

BALTAZAR CIRINO JÚNIOR

UTILIZAÇÃO DE MOLIBDÊNIO NO CONSÓRCIO SORGO E FEIJÃO-CAUPÍ
IRRIGADO EM AMBIENTE SEMIÁRIDO

Serra Talhada-PE

2021

C
I
R
I
N
O

J
Ú
N
I
O
R

B

2
0
2
1

U
T
I
L
I
Z
A
Ç
Ã
O

D
E

M
O
L
I
B
D
Ê
N
I

BALTAZAR CIRINO JÚNIOR

UTILIZAÇÃO DE MOLIBDÊNIO NO CONSÓRCIO SORGO E FEIJÃO-CAUPÍ
IRRIGADO EM AMBIENTE SEMIÁRIDO

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Campelo de Oliveira

Serra Talhada-PE

2021

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de
Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados
fornecidos pelo(a) autor(a)

B197u Cirino Júnior, Baltazar Cirino Júnior
 UTILIZAÇÃO DE MOLIBDÊNIO NO CONSÓRCIO SORGO E FEIJÃO-CAUPÍ IRRIGADO EM
 AMBIENTE
SEMIÁRIDO / Baltazar Cirino Júnior Cirino Júnior. - 2021.
 56 f. : il.

 Orientador: Alexandre
 Campelo de Oliveira.Inclui
 referências.

 Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em
 Produção Vegetal
 , Serra Talhada, 2021.

 1. Vigna unguiculata. 2. Sorghum bicolor. 3. Sistema consorciado. I. Oliveira, Alexandre
Campelo de, orient. II.Título

CDD 581.15

BALTAZAR CIRINO JÚNIOR

UTILIZAÇÃO DE MOLIBDÊNIO NO CONSÓRCIO SORGO E FEIJÃO-CAUPÍ
IRRIGADO EM AMBIENTE SEMIÁRIDO

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

APROVADO em ____/____/____.

Banca Examinadora

Prof. Dr. Alexandre Campelo de Oliveira– UAST/UFRPE
Orientador

Prof. Dr. Alexandre Tavares da Rocha – UFAPE
Examinador Externo

Prof. Dr. Mauricio Luiz de Mello Vieira Leite– UAST/UFRPE
Examinador Interno

À Deus, o criador de tudo;
Aos meus pais, Baltazar e Josefa;
Aos meus irmãos, Jose Edson, Cristina, Erasmo, João Paulo, Walter, Emanuel, Cristiane e
Ana Paula.

Dedico!

AGRADECIMENTOS

À Deus por sua infinita misericórdia, bondade e fidelidade. Por ter me permitido concluir a pesquisa em meio a tanta dificuldade. Por ser meu acolhimento em momentos difíceis e nas madrugadas de insônia e ansiedade. Pela sabedoria e persistência nos momentos mais difíceis, onde achei que não seria possível concluir. Obrigado pelo dom da vida. Louvado seja nosso senhor Jesus Cristo.

Aos meus pais, Baltazar e Josefa, pela criação, amor, confiança e carinho que sempre tiveram por mim. Por acreditar nos meus sonhos e fazer o possível para que eu pudesse realizar.

Aos meus irmãos, Jose Edson, Cristina, Erasmo, João Paulo, Walter, Emanuel, Cristiane e Ana Paula, pelo amor, carinho e amizade que sempre tivemos. Por todos os momentos de felicidade nossas vidas. Por saber que posso contar sempre com o apoio de vocês.

A minha amada, Cintya Mikaelly, por tudo que tem feito por mim. Obrigado por ter acompanhado de perto a minha jornada durante o mestrado. Pelas vezes que me ligou, me incentivando a continuar. Por acreditar em mim, quando nem eu acreditava. Pela amizade, que temos desde a graduação e por todos os momentos que vivemos. Por ter alegrando os meus dias, tornando tudo mais leve. Pela compreensão e por todo o amor que tem me dado. Enfim, obrigado por existir.

Ao meu orientador, Prof. Alexandre Campelo, por todos os ensinamentos e auxílio para realização do trabalho.

Ao Dr. Hugo Bentzen, pela amizade e colaboração com as análises laboratoriais.

Ao agricultor, José Cristóvão (Zé Paraíba), pelo fornecimento das sementes do feijão-caupí.

Aos meus grandes amigos Cléber Pereira, Dani Eugênio e Jordao Alves, pela amizade e contribuição com a realização dos trabalhos.

Ao pessoal da equipe de fertilidade do solo, pela amizade e colaboração com as atividades.

Aos meus amigos, Sandy e Domingos, por todos os momentos de distração e pela ajuda com as análises. Vocês fizeram com que o caminho se tornasse mais fácil.

Aos meus amigos, Genivaldo Ulisses, Valdeilton, Ana Cecilia, Dani e Gaby, por todos os momentos de descontração, coisas que tornam o dia a dia menos complicado.

Ao pessoal da casa do estudante de Quixaba, representados por Mateus, Flávio, Maciel, Antônio Coimbra, Mirella, Juan, Alfredo, Marcos Antônio (*in memoriam*), Pedro Felipe, Kleiton e Carlos André, por toda amizade que foi construída ao longo desse tempo.

À UFRPE/UAST e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, por toda estrutura e pela grande colaboração dos profissionais ali presentes. Em especial: Maurício, Adriano, Vicente, Thieres, Sérgio e André Lima.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pelo fornecimento da bolsa. À FACEPE, pelo fornecimento dos equipamentos.

Ao grupo de agrometeorologia do semiárido (GAS), pelo apoio na instalação e manutenção do experimento. Pelo fornecimento dos equipamentos e apoio com a irrigação do experimento.

Aos estudantes do programa do PGPV Karla, Janaina, Yuri, Laamon, Lypson, Paulo, Pedro, Elania, Simone, Yara, Jheizon, Valécia, Rhaiana João Pedro (Peu), Renan, Kaique, Orlando, Marcondes e Marcela, pela amizade, cooperativismo e momentos felizes.

Aos meus amigos, Ericks Pires, Carlos e Matheus, pela amizade e colaboração.

Aos meus amigos da graduação Fábio Eráclito, Marcos Lisboa e Genicelio, por nossa amizade e momentos de diversão que vivemos.

Aos membros da banca examinadora, Prof. Mauricio Leite e Prof. Alexandre Rocha, por terem aceitado participar da banca e pelas contribuições.

E a todos que contribuíram com a realização do trabalho.

RESUMO

O objetivou-se analisar o efeito da adubação com molibdênio por meio da aplicação via foliar e solo, sobre a produtividade, eficiência biológica, habilidade competitiva e absorção de nutrientes do consórcio sorgo-feijão-caupí em ambiente semiárido. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso (DBC), com nove sistemas de cultivo (consórcio sorgo-feijão com aplicação de Mo foliar, Mo via solo, consórcio sorgo-feijão sem aplicação de Mo, sorgo exclusivo com aplicação de Mo no solo, sorgo exclusivo com aplicação de Mo foliar, sorgo exclusivo sem aplicação de Mo, feijão-caupí exclusivo com Mo foliar, Mo no solo e feijão-caupí exclusivo sem aplicação de Mo). Os diferentes sistemas de cultivo afetaram significativamente a produtividade em massa fresca do primeiro corte do sorgo, com melhor resultado para o tratamento sorgo exclusivo com aplicação de molibdênio via foliar, apresentando uma produção de 57,66 Mg ha⁻¹ de matéria fresca. Os menores valores foram encontrados no tratamento sem molibdênio no sistema consorciado, apresentando uma média de 21,94 Mg ha⁻¹. No segundo ciclo, os melhores resultados de matéria fresca foram obtidos a partir do tratamento sistema consorciado com aplicação de molibdênio via foliar, com uma média de 22,69 Mg ha⁻¹ de massa fresca. As menores médias foram os tratamentos sorgo exclusivo sem aplicação de molibdênio e sorgo exclusivo com molibdênio via solo. A aplicação de Mo, de forma geral, não interferiu nos índices de eficiência biológica e capacidade competitiva. Os sistemas de plantio não proporcionaram efeitos nos teores de cloreto. Os diferentes sistemas de cultivo não interferiram as absorções de Na⁺ e K⁺, nos ciclos 1 e 3. Porém, foi notado que a aplicação de Mo foliar durante o ciclo 2, proporcionou incrementos na absorção de Na⁺. Os sistemas de cultivo influenciaram a produtividade do feijão, apenas no segundo ciclo, onde a maior produção foi alcançada com o feijão exclusivo e com molibdênio foliar. O Mo foliar promoveu maiores incrementos de massa verde e seca, enquanto a adubação via solo, mostrou-se ineficiente. Atrelado a isso, a utilização de sistema consorciado apresenta maior eficiência quando associada a aplicação de molibdênio foliar. Os índices de eficiência biológica e capacidade competitiva mostram que, os diferentes sistemas de cultivo entre sorgo e feijão-caupí são vantajosos.

Palavras-chave: Sistema consorciado; *Sorghum bicolor*; *Vigna unguiculata*.

ABSTRACT

The objective of this study was to analyze the effect of fertilization with molybdenum through application via foliar and soil, on productivity, biological efficiency, competitive ability and nutrient uptake of the sorghum-bean-cowpea intercropping in a semiarid environment. The experimental design used was in blocks at random (DBC), with nine cropping systems (sorghum-bean intercropping with foliar Mo application, Mo via soil, sorghum-bean intercropping without Mo application, exclusive sorghum with Mo application in the soil, exclusive sorghum with Mo application foliar, exclusive sorghum without Mo application, exclusive cowpea with foliar Mo, Mo in the soil and exclusive cowpea without Mo application). The different cropping systems significantly affected the fresh mass yield of the first cut of sorghum, with the best result for the exclusive sorghum treatment with foliar molybdenum application, with a production of 57.66 Mg ha⁻¹ of fresh matter. The lowest values were found in the treatment without molybdenum in the intercropping system, with an average of 21.94 Mg ha⁻¹. In the second cycle, the best fresh matter results were obtained from the intercropping system treatment with foliar application of molybdenum, with an average of 22.69 Mg ha⁻¹ of fresh mass. The lowest means were the treatments exclusive sorghum without molybdenum application and exclusive sorghum with molybdenum via soil. The application of Mo, in general, did not interfere in the biological efficiency and competitive capacity indices. The planting systems did not provide effects on chloride content. The different cropping systems did not interfere with Na⁺ and K⁺ absorption in cycles 1 and 3. However, it was noted that the application of Mo foliar during cycle 2, provided increments in Na⁺ absorption. Cropping systems influenced bean yield only in the second cycle, where the highest production was achieved with bean exclusive and with leaf molybdenum. Leaf Mo promoted greater increases in green and dry mass, while soil fertilization was inefficient. Linked to this, the use of an intercropping system is more efficient when associated with the application of foliar molybdenum. Biological efficiency and competitive capacity indices show that the different cultivation systems between sorghum and cowpea are advantageous.

Keywords: Consortium system *Sorghum bicolor*; *Vigna unguiculata*.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Localização da área agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST).Fonte: Autor. 25
- Figura 2.** Valores da precipitação pluvial (mm) e evapotranspiração de referência (Eto, mm), durante a condução do experimento na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, UAST – UFRPE. 28

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Análise química e física do solo coletado de 0 a 60 cm antes da instalação do experimento. 29

Tabela 2. Produtividade em massa fresca “YMF” e seca” YMS” do sorgo em função do consorcio e da aplicação de molibdênio, em Serra Talhada – PE, Brasil	32
Tabela 3. Coeficiente de adensamento relativo (CAR), agressividade (A), perda ou ganho atual de rendimento (PGAR) e razão de competitividade (RC) do consórcio sorgo-feijão-caupí (F/S) com molibdênio foliar (F/S foliar), via solo (F/S solo) e sem molibdênio (F/S sem)	36
Tabela 4. Uso eficiente da terra (UET), razão de área equivalente no tempo (RAET) e coeficiente equivalente de terra (CET) do consórcio sorgo-feijão-caupí, com e sem molibdênio.	37
Tabela 5. Teores de Na ⁺ e K ⁺ na parte aérea do sorgo em três ciclos (C1, C2 e C3), em função da aplicação de Mo (com e sem), sistema de consórcio (com e sem) e aplicação de molibdênio (via foliar e via solo).	38
Tabela 6. Teores de Cl ⁻ na parte aérea do sorgo em três ciclos (C1, C2 e C3), e m função da aplicação de Mo (com e sem), sistema de consórcio (com e sem) e aplicação de molibdênio (via foliar e via solo).	41
Tabela 7. Comprimento de vagem “C.V” número de grãos por vagem “N.G. P.V” e peso de grão” P.G” do feijão-caupí em função do consorcio e da aplicação de molibdênio, em Serra Talhada – PE, Brasil.	42

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Caracterização edafoclimática do Semiárido.....	15
2.2 Salinidade no solo e plantas	16
2.3 Sistemas consorciados	18
2.4 Aspectos econômicos e culturais do sorgo e sua importância para ambientes semiáridos.....	20
2.5 Aspectos econômicos e culturais do feijão-caupí e sua importância para ambientes semiáridos.....	22
2.6 Molibdênio no solo e nas culturas	23
3. materiais e métodos.....	25
3.1 Condução experimental	25
3.2 Material vegetal e delineamento experimental	26
3.3 Aplicação da lâmina de irrigação.....	27
3.4 Aplicação dos tratamentos.....	29
3.5 Caracterização do solo	29
3.6 Determinação da produtividade do sorgo	30
3.7 Determinação da produtividade do feijão-caupí.....	30
3.8 Índices de eficiência biológica.....	30
3.9 Índices de habilidade competitiva.....	31
3.6 Teores foliares de sódio, potássio e cloreto	32
3.10 Análise Estatística	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.6 Produtividade do sorgo	33
4.7 Produtividade do feijão-caupí.....	36
4.8 Índices de Eficiência Biológica e Habilidade Competitiva	38
4.9 Teores foliares de sódio, potássio e cloreto	40
5. CONCLUSÃO	44
6. REFERÊNCIAS	44

1. INTRODUÇÃO

O Semiárido brasileiro possui baixas precipitações pluviais, elevadas temperaturas do ar e distribuição irregular de chuvas (BARBOSA et al., 2019). Devido a essas características, o setor agrícola enfrenta dificuldades quanto à produção dos cultivos, com destaque para rendimento de forragem, principalmente em épocas de estiagem (SUDENE, 2017). A disponibilidade de forragem em períodos críticos de estiagem, se apresenta como um dos fatores limitantes para produção agropecuária na região.

Assim, o uso de irrigação torna-se necessário, uma vez que promove o êxito da produção (MURGA-ORRILLO et al., 2016). Entretanto, a água utilizada nesses ambientes apresenta elevados teores de íons, provocando distúrbios fisiológicos nas plantas e salinização do solo, se utilizada de forma inadequada (HOLANDA et al., 2016). A utilização dessa água com índices de salinidade elevados, é uma prática prejudicial tanto ao solo quanto a cultura (HOLANDA et al., 2016).

Com intuito de maximizar a produção e melhorar o uso do solo, torna-se necessário a implementação de técnicas eficientes de manejo (i.e., uso de sistema consorciado, implantação de culturas tolerantes, entre outros), como potencializado no rendimento das áreas agrícolas, refletindo em efeitos econômicos positivos (SANTOS et al., 2007).

A utilização de sistema consorciado promove efeitos benéficos tanto para as plantas envolvidas quanto para o solo, principalmente quando comparado ao cultivo exclusivo (MAHALLATI et al., 2015). Porém, a escolha das culturas a serem implantadas é uma prática indispensável na implantação do consórcio, considerando a necessidade nutricional, hídrica e de luz solar das espécies a serem consorciadas, reduzindo a competição. Segundo Collier et al (2011), a utilização de gramíneas e leguminosas em sistema consorciado apresenta diversas vantagens, tais como maiores produções de matéria seca em relação ao cultivo exclusivo, maior estímulo a fixação biológica de nitrogênio, e maior eficiência na utilização de água e nutrientes do solo, considerando que as culturas tem sistemas radiculares distintos e exploram volumes de solo diferentes.

