



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**VALOR FORRAGEIRO DA *MORINGA OLEIFERA LAM.*
SUBMETIDA A DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS E
ALTURAS DE CORTE**

Autor: Wêndel Bispo Santos e Santos
Orientador: Fabiano Ferreira da Silva

ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL
Agosto de 2024

WÊNDEL BISPO SANTOS E SANTOS

**VALOR FORRAGEIRO DA *MORINGA OLEIFERA LAM.*
SUBMETIDA A DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS E
ALTURAS DE CORTE.**

Tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Orientador: Prof. Dr. Fabiano Ferreira da Silva

Co-orientadores: Prof. Dr. Fábio Andrade Teixeira
Prof^a. Dr^a. Daniela Deitos Fries

ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL
Agosto de 2024

Ficha Catalográfica Preparada pela Biblioteca da UESB, Campus de Itapetinga

583
S239v

Santos, Wêndel Bispo Santos e.

Valor forrageiro da *Moringa oleifera* Lam. submetida a diferentes arranjos espaciais e alturas de corte. / Wêndel Bispo Santos e Santos. – Itapetinga-BA: UESB, 2024.
55p.

Tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Sob a orientação do Prof. D. Sc. Fabiano Ferreira da Silva e coorientação de Prof. D. Sc. Fábio Andrade Teixeira e Prof.^a Daniela Deitos Fries.

1. Moringa – Arranjos espaciais. 2. Moringa - alturas de corte. 3. Forragem – Moringa - Avaliação. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Programa de Pós-Graduação de Doutorado em Zootecnia, *Campus* de Itapetinga. II. Silva, Fabiano Ferreira da. III. Teixeira, Fábio Andrade. IV. Fries, Daniela Deitos. V. Título.

CDD(21): 583

Catálogo na Fonte:

Adalice Gustavo da Silva – CRB 535-5^a Região
Bibliotecária – UESB – Campus de Itapetinga-BA

Índice Sistemático para desdobramentos por Assunto:

1. Moringa – Crescimento - Morfologia

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB
Recredenciada pelo Decreto Estadual
Nº 16.825, de 04.07.2016

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: “VALOR FORRAGEIRO DA MORINGA OLEIFERA LAM. SUBMETIDA A DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS E ALTURAS DE CORTE”

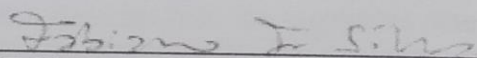
Autor: Wêndel Bispo Santos e Santos

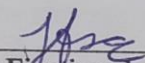
Orientador: Prof. Dr. Fabiano Ferreira da Silva

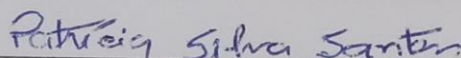
Coorientador: Prof. Dr. Fábio Andrade Teixeira


Coorientadora: Profª. Dra. Daniela Deitos Fries

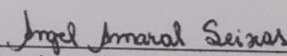
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO PRODUÇÃO DE RUMINANTES, pela Banca Examinadora:


Prof. Dr. Fabiano Ferreira da Silva – UESB – Orientador


Profª. Dra. Jacqueline Firmino de Sá – IF Baiano – Campus Itapetinga


Profª. Dra. Patrícia Silva Santos – IF Baiano – Campus Itapetinga


Dr. Mauricio Civiero – PNP/UESB


Dr. Angel Amaral Seixas

Data de realização: 01 de agosto de 2024.

“Se você não acredita em si mesmo, ninguém fará isso por você.”

Kobe Bryant

*A Deus, pois sem ele nada seria possível; à
minha família e amigos, por toda a força
durante esse período; ao meu orientador
Prof. Fabiano Ferreira da Silva, pela
amizade, confiança e excelente orientação.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de expressar minha mais profunda gratidão a Deus, por ter me dado a força e a perseverança necessárias para completar esta etapa. Sem a Sua orientação divina, sabedoria e graça, eu não teria chegado tão longe em minha jornada acadêmica;

À minha família, por seu amor, apoio e encorajamento incondicionais durante todo o processo de realização deste doutorado;

A Geovana Dutra, minha companheira de vida, por estar sempre ao meu lado, me dando força e oferecendo apoio em todos os momentos em que precisei;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), pela bolsa de estudos;

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia e ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia da UESB, por toda a infraestrutura disponibilizada, e a todos os funcionários, professores e coordenadores pela dedicação e competência;

A meu orientador, Fabiano Ferreira da Silva, por sua orientação, apoio e incentivo durante todo o processo de elaboração desta tese. Sua dedicação, comprometimento e sabedoria foram fundamentais para o sucesso deste trabalho;

Aos meus coorientadores, D.Sc. Daniela Deitos Fries e D.Sc. Fábio Andrade Teixeira, pela orientação e incentivo;

Aos amigos da UESB e do grupo de pesquisa NPBL-UESB, que de alguma forma ajudaram na realização do experimento;

A todos que de alguma maneira contribuíram para a finalização desse trabalho.

BIOGRAFIA

WÊNDEL BISPO SANTOS E SANTOS, filho de Maurina Teixeira Santos e de Luiz Carlos Bispo Santos, nasceu em Itapetinga-Bahia, no dia 11 de janeiro de 1994. Em dezembro de 2017, concluiu o curso de Zootecnia, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Em março de 2018, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, em nível de Mestrado, área de concentração Produção de Ruminantes, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, realizando estudos na área de Bovinocultura de leite, sob a orientação do Professor Fabiano Ferreira da Silva. Em março de 2020 defendeu a presente dissertação. Em dezembro de 2019, foi aprovado na seleção de doutorado do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	ix
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xi
I - REFERENCIAL TEÓRICO.....	1
1.1 Introdução.....	1
1.2 <i>Moringa oleifera Lam</i>	3
1.3 Arranjo espacial e densidade de plantas.....	4
1.4 Altura de corte.....	6
1.5 Moringa na alimentação animal.....	7
1.6 Referências.....	10
II - OBJETIVOS.....	15
2.1 Objetivo geral.....	15
2.2 Objetivos específicos.....	15
III - MATERIAIS E MÉTODOS.....	16
3.1 Avaliações.....	18
3.2 Avaliações morfológicas e de crescimento.....	19
3.2.1 <i>Altura das plantas</i>	19
3.2.2 <i>Taxa de crescimento</i>	19
3.2.3 <i>Diâmetro do colo</i>	19
3.2.4 <i>Comprimento e largura de folha e folíolo</i>	19
3.2.5 <i>Matéria seca da parte aérea</i>	20

	vii
3.3 Produtividade	20
3.4 Análise bromatológica	20
3.5 Análises fisiológicas e bioquímicas	21
3.5.1 <i>Prolina</i>	21
3.5.2 <i>Açúcares solúveis totais - AST</i>	21
3.5.3 <i>Amido</i>	21
3.6 Estatística	22
IV - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
V - CONCLUSÕES	37
VI - REFERÊNCIAS.....	38

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1. Desenho da área experimental.	16
FIGURA 2. Precipitação e temperatura máxima, mínima e média durante o período experimental (01 de dezembro de 2017 a 30 de agosto de 2018).	18
FIGURA 3. Produção de matéria seca por hectare (Kg.MS ha ⁻¹) de <i>Moringa oleifera Lam</i> submetida a diferentes alturas de corte com arranjos espaciais de 0,5 x 1,0 (...) e 0,5 x 0,5 (—).	23
FIGURA 4. Relação folha/caule da <i>Moringa oleifera Lam.</i> em função da altura de corte.	25
FIGURA 5. Altura da <i>Moringa oleifera Lam.</i> em função da altura de corte.	29
FIGURA 6. Teor de amido da <i>Moringa oleifera Lam.</i> em função da altura de corte.	34

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1. Análise química da amostra de solo.	17
TABELA 2. Análise física da amostra de solo.	17
TABELA 3. Efeito do arranjo espacial e da altura de corte, sobre a produção por hectare de <i>Moringa oleifera Lam.</i>	24
TABELA 4. Efeito do arranjo espacial e da altura de corte, sobre a relação folha/caule de <i>Moringa oleifera Lam.</i>	25
TABELA 5. Efeito do arranjo espacial e da altura de corte, sobre a altura, taxa de crescimento absoluta, diâmetro, comprimento da folha, largura da folha, comprimento do folíolo e largura do folíolo de <i>Moringa oleifera Lam.</i> ...	27
TABELA 6. Efeito do arranjo espacial e da altura de corte, sobre a composição química bromatológica da <i>Moringa oleifera Lam.</i>	32
TABELA 7. Efeito do arranjo espacial e da altura de corte, sobre os teores de açúcares solúveis totais (AST) de <i>Moringa oleifera Lam.</i>	33
TABELA 8. Efeito do arranjo espacial e da altura de corte, sobre os teores de amido de <i>Moringa oleifera Lam.</i>	34
TABELA 9. Efeito do arranjo espacial e da altura de corte, sobre os teores de prolina de <i>Moringa oleifera Lam.</i>	35

RESUMO

SANTOS, Wêndel Bispo Santos e. **Valor forrageiro da *Moringa oleifera* Lam. submetida a diferentes arranjos espaciais e alturas de corte.** Itapetinga, BA: UESB, 2024. 55 p. Tese. (Doutorado em Zootecnia, Área de Concentração em Produção de Ruminantes)*.

Objetivou-se com este estudo avaliar a influência de diferentes arranjos espaciais e alturas de corte sobre as características agronômicas, morfológicas, fisiológicas e a qualidade nutricional da *Moringa Oleifera*. O estudo foi conduzido no município de Encruzilhada-BA, em um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial duplo (2 x 4), formado por dois arranjos espaciais (0,5 m x 1,0 m e 0,5 m x 0,5 m) e quatro alturas de corte (20; 30; 40 e 50 cm do nível do solo). Cada tratamento foi composto por quatro repetições, totalizando 32 parcelas experimentais, constituídas de uma área de 16 m² (4 x 4 m). Os resultados mostraram que não houve interação nem efeito isolado dos fatores sobre a taxa de crescimento absoluta, o diâmetro, o comprimento da folha, a largura da folha, o comprimento do folíolo, a largura do folíolo, a composição química, os açúcares solúveis totais e a prolina. A altura de corte influenciou de forma crescente a altura final da planta, o teor de amido e a relação folha/caule. Para a produção total, observou-se interação significativa entre as alturas de corte e os arranjos espaciais. A altura de corte promoveu um efeito linear crescente para os tratamentos com arranjo espacial de 0,5 x 0,5 m, aumento de 88,11 g.MS ha⁻¹ para cada centímetro de aumento na altura de corte. No entanto, para os tratamentos com 0,5 x 0,5 m, nenhum modelo foi ajustado. Não foram observadas diferenças entre os arranjos espaciais com o corte a 20 cm de altura. Nas alturas de 30, 40 e 50 cm, as maiores produções (4.141,04 kg de MS ha⁻¹; 4.470,59 kg de MS ha⁻¹; 4.905,39 kg de MS ha⁻¹, respectivamente), foram encontradas no arranjo espacial de 0,5 x 0,5 m. Recomenda-se o uso do arranjo espacial de 0,5 x 0,5 m com altura de corte de 50 cm, pois esses parâmetros de cultivo resultam em maior produção de massa seca e proporção de folhas, sem afetar as características bromatológicas e morfológicas da *Moringa oleifera* Lam.

Palavras-chave: crescimento, morfologia, produção

* Orientador: Fabiano Ferreira da Silva, D.Sc. UESB e Co-orientadores: Daniela Deitos Fries, D.Sc. UESB e Fábio Andrade Teixeira, D.Sc. UESB

ABSTRACT

SANTOS, Wêndel Bispo Santos e. **Impact of Different Spatial Arrangements and Cutting Heights on the Forage Value of *Moringa oleifera* Lam.** Itapetinga, BA: UESB, 2024. 55 p. Thesis. (Doctorate in Animal Science, Concentration Area in Ruminant Production)*.

This study aimed to assess the impact of different spatial arrangements and cutting heights on the forage value of *Moringa oleifera* Lam. The study was performed in the municipality of Encruzilhada, Bahia, Brazil, using a completely randomized design in a 2x4 factorial arrangement. Treatments consisted of two row spacings (0.5 m x 1.0 m and 0.5 m x 0.5 m) and four cutting heights (20, 30, 40, and 50 cm above ground level). Each treatment had four replications, resulting in a total of 32 experimental units. Each experimental unit consisted of a 16 m² plot (4 m x 4 m). The results indicated that there was no interaction or main effect of the factors on absolute growth rate, diameter, leaf length, leaf width, leaflet length, leaflet width, chemical composition, total soluble sugars, and proline. Cutting height exerted a significant positive influence on final plant height, starch content, and leaf-to-stem ratio. Regarding total production, a significant interaction was found between cutting heights and spatial arrangements. Specifically, for the 0.5 x 0.5 m spatial arrangement, there was a linear increase in total production with increasing cutting height, amounting to an 88.11 g.MS ha⁻¹ increase for each centimeter increment in cutting height. For the 0.5 x 0.5 m spacing, no statistical model could be adjusted to the data. No significant differences were found among spatial arrangements when plants were cut at 20 cm. At cutting heights of 30, 40, and 50 cm, the highest dry matter yields (4,141.04 kg DM ha⁻¹; 4,470.59 kg DM ha⁻¹; 4,905.39 kg DM ha⁻¹, respectively) were obtained with the 0.5 x 0.5 m spacing. Therefore, it is recommended to use a 0.5 x 0.5 m spacing with a 50 cm cutting height, as these cultivation parameters led to higher dry matter production and a greater proportion of leaves, without compromising the bromatological and morphological characteristics of *Moringa oleifera* Lam.

