

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE MINAS GERAIS - CAMPUS SÃO JOÃO EVANGELISTA
BACHARELADO EM ENGENHARIA FLORESTAL

Wemerson Marcelo Gonçalves Silva

**PRODUÇÃO DE FOLHAS DE *Moringa oleifera* Lam. SUBMETIDAS À ADUBAÇÃO
NPK EM SÃO JOÃO EVANGELISTA - MG**

São João Evangelista

2021

WEMERSON MARCELO GONÇALVES SILVA

**PRODUÇÃO DE FOLHAS DE *Moringa oleifera* Lam. SUBMETIDAS À ADUBAÇÃO
NPK EM SÃO JOÃO EVANGELISTA - MG**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso Bacharelado em Engenharia Florestal do Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus* São João Evangelista para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Florestal.

São João Evangelista

2021

REDE DE BIBLIOTECAS

FICHA CATALOGRÁFICA PARA TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

FICHA CATALOGRÁFICA

S586p Silva, Wemerson Marcelo Gonçalves.
Produção de folhas de moringa oleífera Lam. submetidas à
adubação NPK em São João Evangelista - MG. / Wemerson Marcelo
Gonçalves Silva. - 2021.
37 p.:il.

Orientador: Prof. Me. Ivan da Costa Ilhéu Fontan.
Coorientador: Prof. Dr. Bruno Oliveira Lafetá.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia
Florestal) - Instituto Federal de Minas Gerais. *Campus* São João
Evangelista, 2021.

1. Moringa oleífera lam 2. *Moringaceae*. 3. Biomassa. 4. Esquema
fatorial. I. Instituto Federal de Minas Gerais. II. Título.

CDD 631.8

Catálogo: Rejane Valéria Santos - CRB-6/2907

Wemerson Marcelo Gonçalves Silva

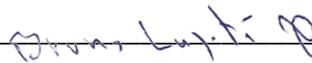
PRODUÇÃO DE FOLHAS DE *Moringa oleifera* Lam. SUBMETIDAS À ADUBAÇÃO
NPK EM SÃO JOÃO EVANGELISTA - MG

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso Bacharelado em Engenharia Florestal do
Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus* São
João Evangelista para obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia Florestal.

Aprovado em: 21 / 12 / 2021 pela banca examinadora:



Prof. Me. Ivan da Costa Ilhéu Fontan - IFMG (Orientador)



Prof. Dr. Bruno Oliveira Lafetá - IFMG



Prof. Me. Alisson José Eufrásio de Carvalho - IFMG

Dedico este trabalho a minha mãe, Rita (*in memoriam*), que tinha como seu maior sonho ver eu e meus irmãos formados. Ao meu pai Edécio, que nunca perdeu a fé nos meus sonhos e, a toda minha família que juntos formam o alicerce da minha vida e que sempre me guiaram pelo caminho dos estudos, especialmente a minha mãe,

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a DEUS por ter me dado a dádiva da vida, por tantas bênçãos na minha jornada e me concedido a graça de concluir este sonho.

A minha mãe, Rita (*in memoriam*), e meu pai, Edécio, por todo amor, carinho e dedicação para me formarem um homem honrado.

A toda minha família que sempre acreditou em mim e no meu sucesso, pelo constante incentivo dando-me força, coragem e amor para seguir em frente, enfrentando inúmeras barreiras para a realização dos meus objetivos, em especial a minha tia Maria do Socorro e minhas irmãs Meiriele, Rosiane e Sibebe.

Ao professor Ivan da Costa Ilhéu Fontan, pela orientação, confiança, amizade, paciência e todos os ensinamentos transmitidos, que certamente levarei por toda a vida.

Aos meus amigos e amigas de classe pelos valiosos momentos vividos, amigos e amigas estes pelos quais tenho grande carinho e que levarei no coração por toda a vida.

Ao meu amigo Ivelton Alves, amigo de faculdade, república e agora para vida, pelos ensinamentos, conselhos e rica amizade.

Aos meus amigos que acreditaram em mim e sempre me incentivaram.

Ao Instituto Federal de Minas Gerais - Campus São João Evangelista (IFMG-SJE), pela oportunidade, vivência e grande experiência que levarei para toda a vida.

A todos os professores, funcionários, colaboradores e amigos que fiz no IFMG-SJE.

Agradeço, em especial, o funcionário do Viveiro de Mudas Florestais do *Campus*, Adair da Silva, por todos os seus ensinamentos, amizade e conselhos.

A todos, que, de alguma forma, contribuíram para a realização da minha formação.

*Não fui que eu que ordenei a você? Seja forte e corajoso!
Não se apavore nem desanime, pois o senhor, o teu
Deus, estará contigo por onde você andar.
Tudo tem o seu tempo determinado, e há tempo para
todo o propósito debaixo do céu.*

(Josué 1:9; Eclesiastes 3:1)

RESUMO

A *Moringa oleifera* Lam. tem atraído o interesse de inúmeras pessoas devido aos benefícios nutricionais e medicinais que a espécie oferece. Contudo, devido à falta de informações específicas, os aspectos relacionados à sua adubação devem ser estudados. Assim, o presente trabalho tem por objetivo gerar informações sobre aspectos nutricionais do cultivo de *M. oleifera* em sistema semi-intensivo para produção de folhas no município de São João Evangelista, no Vale do Rio Doce, Minas Gerais. O experimento foi conduzido a campo na fazenda do Instituto Federal de Minas Gerais, no município de São João Evangelista-MG, microrregião de Guanhães. Os tratamentos foram constituídos de quatro doses de N, P e K, dispostos no delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial fracionado $(4 \times 4 \times 4)^{1/2}$, sendo as doses de N sendo 0, 40, 80 e 160 kg.ha⁻¹; de P sendo 0, 45, 90 e 180 kg.ha⁻¹ e as de K sendo 0, 20, 40 e 80 kg.ha⁻¹. Para contabilizar a produtividade das folhas, a colheita da parte aérea das plantas (ramos e folhas) foi realizada a cada 60 dias a partir do plantio das mudas. Para todas as variáveis foi realizado o ajuste do modelo de superfície de resposta, em sequência a significância dos coeficientes de regressão foi testada e novas funções de resposta foram ajustadas apenas nos casos de efeitos significativos ($p < 0,05$). A partir das equações ajustadas para estimar a produtividade da biomassa da parte aérea foram determinadas a produtividade máxima e a produtividade de máxima eficiência econômica (90% da máxima), bem como as doses dos nutrientes necessárias para atingi-las. O incremento em diâmetro do coleto das plantas entre o plantio e a 3ª colheita, bem como as variáveis que representam a biomassa da parte aérea acumulada nas três primeiras colheitas do experimento foram influenciados significativamente pelas doses de N aplicadas. Por outro lado, as doses de P e K utilizadas não influenciaram significativamente o desenvolvimento das plantas. A produtividade de máxima eficiência econômica da massa fresca total da parte aérea foi de 4138,6 kg.ha⁻¹, obtida com uma dose de 51,1 kg.ha⁻¹ de N. Para a massa seca total, a produtividade de máxima eficiência econômica foi de 719,0 kg.ha⁻¹, aplicando-se 53,9 kg.ha⁻¹ de N. Já para a fração fina, que representa as folhas colhidas, a produtividade de máxima eficiência econômica para massa fresca foi de 3103,1 kg.ha⁻¹ com a dose de 50,1 kg.ha⁻¹ de N, e de 606,9 kg.ha⁻¹ com a dose de 55,6 kg.ha⁻¹ de N, para massa seca.

Palavras-chave: Esquema fatorial fracionado; Moringaceae; Biomassa da parte aérea; Produtividade máxima; Máxima eficiência econômica.

ABSTRACT

Moringa oleifera Lam. has attracted the interest of many people due to the nutritional and medicinal benefits that the species offers. However, due to the lack of specific information, aspects related to its fertilization must be studied. Thus, the present work aims to generate information on nutritional aspects of the cultivation of *M. oleifera* in a semi-intensive system for leaf production in the municipality of São João Evangelista, in Vale do Rio Doce, Minas Gerais. The experiment was conducted in the field on the farm of the Federal Institute of Minas Gerais, in the municipality of São João Evangelista-MG, microregion of Guanhães. The treatments consisted of four doses of N, P and K, arranged in a randomized block design in a fractionated factorial scheme $(4 \times 4 \times 4)^{1/2}$, with the doses of N being 0, 40, 80 and 160 kg.ha⁻¹; of P being 0, 45, 90 and 180 kg.ha⁻¹ and those of K being 0, 20, 40 and 80 kg.ha⁻¹. To account for leaf productivity, the harvest of the aerial part of the plants (branches and leaves) was carried out every 60 days after planting the seedlings. The response surface model was adjusted for all variables, then the significance of the regression coefficients was tested and new response functions were adjusted only in cases of significant effects ($p < 0.05$). From the adjusted equations to estimate the shoot biomass productivity, the maximum productivity and the maximum economic efficiency productivity (90% of the maximum) were determined, as well as the doses of nutrients necessary to reach them. The increase in diameter of the stem of the plants between planting and the 3rd harvest, as well as the variables that represent the aerial part biomass accumulated in the first three harvests of the experiment, were significantly influenced by the applied N doses. On the other hand, the doses of P and K used did not significantly influence plant development. The productivity of maximum economic efficiency of the total fresh mass of the aerial part was 4138.6 kg.ha⁻¹, obtained with a dose of 51.1 kg.ha⁻¹ of N. For the total dry mass, the maximum productivity Economic efficiency was 719.0 kg.ha⁻¹, applying 53.9 kg.ha⁻¹ of N. For the fine fraction, which represents the harvested leaves, the productivity of maximum economic efficiency for fresh mass was 3103.1 kg.ha⁻¹ with a dose of 50.1 kg.ha⁻¹ of N, and 606.9 kg.ha⁻¹ with a dose of 55.6 kg.ha⁻¹ of N, for mass dry.