Diante da grande quantidade de gramíneas comumente utilizadas na alimentação animal em ambiente semiárido, pode-se destacar o sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor*, (L.) Moench.), o qual apresenta elevado potencial forrageiro, devido à alta palatabilidade e aceitabilidade por parte dos animais, capacidade de rebrota, e valores consideráveis de produtividade de biomassa, mesmo sob condições de estresse hídrico e salino (TABOSA et al., 2002; NEUMAN et al., 2002).

Por sua vez, a utilização do feijão-caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) no sistema consorciado com gramínea, é bastante utilizada em ambientes quentes e secos, uma vez que apresenta vantagens devido ao elevado teor de proteína e moderada tolerância ao estresse hídrico (SOUZA et al., 2014a). Vale ressaltar que grande parte da produção brasileira de feijão-caupí, está concentrada na região Nordeste, especificamente no semiárido nordestino, em alguns casos com cultivo irrigado, havendo resposta positiva de produtividade e viabilidade econômica (MOUSINHO et al., 2008; SILVA et al., 2016a). Além disso, feijão-caupí possui capacidade de fixar nitrogênio atmosférico ao solo através da simbiose com bactérias fixadoras (GUALTER et al., 2011), onde o nitrogênio (N) obtido no processo de fixação biológica pode ser utilizado pela cultura consorciada com o feijão.

Para entender o processo de fixação biológica do nitrogênio há necessidade de conhecer as enzimas redutase e nitrogenase, pois as mesmas são indispensáveis nessa atividade. Segundo Rocha et al. (2011) a enzima nitrogenase é responsável por catalisar o nitrogênio atmosférico à amônia, permitindo o aproveitamento do mesmo, através da associação com bactérias fixadoras, do gênero *Rhizobium*. Por sua vez, a enzima redutase atua no processo de transformação do nitrogênio dentro da planta, reduzindo o nitrato a nitrito, processo esse que ocorre no citoplasma da planta. De modo que, após absorvido, o nitrogênio encontra-se na forma de nitrato, sendo necessário sua redução para amônia, onde esse processo é iniciado pela enzima redutase do nitrato, reduzindo-o a nitrito, no citosol (PESSOA et al., 2001).

O suprimento com molibdênio é essencial para o aproveitamento do nitrogênio, pois o mesmo está presente nas enzimas redutase e Nitrogenase, enzimas fundamentais para o metabolismo do nitrogênio, como relatado anteriormente (BARBOSA et al., 2010). Pessoa et al. (2001) observaram que a aplicação de molibdênio via foliar em feijão ouro negro influenciou no aumento nas atividades das enzimas redutase e Nitrogenase.

Em geral, o uso excessivo de água salobra e de maneira ineficiente promove a salinização dos solos, com acúmulo de determinadas espécies iônicas, especialmente o Na^+ e Cl^- , sendo os mais frequentes e considerados os principais íons prejudiciais ao metabolismo das plantas (NOBRE et al., 2009). O acúmulo de tais elementos acarreta em problemas como redução na absorção de NH_4^+ e NO_3^- , interferindo no processo de assimilação do nitrogênio, o qual é necessário para realização da síntese protética (DEBOUBA et al., 2006), tornando-se necessário práticas que visem a redução dos efeitos negativos desses sais no solo e na planta.

Mediante o exposto, observa-se que o fornecimento adequado de molibdênio é fator primordial para ativar as enzimas supracitadas, potencializando os efeitos da fixação biológica de nitrogênio, aumentando a produtividade do consórcio sorgo/feijão-caupí. Com isso, objetivou-se analisar o efeito da adubação com molibdênio por meio da aplicação via foliar e solo, sobre a produtividade, eficiência biológica, habilidade competitiva e absorção de nutrientes do consórcio sorgo-feijão-caupí, irrigado com água salina, em ambiente semiárido.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Caracterização edafoclimática do Semiárido

O Semiárido brasileiro é um dos maiores do mundo, considerando sua extensão territorial de 1,03 milhão de km² e aproximadamente 25 milhões de habitantes (SUDENE, 2017). Destacando pela presença de mais de 1550 espécies vegetais, 177 reptéis, 241 peixes, 79 anfíbios e 221 espécies de abelhas. Com relação a suas características climáticas apresenta uma distribuição irregular de chuvas, com pluviosidade média anual em torno de 750 mm, concentrada basicamente entre três a quatro meses e um período de estiagem, por muitas vezes superior a oito meses (SILVA et al., 2017). Os solos da região apresentam um pH próximo ao neutro, além de quantidades muito baixas de matéria orgânica, que reflete na quantidade e na forma como nitrogênio está disponível no solo. Dessa forma, as classes de solo predominantes na região são os latossolos-19%; neossolos litólicos - 19%; argissolos - 15% e luvisolos - 13%, essas quatro classes chegam ocupar incríveis 66% da área da Caatinga (SALCEDO; SAMPAIO, 2008).

As condições climáticas presentes na região, promovem algumas dificuldades para produção agropecuária regional e local, ressaltando que grande parte dos produtos consumidos são oriundos da agricultura familiar (SUDENE, 2017). Com o aumento dos períodos de estiagem, nos últimos anos, os agricultores vêm sofrendo perdas extremamente altas. Segundo Gutiérrez et al. (2014) o evento de seca que ocorreu nos últimos anos foi considerado um dos mais devastadores das últimas décadas no Nordeste, e, previsões indicam que eventos assim ocorram com maiores frequências e intensidades, durante os próximos anos.

Diante desse cenário produção agropecuária na região semiárida apresenta algumas limitações, a principal delas é a escassez hídrica, que exige dos produtores a implantação de técnicas que maximizem o uso desse recurso (SUDENE, 2017). De acordo com Medeiros et al. (2003) a água utilizada na região, independentemente de ser oriunda de reservatórios superficiais como açudes, ou subterrâneos como no caso dos poços, apresentam quantidades

elevadas nos teores de sais. Dessa forma, além de limitações com a quantidade de água, o produtor sofrerá limitações com a qualidade da mesma, já com um manejo incorreto da irrigação, esses sais presentes nessa água, poderão acumular-se na zona radicular da planta, provocando danos na cultura.

2.2 Salinidade no solo e plantas

Os solos halomórficos, são solos afetados por sais, também conhecidos como solos salinos, sódicos ou salinos-sódicos, caracterizados por se desenvolverem com condições de baixa drenagem, se destacando pela presença de sódio trocável e sais solúveis nas camadas superficiais do solo. A condição salina existente nesses solos é iniciada no processo de concentração de sais com solubilidade superior à do gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), que possui solubilidade de $2,41 \text{ g L}^{-1}$. Os solos salinos apresentam uma elevada concentração de sais solúveis, entre os principais estão, bicarbonatos de Na, Ca e Mg, sulfatos e cloretos. Podendo haver presença de potássio (K^+), amônio (NH_4^+), nitratos (NO_3^-) e carbonatos (CO_3^{2-}) em menores quantidades. Mesmo com a presença de todos esses sais solúveis, muitas vezes o NaCl é encontrado de forma hegemônica no solo (WU., 2018).

A salinização pode ocorrer de maneira natural, ou, artificialmente, por meio da interferência do homem. De acordo com Ribeiro et al. (2010) a salinização natural pode ocorrer através dos seguintes processos: 1) Invasão da água salgada, depositando os sais nas áreas atingidas, processo comumente encontrado em regiões costeiras que sofrem influência das marés, se destacando como o único processo de salinização que atine as regiões úmidas; 2) Elevada concentração de sais, oriundas de áreas circunvizinhas, através do escoamento superficial e da drenagem lateral, que ocorre nos horizontes superiores de áreas rebaixadas. Podendo ser considerada a principal causadora de salinização do ambiente semiárido;.3) Acúmulo de sais, através da ascensão capilar, dos sais presentes no terreno em camadas mais profundas.

A salinização induzida, também conhecida como antrópica pode ser originada nos processos a seguir: 1) Depósito de sais, originários da irrigação de maneira inadequada com água com elevados teores salinos. 2) Manejo inadequado da irrigação, provocando a ascensão de lençol freático e elevação dos sais para a superfície do solo.

De acordo com Gheyi et al. (2010), existem três tipos de solos afetados por sais, os salinos, sódicos e os salinos-sódicos. Os solos salinos apresentam condutividade elétrica $\geq 4 \text{ dS}$

m^{-1} , porcentagem de sódio trocável (PST) $< 15\%$, $\text{pH} < 8,5$ e elevadas concentrações de sais solúveis, suficientes para interferir nos processos fisiológicos das culturas. Os solos sódicos são caracterizados por apresentar $\text{CE} < 4 \text{ dS m}^{-1}$, pH variando entre 8,5 e 10, $\text{PST} \geq 15\%$ e elevado teor de sódio, capaz de interferir no desenvolvimento de grandes partes das culturas agrícolas. Por outro lado, os salinos-sódicos apresentam a $\text{CEes} \geq 4 \text{ dS m}^{-1}$, $\text{PST} \geq 15\%$, $\text{pH} \leq 8$ e elevados teores de sódio e de sais solúveis.

Essa elevada quantidade de sais e sódio pode promover diversas alterações no ambiente. O excesso de sais como Mg e Ca, acarreta em uma maior permeabilidade do solo, devido a flocculação das argilas. Por outro lado, o elevado conteúdo de sódio causa bloqueio dos poros no solo e reduz a penetração das raízes nos mesmos (RIBEIRO et al., 2010).

Com relação aos vegetais a sua exposição ao estresse hídrico e/ou salino acarreta problemas como alterações no crescimento e desenvolvimento, inibindo o potencial produtivo da cultura (SANTOS e CARLESSO, 1998). Quando trata do estresse salino o problema se agrava ainda mais, pois nessas condições a planta não consegue absorver água e o sal provoca danos na parte celular da planta.

O excesso de sais na zona radicular da planta, na maioria das vezes é provocado pelo manejo incorreto da irrigação. De acordo com Holanda et al. (2016) a água utilizada para irrigação deve seguir os seguintes parâmetros: riscos de salinidade, problemas com infiltração de água no solo e a toxicidade de íons específicos, características essas essenciais para determinar qualidade das mesmas. De acordo com Richards (1954) a classificação pode ser feita de acordo com a salinidade e ou com a sodicidade, destacando a condutividade elétrica (CE), como o parâmetro mais utilizado para medir a concentração desses sais solúveis, dessa forma, a classificação é a seguinte: C1 ($< 0,25 \text{ dS m}^{-1}$, salinidade baixa), C2 ($0,25 - 0,75 \text{ dS m}^{-1}$, salinidade média), C3 ($0,75 - 2,25 \text{ dS m}^{-1}$, alta salinidade) e C4 ($> 2,25 \text{ dS m}^{-1}$, salinidade muito elevada).

Devido ao aumento das áreas irrigadas no nordeste brasileiro, e aos entraves elencados, surge a necessidade de utilização de técnicas que possibilitem amenizar o efeito prejudicial da água salina sobre os solos e as plantas, já que na maioria das vezes, a água disponível na região apresenta elevados teores salinos. Segundo Silva et al. (2014) a mistura de águas vem surgindo como uma alternativa para a irrigação em locais com alta salinidade, porém, essa técnica não diminui os níveis salinos e se torna inviável em muitos lugares. Gheyi et al. (2010) relataram a possibilidade de uso de água salobra na estação seca e água da chuva em estações úmidas, sendo possível reverter a salinidade acumulada no período de estiagem, ao longo da estação chuvosa.

Destacando alternativas como uso de cobertura no solo, irrigação localizada e uso moderado de adubação, além da utilização de culturas tolerantes e adaptadas, e consorciação dessas culturas como alternativas que podem reduzir o efeito da salinização.

De acordo com Araújo (2015) o uso de sistema consorciados pode reduzir o efeito da salinidade sobre a produção de biomassa das culturas. Segundo Gheyi et al. (2010) os estudos com a tolerância de espécies a salinidade estão restritos em sua maioria ao monocultivos, sendo escassos a abordagem dos efeitos da salinidade nos consórcios, destacando a importância do estudo da tolerância dos consórcios como uma nova forma de abordagem no processo de compreensão das respostas das plantas.

2.3 Sistemas consorciados

O sistema consorciado consiste na utilização de duas ou mais culturas de espécies diferentes, de forma simultânea, dentro de uma mesma área ao mesmo tempo. Essa prática é extremamente importante, pois possibilita uma melhoria na taxa de utilização da terra, fator essencial para locais com limitações agrícolas (DU et al., 2018). Essa técnica apresenta resultados bastantes significativos quando utilizamos o consorcio entre gramíneas e leguminosas, sendo possível aproveitar as vantagens da FBN, considerando a relação simbiótica existente entre as leguminosas e os rizóbios (PAZ et al., 2017). Além disso, é possível reduzir a demanda por produtos químicos, facilitar o controle de pragas, doenças e redução na incidência de plantas invasoras. Fatores esses, que muitas vezes limitam a produção, principalmente em sistemas exclusivos (MARTIN-GUAY et al., 2018).

A substituição de adubos sintéticos por insumos biológicos vem sendo realizada no decorrer dos anos, levando em consideração os impactos causados por uso inadequado de insumos químicos, bem como questão financeira. Dessa forma, a fixação de nitrogênio por parte das leguminosas tornou-se uma solução para deficiências de nitrogênio (MELO e ZILLI, 2009). De acordo com Paz et al. (2017) o consórcio com leguminosas é muito utilizado, devido capacidade que as mesmas possuem de fixar o nitrogênio atmosférico através da associação com bactérias do gênero *Rhizobium*, disponibilizando assim o nutriente para a cultura com ela consorciada. Entre as principais leguminosas utilizadas estão a mucuna-preta (*Mucuna aterrimum*), crotalária (*Crotalaria juncea*), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), guandu-anão (*Cajanus cajan*) e o feijão-caupí (*Vigna unguiculata*), a última possuindo grande importância econômica (PAZ et al., 2017).

Tendo em vista a utilização de duas espécies em um sistema de plantio, é necessário considerar a competição existente entre as culturas, por recursos como nutrientes, água, luz e

solo. A competição é praticamente impossível de se evitar, promovendo assim, variações entre a produtividade dos consórcios, em relação aos sistemas exclusivos (SADEGHPOUR et al., 2013). Como o semiárido apresenta limitações com disponibilidade hídrica, é necessário antes de implantar as culturas, entender como as mesmas respondem ao sistema e ao uso de água (SOUZA 2014).

A principal limitação do sistema consorciado é a competição interespecífica, dessa forma, foram criados alguns índices que podem avaliar como os componentes dos sistemas irão utilizar os recursos naturais. Esses índices são eficiência biológica e habilidade competitiva, razão de competitividade (RC), uso eficiente da terra (UET), agressividade (A), índice de produtividade do sistema (IPS) e coeficiente de adensamento relativo (CAR) (DINIZ et al., 2017). Através desses índices é possível identificar as culturas que apresentarão melhores resultados, assim como se há vantagem em não optar pelo sistema consorciado.

Tendo em vista a influência da competição interespecífica na produção dos consórcios, é necessário reduzir esse impacto, utilizando culturas que produzam de forma satisfatória em sistema consorciado, como é o caso de gramíneas e leguminosas. Se tratando do consórcio entre gramínea e leguminosa, a escolha por milho e o feijão-caupí é bastante tradicional, principalmente entre os pequenos produtores, que visam reduzir os riscos, maximizando a produção e promovendo melhor aproveitamento dos fatores de produção (ELMORE & JACKOBS, 1984). Segundo Li et al. (2014) os consórcios ideais possuem usos complementares no espaço de tempo, tendo objetivo de otimizar o rendimento das culturas simultaneamente.

