

## Correlações e análise de trilha de aspectos morfométricos e nutricionais da gliricídia manejada em banco de proteína no Semiárido Brasileiro

### Correlations and path analysis of morphometric and nutritional aspects of gliricidia managed in fodder bank in the Brazilian Semiarid

Carlos Trajano da Silva<sup>1</sup>, Geovergue Rodrigues de Medeiros<sup>1</sup>, Pedro Henrique Ferreira da Silva<sup>1</sup>, George Vieira do Nascimento<sup>1</sup>, Romildo da Silva Neves<sup>1</sup>, Neila Lidiany Ribeiro<sup>1</sup>, Severino Guilherme Caetano Gonçalves dos Santos<sup>1</sup>, José Henrique Souza Costa<sup>1</sup>, Elder Cunha de Lira<sup>1</sup>

**Resumo:** Objetivou-se avaliar variáveis morfométricas, produtivas e de composição bromatológica da gliricídia (*Gliricidia sepium* [Jacq.] Kunth ex Walp.) manejada em banco de proteína e condição de sequeiro por dois anos, no Semiárido Brasileiro, através de correlações e análise de trilha. Elevados coeficientes de correlação de Pearson foram observados entre altura de planta e produção de matéria seca ( $r = 0,73$ ); diâmetro de caule (na altura de 30 centímetros) e teor de matéria seca ( $r = 0,70$ ). Além disso, correlações negativas foram observadas entre teores de proteína bruta e carboidratos totais ( $r = -0,95$ ); e entre teores de fibra insolúvel em detergente neutro e carboidratos não-fibrosos ( $r = -0,92$ ). Em relação à análise de trilha, um elevado efeito direto da altura de planta foi observado na produção de matéria seca ( $r = 0,86$ ), assim como o diâmetro de caule na concentração de matéria seca ( $r = 0,65$ ). A altura de planta pode ser utilizada de forma eficiente para estimar produtividade da gliricídia, enquanto o diâmetro de caule tem bom potencial de predição da concentração de matéria seca da forragem. Essas características morfométricas podem ser utilizadas como estratégia de manejo para alcançar maior produtividade e teor de matéria seca na gliricídia.

**Palavras-chave:** Altura de planta, diâmetro de caule, *Gliricidia sepium*, leguminosas arbóreas.

**Abstract:** The objective of this study was to evaluate morphometric, productive, and bromatological variables of gliricidia (*Gliricidia sepium* [Jacq.] Kunth ex Walp.) managed in fodder banks and rain-fed conditions for two years, in the Brazilian Semiarid, through correlations and path analysis. Great Pearson's correlation coefficients were verified between plant height and dry matter yield ( $r = 0.73$ ); stem diameter (at 30-cm stubble height) and dry matter content ( $r = 0.70$ ). Moreover, negative correlations were observed between contents of crude protein and total carbohydrates ( $r = -0.95$ ); and between contents of neutral detergent fiber and non-fiber carbohydrates ( $r = -0.92$ ). Regarding the path analysis, a great direct effect of plant height was observed on the dry matter yield ( $r = 0.86$ ), as well as the stem diameter on dry matter content ( $r = 0.65$ ). Plant height can be used efficiently to estimate gliricidia productivity while the stem diameter displays great potential to predict forage dry matter content. These morphometric traits can be work as good parameters to reach higher productivity and dry matter content of gliricidia.

**Keywords:** Arboreal legumes, *Gliricidia sepium*, plant height, stem diameter.

## 1 INTRODUÇÃO

Pastagens nativas são importantes para os sistemas de produção animal em regiões de clima semiárido do Brasil e do mundo. No entanto, a má distribuição de chuvas ao longo do ano restringe a produção de forragem e reduz a capacidade de suporte dessas pastagens. Desta forma, há uma demanda de espécies forrageiras nativas ou adaptadas ao Semiárido Brasileiro, que sejam perenes e tenham potencial forrageiro para garantir a segurança alimentar dos rebanhos criados por pequenos produtores rurais (Sá *et al.*, 2021). Além disso, há uma demanda para a redução de custos de produção, com a diminuição do uso de

concentrados proteicos como o farelo de soja, um dos entraves de boa parte dos sistemas de produção animal (Garcia *et al.*, 2017).

Plantas forrageiras arbóreas ou arbustivas têm sido cultivadas e utilizadas de diversas formas para atender o requerimento de ruminantes, principalmente em relação às exigências de proteína bruta (Marsetyo *et al.*, 2021). Neste cenário, a gliricídia (*Gliricidia sepium* [Jacq.] Kunth ex Walp.) tem potencial para ser manejada em bancos de proteína, ou mesmo conservada nas formas de feno e silagem no Semiárido Brasileiro, principalmente por ser adaptada ao clima da região (Pereira *et al.*, 2018).

