



TIAGO FERNANDO BEIRIGO PEREIRA

**AVALIAÇÃO DO VALOR SPAD E NDVI NA ESTIMATIVA DA
PRODUÇÃO E TEOR DE PROTEÍNA BRUTA PARA
BRACHIARIA BRIZANTHA CV. MARANDU EM FUNÇÃO DE
DOSES DE NITROGÊNIO**

LAVRAS - MG

2023

TIAGO FERNANDO BEIRIGO PEREIRA

AVALIAÇÃO DO VALOR SPAD E NDVI NA ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO E TEOR
DE PROTEÍNA BRUTA PARA BRACHIARIA BRIZANTHA CV. MARANDU EM
FUNÇÃO DE DOSES DE NITROGÊNIO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal
de Lavras, como parte das exigências
do Curso de Agronomia, para a
obtenção do título de bacharel.

Márcio André Stefanelli Lara
Orientador

LAVRAS - MG

2023

RESUMO

Entender a dinâmica de produção de forragem e seu valor nutricional é importante para as tomadas de decisão dentro da fazenda. Identificar variáveis quantitativas e qualitativas com poucas avaliações indiretas ajudaria muitos fazendeiros a manejarem melhor seus pastos e obterem maior lucro na propriedade. O experimento foi realizado nas dependências da UFLA no verão do ano de 2022. As parcelas experimentais, cada uma com área de 18 m² (3m x 6m), foram submetidas a tratamentos equivalentes a doses de 0, 50, 100, 200, 400 e 800 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de nitrogênio. Dado que o experimento compreende apenas um ciclo de crescimento das plantas, a quantidade total de adubo a ser aplicado por ano foi dividida por 365 dias e multiplicada por 70 dias. Além da adubação potássica com dose equivalente a 200 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K₂O, na forma de cloreto de potássio, KCl (60% K₂O), que foi aplicada em todos os tratamentos após o corte de uniformização. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados com quatro repetições, totalizando 6 tratamentos (doses de N) e 24 unidades experimentais. Foram realizadas leituras em 10 folhas da parcela com o equipamento Atleaf para estimar os teores de clorofila e proteína bruta (PB) da pastagem. As avaliações com o Greaseker foram conduzidas na mesma frequência das demais avaliações, medindo 10 pontos do dossel e utilizando a função de avaliação média com o botão pressionado. Leituras de altura, interceptação luminosa e leituras com o prato ascendente também foram realizadas semanalmente para serem correlacionadas com o acúmulo de forragem. Como resultado, torna-se possível estimar a quantidade de PB gerada pelas diferentes doses de N por meio da relação com a massa de forragem. Quanto maior a massa de forragem, menor a quantidade de PB da forrageira. Da mesma forma, quanto maior a dose, maior a quantidade de PB no pasto. A estimativa de produção ou PB com base no NDVI não apresentou uma correlação significativa. Após uma determinada quantidade de biomassa, as leituras de NDVI não se alteram, impossibilitando a estimativa da massa por meio do NDVI. Para se chegar nos parâmetros de massa de forragem e valor nutricional básico (FDN, Digestibilidade e PB) é necessário o uso de dois equipamentos.

Palavras-chave: Nitrogênio. NDVI. Forragem. Proteína bruta.

ABSTRACT

Understanding the dynamics of forage production and its nutritional value is important for decision-making on the farm. Identifying quantitative and qualitative variables with few indirect evaluations would help many farmers to better manage their pastures and make more profit on the farm. The experiment was carried out on the premises of UFLA in the summer of 2022. The experimental plots, each with an area of 18 m² (3m x 6m), were subjected to treatments equivalent to doses of 0, 50, 100, 200, 400 and 800 kg ha⁻¹ year⁻¹ of nitrogen. Since the experiment comprised just one plant growth cycle, the total amount of fertilizer to be applied per year was divided by 365 days and multiplied by 70 days. In addition to potassium fertilization with a dose equivalent to 200 kg ha⁻¹ year⁻¹ of K₂O, in the form of potassium chloride, KCl (60% K₂O), which was applied to all treatments after the uniformity cut. The experimental design adopted was randomized blocks with four replications, giving a total of 6 treatments (N doses) and 24 experimental units. Readings were taken on 10 leaves of the plot with the Atleaf equipment to estimate the chlorophyll and crude protein (CP) contents of the pasture. Evaluations with the Greeseker were carried out at the same frequency as the other evaluations, measuring 10 points of the canopy and using the average evaluation function with the button pressed. Height, light interception and rising plate readings were also taken weekly to correlate them with forage accumulation. As a result, it is possible to estimate the amount of CP generated by the different doses of N by relating it to forage mass. The greater the forage mass, the lower the amount of CP in the forage. Likewise, the higher the dose, the higher the amount of CP in the pasture. The estimate of production or CP based on NDVI did not show a significant correlation. After a certain amount of biomass, the NDVI readings do not change, making it impossible to estimate mass using NDVI. In order to arrive at the parameters of forage mass and basic nutritional value (NDF, digestibility and CP), it is necessary to use two pieces of equipment.

Keywords: Nitrogen. NDVI. Forage. Crude protein.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 METODOLOGIA	7
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	10
4 CONCLUSÃO	16
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, as forrageiras desempenham um papel fundamental como fonte alimentar para animais, especialmente ruminantes, e são amplamente utilizadas em pastagens nativas ou implantadas, desempenhando um papel crucial na economia do país. Dada a diversidade de gramíneas forrageiras e os variados tipos de solos presentes em nosso território, a implantação dessas forrageiras requer um cuidadoso planejamento, considerando as exigências e aceitabilidade de cada animal, bem como a produtividade de matéria seca da forrageira.