Keywords: Growth, morphology, production

* Advisor: Fabiano Ferreira da Silva, D.Sc. UESB e Co-advisor: Daniela Deitos Fries, D.Sc. UESB e Fábio Andrade Teixeira, D.Sc. UESB

I - REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 Introdução

Sabe-se que no sistema de produção utilizado na pecuária, encontra-se um grande desafio quando se trata de produtividade, desafios esses causados frequentemente pela utilização de alimentos de baixa qualidade nutricional e as deficiências alimentares. (Soltan et al., 2017). Nesse contexto, a utilização de leguminosas é vantajosa, uma vez podem suprir as limitações observadas em outras fontes de alimentação, como, por exemplo, alimentos fibrosos e de baixa digestibilidade. Além disso, as leguminosas podem ser cultivadas por pequenos produtores e possuem maiores teores de proteína que as gramíneas (Soltan et al., 2012).

Diante dessas considerações sobre a importância das leguminosas na alimentação animal, surge a necessidade de explorar outras alternativas viáveis. No que se refere às informações agronômicas relacionadas às espécies de moringa, os dados na literatura são escassos, o que justifica a realização de estudos sobre o plantio e o cultivo da moringa. Conforme Palada & Chang (2003), a *Moringa oleifera Lam*, pertence à família *Moringaceae* e cresce principalmente nos países tropicais, sendo uma espécie tolerante à seca, capaz de suportar uma grande variedade de estresses ambientais. A árvore pode resistir a temperaturas de até 48 °C e crescer bem em regiões com precipitação anual entre 250-1500 mm.

Pesquisas demonstram que o arranjo espacial de plantio é uma das características que influenciam o crescimento e a produção de biomassa da moringa (Gadzirayi et al., 2019). A escolha do arranjo espacial afeta diretamente a luz disponível para as plantas, a nutrição, a densidade por hectare e as características morfogênicas das plantas. Dentre essas variáveis, a densidade por hectare afeta diretamente a produtividade: maiores densidades, representadas por menores arranjos espaciais, limitam o desenvolvimento individual das plantas, enquanto menores densidades podem resultar em desperdício de recursos (Gascho & Shih, 1981). Portanto, é necessária a escolha correta do arranjo espacial para alcançar altos desempenhos (Brodrick et al., 2013).

Mwangome (2023), com o objetivo de estabelecer o arranjo espacial ideal de plantio que pudesse resultar em uma maior produtividade de biomassa e teor de proteína bruta em *Moringa oleifera* em condições de campo, avaliou o efeito de três arranjos espaciais de plantas: (1m x 1m), (0,5m x 0,5m) e (0,25m x 0,25m), com alturas de colheita de 70 cm, 100 cm e 150 cm. O estudo observou que maiores arranjos espaciais são recomendados, pois resultam em maior produção e sustentabilidade da *Moringa oleifera*, aumentando a biomassa produzida.

Outra prática agrônômica que contribui para o crescimento e o rendimento das plantas é a altura de corte, uma vez que a Moringa tem alta velocidade e capacidade de regeneração, sendo recomendado cortes na altura de 10 a 40 cm acima da superfície do solo (Ali et al., 2017). Ao avaliarem a produção de biomassa da moringa em um delineamento de blocos casualizados com quatro repetições e três alturas de corte (10, 20 e 30 cm), Padilla et al. (2016) observaram que a maior altura de corte favoreceu o aumento da população, das folhas/plantas e dos ramos/planta.

Nesse pressuposto, observa-se que tanto o crescimento quanto as demais características agrônômicas podem ser afetadas por diferentes níveis de arranjos espaciais e alturas de corte. Contudo, o efeito da interação desses fatores na moringa é variável, levando em consideração os aspectos anteriormente apresentados.

O presente estudo foi conduzido para avaliar a influência de diferentes arranjos espaciais e alturas de corte sobre as características agrônômicas, morfológicas, fisiológicas e qualidade nutricional da *Moringa Oleifera Lam.*

1.2 *Moringa oleifera* Lam

A *Moringa oleifera* é uma árvore frondosa e perene, que produz alta biomassa em um curto período, podendo ser cultivada em regiões tropicais e subtropicais úmidas, quentes e secas, sendo tolerante à seca, adaptando-se a diferentes tipos de solo, exceto nos alagados. A árvore, pode suportar secas de até 6 meses e alcançar alturas entre 10 e 12 metros, sendo encontrada em diferentes partes do mundo (Zhang et al., 2018; Abdul., 2007; Mishra et al., 2012; Ahmed et al., 2020).

A moringa é cultivada em todo o mundo devido à sua alta taxa de crescimento e capacidade de produzir grandes quantidades de biomassa, mesmo em solos pobres (Citação). Originária da Índia, ela se expandiu para regiões semiáridas, tropicais e subtropicais, podendo ser cultivada em temperaturas entre 25 a 35 °C, tolerando solos que variam de neutro a ácido (pH 6,3 a 7,0), bem como solos arenosos ou argilosos bem drenados (Gopalakrishnan et al., 2016; Alhakmani et al., 2013).

É uma árvore de crescimento rápido, com capacidade eficiente de rebrota após a poda e capacidade de produzir folhas de boa qualidade biomassa por unidade de área (Nouman et al., 2013). Sua utilização como forragem, segundo Foidl et al. (1999), ocorre em intervalos que variam entre 35 e 45 dias, quando as rebrotas atingem cerca de 1,5 m de altura.

Com o objetivo de obter maiores rendimentos nas plantas da moringa, o cultivo é realizado em diversos arranjos espaciais (10 x 10 cm, 10 x 15 cm, 20 x 20 cm). Em densidades maiores, é possível obter um maior rendimento por hectare, com uma média de 8,3 toneladas de MS/ha com 45 dias de corte (Ruiz et al., 2012; Fernandes, 2012). No entanto, os rendimentos por hectare da moringa podem variar dependendo de fatores como a época de colheita e plantio, a variedade, a fertilização utilizada, o regime de irrigação e o acesso aos recursos (Palada et al., 2006).

Na América, a *Moringa* foi introduzida em 1920 como árvore ornamental e utilizada como cercas vivas e quebras de cortinas. Na antiguidade, romanos, gregos e egípcios extraíam óleo comestível de suas sementes, que era usado para perfumes e loções (Padilla et al., 2017). Atualmente, segundo Dong et al. (2019), os estudos relacionados a utilização da moringa como um alimento alternativo para a alimentação animal têm sido intensificados, principalmente devido ao seu alto teor de proteínas,

vitaminas e minerais, com valores médios de proteína bruta variando entre 17 e 18% na matéria seca (Kholif et al., 2018).

A folha da moringa é o componente de maior valor nutricional, sendo uma excelente fonte proteica devido à sua composição de aminoácidos e alto teor de proteína digestível (Citação). No entanto, as folhas de moringa não são indicadas como fonte de proteína protegida no rúmen, devido à alta degradabilidade ruminal de sua proteína (Soliva et al., 2005; Babiker et al., 2017).

Um dos benefícios da utilização da moringa na alimentação animal é que, devido à presença de compostos como saponinas, taninos e polissacarídeos, a mesma possui propriedades anti-inflamatórias, antioxidantes e antimicrobianas, fatores que podem contribuir para o aumento da produção de leite em vacas leiteiras (Azzaz et al., 2016).

Segundo Zeng et al. (2018), a silagem de *Moringa oleifera* pode substituir parcialmente as silagens de feno e milho sem causar efeitos negativos sobre a digestibilidade e produção de leite. Esse melhor desempenho pode ser atribuído a maior quantidade de metabólitos secundários presentes na moringa, que também podem ser utilizados como um aditivo para redução da emissão de gases de efeito estufa.

Entretanto, Cohen-Zinder et al. (2016), ao comparem a substituição do feno de trigo por silagem de moringa na alimentação de vacas leiteiras, observaram uma menor digestibilidade *in vivo* da matéria seca, fibra em detergente neutro, celulose, hemicelulose e proteína bruta. Os autores sugeriram a necessidade de ensilar a moringa com ingredientes como a casca de soja ou grãos de milho como aditivos sólidos de maior digestibilidade. No que diz respeito à produção de leite, a silagem de moringa proporcionou um rendimento superior em cerca de 4,26% em relação ao feno.

Babiker et al., (2017) realizaram um estudo comparativo para avaliar o valor nutricional das folhas de moringa como substituto parcial da dieta de feno de alfafa em ovelhas e cabras, e observaram que, a substituição da alfafa por moringa teve efeito positivo na produção, composição e qualidade do leite de ovelhas e cabras, além de melhorar o desempenho de cabritos e cordeiros em crescimento.

1.3 Arranjo espacial e densidade de plantas

O arranjo espacial tem a função de proporcionar espaço suficiente para que a planta alcance seu crescimento máximo. Durante a fase inicial de crescimento, há uma

alta demanda por umidade e calor. Com a presença desses elementos, mesmo em maiores densidades, a planta consegue se desenvolver. Todavia, à medida que cresce, também aumenta a demanda de recursos, o que gera competição por água, luz e nutrientes para desenvolvimento das raízes e da copa (Chies, 2005).

Pauleski (2010) apresenta uma relação entre os arranjos espaciais e a densidade populacional, onde observa-se que plantios com arranjos espaciais menores possuem uma maior densidade por área. Isso resulta em uma maior competição por água, nutrientes e luz, o que pode ser causado pela diminuição do desenvolvimento radicular e baixa atividade fotossintética, podendo levar a uma redução inicial no crescimento das plantas, fato identificado por Terra et al. (2010). Em contrapartida, em arranjos espaciais maiores, há uma menor densidade populacional, observando-se árvores com maiores diâmetros, maior área de copa e ramificações.

Quando utilizada para alimentação animal, é importante observar alguns fatores para alcançar maiores níveis produtivos, onde o arranjo espacial de plantio é um dos fatores determinantes (Padilla et al., 2017). Arranjos espaciais muito adensados podem provocar estiolamento, que é o desenvolvimento anormal das plantas na ausência de luz, resultando em um crescimento geralmente alongado e com coloração amarela ou branca, causado pela baixa concentração de clorofila, comprometendo o desenvolvimento e afetando a composição morfológica (Mih et al., 2008; Hartmann e Kester, 1990).

Akinbamijo et al. (2006) observaram que a *Moringa oleifera* pode produzir até 20 toneladas de matéria seca em um ciclo de 50 dias, quando manejadas em arranjo espacial de 20 cm x 20 cm em condições experimentais. Já o arranjo espacial de 10 cm x 10 cm, os rendimentos de folhas frescas ficaram entre 70-80 ton/ha com até 7 cortes anuais, em condições de irrigação, drenagem e adubação. Radovich (2009) recomenda um arranjo espacial de pelo menos 2 m x 3 m para policulturas perenes, ressaltando que a variação depende da frequência de corte, da tolerância das plantas, do acesso à área de manejo e a necessidade de equipamentos específicos.

Amaglo (2006), em estudo avaliando diferentes arranjos espaciais (5 cm x 5 cm, 5 cm x 10 cm e 5 cm x 15 cm), observou que, após 60 dias da semeadura, as plantas com menor arranjo espacial apresentaram maior altura (87,76 cm) em comparação ao maior arranjo espacial (73,57 cm). No entanto, em relação ao diâmetro, foi observado um grande número de morte de plantas durante o período entre 100 a 280 dias. Esse fato

foi atribuído à diminuição dos fatores de crescimento e ao aumento da competição entre plantas individuais, levando à morte de muito mais plantas do arranjo espacial mais adensados.

1.4 Altura de corte

Segundo Basra et al. (2015), a utilização de árvores como fonte alimentar apresenta baixos requisitos para manutenção e insumos, além de melhorar o uso da terra e aumentar a disponibilidade de árvores, sendo uma opção eficaz para fornecer forragem de qualidade em períodos de escassez.

Para aproveitar a produção de biomassa das plantas, é importante atentar-se a altura na qual o corte será realizado, conforme destacado por Foidl (1999), em estudo com a moringa cultivada com 45 a 60 dias em altura de corte de 20 cm, com a base do caule como referência para o corte. Segundo o autor, a altura de corte pode influenciar a velocidade de rebrota, uma vez que está relacionada à reserva acumulada nas raízes.

Observa-se, portanto, uma tendência de variação do desempenho das plantas de acordo com o tipo de manejo utilizado. Rodríguez et al. (2020) destacam que, para obter produções consideráveis e manter o equilíbrio com a persistência da cultura, é necessário garantir produções estáveis entre 45 e 60 dias, em uma altura de corte que permita o desenvolvimento ideal da planta. Rodríguez et al., (2017) realizaram o corte a 10 cm de altura em dois ecótipos de moringa (Nicarágua e Criolla) nas idades de 45 e 60 dias. No entanto, a altura do corte não foi o fator determinante das diferenças observadas nos rendimentos de matéria seca, mas sim a frequência de corte a cada 60 dias.