<sup>1</sup>Instituto Nacional do Semiárido (INSA/MCTI), Campina Grande, Brasil. E-mail: carlos.silva@insa.gov.br, geovergue.medeiros@insa.gov.br, pedro.silva@insa.gov.br, george.vieira@insa.gov.br, romildo.neves@insa.gov.br, neila.ribeiro@insa.gov.br, severino.santos@insa.gov.br, jose.costa@insa.gov.br, elder.lira@insa.gov.br.

Recebido em: 10/01/2022, aceito em: 15/02/2022 e publicado em: 23/03/2022.

A gliricídia é uma leguminosa forrageira arbórea nativa do México, considerada naturalizada no Brasil e adaptada à condições de precipitação reduzida, de 365 a 800 mm ano<sup>-1</sup> (Cirne *et al.*, 2013). Nessas condições climáticas, sua produtividade pode variar de 70 a 105 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de matéria natural e os teores de proteína bruta (PB) das folhas podem chegar a 230 g kg<sup>-1</sup> MS. A espécie é uma árvore de porte médio, que pode alcançar de 10 a 15 m de altura em crescimento livre, além de 30 a 40 cm de diâmetro do caule (Carvalho *et al.*, 2019). Sua forma de propagação pode ser por sementes ou estacas. Agricultores familiares do Brasil, sobretudo no Nordeste, costumam manejar a gliricídia sob corte e fornece-la aos animais de forma *in natura*. Porém, tanto a fenação quanto a ensilagem são formas viáveis de uso da planta. A espécie também tem sido utilizada em sistemas de produção integrado, como sistemas silvipastoris ou integração lavoura-pecuária-floresta (Rahman *et al.*, 2019).

Entretanto, a adoção de diferentes variedades ou cultivares de gliricídia é bastante restrita e pouco incentivada, principalmente em comparação às leguminosas herbáceas (Carvalho *et al.*, 2019). Analisar e correlacionar aspectos de produtividade, valor nutritivo e morfologia das plantas pode evidenciar como essas características se associam e como podem ser alvo de seleção de genótipos futuramente (Cruz, 2013). Estes estudos podem auxiliar em pesquisas sobre diversidade genética da gliricídia ou mesmo incentivar programas de melhoramento no Semiárido Brasileiro e em outras regiões do Brasil, considerando que a espécie é estudada desde início da década de 1980 (Rangel *et al.*, 2019). Somado a isso, o entendimento das correlações entre essas características pode auxiliar nas decisões de manejo e nas formas de utilização da gliricídia.

Com base neste contexto, objetivou-se avaliar aspectos morfológicos, produtivos e nutricionais da gliricídia cultivada em bancos de proteína no Semiárido Brasileiro, utilizando correlações lineares de Pearson e análises de trilha.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Estação Experimental Professor Ignácio Salcedo do Instituto Nacional do Semiárido (EE-INSA), no município de Campina Grande-PB, planalto da Borborema, 07°14'00" S, 35°57'00" O e altitude de 491 m. De acordo com Alvares *et al.* (2013), o clima da região é do tipo As' (quente e úmido, com chuvas no outono e inverno). A precipitação média histórica é de 530 mm ano<sup>-1</sup>, enquanto as chuvas acumuladas de 2020 e 2021 foram 531 e 521 mm ano<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 1). O solo da região é classificado como Planossolo Nátrico (Santos *et al.*, 2018).

Para condução do experimento, um banco de proteína de gliricídia foi implantado em 2017, com adubação de formação em função de resultados de análise de solo coletado nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-40 cm (Tabela 1). Uma adubação orgânica foi realizada com aplicação de esterco bovino curtido, na proporção de 2,0 kg por planta (6,67 t ha<sup>-1</sup>), que correspondeu às doses de 1 kg ha<sup>-1</sup> de N, 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. A área formada teve 0,15 ha, com 500 árvores que foram produzidas e propagadas por sementes no viveiro da EE-

INSA. As mudas foram transplantadas para o banco de proteína quando apresentaram altura de caule acima de 50 cm.