Entre as diversas espécies de forrageiras, destaca-se a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, conhecida por suas características como alta produção de forragem, persistência, boa capacidade de rebrota, tolerância ao fogo, à seca e ao frio. Cada forrageira possui sua própria qualidade nutricional, sendo que o valor nutritivo da forragem é avaliado com base em sua digestibilidade e nos teores de proteína bruta (PB) e parede celular (GOMIDE et al., 2001).

Estudos, como os de Burton (1998), indicam que a adubação, especialmente a nitrogenada, não apenas aumenta a produção de matéria seca, mas também eleva o teor de proteína bruta da forragem, contribuindo para a melhoria de sua qualidade. O teor de fibra em detergente neutro (FDN) é uma consideração crucial, não apenas para a avaliação da composição química da forragem, mas também porque está relacionado ao consumo máximo de matéria seca pelos animais (MERTENS, 1994). Segundo Van Soest (1965), o teor de FDN é o maior limitante do consumo de volumosos.

Além disso, as mudanças climáticas e sua influência na concentração de CO₂ atmosférico podem ter impactos significativos no desenvolvimento das plantas forrageiras. Métodos baseados em modelos estatísticos (SCHLENKER et al., 2006; LOBELL; BURKE, 2010) e de processo, com base em modelos de simulação do crescimento, desenvolvimento e produtividade de culturas (KEATING et al., 2003; BRISSON et al., 2003; JONES et al., 2003; VAN ITTERSUM e DONATELLI, 2003; CHALLINOR et al., 2004) são utilizados para avaliar os efeitos biofísicos do clima na produtividade agrícola, permitindo identificar e avaliar as incertezas na produção associadas a diferentes opções de manejo (BOOTE et al., 1998; LIZASO et al., 2005) e permitem aperfeiçoar a eficiência da pesquisa, por meio da análise do desempenho de cultivares em diferentes solos, condições climáticas, manejos da irrigação e épocas de aplicação de nitrogênio (ZHANG et al., 2007).

A introdução de tecnologias como o clorofilômetro, que permite uma avaliação rápida e não destrutiva dos teores de nitrogênio nas folhas, oferece uma ferramenta valiosa para diagnosticar precocemente possíveis deficiências nutricionais, prevenindo estados de

carência, além de ser uma técnica não destrutiva, podendo ser realizada várias vezes sem destruir o limbo foliar. O clorofilômetro possui diodos que emitem radiação em 650 nm (luz vermelha) e 940 nm (radiação infravermelha) (MINOLTA, 1989). A absorvância das clorofilas é muito eficiente em 650 nm, mas é desprezível em 940 nm (MINOLTA, 1989; MARENCO; LOPES, 2007). Desse modo, o sinal derivado da emissão em 650 nm serve de base para o cálculo do teor relativo de clorofila, conquanto que o sinal originado da emissão em 940 nm serve como um fator de correção para compensar pela absorção de fótons em 650 nm por moléculas do tecido foliar desprovidas de clorofila.

Uma das ferramentas é a utilização do sensoriamento remoto para auxiliar em práticas de manejo e reconhecimento das áreas cultivadas. Dentro da gama de ferramentas disponíveis para uso no sensoriamento remoto, o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), ou em português Índice de Vegetação por Diferença Normalizada se destaca por seus resultados apresentarem alta relação com aspectos fisiológicos e nutricionais das plantas. O NDVI não é uma tecnologia nova, já é conhecida de muitos por muito tempo, ela possibilita a determinação do índice de vegetação, ou seja, funciona através da leitura da reflectância nas bandas do infravermelho próximo e vermelho. Com isso, segundo Fontana et al. (2019) é possível monitorar e determinar o acúmulo de biomassa das culturas. De maneira prática, o NDVI mede a quantidade de reflectância das folhas, portanto quanto mais verde a folha maior sua reflectância e através disso é possível analisar alguns parâmetros como nutrição de plantas (em especial para o Nitrogênio), sanidade de plantas, déficits hídricos entre outros. Na agricultura, o uso do NDVI possibilita inúmeras atividades, desde o monitoramento de condições hídricas de culturas como a soja (Crusiol et al., 2018), até o reconhecimento de atributos do solo (Zanzarini et al., 2013), contudo, o emprego da técnica ainda apresenta alto custo em grandes escalas. Em pequenas escalas, pode ser utilizada por meio de leitores portáteis de NDVI como o modelo GreenSeeker, que possibilitam a avaliação pontual da reflectância das plantas. Seu emprego é muito utilizado em áreas experimentais onde a área cultivada é menor, geralmente parcelas experimentais.

O objetivo do estudo foi analisar a utilização do clorofilômetro portátil atLEAF CHL PLUS e do medidor NDVI GreenSeeker na correlação com o acúmulo de matéria seca da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, quando cultivada sob diferentes doses de nitrogênio.

2 METODOLOGIA

O estudo foi conduzido em uma área experimental do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, pertencente ao Setor de Forragicultura, situada no município de Lavras-MG (21°14'09 S e 44°58'W, altitude 922m). O clima, segundo a classificação do Sistema Köppen, é Cwa (tropical de altitude, com verões quentes e úmidos, e invernos frescos e secos), com temperatura média anual de 19°C e chuvas concentradas nos meses de novembro a fevereiro, totalizando uma precipitação média anual entre 1.200 e 1.500 mm. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico de textura argilosa (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1999).

