

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
PRODUÇÃO VEGETAL**

GABRIEL DE LIMA FAUSTINO

Efeitos dos espaçamentos entre linhas e entre plantas, associado ao índice de vegetação NDVI na produção de sementes de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L) DC.)

Rio Largo – AL
2023

GABRIEL DE LIMA FAUSTINO

Efeitos dos espaçamentos entre linhas e entre plantas, associado ao índice de vegetação NDVI na produção de sementes de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L) DC.)

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia:(Área de concentração em Produção Vegetal), do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Vanderlei Ferreira.

Rio Largo – AL
2023

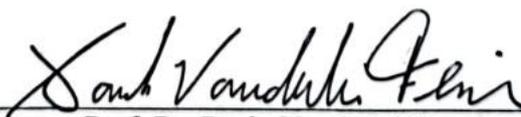
Folha de Aprovação

GABRIEL DE LIMA FAUSTINO

Efeitos dos espaçamentos entre linhas e entre plantas, associado ao índice de vegetação NDVI na produção de sementes de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L) DC.)

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia:(Área de concentração em Produção Vegetal), do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Banca examinadora



Prof. Dr. Paulo Vanderlei Ferreira
(Presidente)

Documento assinado digitalmente

gov.br

JOAO GOMES DA COSTA

Data: 12/09/2023 17:17:03-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. João Gomes da Costa
(Membro Externo)



Documento assinado digitalmente
JORGE LUIZ XAVIER LINS CUNHA
Data: 13/09/2023 04:36:22-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Prof. Dr. Jorge Luiz Xavier Lins Cunha
(Membro Interno)**



Documento assinado digitalmente
FRANCISCO RAFAEL DA SILVA PEREIRA
Data: 12/09/2023 22:52:57-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Prof. Dr. Francisco Rafael da Silva Pereira
(Membro Externo)**



Documento assinado digitalmente
REINALDO DE ALENCAR PAES
Data: 12/09/2023 23:11:39-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Prof. Dr. Reinaldo de Alencar Paes
(Membro Interno)**

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecária Responsável: Myrtes Vieira do Nascimento

F268e Faustino, Gabriel de Lima
 Efeitos dos espaçamentos entre linhas e entre plantas, associado ao índice de vegetação NDVI na produção de sementes de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L) DC.). / Gabriel de Lima Faustino – 2023. 69 f.; il.

Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Alagoas, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias. Rio Largo, 2023.

Orientação: Dr. Paulo Vanderlei Ferreira

Inclui bibliografia

1. Feijão de porco - produtividade. 2. Produção de grãos. 3. Manejo de plantas. I. Título

CDU: 633.3

Aos meus pais Adelmo Faustino e M^a Quitéria Lima pelo carinho e amor e pela existência. Às minhas tias, pelo apoio esforço e conselhos durante a minha criação, que foram fundamentais para a realização dos meus sonhos.

À minha amada esposa Luana Andrade pelo companheirismo, entendimento e paciência nos momentos difíceis durante essa trajetória

E aos meus filhos Lucas Gabriel e Maria Laura que são a razão da minha existência.

DEDICO

Aos meus avós, Manoel Elias e Nazaré Lima, (in memoriam) pela criação, direcionamento e amor.

Aos meus tios, primo e primas, vivos e in memoriam, pelos conselhos, histórias e aprendizados.

E para os meus irmãos: pelo carinho e admiração.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus criador de todas as coisas, pelo dom da vida, pela saúde, sapiência e direcionamento em busca da boa vivência.

Aos meus familiares e amigos pelo apoio, torcida e acreditarem no meu sonho

Ao reitor da Universidade Federal de Alagoas, Prof. Dr. Josealdo Tonholo, por meio do programa de pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal) pela oportunidade de realização do Curso de Doutorado

Ao meu orientador Prof. Drº. Paulo Vanderlei Ferreira, pela amizade, ensinamentos e dedicação nesse período.

A todos que fazem parte do laboratório de melhoramento genético do CECA/UFAL

A todos os técnicos e funcionários da PV sementes, na fazenda Jussara, pelo apoio no desenvolvimento das ideias iniciais da tese.

Ao IFAL pela oportunidade de afastamento para a dedicação ao curso de Doutorado

Ao IFAL Campus Satuba pela oportunidade tanto de afastamento, quanto de propiciar a área experimental, materiais e recursos humanos, para o desenvolvimento do trabalho

A todos os professores das disciplinas do curso, como também do estágio em docência

A todos os meus colegas da pós, Moisés, Jhulyanne, Juliana, Constantino, Everton, Marcelo, e Vera Dubeaux, pelo companheirismo, nos momentos das disciplinas.

E a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização desse trabalho.

RESUMO

O trabalho de tese aborda a busca atual por métodos mais eficientes e sustentáveis na produção agrícola, considerando os desafios alimentares e ambientais. É destacada a importância do feijão-de-porco, tanto para a alimentação humana quanto para a melhoria da qualidade do solo devido à fixação de nitrogênio e material orgânico. Com os resultados desse trabalho, foi elaborada uma tese com três capítulos: I) Introdução geral e revisão bibliográfica; II) Efeito de espaçamentos entre plantas e entre linhas na produção de sementes de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) (L) DC.) e III) Correlação de dados biométricos, e de NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) para estimar produtividade de feijão-de-porco em condições tropicais. O estudo do primeiro capítulo, se concentra em investigar os efeitos de diferentes espaçamentos no crescimento e desenvolvimento do feijão-de-porco, reconhecendo que a variação de espaçamentos influencia a alocação de recursos e, conseqüentemente, a produtividade da cultura. O segundo capítulo, explora a análise de correlação entre os dados biométricos e de NDVI, coletados durante a execução do experimento de espaçamentos e na colheita, com a produtividade de sementes de grãos do feijão-de-porco, visando estabelecer uma abordagem não destrutiva para estimar o rendimento da cultura, além de determinar qual desses fatores são mais relevantes para relacionar com a produtividade. O experimento revelou que os espaçamentos mais adensados resultaram em maior produtividade de feijão-de-porco, com o arranjo de 0,5 m x 0,25 m apresentando a melhor produtividade média de 5241,20 Kg ha⁻¹. A análise de correlação indicou que os valores de NDVI apresenta uma forte correlação positiva ($R = 0,81$) com a produção de grãos, sugerindo que o NDVI pode ser uma ferramenta eficaz para estimar a produtividade diferentemente dos fatores biométricos trabalhados nessa seção. O coeficiente de determinação ($R^2 = 0,66$) indicou que outros fatores, como condições ambientais e manejo, também podem influenciar a produção. O estudo destacou a importância dos espaçamentos na produção de feijão-de-porco, com espaçamentos mais adensados promovendo maior produtividade e vigor das plantas. Além disso, a correlação dos dados de NDVI com a produtividade de grãos, mostrou-se uma ferramenta promissora para estimar a produtividade da cultura de forma não invasiva. No entanto, ressalta-se a necessidade de considerar outros fatores além do espaçamento, como as condições ambientais e o manejo, na otimização da produção sustentável do feijão-de-porco.