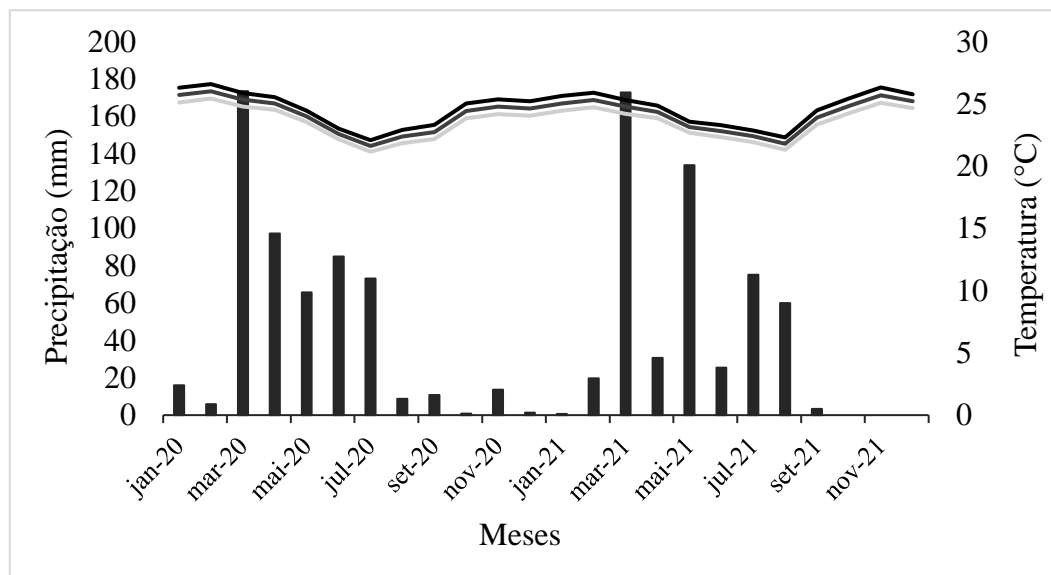
O espaçamento de plantio utilizado foi de 2 × 1,5 m entre plantas e fileiras. A área foi dividida em cinco transectos de aproximadamente 300 m<sup>2</sup> (10 × 30 m), demarcados por GPS (GARMIN, GPSMAP® 78s) e estacas de madeira. A colheita foi realizada com frequência de 365 dias de idade, e intensidade de 50 cm de altura do resíduo. Características morfológicas como altura e largura de planta, além do diâmetro na base do caule (DNB), foram avaliadas em 20 plantas de cada transecto com auxílio de paquímetro digital e régua graduada em centímetros e milímetros. As avaliações ocorreram em intervalos de 30 dias, de 14/02/2020 a 24/08/2021.

Para a estimativa da produção de matéria seca (PMS), a forragem contida em uma área de 75 m<sup>2</sup>, central a cada transecto, foi identificada e pesada. O material foi seco em estufa de circulação forçada de ar, à 55 °C por 72 horas ou até peso constante. Posteriormente, estes materiais foram moídos em moinho tipo Willey a 1 mm, novamente identificados e submetidos à determinação de matéria seca (MS), de acordo com o método INCT-CA G-003/1, conforme Detmann *et al.* (2021), para os cálculos da PMS do ano de 2021. Caules lenhosos (acima de 10 mm) foram desconsiderados. Além disso, os teores de matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), fibras insolúveis em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA) foram determinados também conforme metodologias propostas por Detmann *et al.* (2021), através do método INCT-CA G-003/1. Já os teores de carboidratos totais (CT) e não-fibrosos (CNF) foram analisados conforme Sniffen *et al.* (1992). A composição bromatológica foi estimada em 5 plantas por transecto, de 28/01/2021 a 24/08/2021.

As médias das características morfológicas (2020/2021), PMS e composição bromatológica da forragem de gliricídia (2021) foram calculadas com auxílio do PROC UNIVARIATE. A correlação linear de Pearson foi analisada com o PROC CORR, enquanto a análise de trilha foi realizada com auxílio do PROC CALIS, todos procedimentos estatísticos do SAS® OnDemand For Academics. Os resultados foram considerados significativos à 5% de probabilidade do erro ( $p < 0,05$ ).

Para a análise de trilha, efeitos diretos e indiretos (Cruz, 2013) das características morfológicas foram verificados sobre a PMS e os teores de MS e PB. Estas três variáveis foram definidas como alvos devido à importância relacionada ao manejo e utilização da gliricídia em bancos de proteína.

**Figura 1:** Precipitação mensal e temperaturas máximas, médias e mínimas mensais de 2020 e 2021, durante o período experimental.