Ao optar pelo uso de leguminosas, existe uma preferência pela utilização do feijão-caupí, que possui capacidade elevada de fixação de nitrogênio, além de ter ciclo curto e não competir com as demais culturas por nutrientes (TAVORA et al., 2007). Além disso apresenta benefícios na geração de renda e possuir grande potencial para ser inserido nas dietas humanas (RUSINAMHODZI et al., 2012).

Por outro lado, quando utilizamos as gramíneas, existe um interesse, na enorme capacidade que essas culturas possuem em aproveitar água, no potencial fotossintético e na arquitetura do sistema radicular, que possui forma fasciculada, facilitando a extração de nutrientes do solo e absorção de água (ALMEIDA 2020). Dessa forma, pode-se destacar a utilização do sorgo, pois o mesmo apresenta um sistema radicular profundo e bem desenvolvido, que o torna bastante resistente ao estresse hídrico, além de apresentar o metabolismo C4, que faz com que o mesmo se adapte a condições adversas.

Diniz et al. (2017) observaram que em sistema consorciado (sorgo-palma), o consórcio apresentou uma maior eficiência biológica e habilidade competitiva, em comparação aos seus cultivos exclusivos, aumentando também a eficiência no uso de irrigação. Sadeghpour et al. (2013) encontraram valores de UET de 1,07, estudando o consórcio entre a cevada forrageira e *Medicago scutellata*. Diniz et al. (2017) encontraram valores de UET de 1,51 para o consórcio palma-sorgo, sugerindo uma vantagem de 51% em relação ao cultivo exclusivo.

Tavora et al. (2007) avaliando os sistemas de cultivo com feijão, sorgo e milho, observaram que o consorcio milho-feijão apresentou superioridade na eficiência do uso da terra (UET), quando comparado aos monocultivos. Os arranjos milho 75% + feijão 25% e milho 50% + feijão 50%, apresentaram 28% de superioridade em relação ao monocultivo. A cultura do milho, quando utilizadas as proporções 50 e 75%, mostrou-se dominante em relação ao feijão. Os mesmos autores em estudo do consórcio feijão-caupí- sorgo observaram que houve vantagens quanto ao uso da terra, comparando aos monocultivos. As proporções feijão 50%+sorgo 50%, em 28 % e a proporção feijão 25%+sorgo 75%, em 35 %. A proporção sorgo 25% + feijão 75% mostrou desvantajosa em relação aos monocultivos. No estudo de Masvaya et al. (2017) os resultados de rendimento total do consórcio (milho + feijão) apresentou uma maior produção de biomassa e maior cobertura do solo, quando comparado aos cultivos solteiros. Shumba et al. (1990) destacaram que o feijão-caupí consorciado com milho, apresentou desenvolvimento relativamente pobre, devido ao sombreamento causado pela outra cultura. Vandermeer. (1992) relatou que em anos com períodos de chuva abundante, os resultados podem inverter, com o feijão sombreando o milho.

A combinação de cereais (sorgo, milho e trigo) com leguminosas (feijão-caupí), pode aumentar a produtividade e fertilidade dos solos, aumentando os rendimentos das áreas, garantir um melhor aproveitamento do uso da terra, principalmente em regiões áridas e semiáridas, tornando assim, uma opção resiliente para convivência no semiárido (LI et al. 2014).

2.4 Aspectos econômicos e culturais do sorgo e sua importância para ambientes semiáridos

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), é uma planta da família Poaceae, gênero *Sorghum*.. Possui metabolismo C4 e ampla capacidade de se desenvolver sob condições de baixas precipitações e altas temperaturas, sob qual a maioria dos cereais não conseguem. Acredita-se que o mesmo seja oriundo da África, particularmente na Etiópia e países vizinhos (KIMBER, 2000).

O sorgo possui vantagens em relação as outras gramíneas, pois, além de possuir tolerância a estresse hídrico, o mesmo pode ser cultivado em regime sequeiro em diversas regiões com pluviosidade irregular (MAGALHAES et al.,2012). De acordo com Kaplan et al. (2019) o sorgo possui resistência considerável a estresse hídrico e salino, quando comparado com outras plantas C4. O sistema radicular da cultura apresenta em suas principais características a presença de uma sílica na endoderme, enorme quantidade de pêlos absorventes e elevados índices de lignificação de periciclo, fornecendo à cultura, maior resistência ao déficit hídrico e a elevados teores de umidade no solo, condições essas, que a maioria dos cereais não conseguem desenvolvimento satisfatório (MOREIRA et al., 2007).

De acordo com as classificações agrônômicas, existem 4 tipos de sorgo, sendo eles: 1) granífero; 2) sacarino; 3) forrageiro e 4) vassoura. O granífero apresenta um porte reduzido (1,70 m), e sua principal finalidade é a produção de grão, podendo ser útil na produção de forragem após a colheita dos grãos. O sacarino apresenta altura superior a 2 metros, sendo caracterizado por apresentar grande quantidade de açúcar no colmo, apresentando aptidão para produção forrageira principalmente em regiões Semiáridas. O forrageiro é uma planta de porte alto, superior a 2 metros, caracterizado por apresentar muitas folhas e poucas sementes, possuindo elevado potencial forrageiro. O sorgo vassoura possui em sua principal característica a presença de uma panícula em forma de vassoura, sendo muito utilizado na região sul, na confecção de vassouras (ORESCA 2018).

O desenvolvimento fenológico da cultura é dividido em 3 estágios de crescimento EC1 - que se estende da germinação até a início da formação da panícula; EC2 - iniciação da panícula ao florescimento; EC3 - da floração até a maturação fisiológica (TABOSA et al.,2011).

Para uma produção significativa do sorgo, os principais manejos são irrigação e fertilização, pois influenciam diretamente na qualidade e quantidade a ser produzida (KAPLAN et al., 2019). As plantas que possuem rendimento satisfatório utilizam NPK em quantidades significativas, obtendo retorno em produção de matéria seca. Carmi et al. (2006) observaram que as respostas da cultura do sorgo a tratamentos com déficit hídrico variam de acordo com o local, o mesmo vale para fertilizantes, de tal modo que os mesmos devem ser aplicados de acordo com condições locais. Para Kaplan et al. (2019) o uso de fertilizantes a base de nitrogênio e a irrigação devem ser feitas da maneira mais criteriosa possível, para aumentar a produção, manter a qualidade e digestibilidade da forragem.

Além dos insumos, a escolha da cultivar é ponto primordial quando o objetivo é aumentar a produção. Nagai (2012) observou que as cultivares SF-15, IPA-467-4-2 e BR-506 foram as que apresentaram os melhores desempenhos na produção de forragem, com a cultivar IPA-467-4-2 ultrapassando 50 toneladas de matéria fresca de forragem.

2.5 Aspectos econômicos e culturais do feijão-caupí e sua importância para ambientes semiáridos

O feijão-caupí *Vigna unguiculata* (L.) Walp. é uma planta pertencente à família (Fabaceae), possui origem africana e foi trazida para o Brasil no século XVI, quando introduzida no estado da Bahia e em seguida distribuído por todo território nacional (FREIRE-FILHO et al., 2011). A cultura possui vários nomes populares, dentre os quais estão feijão-macassa e feijão-de-corda, na região Nordeste; feijão-de-praia, feijão-da-colônia e feijão-de-estrada, na região Norte; e feijão miúdo, na região Sul (NEVES et al., 2011). Característica que acaba dificultando o reconhecimento da espécie. Porém, de acordo com o MAPA Instrução Normativa nº 12, de 28 de março de 2008, só é considerado feijão-caupí, as sementes oriundas da espécie *V. Unguiculata* (BRASIL, 2008).

A cultura do feijão apresenta elevada importância social e econômico, principalmente no Nordeste brasileiro. Estando presente diariamente na mesa do consumidor, desempenhando importante papel na geração de empregos nas zonas rurais e urbanas, além de ser uma das principais fontes de proteínas de grande parte das famílias carentes (BROUGHTON et al., 2003). Podemos destacar a importância que a cultura possui no processo de manutenção da mão de obra em campos nordestinos, já que a mesma apresenta uma elevada resistência a estresse hídrico e precocidade na produção, se tornando uma importante fonte de renda para produtores do cerrado e nordeste brasileiro (FREIRE FILHO et al., 2011).

Grande parte da produção de feijão-caupí tem como principal demanda o mercado interno, mais precisamente no nordeste do país (SILVA et al., 2016b). Os principais meios de comercialização desse produto são: grãos secos, feijão verde e sementes. Podendo destacar o mercado de grãos seco como o mais importante entre eles (MEDEIROS 2020).

Por ser pertencente à família das leguminosas, possuir capacidade de se associar com bactérias fixadoras de nitrogênio e ter uma baixa relação carbono/nitrogênio, apresentando potencialidades para ser usado como adubo verde (FERREIRA et al., 2011). A adubação verde tem como objetivo reduzir a utilização de insumos químicos, fornecendo nutrientes ao solo de

forma sustentável e natural (ALMEIDA 2020). Além disso, a cultura possui características ideais para o sistema consorciado, devido o rápido desenvolvimento, capacidade de adaptação em condições sob luz difusa e baixa competição por nutrientes, sendo bastante utilizada no consórcio gramíneas/leguminosas. (TAVORA et al.,2007).

No processo de fixação de nitrogênio por parte do feijoeiro é necessária uma participação de micronutrientes, especificamente o molibdênio, pois o mesmo faz parte das enzimas redutase e nitrogenase. A redutase participa do processo de redução do nitrogênio na forma nítrica e a Nitrogenase promove a catalisação das reações de fixação do nitrogênio atmosférico (VIEIRA et al., 2000). Por fazer parte dessas duas enzimas o fornecimento do molibdênio torna-se indispensável para produção do feijão-caupí (REIS e TEXEIRA, 2005)..

2.6 Molibdênio no solo e nas culturas

O molibdênio é um elemento que mesmo sendo requerido em quantidades mínimas é extremamente importante para o desenvolvimento das culturas, atuando nas enzimas nitrogenase em bactérias fixadoras e redutase de nitrato, em plantas. O mesmo possui importantes atuações em outras enzimas importantes para vegetais, entre elas: aldeído, desidrogenase, xantina, sulfito desidrogenase e xantina (MENDEL e HANSC 2002).

A disponibilidade do molibdênio pode ser influenciada por diversos fatores como: pH, matéria orgânica, presença de óxidos de ferro e de alumínio, textura do solo, potencial redox e pela interação com fosfatos e sulfatos. Fatores esses, que podem promover uma drástica redução na disponibilidade do nutriente nos solos (Goldberg et al., 1998). É encontrado no solo na forma aniônica (MoO_4^{2-}), sendo essas, as principais: (A) Preso no interior de minerais primários e secundários, ficando assim indisponível; (B) Solúvel em água; (C) Liado ao material orgânico, no solo; (D) Levemente disponível, absorvido nos óxidos de Fe e Al, com disponibilidade dependendo do pH e da do ter de P disponível (DAVIES, 1956).

A absorção do molibdênio por vegetais, ocorre na forma de molibdato, permanecendo na forma de ânion, que é a forma mais oxidada. Sua presença em minerais também ocorre na forma mais oxidada, considerando que sua oxidação é estável em soluções aquosas e o mesmo possui solubilização acompanhada pela oxidação do molibdato. Quanto a mobilidade dentro da planta, é considerado de mobilidade moderada, porém, é desconhecida a forma como esse elemento se move no solo (OLIVEIRA 2012).

A presença do Mo é concentrada nas raízes dos vegetais, na enzima nitrato redutase e em plantas que catalisam a redução do íon NO_3^- a NO_2^- o mesmo é encontrado nos colmos. A deficiência de molibdênio está ligada diretamente com a deficiência do nitrogênio, promovendo reduções na produtividade das culturas e acúmulo de NO_3^- (MENGEL & KIRKBY, 1987). Em plantas fixadoras de nitrogênio, o molibdênio é encontrado na enzima redutase e, em bactérias fixadoras de nitrogênio é encontrada na nitrogenase (DECHEN & NACHTIGALL 2007). A nitrogenase está presente na constituição das bactérias simbióticas e dos fungos actinomicetose, por outro lado, a redutase, está localizada em plantas superiores, possuindo a função de reduzir o nitrato à amônia. Na ausência do Mo, é necessário fornecer o nitrogênio na forma NH_4^+ , pois com a deficiência de molibdênio, a redução do nitrato à amônia fica comprometida (DECHEN & NACHTIGALL 2007).

A atuação da enzima redutase é de suma importância, sendo a mesma responsável pelo processo de redução do nitrato à nitrito no citoplasma das plantas, promovendo a transformação do nitrogênio no interior dos vegetais (TEIXEIRA 2006). Para que o processo de redução seja efetuado, é necessário a migração direta dos elétrons do molibdênio para o nitrato.

Vegetais que possuem a fixação biológica como principal fonte de nitrogênio são bastante dependentes desse nutriente, pois atuação de enzima Nitrogenase é bastante importante para o processo de catalização do nitrogênio atmosférico. A enzima Nitrogenase é indispensável para leguminosas, sendo responsável por aproveitar o nitrogênio atmosférico por meio da associação com bactérias fixadoras, a atuação da mesma, através da adubação molidica, poderá promover aumentos significativos para produção de culturas com o feijoeiro (PESSOA et al., 2001). Em plantas que não fixam nitrogênio, a presença do molibdênio é indispensável para o aproveitamento de NO_3^- , que apresenta toxicidade em grandes concentrações (OLIVEIRA 2012).

A aplicação do molibdênio tem surtido efeitos positivos em diversas culturas, porém, a adição direta desse nutriente no solo vem se mostrando ineficiente, devido a adsorção do mesmo com a matéria orgânica e com óxidos de ferro e alumínio, que o torna indisponível para a planta, sendo necessário uma aplicação 10 vezes maior, para obter a eficiência de outros métodos (CAMPO & HUNGRIA 2001). Os métodos de aplicação via foliar, direto na semente e embebição das sementes em Mo, podem promover resultados superiores ao obtido com a aplicação no solo. Porém, ao embeber as sementes na solução com molibdênio, esse contato direto com a solução pode reduzir a germinação das sementes (ROSSETO et al., 2002). Campo

& Hungria (2001) relataram o uso de sementes enriquecidas com molibdênio como uma alternativa eficiente para suprir a deficiência do nutriente. Porém, segundo Ferreira et al. (2003) a interpretação dos teores críticos de molibdênio em sementes é muito difícil, devido a diferença entre as sementes e a quantidade minúscula desse nutriente nos solos.

Na literatura brasileira, raríssimas são as abordagens estudando os efeitos da aplicação de molibdênio foliar e via solo, sobre o consórcio sorgo/feijão-caupí. Cunha et al. (2015) observaram uma melhoria na qualidade de sementes de sorgo após a aplicação de molibdênio. Teixeira (2006) verificou incremento na produtividade de grãos de milho, após a aplicação foliar de (0 a 1600 g ha⁻¹) de molibdênio. Calonego et al (2010) relataram a ocorrência de respostas positivas para o peso de grãos de feijão com aplicação do molibdênio foliar. E independentemente da quantidade de nitrogênio aplicada, a ausência de molibdênio provocou o acúmulo de nitrato nas folhas.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Condução experimental

O experimento foi desenvolvido em campo, no período de janeiro de 2020 a janeiro de 2021, na área agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE-UAST), situada na cidade de Serra Talhada, Pernambuco, Brasil, com as seguintes coordenadas: latitude 7° 59' 7" Sul, longitude 38° 17' 34" Oeste e 443 metros de altitude (Figura 1).