Keywords: Fractional factorial scheme; Moringaceae; Aerial part biomass; Maximum productivity; Maximum economic efficiency.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Produtividade da biomassa da parte aérea fresca (a) e seca (b), e incremento em diâmetro do coleto (c) em função das doses de Nitrogênio (N), em área de cultivo de Moringa oleifera.	26
--	----

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Caracterização química e textural inicial do solo na área experimental.21
- Tabela 2** - Distribuição dos tratamentos no delineamento em blocos casualizados dispostos em esquema fatorial fracionado $(4 \times 4 \times 4)^{1/2}$ e as respectivas doses de nutrientes aplicadas.23
- Tabela 3** - Efeito da adubação N, P e K no incremento em diâmetro do coleto e na produtividade de biomassa da parte aérea em plantas de Moringa oleifera após a terceira colheita de folhas.25
- Tabela 4** - Doses de N necessárias à obtenção da produtividade máxima e econômica de massa fresca e seca da parte aérea em plantas de Moringa oleifera após a terceira colheita de folhas.28

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	Moringa (<i>Moringa oleifera</i> Lam.).....	15
2.2	Aspectos culturais – agronômicos	16
2.3	Densidade e nutrição de plantas	18
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1	Área experimental.....	21
3.2	Plantio e delineamento.....	22
3.3	Avaliações e análise estatística	24
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
5	CONCLUSÕES	30
	REFERÊNCIAS	31

1 INTRODUÇÃO

A *Moringa oleifera* Lam. é uma das espécies vegetais mais estudadas na atualidade, especialmente devido às suas propriedades nutricionais e medicinais que lhe confere uma multiplicidade de usos. Segundo Vasconcelos (2013), essa espécie foi introduzida no Brasil por volta de 1950 no sertão nordestino, sendo cultivada inicialmente como planta de uso ornamental e medicinal. Nativa do nordeste da Índia é considerada uma das árvores mais úteis para os seres humanos, uma vez que todas as suas partes possuem aplicação para algum fim (MACEDO et al., 2010). A moringa, como é popularmente conhecida, é uma hortaliça perene e arbórea, seu cultivo se deve a elevada capacidade de adaptação a solos ácidos e a condições climáticas, associadas a possibilidade de aproveitamento das folhas, frutos, flores, sementes e cascas com quantidades representativas de nutrientes (OKUDA et al., 2000).

Suas folhas têm potencial de uso industrial, medicinal e na alimentação (SANTANA et al., 2010; SILVA JUNIOR, 2013). Segundo Santos et al., (2010) a moringa é uma excelente espécie apontada como alternativa aos agricultores familiares, pois pode ser utilizada na complementação da alimentação animal e humana. Anwar et al. (2007) relatam que devido aos valores nutricionais presentes nas folhas da moringa, ela é utilizada como matéria prima para a fabricação da farinha que tem sido utilizada como fonte de alimentação alternativa no combate à desnutrição.

No Brasil, há um esforço no sentido de difundi-la como hortaliça rica em vitamina A (AMAYA et al., 1992; KERR et al., 1998; SILVA e KERR, 1999); pois as suas folhas com cerca de 23.000 UI de vitamina A, sobressaem-se entre olerícolas consagradas como brócolis, cenoura, couve, espinafre e alface, que possuem, respectivamente, 5.000; 3.700; 2.200; 1.900 e 1.000 UI de vitamina A (SILVA e KERR, 1999). Além da vitamina A, as folhas da *M. oleifera* apresentam uma gama de nutrientes; apresentando mais vitamina C que as laranjas, mais cálcio que o leite e mais potássio que as bananas. A qualidade da sua proteína chega a ser superior do que geralmente é encontrado nos leites e ovos, sendo assim, uma ótima opção de fonte proteica vegetal (ANWAR et al., 2007; KASOLO, 2010; DHAKAR, 2011).

Apesar da vasta literatura científica disponível acerca das propriedades e usos nutricionais e medicinais da *M. oleifera*, ainda, são poucas pesquisas que se encarregam de investigar seus aspectos culturais e agrônômicos. Dentre os aspectos culturais e de manejo, destaque deve ser dado à adubação, que visa garantir que as demandas nutricionais das plantas sejam adequadamente supridas, de modo a potencializar sua produtividade e otimizar o uso de insumos e recursos, aumentando a atratividade e a lucratividade do seu cultivo.

Assim, o presente trabalho tem por objetivo gerar informações sobre aspectos nutricionais do cultivo de *M. oleífera* em sistema semi-intensivo para produção de folhas no município de São João Evangelista, no Vale do Rio Doce, Minas Gerais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 *Moringa (Moringa oleifera Lam.)*

Segundo Pedral et., al (2015), a árvore é popularmente conhecida como lírio branco, quiabo-de-quina, acácia branca, árvore rabanete-de-cavalo, cedro e moringueiro, ou simplesmente moringa. Entretanto, é uma espécie exótica, nativa do nordeste da Índia que vem sendo cultivada ao longo dos trópicos.

De acordo com Souza (2001), Franco (2010) e Ramos et al., (2010), a *M. oleifera* pertence à família Moringaceae, de ordem Capparidales, classe das Magnoliophyta e subclasse Dilleniidae, esta família é composta por apenas um gênero (*Moringa*) e quatorze espécies, sendo onze originárias da África, uma da Arábia e duas da Índia, com ampla distribuição por todo o mundo, principalmente em países tropicais.

A moringa apresenta alto potencial de expansão em diferentes regiões do planeta, devido a sua capacidade de adaptação a climas quentes e secos, e diversos tipos de solo (ANWAR et al., 2007). Encontra-se bem distribuída na Índia, Egito, Filipinas, Tailândia, Malásia, Paquistão, Singapura, Cuba, Nigéria, Ceilão, Birmânia e nas Índias Ocidentais (RAMACHANDRAN et al, 1980).

A introdução da moringa. foi realizada no Brasil pelo fato da planta se adaptar a algumas regiões brasileiras de difíceis condições, com longos períodos de estiagem, pluviosidade média anual de 500 mm e altas temperaturas (ROSA, 1993; ANWAR et al. 2007). A cultura da moringa foi introduzida no Brasil desde 1950, através da Secretaria de Agricultura do Estado do Maranhão, desde então, seu cultivo vem se acentuando ao longo dos anos no Brasil, principalmente nas regiões semiáridas do Nordeste, isso devido à boa adaptação da espécie as condições de clima, classificada como uma planta rústica e de crescimento rápido, com boa capacidade de resistir a época de estiagem, fenômeno comum em regiões áridas (SOUZA; LORENZI, 2008; ALMEIDA, 2010). Também tem sido difundida devido ao seu alto valor nutricional, principalmente em relação às folhas, que são importantes fontes de vitamina A, C e ferro (BARRETO et al., 2009).

A *M. oleifera* é uma planta lenhosa perene cujo tronco apresenta crescimento retilíneo até uma altura de 1,5 a 2,0 m, a partir do qual começa a ramificação dos galhos (FOIDL et al., 2001). É uma árvore de crescimento rápido atingindo até 12 m de altura nos primeiros 3 a 4 anos, com tronco estreito (10 a 30 centímetros de diâmetro) e casca de cortiça esbranquiçada. Sua copa é aberta em forma de sombrinha apresentando troca anual de folhas (PARROTA,

2009; GUALBERTO et al., 2014). A madeira é mole, com densidade de $0,19 \text{ g.cm}^{-3}$, porosa e amarela, sendo usada apenas para a produção de papel (ARAÚJO, 2010).

Apresenta folhas grandes e pinadas, podendo alcançar até 60 cm de comprimento; são decíduas, alternadas, pecioladas, compostas, tripinadas, com 3 a 9 folíolos nas pinas terminais, e apresentam cor verde pálido e formato de pena. Cada folíolo tem de 1,3 cm a 2,0 cm de comprimento e 0,3 cm a 0,6 cm de largura. As folhas laterais são quase elípticas, enquanto que as terminais são obovadas e ligeiramente maiores que as laterais (RANGEL, 1999; SANTOS, 2010; OLSON e FAHEY, 2011).

As flores da moringa são zigomorfas, dispostas em panículas axilares pendulares com um diâmetro de 2,5 cm, apresentam cinco sépalas lanceoladas e lineares e cinco pétalas finas e espatuladas (FAO, 1982 e MORTON, 1991). As flores têm as pétalas variando nos tons de branco e creme, diclamídea, monoclinas, perfumadas, inseridas em uma inflorescência terminal do tipo cimosa (SANTOS, 2010), e de acordo com Bhattacharya; Mandal (2004), a floração ocorre entre janeiro e abril.