**Tabela 1:** Propriedades químicas do solo na área experimental, em profundidades de 10, 20 e 40 cm.

Prof.	pH (H <sub>2</sub> O)	P	K	N	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	C(org)	V
		mg dm <sup>-3</sup>				cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			%	
10	5,25	1,45	0,29	0,06	0,18	2,56	3,15	0,00	0,55	49,25
20	5,06	0,04	0,18	0,06	1,40	2,29	3,27	0,14	0,59	53,33
40	5,22	0,01	0,15	0,06	0,93	2,17	3,15	0,26	0,59	49,10

Prof. = profundidade. C org) = carbono orgânico.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altura média da gliricídia manejada no banco de proteína foi de 100 cm, enquanto a largura de planta foi 122 cm e o diâmetro de caule foi 21,24 mm (Tabela 2).

**Tabela 2:** Médias de altura e largura de planta, além do diâmetro na base do caule da gliricídia (*Gliricidia sepium* [Jacq.] Kunth ex Walp.) manejada em banco de proteína no Semiárido do Nordeste, de 14/02/2020 a 24/08/2021.

Transecto	Altura de planta (cm)	Largura de planta (cm)	Diâmetro de caule (mm)
1	109	126	23,3
2	89	111	18,6
3	102	125	20,4
4	102	126	22,6
5	99	121	21,3
Média	100	122	21,24

CV (%)	34,82	33,96	28,58
CV = coeficiente de variação (referente ao total de plantas avaliadas em todos os meses de coleta).			

Os coeficientes de variação observados (Tabela 2) podem ser considerados altos, mesmo para experimentos agrônomicos a campo (Silva *et al.*, 2018). Entretanto, considerando os dois anos de medições e o número de árvores avaliadas por mês (n = 20), a variabilidade encontrada foi aceitável.

A produção de matéria seca da gliricídia (Tabela 3) refletiu as condições climáticas e o manejo adotado, ou seja, sob condições de sequeiro (sem irrigação) em região de clima semiárido. Comparativamente, Ramos-Trejo *et al.* (2019) encontraram PMS de 5480 kg ha<sup>-1</sup> da gliricídia em bancos de proteína irrigados em épocas secas do ano, em Yucatan, México, cuja precipitação média anual é 1167 mm. Fatores ecológicos têm grande influência em aspectos

<sup>1</sup>Instituto Nacional do Semiárido (INSA/MCTI), Campina Grande, Brasil. E-mail: carlos.silva@insa.gov.br, geovergue.medeiros@insa.gov.br, pedro.silva@insa.gov.br, george.vieira@insa.gov.br, romildo.neves@insa.gov.br, neila.ribeiro@insa.gov.br, severino.santos@insa.gov.br, jose.costa@insa.gov.br, elder.lira@insa.gov.br.

Recebido em: 10/01/2022, aceito em: 15/02/2022 e publicado em: 23/03/2022.

de crescimento e produtividade de plantas forrageiras arbóreas, com a gliricídia (Herrera *et al.*, 2021).

Na composição bromatológica da gliricídia (Tabela 3), foram observadas concentrações de nutrientes com variações esperadas para leguminosas forrageiras arbóreas. Chama-se a atenção para o teor de MS que foi em média de 317 g kg<sup>-1</sup> e o de PB, com média de 180 g kg<sup>-1</sup>. A partir do valor de MS, infere-se que para cada kg da gliricídia *in natura*, eram produzidos em torno de 683 g kg<sup>-1</sup> de água,

**Tabela 3:** Médias de produção de matéria seca (PMS) e composição bromatológica da forragem de gliricídia (*Gliricidia sepium* [Jacq.] Kunth ex Walp.) manejada em banco de proteína no Semiárido do Nordeste, de 28/01/2021 a 24/08/2021.

Transecto	PMS (kg ha <sup>-1</sup> )	MS	MM	FDN	FDA (g kg <sup>-1</sup> )	PB	CT	CNF
1	1575	324	76	489	391	180	679	191
2	1409	306	77	489	394	181	677	188
3	1556	315	76	493	393	179	681	188
4	1409	315	77	485	401	181	677	191
5	1335	323	76	490	395	180	680	189
Média	1457	317	76	489	395	180	679	189
CV (%)	7,13	2,18	1,33	1,76	2,81	1,95	0,55	5,16

MS = matéria seca. MM = matéria mineral. FDN = fibra insolúvel em detergente neutro. FDA = fibra insolúvel em detergente ácido. PB = proteína bruta. CT = carboidratos totais. CNF = carboidratos não-fibrosos. CV = coeficiente de variação.

Adicionalmente, Castro-Montoya e Dickhoefer (2020) realizaram uma revisão sistemática sobre o valor nutritivo de leguminosas forrageiras, e encontraram média de 206 g kg<sup>-1</sup> de PB e 413 g kg<sup>-1</sup> de FDN para leguminosas com hábito de crescimento arbóreo, valores razoavelmente próximos aos reportados no presente estudo, considerando que de um total de 368 artigos analisados pelos autores, 78 foram sobre a gliricídia.