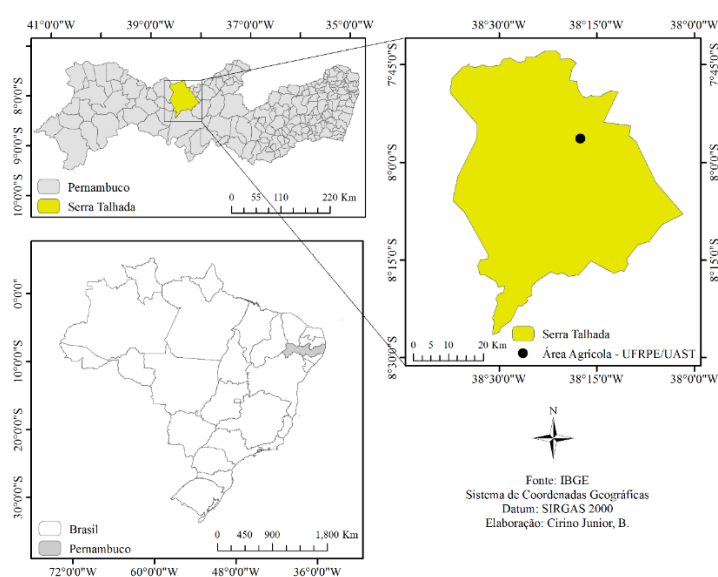


Figura 1. Localização da área agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST). Fonte: Autor.

Segundo a classificação climática de Köppen, a região é semiárida, do tipo BSw^h, com chuvas no verão e seco no inverno (ALVARES et al., 2013). Com temperatura do ar mínima e máxima de 20,1 e 32,9 °C, respectivamente, precipitação pluvial anual média de 642 mm, umidade relativa do ar em torno de 63% e demanda atmosférica acima de 1800 mm ano⁻¹ (PEREIRA et al., 2015; SILVA et al., 2015).

3.2 Material vegetal e delineamento experimental

Os materiais vegetais utilizados foram o sorgo forrageiro (*S. bicolor* (L.) Moench) cv. IPA-467 e feijão-caupí (*V. unguiculata* (L.) Walp.) da variedade crioula paulistinha. Antes do semeio das culturas a área foi preparada, com aração e gradagem. O semeio do sorgo foi realizado em sulcos paralelos com profundidade de 0,05 m, espaçados em 0,75m, deixando 20 plantas por metro linear, por meio de desbaste 15 dias após a emergência das plântulas, deixando uma densidade de 266.667 plantas ha⁻¹. Para o sistema consorciado, o semeio do feijão-caupí foi realizado em covas, distanciadas em 0,20m da fileira de sorgo, com três sementes por cova, deixando 66.667 plantas ha⁻¹ de feijão e 266.667 plantas ha⁻¹ de sorgo . Após estabelecimento das mudas, foi deixado uma planta por cova. Em cada linha de irrigação foi colocado uma fileira de sorgo e uma de feijão. No sistema com feijão-caupí exclusivo, utilizou-se o espaçamento com 0.20x0.75 m, utilizando três sementes por cova, após o estabelecimento das plantas foi realizado o desbaste deixando apenas uma planta por cova, deixando 66.667 plantas ha⁻¹.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso (DBC), com nove sistemas de cultivo: consórcio sorgo-feijão com aplicação de molibdênio foliar, consórcio sorgo-feijão com aplicação de molibdênio via solo, consórcio sorgo-feijão sem aplicação de molibdênio , sorgo exclusivo com aplicação de molibdênio no solo, sorgo exclusivo com aplicação de molibdênio foliar, sorgo exclusivo sem aplicação de molibdênio , feijão-caupí exclusivo com molibdênio foliar, feijão-caupí exclusivo com molibdênio no solo e feijão-caupí exclusivo sem aplicação de molibdênio. Cada faixa de irrigação foi constituída de 10 fitas de gotejo, espaçadas a 0,75 m entre si, com 12 m de comprimento, totalizando 90 m². As faixas de irrigação eram constituídas de 5 linhas de gotejo com 3 m de comprimento, o que totaliza 11,25 m² de área total e 4,5 m² área útil identificada como as 3 linhas centrais com 2 m de comprimento.

A semeadura do sorgo e do feijão foi realizada em 20/01/2020, juntamente com o feijão-caupí. 30 DAE, foi realizada a primeira capina na área, após isso foi estabelecido um intervalo de 20 dias, entre uma capina e outra. A colheita do primeiro ciclo do feijão foi realizada em 28/04/2020 e no dia 15/05/2020 foi realizado o primeiro corte do sorgo, finalizando o primeiro ciclo e iniciando o segundo. A semeadura do segundo ciclo do feijão foi realizada no dia 17/05/2020. O segundo corte do sorgo foi feito em 5 de outubro de 2020 e no dia 10 de outubro foi feita a colheita do segundo ciclo do feijão. O terceiro ciclo do experimento teve início em 11 de outubro e foi finalizado em 02 de fevereiro de 2021, totalizando assim, 1 ano de experimento.

3.3 Aplicação da lâmina de irrigação

A lâmina de irrigação foi baseada em 50% da Evapotranspiração da cultura (ET_c), tendo como base a cultura do sorgo, sendo obtida diariamente pelo Método de Penman-Monteith (Eq. 1) parametrizada pela FAO (ALLEN et al., 1998). A reposição da água foi efetuada uma vez por semana (quartas-feiras), utilizando o sistema de irrigação por gotejamento, com vazão de 1,6 l hora⁻¹, a uma pressão de trabalho de 100 kPa e coeficiente de uniformização de aplicação de 92%, com espaçamento entre emissores de 0,20 m.

Foi realizada a análise química da água utilizada na irrigação, sendo a mesma classificada, de acordo com Richard (1954) como C3, apresentando condutividade elétrica=15mM, pH=6,84, Na⁺=7,33mM, K⁺=0,72mM e Cl⁻=9,28mM.

Para o cálculo da lâmina de irrigação foi utilizado o modelo matemático a seguir:

$$ET_c = ET_0 * K_c \quad (1)$$

Em que,

ET_c= Evapotranspiração da cultura (mm dia⁻¹);

ET₀ = Evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹)

K_c = Coeficiente da cultura

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} \mu_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 \mu_2)} \quad (2)$$

em que,

ET_0 - evapotranspiração de referência (mm d^{-1});

R_n - saldo de radiação à superfície ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$);

G - densidade do fluxo de calor do solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$);

T - Temperatura do ar a 2 m de altura ($^{\circ}\text{C}$);

u_2 - velocidade de vento a 2 m de altura (m s^{-1});

e_s - pressão de vapor de saturação (kPa);

e_a - pressão parcial de vapor (kPa);

Δ - declividade da curva de pressão de vapor de saturação ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$), e

γ - coeficiente psicrométrico ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$).

Durante o período experimental os dados meteorológicos foram monitorados em uma estação meteorológica automática, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A Figura 2 ilustra o comportamento da precipitação pluvial e evapotranspiração de referência durante o período experimental.

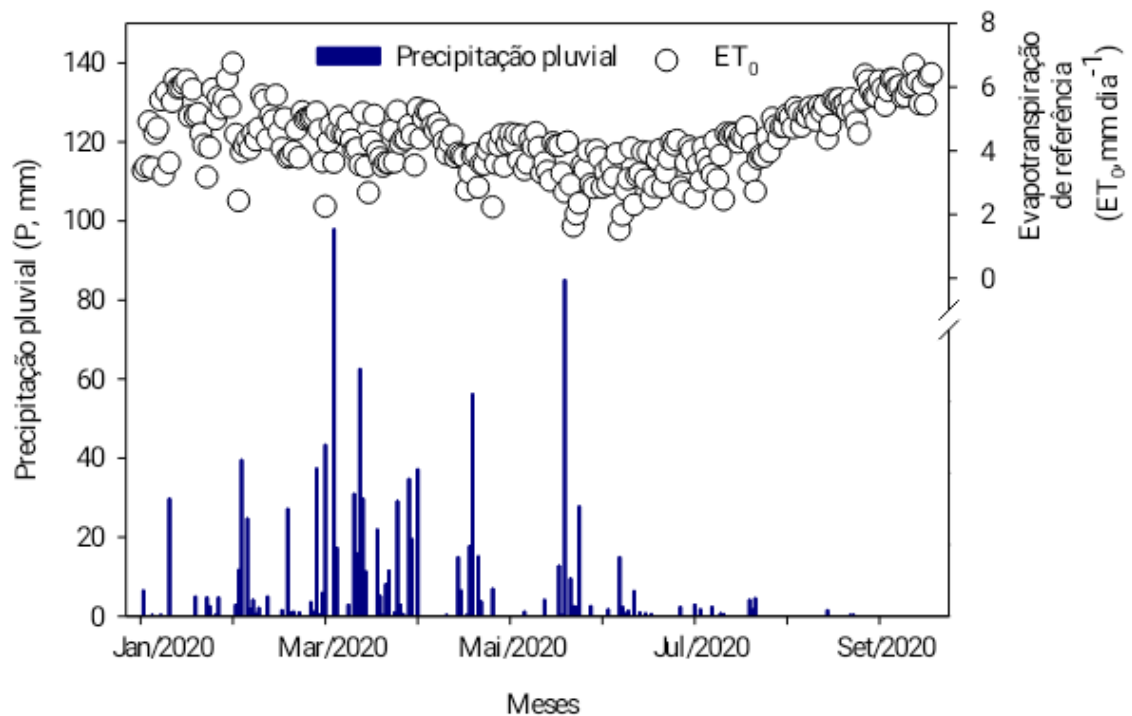


Figura 2. Valores da precipitação pluvial (mm) e evapotranspiração de referência (ET_0 , mm), durante a condução do experimento na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, UAST – UFRPE.

3.4 Aplicação dos tratamentos

O tratamento via solo foi aplicado simultaneamente a semeadura do sorgo, sendo utilizado a dose de 120 g ha⁻¹. Foram aplicadas 0,18 gramas de molibdênio (NaMo) em cada parcela, que correspondeu a dosagem de 120 g ha⁻¹. O adubo foi dissolvido em água e distribuído igualmente no sulco de plantio, por meio de um regador.

A aplicação foliar foi realizada aos 30 dias após a emergência, utilizando 0.18 gramas por parcela. O adubo foi dissolvido em água e colocado em um pulverizador costal. A pulverização foi feita na parte da manhã, distribuindo a solução por todas as folhas da planta. Para evitar contaminação das parcelas vizinhas, as parcelas que não estavam sendo pulverizadas foram cobertas com uma lona. A fonte de molibdênio utilizada foi o molibdato de sódio.

3.5 Caracterização do solo

O solo presente na área estudada é caracterizado como Cambissolo Háplico Ta Eutrófico (Santos et al.,2013). Para determinar as características físicas e químicas do solo estudado, foi realizada uma coleta de solo em 15 pontos aleatórios, dentro da área, com amostras de solo de 0 até 60 cm. Após a coleta, foi realizada a caracterização física e química da área de acordo com (EMBRAPA 1997).

Tabela 1. Análise química e física do solo coletado de 0 a 60 cm antes da instalação do experimento.

Propriedades químicas													
Prof (cm)	P md dm ⁻³	pH	K	Na	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V	C	PST	M,O
-----cmol c dm ⁻³ -----													
-----%-----													
00-20	380	7,1	0,88	0,11	1,2	0,1	1	2,29	3,29	69,6	0,72	3,34	1,24
20-40	360	7,1	1,68	0,27	1,3	0,3	1	2,55	3,55	71,8	0,51	7,60	0,88
40-60	320	7,2	1,38	0,29	1,1	0,1	1	1,87	2,87	65,11	0,31	10,1	0,53
Propriedades físicas													
Prof (cm)	DS		DP		PT		NA	GF	AT	AG	AF	Silte	Argila
-----g cm ⁻³ -----													
-----%-----													
----Composição granulométrica %---													
00-20	1,61		2,53		36,26		4,32	59,00	73,6	44,50	29,10	15,9	10,5
20-40	1,66		2,47		32,80		4,39	58,31	72,2	48,88	23,34	17,2	10,5
40-60	1,58		2,47		36,07		6,39	49,01	71,8	48,24	23,52	15,7	12,5

3.6 Determinação da produtividade do sorgo

A produtividade do sorgo foi avaliada ao longo de três ciclos consecutivos. No final de cada ciclo de crescimento do sorgo, foi realizado o corte. Considerando a fileira central de cada parcela (Parcela útil), contabilizando a uma amostra de 1 metro linear.

O corte foi realizado a 0,20 m do solo, sendo aproveitada toda parte aérea da planta. Após o corte, as plantas foram identificadas e levadas para forrageira, onde as mesmas foram trituradas e pesadas em uma balança semi-analítica, para obtenção do peso fresco. Posteriormente, foram pesados 1,2 Kg de cada amostra, colocadas em sacolas de papel, identificadas e levadas à estufa com circulação forçada a 55 °C por 72 horas, até que fosse atingido o peso seco. Em seguida, as amostras foram novamente pesadas para obtenção do peso seco. Os valores de peso seco e fresco foram estimados para Mg ha⁻¹, multiplicando a produtividade de um metro linear por 13333 (quantidade de m linear em 1 ha, utilizando o espaçamento do estudo).

3.7 Determinação da produtividade do feijão-caupí

A produtividade do feijão foi realizada ao final de cada um dos ciclos, onde foram coletadas todas as vagens de uma amostra de um metro linear. Após a coleta, as vagens foram levadas para o laboratório, onde foram contabilizados o número de grãos por vagem (unidade), comprimento de vagem (cm) e o peso de grãos (Mg ha⁻¹).

3.8 Índices de eficiência biológica

Os índices de eficiência biológica utilizados no estudo do consórcio sorgo-feijão-caupí, foram os seguintes: uso eficiente da terra (UET), razão de área equivalente no tempo (RAET), coeficiente equivalente de terra (CET) e índice de produtividade do sistema (IPS) foram obtidos a partir das equações 3, 4 e 5 respectivamente (Diniz et al., 2017; Sadeghpour et al., 2013; Yilmaz et al., 2015).

$$\text{UET} = \frac{Y_{ab}}{Y_{aa}} + \frac{Y_{ba}}{Y_{bb}} \quad (3)$$

Onde, Y_{ab} e Y_{ba}, são equivalentes ao rendimento do sorgo e do feijão-caupí, respectivamente; Y_{aa} e Y_{bb}, correspondem ao rendimento do sorgo e do feijão-caupí, em

monocultura. Se o UET for >1, o consórcio possui vantagem produtiva, em caso de UET=1 a vantagem produtiva é inexistente, se UET<1, o consórcio é desvantajoso (Yilmaz et al., 2015).

$$\text{RAET} = \frac{(UETa \text{ ta}) + (UETb \text{ tb})}{Tab} \quad (4)$$

Onde, UETa e UETb = rendimentos do sorgo (a) e do feijão-caupí, (b) nos sistemas consorciados, Ta e Tb= Duração dos ciclos do sorgo e do feijão-caupí, em dias, respectivamente; Tab tempo total do consórcio em dias. Caso RAET>1, existe vantagem produtiva na utilização do consórcio, se RAET=1, não é vantajoso, se RAET<1, a utilização do sistema consorciado promove desvantagens, quando comparado a monocultura (Diniz et al., 2017).

$$\text{CET} = \text{UETa} * \text{UETb} \quad (5)$$

Em que, CET=coeficiente equivalente de terra. Se CET>0.25, há vantagem produtiva no sistema consorciado, considerando que o coeficiente mínimo é 25% (Diniz et al., 2017).