Durante a implantação do experimento, foi realizada amostragem e análise de solo. Com base nos resultados, foram efetuadas correções na fertilidade do solo de acordo com o Boletim 100 do Instituto Agrônomo de Campinas (RAIJ et al., 1997). O experimento ocorreu de janeiro de 2022 a abril de 2022, totalizando 77 dias, divididos em 10 períodos de uma semana de duração. As parcelas experimentais de 18 m² (3m x 6m) foram submetidas a tratamentos correspondentes a doses de 0, 50, 100, 200, 400 e 800 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de nitrogênio. Devido ao experimento compreender apenas um ciclo de crescimento das plantas, a quantidade total de adubo anual foi distribuída ao longo de 365 dias e multiplicada por 70 dias. Adicionalmente, foi aplicada adubação potássica com dose equivalente a 200 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K₂O, na forma de cloreto de potássio, KCl (60% K₂O), em todos os tratamentos após o corte de uniformização. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições, totalizando 6 tratamentos (doses de N) e 24 unidades experimentais.

A área experimental foi dividida por corredores de um metro de largura entre parcelas e blocos. O experimento foi conduzido no verão agrostológico para evitar problemas hídricos, com água proveniente exclusivamente de precipitação pluviométrica. Semanalmente, durante a rebrotação, foram avaliados o acúmulo de forragem e a taxa de acúmulo. Para isso, foram colhidas amostras de forragem delimitadas em molduras metálicas retangulares de 0,5 x 1,0 m, a 10 cm do solo, em um ponto representativo da parcela. As amostras foram pesadas, e subamostras foram levadas à estufa para determinação do teor de matéria seca (MS). O acúmulo de forragem (kg MS ha⁻¹) foi calculado como a média da massa seca acima do resíduo. A taxa de acúmulo (kg MS ha⁻¹ dia⁻¹) foi calculada dividindo o acúmulo de forragem no final de cada semana pelo número de dias de rebrotação.

A estimativa da concentração de clorofila foi realizada com o aparelho atLEAF CHL PLUS, que emite luz nas regiões do vermelho (650 nm) e infravermelho (940 nm),

maximizando a absorção de clorofila. As leituras foram feitas em 10 folhas da parcela. As avaliações com o GreenSeeker, medindo 10 pontos do dossel, foram realizadas na mesma frequência das demais avaliações, utilizando a função de avaliação média com o botão pressionado. Leituras de altura, interceptação luminosa e leituras com o prato ascendente foram feitas semanalmente e correlacionadas com o acúmulo de forragem.

Utilizando um analisador de dossel modelo LAI 2000 (LI-COR, Lincoln Nebraska, EUA), foram feitas amostragens rápidas e não destrutivas. O aparelho, composto por uma unidade de controle e um sensor acoplado, projetava uma imagem hemisférica do dossel e permitia amostragens acima e abaixo do dossel, fornecendo informações sobre o Índice de Área Foliar (IAF). Oito pontos representativos da média do dossel foram amostrados em cada subparcela.

Os dados de acúmulo de forragem, em função do tempo e de cada dose de nitrogênio, serão ajustados a modelos logísticos não-lineares utilizando o procedimento NLIN (SAS®, 2004). Correlações serão realizadas, e equações de simulação serão geradas caso haja correlação entre o acúmulo de forragem e as demais variáveis estudadas.

Brachiaria brizantha cv. Marandu

As gramíneas forrageiras tropicais desempenham um papel crucial como recursos alimentares econômicos para a produção animal, e a intensificação do uso de pastagens pode resultar em maior eficiência do sistema produtivo e otimização dos recursos naturais (Abreu et al., 1990). O gênero *Brachiaria* tem distribuição predominante nos trópicos do planeta, com seu principal centro de origem nas savanas africanas (Valle et al., 1994). Essas gramíneas são altamente adaptáveis, podendo crescer em regiões alagadas e até mesmo em áreas desérticas. No Brasil, aproximadamente 70 a 80% dos cerca de 180 milhões de hectares de pastagens nativas e cultivadas são formados por gramíneas do gênero *Brachiaria*, destacando sua importância (Valle et al., 2001). O sucesso desse gênero pode ser atribuído à sua propagação eficaz por meio de sementes, capacidade de consórcio com outras culturas, facilidade de manejo e persistência em solos com baixa fertilidade (Soares Filhos, 1994).

Dentre as diversas espécies desse gênero, a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu se destaca por responder bem à aplicação de fertilizantes, demonstrar resistência à cigarrinha, apresentar alta produção de raízes e sementes, e proporcionar boa qualidade de forragem. Essas características contribuíram para que o cultivar Marandu se tornasse o mais comercializado no país (Andrade, 1994). Segundo Nunes et al. (1994), o cultivar Marandu já era cultivado na região de Ibirarema, SP, antes de ser levado para estudos na EMBRAPA Gado de Corte em 1977. A EMBRAPA Cerrados recebeu o cultivar em 1979, e, em

colaboração com a EMBRAPA Gado de Corte, lançaram a cultivar Marandu em 1984. Atualmente, tanto técnicos quanto produtores têm poucas opções de forragem que toleram solos de baixa a média fertilidade, e o capim Marandu se destaca como a escolha que oferece maior resistência nesses solos, minimizando os riscos de insucesso em muitos sistemas pecuários em operação (Rodrigues et al., 2004).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de biomassa, conforme esperado, apresentou variações significativas entre os tratamentos em uma escala crescente (Figura 1). A dose equivalente a 800 kg N ha⁻¹ resultou em uma produção de aproximadamente 6000 kg de matéria seca (MS) ha⁻¹ em 70 dias, enquanto a ausência de aplicação de nitrogênio gerou apenas 2000 kg de biomassa ao término do experimento. Notavelmente, as doses exibiram uma variação semelhante na produção entre 0 e 200 kg N ha⁻¹ e, posteriormente, entre 200 e 800, observou-se uma variação idêntica na produção.