Comparativamente às leguminosas herbáceas e arbustivas, forrageiras arbóreas costumam apresentar maiores teores de PB e CNF, e menores concentrações de FDN, pois a forragem colhida é composta basicamente por folhas e caules com espessura inferior a 5 mm (Lee, 2018). Vale lembrar que caules com espessura superior a 10 mm não foram desconsiderados nas análises.

Na análise da correlação de Pearson entre as variáveis (Tabela 4), foram observados graus de associações significativos ( $p < 0,05$ ) entre: altura e largura de planta ( $r = 0,68$ ); altura e diâmetro de caule ( $r = 0,73$ ); altura e PMS ( $r = 0,73$ ); altura e teor de MS ( $r = 0,48$ ); largura de planta e diâmetro de caule ( $r = 0,55$ ); largura e teor de MS ( $r = 0,42$ ); e diâmetro de caule e teor de MS ( $r = 0,70$ ).

Os aspectos morfométricos analisados tiveram alto grau de associação entre si, com coeficientes próximos ou acima de 0,70 (Kaps & Lamberson, 2017). Altura, largura de planta e diâmetro de caule são características associadas ao crescimento de leguminosas arbustivas ou arbóreas (Ramos-Trejo *et al.*, 2019) e por isso geralmente têm alta correlação. Isto também explica a alta correlação entre altura e PMS. A altura tem sido utilizada como bom parâmetro para inferir produtividade de plantas forrageiras arbóreas (Sib *et al.*, 2019), justamente pela associação entre estes fatores, o que se confirmou no presente estudo.

Os três aspectos morfométricos avaliados também tiveram correlações positivas com o teor de MS da forragem colhida, com destaque para o diâmetro de caule,

evidenciando a capacidade de adaptação desta planta às condições ambientais do semiárido, pois o banco de proteína em estudo era manejado sob condições de sequeiro e com pluviosidade anual média (2020 e 2021) de 526 mm de chuva.

cujo grau de associação foi alto. Plantas maiores, mais velhas ou mesmo com maior potencial produtivo e elevadas taxas de crescimento, tendem a apresentar maior concentração de MS e menor teor umidade (Lee, 2018).

Correlações negativas foram observadas na maior parte das variáveis de composição bromatológica (Tabela 4). Os teores de MM e CT ( $r = -0,46$ ), além de FDN e CNF ( $r = -0,92$ ), de PB e CT ( $r = -0,95$ ); somado aos teores de PB e CNF ( $r = -0,41$ ) tiveram graus de associação que variaram de moderado a alto, justificados principalmente pelos cálculos para obtenção dos teores de carboidratos totais e não-fibrosos. Somente a correlação entre CT e CNF foi positiva ( $r = 0,49$ ). O cálculo da concentração de CT é feito pela subtração das concentrações de PB e MM, enquanto os CNF são calculados também pelo desconto da concentração de FDN (Sniffen *et al.*, 1992; Detmann *et al.*, 2021). Vale ressaltar que a composição bromatológica da gliricídia foi adequada, considerando os resultados descritos em literatura (Castro-Montoya e Dickhoefer, 2020).

Em relação à análise de trilha, a altura de planta teve um elevado efeito direto ( $r = 0,86$ ) e significativo sobre a PMS (Tabela 5), reforçando a alta associação entre esta variável morfométrica e a produtividade da gliricídia. Isto é importante do ponto de vista de manejo dessa espécie em bancos de proteína, pois a altura é uma característica de fácil mensuração e tem sido utilizada como estratégia de pastejo ou colheita de plantas forrageiras (Da Silva *et al.*, 2015).

Além disso, considerando este resultado, a altura de planta pode ser utilizada como característica indireta para seleção de genótipos visando maior produção de forragem (Cruz, 2013). As demais variáveis morfométricas e teores de MS e PB não tiveram efeitos diretos sobre este aspecto produtivo, enquanto que indiretamente, reduziram o efeito da altura sobre a PMS (Tabela 5).

**Tabela 4:** Coeficientes de correlação linear de Pearson (r) entre produção de matéria seca (PMS), características morfológicas e composição bromatológica da forragem de gliricídia (*Gliricidia sepium* [Jacq.] Kunth ex Walp.) manejada em banco de proteína no Semiárido do Nordeste, de 28/01/2021 a 24/08/2021.