Seu fruto é uma espécie de vagem com três faces (diferentes de uma vagem normal, que tem duas faces) e grande número de sementes (BEZERRA et al., 2004). O fruto é uma cápsula trilobular de cor marrom esverdeado, deiscente, de tamanho que pode variar 30 a 45 cm e espessura de 1,8 cm, de formato triangular com abertura em três fendas, envolvendo em torno de 15 a 20 sementes. (LORENZI; MATOS, 2002; RADOVICH, 2011; SANTOS, 2010). Em condições favoráveis ao crescimento, a moringa pode chegar a produzir 1600 vagens por ano, em média de 24.000 sementes por ano (ARAÚJO, 2010).

A moringa possui sementes de 1 a 3 cm de comprimento, são globosas, aladas, com três asas, de textura grossa na parede externa da epiderme e são oleaginosas (FAO, 1982; RAMACHANDRAN et al., 1980; OLSON; FAHEY, 2011). De acordo com Ramos et al. (2010), as sementes são bitegumentadas e exalbuminosas escuras por fora envolvida por uma ala que ajuda no processo de dispersão e envolvendo uma semente de coloração clara no seu interior. A moringa possui ainda sistema radicular pivotante com túbera e poucas ramificações que desenvolvem-se profundamente (GUALBERTO et al., 2014).

2.2 Aspectos culturais – agronômicos

A *M. oleifera* é considerada uma hortaliça perene e arbórea com elevada adaptação a condições climáticas e a solos áridos, apresenta crescimento rápido através de sementes e mudas e comportamento de planta caducifólia. É uma planta alógama, de fácil disseminação,

com adaptabilidade a condições de baixa precipitação e que cresce rapidamente mesmo em solos marginais, demandando poucas intervenções de manejo e apresentando boa resistência a estiagens prolongadas (GUALBERTO et al, 2014, 2015).

A propagação da moringa pode ser feita tanto por semente, como por estaca, ressaltando que, propagação por sementes resulta em grande variabilidade genética, tornando possível a seleção de materiais com características desejáveis (SILVA et al., 2008). Segundo Foidl et al., (2001) na disseminação por propagação sexuada e assexuada, a pouca exigência por nutrientes do solo e água facilitam a produção da moringa.

Para Fao (1982), as sementes devem ser plantadas a 2 cm de profundidade e germinam dentro de 1 a 2 semanas, quando propagados por estacas, alcançam bom desempenho com a condução de brotação. Trabalhando com a mesma espécie, Oliveira (2000) observou um tempo médio de germinação de 8,76 e 8,05 dias para sementes intactas e sem tegumento, respectivamente, sendo que sob condições de casa de vegetação (sombrite 50% com nebulização intermitente) as plântulas desenvolveram-se melhor do que em germinador de sala a 25°C. Essa variação no tempo de germinação é explicada por Viana et al., (2010), os autores ressaltam que as sementes apresentam uma boa taxa de germinação quando novas, mas após um ano de armazenamento a semente tendem a reduzir seu poder germinativo.

Bezerra et al., (2004), avaliando a qualidade das sementes de *M. oleifera* Lam. durante o armazenamento, observaram que quando armazenadas em condições de baixa temperatura (10°C) e baixa umidade relativa do ar (55% de UR), as sementes permanecem viáveis por mais de 24 meses, tendo apenas uma redução de aproximadamente 15% no percentual de germinação, aos 24 meses. Porém quando armazenadas sob condições não controladas (ambiente natural, alta temperatura e umidade) as sementes se mantem com a qualidade inicial por seis meses e perde 100% da germinação em até 24 meses.

A planta de moringa requer poucos tratos culturais e adapta-se a uma ampla faixa de solos, porém se desenvolve melhor em terra preta bem drenada ou em terra preta argilosa, preferindo solo neutro a levemente ácido (DALLA ROSA, 1993). Conforme Morton (1991) a espécie tolera ampla faixa de pH (5 a 9), entretanto apresenta limitações de crescimento em solos mal drenados. (JESUS et al. 2013).

As utilizações de diferentes adubos de origem animal, como cama de frango, esterco bovino e caprino, exercem influência no crescimento e desenvolvimento de plantas de *M. oleifera* (JÚNIOR et al. 2009). De acordo com Jahn (1989), as mudas estão prontas para o transplante aos três meses de idade, quando atingem 40 cm de altura. A espécie cresce rapidamente até uma altura de quatro metros no primeiro ano, contudo, para que a mesma possa

expressar o máximo do seu potencial produtivo deve-se manter o manejo básico de cultivo como nas demais culturas dentro de suas particularidades, tendo exigência mínima de irrigação regular durante os primeiros dois meses após o transplante, com o propósito de promover o desenvolvimento das raízes para que a planta se estabeleça e consiga se manter com suas reservas, ou se for o caso de manter altas produtividades, seguir com o fornecimento periódico da lâmina mínima de água, como também adubação. (INTER AIDE, 2012).

Conforme o Governo da Província de Gaza (2007), a moringa pode desenvolver com precipitações anuais a partir de 250 mm e explica que altitudes abaixo de 600m são ideais para que moringa complete o seu ciclo. Price (1985), relata que no projeto Biomassa, realizado na Nicarágua, descobriram que o limite de altitude para o melhor desenvolvimento da moringa é de 500 m, podendo aumentar em regiões próximas ao equador. Seu desenvolvimento pode ocorrer em climas quentes e semiáridos tropicais com temperaturas na faixa de 25-35 °C, suportando até 48 °C por períodos limitados (ALVES et al., 2010), ainda há registro de que a mesma sobrevive em temperaturas que variam de -1 a 3°C até 38 a 48°C (JESUS et al., 2013).

Em condições favoráveis, uma única planta pode produzir de 50 a 70 kg de frutos por ano (SANTA et. al., 2010). Em lugares onde o índice pluviométrico é maior do que 600 mm por ano, as árvores estão sempre floridas; caso contrário, a planta só se reproduz na estação chuvosa (CÁCERES et al., 1991; SILVA e KERR, 1999).

Por ser uma planta perene resistente à seca, pouco exigente quanto ao solo e tolerante a pragas e doenças (SILVA e KERR, 1999), a moringa também é uma alternativa para recuperação de áreas degradadas, plantio em sistemas com integração lavoura- pecuária-floresta (ILPF) e silvicultura (CASTRO, 2017). A sua facilidade de adaptação e seu potencial tem atraído a atenção de pesquisadores e produtores rurais em diversas partes do mundo que a consideram uma cultura agrícola de potencial sócio ambiental, podendo ser cultivada sem grandes obstáculos pelo agricultor familiar (CASTRO, 2017).

2.3 Densidade de plantio e nutrição

Ao trabalhar com qualquer cultura, é necessário se atentar ao seu manejo adequado e as suas exigências de ambiente, nutricional e hídrica. Jesus et. al., (2013) afirmam que as formas de cultivo moringa são simples, a espécie é de crescimento rápido e se adapta bem ao ambiente, favorecendo sua disseminação.

Segundo Stape (1995), um dos principais aspectos envolvidos no manejo se refere à correta densidade de árvores por unidade de área, pois ela influenciará não só no crescimento

individual das plantas como também o seu crescimento em conjunto. O mesmo autor ainda afirma que, a densidade é uma variável que deve ser manejada em função de uma série de fatores relativos ao comportamento das plantas em maciços, nas condições edafoclimáticas do local e visando o produto final almejado. Afirma também que a densidade é determinada pelo espaçamento entre árvores, ou pela área associada a cada planta.

Em geral, aumentando a densidade de plantio tem-se o crescimento de árvores individuais manifestando-se por uma diminuição do diâmetro e aumento da altura, mas em contraste por um aumento na biomassa total por hectare (FERRERE et. al; 2005).

Plantios em menores espaçamentos tem uma maior densidade populacional por unidade de área, refletindo em intensa competição entre as plantas por água, luz e nutrientes devido ao pouco desenvolvimento do sistema radicular. Em espaçamentos muito amplos, há uma densidade populacional baixa, onde se obtém árvores com grandes diâmetros, grandes áreas de copa e com bastante ramificação; gerando a presença de muitos nós, podendo não atender aos objetivos que se pretende (PAULESKI, 2010).

O manejo e espaçamento ideal para a produção da moringa varia de acordo com a finalidade do plantio. Segundo Araújo (2010), para plantios com finalidade de obtenção de sementes é indicado que as distâncias entre as árvores variem de 3 a 5 metros e, caso a produção seja com a finalidade de biomassa e forragem, os espaçamentos podem ser de 25 x 60 cm. Já Vasconcelos (2013), considera que para estabelecimento satisfatório da moringa em campo, é necessária uma área igual ou superior à 9,5 m² por planta.

Gastos econômicos desnecessários e a expressão de distúrbios metabólicos resultantes do suprimento insuficiente ou elevado de determinado nutriente são fatores cruciais no cultivo de plantas como um todo. Os nutrientes têm funções importantes no metabolismo vegetal e, na ausência destes, as plantas interrompem o fluxo normal de reações fisiológicas, conseqüentemente, não completam seu ciclo de vida (NETO, 2020).