3.9 Índices de habilidade competitiva

Os índices de habilidade competitiva do consórcio sorgo-feijão-caupí, são os seguintes: coeficiente de adensamento relativo (CAR), agressividade (A), perda ou ganho atual de rendimento (PGAR) e razão de competitividade (RC), os mesmos foram calculados a partir das equações 6, 7, 8 e 9 respectivamente (Diniz et al., 2017; Sadeghpour et al., 2013).

$$\text{CARab} = \frac{Yab \text{ Xbac}}{Yaa - Yab} \text{ Xab} \quad (6)$$

Onde, Xab = proporção de plantio do sorgo em consórcio com o feijão-caupí; Xb= proporção do feijão-caupí em consórcio com o sorgo. Caso CAR (CARa *CARb)>1, existe uma vantagem do sistema consorciado, em relação ao solteiro, se CAR=1, a vantagem é nula, se CAR<1, existe uma desvantagem na utilização do sistema consorciado. Ao comparar CARa e CARb, se CARa>CARb, o sorgo exerce dominância sobre o feijão e se CARb>CARa, o feijão apresenta dominância sobre o sorgo. (Sadeghpour et al., 2013).

$$\text{Aab} = \frac{Yab}{Yaa \text{ Xab}} - \frac{Yba}{Ybb \text{ Xba}} \quad (7)$$

Em que, se o valor e Aab=0 o sorgo e feijão são igualmente competitivos, caso Aab>0, o sorgo apresenta dominância sobre o feijão, se Aab<0 o feijão é dominante sobre o sorgo. Se Aab=0, o sorgo e feijão são igualmente competitivos, se Aab>0 o feijão é dominante sobre o sorgo, se Aab<1, o sorgo apresenta dominância sobre o feijão (Sadeghpour et al., 2013).

$$PGAR = [UETa (100/Xab)^{-1}] + [UETb(100 /Xba 286)^{-1}] \quad (8)$$

Onde, PGAR= perda ou ganho atual de rendimento. Se PGAR=0, o sistema consorciado apresenta vantagem sobre o exclusivo, por outro lado, se PGAR<0, existe uma desvantagem na utilização do consórcio (Diniz et al., 2017).

$$RC_a = \frac{UETa}{UETb} \times \frac{Xba}{Xab} \quad (9)$$

Onde, caso $RC_a < 1$, o sistema consorciado é benéfico, podendo assim o sorgo e o feijão-caupí serem cultivados juntos, porém, se $RC_a > 1$ as culturas consorciadas apresentam elevada competição em relação ao cultivo solteiro de ambas, tornando o sistema inviável (Sadeghpour et al., 2013). A relação aplicada para o RC_b segue a mesma linha de raciocínio.

3.6 Teores foliares de sódio, potássio e cloreto

Ao final de cada ciclo do sorgo foram determinados os teores de Na^+ e K^+ , de acordo com a metodologia descrita por Rodrigues et al. (2013), utilizando a fotometria de chamas. A avaliação foi feita após a trituração da parte aérea das plantas de sorgo. Esse material foi triturado em um moinho do tipo Willey, onde foi obtido as farinhas de tecido. Após a obtenção dessa farinha, foram pesadas 50 mg de cada amostra, que foram submetidas ao processo de extração por meio de incubação em tubos de ensaio com tampas rosqueadas, que continham 10 ml de água ultra pura. O material foi colocado em banho maria a 100°C por 1 hora. Em seguida, o extrato foi filtrado em algodão e utilizado para a realização da leitura dos teores de Na^+ e K^+ , que foram obtidos através do fotômetro de chama (Micronal, Mod. B462). Para poder estimar os valores de Na^+ e K^+ , foi necessário obter a curva de calibração, com valores que iam de 0 a 1000 μM , com NaCl e KCl, no final da leitura. Os resultados foram obtidos em $\mu mol g^{-1} MS$.

Para determinar os teores do cloreto, utilizou-se a metodologia descrita por Ferreira-Silva et al., (2008). Foram utilizadas amostras com 200 mg da farinha de tecido, a mesma foi submetida a um processo de extração por incubação. A farinha de tecido foi colocada em um tubo de ensaio rosqueado contendo 25 ml de água ultra pura, logo após, foram colocados em banho maria a 100°C por 1 hora. Após esse tempo, o extrato foi filtrado em algodão e em seguida foram coletados 20 ml de cada amostra, para efetuar a titulação do cloreto, utilizando nitrato de prata ($AgNO_3$ 28 mM), o indicador usado foi o cromato de potássio (K_2CrO_4 5%) (p/v). A unidade de medida utilizada para expressar os valores foi $\mu mol g^{-1} MS$.

3.10 Análise Estatística

Realizou-se a análise de variância (ANOVA) por meio do teste F. A comparação das médias foi realizada pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas utilizando o software RStudio (R Core Team, 2018).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.6 Produtividade do sorgo

Os resultados apresentados na Tabela 2 mostram que os diferentes sistemas de cultivo afetaram significativamente ($P\text{-valor} < 0,001$) a produtividade em massa fresca e massa seca do primeiro corte do sorgo. As melhores médias foram obtidas no tratamento sorgo exclusivo com aplicação de molibdênio foliar, apresentando uma produção de $57,66 \text{ Mg ha}^{-1}$ de matéria fresca e $17,2 \text{ Mg ha}^{-1}$ de matéria seca de sorgo. Por outro lado, os menores valores foram encontrados no tratamento sem molibdênio no sistema consorciado, com médias $21,94$ e $6,41 \text{ Mg ha}^{-1}$ para material fresco e seco, respectivamente. Os demais tratamentos, não apresentaram diferenças significativas entre si.

Tabela 2. Produtividade em massa fresca “YMF” e seca” YMS” do sorgo em função do consorcio e da aplicação de molibdênio(Mo), em Serra Talhada – PE, Brasil

Mo	Consórcio	Aplicação de Mo	Mg ha ⁻¹					
			YMF _{C1}	YMS _{C1}	YMF _{C2}	YMS _{C2}	YMF _{C3}	YMS _{C3}
COM	COM	SOLO	21,46b	6,41b	9,9b	3,7c	14,6ns	3,8ns
COM	COM	FOLIAR	36,8ab	11,4ab	22,7a	9,3a	14,5ns	3,8ns
COM	SEM	SOLO	43,3ab	13,6ab	10,8b	4,8bc	13,4ns	3,6ns
COM	SEM	FOLIAR	57,7a	17,2a	14,7b	6,5b	14,7ns	3,6ns
SEM	COM	SEM	21,9b	6,4b	13,8b	6,0b	8,9ns	2,4ns
SEM	SEM	SEM	39,8ab	12,8ab	12,4b	5,7bc	9,6ns	2,4ns
P-valor			0,01	0,01	0,0002	0,0001	0,3	0,05
CV%			33,3	35,68	14,39	16,24	29,82	28,85

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. C1 – Ciclo 1; C2 – Ciclo 2; C3-Ciclo 3.

A ocorrência desse fato está ligada a participação do molibdênio (Mo) na redução de nitrato, que faz com que a planta metabolize uma quantidade maior de nitrogênio (CALONEGO et al., 2010). Dessa forma, como o nitrogênio possui relação direta com crescimento das plantas, e o molibdênio promove um melhor aproveitamento desse nutriente, a cultura adubada com molibdênio apresenta uma elevação na produtividade. Segundo Lopes et al. (2014), o molibdênio está diretamente ligado a duas enzimas, sendo elas, redutase e nitrogenase, que favorecem a assimilação do nitrogênio nas plantas, acarretando em incrementos significativos na produção de matéria fresca e seca da cultura. Segundo Oresca (2018) a maior disponibilidade de nitrogênio nas plantas promove maior acúmulo de carboidratos decorrente da fotossíntese que estimula o crescimento, resultando em maiores produtividades do sorgo.

É possível observar que o incremento produtivo obtido com a aplicação via solo foi inferior a foliar. Segundo Lopes et al. (2014), a aplicação de molibdênio foliar proporciona melhor absorção do nutriente em relação a aplicação via solo, reduzindo a perda por lixiviação, que é muito comum, quando o mesmo é aplicado no solo, sendo a aplicação foliar mais rápida e eficiente na nutrição das plantas. De acordo com Silva et al., (2018) a aplicação de molibdênio via solo é por muitas vezes considerada ineficiente, mesmo em condição salina, sendo necessário uma aplicação de 1 kg ha^{-1} , a depender da cultura.

O sorgo exclusivo sem aplicação de molibdênio apresentou uma produção de 39.8 Mg ha^{-1} em matéria verde e o sorgo exclusivo com a aplicação de molibdênio foliar obteve 57.7 Mg ha^{-1} , ou seja, a aplicação foliar de molibdênio promoveu um acréscimo de aproximadamente 18 Mg ha^{-1} de matéria verde para o sorgo. Por outro lado, no sistema consorciado, a aplicação do molibdênio foliar proporcionou uma produtividade de 36.8 Mg ha^{-1} , enquanto o mesmo sistema sem a aplicação do nutriente promoveu 21.9 Mg ha^{-1} , ou seja, um incremento de $14,9 \text{ Mg ha}^{-1}$. É possível observar que mesmo no sistema contendo sorgo exclusivo, onde a fixação biológica de nitrogênio não tem muita importância, a aplicação de molibdênio exerceu papel fundamental para elevação da produtividade da cultura. Essa elevação na produtividade do sorgo está relacionada a maior assimilação do nitrato, pois, à medida que é fornecido o molibdênio, a planta consegue aproveitar uma maior quantidade do nutriente, aumentando assim, o desenvolvimento e a produtividade (OLIVEIRA 2012). Outro fator determinante pode ter sido a época de aplicação do molibdênio que foi aos 30 DAE, sendo que alguns autores consideram que 15 DAE, seja o período ideal para aplicação de Mo (Silva et al., 2018).

Os diferentes sistemas de plantio, afetaram significativamente ($P\text{-valor}<0.05$) os valores de matéria fresca do ciclo 2, do sorgo forrageiro. Os melhores resultados foram obtidos a partir do tratamento sistema consorciado com aplicação de molibdênio via foliar, com uma média de $22,70 \text{ Mg ha}^{-1}$ de massa fresca. As menores medias foram os tratamentos sorgo exclusivo sem aplicação de molibdênio e sorgo exclusivo com molibdênio via solo.

Os resultados estão diretamente ligados ao fato de o ciclo ter sido conduzido na época de maiores temperaturas e o sistema consorciado entre leguminosa e gramínea promover um aumento da cobertura viva no solo, com potencialização no aproveitamento da radiação solar e dos nutrientes do solo (MAHALLATI et al., 2015).

O molibdênio quando aplicado na cultura do feijoeiro, possibilita uma maior absorção e fixação de nitrogênio (BARBOSA et al., 2010). O nitrogênio fixado pelo feijão foi utilizado para suprir a necessidade nutricional do sorgo. Esse nitrogênio fixado durante o primeiro ciclo, possivelmente melhorou a disponibilidade do nutriente no solo, favorecendo a cultura consorciada, nos ciclos seguintes, possibilitando a vantagem do consórcio em relação ao cultivo exclusivo, quando utilizou-se o molibdênio foliar. Kerma et al. (2017) constataram que leguminosas utilizadas em um sistema consorciado fixaram entre 15 e 97 kg ha^{-1} de N_2 .

O ambiente da condução da experimental apresentava pH próximo ao neutro e estava exposto a elevadas temperaturas, favorecendo assim, a rápida oxidação do NH_4^+ para NO_3^- , possibilitando uma predominância do nitrogênio em forma de nitrato (VIEIRA 2017). Por ser cofator da enzima nitrato redutase, a presença do molibdênio é crucial no processo de assimilação do NO_3^- , possibilitando o aproveitamento do nitrogênio, pela redução do nitrato à amônio (MOKHELE et al., 2012). Tratamentos que tiveram a aplicação de molibdênio possivelmente obtiveram maior atividade redutase e, conseqüentemente assimilaram maior quantidade de nitrogênio. Segundo Tang et al. (2018), uma maior quantidade de nitrogênio, proporciona incrementos na produção de biomassa e qualidade da forragem produzida pelo sorgo.

A produtividade em massa seca do segundo ciclo do sorgo manteve o mesmo comportamento da matéria fresca. O maior rendimento foi obtido com o tratamento sistema consorciado e com aplicação de molibdênio via foliar ($9,3 \text{ Mg ha}^{-1}$) o tratamento sistema consorciado e com molibdênio via solo obteve o pior desempenho para essa variável.

Os resultados obtidos no terceiro ciclo demonstraram que, os sistemas de plantio não exerceram influência sobre a produção de massa verde (YMF_{C3}) e da massa seca (YMS_{C3}). Não havendo influência das vias de aplicação de molibdênio e dos sistemas de plantio.

É necessário considerar o fato do terceiro ciclo ter sido conduzido entre a primavera e o verão, sofrendo influência de elevadas temperaturas e o efeito estressante promovido pelo corte das plantas, promovendo uma redução da produtividade das plantas e reduzindo o efeito dos tratamentos. Segundo Barros et al. (2019) as plantas de sorgo possuem uma tendência para redução da produtividade ao longo dos ciclos, devido a necessidade de renovação e o estresse causado pelo corte. Além disso, temperaturas acima de 35°C podem acelerar o metabolismo de plantas de sorgo, reduzindo a área foliar e o conteúdo de fotoassimilados. De acordo com Jardim et al. (2021) o estresse hídrico e a exposição a altas temperaturas durante a época de maior exigência hídrica da cultura pode promover elevada mortalidade nas plantas, reduzindo a produtividade da cultura nos ciclos posteriores. Os resultados obtidos no presente estudo são superiores aos encontrados por Samarappuli e Berti (2018), que obteve produções de 12,8 e 17,7 Mg ha⁻¹, para sistema exclusivo e consorciado, respectivamente, com cultivares híbridas de sorgo, em ciclo único. Jardim et al. (2021) obteve uma produtividade de 124,72 Mg ha⁻¹, com o sorgo-467, sob cultivo exclusivo, ao longo de quatro rebrotas. Santos et al. (2016) obteve uma produtividade e 32,5 Mg ha⁻¹, em matéria seca, com a dosagem 180,4 kg ha⁻¹ de nitrogênio, valores superiores aos encontrados no presente estudo.

4.7 Produtividade do feijão-caupí

Os diferentes sistemas influenciaram positivamente o comprimento de vagem, o número de grão por vagem e o peso de grão do feijão caupí, no segundo ciclo, tabela 7. O maior comprimento de vagem foi encontrado no tratamento feijão exclusivo com Mo foliar (16cm) o menor com o tratamento consorcio sorgo/feijão sem aplicação de molibdênio. Para a variável número de grão por vagem, os melhores resultados foram encontrados com os tratamentos feijão exclusivo com molibdênio foliar, feijão exclusivo com molibdênio via solo e feijão exclusivo sem a aplicação de molibdênio. Os maiores valores para produção de grãos, no sistema solteiro com Molibdênio via foliar, atingindo 0.72 Mg ha⁻¹.

Tabela 7. Comprimento de vagem “K.V” número de grãos por vagem “N.G. P.V” e peso de grão” P.G” do feijão-caupí em função do consorcio e da aplicação de molibdênio, em Serra Talhada – PE, Brasil.

Molibdênio	Consórcio	Aplicação	K.V ₂ (cm)	K.V ₃ (cm)	N.G. P.V ₂ (unidade)	N.G.P.V ₃ (unidade)	P. G ₂ Mg ha ⁻¹	P.G ₃
COM	COM	SOLO	12.5ab	18ns	17.32ab	15ns	0.14bc	0.43ns
COM	COM	FOLIAR	12.8ab	15.8ns	17.72ab	11ns	0.56ab	0.44ns
COM	SEM	SOLO	15.25a	15.02ns	19.27ab	11.5ns	0.42ab	0.6ns

COM	SEM	FOLIAR	16a	17.23ns	21.12a	11ns	0.72a	0.5ns
SEM	COM	SEM	9.75b	17.17ns	15.43b	11.5ns	0.10c	0.3ns
SEM	SEM	SEM	13.75a	16.9ns	16.03ab	12ns	0.26bc	0.6ns
P-valor			0.0015	0.8	0.04	0.39	0.0026	0.5
CV%			12.59	19.59	13.46	23.99	52.96	56.85

Médias seguidas de letras iguais na coluna (minúsculas) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. CV - comprimento de vagem, N.G. P.V-número de grão por vagem, PG-peso de grão, 2-ciclo 2, 3 ciclo 3.