	LARG	DNB	PMS	MS	MM	FDN	FDA	PB	CT	CNF
ALT (r)	0,68	0,73	0,73	0,48	-0,10	0,11	0,14	-0,02	0,09	-0,06
P-valor	0,001	<0,001	0,001	0,031	0,680	0,639	0,548	0,938	0,715	0,785
LARG(r)		0,55	0,22	0,42	0,05	0,17	0,34	0,02	-0,02	-0,15
P-valor		0,011	0,347	0,037	0,845	0,481	0,140	0,943	0,941	0,518
DNB (r)			0,07	0,70	-0,07	0,11	0,16	-0,08	0,03	-0,08
P-valor			0,758	0,007	0,775	0,667	0,495	0,729	0,909	0,729
PMS (r)				0,16	-0,17	0,12	-0,13	-0,17	0,28	-0,03
P-valor				0,510	0,466	0,600	0,573	0,485	0,232	0,990
MS (r)					-0,41	-0,16	0,02	-0,03	0,14	0,20
P-valor					0,070	0,489	0,924	0,911	0,542	0,398
MM (r)						-0,03	0,30	0,29	-0,46	-0,15
P-valor						0,888	0,191	0,218	0,042	0,538
FDN (r)							0,33	0,05	-0,12	-0,92
P-valor							0,151	0,834	0,614	<,001
FDA (r)								0,25	0,34	-0,42
P-valor								0,294	0,140	0,062
PB (r)									-0,95	-0,41
P-valor									<,001	0,075
CT (r)										0,49
P-valor										0,029

Correlação linear de Pearson significativa à 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ). ALT = altura de planta. LARG = largura de planta. DNB = diâmetro de caule na base da planta. MS = teor de matéria seca (base na matéria natural). MM = teor de matéria mineral. FDN = teor de fibra insolúvel em detergente neutro. FDA = teor de fibra insolúvel em detergente ácido. PB = teor de proteína bruta. CT = teor de carboidratos totais. CNF = teor de carboidratos não-fibrosos.

**Tabela 5:** Efeitos diretos, indiretos e totais de altura (ALT) e largura (LARG) de planta, diâmetro na base do caule (DNB), além de teores de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) sobre a produção de matéria seca (PMS) da gliricídia (*Gliricidia sepium* [Jacq.] Kunth ex Walp.) manejada em banco de proteína no Semiárido do Nordeste, de 28/01/2021 a 24/08/2021.

Variáveis	Efeitos diretos e indiretos sobre a PMS				
	ALT	LARG	DNB	MS	PB
ALT	<b>0,86</b>	0,46	0,11	0,22	0,00
LARG	-0,11	<b>-0,25</b>	0,00	0,00	-0,01
DNB	-0,04	0,00	<b>-0,28</b>	-0,17	0,04
MS	-0,01	0,00	-0,02	<b>-0,03</b>	0,00
PB	0,00	-0,01	0,06	-0,03	<b>-0,19</b>
Total	0,70	0,20	-0,13	-0,01	-0,20
P-valor	0,001	0,305	0,278	0,888	0,972
R <sup>2</sup>	0,60	0,49	0,54	0,56	0,05

Efeitos diretos e indiretos sobre a produção de matéria seca (PMS) são significativos à 5% de probabilidade do erro ( $p < 0,05$ ). Valores em negrito indicam o efeito direto de cada variável sobre a PMS. ALT = altura de planta. LARG = largura de planta. DNB = diâmetro do caule na base da planta. MS = teor de matéria seca (base na matéria natural). PB = teor de proteína bruta. R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação.

O diâmetro de caule na base da planta teve um elevado efeito direto sobre o teor de MS (Tabela 6). Tal efeito é importante de ser observado, pois trata-se de uma relação significativa entre uma variável morfológica e outra bromatológica. A concentração de MS é um aspecto essencial do uso de plantas forrageiras tropicais, como por exemplo, na ensilagem destes materiais. Maiores teores de MS ajudam a garantir um bom processo fermentativo e, consequentemente, melhoram a qualidade da silagem produzida (Bernardes *et al.*, 2018). Selecionar genótipos com caules mais espessos, ou colher a forragem em função do diâmetro de caule, pode ser uma medida simples para produzir silagens de gliricídia com boa qualidade. Por outro lado, a altura de planta teve um alto efeito total sobre o teor de MS, porém, o efeito direto foi reduzido. Desta forma, a altura de planta não pode ser considerada um bom parâmetro para inferir ou selecionar genótipos com alto teor de MS na forragem colhida (Cruz, 2013), ao contrário do diâmetro de caule.