Nutrientes minerais são elementos como nitrogênio, fósforo e potássio que as plantas obtêm do solo principalmente na forma de íons inorgânicos. Um elemento essencial é definido como aquele que é um componente intrínseco na estrutura ou metabolismo de uma planta ou cuja ausência causa anormalidades graves no crescimento, desenvolvimento e reprodução do vegetal (ARNON & STOUT, 1939; EPSTEIN & BLOOM, 2005).

Os elementos minerais essenciais são geralmente classificados como macro ou micronutrientes, de acordo com suas concentrações relativas no tecido vegetal, os nutrientes N, P e K são classificados como macro nutrientes e estudos

Segundo Taiz & Zeiger (2013), o nitrogênio (N) é assimilado pelas plantas por meio de reações bioquímicas, envolvendo oxidações e reduções, para formar ligações covalentes com o carbono e criar compostos orgânicos. Este então está presente na composição de aminoácidos, amidas, proteínas, ácidos nucleicos, nucleotídeos, coenzimas, hexoaminas, etc, sendo este então um dos mais importantes nutrientes para a planta uma vez que este é necessário para várias atividades metabólicas da planta.

Ainda de acordo com Taiz & Zeiger (2013), o Fósforo (P) está relacionado em reações de armazenagem de energia ou na manutenção da integridade estrutural da planta; este está presente na formação componentes de açúcares-fosfato, ácidos nucleicos, nucleotídeos, coenzimas, fosfolipídios, ácido fítico, etc. e tem papel central em reações que envolvem ATP. Já o Potássio (K) está presente no tecido vegetal permanecendo como íon livre, este é requerido como cofator de mais de 40 enzimas e é o principal cátion no estabelecimento do turgor celular e manutenção da eletroneutralidade celular, ou seja, na regulação de potenciais osmóticos.

Deste modo, com a função de aportar nutrientes aos solos, os fertilizantes agem suprimindo as necessidades das plantas sendo, portanto, indissociável a estreita inter-relação entre fertilidade do solo e produção agrícola (Neto, 2020).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área experimental

A área experimental localiza-se na fazenda do Instituto Federal de Minas Gerais (18°33'10''S; 42°45'12''W, 713 m), mais precisamente ao lado do Viveiro de Mudanças Florestais, no município de São João Evangelista-MG, microrregião de Guanhães, Vale do Rio Doce. A formação vegetal natural da região é a florestal estacional semidecidual, situada sob o domínio da Mata Atlântica. O clima é do tipo Cwa (temperado chuvoso-mesotérmico) pela classificação do sistema internacional de Köppen, com verão chuvoso e inverno seco. As médias anuais de temperatura e precipitação em São João Evangelista são de 20,2°C e 1.377 mm, respectivamente (CLIMATE.DATA.ORG, 2021). O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho distrófico – LVd (SANTOS et al., 2018), e sua caracterização química e textural pode ser observada na Tabela 1.

Tabela 1: Caracterização química e textural inicial do solo na área experimental.

Atributo	Unidade	Valores	Classificação*
pH água	-	5,09	Baixo
P	mg.dm ⁻³	5,11	Baixo
K	mg.dm ⁻³	144	Muito bom
Ca ²⁺	cmol _c .dm ⁻³	1,25	Médio
Mg ²⁺	cmol _c .dm ⁻³	0,10	Muito baixo
Al ³⁺	cmol _c .dm ⁻³	0,35	Baixo
H+Al	cmol _c .dm ⁻³	4,13	Médio
SB	cmol _c .dm ⁻³	1,72	Baixo
T	cmol _c .dm ⁻³	5,85	Médio
V	%	29,36	Baixo
m	%	16,92	Baixo
MO	dag.kg ⁻¹	1,91	Baixo
Areia	dag.kg ⁻¹	24,7	
Silte	dag.kg ⁻¹	17,2	Argiloso
Argila	dag.kg ⁻¹	58,1	

pH água: Relação solo: água 1:2,5. P e K: extrator Mehlich⁻¹. Ca, Mg e Al: extrator KCl 1 mol L⁻¹. T: Capacidade de troca de cátions a pH 7,0. m: Saturação de alumínio. V: Saturação por bases. MO: Matéria orgânica pelo método *Walkey-Black*. Areia, silte e argila: Método da pipeta.

* **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais** – 5° Aproximação, 1999

3.2 Plantio e delineamento

Para a realização do presente estudo adotou-se um sistema semi-intensivo de cultivo em uma área experimental de 76,8 m², onde as plantas foram estabelecidas em um espaçamento de 1,0 m entre linhas e 0,6 m entre plantas, totalizando 128 plantas na área de experimento e, convertendo, 16.666 plantas por hectare. O preparo da área consistiu de uma roçada mecanizada seguida de uma capina manual para retirada da vegetação espontânea indesejável.

A correção da acidez do solo foi feita com calcário dolomítico (PRNT 85%) incorporado a uma profundidade de 0,20 m por meio de aração em área total, de modo a elevar a saturação por bases a 50%. Noventa dias após a calagem realizou-se a abertura manual das covas de plantio (30x30x30 cm). As mudas do experimento foram produzidas em tubetes plásticos (180 cm³) preenchidos com substrato Bioplant®, utilizando sementes oriundas de Área de Coleta de Semente (ACS) localizada no município de Birigui/SP.

Os tratamentos utilizados foram constituídos de quatro doses de N na forma de ureia (44% N), quatro doses de P₂O₅ na forma de superfosfato triplo (41% P₂O₅) e quatro doses de K₂O na forma de cloreto de potássio (58% K₂O), conforme combinações apresentadas na Tabela 2. Além dos tratamentos com N, P e K, todas as parcelas experimentais receberam adubações de 4,0 kg.ha⁻¹ de Zn na forma de sulfato de zinco (20% Zn) e 1,0 kg.ha⁻¹ de B na forma de ácido bórico (17% B).

As diferentes doses de P foram integralmente fornecidas por meio da adição do adubo na cova na ocasião do plantio, que ocorreu no dia 14 de janeiro de 2021. As doses de N e K foram parceladas em duas aplicações realizadas nos primeiros meses do cultivo, sendo metade da dose, 15 dias após o plantio das mudas, e outra metade da dose, 30 dias após o primeiro parcelamento. O cloreto de potássio foi aplicado superficialmente enquanto a ureia foi incorporada para reduzir as perdas por volatilização. Simultaneamente no primeiro parcelamento de N e K foi realizada a adubação com os micronutrientes B e Zn.

No intervalo entre o plantio e a primeira adubação, o que corresponde duas semanas, foi realizada a irrigação para que houvesse o estabelecimento das mudas na área, uma vez que o plantio foi realizado em pleno o veranico. Foi realizado também a limpeza de toda a área experimental por meio da capina manual sempre uma semana antes das colheitas.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados dispostos em esquema fatorial fracionado (4x4x4)^{1/2} com quatro blocos (CONAGIN et al., 1997). A parcela experimental foi constituída de quatro plantas dispostas em fileira, sendo as plantas centrais consideradas a área útil para as avaliações de crescimento e produção.

Tabela 2: Distribuição dos tratamentos no delineamento em blocos casualizados dispostos em esquema fatorial fracionado $(4 \times 4 \times 4)^{1/2}$ e as respectivas doses de nutrientes aplicadas.

Número da parcela	Tratamento NPK	Doses de nutrientes		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
----- kg.ha ⁻¹ -----				
Bloco I				
1	111	0	0	0
2	122	0	45	20
3	133	0	90	40
4	144	0	180	80
5	212	40	0	20
6	221	40	45	0
7	234	40	90	80
8	243	40	180	40
Bloco II				
9	313	80	0	40
10	324	80	45	80
11	331	80	90	0
12	342	80	180	20
13	414	160	0	80
14	423	160	45	40
15	432	160	90	20
16	441	160	180	0
Bloco III				
17	114	0	0	80
18	123	0	45	40
19	132	0	90	20
20	141	0	180	0
21	213	40	0	40
22	224	40	45	80
23	231	40	90	0
24	242	40	180	20
Bloco IV				
25	312	80	0	20
26	321	80	45	0
27	334	80	90	80
28	343	80	180	40
29	411	160	0	0
30	422	160	45	20
31	433	160	90	40
32	444	160	180	80

N: nitrogênio (uréia 44% de N); P: Fósforo (superfosfato triplo 41% de P₂O₅); K:(Cloreto de potássio 58% K₂O).

3.3 Avaliações e análise estatística

No sistema de cultivo proposto neste trabalho a colheita da parte aérea das plantas (ramos e folhas) foi realizada a cada 60 dias a partir do plantio das mudas, totalizando três colheitas durante os seis meses de avaliação. Na 1ª colheita as plantas foram decepadas a 0,30 m de altura a partir do solo para estimular a emissão das brotações laterais e permitir as colheitas futuras. Imediatamente após o plantio e antes da 3ª colheita foram realizadas medições do diâmetro do coleto das plantas (DC, mm), para avaliar o efeito das adubações sobre seu incremento. Em cada colheita o material foi separado em fração fina (folhas e caules com diâmetro ≤ 5 mm) e fração grossa (caules com diâmetro > 5 mm), pesado (massa fresca), acondicionado em sacos de papel e secos em estufa a 65° C até peso constante, para determinação da massa seca. Os resultados foram convertidos para quilograma por hectare ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) para facilitar a interpretação e comparação com outras pesquisas.