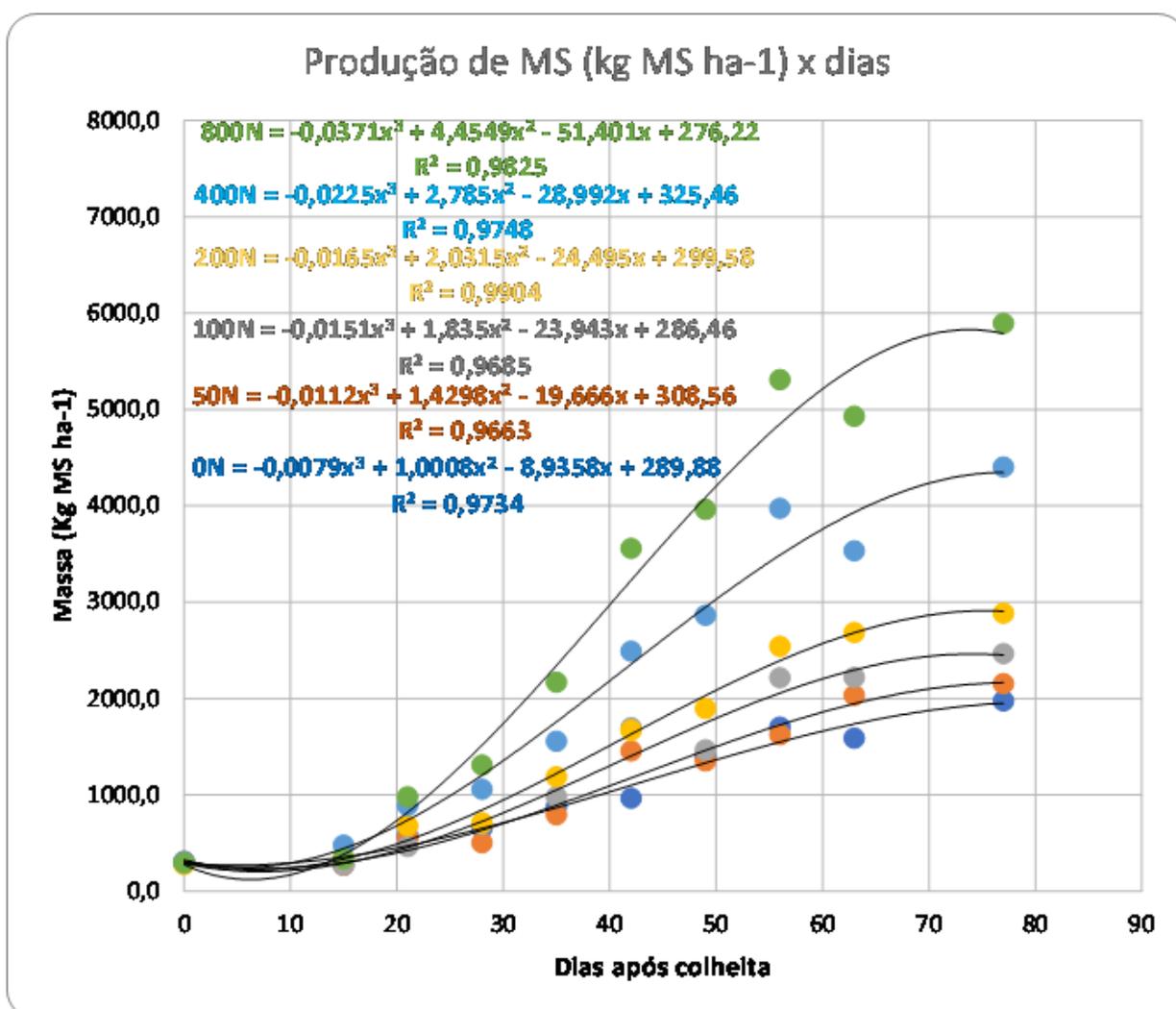


Figura 1. Massa de forragem (kg MS ha⁻¹) após a colheita da forragem (em dias).

A produção de biomassa, correlacionada às medidas de altura do dossel e à altura do dossel comprimida pelo prato ascendente, indica a viabilidade de utilizar ambas as formas de medição para estimar a biomassa. Entretanto, a diferença nas inclinações das curvas sugere

que a medição da altura do dossel com régua e transparência pode conter mais erros do que a leitura do prato, devido ao menor deslocamento da transparência, mesmo em dosséis mais altos (Figura 2).

A variação na proteína bruta (PB) também foi estimada utilizando o equipamento ATLeaf e equações de predição disponíveis na literatura. Observa-se que quanto maior a dose de nitrogênio aplicada, maior é a resposta na proporção de PB na forragem. Além disso, nota-se que, ao longo dos dias, a quantidade de clorofila nas folhas mais jovens e completamente expandidas diminui, resultando na redução da proporção de PB com o aumento dos dias de avaliação (Figura 3). Desse modo, à medida que o dossel envelhece após a colheita, a quantidade de nitrogênio disponível para a produção de PB diminui, ocorrendo a diluição da PB na maior biomassa.