**Tabela 6:** Efeitos diretos, indiretos e totais de altura (ALT) e largura (LARG) de planta, diâmetro na base do caule (DNB), produção de matéria seca (PMS) e teor de proteína bruta (PB) sobre o teor de matéria seca (MS) da gliricídia (*Gliricidia sepium* [Jacq.] Kunth ex Walp.) manejada em banco de proteína no Semiárido do Nordeste, de 28/01/2021 a 24/08/2021.

Variáveis	Efeitos diretos e indiretos sobre a MS				
	ALT	LARG	DNB	PMS	PB
ALT	<b>0,30</b>	0,14	0,10	0,12	0,03
LARG	0,01	<b>0,01</b>	0,00	0,00	0,00
DNB	0,40	-0,03	<b>0,65</b>	-0,18	-0,12
PMS	-0,02	0,01	0,00	<b>-0,03</b>	0,01
PB	0,00	0,00	-0,02	-0,02	<b>0,02</b>
Total	0,69	0,13	0,73	-0,11	-0,06
P-valor	0,001	0,973	0,001	0,888	0,626
R <sup>2</sup>	0,71	0,52	0,56	0,09	0,39

Efeitos diretos e indiretos sobre o teor de matéria seca (MS) são significativos à 5% de probabilidade do erro ( $p < 0,05$ ). Valores em negrito indicam o efeito direto de cada variável sobre MS. ALT = altura de planta. LARG = largura de planta. DNB = diâmetro do caule na base da planta. PMS = produção de matéria seca (base na matéria natural). PB = teor de proteína bruta. R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação.

Não foram observados efeitos significativos, diretos ou indiretos, das variáveis sobre o teor de PB (Tabela 7).

**Tabela 7:** Efeitos diretos, indiretos e totais de altura (ALT) e largura (LARG) de planta, diâmetro de caule a 30 cm (DNB), produção (PMS) e teor de matéria seca (MS) sobre o teor de proteína bruta (PB) da gliricídia (*Gliricidia sepium* [Jacq.] Kunth ex Walp.) manejada em banco de proteína no Semiárido do Nordeste, de 28/01/2021 a 24/08/2021.

Variáveis	Efeitos diretos e indiretos sobre a PB				
	ALT	LARG	DNB	PMS	MS
ALT	<b>0,11</b>	0,11	0,04	0,08	0,05
LARG	0,00	<b>0,00</b>	0,00	0,00	0,00
DNB	-0,11	0,02	<b>-0,38</b>	0,06	-0,22
PMS	-0,01	0,07	0,06	<b>-0,27</b>	0,02
MS	0,05	0,00	0,09	0,00	<b>0,16</b>
Total	0,04	0,20	-0,19	-0,13	0,01
P-valor	0,788	0,982	0,207	0,290	0,624
R <sup>2</sup>	0,73	0,52	0,53	0,36	0,56

Efeitos diretos e indiretos sobre o teor de matéria seca (MS) são significativos à 5% de probabilidade do erro ( $p < 0,05$ ). Valores em negrito indicam o efeito direto de cada variável sobre MS. ALT = altura de planta. LARG = largura de planta. DNB = diâmetro do caule na base da planta. PMS = produção de matéria seca (base na matéria natural). PB = teor de proteína bruta. R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação.

<sup>1</sup>Instituto Nacional do Semiárido (INSA/MCTI), Campina Grande, Brasil. E-mail: carlos.silva@insa.gov.br, geovergue.medeiros@insa.gov.br, pedro.silva@insa.gov.br, george.vieira@insa.gov.br, romildo.neves@insa.gov.br, neila.ribeiro@insa.gov.br, severino.santos@insa.gov.br, jose.costa@insa.gov.br, elder.lira@insa.gov.br.

Recebido em: 10/01/2022, aceito em: 15/02/2022 e publicado em: 23/03/2022.

Ao contrário das leguminosas de clima temperado, que são quase sempre herbáceas, as leguminosas de clima tropical ou adaptadas ao clima semiárido, apresentam variação considerável acerca dos teores de PB e valor nutritivo em geral, pois podem ser herbáceas, arbustivas, semi-arbustivas ou arbóreas (Castro-Montoya e Dickhoefer, 2020; Herrera *et al.*, 2021).

#### 4 CONCLUSÃO

A altura de planta é um aspecto morfológico da gliricídia que pode ser utilizado de forma eficiente para inferir produção de matéria seca. O diâmetro de caule na altura de 30 centímetros pode ser utilizado para avaliar indiretamente o teor de matéria seca da forragem de gliricídia, aspecto importante para a utilização da planta, sobretudo na produção de silagem.