Para todas as variáveis foi realizado o ajuste do modelo de superfície de resposta do tipo $Y = b_0 + b_1 N + b_2 N^2 + b_3 P + b_4 P^2 + b_5 K + b_6 K^2 + b_7 NP + b_8 NK + b_9 PK$, onde Y é a variável dependente, b_0 a b_9 são os coeficientes de regressão e N, P e K são as doses de N, P_2O_5 e K_2O utilizadas no experimento. A significância dos coeficientes de regressão foi testada e novas funções de resposta foram ajustadas apenas nos casos de efeitos significativos ($p < 0,05$). A partir das equações ajustadas para estimar a produtividade da biomassa da parte aérea foram determinadas a produtividade máxima e a produtividade de máxima eficiência econômica (90% da máxima), bem como as doses dos nutrientes necessárias para atingi-las.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O incremento em diâmetro do coleto das plantas entre o plantio e a 3ª colheita, bem como as variáveis que representam a biomassa da parte aérea acumulada nas três primeiras colheitas do experimento (massa fresca e seca da fração fina, grossa e total) foram influenciados significativamente pelas doses de N aplicadas. Por outro lado, as adubações com P e K não exerceram efeito significativo sobre o desenvolvimento das plantas (Tabela 3).

Tabela 3: Efeito da adubação N, P e K no incremento em diâmetro do coleto e na produtividade de biomassa da parte aérea em plantas de *M. oleifera* após a terceira colheita.

Doses dos nutrientes (kg ha ⁻¹)	Incremento DC ⁽¹⁾ (mm)	Massa Fresca			Massa Seca		
		Fina ⁽²⁾	Grossa ⁽³⁾	Total	Fina ⁽²⁾	Grossa ⁽³⁾	Total
		----- kg ha ⁻¹ -----			----- kg ha ⁻¹ -----		
Nitrogênio							
0	10,4	2089,9	414,6	2504,5	399,6	51,5	451,1
40	14,5	3526,0	1104,9	4630,9	654,8	121,6	776,3
80	13,8	2949,6	1025,8	3975,5	584,8	114,9	699,7
160	14,0	3285,3	831,1	4116,5	653,4	92,3	745,7
Tendência	L**Q**	L**Q*	L**Q**	L**Q**	L**Q*	L**Q**	L**Q**
P₂O₅							
0	13,0	2872,4	890,8	3763,3	539,1	102,1	641,2
45	12,8	3038,0	945,3	3983,3	596,0	108,6	704,6
90	12,6	2995,6	752,9	3748,5	588,5	82,7	671,2
180	14,2	2944,8	787,4	3732,2	569,0	87,0	656,0
Tendência	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
K₂O							
0	13,6	2950,4	844,3	3794,6	569,7	96,9	666,6
20	13,7	2940,5	839,7	3780,2	561,9	92,4	654,4
40	13,0	3147,2	901,8	4048,9	611,0	101,1	712,0
80	12,4	2812,8	790,7	3603,5	550,1	89,9	640,0
Tendência	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Média	13,2	2962,7	844,1	3806,8	573,2	95,1	668,2
CV(%)	11,8	27,0	41,2	28,3	24,5	42,8	25,8

(1) diâmetro do coleto; (2) biomassa de folhas e ramos com diâmetro ≤ 5 mm; (3) biomassa de ramos com diâmetro > 5 mm; L: resposta linear; Q: resposta quadrática; NS não significativo; * significativo 5%; ** significativo 1%.

As doses crescentes de N que apresentaram influência quadrática sobre as variáveis que expressam o crescimento das plantas (incremento em diâmetro do coleto, massa fresca e seca da fração fina, grossa e total) e as novas equações ajustadas são apresentadas na Figura 1.

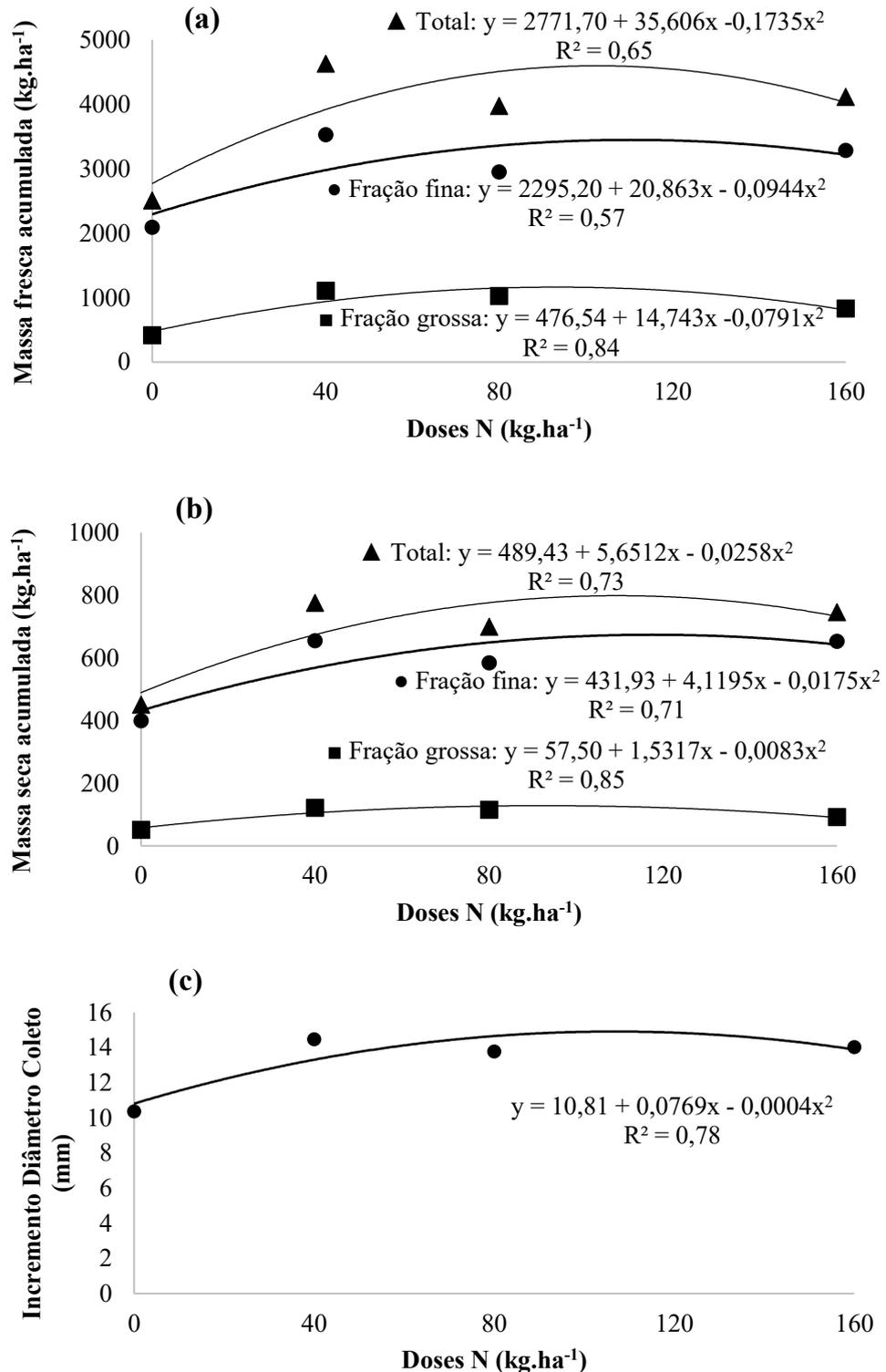


Figura 1: Produtividade da biomassa da parte aérea fresca (a) e seca (b), e incremento em diâmetro do coleto (c) em função das doses de Nitrogênio (N), em área de cultivo de *M. oleifera*.

A *M. oleifera* é uma planta reconhecida com adaptabilidade a diferentes condições edafoclimáticas e se desenvolve bem em solos pobres ou com reduzida fertilização (VELÁZQUEZ-ZAVALA et al., 2016; MABAPA, AYISI e MARIGA, 2017; MASHAMAITE et al., 2021). Apesar disto, os resultados evidenciaram que a adubação nitrogenada proporcionou ganhos no crescimento em diâmetro do coleto e na produtividade da biomassa da parte aérea, possivelmente pelo N desempenhar função estrutural como constituinte de aminoácidos, proteínas, bases nitrogenadas, ácidos nucleicos, enzimas, vitaminas, pigmentos, além de participar de processos fisiológicos como fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular (MALAVOLTA, 2006; MARSCHNER, 2012).

A importância da adubação no cultivo de moringa foi evidenciada de maneira indireta por Reyes-Sánchez, Ledin e Ledin (2006), que estudando o efeito da densidade de plantio e frequência de colheitas sobre a produção de biomassa realizaram adubação NPK apenas na ocasião do plantio das mudas e observaram uma redução de cerca de 60% na produção de massa seca da parte aérea no segundo ano de cultivo. Atteya et al. (2021) potencializaram a produção de vagens e sementes de *M. oleifera* por meio de adubações NPK, em estudo realizado na província de Alexandria, Egito. O uso de fertilizantes e biofertilizantes promoveram maior desenvolvimento da parte aérea de plantas de moringa na Coréia do Sul (SARWAR, PATRA e JIHUI, 2018) e no Egito (YOUSSAF, 2016).