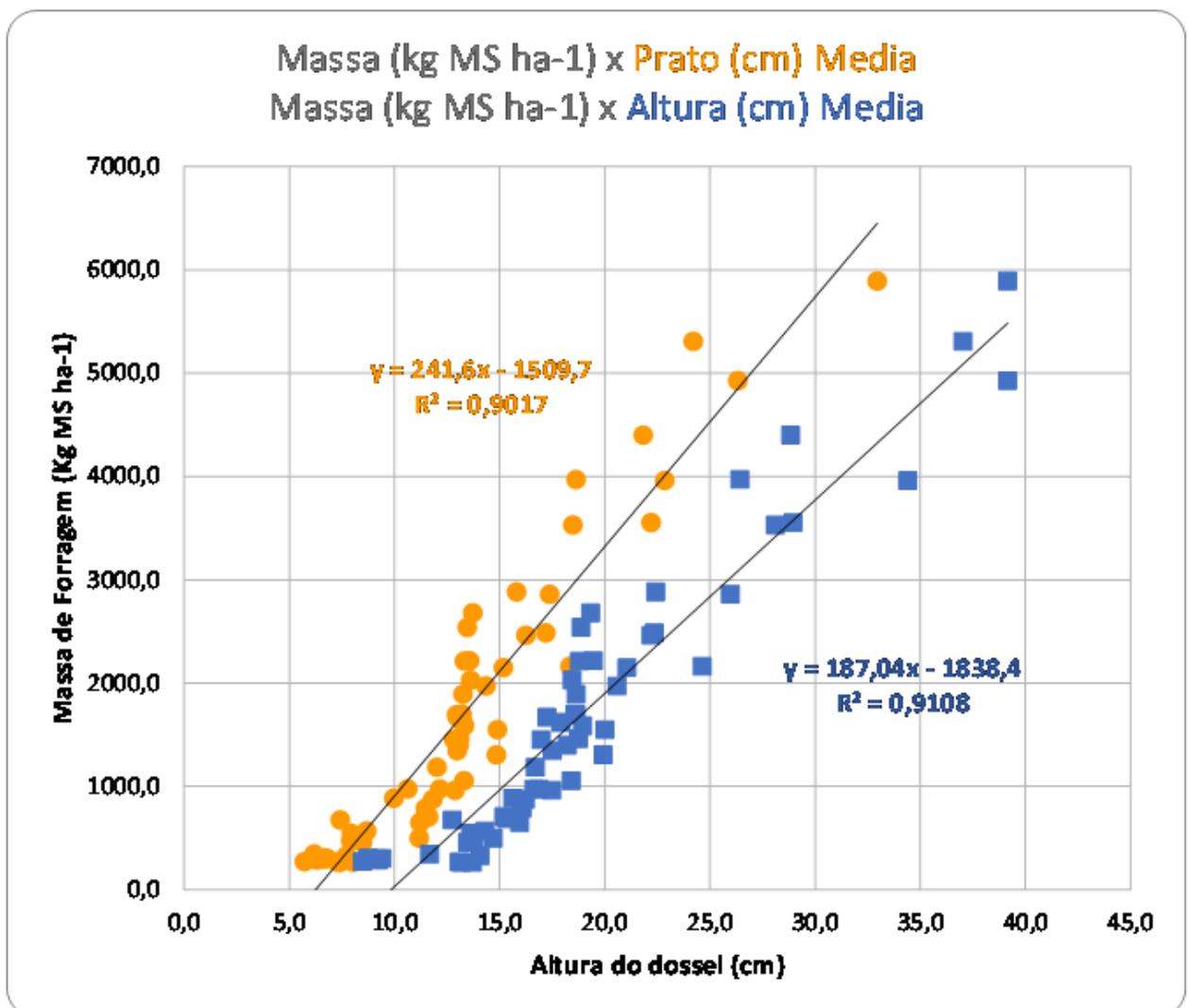


Figura 2. Relação entre Altura do dossel medida com o método da régua e transparência e altura do dossel comprimida usando o método do Prato ascendente.