A aplicação de molibdênio não influenciou o número de grão por vagem e comprimento de vagem ($P>0,05$), possivelmente por essa característica apresentar elevados índices de herdabilidade genética, sendo uma característica pouco influenciável pelo ambiente (OLIVEIRA et al., 2017). O peso de grão apresentou maior produtividade quando foi aplicado o molibdênio foliar, no sistema exclusivo. A superioridade do feijão solteiro com molibdênio deve-se possivelmente a maior número de vagem por planta, maior atividade das enzimas redutase e nitrogenase, proporcionando maior aproveitamento do nitrogênio, e potencializando a FBN, facilitando a assimilação do nitrato absorvido pela planta (LOPES et al., 2014). De acordo com Oliveira et al. (2017) a aplicação do molibdênio foliar na fase vegetativa proporciona incrementos significativos na produção de feijão Oliveira et al. (2017) alcançou uma produção de 2544,43kg ha⁻¹, utilizando uma dose de 150 g ha⁻¹ de molibdênio no feijão comum, superando a produção obtida no presente estudo.

A redução da produtividade do feijão no sistema consorciado está diretamente ligada à sua menor habilidade competitiva por fatores essenciais como água e luz, além do sombreamento promovido pelo sorgo, sendo que o mesmo possui um porte mais elevado (CHIMONYO et al., 2016). Segundo Khalid & Khalil (2020) a utilização de sistemas consorciados pode promover redução no rendimento da cultura, quando comparado a produção de um sistema exclusivo.

Em contrapartida, para o terceiro ciclo as variáveis comprimento de vagem, número de grãos por vagem e peso de grãos não apresentaram diferenças significativas ($p>0,05$). A não resposta, pode ser associada a menor competição interespecífica causada pela reação do estande de plantas de sorgo, promovendo um melhor aproveitamento da cultura do feijão no sistema consorciado.

A aplicação de molibdênio não apresentou influência no terceiro ciclo, o fato pode ser explicado pela presença do nutriente no solo, pois o mesmo apresenta condições favoráveis a presença do molibdênio, com um pH próximo ao neutro. Segundo Quaggio et al. (2004) a elevação do pH do solo pode elevar a disponibilidade do molibdênio no solo em até mil vezes, pois com aumento do pH o molibdênio é facilmente disponibilizado no solo. Torres et al. (2014)

observaram que, em um solo com pH=6,9 a produtividade do feijoeiro não apresentou diferenças significativas, relutando que na maioria das vezes, a aplicação de molibdênio não promove efeito significativo nessa faixa de pH.

4.8 Índices de eficiência biológica e habilidade competitiva

Os resultados presentes na Tabela 3 mostram que os coeficientes de adensamento relativo do sorgo (CARa) e do feijão-caupí (CARb), não foram influenciados pelos diferentes sistemas de cultivos. Os valores de $CAR < 1$ apontam para existência de desvantagem na utilização dos sistemas. A agressividade do sorgo sobre o feijão (Aa) é inferior a agressividade do feijão sobre o sorgo. Dessa forma, os valores de razão de competitividade do sorgo (RCa) inferiores a razão de competitividade do feijão (RCb), confirmam a ideia que, o feijão é mais agressivo do que o sorgo.

Tabela 3. Coeficiente de adensamento relativo (CAR), agressividade (A), perda ou ganho atual de rendimento (PGAR) e razão de competitividade (RC) do consórcio sorgo-feijão-caupí (F/S) com molibdênio foliar (F/S foliar), via solo (F/S solo) e sem molibdênio (F/S sem)

Trat.	CARa	CARb	CAR	Aa	Ab	PGARa	PGARb	PGAR	RCa	RCb
F/S solo	-0,70	0.78	-0.41	-4.1	4.1	272.42a	688.45	960.88	1.19	2.7
F/S foliar	-0.86	2.7	-14.3	-3.04	3.04	118.45ab	422.56	541.02	0.32	4.07
F/S sem	14.51	9.45	-161.5	-3.02	3.02	85.95b	388.63	474.58	0.31	4.22
LS	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns

Trat: tratamento. CARa: CAR parcial do sorgo. CARb: CAR parcial do feijão-caupí. CAR: CAR total. Aa: A do sorgo Ab: A do feijão-caupí. PGARa: PGAR parcial do sorgo. PGARb: PGAR parcial do feijão-caupí. PGAR: PGAR total. RCa: RC do sorgo. RCb: RC do feijão-caupí. LS: nível de significância. ns: não significativo pelo teste de F.* significativo pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Os valores de perda ou ganho atual de rendimento do sorgo (PGARa), foram influenciados pelos diferentes sistemas de cultivo. Porém, podemos afirmar que os mesmos apresentaram valores satisfatórios (PGARa >1). Por outro lado, os valores de perda ou ganho atual de rendimento do feijão (PGARb), não apresentaram diferenças significativas, entretanto, todos os valores foram maiores que 1, indicando eficácia no uso da cultura no sistema. Os valores de PGARa foram inferiores aos de PGARb, indicando que a colaboração do feijão-caupí no PGAR é superior à do sorgo.

Os índices CARb foram positivos em todas os sistemas de cultivo, relatando assim que existe vantagem na utilização do feijão, embora os valores maiores que a unidade indique que

a produtividade do feijoeiro submetido ao consórcio sofre redução, quando comparada ao rendimento obtido no sistema exclusivo. segundo Jardim et al. (2021) é esperado que culturas submetidas e um sistema consorciado venham a obter produtividade inferior a um sistema exclusivo. Os valores de CARa e CAR apresentaram valores negativos em todas os sistemas de cultivo, indicando que o sorgo cultivado em sistema exclusivo apresentou produtividade inferior à do consórcio, em todos os sistemas. Segundo Diniz et al. (2017) valores de $CAR < 1$ indicam que as culturas obtiveram no consórcio, uma produtividade superior ao sistema exclusivo, sendo a competição interespecífica inferior a intraespecífica. A produtividade superioridade do sorgo no sistema consorciado é devido ao nitrogênio fornecido pelo feijão, através da fixação biológica de nitrogênio, proporcionando incrementos produtivos ao sorgo.

A agressividade do feijoeiro (Ab) foi superior a agressividade do sorgo (Aa), independente do sistema adotado. Demonstrando que o feijão exerce uma dominância considerada sobre a cultura do sorgo. Podemos confirmar essa dominância ao observar que $RCa < RCb$. Resultados inversos foram obtidos por Feng-Vun et al. (2012) onde os mesmos afirmaram que, no consórcio entre cereais e leguminosas, os cereais são extremamente dominantes sobre as leguminosas. Por outro lado, Jardim et al. (2021) observou no consórcio palma forrageira/sorgo, uma dominância explícita da palma em relação ao sorgo. Borghi et al. (2013) observaram que a cultura do sorgo foi dominada em sistemas consorciados, onde se utilizaram plantas forrageiras. A implantação do experimento no início de período chuvoso favoreceu o melhor desenvolvimento do feijão-caupí, já que a mesma possui um ciclo mais curto, relacionado ao ciclo do sorgo, proporcionando uma dominância do feijão sobre o sorgo.

Os valores de RAET relatam que o consórcio utilizado no estudo apresentou produtividade superior aos valores obtidos no sistema exclusivo. Os valores de RAET do sorgo foram influenciados pela aplicação de molibdênio. A aplicação do molibdênio proporcionou elevação no RAETa, devido ao incremento de nitrogênio, proporcionado pela utilização do Mo e maior fixação biológica de nitrogênio (LOPES et al., 2014).

A Tabela 4 apresenta os valores de eficiência biológica (UET, RAET e CET). A aplicação de molibdênio não proporcionou nenhuma diferença significativa para o UETb parcial do feijão, enquanto os valores de UETa do sorgo diferiram em relação a aplicação de Mo, apresentando os melhores resultados com aplicação de molibdênio, independente da via de aplicação. Os valores de UET apresentaram valores maiores que 1, em todos os sistemas.

Tabela 4. Uso eficiente da terra (UET), razão de área equivalente no tempo (RAET) e coeficiente equivalente de terra (CET) do consórcio sorgo-feijão-caupí, com e sem molibdênio.

Molibdênio	Consórcio	Aplicação de Mo	UETa	UETb	UET	RAET	CET
COM	COM	SOLO	2.18a	1.3	3.5	5.2 ^a	2.9
COM	COM	FOLIAR	0.96ab	0.85	1.8	2.5ab	0.76
SEM	COM	SEM	0.69b	0.78	1.5	2.00b	0.62
L.S			*	Ns	ns	*	ns

Trat: tratamento. UETa: UET parcial da feijão-caupí. UETb: UET parcial do sorgo. UET: UET total. LS: nível de significância. ns: não significativo pelo teste de F. * significativo pelo teste de F.

Os resultados obtidos para a variável razão de área equivalente no tempo (RAET) diferiram entre os sistemas, os melhores resultados foram obtidos com a aplicação de Mo. No geral, os sistemas apresentaram valores de RAET >1. A variável CET apresentou valores superiores a 0,25, o que configura que todos os sistemas apresentaram vantagem produtiva.

Os valores de UETa mostram que a contribuição do sorgo no sistema consorciado é dependente da aplicação de molibdênio. Enquanto o UETb mostra que a contribuição do feijão-caupí é superior à do sorgo, independente do uso de molibdênio. Os valores de UET foram superiores a unidade em todas os sistemas de cultivo, apresentando em média 2,26. Sendo assim, o sistema consorciado apresenta uma vantagem de 126% em relação ao monocultivo, sendo necessário implantar mais 1,26 hectares em um sistema exclusivo, para ele equiparar a produção do consórcio. Chimonyo et al.(2016) estudando o sistema sorgo-caupí encontraram valores de UET de 1,5, resultado similar ao encontrado no sistema sorgo-feijão-caupí sem molibdênio, no presente estudo. A elevação desse índice após aplicação do molibdênio, pode ser explicada pelo maior assimilação e aproveitamento do nitrogênio, proporcionado pelo uso de molibdênio nas culturas.

Os valores de RAET foram superiores a unidade (RAET>1) independentemente do sistema de cultivo, demonstrando que a utilização de feijão e sorgo, em sistema consorciado é benéfica. Jardim et al. (2021) encontraram valor médio de RAET=1.30 para o sistema palma-sorgo, que é inferior ao encontrado no presente trabalho. O valor médio encontrado para o índice CET foi 1.42, de acordo com Diniz et al. (2017) a vantagem produtiva é obtida quando os valores de CET são superiores a 0,25. Jardim et al. (2021) e Diniz et al. (2017) encontraram valores 0,47 e 0,58 para CET, no sistema palma/sorgo, podendo considerar uma elevada vantagem no uso de leguminosas no sistema consorciado.

4.9 Teores foliares de sódio, potássio e cloreto

Os resultados obtidos nesse estudo mostram que os sistemas de cultivo não influenciaram a absorção dos íons Na^+ e K^+ ($P\text{-valor} > 0.05$), durante o primeiro ciclo do sorgo forrageiro tabela 5.

Tabela 5. Teores de Na^+ e K^+ na parte aérea do sorgo em três ciclos (C1, C2 e C3), em função da aplicação de Mo (com e sem), sistema de consórcio (com e sem) e aplicação de molibdênio (via foliar e via solo).

Molibdênio	Consórcio	Aplicação de Mo	$\mu\text{mol g}^{-1}\text{MS}$					
			Na^+_{C1}	K^+_{C1}	Na^+_{C2}	K^+_{C2}	Na^+_{C3}	K^+_{C3}
COM	COM	SOLO	3.63ns	487.02	4.36b	306.94ab	6.2ns	423.8ns
COM	COM	FOLIAR	4.73ns	484.28	6.3a	325.88ab	4.29ns	409.98ns
COM	SEM	SOLO	5.09ns	406.68	4.83b	268.74b	4.77ns	431.01ns
COM	SEM	FOLIAR	5.1ns	392.54	5.32ab	268.75b	5.95ns	405.35ns
SEM	COM	SEM	4.01ns	474.7	4.85b	298.26ab	3.81ns	446.68ns
SEM	SEM	SEM	4ns	378.59	4.84b	358.77a	4.77ns	431.42ns
P-valor			0.89	0.45	0.0028	0.04	0.196	0.93
CV%			41.52	22.9	10.33	11.83	36.49	12.55

Médias seguidas de letras iguais na coluna (minúsculas) não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância. C1-ciclo1, C2-ciclo 2, C3-ciclo 3.

No presente trabalho foi observado que ao longo dos três ciclos, os teores de K^+ apresentaram valores muito maiores que o teores de Na^+ , condição importante na manutenção do equilíbrio homeostático, pois o potássio é um nutriente essencial para as plantas, e é responsável pelo crescimento e desenvolvimento, enquanto o sódio apresenta toxidez elevada (MARSCHNER, 2012). A presença de maiores quantidades de potássio é importante para reduzir a relação Na^+/K^+ . Segundo Siddiqui et al. (2017) a menor relação Na^+/K^+ contribui com o aumento da resistência das culturas a salinidade, favorecendo o desenvolvimento de plantas em condições salinas.

A primeira rebrota do sorgo foi realizada no período de maior pluviosidade, o que provavelmente lixiviou os sais, fazendo com que não houvesse respostas dos tratamentos sobre a absorção de K^+ e Na^+ . De acordo com Holanda et al. (2016) a água da chuva é praticamente livre de sais e essa baixa concentração promove a lixiviação de sais presentes no solo, reduzindo a concentração na zona radicular e aumentando assim, a produtividade da cultura. Albuquerque et al., (2019) estudando a interação entre lâminas de irrigação e aplicação de nitrogênio, evidenciaram que lâmina salinas favoreceram o acúmulo de cloreto, enquanto a aplicação de nitrogênio era benéfica ao K^+ .

O preparo do solo realizado antes da semeadura pode ter contribuindo com a redução do efeito salino sobre a cultura. De acordo com Sousa et al. (2014a) a utilização de subsolagem,

aração e gradagem podem melhorar a estrutura do solo, favorecendo a infiltração da água no solo, diminuindo a salinidade nas camadas superficiais dos solos.

Durante a segunda rebrota foi observado que os maiores teores de Na^+ ($5,81\mu\text{mol g}^{-1}\text{MS}$) foram obtidos nos tratamentos com a aplicação do molibdênio (NaMo) foliar, enquanto os tratamentos sem molibdênio e com molibdênio via solo, não diferiram entre si. Por outro lado, o sistema consorciado influenciou positivamente a absorção de potássio, apresentando em média $310,36\mu\text{mol g}^{-1}\text{MS}$, independentemente da aplicação do molibdênio. Segundo Aragão et al. (2010) o aumento da salinidade promove danos na atividade da enzima redutase, devido à redução da disponibilidade de água no tecido. De acordo com Feijão et al. (2013) a utilização de água salina, pode promover o acúmulo de sais e acarretar em redução da área foliar das culturas, interferindo negativamente no efeito da adubação foliar. Por outro lado, o excesso adubação molibídica promove rápida assimilação do nitrato, fazendo com que não haja acúmulo de nitrato na planta, contribuindo com a redução na extração do nitrogênio (OLIVEIRA 2012). A redução na absorção de nitrogênio favorece a absorção de Na^+ .

A aplicação foliar do molibdato de sódio (Na_2MoO_4) favoreceu a concentração de Na^+ na parte aérea do sorgo, como a quantidade de sódio absorvida pela planta foi relativamente baixa, o sódio presente no molibdato foi suficiente para promover uma superioridade nos tratamentos com essa via de aplicação. Além disso, o turno de rega utilizado no segundo ciclo favoreceu a presença de sais na zona radicular da cultura. Segundo Holanda et al. (2016) a aplicação de lâmina menores que a necessidade hídrica da cultura, resulta no acúmulo de sais na zona radicular e o efeito desses sais é dependente do método e da frequência de irrigação.