Palavras-Chave: *Canavalia ensiformis* L. DC. Espaçamentos, NDVI, Correlação.

ABSTRACT

This thesis addresses the current quest for more efficient and sustainable methods in agricultural production, considering the challenges in food and environmental domains. The significance of cowpea is underscored, not only for human consumption but also for soil quality improvement through nitrogen fixation and organic material enhancement. The thesis comprises three chapters: I) General Introduction and Literature Review; II) Effect of Plant and Row Spacing on Jack Beans Seed Production (*Canavalia ensiformis*) (L) DC.; and III) Correlation of Biometric Data and NDVI to Estimate Jack Beans Productivity in Tropical Conditions. The first chapter focuses on investigating the effects of different spacings on jack beans growth and development, recognizing that spacing variation influences resource allocation and, consequently, crop productivity. The second chapter explores the correlation analysis between biometric and NDVI data collected during the spacing experiment and at harvest, aiming to establish a non-destructive approach to estimate crop yield and identify the most relevant factors influencing productivity. The experiment revealed that denser spacings resulted in higher cowpea productivity, with the arrangement of 0.5 m x 0.25 m showing the best average productivity of 5241.20 kg/ha. Correlation analysis indicated a strong positive correlation ($R = 0.81$) between NDVI values and grain production, suggesting NDVI as an effective tool for estimating productivity, unlike the biometric factors studied in this section. The coefficient of determination ($R^2 = 0.66$) suggested that other factors, such as environmental conditions and management practices, also influence production. The study emphasizes the importance of spacing in cowpea production, with denser spacings promoting higher productivity and plant vigor. Furthermore, the correlation of NDVI data with grain productivity proves to be a promising non-invasive tool. However, it stresses the need to consider factors beyond spacing, such as environmental conditions and management, for optimizing sustainable jack beans production.

Keywords: *Canavalia ensiformis* L. DC., Spacings, NDVI, Correlation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Análise de solo da área experimental.....	35
Figura 2 - Croqui do Experimento.....	35
Figura 3 - Análise de regressão para a variável espessura do caule (cm)	40
Figura 4 – Análise de regressão do desdobramento para os espaçamentos entre linhas dentro de cada espaçamento entre plantas para a variável número de vagens.	41
Figura 5 – Análise de regressão do desdobramento para os espaçamentos entre plantas dentro de cada espaçamento entre linhas para a variável número de vagens.	42
Figura 6 – Análise de regressão do desdobramento de cada espaçamento entre linhas, dentro de cada espaçamento entre plantas para as medidas longitudinais de semente.	43
Figura 7 – Análise de regressão para o desdobramento de cada espaçamento entre plantas, dentro de cada espaçamento entre linhas para medidas longitudinais de sementes.....	43
Figura 8 – Análise de regressão para o desdobramento de cada espaçamento entre linhas, dentro de cada espaçamento entre plantas para as medidas transversais de semente.	44
Figura 9 – Análise de regressão para o desdobramento de cada espaçamento entre linhas, dentro de cada espaçamento entre plantas para as medidas transversais de semente.	45
Figura 10 – Análise de regressão da produção de grãos de feijão-de-porco, a partir dos espaçamentos entre linhas.....	46
Figura 11 Análise de regressão da produção de grãos, a partir dos espaçamentos entre plantas.....	47
Figura 12 - Vista aérea da área experimental, que foi utilizada para a coleta de dados de NDVI, para posterior tratamento e delimitação da área de interesse.	58
Figura 13 - Imagem RGB captada com o auxílio do drone modelo Phantom 4 pro, equipado com a câmera RGB (Red, Green e Blue) com o sensor integrado de 20 megapixels, além de uma câmera multiespectral Survey 3 RGN (Red, Green e Nir) Mapir	59
Figura 14 - Resultados da Análise de Correlação da Produção de Grãos de Feijão-de-Porco, comparado com a Altura de Plantas.	60
Figura 15 - Resultados da Análise de Correlação da Produção de Grãos de Feijão-de-Porco, comparado com a Espessura do Caule.....	61
Figura 16 - Resultados da Análise de Correlação da Produção de Grãos de Feijão-de-Porco, comparado com o Número de Vagens.....	62
Figura 17 - Resultados da Análise de Correlação da Produção de Grãos de Feijão-de-Porco, comparado com a Medida Longitudinal de Sementes.....	63
Figura 18 - Resultados da Análise de Correlação da Produção de Grãos de Feijão-de-Porco, comparado com a Medida Transversal de Sementes.....	64