A moringa é uma planta que apresenta alta velocidade e capacidade de rebrota em condições ambientais favoráveis, onde é recomendado realizar o primeiro corte de cinco a seis meses após a semeadura, com cortes adicionais podendo ser realizados a cada 45 dias na estação chuvosa e a cada 60 dias na estação seca, a 20 cm de altura do solo (Foidl et al., 2001).

As pesquisas encontradas sobre o manejo da altura de corte da moringa são escassas, e há restrições quanto a corte drásticos que afetam a capacidade de rebrota da planta. Sakai et al. (1997) afirmam que menores alturas de corte comprometem a disponibilidades das reservas na planta. Essas reservas podem ser acumuladas também

ao longo da base do caule, sendo fundamentais para prevenir o atraso no crescimento pós-corte e/ou morte da cepa.

Segundo Shackleton (2000), existe uma relação entre a altura de corte e a capacidade de rebrota das plantas. Cortes mais abrasivos resultam em uma maior quantidade de brotos para rebrota, enquanto cortes realizados a maiores alturas tendem a ter um efeito inverso. Segundo o autor, isso ocorre porque, em maiores alturas, os recursos da reserva são realocados para recuperar rapidamente a altura pós-poda. Em contraste, quando os cortes são realizados em alturas menores, as reservas são utilizadas para o crescimento de novos brotos, resultando em uma rebrota com crescimento mais lento.

1.5 Moringa na alimentação animal

A utilização de árvores e arbustos para alimentação animal tem sido cada vez mais relatada na literatura, sendo considerada uma estratégia promissora para mitigar os desafios enfrentados pela pecuária em regiões tropicais, onde buscam-se alternativas sustentáveis para manter a viabilidade econômica e ambiental da produção animal. Com o aumento dos custos e a escassez dos insumos tradicionais, essas fontes alimentares não convencionais, como leguminosas arbóreas, têm demonstrado potencial para substituir parcial ou totalmente as dietas animais, contribuindo para a melhoria do desempenho produtivo e a redução da dependência de insumos externos. (Zhou et al., 2012).

Babeker & Abdalbagi (2015) destacam que os produtores enfrentam dificuldades ao utilizar algumas espécies arbóreas como fonte de suplementação para os animais, devido às limitações relacionadas à produtividade, presença de substâncias tóxicas, palatabilidade e adaptabilidade. Por isso, ao longo do tempo, tornou-se necessário pesquisar novas espécies de árvores que pudessem contribuir com efeitos positivos para o ambiente ruminal, além de serem capazes de manter ou aumentar a produção animal com alto rendimento e qualidade nutricional.

Nesse contexto, a moringa se destaca como uma espécie arbórea promissora para a alimentação animal, devido ao alto teor de proteína bruta presente em suas folhagens, tornando-se uma fonte proteica importante. Além do seu valor nutricional, a moringa é uma planta perene, com boa capacidade de rebrota e alto potencial para produção de forragem, atingindo até 12 metros de altura e produção que pode chegar até 120

ton/ha/ano, quando cultivada em condições ideais de clima, solo e manejo (Sarwatt et al., 2004).

A fim de explorar os potenciais benefícios e limitações da utilização da moringa na alimentação animal, torna-se essencial considerar os fatores antinutricionais associados a esta planta. Segundo Olagbemide & Alikwe (2014), esses fatores antinutricionais são classificados de acordo com o efeito que podem causar no organismo animal e sua interação com os tecidos e enzimas endógenas. Os principais e mais estudados incluem as lectinas, fitatos, saponinas, polímeros fenólicos, gossipol, inibidores de proteases e taninos.

Com base em estudo realizado por Kakengi et al. (2005), é possível inferir que as folhas de *Moringa oleifera* apresentam teores de 3,1% de fenóis totais e 2% de taninos extraíveis totais. Esses níveis foram considerados como insuficientes para desencadear distúrbios no trato intestinal dos ruminantes. Além disso, Ferreira et al. (2008) corroboraram tais resultados ao identificar a ausência de fatores antinutricionais, como tripsina, inibidores de amilase, lectinas e glicosídeos cianogênicos, nas folhas. Os autores também observaram níveis não tóxicos de saponinas e taninos nos caules, consolidando a *Moringa oleifera* como uma fonte significativa de compostos bioativos e antioxidantes para uso na alimentação de ruminantes.

Zeng et al. (2018), em um estudo com o objetivo de investigar os efeitos da moringa como um substituto parcial do feno de alfafa e milho na produção de leite, digestibilidade e índices bioquímicos de vacas leiteiras, observaram que a substituição parcial ($\geq 50\%$) por silagem de moringa não apresentou efeitos negativos. Esse desempenho pode ser atribuído à quantidade de metabólitos presentes na *Moringa oleifera*, que também possui potencial aditivo, resultando na redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) em ruminantes.

As folhas de moringa contêm compostos bioativos, incluindo saponinas e taninos condensados, que possuem propriedades antioxidantes e antimicrobianas, sendo capazes de reduzir a produção de metano (CH₄) ruminal, melhorando assim a eficiência da fermentação no ambiente ruminal (Su & Chen, 2020; Bryant et al., 2014).

Pesquisas mostram que a concentração dos metabólitos secundários e compostos bioativos presentes nas folhas e caules da moringa é variável, sendo resultado das variações genéticas das plantas, estágio de desenvolvimento, técnica de cultivo

utilizada, influência climática, condições de armazenamento, relação folha:colmo, entre outros (Förster et al., 2015; Leone et al., 2015).

Dong et al. (2019) avaliaram os efeitos diferentes níveis de suplementação de *Moringa oleifera* sobre o desempenho produtivo e a comunidade metanogênica fecal em vacas leiteiras. Eles observaram que, embora o consumo e a produção de leite não tenham apresentado diferença significativa entre os tratamentos, a adição de 6% de *Moringa oleifera* aumentou o teor de gordura do leite. Além disso, a suplementação modificou a predominância de *Methanobrevibacter ruminantium*, indicando que a suplementação também pode reduzir as emissões de metano.

Mendieta-Araica et al. (2011) realizaram um estudo comparando a *Moringa oleifera* na forma fresca ou ensilada com o capim elefante como a principal fonte de volumoso para vacas leiteiras. Foram avaliados os efeitos da alimentação na produção de leite, composição do leite, digestibilidade da ração e características organolépticas do leite. Os resultados mostraram que o ganho de peso, a produção e a composição do leite não foram afetadas com o aumento da ingestão de moringa fresca, apesar da maior concentração de proteína bruta e digestibilidade de fibra da moringa ensilada. Essa resposta indica a possibilidade do uso da moringa ensilada em dietas para vacas leiteiras, a fim de obter qualidade e produção equivalentes às dietas tradicionais.

Vale ressaltar que alguns pontos devem ser considerados quanto à utilização da moringa na alimentação de ruminantes. Soliva et al. (2005) utilizaram a moringa como substituto ao farelo de soja como fonte proteica e observaram valores alimentares semelhantes entre ambas as fontes. No entanto, destacaram que as folhas da moringa não são recomendadas como uma fonte de proteína protegida no rúmen devido à sua alta degradabilidade ruminal. Em contrapartida, a moringa pode promover a síntese de proteínas microbianas do rúmen devido ao seu conteúdo substancial de N e energia prontamente fermentáveis.

1.6 Referências

- ABDUL, D. A. S. Economic importance of *Moringa oleifera* in Tafa local government area of Niger State. **NDE Project. Federal College of Forestry Mechanization, Kaduna, Nigeria**, v. 34, 2007.
- AHMED, S.; KHAN, M. J.; HUQUE, K. S.; SARKER, N. R.; HABIB, M. A. Comparative performance on plant morphology and biomass yield of two selected *Moringa oleifera* cultivars. **Bangladesh Journal of Animal Science**, v. 49, n. 1, p. 91-99, 2020.
- AKINBAMIJO, O. O.; ADEDIRAN, S. A.; NOUALA, S.; SEACKER, J. Moringa fodder in ruminant nutrition in the Gambia—Trees for life journal—a forum on beneficial trees and plants. **Publication of International Trypanotolerance Centre, Banjul T retrieved on**, v. 6, n. 4, p. 2010, 2006.
- ALHAKMANI, F.; KUMAR, S.; KHAN, S. A. Estimation of total phenolic content, in-vitro antioxidant and anti-inflammatory activity of flowers of *Moringa oleifera*. **Asian Pacific journal of tropical biomedicine**, v. 3, n. 8, p. 623-627, 2013.
- ALI, M. A.; YUSOF, Y. A.; CHIN, N. L.; IBRAHIM, M. N. Processing of Moringa leaves as natural source of nutrients by optimization of drying and grinding mechanism. **Journal of Food Process Engineering**, v. 40, n. 6, p. e12583, 2017.
- AMAGLO, N. K.; TIMPO, G. M.; ELLIS, W. O.; BENNETT, R. N.; FOIDL, N. Effect of spacing and harvest frequency on the growth and leaf yield of moringa (*Moringa oleifera* Lam.), a leafy vegetable crop. **Ghana Journal of Horticulture**, v. 6, n. 1, p. 33-40, 2006.
- AZZAZ, H. H.; FARAHAT, E. S.; MORSY, T. A.; AZIZ, H. A.; HADHOUD, F. I.; ABD-ALLA, M. S. *Moringa oleifera* and Echinacea purpurea as supplements for Rhamani lactating ewe's diets and their effect on rumen characteristics, nutrients digestibility, blood parameters, milk production, composition and its fatty acid profile. **Asian Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 11, p. 684-692, 2016.
- BABEKER, E. A.; ABDALBAGI, Y. M. Effect of feeding different levels of *Moringa oleifera* leaves on performance, haematological, biochemical and some physiological parameters of Sudan Nubian goats. **Online Journal of Animal and Feed Research**, v. 5, n. 2, p. 50-61, 2015.
- BABIKER, E. E.; JUHAIMI, F. A.; GHAFOOR, K.; ABDOUN, K. A. Comparative study on feeding value of Moringa leaves as a partial replacement for alfalfa hay in ewes and goats. **Livestock Science**, v. 195, p. 21-26, 2017.
- BASRA, S. M. A.; NOUMAN, W.; USMAN, M.; NAZLI, Z. E. H. Biomass Production and Nutritional Composition of *Moringa oleifera* under Different Cutting Frequencies and Planting Spacings. **International Journal of Agriculture Biology**, v. 17, n. 5, 2015.

BRODRICK, R.; BANGE, M. P.; MILROY, S. P.; HAMMER, G. L. Physiological determinants of high yielding ultra-narrow row cotton: Canopy development and radiation use efficiency. **Field Crops Research**, v. 148, p. 86-94, 2013.

BRYANT, J. P.; JOLY, K.; CHAPIN III, F. S.; DEANGELIS, D. L.; & KIELLAND, K. Can antibrowsing defense regulate the spread of woody vegetation in arctic tundra?. **Ecography**, v. 37, n. 3, p. 204-211, 2014.

CHIES, D. Influência do espaçamento sobre a qualidade e o rendimento da madeira serrada de *Pinus taeda* L. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal do Paraná. 2005.

COHEN-ZINDER, M.; LEBOVICH, H.; VAKNIN, Y.; SAGI, G.; SHABTAY, A.; BEN-MEIR, Y.; MIRON, J. Effect of feeding lactating cows with ensiled mixture of *Moringa oleifera*, wheat hay and molasses, on digestibility and efficiency of milk production. **Animal Feed Science and Technology**, v. 211, p. 75-83, 2016.

DONG, L.; ZHANG, T.; DIAO, Q. Effect of dietary supplementation of *Moringa oleifera* on the production performance and fecal methanogenic community of lactating dairy cows. **Animals**, v. 9, n. 5, p. 262, 2019.

FERNANDES, D. L. Produtividade e composição bromatológica da forragem de Moringa. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Sergipe. 2012.

FERREIRA, P. M. P.; FARIAS, D. F.; OLIVEIRA, J. T. D. A.; CARVALHO, A. D. F. U. *MORINGA oleifera*: bioactive compounds and nutritional potential. **Revista de Nutrição**, v. 21, p. 431-437, 2008.

FOIDL, N.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. The potential of *Moringa oleifera* for agricultural and industrial uses. In: The Miracle Tree: The Multiple Attributes of Moringa. Fuglie, L. J. (ed.) **Centre for Agricultural and Rural Cooperation (CTA) is a joint international institution of the African, Caribbean and Pacific (ACP) Group of States and the European Union (EU)**. Nederland. 45-77, 2001.

FOIDL, N.; MAYORGA, L.; VÁSQUEZ, W.; MURQUEITIO, E.; OSORIO, H.; SANCHEZ, M.; D.SPEEDY, A. Utilización del marango (*Moringa oleifera*) como forraje fresco para ganado. **FAO animal production and health paper**, p. 341-350, 1999.

