.C.; ASTATKIE, T.; COOPER, J.M.; FREDEEN, A.H. A comparison of methods used to determine biomass on naturalized swards. *Journal of Agronomy and Crop Science*, v.191, p.152–160, 2005.
- O’ROURKE, P. et al. Application and appraisal of a visual estimation technique for composition and yield sampling of grass-legume pastures in the wet tropics of north-eastern Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, v. 24, n. 127, p. 535, 1984.
- OGUIS, G. K. et al. Butterfly pea (*Clitoria ternatea*), a cyclotide-bearing plant with applications in agriculture and medicine. *Frontiers in plant Science*, v. 10, n. 1, p. 645, 2019
- OLIVEIRA, J. et al. Avaliação da fixação e transferência de nitrogênio na associação gramínea-leguminosa forrageira tropical pela diluição isotópica de <sup>15</sup>N. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 25, p. 210–222, 1996.
- PATRIGNANI, A.; OCHSNER, T. E. Canopeo®: A powerful new tool for measuring fractional green canopy cover. *Agronomy Journal*, v.107, p.2312–2320, 2015.
- PACIULLO, D. S. C. Características do pasto e desempenho de novilhas leiteiras em pastagem de capim-elefante cv. BRS Kurumi. Embrapa Gado de Leite-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E), 2015.
- PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences*, v.11, p. 1633–1644, 2007.
- PEREIRA, A. V., LEDO, F. J. S., MORENZ, M. J. F., LEITE, J. L. B., SANTOS, A. M. B. dos, MARTINS, C. E., MACHADO, J. C., BRS Capiaçú: cultivar de Capim-elefante de

- alto rendimento para produção de silagem. Embrapa Gado de Leite Comunicado Técnico, 2016.
- SALMAN, A. K. D.; SOARES, J. P. G.; CANESIN, R. C. Métodos de amostragem para avaliação quantitativa de pastagens. Circular Técnica 84 - Embrapa, p. 5, ago. 2006.
- SANTOS, M.E.R.et al. Correlações entre características morfogênicas e estruturais em pastos de capim braquiária. *Ciência Animal Brasileira*, Goiânia, v.13, n.1, p.49-56, 2012. <http://dx.doi.org/10.5216/cab.v13i1.13401>
- SEIBT, D. C. et al. Forage mass and nutritional value of elephant grass intercropped with forage legumes1. *Revista Ceres*, v. 68, n. 5, p. 429–440, 2021.
- SILVA, M. A. DA et al. Análise de trilha em caracteres produtivos de *Pennisetum* sob corte em Itambé, Pernambuco. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 37, n. 7, p. 1185–1191, 2008.
- SILVA, S. C.; CUNHA, W. F. Métodos indiretos para estimar a massa de forragem em pastos de *Cynodon spp.* *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol.38, p.981-989, 2003.
- SILVA, S. H. B. et al. Uso de descritores morfológicos e herdabilidade de caracteres em clones de capim-elefante de porte baixo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, n. 8, p. 1451–1459, 2009.
- STOCKDALE, C. Evaluation of techniques for estimating the yield of irrigated pastures intensively grazed by dairy cows. 1. Visual assessment. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, v. 24, p. 300-304, 1984.
- THOMAS, R. J. Role of legumes in providing N for sustainable tropical pasture systems. *Plant and Soil*, v.174, p.103-118, 1995.
- WOLFINGER, R. Covariance structure selection in general mixed models. *Communications in Statistics - Simulation and Computation*, v. 22, p. 1079–1106, 1993.
- XAVIER, D. F. et al. Efeito do manejo pós-plantio no estabelecimento de pastagem de capim-elefante. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 30, n. 4, p. 1200–1203, 2001.
- XIONG, Y.; WEST, C.; BROWN, C.; GREEN P. Digital image analysis of Old-World bluestem cover to estimate canopy development. *Agronomy Journal*, v.111, p.1247-1253, 2019.
- ZANINE, A. M.; SANTOS, E. M.; FERREIRA, D. J. Principales métodos de evaluación de pasturas. *Revista Eletrônica de Veterinária REDVET*, p. 1–13, 2017.
- ZAKARIA, N. N. A. et al. In vitro protective effects of an aqueous extract of *Clitoria ternatea* L. flower against hydrogen peroxide-induced cytotoxicity and UV-induced mtDNA damage in human keratinocytes. *Phytotherapy Research*, v. 32, n. 6, p. 1064- 582 1072, 2018.