A utilização do sorgo exclusivo sem aplicação de molibdênio favoreceu a absorção de potássio e reduziu os teores de sódio. Por ser uma cultura que possui uma resistência moderada a estresse salino, o sorgo apresenta seletividade em absorção do potássio em relação ao sódio, possibilitando seu desenvolvimento em condições com salinidade moderada (KAPLAN et al., 2019).

Os tratamentos onde foram utilizados o sistema consorciado apresentaram aumento no teor de potássio, quando se utilizou o molibdênio e o sistema consorciado, houve elevação nos teores de Na^+ e K^+ de forma simultânea. A leguminosa utilizada no sistema consorciado promoveu a maior disponibilidade de nitrogênio para o sorgo, como a absorção do nitrogênio é preferencial, a absorção do Na^+ foi reduzida. Restelatto et al. (2015) observaram relação quadrática entre as extrações de nitrogênio e K^+ e a adubação nitrogenada, a extração de potássio máxima foi encontrada com a dosagem 250 kg ha^{-1} .

Quando aplicado o molibdênio foliar no sistema consorciado, houve elevação nos os teores de potássio e sódio. Mesmo com a suposta elevação dos teores de Na^+ , devido a aplicação do molibdato de sódio, as plantas mantiveram o equilíbrio na relação Na^+/K^+ , pois, o N fixado no consórcio proporcionou maior absorção do K^+ . Segundo Shabala. (2013) a relação Na^+/K^+ é um forte indicador de resistência a salinidade, demonstrando que a planta apresenta uma seletividade na absorção dos cátions.

Araújo (2015) relatou que, o uso do sistema consorciado milho/feijão-de-corda reduz o efeito prejudicial da salinidade. Segundo Capitulino et al. (2017) a toxidez ocasionada pela presença dos íons de Na^+ nas plantas não é o único efeito maléfico, pois, o aumento nos teores de sódio pode reduzir a absorção do potássio, afetando a homeostase do mesmo, processo fundamental para resistência das plantas ao estresse salino.

Para os teores de cloreto, foi observado que não houve influência dos tratamentos em nenhuma das rebrotas (P-valor >0.05) (Tabela 6). Dessa forma, o uso de consórcio e aplicação de molibdênio, não interferiram na absorção do cloreto.

Tabela 6. Teores de Cl^- na parte aérea do sorgo em três ciclos (C1, C2 e C3), e m função da aplicação de Mo (com e sem), sistema de consórcio (com e sem) e aplicação de molibdênio (via foliar e via solo).

Molibdênio	Consórcio	Aplicação de Mo	$\mu\text{molg}^{-1}\text{MS}$		
			Cl^-_{C1}	Cl^-_{C2}	Cl^-_{C3}
COM	COM	SOLO	0.12ns	0.26ns	0.5ns
COM	COM	FOLIAR	0.11ns	0.23ns	0.43ns
COM	SEM	SOLO	0.13ns	0.22ns	0.49ns
COM	SEM	FOLIAR	0.11ns	0.27ns	0.39ns
SEM	COM	SEM	0.099ns	0.22ns	0.46ns
SEM	SEM	SEM	0.099ns	0.15ns	0.47ns
P-valor			0.08	0.07	0.58
CV%			14.53	24.76	19.98

Médias seguidos de letras iguais na coluna (minúsculas) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Os teores de cloreto apresentaram resultados estatisticamente iguais ($P>0.05$), para os três ciclos da cultura do sorgo. Os elevados índices pluviométricos durante o primeiro ciclo reduziram a absorção de cloreto. O período chuvoso reduziu a aplicação de água salina e promoveu a lixiviação dos sais presente na zona radicular da cultura. Segundo Holanda et al. (2016) a água da chuva apresenta CE em torno de $0,010 \text{ dS m}^{-1}$, que a torna ótima para irrigação. Segundo Ferreira et al. (2010) o cloreto pode ser facilmente lixiviado no solo, sem ocorrência de modificações no pH, porém a água utilizada para lixiviação precisa conter baixos teores de Na^+ .

Todos os tratamentos receberam a mesma lâmina de irrigação, 50% da evapotranspiração da cultura. Dessa forma, o conteúdo de água aplicado não variou entre os tratamentos, possibilitando a ausência de diferenças significativas para absorção de cloreto. De acordo com Mehdi-Tounsi et al. (2017) a elevação das lâminas de água e dos teores de sais solúveis na água, promovem uma maior aplicação de cloreto na zona radicular, colaborando com a maior absorção pela planta. A aplicação molibdênio não surtiu efeito sobre os teores de cloreto a serem absorvidos. Embora o molibdênio possibilite uma maior absorção nitrogênio, que apresenta ação antagônica com íons de cloro (ORESCA.,2018), a dosagem de 120 g ha⁻¹, molibdênio não foi suficiente para reduzir a absorção de cloreto pela cultura.

5. CONCLUSÃO

O molibdênio foliar proporcionou incrementos produtivos para as culturas do sorgo, enquanto o feijão-caupí não apresentou resposta. Por outro lado, a utilização do molibdênio via solo mostrou-se uma prática ineficiente, independentemente da cultura ou sistema de plantio.

Os teores de Na⁺, Cl⁻ e K⁺, mantiveram um equilíbrio, possibilitando o desenvolvimento do sorgo em condições satisfatórias. Os índices de eficiência biológica e capacidade competitiva mostram que os diferentes sistemas de cultivo entre sorgo e feijão-caupí são vantajosos, independentemente da utilização do molibdênio.

Diante dos poucos estudos com a temática, sugere-se que sejam realizados novos estudos com o intuito de observar as respostas dos sistemas consorciados a aplicação de molibdênio

6. REFERÊNCIAS

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. *Fao, Rome*, 300(9), D05109.

Albuquerque Alves, E. C. G., de Sousa, R. A., de Medeiros, C. C., & da Silva, A. C. R. L. *Composição mineral de sorgo cv brs ponta negra irrigado com água salina e submetido a*

adubação nitrogenada. composición mineral de sorgo cv brs ponta negra irrigado con água salada y sometido a fertilización de nitrógeno. mineral composition of sorghum cv brs ponta negra irrigated..

Almeida, P. C. *Diversidade e eficiência de rizóbios de leguminosas em cultivos solteiros e consorciados com gramíneas*. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, 2020.

Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Gonçalves, J. L. M.; Sparovek, G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728.

Aragão, R. M., Silveira, J. A. G., Silva, E. N., Lobo, A. K. M., & Dutra, A. T. B. (2010). Absorção, fluxo no xilema e assimilação do nitrato em feijão-caupi submetido à salinidade. *Revista Ciência Agronômica*, 41(1), 100-106.

Araújo, A. P. B. D. (2015). Influência da irrigação com água salina em sistema consorciado milho/feijão-de-corda.

Barbosa, G. F.; Arf, O.; Nascimento, M.S.; Buzetti, S.; Freddi, O.S. (2010) Nitrogênio em cobertura e molibdênio foliar no feijoeiro de inverno. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 32, n. 1, p. 117-123.

Barbosa, H. A., Kumar, T. L., Paredes, F., Elliott, S., & Ayuga, J. G. (2019). Assessment of Caatinga response to drought using meteosat-SEVIRI normalized difference vegetation index (2008–2016). *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 148, 235-252.

Barros, A. H. C., da Silva, F. G., José Filho, F., de Andrade, J. J., Tabosa, J. N., & SIMPLÍCIO, J. B.(2019). Avaliação de diferentes cultivares de sorgo irrigados e submetidos a quatro ciclos sucessivos, no semiárido alagoano. Avaliação de diferentes cultivares de sorgo irrigados e submetidos a quatro ciclos sucessivos, no semiárido alagoano, 1-388.

Borghi, E. C. A. C., Crusciol, C. A. C., Nascente, A. S., Sousa, V. V., Martins, P. O., Mateus, G. P., & Costa, C. (2013). Sorghum grain yield, forage biomass production and revenue as affected by intercropping time. *European Journal of Agronomy*, 51, 130-139.

Broughton, W. J., Hernandez, G., Blair, M., Beebe, S., Gepts, P., & Vanderleyden, J. (2003). Beans (*Phaseolus* spp.)—model food legumes. *Plant and soil*, 252(1), 55-128.

Calonego, J. C., Ramos Junior, E. U., Barbosa, R. D., Leite, G. H. P., & Grassi Filho, H. (2010). Adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro com suplementação de molibdênio via foliar. *Revista Ciência Agronômica*, 41(3), 334-340.

Capitulino, J. D., da Silva, A. A. R., de Lima, G. S., Nobrega, R. A., do Nascimento, H. M., & dos Anjos Soares, L. A. (2017). Aspectos fisiológicos e crescimento do algodoeiro 'BRS topázio' cultivado com águas salinas e adubação potássica. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 12(2), 267-272.

Carmi, A., Aharoni, Y., Edelstein, M., Umiel, N., Hagiladi, A., Yosef, E., ... & Miron, J. (2006). Effects of irrigation and plant density on yield, composition and in vitro digestibility of a new

forage sorghum variety, Tal, at two maturity stages. *Animal Feed Science and Technology*, 131(1-2), 121-133.

Chimonyo, V.G.P., Modi, A.T., Mabhaudhi, T., 2016. Water use and productivity of a sorghum–cowpea–bottle gourd intercrop system. *Agric. Water Manag.* 165, 82–96. <https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2015.11.014>.

Collier, L.S.; Kikuchi.F.Y.; Benicio, L.P.F.; Sousa, S.A. Consórcio e sucessão de milho e feijão-de-porco Como alternativa de cultivo sob plantio direto *Pesq. Agropec. Trop.*, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 306-313, jul./set. 2011.

Cunha, S. G. S., de Souza David, A. M. S., Amaro, H. T. R., Alves, D. D., & Porto, E. M. V. (2015). Qualidade fisiológica de sementes de sorgo em resposta ao tratamento com fertilizante à base de zinco e molibdênio. *Agrarian*, 8(30), 351-357.

Davies, E. B. (1956). Factors affecting molybdenum availability in soils. *Soil Science*, 81(3), 209-222.

Debouba, M., Gouia, H., Valadier, M. H., Ghorbel, M. H., & Suzuki, A. (2006). Salinity-induced tissue-specific diurnal changes in nitrogen assimilatory enzymes in tomato seedlings grown under high or low nitrate medium. *Plant Physiology and Biochemistry*, 44(5-6), 409-419.

Decreto n. 6.476, de 05 de junho 2008. Promulga o Tratado Internacional sobre Recursos Fitogenéticos para a Alimentação e a Agricultura, aprovado em Roma, em 3 de novembro de 2001, e assinado pelo Brasil em 10 de junho de 2002. Disponível em: . Acesso em: 15 jul. 2018.

DECHEN, A. R., & NACHTIGALL, G. R. (2007). Elementos requeridos à nutrição de plantas. *Embrapa Uva e Vinho-Capítulo em livro científico (ALICE)*.

Diniz, W. J. S.; Silva, t. g. f.; ferreira, j. m. s.; santos, d. c.; moura, m. s. 624 b.; Araújo, g. g. l.; Zolnier, S. Forage cactus-sorghum intercropping at different 625 irrigation water depths in the Brazilian Semiarid Region. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 626 v. 52, n. 9, p. 724–733, 2017.

Du, J.; Han, T.; Gai, J.; Yong, T.; Sun, X.; Wang, X.; Yang, F.; Liu, J.; Shu, K.; 628 Liu, W.; Yang, W. Maize-soybean strip intercropping: Achieved a balance between high productivity and sustainability. *Journal of Integrative Agriculture*, v. 17, n. 4, p. 747–754, 2018

Elmore, R. W., & Jackobs, J. A. (1984). Yield and Yield Components of Sorghum and Soybeans of Varying Plant Heights when Intercropped 1. *Agronomy journal*, 76(4), 561-564.

Feijão, A. R., Marques, E. C., Silva, J. C. B. D., Lacerda, C. F. D., Prisco, J. T., & Gomes-Filho, E. (2013). Nitrato modula os teores de cloreto e compostos nitrogenados em plantas de milho submetidas à salinidade. *Bragantia*, 72(1), 10-19.

Feng-yun, Z., Pu-te, W., Xi-ning, Z., & Xue-feng, C. (2012). Water-saving mechanisms of intercropping system in improving cropland water use efficiency. *Yingyong Shengtai Xuebao*, 23(5).

Ferreira, A.C.B.; Araujo, G.A.A.; Cardoso, A.A.; Fontes, P.C.R. & Vieira, C. Diagnose do estado nutricional molibídico do feijoeiro em razão do molibdênio contido na semente e da sua aplicação foliar. *R. Bras. Agroc.*, 9:397-401, 2003.

Ferreira, E. P. D. B., Stone, L. F., Partelli, F. L., & Didonet, A. D. (2011). Produtividade do feijoeiro comum influenciada por plantas de cobertura e sistemas de manejo do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15(7), 695-701..

Ferreira, P. A., Silva, J. B. L., & Ruiz, H. A. (2010). Aspectos físicos e químicos de solos em regiões áridas e semiáridas. H. Raj, N. da Silva, & C. Feitosa, *Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados* (págs. 22-41). Fortaleza CE: INCTSal.

Ferreira-Silva, S. L., Silveira, J. A., Voigt, E. L., Soares, L. S., & Viégas, R. A. (2008). Changes in physiological indicators associated with salt tolerance in two contrasting cashew rootstocks. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 20(1), 51-59.

Freire filho, Francisco Rodrigues; Ribeiro, Valdenir Queiroz; Rocha, Maurisrael de Moura; SILVA, Kaesel Jackson Damasceno e; Nogueira, Maria do Socorro da Rocha;

Rodrigues, Erina Vitorio. Feijão-Caupi no Brasil: Produção, melhoramento genético, avanços e desafios. Teresina-PE: Embrapa Meio-Norte, 2011. 84p.

Gualter, R. M. R., Boddey, R. M., Rumjanek, N. G., Freitas, A. C. R. D., & Xavier, G. R. (2011). Eficiência agrônômica de estirpes de rizóbio em feijão-caupi cultivado na região da Pré-Amazônia maranhense. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46(3), 303-308.

Goldberg, S., Su, C., & Forster, H. S. (1998). Sorption of molybdenum on oxides, clay minerals, and soils. *Adsorption of Metals by Geomedia*. Academic Press, San Diego, 401-426.

Gheyi, H. R., da Silva Dias, N., & De Lacerda, C. F. (2010). *Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados*. Fortaleza: INCTSal.

Gutiérrez, A. P. A., Engle, N. L., De Nys, E., Molejón, C., & Martins, E. S. (2014). Drought preparedness in Brazil. *Weather and Climate Extremes*, 3, 95-106.

Holanda, J. S. de; Amorim, J. R. A. de; Ferreira Neto, M.; Holanda, A. C.; Sá, F. V. Qualidade da água para irrigação (2016). In: Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Lacerda, C. F.; GOMES Filho, E. 2.ed. *Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados*. Fortaleza: INCTSal., p.35-47.

Hungria, M., Campo, R. J., & Mendes, I. C. (2007). A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. *Embrapa Soja-Documents (INFOTECA-E)*.

Jardim, A. M. D. R. F., da Silva, T. G. F., de Souza, L. S. B., Júnior, G. D. N. A., Alves, H. K. M. N., de Sá Souza, M., ... & de Moura, M. S. B. (2021). Intercropping forage cactus and sorghum in a semi-arid environment improves biological efficiency and competitive ability through interspecific complementarity. *Journal of Arid Environments*, 188, 104464.