Essas características morfológicas podem ser utilizadas como estratégia de manejo para alcançar maior produtividade e teor de matéria seca na gliricídia.

#### 5 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsas de pesquisa, e ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) pelo financiamento do experimento.

#### REFERÊNCIAS

- Alvares, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- Bernardes, T. F. et al. Silage review: Unique challenges of silages made in hot and cold regions. *Journal of Dairy Science*, v. 101, n. 5, p. 4001-4019, 2018.
- Carvalho, M. A. et al. Biodiversity and genetic resources of forage legumes in Brazil. *The Journal of International Legume Society*, v. 17, p. 47-51, 2019.
- Castro-Montoya, J. M.; Dickhoefer, U. The nutritional value of tropical legume forages fed to ruminants as affected by their growth habit and fed form: A systematic review. *Animal Feed Science Technology*, v. 269, e114641, 2020.
- Cirne, L. G. A. et al. Características de carcaça e de não componentes da carcaça de cordeiros suplementados com sal forrageiro de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walq. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 65, p. 289-293, 2013.
- Cruz, C. D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

- Da Silva, S. C. et al. Ecophysiology of C4 forage grasses— understanding plant growth for optimising their use and management. **Agriculture**, v. 5, n. 3, p. 598-625, 2015.
- Detmann, E. et al. **Métodos para análise de alimentos**. 2 ed. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2021. 214p.
- Franzel, S. et al. Fodder trees for improving livestock productivity and smallholder livelihoods in Africa. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 6, p. 98-103, 2014.
- Garcia, F. Z. et al. Análise da viabilidade econômico-financeira de sistemas de cria em gado de corte: estudo de múltiplos casos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 69, p. 1030-1038, 2017.
- Gardarin, A. P. et al. Plant trait–digestibility relationships across management and climate gradients in permanent grasslands. **Journal of Applied Ecology**, v. 51, n. 5, p. 1207-1217, 2014.
- Herrera, A. M. et al. Potential of *Gliricidia sepium* (jacq.) Kunth ex Walp. and *Mimosa caesalpinifolia* Benth. in silvopastoral systems intercropped with signalgrass [*Urochloa decumbens* (Stapf) RD Webster]. **Agroforestry Systems**, v. 95, n. 6, p. 1061-1072, 2021.
- Kaps, M; Lamberson, W.R. (Ed.). **Biostatistics for animal science**. Cabi, Oxford, 2017. 540p.
- Lee, M. A. A global comparison of the nutritive values of forage plants grown in contrasting environments. **Journal of Plant Research**, v. 131, n. 4, p. 641-654, 2018.
- Marsetyo, A. et al. Formulating diets based on whole cassava tuber (*Manihot esculenta*) and gliricidia (*Gliricidia sepium*) increased feed intake, liveweight gain and income over feed cost of Ongole and Bali bulls fed low quality forage in Central Sulawesi, Indonesia. **Animal Production Science**, v. 61, n. 8, p. 761-769, 2021.
- Pereira, F. S. G. et al. *Moringa oleifera*: a promising agricultural crop and of social inclusion for Brazil and semi-arid regions for the production of energetic biomass (biodiesel and briquettes). **OCL**, v. 25, n. 1, p. 106-110, 2018.
- Rahman, M. A. et al. Morpho-physiological response of *Gliricidia sepium* to seawater-induced salt stress. **The Agriculturists**, v. 17, n. 1-2, p. 66-75, 2019.
- Ramos-Trejo, O. S. et al. Growth, forage yield and quality of *Morus alba* L. and *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. in mixed and pure fodder bank systems in Yucatan, México. **Agrofor. Syst.**, v.94, n.1, p.151-157, 2020.
- Rangel, J. H. A. et al. *Gliricidia sepium*: a promising legume tree for the Brazilian semiarid zone. **The Journal of International Legume Society**, v. 17, p. 36-39, 2019.
- Sá, M. K. N. et al. Silagem de palma forrageira com *Gliricidia sepium*: alternativa alimentar para o Semiárido. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, e27210212473, 2021.
- Santos, H. G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356p.
- Sib, O. et al. Establishing high-density protein banks for livestock in Burkina Faso (West Africa): agronomic performance under contrasting edaphoclimatic conditions. **Agroforestry Systems**, v. 94, n. 1, p. 319-333, 2020.
- Silva, P. H. F. et al. Procedimentos para estimar massa de forragem, interceptação luminosa e índice de área foliar em pastos de capim-Tanzânia. **Arquivos de Zootecnia**, v. 67, n. 259, p. 404-407, 2018.
- Sniffen, C. J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 11, p. 3562-3577, 1992.