FÖRSTER, N.; ULRICHS, C.; SCHREINER, M.; ARNDT, N.; SCHMIDT, R.; MEWIS, I. Ecotype variability in growth and secondary metabolite profile in *Moringa oleifera*: Impact of sulfur and water availability. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 63, n. 11, p. 2852-2861, 2015.

GADZIRAYI, C. T.; KUBIKU, F.; MUPANGWA, J.; MASAMHA, B.; MUJURU, L. The Effect of Provenance, Plant Spacing and Cutting Interval on Leaf Biomass Yield of *Moringa Oleifera* Lam. **East African Agricultural and Forestry Journal**, v. 83, n. 1, p. 25-33, 2019.

GASCHO, G. J.; SHIH, S. F. Row spacing effects on biomass and composition of sugarcane in Florida. In: **Proceedings. New series-American Society of Sugar Cane Technologists (USA)**. 1981.

GOPALAKRISHNAN, L.; DORIYA, K.; KUMAR, D. S. Moringa oleifera: A review on nutritive importance and its medicinal application. **Food science and human wellness**, v. 5, n. 2, p. 49-56, 2016.

HARTMANN, H.T.; KESTER, D. E. **Propagacion de plantas: principios y practicas**. México: Compañía Editorial Continental. 760 p. 1990.

KAKENGI, A. M. V.; SHEM, M. N.; SARWATT, S. V.; FUJIHARA, T. CAN Moringa oleifera be used as a protein supplement for ruminants?. **Asian-Australasian journal of animal sciences**, v. 18, n. 1, p. 42-47, 2005.

KHOLIF, A. E.; GOUDA, G. A.; ANELE, U. Y.; GALYEAN, M. L. Extract of Moringa oleifera leaves improves feed utilization of lactating Nubian goats. **Small Ruminant Research**, v. 158, p. 69-75, 2018.

LEONE, A.; FIORILLO, G.; CRISCUOLI, F.; RAVASENGHI, S.; SANTAGOSTINI, L.; FICO, G.; BERTOLI, S. Nutritional characterization and phenolic profiling of Moringa oleifera leaves grown in Chad, Sahrawi Refugee Camps, and Haiti. **International journal of molecular sciences**, v. 16, n. 8, p. 18923-18937, 2015.

MENDIETA-ARAICA, B.; SPÖRNDLY, E.; REYES-SÁNCHEZ, N.; SPÖRNDLY, R. Feeding Moringa oleifera fresh or ensiled to dairy cows—effects on milk yield and milk flavor. **Tropical animal health and production**, v. 43, n. 5, p. 1039-1047, 2011.

MIH, M.; ACHA, A. N.; NEBANE, C. L. N. Growth and Productivity of Vernonia hymenolipis. A. Rich. Under different Plant Densities and Spacing Configurations. **World Journal of Agricultural Sciences**, v. 4, n. 2, p. 178-182, 2008.

MISHRA, S. P.; SINGH, P.; SINGH, S. Processing of Moringa oleifera leaves for human consumption. **Bulletin of Environment, Pharmacology and life sciences**, v. 2, n. 1, p. 28-31, 2012.

MWANGOME, J.M. Biomass yield and crude protein quality of Moringa Oleifera Lam. under spacing and field conditions in Kilifi County, Kenya. **Tese de Doutorado**. Makerere University. 2023.

NOUMAN, W.; SIDDIQUI, M. T.; BASRA, S. M. A.; FAROOQ, H.; ZUBAIR, M.; GULL, T. Biomass production and nutritional quality of Moringa oleifera as a field crop. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 37, n. 4, p. 410-419, 2013.

OLAGBEMIDE, P. T.; PHILIP, C. N. A. Proximate analysis and chemical composition of raw and defatted Moringa oleifera kernel. **Advances in Life Science and Technology**, v. 24, p. 92-99, 2014.

PADILLA, C.; FRAGA, N.; SCULL, I.; TUERO, R.; SARDUY, L. Effect of cut height on indicators of forage production of Moringa oleifera cv. Plain. **Cuban Journal of Agricultural Science**, v. 48, n. 4, 2016.

PADILLA, C.; VALENCIAGA, N.; CRESPO, G.; GONZÁLEZ, D.; RODRÍGUEZ, I. Requerimientos agronómicos de *Moringa oleifera* (Lam.) en sistemas ganaderos. **Development**, v. 29, n. 11, 2017.

PALADA, M. C.; CHANG, L. C. Suggested cultural practices for *Moringa*. **International Cooperators' Guide AVRDC. AVRDC pub**, p. 03-545, 2003.

PALADA, M. C.; CHANG, L.; YANG, R.; ENGLE, L. M. Introduction and varietal screening of drumstick tree (*Moringa* spp.) for horticultural traits and adaptation in Taiwan. In: **I International Conference on Indigenous Vegetables and Legumes. Prospectus for Fighting Poverty, Hunger and Malnutrition 752**. p. 249-253. 2006.

PAULESKI, D. T. **Influência do espaçamento sobre o crescimento e a qualidade da madeira de *Pinus taeda* L.** Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria. 2010.

RADOVICH, T. Farm and Forestry Production and Marketing Profile for *Moringa* (*Moringa oleifera*). **Permanent Agriculture Resources (PAR)**, PO Box 428, Holualoa, Hawai'i 96725, US. Retrieved 2013-11-20, 2009.

RODRÍGUEZ, A.; RODRÍGUEZ, J.; DÍAZ, L. DELGADO, D. Efecto de la distancia de siembra en variables morfoagronómicas de *moringa* (*Moringa oleifera*). **Agronomía Mesoamericana**, v. 28, n. 1, p. 207-211, 2017.

RODRÍGUEZ, J. L. L.; PÉREZ, J. J. R.; LEÓN, O. L. O.; JÍMENEZ, D. G. B.; PÉREZ, R. C. A.; MARTÍNEZ, Y. M. Agroproductive response of *Moringa oleifera* Lam. in different ages and cutting heights. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v. 23, n. 1, 2020.

RODRÍGUEZ, J. L.; ROSELL ALONSO, G.; BENÍTEZ JIMÉNEZ, D. G.; ARIAS PÉREZ, R. C.; RAY RAMÍREZ, J. V.; NUVIOLA PÉREZ, Y. Efecto del ecotipo y la frecuencia de corte en el rendimiento forrajero de *Moringa oleifera* Lam, en el Valle del Cauto. **Revista de Producción Animal**, v. 29, n. 3, p. 12-17, 2017.

RUIZ, R. B.; ODIO, R. M. R.; CARRIÓN, M. E. B. *Moringa oleifera*: a healthy option for the well-being. **MediSan**, v. 16, n. 10, 2012.

SAKAI, A.; SAKAI, S.; AKIYAMA, F. Do sprouting tree species on erosion-prone sites carry large reserves of resources?. **Annals of Botany**, v. 79, n. 6, p. 625-630, 1997.

SARWATT, S. V.; MILANG'HA, M. S.; LEKULE, F. P.; MADALLA, N. *Moringa oleifera* and cottonseed cake as supplements for smallholder dairy cows fed Napier grass. **Livestock research for rural development**, v. 16, n. 6, p. 12-18, 2004.

SHACKLETON, C.M. Stump size and the number of coppice shoots for selected savanna tree species. **South African Journal of Botany**, v. 66, n. 2, p. 124-127, 2000.

SOLIVA, C. R.; KREUZER, M.; FOIDL, N.; FOIDL, G.; MACHMÜLLER, A.; HESS, H. D. Feeding value of whole and extracted *Moringa oleifera* leaves for ruminants and their effects on ruminal fermentation in vitro. **Animal feed science and technology**, v. 118, n. 1-2, p. 47-62, 2005.

SOLTAN, Y. A.; MORSY, A. S.; HASHEM, N. M.; SALLAM, S. M. Utilization of *Moringa oleifera* in ruminant nutrition. **Sustainable Development of Livestocks Production Systems"(SDLPS)" from**, p. 7-9, 2017.

SOLTAN, Y. A.; MORSY, A. S.; SALLAM, S. M. A.; LOUVANDINI, H.; ABDALLA, A. L. COMPARATIVE in vitro evaluation of forage legumes (prosopis, acacia, atriplex, and leucaena) on ruminal fermentation and methanogenesis. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v. 21, n. 4, p. 759-772, 2012.

SU, B.; CHEN, X. Current status and potential of *Moringa oleifera* leaf as an alternative protein source for animal feeds. **Frontiers in veterinary science**, p. 53, 2020.

TERRA, T. G. R.; LEAL, T. C. A. B; SIEBENEICHLER, S. C.; CASTRO, D. V.; DIAS NETO, J. J.; DOS ANJOS, L. M. Desenvolvimento e produtividade de sorgo em função de diferentes densidades de plantas. **Bioscience Journal**. v. 26, n. 2, p. 208-215, 2010.

ZENG, B.; SUN, J. J.; CHEN, T.; SUN, B. L.; HE, Q.; CHEN, X. Y.; XI, Q. Y. Effects of *Moringa oleifera* silage on milk yield, nutrient digestibility and serum biochemical indexes of lactating dairy cows. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, v. 102, n. 1, p. 75-81, 2018.

ZHANG, T.; SI, B.; DENG, K.; TU, Y.; ZHOU, C.; DIAO, Q. Effects of feeding a *Moringa oleifera* rachis and twig preparation to dairy cows on their milk production and fatty acid composition, and plasma antioxidants. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 2, p. 661-666, 2018.

ZHOU, B.; MENG, Q. X.; REN, L. P.; SHI, F. H.; WEI, Z.; ZHOU, Z. M. Evaluation of chemical composition, in situ degradability and in vitro gas production of ensiled and sun-dried mulberry pomace. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v. 21, n. 1, p. 188-197, 2012.

II - OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a influência de diferentes arranjos espaciais e alturas de corte sobre o desenvolvimento e a composição química da *Moringa Oleifera*.

2.2 Objetivos específicos

1. Avaliar o efeito de diferentes arranjos espaciais de plantio e alturas de corte sobre os parâmetros fisiológicos e bioquímicos da *Moringa Oleifera*.
2. Avaliar a taxa de crescimento e a capacidade produtiva da *Moringa Oleifera* em diferentes arranjos espaciais de plantio e alturas de corte.
3. Avaliar a composição química da *Moringa Oleifera* em diferentes arranjos espaciais de plantio e alturas de corte.

III - MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi conduzido de dezembro de 2017 a agosto de 2018, em área experimental da fazenda Valeu Boi, localizada no município de Encruzilhada-BA. O clima da região, segundo a classificação de Köppen e Geiger (1928), é do tipo “Aw”, tropical com estações bem definidas. A fazenda está situada sob as coordenadas de latitude 15° 31' 49" Sul e longitude 40° 54' 37" Oeste, a uma altitude de 915 metros. A região apresenta um período seco e frio entre os meses de abril e setembro e um período chuvoso e quente entre outubro e março.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 2 x 4, formado por dois arranjos espaciais (0,5 m x 1,0 m e 0,5 m x 0,5 m) e quatro alturas de corte (20; 30; 40 e 50 cm do nível do solo). Cada tratamento foi composto por quatro repetições, totalizando 32 parcelas experimentais, constituídas de uma área de 16 m² (4 x 4 m), conforme o croqui (Figura 1).

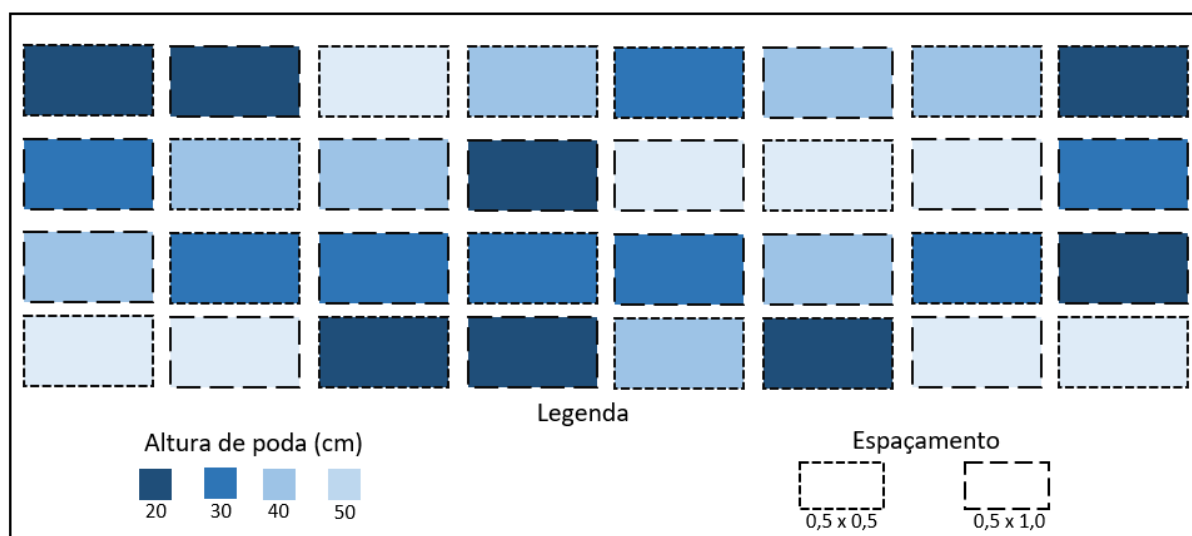


Figura 1. Desenho da área experimental (Croqui). Fonte: próprio autor.