Como visto até aqui, no experimento, os maiores incrementos em diâmetro do coleto das plantas foram acompanhados das maiores produtividades de massa fresca e seca da parte aérea acumulada nas três primeiras colheitas. Estudos realizados com a rebrota de diferentes espécies arbóreas evidenciam que plantas com maiores dimensões (incluindo o diâmetro do tronco) apresentam sistema radicular mais desenvolvido, com maior estoque de reservas orgânicas e inorgânicas, bem como maior capacidade de absorção de água e nutrientes do solo, o que possibilita a formação de brotações mais vigorosas (GRAÇA e TOTH, 1990; OHASHI, ROSA e MEKDECE, 2004; OLIVEIRA et al., 2008; SOUZA et al., 2016).

Em plantas lenhosas os carboidratos, aminoácidos e proteínas armazenados no sistema radicular antes da decepa são essenciais para a produção e crescimento inicial dos brotos (EL OMARI et al., 2003; KABEYA e SAKAI, 2005; LUOSTARINEN e KAUPPI, 2005). No caso da *M. oleifera* isto pode ser ainda mais importante na medida em que se trata de uma espécie arbórea que possui raízes tuberosas. Assim, os resultados observados sugerem que as adubações de N proporcionaram um adequado desenvolvimento do sistema radicular que garantiu um maior crescimento das brotações, e conseqüentemente maior produtividade de biomassa da parte aérea.

A produtividade máxima e a produtividade de máxima eficiência econômica para cada porção da massa fresca e seca da parte aérea acumuladas nas três primeiras colheitas, bem como as doses de N necessárias para atingi-las são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4: Doses de N necessárias à obtenção da produtividade máxima e econômica de massa fresca e seca da parte aérea em plantas de *M. oleifera* após a terceira colheita de folhas.

Massa da parte aérea acumulada ⁽¹⁾	Produtividade Máxima		Produtividade Econômica	
	Produtividade	Dose de N	Produtividade	Dose de N
	----- kg.ha ⁻¹ -----		----- kg.ha ⁻¹ -----	
----- Massa fresca -----				
Fração fina ⁽²⁾	3447,9	110,5	3103,1	50,1
Fração grossa ⁽³⁾	1163,5	93,2	1047,2	54,8
Total	4598,5	102,6	4138,6	51,1
----- Massa seca -----				
Fração fina ⁽²⁾	674,4	117,7	606,9	55,6
Fração grossa ⁽³⁾	128,2	92,3	115,3	53,0
Total	798,9	109,5	719,0	53,9

(1) somatório da massa da parte aérea colhida nas três primeiras podas do experimento; (2) biomassa de folhas e ramos com diâmetro menor ou igual a 5 mm; (3) biomassa de troncos e ramos com diâmetro superior a 5 mm.

No presente estudo, após a terceira colheita, seis meses depois do plantio das mudas em campo, apenas o N promoveu aumento significativo na produtividade acumulada de biomassa da parte aérea. As máximas produtividades da massa fresca (4598,5 kg.ha⁻¹) e seca (798,9 kg.ha⁻¹) total da parte aérea foram obtidas respectivamente com doses de N equivalentes a 102,6 e 109,5 kg.ha⁻¹. Mendieta-Araica et al. (2013) observaram efeito significativo de doses crescentes de N sobre o desenvolvimento de plantas de moringa cultivadas em Manágua, Nicarágua. Estes autores sugerem a aplicação de 521 kg.ha⁻¹ ano⁻¹ de N para otimizar a produção de matéria seca total de 21,2 ton.ha⁻¹ da parte aérea e 782 kg.ha⁻¹ ano⁻¹ de N para otimizar a produção de matéria seca total de 19,2 ton.ha⁻¹ fração fina em área de cultivo com alta densidade de plantas, 167.000 plantas.ha⁻¹ (próximas as densidades de feijão e soja), e frequência de corte de 45 dias (8 colheitas anuais). Segundo Abdullahi, Ochi e Gwaram (2013) a adubação com ureia aumentou significativamente a produção de matéria seca em plantas de *M. oleifera* na região Centro-Norte da Nigéria, e os autores recomendam uma dose de 200 kg.ha⁻¹ deste fertilizante para maximizar a produção de biomassa em plantas estabelecidas no espaçamento de 50x50 cm (40.000 plantas.ha⁻¹).

As diferenças entre as doses sugeridas para obtenção da produtividade máxima podem ser explicadas se levarmos em conta que as respostas da moringa às adubações dependem de características edafoclimáticas no local de plantio bem como do sistema de manejo adotado pelo produtor, especialmente no que diz respeito à densidade do plantio e a frequência com que as colheitas são realizadas. No presente estudo foi empregado um sistema semi-intensivo de cultivo, com cortes sendo realizados a cada 60 dias em plantas estabelecidas no espaçamento de 1,0 x 0,6 m, que representa um plantel de 16.667 plantas por hectare, número expressivamente inferior à densidade de plantas dos trabalhos acima citados.

Os resultados indicaram também que a produtividade da biomassa da parte aérea acumulada nos seis primeiros meses do experimento não foi estatisticamente influenciada pelas doses de P e K utilizadas. Em estudo realizado com diferentes doses de N, P e K em plantas de *M. oleifera* estabelecidas em vasos e mantidas em condições ótimas de crescimento, He et al. (2020) observaram que em níveis mais baixos de P e K a biomassa aumentou com o aumento dos níveis de N. Estes autores verificaram um efeito de interação entre N e P e concluíram que o benefício das doses mais elevadas de P diminuíram à medida que os níveis de N aumentaram. No presente estudo o solo na área experimental apresentava teor inicial de K muito bom ($144 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$), situação que momentaneamente pode ajudar a explicar a falta de resposta no crescimento das plantas às adubações com K.

5 CONCLUSÕES

O incremento em diâmetro do coleto das plantas entre o plantio e a 3ª colheita, bem como as variáveis que representam a biomassa da parte aérea acumulada nas três primeiras colheitas do experimento (massa fresca e seca da fração fina, grossa e total) foram influenciados significativamente pelas doses de N aplicadas. Por outro lado, as doses de P e K utilizadas não influenciaram significativamente o desenvolvimento das plantas.

Após a terceira colheita realizada em plantas de *M. oleifera* cultivadas em sistema semi-intensivo na microrregião de Guanhães a produtividade de máxima eficiência econômica da massa fresca total da parte aérea foi de 4138,6 kg.ha⁻¹, obtida com uma dose de 51,1 kg.ha⁻¹ de N. Para a massa seca total, a produtividade de máxima eficiência econômica foi de 719,0 kg.ha⁻¹, aplicando-se 53,9 kg.ha⁻¹ de N.

Já para a fração fina, que representa as folhas colhidas, a produtividade de máxima eficiência econômica para massa fresca foi de 3103,1 kg.ha⁻¹ com a dose de 50,1 kg.ha⁻¹ de N, e de 606,9 kg.ha⁻¹ com a dose de 55,6 kg.ha⁻¹ de N, para massa seca.

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**. Vol.1 (6), 94-100, November, 2013. <http://www.peakjournals.org/sub-journals-PJAS.html>.

ADEBAYO, A.G. et al. Soil chemical properties and growth response of *Moringa oleifera* to diferente sources and rates of organic and NPK fertilizers. **Int J Recycl Org Waste Agricult**, 6: 281-287, 2017.

ALVES, V. N. **Desenvolvimento de uma metodologia de pré-concentração em fluxo utilizando cascas tratadas de *Moringa oleifera* como biadsorvente para determinação de Zn (II) em matrizes alcoólicas**. 113f. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2010.

AMAYA, D. R.; KERR, W.E.; GODOI, H.T.; OLIVEIRA, A.L.; SILVA, F.R. *Moringa*: hortaliça arbórea rica em beta-caroteno. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.10, n.2, p.126, 1992.

ANWAR, F.; LATIF, S.; ASHRAF, M.; GILANI, A. H. *Moringa oleifera*: a food plant with multiple medicinal uses. **Phytotherapy research**, v. 21, n. 1, p. 17-25, 2007.

ARAÚJO, M. S. Manejo de Espécies Florestais para Produção de Madeira, Forragem e Restauração de Áreas Degradadas. **EMPARN**, Caicó, RN, 2010, 60 p.

ATTEYA, A.K.G. et al. Response of *Moringa oleifera* Seeds and Fixed Oil Production to Vermicompost and NPK Fertilizers under Calcareous Soil Conditions. **Plants**, 10: 1998, 2021. <https://doi.org/10.3390/plants10101998>.

ATTIA, M.F. et al. Effect of mineral, organic and bio-fertilization on productivity of *moringa* plant under saline conditions in North Sinai. **Middle East Journal of Applied Sciences**, 4(4): 825-832, 2014.

BAKKE, I. A. et al. Características de crescimento e valor forrageiro da *moringa* (*Moringa oleifera* Lam.) submetida a diferentes adubos orgânicos e intervalos de corte. **Engenharia Ambiental – Espírito Santo do Pinhal**, v.7, n.2, p. 133-144, abr./jun. 2010.