Figura 19 - Resultados da Análise de Correlação da Produção de Grãos de Feijão-de-Porco, comparado com a Massa de 100 Grãos.....	65
Figura 20 - Correlação entre os dados de NDVI e o resultado da produção de grãos no experimento com diferentes interações de espaçamentos para a cultura do feijão-de-porco (<i>Canavalia ensiformis</i> (L)).....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - População de plantas para cada tratamento.....	36
Tabela 2 - Análise de Variância (Regressão), das variáveis Altura de plantas (ALT), Espessura do Caule (EC), Número de Vagens (NV), Medida Longitudinal de Sementes (MLS), Medida Transversal de Sementes (MTS), Massa de 100 Grãos (M 100g), Produção de Grãos (PROD)	39
Tabela 3 - Médias dos dados obtido da variável Altura de Plantas.....	39
Tabela 4 - Médias dos dados obtido da variável massa de 100 grãos.	46

LISTA DE ABREVIATURAS

CTVI: Corrected Transformed vegetation Index

ILP: Interação Lavoura pecuária

IV: Índice de vegetação

NDVI: Normalized Difference Vegetation Index

NIR: Near Infrared

RGN: Red, Green, NIR

SR: Sensoriamento Remoto

VANT'S: Veículos Aéreos Não Tripulados

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	16
2	REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1	Informações sobre a espécie	18
2.1.1	Feijão de porco	18
2.2	Utilização agrônômica.....	19
2.2.1	Encarecimento de insumos agropecuários	19
2.2.2	Adubos verdes.....	19
2.3	Importância Econômica.....	21
2.4	Importância dos espaçamentos e densidades na produção de grãos	22
2.5	Sensoriamento Remoto (SR)	23
2.5.1	Aspectos Gerais	23
2.5.2	Índice de vegetação NDVI	24
2.5.3	Utilização do índice NDVI na agricultura.....	24
	REFERÊNCIAS	26
	CAPÍTULO II: Efeito de espaçamentos entre plantas e entre linhas, na produção de sementes de feijão-de-porco (<i>Canavalia ensiformis</i>) (L) DC.)	31
	RESUMO	31
1	INTRODUÇÃO	33
2	MATERIAL E MÉTODOS	34
2.1	Aquisição de Sementes.....	34
2.2	Avaliação de Sementes.....	34
2.3	Amostragem do solo	34
2.5	Croqui do Experimento:	35
2.6	Caracterização experimental	36
2.7	Semeadura	36
2.8	Área útil.....	37
2.9	Variáveis analisadas.....	37
2.9.1	Altura de plantas	37
2.9.2	Espessura do caule	37
2.9.3	Número de vagens	37
2.9.4	Tamanho de Sementes	37
2.9.5	Massa de 100 grãos.....	37

2.9.6 Produtividade de grãos	38
2.9.7 Colheitas	38
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
3.1 Análise estatística	39
3.2 Altura de plantas	39
3.4 Espessura do caule	40
3.5 Número de vagens	41
3.6 Tamanho da semente	42
3.6.1 Medida Longitudinal de Sementes.....	42
3.6.2 Medidas Transversal de Sementes.....	44
3.7 Massa de 100 grãos.....	46
3.8 Produção de Grãos	46
4 CONCLUSÕES	49
REFERÊNCIAS	50
CAPÍTULO III: Correlação de dados biométricos, e de NDVI para estimar produtividade de feijão-de-porco em condições tropicais.....	53
RESUMO	53
1 INTRODUÇÃO	55
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	56
2.1 Aquisição de Sementes	56
2.2 Avaliação de Sementes	56
2.3 Amostragem do solo	56
2.5 Caracterização experimental	57
2.6 Semeadura	57
2.7 Área útil.....	57
2.8 Dados Biométricos.....	57
2.9 Dados do Voo com drone	58
3 RESULTADOS E DISCURSSÃO	58
3.1 Produtos gerados	58
3.2 Análise de Correlação.....	59
3.2.1 Correlação entre a Produção de Grãos, e Altura de Plantas.	59
3.1.2 Correlação entre Produção de Grãos, e Espessura do Caule.....	61
3.1.3 Correlação entre Produção de Grãos e Número de Vagens.	62
3.1.4 Correlação entre Produção de Grãos, e Medida Longitudinal de Sementes.	63
3.1.5 Correlação entre Produção de Grãos e Medida Transversal de Sementes.	64
3.1.6 Correlação entre Produção de Grãos e Massa de 100 Grãos.	65

3.1.7 Correlação entre Produção de Grãos e Valores de NDVI.....	66
4 CONCLUSÕES	67
REFERÊNCIAS	68

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO GERAL

A busca contínua por métodos eficientes e sustentáveis na produção agrícola tem sido uma prioridade global diante dos desafios alimentares e ambientais. No âmbito dessa busca, se faz necessário estudos do cultivo do feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L) DC.), uma cultura valiosa tanto para a alimentação humana (BRESSANI; SOSA, 1990), sendo necessário um tratamento de calor úmido como mostrado por (UDEDIBIE & CARLINI, 1998), quanto para a melhoria da qualidade do solo devido às suas características fixadoras de nitrogênio e material orgânico (PADOVAN et al., 2011).

O experimento central deste estudo visa investigar os efeitos de diferentes combinações de espaçamentos no crescimento e desenvolvimento do feijão-de-porco. A variação de espaçamentos entre as plantas desempenha um papel crucial na determinação da alocação de recursos, competição por luz solar, água e nutrientes, todos influenciando diretamente a produtividade final da cultura, em trabalho com a cultura da soja Komatsu et al., (2010), relata que o estudo de espaçamentos é importante para analisar a produção de vagens no stand final. Analisar como esses fatores interagem e impactam o desempenho da cultura em diversos cenários de espaçamento fornecerá informações cruciais para otimizar a disposição das plantas e, por consequência, a colheita.