Sementes de *Moringa oleifera* Lam, nativas, foram germinadas em sacos plásticos com dimensões de 11 x 22 cm, contendo substrato composto por duas partes de terra para uma parte de esterco bovino. Trinta dias após a germinação completa, as plantas foram transplantadas para o campo, correspondendo a 32 plantas no arranjo espacial de 0,5 x 1,0 e 64 plantas no arranjo espacial de 0,5 x 0,5 m.

A adubação de cobertura foi baseada em análise prévia de solo, coletado na área experimental na camada de 0-20 cm de profundidade. As amostras foram enviadas ao Laboratório de Solos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, para realização das análises físicas e químicas. Os resultados da análise do solo estão apresentados nas tabelas 1 e 2:

Tabela 1. Análise química da amostra de solo

pH	mg/dm ³		cmolc/dm ³ de solo						%		g/dm ³	
(H ₂ O)	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	S.B	t	T	V	m	M.O
5,7	4	0,21	3,0	2,0	0,1	5,1	5,2	5,3	10,4	50	2	40

Fonte: Laboratório de Química do Solo da UESB

De acordo com os resultados da análise física, o solo foi caracterizado como de textura argilo-arenosa (Figura 2).

Tabela 2. Análise física da amostra de solo

Composição Granulométrica (g/kg)			Classe Textural
Areia	Silte	Argila	
565	45	360	Argilo arenosa

Fonte: Laboratório de Química do Solo da UESB

A análise química do solo indicou que não houve necessidade de calagem nem aplicação de potássio. No entanto, devido ao baixo nível de fósforo, houve necessidade de adubação fosfatada. A adubação com fósforo e nitrogênio foram baseadas nas recomendações propostas por Mendieta-Araica et al. (2013) e Abdullahi et al. (2013) respectivamente. A adubação de cobertura foi realizada aos 45 dias após o transplante. Quando as plantas atingiram a altura mínima de 60 cm, foi realizada uma poda apical para uniformização das plantas.

A adubação nitrogenada e fosfatada foi administrada nas doses de 100 kg de N ha⁻¹ e 80 kg de P₂O₅ ha⁻¹, correspondendo a 32,09 kg de superfosfato simples e 8,06 kg ha⁻¹ de ureia na área total de 722,25 m² do estudo. A adubação nitrogenada foi parcelada em duas aplicações de 50 kg N ha⁻¹, sendo a primeira na cobertura e a segunda no segundo período de avaliação (pós-poda), imprescindível para o desenvolvimento da cultura.

O experimento foi conduzido em dois períodos de avaliação. O primeiro período (crescimento inicial) compreendeu o intervalo do corte de uniformização, ocorrido no dia 26 de dezembro de 2017 até o dia 14 de abril de 2018, onde as plantas alcançaram

altura média de 1,5 m. Ao final desse período, realizaram-se os cortes definidos para os tratamentos. O segundo período de avaliação (reestabelecimento pós-poda) ocorreu do corte referente aos tratamentos até agosto de 2018, quando ocorreu o corte final para avaliar o reestabelecimento da planta.

Durante o período experimental, a temperatura máxima, mínima e média, bem como a precipitação pluviométrica (Figura 2), foram monitoradas por meio de sensores instalados na área experimental.

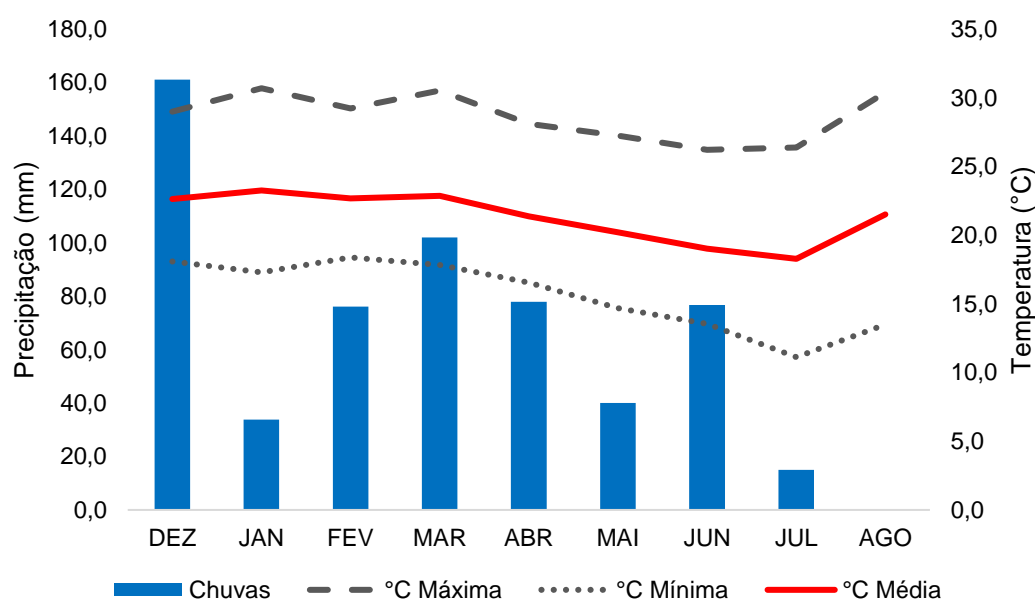


Figura 2. Precipitação e temperatura máxima, mínima e média durante o período experimental (01 de dezembro de 2017 a 30 de agosto de 2018).

3.1 Avaliações

As plantas utilizadas nas avaliações foram identificadas com fitas coloridas, em número de 8 ou 16, conforme o arranjo espacial de cada parcela. Durante todo o período experimental, foram realizadas avaliações a cada 15 dias para quantificar o crescimento. Os parâmetros fisiológicos, nutricionais e de produtividade foram avaliados no corte final de cada período. Para minimizar o efeito de bordadura, as plantas localizadas nas bordas foram descartadas, utilizando-se apenas as plantas internas à parcela.

3.2 Avaliações morfológicas e de crescimento

3.2.1 *Altura das plantas*

A altura das plantas foi determinada a cada 15 dias com auxílio de uma régua graduada colocada paralelamente ao caule, medindo-se a altura a partir do solo até a gema apical do caule. Os valores foram apresentados em centímetros (cm).

3.2.2 *Taxa de crescimento*

A taxa de crescimento representa a variação de crescimento da planta num intervalo de tempo, apresentando-se como um indicador da velocidade de incorporação de matéria seca e podendo ser utilizada para inferir sobre a adaptação de plantas a novos ambientes. De posse dos resultados de altura, realizou-se uma análise de crescimento conforme Cairo et al. (2008).

3.2.2.1 *Taxa de crescimento absoluto - TCA*

A taxa de crescimento absoluto representa a variação de crescimento da planta num intervalo de tempo, utilizando a equação abaixo e expressa em cm dia^{-1} .

$$\text{TCA} = (\text{Af} - \text{Ai}) / t$$

Em que: TCA expressa a taxa de crescimento absoluto; Af, a altura final; Ai, a altura inicial; e t, a duração do período considerado.

3.2.3 *Diâmetro do colo*

O diâmetro do colo foi determinado a cada 15 dias com auxílio de um paquímetro digital, posicionado perpendicular ao caule, a 1 cm do solo. Os valores são apresentados em milímetros (mm).

3.2.4 *Comprimento e largura de folha e folíolo*

O comprimento das folhas foi determinado com o auxílio de régua graduada, medindo-se da inserção da raque até o ápice do último folíolo. A largura da folha foi medida na altura do primeiro par de folíolos a partir da base da raque, com os valores apresentados em centímetros (cm). O comprimento do folíolo foi medido da inserção do

folíolo na raque até o seu ápice, e a largura do folíolo considerou-se a dimensão de sua base, com os valores apresentados em milímetros (mm).

3.2.5 *Matéria seca da parte aérea*

Para a determinação da massa seca da parte aérea (MSPA), as plantas foram cortadas na altura correspondente a cada tratamento em ambos os cortes. A massa seca da parte aérea, separada em folhas, ramos e caule, foi obtida após secagem do material fresco em estufa de circulação forçada de ar a 55°C até atingir massa constante, verificando-se posteriormente o seu peso em balança de precisão. O peso da matéria seca da parte aérea foi determinado pelo somatório das massas de cada parte correspondente da planta, com os resultados expressos em g de MS planta⁻¹.

3.3 Produtividade

De posse aos resultados de MSPA, a produtividade foi determinada pelo somatório das massas obtidas nos tratamentos dos dois períodos experimentais. e os valores foram convertidos para kg de MS ha⁻¹.

$$P = \text{MS planta} \times \text{n}^\circ \text{ planta ha}^{-1}$$

Onde: MS planta = massa seca média por planta; n° planta ha⁻¹ = número de plantas por hectare.

3.4 Análise bromatológica

As amostras compostas dos dois períodos foram pré-secadas em estufa a 55°C por 72 horas, pesadas e moídas em moinho de facas com peneira de 1 mm. O material moído foi então submetido às análises de matéria seca (MS), extrato etéreo (EE), material mineral (MM), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e proteína bruta (PB), conforme os procedimentos descritos por Detmann et al. (2012).

A estimativa dos carboidratos não fibrosos (CNF) foi realizada pela fórmula $\text{CNF} = 100 - (\% \text{FDN} + \% \text{PB} + \% \text{EE} + \% \text{MM})$, segundo descrito por Berchielli et al. (2006).

3.5 Análises fisiológicas e bioquímicas

3.5.1 Prolina

Para determinação da prolina, amostras de folhas secas da *Moringa oleifera* foram moídas em moinho de bola. Em seguida, 100 mg de massa seca de cada amostra foram colocados em erlenmeyers com 5 ml de ácido sulfosalicílico 3 %, sendo mantidos sob agitação constante, a temperatura ambiente durante 60 minutos. Após esse período, as amostras foram filtradas em papel filtro, e realizada quantificação segundo Bates (1973). As análises foram realizadas em triplicata e os resultados obtidos expressos em $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$

3.5.2 Açúcares solúveis totais - AST

Os açúcares solúveis totais foram determinados a partir de amostra composta de folhas e caule. Para isso, 300 mg de massa seca da amostra composta foram homogeneizadas em 12 mL de tampão K_2PO_4 100 mM (pH 7,0), acrescida de 20 mM de ácido ascórbico, seguido de centrifugação a 4.000 rpm por 20 minutos e da coleta do sobrenadante. O processo foi realizado mais duas vezes, e os sobrenadantes combinados.

3.5.3 Amido

Para a determinação do amido, utilizou-se o pellet obtido na extração dos açúcares solúveis, onde foram adicionados 5 mL de tampão acetato de potássio 200 mM (pH 4,8) e colocado em banho-maria a 100°C por 5 minutos. Em seguida, foi resfriado até atingir aproximadamente 50°C e adicionou-se a solução enzimática contendo 11 unidades da enzima amiloglucosidase. O pellet permaneceu em banho-maria a 50°C por duas horas, sob agitação constante. Após a incubação, realizou-se uma centrifugação a 4000 rpm por 20 minutos, e o sobrenadante foi coletado e o volume completado para 5 mL com o mesmo tampão. Os açúcares solúveis totais e o amido foram quantificados pelo método da Antrona (Dische, 1962).

3.6 Estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância, considerando como fontes de variação a altura, o arranjo espacial e a interação altura e arranjo espacial, testados a 5% de probabilidade. O efeito da interação foi desdobrado, ou não, de acordo com a significância. O efeito das alturas de corte foi avaliado por análise de regressão e o efeito do arranjo espacial avaliado por meio do teste F com auxílio do programa SISVAR (versão 5.3) (Ferreira, 2011).

IV - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de massa seca por hectare apresentou interação significativa ($P < 0,05$) entre o arranjo espacial e a altura de corte (Figura 3). A altura promoveu um efeito linear crescente ($P < 0,05$) para a produção com arranjo espacial de 0,5 x 0,5 m. Para o arranjo espacial de 0,5 x 1,0 m, nenhum modelo foi ajustado. No arranjo espacial de 0,5 x 0,5 m, houve um acréscimo de 88,105 kg de MS ha^{-1} na produção de massa seca para cada centímetro.