BARRETO, M. B.; BEZERRA, A. M. E.; FREITAS, J. V. B.; GRAMOSA, M. V.; NUNES, E. P.; SILVEIRA, E. R. “Constituintes químicos voláteis e não-voláteis de *Moringa oleifera* Lam., Moringaceae”. **Revista Brasileira de Farmacognosia**. João Pessoa, v. 19, n. 4, p. 893-897, 2009.

BEZERRA, A. M. E. et al. Avaliação da Qualidade das Sementes de *Moringa oleifera* Lam. durante o Armazenamento. **Ciência agrotécnica**, Lavras-MG, v. 28, n. 6, p. 1240- 1246, 2004.

BEZERRA, A. M. E.; MOMENTE, V.G.; MEDEIROS FILHO S. Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de *moringa* (*Moringa oleifera* lam.) em função do peso da semente e do tipo de substrato. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.2, p.295-299, 2004.

BHATTACHARYA, A.; MANDAL, S. Pollination, pólen germination and stigma receptivity in *Moringa oleifera* Lamk. **Taylor e Francis Group**. Visva-Bharati – Santiniketan, p. 48-56, 2003.

CÁCERES, A.; FREIRE, V.; GIRÓN, L.M.; A VILÉS, O.; PACHECO, G. *Moringa oleifera* (Moringaceae): ethnobotanical studies in Guatemala. **Economic Botany**, v.45, n.4, p.522-523, 1991.

CÂMARA, G.B.; LEITE, D.D.F. *Moringa oleifera*: potencial econômico. In: CONAPESC, 3, 2018, **Anais...** Campina Grande, 2018.

CASTRO, R.P. **Desenvolvimento de bioprodutos inovadores derivados da Moringa (Moringa oleifera Lamarck)**. 2017. 53 p. Dissertação de mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

CHRISTOPHE, H.L. et al. Effect of organic fertilizers rate on plant survival and mineral properties of *Moringa oleifera* under greenhouse conditions. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, 8: 123-130, 2019.

CLIMATE-DATA.ORG. **Clima: São João Evangelista/MG**. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/minas-gerais/sao-joao-evangelista-175926/>>. Acesso em: 20 ago. 2021.

CONAGIN, A.; NAGAI, V.; IGUE, T. **Delineamento (1/2)⁴ em blocos de oito unidades**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, Boletim Científico, nº 36.1997. 9p.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5^o Aproximação**. Viçosa-MG, 1999. 359p.

Da SILVA, A.V.C, et al. *Moringa* genetic diversity from germplasm bank using RAPD markers. **Tropical and subtropical agroecosystems**, v. 15, p 31 – 39, 2012.

DALLA ROSA, K. R. *Moringa oleifera* Lam.: a perfect tree for home gardens. **Agroforestry Species Highlights**, Hawaii, v.1. p.2, 1993.

DHAKAR, R. C.; MAURYA, S. D.; POONIYA, B. K.; BAIRWA, N.; GUPTA, M. *Moringa*: the herbal gold to combat malnutrition. **Chronicles of Young Scientists**, v. 2, n. 3, p. 119- 121, 2011.

DUBEY, K. D. et al. A multipurpose Tree- *Moringa oleifera*. **International Journal of Pharmaceutical and Chemical Sciences**, 2(1), 415-423, 2013.

EL OMARI B, ARANDA X, VERDAGUER D, PASCUAL G, FLECK I. Resource remobilization in *Quercus ilex* L. sprouts. **Plant and Soil**, 252: 349–357, 2003.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: SPI, 2006. 306p.

FAHEY, J.W. *Moringa oleifera* Lam.: A Review of the Medical Evidence for Its Nutritional, Therapeutic, and Prophylactic Properties. **Trees for Life Journal: A Forum on Beneficial Trees and Plants**. USA, 15 p. 2005.

FAO - **Food And Agriculture Organization Of The United Nations**. Fruit-bearing Forest Trees. Technical notes, Rome, 1982, 186p.

FERRERE, P.; LÓPEZ, G. A.; BOTA, R. T.; GALETTI, M. A.; ESPARRACH, C. A.; PATHAUER, P. S. Efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento de *Eucalyptus globulus* em um ensayo Nelder modificado. **Investigación agraria: Sistemas y recursos forestales**, v. 14, n. 2, p. 174-184, 2005.

FOIDL, N. et al. **The Miracle Tree: The Multiple Attributes of moringa**. Dakar Senegal, 2001.

FRANCO, M. **Uso de coagulante extraído de semente de Moringa oleifera como auxiliar no tratamento de água por filtração em múltiplas etapas**. Dissertação de mestrado – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 109 p. Campinas-SP, Brasil. 2010.

GANDJI K, CHADARE FJ, IDOHOU R, SALAKO VK, ASSOGBADJO AE, GLÈLÈ-KAKAÏ RL. Moringa oleifera: A review on its importance and research avenues. **Afr Crop Sci J.**, 26: 137–156, 2018.

GOVERNO DA PROVÍNCIA DE GAZA. **Cultivo da moringa**. Disponível em: <http://www.cidadaosolidario.org.br/Moringa/CultivodaMoringa.pdf>. Acesso em: 03 ago. 2016.

GRAÇA, M.E.C.; TOTH, V.B.R. Rebrotas de *Eucalyptus dunnii*: a influência da altura, diâmetro e procedência no vigor das brotações. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 20, p.49-57, 1990.

GUALBERTO A. F.; FERRARI, G. M.; ABREU, K. M.P.; PRETO, B.L.; FERRARI, . Características, propriedades e potencialidades da moringa (*Moringa oleifera* Lam.): aspectos agroecológicos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v 9, n. 5, p. 19 - 25, 2014.

HE, Qian; HAO, Yahan; GAO, Xiaocui; ZHOU, Wei; LI, Deying (2020). Biomass production of *Moringa oleifera* as affected by N, P, and K fertilization. **Journal of Plant Nutrition**, 2020, DOI: 10.1080/01904167.2020.1739305.

JAHN, S. A. A. Proper use *Moringa oleifera* for food and water purification - Selection of clones and growing of annual short-stem. **Pflanzenzucht**, v.4, p.22-25, 1989.

JESUS, A. R.; MARQUES, N. S.; SALVI, E. J. N. R.; TUYUTY, P. L. M.; PEREIRA, S. A. Cultivo da Moringa Oleífera. Instituto Euvaldo Lodi – IEAL/BA, **Dossiê Técnico**, julho, 2013.

JESUS, A.R. et al. Cultivo de outras plantas de lavoura permanente. **Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas – SBRT**, 2013, 23p.

JÚNIOR, S. O., SOUTO, J. S., SANTOS, R. V., SOUTO, P. C., JÚNIOR, S. G. S. M. Adubação com diferentes esterco no cultivo de moringa (*moringa oleifera* lam.). **Revista Verde** (Mossoró –RN – Brasil) v.4, n.1, p.125 - 134, 2009.

KABEYA, Daisuke; SAKAI, Satoki. The relative importance of carbohydrate and nitrogen for the resprouting ability of *Quercus crispula* seedlings. **Annals of Botany**, 96: 479–488, 2005. DOI:10.1093/aob/mci200.

KASOLO, J. N.; BIMENYA, G. S.; OJOK, L.; OCHIENG, J.; OGWALOKENG, J. W. Phytochemicals and uses of Moringa oleifera leaves in Ugandan rural communities. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 4, n. 9, p. 753-757, 2010.

KERR, W.E.; SILVA, F.R.; RESENDE, A.; GODOI, H.T.; KERR, L.S. Moringa oleifera: distribuição de sementes dessa hortaliça arbórea. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.16, n.1, 1998. Trabalho apresentado no 38º Congresso Brasileiro de Olericultura, 1998.

LITTER JUNIOR, E. L.; WADSWORTH, F. H. Common trees of Puerto Rico and the Virgin Islands. **Agriculture Handbook**, n. 249, Washington-U.S.A, 1964, 557p.

Lorenzi, H.; Matos, F.J. (2002). **Plantas medicinais no Brasil nativas e exóticas cultivadas**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 346-347p.

LUOSTARINEN, K.; KAUPPI, A. Effects of coppicing on the root and stump carbohydrate dynamics in birches. **New Forests**, 29: 289–303, 2005. DOI 10.1007/s11056-005-5653-3.

MABAPA, M.P., AYISI, K.K., MARIGA, I.K. Effect of plant density and harvest interval on leaf yield and quality of moringa (*Moringa oleifera*) under diverse agroecological conditions of Northern South Africa. **International Journal of Agronomy**. Volume 2017, Article ID 2941432, 9 pages <https://doi.org/10.1155/2017/2941432>.

MACEDO, L. C.; CRUZ, R. S.; MORAIS, F. R.; PAIXÃO, A. E. A.; RUSSO, S. L.; SILVA, G. F., **Prospecção tecnológica da Moringa oleifera Lam.** In: II ENCONTRO NACIONAL DE MORINGA, 2010, Aracaju/ Se, p.1-3, 2010.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronomica Ceres, 638p., 2006.

MARSCHNER, P. **Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants**. Third Edition. London: Academic Press, 649p., 2012.