Além disso, outra vertente fundamental desta pesquisa abrange a análise da correlação entre os índices biométricos das variáveis altura de plantas, espessura do caule, número de vagens, medidas longitudinais e transversais de sementes, massa de 100 grãos, e do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), com a produtividade de grãos do feijão-de-porco. O NDVI é um indicador amplamente reconhecido da saúde vegetal e da fotossíntese, obtido por meio de sensoriamento remoto. Ao correlacionar essa métrica com a produtividade dos grãos, busca-se estabelecer uma abordagem eficaz para estimar o rendimento da cultura de maneira não destrutiva. Isso não apenas facilita o monitoramento contínuo das plantações, mas também oferece uma ferramenta valiosa para a tomada de decisões em tempo real, permitindo intervenções precisas no manejo agrícola, como no estudo de Moges, (2004), apresenta que o NDVI é um instrumento confiável para estimar e medir a biomassa forrageira, a absorção de N das forragens, além de possibilitar a absorção de N e a produção de grãos de trigo.

Ao longo desta tese de doutorado, são abordados tanto os aspectos práticos quanto os fundamentos científicos subjacentes a esses dois temas interligados. A integração dos resultados obtidos nos experimentos de espaçamento com as correlações estabelecidas entre NDVI e produtividade de grãos culmina em uma compreensão das estratégias para otimizar a produção sustentável de feijão-de-porco. Em última análise, essa pesquisa contribui para o avanço do conhecimento agrícola da referida cultura, e oferece dados valiosos para a produção sustentável de sementes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Informações sobre a espécie

2.1.1 Feijão de porco

O feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.)DC.) pertence à família das *Fabaceae*, é uma espécie anual, de porte ereto, caule herbáceo, com um lento crescimento inicial, resistência a altas temperaturas, e tolerante ao sombreamento. Também possui adaptação a solos com deficiência em fósforo (WUTKE et al., 2007). É largamente utilizada nas regiões sul e sudeste do Brasil, e utilizada em consórcio nas linhas da cultura anual. Lopes; 2005, relata que feijão de porco possui a capacidade de produzir 34 t/ha de massa verde, e 6,4 t/ha de matéria seca, além de proporcionar ao solo 216 kg/ha de nitrogênio (N), 20 kg/ha de Fósforo (P), 43 kg/ha de Potássio (K), 70 kg/ha de Cálcio (Ca), 51 kg/ha de Magnésio (Mg).

Suas plantas possuem hastes grossas e lenhosas, com altura entre 80 e 120 cm, ciclo até o florescimento de 80 a 90 dias, e 130 a 140 dias até a colheita de sementes. já Lopes 1998, apresenta que o ciclo completo da cultura é de 170 a 200 dias, com um rendimento de sementes esperado é de 800 a 1.200 kg/ha. Sarijan, (2018) obteve rendimentos de 3,5 toneladas /ha⁻¹ em seu experimento de produção de grãos. O feijão de porco, possui ação fitorremediadora em áreas afetadas pelo sal, além de ser considerada tolerante ao estresse salino em determinados níveis de salinidade (CHA-UM et al., 2013).

Além disso, o feijão de porco foi descrito por Kesslerf, (1990), como um arbusto compacto e ereto, e que forma copa com altura média de 100 a 120 cm, além de possuir uma variabilidade grande no quesito de produtividade que pode atingir de 1.000kg/ha⁻¹ até 4.600 kg/ha⁻¹, o que pode ser comparado a outras leguminosas cultivadas na América latina, como a soja (*Glycine max* L.) com variedades apresentando diferenças nos índices de produção, por exemplo. (BRESSANI; SOSA, 1990) e (KESSLERF, 1990) citados por (NWOKOLO; SMARTT, 1996).

Em trabalho com diferentes linhagens da cultura LC. Emebiri (1996), relata que o feijão de Porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC.) é considerada uma das poucas leguminosas com bom desenvolvimento em solos tropicais de várzea altamente lixiviados e pobres do ponto de vista nutricional.

2.2 Utilização agronômica

2.2.1 Encarecimento de insumos agropecuários

Com a crise do petróleo iniciada no ano de 2020, associada a pandemia do novo coronavírus, trouxeram impactos negativos no crescimento do PIB (produto interno bruto), bem como implicações nos preços de derivados de petróleo, encarecendo a cadeia da produção industrial brasileira como um todo (FERREIRA et al., 2021). Na agricultura, a utilização de insumos provenientes da exploração petrolífera, como a ureia, teve um encarecimento significativo em um espaço de tempo de 2 anos, chegando a um incremento de 70% no preço encontrado no mercado nacional, devido a fatores como a guerra na Ucrânia, pandemia da COVID-19, e desvalorização do real frente ao dólar (KAROLINE et al., 2023) .

O uso do feijão de porco, é descrito como uma alternativa para o plantio intercalar em rotação com outras culturas, como o milho e o feijão-caupi, com o intuito de atender e repor nutrientes em solos de baixa fertilidade, com usos sucessivos em monocultura (RODRIGUES, 2004). Wutke , (2007), relata que o feijão-de-porco por efeito mecânico (competição) e efeito alelopático, tem o poder de controlar plantas infestantes, como tiririca (*Cyperus rotundus* L.), podendo ser utilizada em cafezais, em pomares de banana e citrus e na cultura do milho como cultura intercalar, além do poder de fixar no solo quantidades consideráveis de nitrogênio, que variam de 57 a 190 kg/ha/ano. Monteiro et al., (2019b), nos mostra que a produção de sementes de leguminosas pode ser uma estratégia para aumentar a renda e agricultores familiares, além dos benefícios para a melhora do solo.

Ainda para Rodrigues, (2004) seu uso como adubo verde, é recomendado no começo da floração, aproximadamente três meses após o plantio.

2.2.2 Adubos verdes

Adubação verde, é adicionar biomassa ainda não decompostas proveniente de vegetais, proporcionando efeitos de adubação recuperação de áreas degradadas, e preservação de fertilidade, essa biomassa pode ser constituída por todas as partes da planta, sendo as leguminosas (mucuna-preta, crotalária, feijão de porco etc.), são as mais indicadas devido à alta capacidade de fixação biológica de nitrogênio (SOUZA, 2012)

Essa prática agrícola não se restringe a sistemas orgânicos de produção, podendo também ser aplicada em sistemas convencionais promovendo maior sustentabilidade, promovendo redução nos impactos ambientais, além de aumentar a biodiversidade existente no solo, elevando a produtividade, e diminuindo a incidência de pragas e doenças, sendo as espécies utilizadas podendo ser cultivadas em rotação ou em consórcio com as espécies de maior interesse agrônomo. (WUTKE et al., 2007); (CALEGARI, 2016).