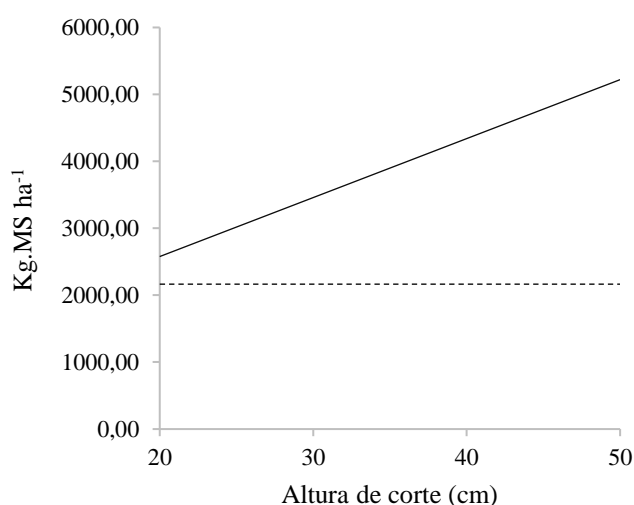


Figura 3. Produção de matéria seca por hectare (Kg.MS ha^{-1}) de *Moringa oleifera* Lam submetida a diferentes alturas de corte com arranjos espaciais de 0,5 x 1,0 (...) e 0,5 x 0,5 (—)*.

*Equações de regressão: Produção de matéria seca por hectare (MS/ha): $\hat{Y}_{0,5 \times 1,0} = 2164,82$; $\hat{Y}_{0,5 \times 0,5} = 88,105x + 815,17$ ($R^2=0,8236$).

O efeito linear crescente observado para a altura de corte no arranjo espacial de 0,5 x 0,5 m em relação à produção de matéria seca pode ser justificado pelos resultados obtidos na morfogênese. O aumento da altura das plantas e da relação folha/caule, resultou em maior produção à medida que a altura de corte era aumentada.

Entretanto, Isah et al. (2014), avaliando os efeitos de três alturas de corte (nível do solo, 0,20 m e 1,00 m) e intervalo de colheita sobre o rendimento da *Moringa oleifera*, observaram maiores produções nas menores alturas de corte. Por outro lado, Rodriguez et al. (2020) não encontraram diferenças na produção da moringa, avaliando alturas de corte de 0, 10, 20, 30 e 40 cm.

Não foram observadas diferenças significativas entre os arranjos espaciais ($P>0,05$) com o corte de 20 cm de altura (Tabela 3). No entanto, nas alturas de 30, 40 e 50 cm, as maiores produções de massa seca foram encontradas no arranjo espacial de 0,5 x 0,5 m. Sadeghi et al. (2009) afirmam que, em sistemas de produção onde arranjos espaciais adequados entre as plantas são usados, as plantas utilizam o solo e as condições ambientais de forma mais eficiente, reduzindo a competição inter ou intra-específica.

Tabela 3. Efeito do arranjo espacial e da altura de corte, sobre a produção por hectare de *Moringa oleifera* Lam.

Arranjo espacial (m)	Altura de corte (cm)				Média
	20	30	40	50	
	Produção (kg MS ha⁻¹)				
0,5 x 1,0	2150,15 a	2300,37 b	2742,05 b	1466,69 b	2164,82
0,5 x 0,5	2078,40 a	4141,04 a	4470,59 a	4905,39 a	3898,86
Média	2114,28	3220,70	3606,32	3186,04	
CV (%)	32,10				

Letras minúsculas diferentes nas colunas diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de “t”. CV (%) = coeficiente de variação.

Todavia, a literatura apresenta resultados variáveis em relação à produção da moringa em diferentes arranjos espaciais. Mabapa et al. (2017) avaliaram a produção da moringa sob efeito da densidade de plantio, constaram que as plantas cultivadas em maiores arranjos espaciais apresentaram uma maior produção de matéria seca. Por outro lado, Sánchez et al. (2006) observaram que, quanto maior o arranjo espacial, maior era a massa total obtida nos cortes.

Conforme observado por Santos (2021), os menores arranjos espaciais devem ser utilizados para o plantio da *Moringa oleifera* Lam. pois, fazendo o uso deste manejo, apesar de reduzir o ganho por planta, aumenta-se a produção de matéria seca por unidade de área.

Características associadas às condições climáticas, pH, prática de manejos e tipo de solo, são fatores que influenciam as características morfogênicas e a produção de matéria seca da *Moringa oleifera* Lam. Portanto, os rendimentos obtidos no cultivo da moringa são variáveis. É possível alcançar altas produtividades utilizando arranjos espaciais mais adensados com diferentes alturas de corte (Mendieta-Araica et al., 2013; Santiago & Neto, 2017).

A interação não foi significativa ($P>0,05$) para a relação folha/caule (Tabela 4). Quando os efeitos foram avaliados de forma independente, observou-se que a relação folha/colmo não foi influenciada pelos arranjos espaciais.

Tabela 4. Efeito do arranjo espacial e da altura de corte, sobre a relação folha/caule de *Moringa oleifera* Lam.

Arranjo espacial (m)	Altura de corte (cm)				Média
	20	30	40	50	
Relação folha/caule					
0,5 x 1,0	1,27	1,64	1,51	1,91	1,58 a
0,5 x 0,5	0,72	1,39	2,02	2,35	1,62 a
Média	0,99	1,52	1,76	2,13	
CV (%)	41,84				

Letras minúsculas diferentes nas colunas diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de "t". CV (%) = coeficiente de variação.

No entanto, foi verificado um efeito linear crescente ($P<0,05$) em função da altura de corte, com acréscimo de 0,0365 para cada centímetro (Figura 4). Observou-se que, à medida que a altura de corte foi elevada, houve uma maior relação folha/caule. Essa menor relação nos cortes mais baixos pode ser atribuída ao crescimento inicial das plantas, que, ao serem submetidas a cortes mais severos, apresentam um maior desenvolvimento do caule e, conseqüentemente, uma menor proporção de folhas.

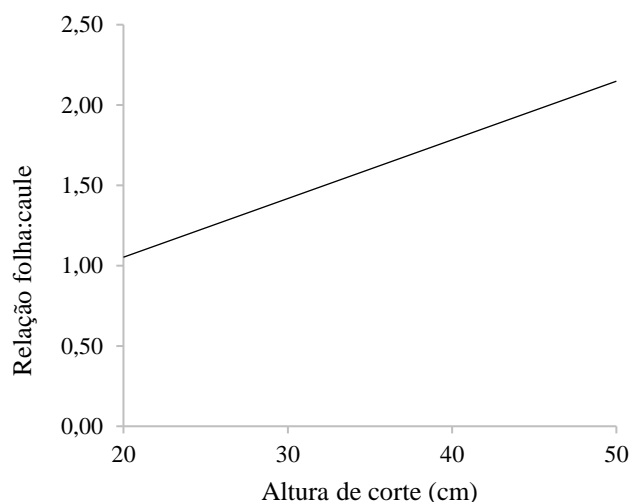


Figura 4. Relação folha/caule da *Moringa oleifera* Lam. em função da altura de corte.

*Significativo a $\alpha=0,05$ pelo teste F. Equação de regressão:

$$\hat{Y} = 0,0365x + 0,3219 \quad (R^2=0,9795)$$

Santos et al. (2021), ao avaliarem os efeitos de arranjos espaciais e cortes no crescimento da moringa, observaram que os cortes iniciais impactaram o desenvolvimento da moringa, resultando em uma menor relação folha/caule. Segundo

Teixeira et al. (2011), essa redução pode ser atribuída ao maior desenvolvimento dos caules após os cortes. Ainda segundo os autores, a relação folha/caule é uma característica importante quando se considera a utilização de uma nova fonte de alimentação para bovinos, pois pode influenciar no consumo de forragem, devido à preferência dos animais em se alimentar das folhas.

Outro fator que pode ter influenciado essa característica é a temperatura. As plantas estavam em fase de desenvolvimento e, conforme observado por Caramori et al. (2000), plantas jovens tendem a sofrer mais danos por geadas e baixas temperaturas, especialmente devido à sua proximidade com o solo, onde ocorre uma maior inversão de temperatura. Conforme observado na Figura 2, houve uma variação de temperatura durante o período experimental, com a ocorrência de geadas e baixas temperaturas nas primeiras horas do dia. Isso pode ter prejudicado o desenvolvimento das plantas que foram cortadas mais próximas ao solo.

Resultados semelhantes foram relatados por Ferreira et al. (2015), que, por ocorrência de baixas temperaturas, observaram um comprometimento do desenvolvimento inicial e uma mortalidade de 60 % na *Moringa oleífera Lam.*, concluindo que esse genótipo é sensível a condições de baixa temperatura.

A interação entre os arranjos espaciais e altura de corte, assim como a avaliação de seus efeitos isoladamente, não foi significativa ($P > 0,05$) para taxa de crescimento absoluta, diâmetro, comprimento da folha, largura da folha, comprimento do folíolo e largura do folíolo da *Moringa Oleífera Lam.* (Tabela 5).

Tabela 5. Efeito do arranjo espacial e da altura de corte, sobre a altura, taxa de crescimento absoluta, diâmetro, comprimento da folha, largura da folha, comprimento do folíolo e largura do folíolo de *Moringa oleifera* Lam.

Arranjo espacial (m)	Altura de corte (cm)				Média
	20	30	40	50	
Altura (cm)					
0,5 x 1,0	35,93	49,42	56,90	69,14	52,85 a
0,5 x 0,5	41,90	46,24	55,80	69,30	53,31 a
Média	38,92	47,83	56,35	69,22	
CV (%)	14,31				
Taxa de crescimento absoluto (cm/dia⁻¹)					
0,5 x 1,0	0,272	0,326	0,295	0,343	0,309 a
0,5 x 0,5	0,361	0,258	0,346	0,338	0,325 a
Média	0,316 a	0,292 a	0,320 a	0,340 a	
CV (%)	35,23				
Diâmetro (mm)					
0,5 x 1,0	14,81	15,34	13,93	16,36	15,11 a
0,5 x 0,5	16,16	13,69	15,74	14,04	14,91 a
Média	15,48 a	14,51 a	14,84 a	15,20 a	
CV (%)	21,23				
Comprimento da folha (cm)					
0,5 x 1,0	26,26	27,19	27,56	28,81	27,45 a
0,5 x 0,5	26,55	26,13	27,94	26,74	26,84 a
Média	26,40 a	26,66 a	27,75 a	27,78 a	
CV (%)	18,77				
Largura da folha (mm)					
0,5 x 1,0	18,43	18,94	19,44	20,35	19,29 a
0,5 x 0,5	19,35	19,47	19,59	19,24	19,41 a
Média	18,89 a	19,21 a	19,51 a	19,79 a	
CV (%)	19,90				
Comprimento do folíolo (mm)					
0,5 x 1,0	9,39	9,81	10,12	10,53	9,96 a
0,5 x 0,5	10,26	10,07	10,17	10,00	10,12 a
Média	9,82 a	9,94 a	10,15 a	10,26 a	
CV (%)	19,56				
Largura do folíolo (mm)					
0,5 x 1,0	6,52	6,67	7,01	7,43	6,91 a
0,5 x 0,5	7,05	6,96	7,14	6,85	7,00 a
Média	6,78 a	6,81 a	7,07 a	7,14 a	
CV (%)	17,83				

Letras minúsculas diferentes nas colunas diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de "t". CV (%) = coeficiente de variação.

Foi possível observar que, para os arranjos espaciais, não houve diferenças significativas quando avaliados isoladamente. Contrariamente a esses resultados, Ramírez et al. (2020) observaram efeitos significativos na estrutura aérea da moringa com o aumento da densidade das plantas por unidade de superfície do solo, com diminuição da altura de rebrota e diâmetro, atribuindo este resultado à competição existente entre as plantas nas maiores densidades (Foidl et al., 2001).

Com relação à taxa de crescimento absoluto, mesmo as plantas cortadas em menores alturas alcançaram taxas covalentes as maiores alturas. No entanto, essas plantas apresentaram um crescimento priorizando o desenvolvimento vertical, com maior alongamento do caule. Conforme relatado por Adegun & Ayodele (2015), o menor arranjo espacial entre as linhas pode reduzir o crescimento lateral das plantas devido à maior proximidade entre elas e à competição por espaço, induzindo assim um crescimento vertical acentuado. Essa maior competição, que ocorre quando o arranjo espacial entre fileiras é menor, resulta no estiolamento e em maior alongamento do caule (Mih et al., 2008).

Sidhdharth et al. (2022) observaram que as plantas atingiram maiores alturas quando cultivadas em arranjos espaciais mais adensados, atribuindo esses resultados a maior competição por luz e consequente estiolamento das plantas. Os autores também não observaram interação significativa entre as alturas de corte e os arranjos espaciais.

Contudo, ao observar a altura da moringa, a interação não foi significativa ($P > 0,05$). Observou-se um efeito linear crescente ($P < 0,05$) em função da altura de corte, com acréscimo de 0,9942 cm a cada unidade aumentada na altura de corte (Figura 5).

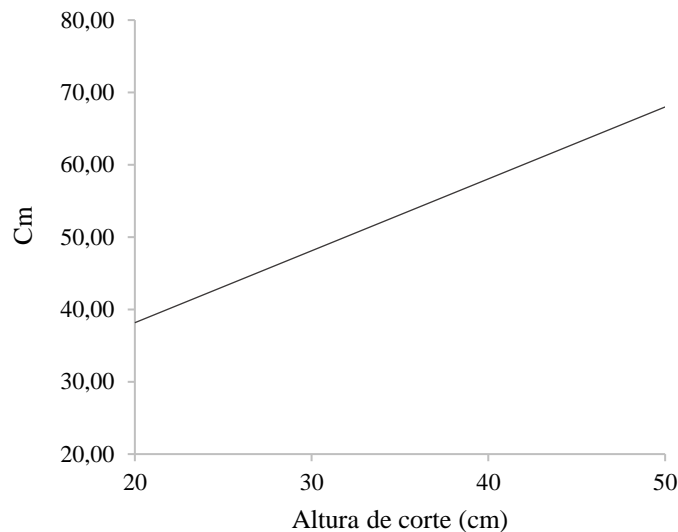


Figura 5. Altura da *Moringa oleifera Lam.* em função da altura de corte.