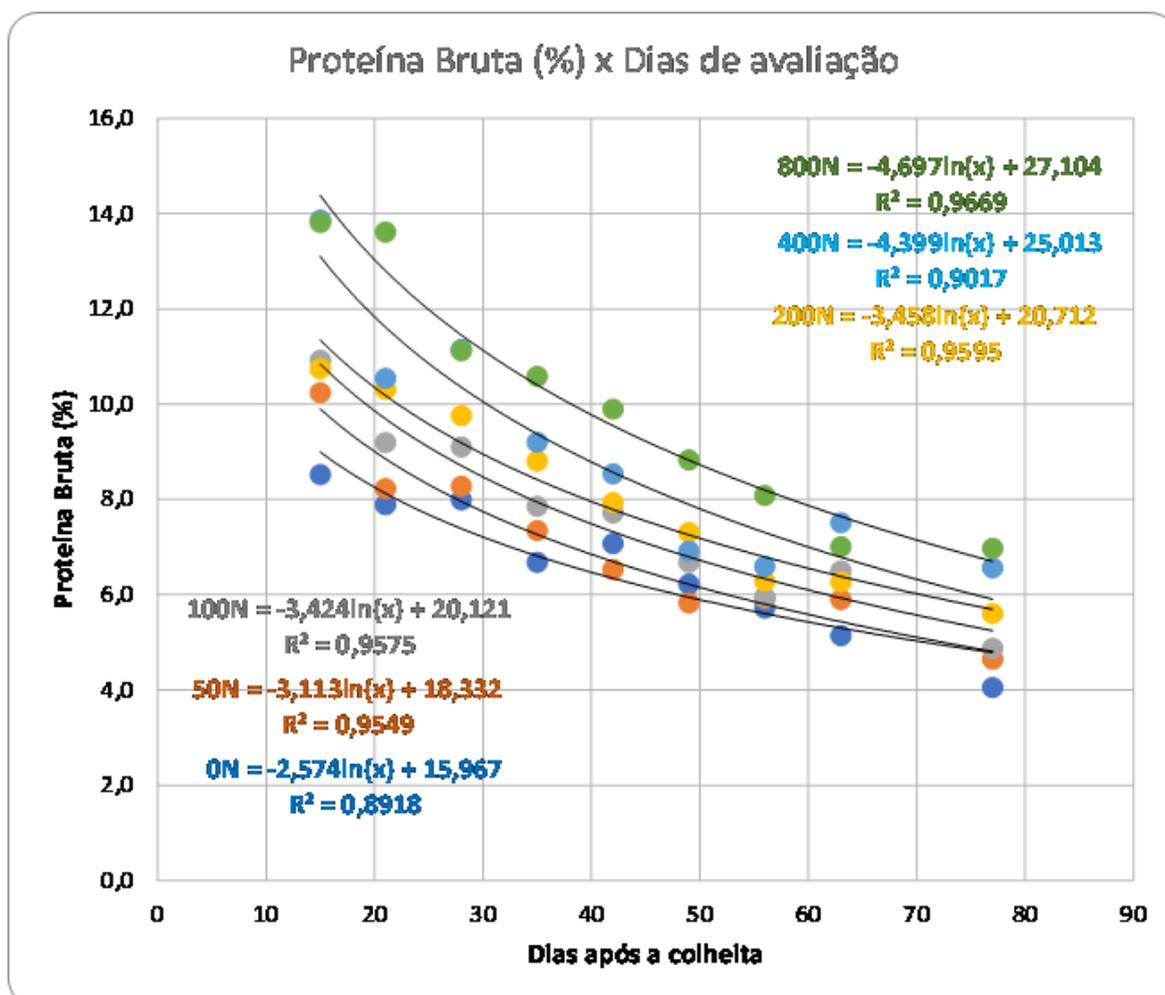


Figura 3. Teor de Proteína Bruta (%) estimada pelo ATLeaf.

Na figura 4 é possível verificar a simulação da estimativa de Proteína Bruta quando relacionada com a Massa de Forragem, dessa forma, trabalhando a leitura de altura com o método da régua e transparência, ou mesmo a leitura do prato ascendente é possível estimar a Massa de forragem e usar as equações apresentadas na Figura 4 para estimar a PB da forragem.

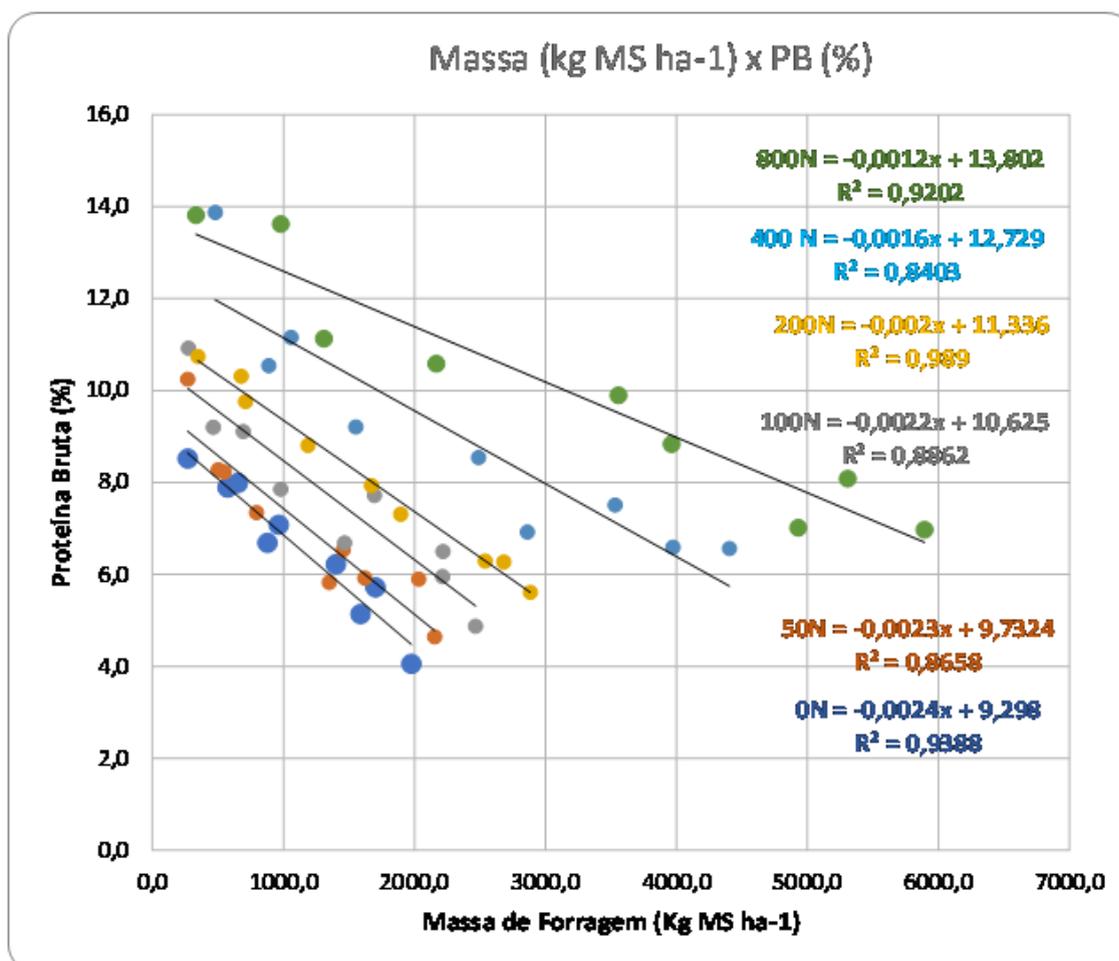


Figura 4. Relação entre Massa de forragem (kg MS ha⁻¹) e Proteína Bruta (%) para cada nível de adubação utilizado.