Na região sul do Brasil onde se deu início da prática de utilização de culturas de cobertura, utilizou-se inicialmente as espécies: aveia preta, tremoço, ervilhaca, e mucuna-preta, associados a diferentes sistemas de plantio para a obtenção dos benefícios dos adubos verdes (CASÃO JUNIOR, 2012).

Para Souza (2012), a adubação verde, promove como benefício para o solo, melhorias biológicas, químicas e físicas em áreas de baixa fertilidade e com degradação, por promover porosidade, capacidade de infiltração e de retenção de água. A decomposição da matéria orgânica proporciona uma maior disponibilidade de nutrientes além de alimentar os microrganismos existentes no solo, reciclando e mineralizando nutrientes.

Geralmente a adição de matéria orgânica no solo feita pelos produtores, é feita com a adição de esterco de gado curtido ou resíduos da produção de frango, além de húmus, proveniente de compostagem, porém esse método encontra resistência devido a quantidade de 20,0 t/ha, que é a quantidade recomendada para atingir eficiência. Por isso a utilização de biomassa de leguminosas é mais indicada devido ao aumento do desenvolvimento da microbiota natural, (bactérias e micorrizas), aumento da capacidade da CTC do solo, além de ajudar na estruturação do solo formando galerias de poros e auxiliando na aeração, além da proteção contra a erosão (LOPES et al 2005).

Todas essas informações vêm a corroborar com as definições apresentadas por Sagar (2018), apresentando que um dos principais desafios para a produção de grãos, é a perda da fertilidade natural e degradação nos solos cultivados, e nesse sentido, os adubos verdes possuem a capacidade de manutenção da fertilidade, através de melhorias das propriedades físico-químicas e biológicas do solo, além de proteção contra erosões de solo e genética, e fornecimento de nutrientes às culturas.

2.3 Importância Econômica

A região nordeste hoje apresenta uma grande abertura para a diversificação das atividades agrícolas, como da inserção de uma nova fronteira agrícolas denominada SEALBA, com potencial de produção de grãos, cana-de-açúcar, feijão, mandioca, que é distribuída entre 171 municípios entre os estados de Sergipe, Alagoas, e Bahia (HIRAKURI; et al, 2016), o que gera perspectivas interessantes para a produção de sementes de qualidade. As áreas propícias para a exploração de novas culturas no SEALBA, estão em municípios que vão do litoral, passando pela zona da mata e chegando em áreas do agreste alagoano, áreas essas originalmente destinadas a exploração da cana-de-açúcar. Dentro deste contexto, tornar o SEALBA um polo produtor de sementes para abastecer as áreas de cultivo do MATOPIBA, é uma alternativa interessante tendo em vista as diferentes épocas de produção nas duas regiões (HIRAKURI; et al, 2016).

O estado de Alagoas se é conhecido nacionalmente com sua economia voltada principalmente para a produção de cana de açúcar, sendo essa a principal atividade agrícola do estado com uma produção total no ciclo de 2022/2023, de aproximadamente 19,1 milhões de toneladas de cana de açúcar em uma área de aproximadamente 300 mil hectares, (SINDAÇÚCAR-AL, 2022). Para Castellucci, (2016), a cultura canieira é um campo fértil para a utilização e expansão, para incremento de adubação verde, em aproximadamente 20% das áreas de totais, que correspondem às áreas de renovação de cana-de-açúcar, e em seu trabalho traz resultados promissores no aumento da produtividade em torno de 8 a 33%, além da diminuição de plantas invasoras, benefícios de conservação do solo e redução dos custos de produção em relação a adubação, principalmente em adubos nitrogenados.

Seguindo essa temática, Soares et al., (2012) em seu trabalho associando crotalária com práticas de rotação de cultura, conseguiu redução da população das plantas daninhas em taxas que giram em torno de 50% em áreas de cana-de-açúcar, e índices de supressão de plantas daninhas em torno de 90% com a utilização de mucuna-preta. Já Barbosa et al., (2008) demonstra que em áreas de cana-de-açúcar, o feijão-de-porco obteve destaque na taxa de cobertura de solo e supressão de plantas daninhas com taxas próximas de 100% aos 70 dias após a emergência, e proporcionou um acúmulo 919% maior de P (fósforo) do que as plantas espontâneas.

2.4 Importância dos espaçamentos e densidades na produção de grãos

Estudar o espaçamento de plantas é um exercício interessante para se ter conhecimento da dinâmica de desenvolvimento das culturas, para Monteiro et al., (2019a), os espaçamentos não influenciam as características morfométricas em sementes de leguminosas, porém Shimada, et al (2000) em experimento com feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), demonstrou que a alteração do espaçamento entre entrelinhas proporcionou um maior rendimento de grãos, sendo o espaçamento entrelinhas de 0,30m, aquele que propiciou uma maior produtividade, provavelmente pelo aumento significativo da população de plantas .

Já Sarijan (2018), realizou experimento onde utilizou diversas combinações de espaçamentos, e concluiu que espaçamentos mais próximos resultam em menor crescimento, e que trabalhando com fileiras duplas obteve o melhor resultado (50cm x 50cm x 100cm). Para Silva et al., (2017), em seu trabalho com feijão-caupi relata que o espaçamento e as densidades no plantio influenciam na produtividade de grãos e no número de vagens, tendo o espaçamento entre plantas de 0,33m o mais indicado para a cultura. Em sintonia com a informação anterior, Maia e Miranda, (2013), trabalhando com diferentes densidades de sementes em feijão de porco, relatou que é possível se trabalhar com valores maiores de densidade, do que os que geralmente são utilizados, proporcionando assim efeito linear positivo na produção de biomassa.