*Significativo a $\alpha=0,05$ pelo teste F. Equação de regressão:

$$\hat{Y} = 0,9942x + 18,283 \quad (R^2=0,9899)$$

Esse aumento se deve, principalmente, às alturas bases de corte, onde, à medida que se aumentavam os níveis, notou-se paralelamente uma maior altura final das plantas. Entretanto, ao comparar os resultados obtidos para a taxa de crescimento absoluto (cm) com a altura final das plantas (Tabela 5), observa-se que, mesmo apresentando um efeito linear crescente, as plantas cortadas em alturas maiores demonstraram a mesma velocidade de crescimento. Isso indica um baixo desempenho das plantas com uma maior altura de corte.

O presente estudo apresentou um déficit no crescimento da altura se comparado a outros estudos. Padilla et al. (2016), ao avaliarem três níveis de alturas de corte (10,20 e 30 cm) na *Moringa oleifera*, observaram um crescimento irregular na altura das plantas, onde a maior altura final alcançada foi de 76 cm para as plantas cortadas a 20 cm. O manejo de corte visa aumentar a eficiência do uso da água e promover um maior crescimento e melhora da qualidade nutricional das folhas, mas pode impactar negativamente o desempenho da *Moringa oleifera Lam.* dependendo das condições ambientais observadas (Bopape-Mabapa et al., 2020).

Rodríguez et al. (2020), em um estudo realizado em Cuba com clima tropical e precipitação anual de 924 mm, observaram taxas de crescimento de da moringa de $0,731 \text{ cm dia}^{-1}$ e uma altura final de 103,9 cm, quando a altura de corte foi de 40 cm e a idade de 60 dias. Esses resultados foram superiores aos encontrados no presente estudo.

Esse menor desempenho pode ser atribuído ao impacto das condições climáticas, especialmente durante o desenvolvimento inicial. Segundo Villar et al. (2004), a variação no índice pluviométrico e a distribuição irregular das chuvas afetam diretamente o desenvolvimento das raízes e a capacidade de absorção dos nutrientes, o que, por sua vez, influencia o crescimento e a produtividade das plantas. Na figura 2, podemos observar que, apesar do acumulado total de 724 mm de precipitação, apenas 30% foi registrado entre os meses de abril e agosto, um período crítico para o desenvolvimento das plantas na região, comprometendo assim o seu crescimento.

As condições climáticas afetam a rebrota das árvores de *M. oleifera* após os cortes, sendo particularmente afetadas pela temperatura ambiente durante a fase de crescimento e pelos períodos de escassez de chuva. De acordo com Mokgehle et al. (2022), esses fatores impactam diretamente a produtividade da planta, com temperaturas ideais para o crescimento variando entre 25 e 35 °C.

A interação entre os arranjos espaciais e altura de corte, bem como a avaliação de seus efeitos isolados, não apresentou significância ($P > 0,05$) para nenhuma das variáveis observadas da composição bromatológica da *Moringa Oleifera Lam* (Tabela 6).

Resultados semelhantes foram observados por Mendieta et al. (2013), que não observaram diferenças para composição bromatológica da moringa em diferentes densidades de plantio, mesmo durante o pico da produção de matéria seca. Segundo os autores, quando não são utilizadas densidades altas no plantio, a composição bromatológica não é afetada, uma vez que a competição entre as plantas por nutrientes não é significativa.

Os valores de proteína bruta obtidos neste estudo foram de 18,10%, 18,29%, 19,13% e 18,66 % para os tratamentos com alturas de 20, 30, 40 e 50 cm, respectivamente. Adicionalmente, os teores foram de 18,40% e 18,49% para os arranjos espaciais de 0,5 x 1,0 m e 0,5 x 0,5 m, respectivamente.

Ali et al. (2017), avaliando a resposta da moringa sob o efeito de quatro alturas de cortes (10,20,30 e 40 cm), indicaram que as alturas de corte não tiveram efeitos significativos sobre a composição química, com uma média de 19,93% para o teor de proteína bruta. Para Sánchez et al. (2006), em circunstâncias em que os nutrientes são afetados, fatores como condições agroclimáticas, tipo de solo, fertilização e idade da árvore, podem contribuir para algumas dessas diferenças.

Não foram observadas diferenças ($P>0,05$) nos teores de FDN e FDA, uma vez que as plantas estavam na fase inicial de crescimento e, em ambos os tratamentos, foram utilizadas as mesmas idades de corte. A idade da planta no momento do corte afeta diretamente os teores de fibra e proteína, com plantas mais velhas tendendo a apresentar uma maior proporção de material fibroso, o que reduz a digestibilidade dos nutrientes (Melo, 2006).

Tabela 6. Efeito do arranjo espacial e da altura de corte, sobre a composição química bromatológica da *Moringa oleifera* Lam.

Arranjo espacial (m)	Altura de corte (cm)				Média
	20	30	40	50	
Matéria seca (%)					
0,5 x 1,0	19,28	22,11	20,82	21,38	20,90 a
0,5 x 0,5	21,79	21,67	21,37	22,35	21,80 a
Média	20,53 a	21,89 a	21,10 a	21,86 a	
CV (%)	8,73				
Proteína bruta (% da MS)					
0,5 x 1,0	17,87	18,55	20,05	17,94	18,60 a
0,5 x 0,5	18,33	18,03	18,21	19,37	18,49 a
Média	18,10 a	18,29 a	19,13 a	18,66 a	
CV (%)	9,94				
Extrato etéreo (% da MS)					
0,5 x 1,0	5,24	3,01	3,80	3,13	3,79 a
0,5 x 0,5	3,50	3,28	4,25	3,43	3,61 a
Média	4,37 a	3,14 a	4,03	3,28	
CV (%)	30,93				
FDN (% da MS)					
0,5 x 1,0	44,54	44,49	43,13	42,67	43,71 a
0,5 x 0,5	45,03	45,19	46,44	43,46	45,03 a
Média	44,79 a	44,84 a	44,79 a	43,06 a	
CV (%)	6,39				
FDA (% da MS)					
0,5 x 1,0	23,17	22,85	21,40	20,86	22,07 a
0,5 x 0,5	25,10	24,50	24,80	21,99	24,10 a
Média	24,13 a	23,67 a	23,10 a	21,42 a	
CV (%)	14,29				
Cinza (% da MS)					
0,5 x 1,0	5,76	6,47	7,83	6,61	6,67 a
0,5 x 0,5	6,04	6,56	6,43	6,29	6,33 a
Média	5,90 a	6,51 a	7,13 a	6,45 a	
CV (%)	17,64				
CNF (% da MS)					
0,5 x 1,0	26,58	27,48	25,20	29,66	27,23 a
0,5 x 0,5	27,10	26,95	24,67	27,45	26,54 a
Média	26,84 a	27,22 a	24,93 a	28,55 a	
CV (%)	11,72				

Letras minúsculas diferentes nas colunas diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de "t". CV (%) = coeficiente de variação.

A interação entre os arranjos espaciais e a altura de corte, assim como a avaliação de seus efeitos isolados, não mostrou efeito significativa ($P>0,05$) para os teores de açúcares solúveis totais (AST) da *Moringa Oleifera Lam* (Tabela 7).

Tabela 7. Efeito do arranjo espacial e da altura de corte, sobre os teores de açúcares solúveis totais (AST) de *Moringa oleifera Lam*.

Arranjo espacial (m)	Altura de corte (cm)				Média
	20	30	40	50	
	AST (mg.g⁻¹ de massa seca)				
0,5 x 1,0	5,96	6,56	6,42	8,58	6,88 a
0,5 x 0,5	6,50	6,76	6,22	6,92	6,60 a
Média	6,23 a	6,66 a	6,32 a	7,75 a	
CV (%)	27,78				

Letras minúsculas diferentes nas colunas diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de “t”. CV (%) = coeficiente de variação.

Não houve variação desses carboidratos durante a fase inicial de crescimento da moringa. No entanto, foram encontrados valores inferiores aos relatados por Monteiro et al. (2022), que encontraram 12,0 mg.g⁻¹ de massa seca de folhas em um estudo conduzido em estufa com sistema de irrigação por gotejamento em solo argiloso com pH variando entre 6,47 e 6,91. Os açúcares solúveis totais são fundamentais para o desenvolvimento das plantas, servindo como a principal fonte de energia para o metabolismo celular. Além disso, desempenham um papel crucial como reguladores do crescimento e estão envolvidos na resposta das plantas a estresses abióticos, como seca, calor, salinidade, estresse por congelamento e frio. (Saddhe et al., 2021).

A interação entre arranjos espaciais e altura de corte não foi significativa ($P>0,05$) para o teor de amido na parte aérea da *Moringa oleifera Lam*. Quando avaliados de forma independente, os teores de amido não foram influenciados pelos arranjos espaciais. No entanto, foi verificado um efeito linear crescente ($P<0,05$) em função da altura de corte, com aumento de 0,0308 mg g⁻¹ de massa seca a cada unidade adicional na altura de corte (Figura 6).

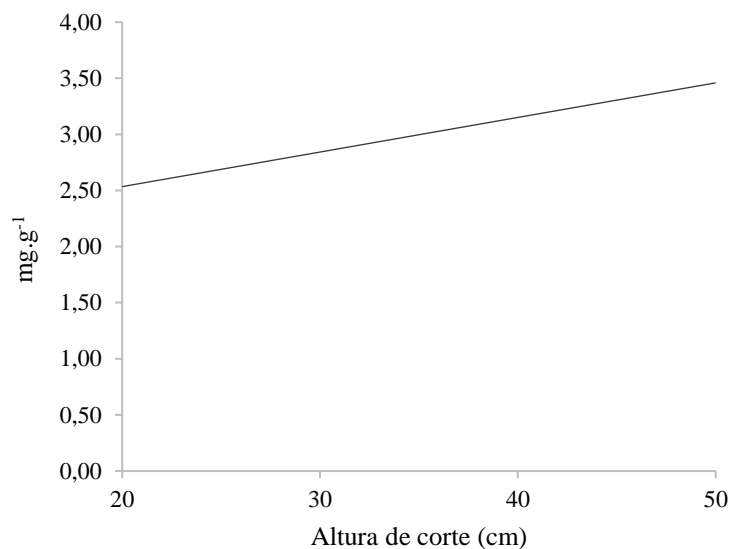


Figura 6. Teor de amido da *Moringa oleifera* Lam. em função da altura de corte.

*Significativo a $\alpha=0,05$ pelo teste F. Equação de regressão:
 $\hat{Y} = 0,0308x + 1,9174$ ($R^2=0,7067$)

O amido é um carboidrato considerado como a principal fonte de reserva energética das plantas, e sua degradação e utilização são fundamentais para manter o metabolismo vegetal. Após o corte, para que a rebrota seja eficiente, as plantas ativam mecanismos adaptativos para manter e recuperar seu metabolismo natural. Em casos de cortes que diminuam drasticamente a área foliar, ocorre diminuição das reservas e, conseqüentemente, uma diminuição do vigor de rebrota (Martínez-Vilalta et al., 2016).

Conforme observado na Tabela 8, as plantas submetidas que a cortes mais severos apresentaram menores teores de amido na parte aérea. Isso se deve à degradação dessa reserva energética quando a planta mais é cortada mais próximas ao solo, uma estratégia para promover uma maior recuperação após apoda.

Tabela 8. Efeito do arranjo espacial e da altura de corte, sobre os teores de amido de *Moringa oleifera* Lam.

Arranjo espacial (m)	Altura de corte (cm)				Média
	20	30	40	50	
	Amido (mg.g⁻¹)				
0,5 x 1,0	2,57	3,01	2,65	3,20	2,86 a
0,5 x 0,5	2,60	2,89	2,91	4,14	3,14 a
Média	2,59	2,95	2,78	3,67	
CV (%)	36,33				

Letras minúsculas diferentes nas colunas diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de “t”. CV (%) = coeficiente de variação.

A interação entre os arranjos espaciais e altura de corte, bem como a avaliação de seus efeitos isolados, não apresentou significância ($P>0,05$) para a quantidade de prolina nas folhas da *Moringa Oleifera* Lam (Tabela 9).

Tabela 9. Efeito do arranjo espacial e da altura de corte, sobre os teores de prolina de *Moringa oleifera* Lam.

Arranjo espacial (m)	Altura de corte (cm)				Média
	20	30	40	50	
	Prolina (mg.g⁻¹ de massa seca)				
0,5 x 1,0	1,001	0,850	0,975	0,953	0,945 a
0,5 x 0,5	0,897	0,951	1,032	1,092	0,993 a
Média	0,949 a	0,901 a	1,004 a	1,022 a	
CV (%)	14,35				

Letras minúsculas diferentes nas colunas diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de “t”. CV (%) = coeficiente de variação.