Quanto à estimativa de produção e proteína bruta (PB) por meio do NDVI, observa-se que as estimativas são crescentes até que as plantas atinjam aproximadamente 1000 kg de biomassa, considerada uma massa de forragem muito baixa nos pastos. Ou seja, a partir de 1000 kg de matéria seca (MS), não há diferença significativa entre as leituras de NDVI, com variações ocorrendo apenas entre as doses de nitrogênio (N), variando de 0,6 a 0,75. Essa variação é bastante pequena quando se pretende avaliar a condição do estado nutricional do dossel e também a estimativa de biomassa. Nesse contexto, a estimativa de biomassa é comprometida, uma vez que a massa continua a crescer enquanto os valores de NDVI permanecem estáveis (Figura 5).

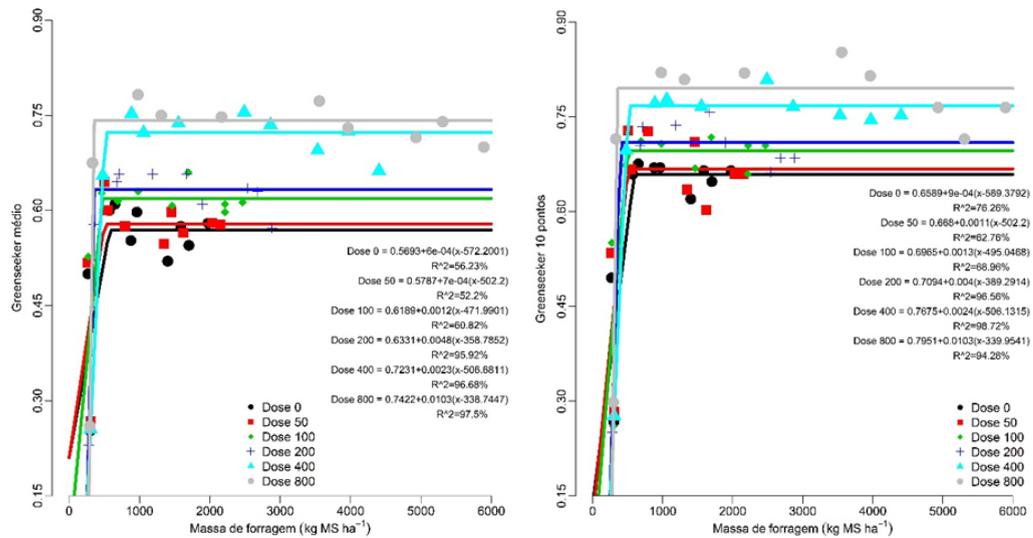


Figura 5. Relação entre Massa de forragem (kg MS ha⁻¹) e NDVI para cada nível de adubação utilizado.

A Figura 6 revela que as relações entre altura, interceptação luminosa (IL) e Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) são semelhantes, indicando que, ao medir a IL, é possível inferir o NDVI, e vice-versa. Essa interdependência entre as variáveis impede a obtenção de estimativas precisas de biomassa e proteína bruta (PB) em pastagens de Brachiaria utilizando apenas uma variável, o NDVI.

Portanto, para estimar as variáveis mais relevantes no manejo das pastagens, como Massa de Forragem e PB, é aconselhável utilizar o Prato Ascendente, a leitura de altura do dossel e o equipamento ATLeaf. Mesmo assim, ainda existe a possibilidade de gerar produtos derivados da avaliação do NDVI, como a calibração de equações relacionadas à proteína para adubações de reposição e ajuste do valor nutricional da forrageira.