Para Fernandes et al., (1999), com o aumento da densidade de feijão de porco possui relação direta com a diminuição da matéria seca da parte aérea, porém é bastante efetivo no controle de plantas daninhas mesmo nas menores densidades no momento da sementeira. Já Kesslerf, (1990), relata que a densidade de plantas não possui efeito significativo para o ganho de biomassa em feijão-de-porco, porém o rendimento de sementes tende a aumentar com o aumento da densidade, além do que não foi observado diferença de rendimento de sementes com a alteração da largura da linha.

2.5 Sensoriamento Remoto (SR)

2.5.1 Aspectos Gerais

Para Meneses, et al, (2012a) definição mais científica que se pode dar ao SR é: *Sensoriamento remoto é uma ciência que visa o desenvolvimento da obtenção de imagens da superfície terrestre por meio da detecção e medição qualitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres.* Essa definição de SR, evidencia que só se pode entender o processo de aquisição e de análise de imagens após o entendimento de radiação eletromagnética.

A radiação eletromagnética (REM) é um fenômeno que apresenta uma dualidade em seu comportamento, existindo como onda e energia ao mesmo tempo. Essa dualidade é fundamental para o sensoriamento remoto, pois ao analisar imagens ocorrendo por meio desse processo, é necessário considerar a coexistência do REM como onda e energia para explicar as características observadas nos objetos. Essa dualidade é representada por modelos chamados de ondulatório e corpuscular.

Segundo Figueiredo, (2005), o sensoriamento remoto (SR) teve início, com surgimento dos primeiros equipamentos fotográficos que permitiram tomadas de fotos aéreas. Notoriamente, a sua utilização inicial foi para as forças armadas, que usavam desta tecnologia de câmeras presas a peitos de pombos, para a obtenção de vantagens em possíveis combates, tomando imagens das áreas ocupadas por tropas inimigas, além de conhecer a posição dos possíveis alvos e sua infraestrutura. Ao longo dos anos os pombos foram substituídos por balões não tripulados, e na sequência evolutiva desta ação, os aviões se prestaram a esse serviço.

A grande revolução tecnológica do (SR) surgiram com o lançamento de satélites para a órbita terrestre, além do desenvolvimento de quatro segmentos que propiciaram uma melhora na obtenção de dados sendo eles: a) sensores; b) sistema de telemetria; c) sistemas de processamento; d) lançadores de foguetes.

Como relatado por Tullio, (2019) relatando que o SR dentre as técnicas disponíveis é a que mais é utilizada para determinação de dados a respeito de vegetação e meio ambiente, com os índices de vegetação tendo papel importante nessa coleta de dados. Dados de SR, possuem grandes aplicabilidades na agropecuária, com a possibilidade de acompanhar avanços na implementação de manejo de interação lavoura-

pecuária (ILP), associados a álgebra de mapas pode ser configurado em um protocolo de detecção da eficiência no mapeamento de sistemas de ILP.

Segundo Atzberger, (2013), a reflectância é associada a características das plantas pela fração radiativa que é fotossinteticamente interceptada, que são avaliadas através de diferentes combinações matemáticas. A interpretação das medidas de atividades vegetativas que utilizam a faixa visível do infravermelho próximo (NIR- Near Infrared) são chamadas de índices de vegetação (IVs) (SHIRATSUCHI et al. 2014).

2.5.2 Índice de vegetação NDVI

Os índices de vegetação são modelos matemáticos desenvolvidos para avaliar a cobertura vegetal e relacionam a assinatura espectral e os parâmetros mensuráveis no campo tanto quantitativamente quanto qualitativamente Barbosa, (2006); Braga, (2010). As bandas das imagens de satélite são compostas por pixels, que por sua vez, são transformados diretamente pelas equações, ressaltando determinados aspectos inerentes a cada índice Rosendo (2005); Braga, (2010).

Os índices são apontados como indicadores de crescimento e vigor da vegetação e podem ser utilizados para diagnosticar vários parâmetros biofísicos com os quais apresentam altas correlações incluindo o índice de área foliar, biomassa, porcentagem de cobertura do solo, atividade fotossintética e produtividade Pozoni, (2001) ; Braga et al., (2010).

NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*): também foi proposto por ROUSE et al. (1974); EASTMAN (1998) foi introduzido para produzir um IV espectral que separa vegetação verde do brilho do solo de fundo, utilizando primeiramente dados digitais do Landsat - MSS. É expresso como a diferença entre a banda do infravermelho próximo e vermelho normalizada pela soma das bandas.

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

2.5.3 Utilização do índice NDVI na agricultura

O trabalho de Guimarães e Landau, 2015 nos apresenta a possibilidade da utilização dos dados obtidos por NDVI, para o monitoramento da agricultura irrigada,

sendo a série temporal de imagens modis permite quantificar essas áreas ao longo do tempo.

Já Merotto jr. et al., (2012) demonstrou a possibilidade de quantificar plantas daninhas em cultivos de soja por meio de NDVI, e a relação entre a reflectância no vermelho e no infravermelho próximo (Red/NIR) obtidos com o sensor GreenseekerTM, e a proporção de cobertura de área foliar das plantas daninhas e da palhada, tendo os seus resultados podendo serem utilizados para decidir o melhor momento de controle de invasoras.

O trabalho de Carvalho, (2021), conseguiu demonstrar em seu trabalho onde analisou 3 safras de produção de soja, a possibilidade de correlacionar uma boa condição meteorológica para a cultura, com a produção de grãos, gerando um modelo capaz de identificar o efeito meteorológico para a produção da cultura a partir dos dados de NDVI.

Já na cultura da cana-de-açúcar, Regina Grego, (2019), observou que com dados de NDVI é possível avaliar a variabilidade espacial e auxiliam na identificação de zonas de manejo diferenciadas em diferentes estágios de desenvolvimento vegetativos.