MASHAMAITE, C.V.; PIETERSE, P.J.; MOTHAPO, P.N.; PHIRI, E.E. *Moringa oleifera* in South Africa: A review on its production, growing conditions and consumption as a food source. **S Afr J Sci**. 2021;117(3/4), Art. #8689. <https://doi.org/10.17159/sajs.2021/8689>.

MENDIETA-ARAICA, B.; SPÖRNDLY, E.; REYES-SÁNCHEZ, N.; SALMERÓN-MIRANDA, F.; HALLING, M. (2013). Biomass production and chemical composition of Moringa oleifera under different planting densities and levels of nitrogen fertilization. **Agroforest Systems**, 87: 81-92, 2013. DOI: 10.1007/s10457-012-9525-5.

MORTON, J.F. The horseradish tree, *Moringa pterygosperma* - a boon to arid land? **Econorny Botany**, v.45, n.3, p.318-333, 1991.

MUHL, Q. E. et al. Bud development, flowering and fruit set of Moringa oleifera Lam. (Horseradish Tree) as affected by various irrigation levels. **J Agr Rur Dev Trop Subtrop**. 2013; 114(2): 79–87.

NETO, A. M. B. **Adubação NPK para cultivo de fisalis**. Tese de doutorado. Universidade dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. 2020.

OHASHI, S.T.; ROSA, L.S.; MEKDECE, F.S. Influência do diâmetro e da altura de corte das cepas na brotação de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke). **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, n. 41, p. 137-144, jan./jun. 2004.

OKUDA, T.B.; NISHIJIMA, A.U.W.; OKADA, M. (2000). Isolation and characterization of coagulant extracted from Moringaoleifera seed by salt solution. **Faculty of Engineering**, Hiroshima University1-4-1 Kagamiyama.

OLIVEIRA, C.H.R.; REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; XAVIER, A.; STOCKS, J.J. Área foliar e biomassa de plantas intactas e de brotações de plantas jovens de clones de eucalipto em sistemas agrossilvipastoris. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.32, n.1, p.59-69, 2008.

OLIVEIRA, V.C. **Germinação de sementes de moringa (Moringa oleifera Lam.)**. 2000. 29 p. Monografia de graduação, UFC, Fortaleza.

OLSON, M. E.; FAHEY, J. W. Moringa oleifera: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. **Revista Mexicana de Biodiversid**. México, p.1071–1082, 2011.

PARROTTA, J. A. Moringa oleifera Lam., 1785. In: ROLOFF, A. et al. (Ed.). **Enzyklopädie der Holzgewächse, Handbuch und Atlas der Dendrologie**. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co., 2009. p. 1-8.

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.

PEDRAL, A. L. et al. Caracterização físico-química de folhas da Moringa Oleífera desidratadas por secagem convectiva e liofilização. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande**, v.17, n.1, p.33-39, 2015. ISSN 1517-8595.

PRICE, M. Leaves of the Moringa tree can prevent daping-off disiease of seedlings. **Educacional Concerns for Hunger Organizaíon Development News**, v.17, p.2-3, 1995.

RADOVICH, T. (2011). Farm and Forestry Production and Marketing Profile for Moringa (Moringa oleifera). In: Elevitch, C.R. (ed.). Specialty Crops for Pacific Island Agroforestry. **Permanent Agriculture Resources (PAR)**, 11p.

RAJA, R.R.; SREENIVASULU, M.; VAISHNAVI, S.; NAVYASRI, D.M.; SAMATHA, G.; GEETHALAKSHMI, S. **Moringa Oleifera-An Overview**. RA Journal of Applied Research, 2(9): 620-624, 2016.

RAMACHANDRAN, C. et al. (Moringa oleifera Lam.): A multipurpose Indian vegetable. **Economic Botany**. v.34, p.276-283, 1980.

RAMOS L. M.; COSTA, R. S.; MÔRO, V. F.; SILVA, C. R. (2010). Morfologia de frutos e sementes e morfofunção de plântulas de moringa (Moringa oleifera Lam). **Comunicata Scientiae**, v.1, n.2, p. 156-160.

RANGEL, M.S.A. Moringa oleifera: uma planta de uso múltiplo. **Embrapa Tabuleiros Costeiros**. Aracaju – SE, 1999, 41p.

RANGEL, M.S.A. Moringa oleífera; uma planta de uso múltiplo. Aracaju: **Embrapa Tabuleiros Costeiros, circular técnica** (Embrapa-CPATC), v. 9, março, 1999.

REYES-SÁNCHEZ, N.; LEDIN, S.; LEDIN, I. (2006) Biomass production and chemical composition of Moringa oleifera under different management regimes in Nicaragua. **Agroforestry Systems**, 66:231–242, 2006. DOI 10.1007/s10457-005-8847-y.

ROLOFF, A.H. et al. Moringa oleifera LAM., 1785. **Enzyklopädie der Holzgewächse, Handbuch und Atlas der Dendrologie**. 2009, 8 p.

ROSA, K. R. Moringa oleífera: a perfect tree for home gardens. **Agroforestry Information Service**, 1993.

SANTANA, C. R. et al. Caracterização físico-química da moringa (Moringa oleifera Lam.). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 55-60, 2010.

SANTOS et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª ed. rev. e ampl., Brasília, DF: EMBRAPA, 2018, 356 p.

SANTOS, A.R.F. **Desenvolvimento inicial de Moringa Lam. sob condições de estresse**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Sergipe. Sergipe, 87p. Brasil.

SARWAR, M.; PATRA, J.K.; JIHUI, B. Comparative effects on compost and NPK fertilizer on vegetative growth, protein, and carbohydrate of Moringa oleifera Lam hybrid PKM-1. **Journal of Plant Nutrition**, 41(12), p.1587-1596, 2018. DOI: 10.1080/01904167.2018.1462385.

SHAHZAD, U.; KHAN, M.A.; JASKANI, M.J.; KHAN, I.A.; KORBAN, S.S. Genetic diversity and population structure of Moringa oleifera. **Conservation Genetics**, 14:1161-1172, 2013. DOI 10.1007/s10592-013-0503-x.

SHARMA, V., PALIWAL, R., SHARMA, P., SHARMA, S. Phytochemical analysis and evaluation of antioxidant activities of hydroethanolic extract of Moringa oleifera Lam. Pods. **Journal of Pharmacy Research** 4(2):554-557, 2011.

SILVA JUNIOR, A. A. Epagri estuda a moringa, planta rica em vitaminas e minerais. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 26, n. 1, p. 5-5, 2013.

SILVA, A. R.; KERR, W. E. **Moringa: uma nova hortaliça para o Brasil**. Uberlândia: UFU/DIRIU, 1999, 95 p.

SILVA, A.; SANTOS, A. R. F.; BRITO, A. S.; TELES, R. M.; MUNIZ, E. N.; SILVA-MAN, R. Germinação de Moringa em Diferentes Substratos. In: VI Encontro Nacional Sobre Substratos Para Plantas: Materiais Regionais Como Substrato, 2009, Fortaleza. **Anais**. Fortaleza, CE, 2008.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2ª ed. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2009.

SOUSA, E. Moringa In: Enciclopédia Luso-Brasileira da Cultura, Edição Século XXI. Volume XX. Braga: **Editorial Verbo**, 2001.

SOUZA, F. C.; REIS, G. G.; REIS, M.G.F.; LEITE, H.G.; FARIA, R.S.; CALIMAN, J.P.; BARBOSA, R.A.; OLIVEIRA, C.H.R. Growth of intact plants and coppice in short rotation eucalypt plantations. **New Forests** (2016) 47:195–208. DOI: 10.1007/s11056-015-9509-1.

SOUZA, M.C.; Lorenzi, H., **Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APIL**. Instituto Plantarum: São Paulo: Nova Odessa. 2 ed. 704p, 2008.

STAPE, J. L. **Utilização de delineamento sistemático tipo “leque” no estudo de espaçamentos florestais**. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1995.

STAPE, J. L.; BINKLEY, D. Insights from full-rotation Nelder spacing trials with Eucalyptus in São Paulo, Brazil. **Southern Forests**, v. 72, n. 2, p. 91-98, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre:Artemed, 2013. 107p.

TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G.K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W.G. (Eds.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017.

VASCONCELOS, M. C. Moringa oleífera Lam.: **Aspectos morfológicos, fisiológicos e cultivo em gradiente de espaçamento**. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Sergipe – São Cristóvão – Sergipe, 2013.

VELÁZQUEZ-ZAVALA, M. et al. Moringa (Moringa oleifera Lam.): potential uses in agriculture, industry and medicine. **Revista Chapingo Serie Horticultura**, 22(2), p. 95-116, 2016.

VIANA, S.G.; SOUTO, J.S.; MARQUES, L.F.; SOUTO, P.C.; SOUSA, K.L. **Avaliação da Germinação da Moringa em diferentes substratos e profundidades**. II Encontro Nacional de Moringa, 2010.

VIEIRA, H.; CHAVES, L.H.G.; VIÉGAS, R.A. Crescimento inicial de moringa (*Moringa oleifera* Lam) sob omissão de nutrientes. **Revista Caatinga**, v.21, n.4, pp. 51-56, 2008.

YOUSSAF, M.A. Impact of Biofertilizers on Growth and Yield of Moringa oleifera Lam. Plants. **AL-Azhar. J. Agric. Res.**, Vol. 26, pp 127-138, (March) 2016.