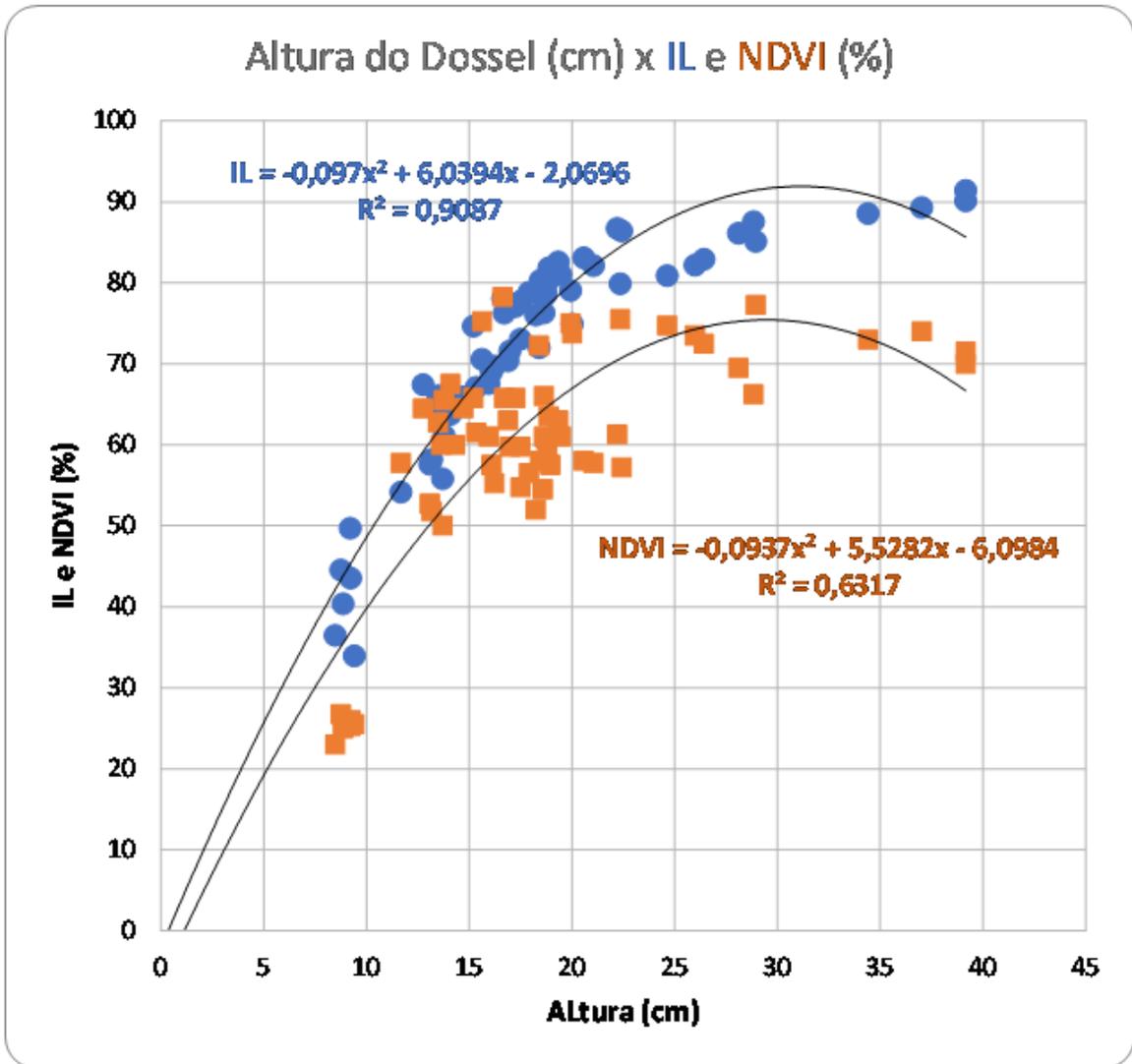


Figura 6. Relação entre Altura do Dossel (cm) e NDVI (%) ou IL (%).

4 CONCLUSÃO

Conclui-se que as regressões para estimativas de proteína bruta (PB) em função da altura e biomassa vegetal demonstraram uma relação significativa. Variáveis facilmente mensuráveis no campo, por meio do disco medidor de forragem, foram identificadas como eficazes na estimativa da produção. As demais equações, baseadas em regressões simples, oferecem insights sobre a situação nutricional das pastagens.

Estes dados serão empregados na formulação de modelos de adubação nitrogenada específicos para o Capim *Brachiaria*. Além disso, serão utilizados na estimativa da produção de biomassa e na análise da sua relação com índices produtivos, contribuindo assim para um entendimento mais abrangente e aplicado à gestão e otimização do sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARNEVALLI, R. A. et al. Herbage production and grazing losses in *Panicum maximum* cv. Mombaça under four grazing managements. *Tropical Grasslands, Cali*, v. 40, p. 165-176, 2006.

CRUSIOL, L.G.T. et al. NDVI E IMAGEM TERMAL OBTIDOS POR VANT APLICADOS AO MONITORAMENTO DA CONDIÇÃO HÍDRICA DA CULTURA DA SOJA. In: VII Congresso Brasileiro de Soja, 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema brasileiro de classificação de solos, Brasília, 1999. 412 p. (Produção de Informação).

EUCLIDES, V. P. B. et al. Manejo do pastejo de cultivares de *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf e de *Panicum maximum* Jacq. *Revista Ceres, Viçosa, MG*, v. 61, p. 808-818, nov./dez, 2014.

FONTANA, D. C. et al. NDVI E ALGUNS FATORES DE VARIABILIDADE. In: Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Abr. 2019.

GIACOMINI, A. A. et al. Growth of marandu palisadegrass subjected to strategies of intermitent stocking. *Scientia Agrícola, Piracicaba*, v. 66, p. 733-741, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. Tradução de Eliane Romanoto Satarém et al. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954p.

TRINDADE, J. K. et al. Composição morfológica da forragem consumida por bovinos de corte durante o rebaixamento do capim-marandu submetido a estratégia de pastejo rotativo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília*, v. 42, p. 883-890, 2007.

MARANHÃO, C. M. A.; SILVA, C. C. F.; BONOMO, P. et al. Produção e composição químico-bromatológica de duas cultivares de braquiária adubadas com nitrogênio e sua relação com o índice SAPD. *Acta Animal Sciences, Maringá*, v. 31, n. 2, p. 117-122, 2009.

ABREU, J. B. R.; MONTEIRO, F. A. et al. Produção e nutrição do capim-marandu em função de adubação nitrogenada e estádios de crescimento. *B. Indústr. Anim., N. Odessa*, v. 56, n. 2, p. 137-146, 1999.

BENETT, C. G. S.; BUZETTI, S.; SILVA, K. S. et al. Produtividade e composição bromatológica do capim-marandu a fontes e doses de nitrogênio. *Ciênc. Agrotec., Lavras*, v. 32, n. 5, p. 1629-1636, set./out., 2008.

GUIMARÃES, M. M. C.; MATSUMOTO, S. N.; FIGUEIREDO, M. P. et al. Estimativa da composição química do Capim Braquiária cv. Marandú por meio de um clorofilômetro portátil. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias, Guarapuava-PR*, v. 4, n. 2, p. 85-98, 2011.

MARENCO, R. A.; JESUS, S. V. et al. O SPAD-502 como alternativa para a determinação dos teores de clorofila em espécies frutíferas. *Acta Amazonica*, v. 38, n. 4, p. 815-818, 2008.

ZANZARINI, V. et al. CORRELAÇÃO ESPACIAL DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO (NDVI) DE IMAGEM LANDSAT/ETM + COM CTRIBUTOS DO SOLO. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.17, n.6, p.608–614, 2013.

WELLES, J.M.; NORMAN, J.M. Instrument for indirect measurement of canopy architecture. Agronomy Journal, Madison, v. 83, n. 5, p. 818-825, 1991.