Segundo Boratto & Gomide, (2013) os índices de NDVI nos trazem importantes contribuições acerca de se obter dados de análise não destrutivas das plantas, Além de nos trazer subsídios a respeito de degradação de pastagens por exemplo como visto no trabalho de (ALMEIDA et al., 2019).

Segundo Huang et al., (2021), o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), é um dos índices de vegetação que apresenta uma maior facilidade de uso, além de uma grande popularidade, uma vez que com a diminuição dos custos nos últimos anos para a obtenção dos equipamentos, e a possibilidade de utilização de aeronaves não tripuladas, tornou-se mais eficaz para a obtenção do estado de vegetação das plantas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. B. F. DE; SIMÕES, M.; FERRAZ, R. P. D. Avaliação Dos Níveis De Degradação De Pastagens Por Sensoriamento Remoto: Um Subsídio Para O Plano De Agricultura De Baixa Emissão De Carbono. **Xix Simpósio Brasileira De Sensoriamento Remoto**, p. 3252–3255, 2019.

ATZBERGER, C. Advances in remote sensing of agriculture: Context description, existing operational monitoring systems and major information needs. **Remote Sensing**, v. 5, n. 2, p. 949–981, 2013.

BARBOSA, J. et al. **Rendimento da cana-de-açúcar em sistema de plantio direto SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS ADUBOS VERDES E SEUS EFEITOS NO RENDIMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO (1)**. [s.l: s.n.].

BARBOSA, K. M. D. N. **Monitoramento espacial de biomassa e carbono orgânico da vegetação herbácea de várzea na Amazônia Central**. [s.l: s.n.].

BORATTO, I. M. D. P.; GOMIDE, R. L. Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, p. 7345–7352, 2013.

BRAGA, A. et al. **Utilização de índices de vegetação para os sistemas de informação geográfica**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://www.wellesley.edu/Biology/Courses/108/108.html>>.

BRESSANI, R.; SOSA, J. L. **Effect of processing on the nutritive value of Canavalia Jackbeans (Canavalia ensiformis (L))**Plant Foods for Human Nutrition. [s.l: s.n.].

CALEGARI, A. Plantas de Cobertura -Manual Técnico. **Instituto Agrônômico do Paraná**, v. 02, p. 32, 2016.

CARVALHO, L. F. DE. **Análise agrometeorológica-espectral de lavouras de soja conduzidas com Agricultura de Precisão, em cruz alta-RS**. [s.l: s.n.].

CASÃO JUNIOR, R.; DE ARAÚJO, A. G.; LLANILLO, R. F. **Plantio direto no Sul do Brasil: Fatores que facilitaram a evolução do sistema e o desenvolvimento da mecanização conservacionista.** [s.l: s.n.]. v. 53

CASTELLUCCI CARUSO, R. et al. **Adubação Verde: Potencialidades e Análise de Economia no Uso de Nitrogênio Mineral em Áreas de Implantação e/ou Reforma de Canaviais.** [s.l: s.n.].

CHA-UM, S. et al. **Physio-morphological changes of cowpea (vigna unguiculata walp.) And jack bean (canavalia ensiformis (L.) DC.) In responses to soil salinity.** **Australian Journal of Crop Science**, v. 7, n. 13, p. 2128–2135, 2013.

CLARA RAMOS FERREIRA, A. et al. **CRISE DO PETRÓLEO EM 2020: UMA ANÁLISE ACERCA DOS IMPACTOS DA GUERRA DOS PREÇOS NO BRASIL. CADERNOS DE RELAÇÕES INTERNACIONAIS**, v. 2021, n. 1, 25 ago. 2021.

FERNANDES, M. F.; BARRETO, A. C.; EMÍDIO FILHO, J. **Fitomassa de adubos verdes e controle de plantas daninhas em diferentes densidades populacionais de leguminosas.** **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 9, p. 1593–1600, 1999.

FIGUEIREDO, D. **Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto.** [s.l: s.n.].

GUIMARÃES, D. P.; LANDAU, E. C. **Monitoramento da agricultura irrigada em tempo real.** **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, p. 3519–3525, 2015.

HIRAKURI, M.; BALBINOT JUNIOR, A. **Perspectiva geral para a introdução da soja nos sistemas de produção agrícola da Região do SEALBA.** 2016.

HUANG, S. et al. **A commentary review on the use of normalized difference vegetation index (NDVI) in the era of popular remote sensing.** **Journal of Forestry Research** Northeast Forestry University, , 1 fev. 2021.

KAROLINE, E. et al. **Impactos da COVID-19 nos preços e na produção agropecuária Sergipana.** [s.d.].

KESSLERF, C. D. J. **An agronomic evaluation of jackbean (*Canavalia ensiformis*) in Yucatan, Mexico.** [s.l: s.n.].

KESSLERF; J, C. D. AN AGRONOMIC EVALUATION OF JACKBEAN. v. 26, p. 11–22, 1990.

KOMATSU, R. A. et al. **EFEITO DO ESPAÇAMENTO DE PLANTAS SOBRE O COMPORTAMENTO DE CULTIVARES DE SOJA DE CRESCIMENTO DETERMINADO.** [s.l: s.n.].

LOPES, O. M. N.; ALVES, R. N. B. Adubação Verde e Plantio Direto: Alternativas de Manejo Agroecológico para a Produção Agrícola Familiar Sustentável. **Embrapa Amazônia Oriental**, n. 1517–2201, p. 33, 2005.

MAIA, F. E. N.; MIRANDA, N. D. O. Biomassa de feijão de porco sob diferentes densidades de semeadura em Mossoró, RN Jack Bean Biomass as a function of seeding densities in Mossoró , RN , Brazil. p. 43–49, 2013.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. **INTRODUÇÃO AO PROCESSAMENTO DE IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO Monitoramento da Qualidade da Água nos reservatórios do Distrito Federal utilizando imagens obtidas por VANT e por plataformas orbitais.** View project Graduation Final Project View project. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/332292728>>.