Conforme observado por Ashraf & Foolad (2007), a prolina tende a ser mais elevada em plantas tolerantes ao estresse, quando comparadas com plantas mais sensíveis, seja ao estresse hídrico ou térmico. Embora não tenha sido observadas diferenças entre os valores, os teores de prolina nas folhas da *Moringa oleifera* foram relativamente altos em comparação com estudos que documentaram estresse no desenvolvimento das plantas.

Hasan et al. (2020), ao avaliarem o efeito do estresse hídrico na moringa submetidas à diferentes capacidades de campo, observaram que, nas capacidades de 50% (estresse hídrico moderado) e 20% (estresse severo), os teores médios de prolina foram de 0,806 mg/g⁻¹ e 1,14 mg/g⁻¹, respectivamente. Esses resultados indicam um aumento no teor de prolina nas plantas submetidas à seca.

A concentração de prolina observada pode ser justificada pela grande variação de temperatura e chuvas durante o período de condução do trabalho (Figura 2). A planta foi exposta a baixas temperaturas no período noturno e a temperaturas mais altas durante o dia. De acordo com Mohammed (2015), a temperatura é fator abiótico que pode regular a biossíntese de prolina, e o aumento de sua concentração pode estar associado ao mecanismo de adaptação da planta a diferentes regimes de temperatura.

Outro fator que pode ter influenciado o acúmulo de prolina nos tratamentos foi o estresse hídrico, ocorrido entre abril e agosto, período em que a quantidade de chuvas foi baixa (Figura 2). A prolina tem a capacidade de prevenir a desidratação da planta em condições de déficit hídrico, aumentando os níveis de soluto celular e mantendo elevados níveis de água. Isso ajuda a proteger proteínas e estruturas da membrana celular. O acúmulo de prolina no citosol, sem danificar as estruturas celulares, é crucial para esse processo (Boyer, 1982; Wasonowati, 2019).

V - CONCLUSÕES

Recomenda-se o uso do arranjo espacial de 0,5 x 0,5 m com altura de corte de 50 cm, pois esses parâmetros de cultivo resultam em maior produção de massa seca e proporção de folhas, sem afetar as características bromatológicas e morfológicas da *Moringa oleifera Lam.*

VI - REFERÊNCIAS

- ABDULLAHI, I. N.; OCHI, K.; GWARAM, A. B. Plant population and fertilizer application effects on biomass productivity of *Moringa oleifera* in North-Central Nigeria. **Peak Journal of Agricultural Sciences**, v. 1, n. 6, p. 94-100, 2013.
- ADEGUN, M. K.; AYODELE, O. J. Growth and yield of *Moringa oleifera* 'as influenced by spacing and organic manures in South-Western Nigeria. **International Journal of Agronomy and Agricultural Research**, v. 6, p. 30-37, 2015.
- ALI, A. F.; ABDOU, M. A. H.; RASHED, O. Effect of cutting heights and mineral npk and/or biofertilization treatments on moringa oleifera, l. plants. **Scientific Journal of Flowers and Ornamental Plants**, v. 4, n. 2, p. 209-223, 2017.
- ASHRAF, M. F. M. R.; & FOOLAD, M. R. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. **Environmental and experimental botany**, v. 59, n. 2, p. 206-216, 2007.
- BATES, L. S. Rapid determination of free proline for water stress studies. **Plant and Soil** v. 39: p. 205-20, 1973.
- BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 583p. 2006.
- BOPAPE-MABAPA, M. P.; AYISI, K. K.; MARIGA, I. K. Biomass production and nutritional composition of *Moringa oleifera* under different planting spacings in a semi-arid condition of the northern South Africa. **African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development**, v. 20, n. 3, p.: 15857-15875, 2020.
- BOYER, John S. Plant productivity and environment. **Science**, v. 218, n. 4571, p. 443-448, 1982.
- CAIRO, P. A. R.; OLIVEIRA, L. E. M.; MESQUITA, A. C. **Análise de crescimento de plantas**. Vitória da Conquista. Edições UESB, 72 p. 2008.
- CARAMORI, P. H.; MANETTI FILHO, J.; MORAIS, H.; & LEAL, A. C. **Geada: técnicas para proteção dos cafezais**. IAPAR, 2000.
- DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; QUEIROZ, A.C.; BERCHIELLI, T.T.; SALIBA, E.O.S.; CABRAL, L.S.; PINA, D.S.; LADEIRA, M.M.; AZEVEDO, J.A.G. Métodos para análise de alimentos - INCT - **Ciência Animal**: p.214. 2012.
- DISCHE, Z. General color reactions. In: WHISTLER, R. L.; WOLFRAM, M. L. Carbohydrate chemistry. New York: **Academic Press**, p.477-520. 1962.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia** v. 35(n. 6): p. 1039-1042. 2011.

FERREIRA, P. DA C.; RABELLO, P. S. DE O.; BORSOL, A.; SOARES, E. DE V.; EGÍDIO, L. T.; TLAGO, J. P.; MANSANO, M. V. S. Initial growth of *Moringa oleifera* Lam. under different planting densities in autumn/winter in south Brazil. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 5, p. 394-398, 2015.

FOIDL, N.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. The potential of *Moringa oleifera* for agricultural and industrial uses. In: *The Miracle Tree: The Multiple Attributes of Moringa*. Fuglie, L. J. (ed.) **Centre for Agricultural and Rural Cooperation (CTA) is a joint international institution of the African, Caribbean and Pacific (ACP) Group of States and the European Union (EU)**. Nederland. 45-77, 2001.

HASAN, M. M.; ALHARBY, H. F.; UDDIN, M. N.; ALI, M. A.; ANWAR, Y.; FANG, X. W.; HAJAR, A. S. Magnetized water confers drought stress tolerance in *Moringa* biotype via modulation of growth, gas exchange, lipid peroxidation and antioxidant activity. **Polish Journal of Environmental Studies**, v. 1, p. 29, 2020.

ISAH, A. D.; BELLO, A. G.; ZARUMAYE, S. A. Effects of cutting heights and interval of cutting on the yield of *Moringa oleifera* (horse radish). **International Journal of Development and Sustainability**, v. 3, n. 5, p. 1147-1151, 2014.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der erde*. gotha: Verlag justus perthes. **Wall-map 150cmx200cm**, p. 91-102, 1928.

MABAPA, M.P.; AYISI, K.K.; MARIGA, I.K. Effect of Planting Density and Harvest Interval on the Leaf Yield and Quality of *Moringa (Moringa oleifera)* under Diverse Agroecological Conditions of Northern South Africa. **International Journal of Agronomy**, v. 2017, n. 1, p. 2941432, 2017.

MARTÍNEZ-VILALTA, J.; SALA, A.; ASENSIO, D.; GALIANO, L.; HOCH, G.; PALACIO, S.; LLORET, F. Dynamics of non-structural carbohydrates in terrestrial plants: a global synthesis. **Ecological Monographs**, v. 86, n. 4, p. 495-516, 2016.

MELO, A. A. S. D.; FERREIRA, M. D. A.; VÉRAS, A. S. C.; LIRA, M. D. A.; LIMA, L. E. D.; PESSOA, R. A. S.; AZEVEDO, M. D. Desempenho leiteiro de vacas alimentadas com caroço de algodão em dieta à base de palma forrageira. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.41, n.7, p.1165-1171, 2006.

MENDETA-ARAICA, B.; SPÖRNDLY, E.; REYES-SÁNCHEZ, N.; SALMERÓN-MIRANDA, F.; HALLING, M. Biomass production and chemical composition of *Moringa oleifera* under different planting densities and levels of nitrogen fertilization. **Agroforestry systems**, v. 87, p. 81-92, 2013.

MENDETA-ARAICA, B.; SPÖRNDLY, E.; REYES-SÁNCHEZ, N.; SALMERÓN-MIRANDA, F.; HALLING, M. Biomass production and chemical composition of *Moringa oleifera* under different planting densities and levels of nitrogen fertilization. **Agroforestry Systems**, v. 87, n. 1, p. 81-92, 2013.

MIH, M.; ACHA A. N.; NEBANE C. L. N. Growth and Productivity of *Vernonia hymenolipis*. A. Rich. Under different Plant Densities and Spacing Configurations. **World Journal of Agricultural Sciences**.; 4(2), 178 -182, 2008.

MOHAMMED, F. A. A. **Antioxidants composition of moringa (moringa oleifera lam) in different plant organs**. 2015. Tese de Doutorado.

MOKGEHLE, S.; ARAYA, N.; MOFOKENG, M.; MAKGATO, M.; AMOO, S.; MABOKA, K.; ARAYA, H. Regrowth Response and Nutritional Composition of Moringa oleifera to Cutting Back in Three Agro-Ecological Zones in South Africa. **Horticulturae**, v. 8, n. 10, p. 963, 2022.

MONTEIRO, J.; SCOTTI-CAMPOS, P.; PAIS, I.; FIGUEIREDO, A. C.; VIEGAS, D.; REBOREDO, F. Elemental composition, total fatty acids, soluble sugar content and essential oils of flowers and leaves of Moringa oleifera cultivated in Southern Portugal. **Heliyon**, p. e12647, 2022.

PADILLA, C.; FRAGA, N.; SCULL, I.; TUERO, R.; SARDUY, L. Effect of cut height on indicators of forage production of Moringa oleifera cv. Plain. **Cuban Journal of Agricultural Science**, v. 48, n. 4, 2016.

RAMÍREZ, E. R. A, MARTÍNEZ, J. R. G, DROUAILLET, B. E, GONZÁLEZ, J. C. M, GARCÍA, A. R. R, CANCINO, S. J. Variación morfológica en Moringa oleifera Lam. a diferentes densidades de población. **Revista mexicana de ciencias agrícolas**, v. 11, n. SPE24, p. 165-176, 2020.

RODRÍGUEZ, J. L. L.; PÉREZ, J. J. R.; LEÓN, O. L. O.; JÍMENEZ, D. G. B.; PÉREZ, R. C. A.; MARTÍNEZ, Y. M. Agroproductive response of Moringa oleifera Lam. in different ages and cutting heights. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v. 23, n. 1, 2020.

SADDHE, A. A.; MANUKA, R.; PENNA, S. Plant sugars: Homeostasis and transport under abiotic stress in plants. **Physiologia plantarum**, v. 171, n. 4, p. 739-755, 2021.

SADEGHI, S; RAHNVARD, A.; ASHRAFI, Z. Y. Study importance of sowing date and plant density effect on black cumin (Cumin carvi) yield. **Botany Research International** v. 2, n. 2, p. 94-98, 2009.

SÁNCHEZ, N. R.; LEDIN, S.; LEDIN, I. Biomass production and chemical composition of Moringa oleifera under different management regimes in Nicaragua. **Agroforestry Systems**, v. 66, n. 3, p. 231-242, 2006.

SANTIAGO, M. T. B.; NETO, E. B. Ecophysiology of Moringa oleifera Lam in function of different rainfall conditions. **Revista Geama**, p. 236-241, 2017.

SANTOS, R. S.; NETO, J. E.; BONFIM, B. R. S.; DIFANTE, G. S.; BEZERRA, J. D. V.; LISTA, F. N.; BEZERRA, M. G. S. Growth and Biomass Production of Moringa Cultivated in Semiarid Region as Responses to Row Spacing and Cuts. **Tropical Animal Science Journal**, v. 44, n. 2, p. 183-187, 2021.

SIDHDHARTH, G.; NAGESWARI, K.; BALAKUMBAHAN, R.; KAVITHA, M. P. Interventions of Plant Geometry and Harvesting Heights on Growth and Leaf Yield Parameters in Moringa (Moringa oleifera Lam.). **Madras Agricultural Journal**, v. 109, n. special, p. 1, 2022.

SOKOMBELA, A.; EIASU, B. K.; NYAMBO, P. Nitrogen and Phosphorus Fertilizers Improve Growth and Leaf Nutrient Composition of *Moringa oleifera*. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 6, p. 861400, 2022.

TEIXEIRA, V. I.; JUNIOR, J. D.; SANTOS, M. V. F.; LIRA JR, M. D. A.; DA SILVA, H. M. S. Agronomic and bromatologic aspects of forage legumes from brazilian NE. **Archivos de zootecnia**, v. 60, n. 229, p. 1-10, 2011.

VILLAR, R.; RUIZ-ROBLETO, J.; QUERO, J.L.; POORTER, H.; VALLADARES, F.; MARAÑÓN, T. Tasas de crecimiento en especies leñosas: aspectos funcionales e implicaciones ecológicas. In 'Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante'. (Ed. F.Valladares) pp. 191–227, 2004.

WASONOWATI, C.; SULISTYANINGSIH, E.; INDRADEWA, D.; KURNIASIH, B. Physiological characters of *Moringa oleifera* Lamk in Madura. In: **AIP Conference Proceedings**. AIP Publishing LLC, Vol. 2120, No. 1, p. 030024, 2019.