Jacomine, P. K. T. (1996). Solos sob caatingas: características e uso agrícola. *O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado*. Viçosa: SBCS/UFV, 95-111.

Kaplan, M. et al. Water deficit and nitrogen affects yield and feed value of sorghum sudangrass silage. *Agricultural Water Management*, v. 218, p. 30-36, 2019.

Khalid, S., & Khalil, F. (2020). Influence of irrigation regimes on competition indexes of winter and summer intercropping system under semi-arid regions of Pakistan. *Scientific Reports*, 10(1), 1-21.

Kimber, C. T. (2000). Origins of domesticated sorghum and its early diffusion to India and China. *Sorghum: Origin, history, technology, and production*, 3-98.

Li, L., Tilman, D., Lambers, H., & Zhang, F. S. (2014). Plant diversity and overyielding: insights from belowground facilitation of intercropping in agriculture. *New phytologist*, 203(1), 63-69.

Lopes, J. F., Coelho, F. C., Rangel, O. J. P., Rabello, W. S., Gravina, G. D. A., & Vieira, H. D. (2014). Adubação foliar com níquel e molibdênio no feijoeiro comum cv. Ouro Vermelho. *Revista Ceres*, 61(2), 234-240.

Magalhães, P. C., de ALBUQUERQUE, P. E. P., & Viana, J. H. M. (2012). Resposta fisiológica do sorgo ao estresse hídrico em casa de vegetação. *Embrapa Milho e Sorgo-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)*.

Mahallati, M. N., Koocheki, A., Mondani, F., Feizi, H., & Amirmoradi, S. (2015). Determination of optimal strip width in strip intercropping of maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Northeast Iran. *Journal of Cleaner Production*, 106, 343-350.

Martin-guay, M. O.; Paquette, A.; Dupras, J.; Rivest, D. The new Green Revolution: Sustainable intensification of agriculture by intercropping. *Science of the Total Environment*, v. 615, p. 767–772, 2018.

Marschner, H. (2011). *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. Academic press.

Masvaya, E.N., Nyamangara, J., Descheemaeker, K., Giller, K.E., 2017. Is maize-cowpea 636 intercropping a viable option for smallholder farms in the risky environments of semi637 arid southern Africa ? *Field Crops Research* 209, 73–87.

Medeiros, A, M, C, S. *Avaliação da resistência de genótipos crioulos de feijão-caupi Vigna unguiculata (L.) Walp. ao ataque de Callosobruchus maculatus (Fabr., 1775) (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae)*. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, 2020.

- Medeiros, J. F. D., Lisboa, R. D. A., Oliveira, M. D., Silva Júnior, M. J. D., & Alves, L. P. (2003). Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 7(3), 469-472.
- Mehdi-tounsi, H.; Chelli-chaabouni, A.; Mahjoub-boujnah, D.; Boukhris, M. Long-term field response of pistachio to irrigation water salinity. *Agricultural Water Management*, v. 185, n. 185, p. 1-12, 2017.
- Melo, S. R. D., & Zilli, J. É. (2009). Fixação biológica de nitrogênio em cultivares de feijão-caupi recomendadas para o Estado de Roraima. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44(9), 1177-1183.
- Mendel, R. R., & Hänsch, R. (2002). Molybdoenzymes and molybdenum cofactor in plants. *Journal of experimental botany*, 53(375), 1689-1698.
- Mengel, K., & Kirkby, E. A. (1987). Principles of plant nutrition. Bern. *International Potash Institute*, 687-695.
- Mokhele, B., Zhan, X., Yang, G., & Zhang, X. (2012). Nitrogen assimilation in crop plants and its affecting factors. *Canadian Journal of Plant Science*, 92(3), 399-405.
- Moreira, A. L., Reis, R. A., Ruggieri, A. C., & Saran Junior, A. J. (2007). Evaluation of cool season forage species irrigated under grazing. *Ciência e Agrotecnologia*, 31(6), 1838-1844.
- Mousinho, F. E. P., Andrade Júnior, A. S. D., & Frizzzone, J. A. (2008). Viabilidade econômica do cultivo irrigado do feijão-caupi no Estado do Piauí. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 30, 139-145.
- MURGA-ORRILLO, H. I. P. Ó. L. I. T. O., ARAUJO, W. F., RODRIGUEZ, C. A., LOZANO, R. M. B., SAKAZAKI, R. T., & VARGAS, A. R. P. (2016). Influência da cobertura morta na evapotranspiração, coeficiente de cultivo e eficiência de uso de água do milho cultivado em cerrado. *Irriga*, 21(2), 352-352.
- Nagai, M. A. (2012). *Produtividade de biomassa de sorgo sacarino sem irrigação na zona da mata norte de Pernambuco* (Master's thesis, Universidade Federal de Pernambuco).

- Neumann, M., Restle, J., Alves Filho, D. C., Brondani, I. L., Pellegrini, L. G. D., & Freitas, A. K. D. (2002). Avaliação do valor nutritivo da planta e da silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31, 293-301.
- Neves, A. C., Camara, J. D. S., Cardoso, M., da Silva, P. H. S., & Atayde sobrinho, C. (2011). Cultivo do feijão-caupi em sistema agrícola familiar. *Embrapa Meio-Norte-Circular Técnica (INFOTECA-E)*.
- Nobre, R. G., Gheyi, H. R., Andrade, I. d., Soares, F. A. L., & Nascimento, E. C. S. (2009). Crescimento do girassol irrigado com água residuária e adubação orgânica. *Revista DAE*, 3(4), 50-60.
- Oliveira, A. C. Interação da adubação nitrogenada e molibídica em cana-deaúcar. 2012. 96 f. Dissertação (Doutor em Agronomia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2012.
- Oliveira, C. A. B., de Mello Pelá, G., & Pelá, A. (2017). Inoculação com *Rhizobium tropici* e adubação foliar com molibdênio na cultura do feijão comum. *Journal of Neotropical Agriculture*, 4(5), 43-50.
- Oresca, D. *Adubação nitrogenada como atenuador dos efeitos da salinidade da água de irrigação utilizada para produção de forragem no semiárido*. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, 2017.
- Paz, Lucas B. da et al. Desempenho e produtividade do milho safrinha em consórcio com leguminosas em sistema orgânico. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 40, n. 4, p. 100-109, 2017.
- Pereira, P. D. C., Silva, T. G. F. D., Zolnier, S., Moraes, J. E. F. D., & Santos, D. C. D. (2015). Morfogênese da palma forrageira irrigada por gotejamento. *Revista Caatinga*, 28(3), 184-195.
- Pessoa, A. C. S., Ribeiro, A. C., Chagas, J. M., & Cassini, S. T. A. (2001). Nirogenase and nitrate reductase activities and productivity of common beans in response to foliar application of molybdenum. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 25(1), 217-224.
- Quaggio, J. A., Gallo, P. B., Owino-Gerroh, C., Abreu, M. F., & Cantarella, H. (2004). Peanut response to lime and molybdenum application in low pH soils. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28(4), 659-664.
- Raij, B. V. (2011). Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. Piracicaba-SP, Brasil. *International Plant Nutrition Institute (Eds.)*, 450.
- Reis, V. M., & TEIXEIRA, K. D. S. (2005). Fixação biológica de nitrogênio-estado da arte. *Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável*. Brasília: *Embrapa Informação Tecnológica*, 28, 350-68.
- Restelatto, R., Pavinato, P. S., Sartor, L. R., Einsfeld, S. M., & Baldicera, F. P. (2015). Nitrogen efficiency and nutrient absorption by a sorghum-oats forage succession. *Advances in Agriculture*, 2015.
- Ribeiro, M. R., Ribeiro Filho, M. R., & Jacomine, P. K. T. (2010). Origem e classificação dos solos afetados por sais. *Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados*. Fortaleza, INCTSal, 11-19.

Richards, L. A. (1954). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils* (Vol. 78, No. 2, p. 154). LWW.

Rocha, P.R.R.; Araújo, G.A.A.; Carneiro, J.E.S.; Cecon, P.R.; Lima, T.C. Adubação molíbdica na cultura do feijão nos sistemas de plantio direto e convencional *Revista Caatinga, Mossoró*, v. 24, n. 2, p. 9-17, abr.-jun., 2011

Rodrigues, C. R. F., Silva, E. N., Ferreira-Silva, S. L., Voigt, E. L., Viégas, R. A., & Silveira, J. A. G. (2013). High K⁺ supply avoids Na⁺ toxicity and improves photosynthesis by allowing favorable K⁺: Na⁺ ratios through the inhibition of Na⁺ uptake and transport to the shoots of *Jatropha curcas* plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 176(2), 157-164.

Rossetto, C. A. V., Kaufmann, L., Jacob-Neto, J., & Franco, A. A. (2002). *Embebição de sementes de soja em solução de fosfato de potássio*. *Pesq. agropec. bras*, 385-392.

Rusinamhodzi, L., Corbeels, M., Nyamangara, J., & Giller, K. E. (2012). Maize–grain legume intercropping is an attractive option for ecological intensification that reduces climatic risk for smallholder farmers in central Mozambique. *Field crops research*, 136, 12-22.

Samarappuli, D., & Berti, M. T. (2018). Intercropping forage sorghum with maize is a promising alternative to maize silage for biogas production. *Journal of Cleaner Production*, 194, 515-524.

Sadeghpour, A.; Jahanzad, E.; Esmaeili, A.; Hosseini, M. B.; Hashemi, M. Forage yield, quality and economic benefit of intercropped barley and annual medic in semi arid conditions: Additive series. *Field Crops Research*, v. 148, p. 43–48, 2013.

Salcedo, I. H., & Sampaio, E. V. S. B. (2008). Matéria orgânica do solo no bioma caatinga. *Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais*, 2, 419-441.

Santos, Celso AG; SILVA, R. M.; SRINIVASAN, Vajapeyam S. Análise das perdas de água e solo em diferentes coberturas superficiais no semi-árido da Paraíba. *Revista OKARA: Geografia em debate*, v. 1, n. 01, p. 1-152, 2007.

Santos M. J. V.; Oliveira, E. C. A.; Carvalho, C. I. F. S. Acúmulo de biomassa seca de cultivares de girassol irrigado sob o efeito da adubação nitrogenada cultivados na região Semiárida Pernambucana. 2013. Anais... XIII JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO. UFRPE. Recife, dezembro. 2013.

Shumba, E. M., Dhliwayo, H. H., & Mukoko, O. Z. (1990). The potential of maize-cowpea intercropping in low rainfall areas of Zimbabwe. *Zimbabwe Journal of Agricultural Research*, 28(1), 33-38.

Siddiqui, M. N., Mostofa, M. G., Akter, M. M., Srivastava, A. K., Sayed, M. A., Hasan, M. S., & Tran, L. S. P. (2017). Impact of salt-induced toxicity on growth and yield-potential of local wheat cultivars: oxidative stress and ion toxicity are among the major determinants of salt-tolerant capacity. *Chemosphere*, 187, 385-394.

Silva, T. G., de Araújo, G. G., de Moura, M. S., & SB, L. (2017). Agrometeorological research on forage cactus and its advances in Brazil. *Amazonian Journal of Plant Research*, 1(2), 45-68.

Silva, C. G. M., Moreira, S. G., Lupp, R. M., Castro, G. D., Rehagro, B. H. A., & Silva, A. D. (2018). Doses de molibdênio na produtividade do milho. *Revista Agrogeoambiental*, 10(1).

Silva, J.L.A., Neves, J.A., (2011) Produção de feijão-caupi semi-prostado em cultivos de sequeiro e irrigado. *Revista Brasileira Ciência Agrária. Recife*, 6, (1): 29-36.

Silva, K. J. D.; Rocha, M. de M.; Menezes Júnior, J. A. N. de. Socioeconomia, (2016a).. In: BASTOS, Edson Alves. A cultura do feijão caupi no Brasil. Teresina-PI: *Embrapa Meio-Norte*, 71p..

Silva, T. G. F., Primo, J. T. A., de Moraes, J. E. F., da Silva Diniz, W. J., de Souza, C. A. A., & da Conceição Silva, M. (2015). Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas. *Revista Caatinga*, 28(2), 10-18.

da Silva, V. D. P. R., da Silva, B. B., Bezerra, J. R. C., & Almeida, R. S. R. (2016b). Consumo hídrico e viabilidade econômica da cultura do feijão caupi cultivado em clima semiárido. *Irriga*, 21(4), 662-672.

Silva, J. L. D. A., Medeiros, J. F. D., Alves, S. S., Oliveira, F. D. A. D., Silva, M. J. D., & Nascimento, I. B. D. (2014b). Uso de águas salinas como alternativa na irrigação e produção de forragem no semiárido nordestino1. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18, 66-72.

Shabala, S. (2013). Learning from halophytes: physiological basis and strategies to improve abiotic stress tolerance in crops. *Annals of botany*, 112(7), 1209-1221.

Sousa, C. H., Lacerda, C. F. D., da Silva, F. L., Neves, A. L., Costa, R. N., & Gheyi, H. R. (2014). Yield of cotton/cowpea and sunflower/cowpea crop rotation systems during the reclamation process of a saline-sodic soil. *Engenharia Agrícola*, 34(5), 867-876.

Souza, S.B.L.; Moura, M.S.B.; Sedyama, G.C.; Silva, T.G.F. Crescimento e Produtividade do Milho e Feijão-Caupi em Diferentes Sistemas e Disponibilidade Hídrica no Semiárido. *Revista Brasileira de Geografia Física* v.07, n.03 (2014) 524-539.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE – SUDENE, 2017. 785 Disponível em: <http://sudene.gov.br>. Acessado em 20 de março de 2021.

Tabosa, J. N., dos Reis, O. V., Brito, A. R. D. M. B., Monteiro, M. C. D., Simplicio, J. B., de Oliveira, J. A. C., ... & Oliveira, L. R. (2002). Comportamento de cultivares de sorgo forrageiro em diferentes ambientes agroecológicos dos estados de Pernambuco e Alagoas. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 1(02).

Tabosa, J.N. Fenologia da planta de sorgo. Recife: *Instituto Agrônomo de Pernambuco-IPA*, 2011. 1p.

Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2015). *Plant physiology and development* (No. Ed. 6). Sinauer Associates Incorporated.

Tang, C., Yang, X., Chen, X., Ameen, A., & Xie, G. (2018). Sorghum biomass and quality and soil nitrogen balance response to nitrogen rate on semiarid marginal land. *Field Crops Research*, 215, 12-22.

Tavora, F. J., Silva, C., & Bleicher, E. (2007). Sistemas de consórcio do milho, sorgo e feijão-caupi em séries de substituição. *Current Agricultural Science and Technology*, 13(3).

Teixeira, A. R. (2006). Doses de molibdênio nas culturas do milho comum e milho-pipoca.

Torres, H. R., Neto, A. S., Ribeiro, P. R., & Ribeiro, J. (2014). produtividade do feijão *phaseolus vulgaris* l. com aplicações crescentes de molibdênio associadas ao cobalto via foliar. *Enciclopédia Biosfera*, 10(18).

Vandermeer, J. H. (1992). *The ecology of intercropping*. Cambridge University Press.

Vieira, R. F. (2017). Ciclo do nitrogênio em sistemas agrícolas. *Embrapa Meio Ambiente-Livro científico (ALICE)*.

Vieira, S. M., Júnior, P. R., Daros, E., Koehler, H. S., & Prevedello, B. M. S. (2000). Nitrogênio, molibdênio e inoculante para a cultura do feijoeiro. *Scientia agraria*, 1(1), 63-66.

Wu, H. (2018). Plant salt tolerance and Na⁺ sensing and transport. *The Crop Journal*, 6(3), 215-225.

YILMAZ, Ş., Özel, A., Atak, M., & Erayman, M. (2015). Effects of seeding rates on competition indices of barley and vetch intercropping systems in the Eastern Mediterranean. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 39(1), 135-143.