MEROTTO JR., A. et al. **REFLECTANCE INDICES AS A DIAGNOSTIC TOOL FOR WEED CONTROL PERFORMED BY MULTIPURPOSE EQUIPMENT IN PRECISION AGRICULTURE.** [s.l: s.n.].

MOGES, S. M. et al. Evaluation of green, red, and near infrared bands for predicting winter wheat biomass, nitrogen uptake, and final grain yield. **Journal of Plant Nutrition**, v. 27, n. 8, p. 1431–1441, 2004.

MONTEIRO, S. S. et al. Morfometria de sementes leguminosas produzidas em diferentes espaçamentos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 14, n. 1, p. 146, 2019a.

MONTEIRO, S. S. et al. Morfometria de sementes leguminosas produzidas em diferentes espaçamentos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 14, n. 1, p. 146, 1 jan. 2019b.

NWOKOLO, E.; SMARTT, J. Food and Feed from Legumes and Oilseeds. 1996.

PADOVAN, M. P. et al. Acúmulo de fitomassa e nutrientes e estágio mais adequado de manejo do feijão-de-porco para fins de adubação verde Accumulation of fitomass and nutrient and more appropriate developing stage of management of jack bean for green manuring. **Revista Brasileira de Agroecologia Rev. Bras. de Agroecologia**, v. 6, n. 3, p. 182–190, 2011.

REGINA GREGO, C. et al. **DEFINIÇÃO DE ZONAS DE MANEJO EM CANA-DE-AÇÚCAR USANDO SÉRIES TEMPORAIS DE NDVI DERIVADOS DO SATÉLITE SENTINEL-2A Jaguariúna-SP.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://ethanolrfa.org/wp-content/uploads/>>.

RODRIGUES, J. E. L. F.; ALVES, R. N. B.; LOPES, O. M. N.; TEIXEIRA, R. N. G.; ROSA, E. S. **A Importância do feijão de porco (*Canavalia ensiformis* DC.) como cultura intercalar em rotação com milho e feijão caupi em cultivo de coqueirais no Município de Ponta-dePedras/Marajó-PA1.** 2004.

ROSENDO, J.; DOS SANTOS; ROSA, R. **Exemplo de aplicação do Produto MOD13Q1 disponibilizado pelo sensor MODIS/Terra.** [s.l: s.n.].

SARIJAN, A.; SURAHMAN, M.; SETIAWAN, A. Pruning, cropping pattern and spacing regulation to enhance growth, production and seed quality of Jackbean (*Canavalia ensiformis* L). v. 12, n. 1, p. 46–52, 2018.

SHIMADA, M. M.; ARF, O.; SÁ, M. E. DE. Componentes do rendimento e desenvolvimento do feijoeiro de porte ereto sob diferentes densidades populacionais. **Bragantia**, v. 59, n. 2, p. 181–187, 2000.

SHIRATSUCHI, L. S. et al. Agricultura de precisão - resultados de um novo olhar. **Embrapa Instrumentação**, p. 58–73, 2014.

SILVA, F. et al. Espaçamento Longitudinal de plantas de feijão caupi em função do tamanho das sementes e da velocidade de semeadura. **Agrarian Academy**, v. 4, n. 7, p. 227–235, 31 jul. 2017.

SINDAÇÚCAR-AL. Conab aponta aumento da produtividade de cana por hectare em Alagoas. **Agora: Açúcar e Álcool desenvolvendo Alagoas**, 2022.

SOARES, M. B. B. et al. Plantas daninhas em área de reforma de cana crua com diferentes manejos do solo e adubos verdes em sucessão. **REVISTA AGRO@MBIENTE ONLINE**, v. 6, n. 1, p. 25, 10 jun. 2012.

SOUZA, L. A. G. DE. Leguminosas para adubação verde na terra firme e na várzea da Amazônia Central. p. 40, 2012.

TULLIO, L. **Aplicações e Princípios do Sensoriamento Remoto 3 Atena Editora 2019**. [s.l: s.n.].

UDEDIBIE, A. B. I.; CARLINI, C. R. Questions and answers to edibility problem of the *Canavalia ensiformis* seeds : A review. **Animal Feed Science and Technology**, p. 95–106, 1998.

WUTKE, E. B. et al. Bancos comunitários de sementes de adubos verdes: Informações técnicas. **Proorganico**, p. 52, 2007.

CAPÍTULO II: Efeito de espaçamentos entre plantas e entre linhas, na produção de sementes de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) (L) DC.)

RESUMO

Tendo em vista uma busca por uma agricultura mais sustentável, o uso de plantas de cobertura, se mostra importante para a redução dos custos de renovação em novos cultivos e diminuição da dependência de insumos sintéticos, principalmente os que são fonte de nitrogênio (N), surge a necessidade de disponibilizar sementes de adubos verdes para atender a essa demanda. Nesse sentido o presente trabalho teve por objetivo determinar a melhor espaçamento para o cultivo comercial de Feijão-de-Porco (*Canavalia ensiformis*) (L) (DC). Para a caracterização dos espaçamentos estudados, as combinações fatoriais 4X4, com a combinação de cada espaçamento entre linha com cada espaçamento entre plantas, O delineamento experimental foi em blocos casualizados, e as variáveis analisadas foram: Altura de plantas, espessura do caule, número de vagens, tamanho de semente, massa de 100 grãos, e produtividade de sementes. Para a análise estatística utilizou-se o software SISVAR com a análise de regressão. O tratamento que apresentou a melhor produtividade foi a A1B4 (0,5 m X 0,25 m), com produção média de 5.241,20 Kg/ha⁻¹. Os espaçamentos mais adensados promovem a maior produtividade em plantas de feijão de porco.

Palavras chaves: *Canavalia ensiformis* (L) DC, Biometria, Espaçamentos, Produção de Grãos.

ABSTRACT

Considering the pursuit of more sustainable agriculture, the use of cover crops proves vital for reducing renewal costs in new crops and decreasing dependence on synthetic inputs, particularly nitrogen sources (N). There is a growing need to provide green manure seeds to meet this demand. This study aimed to determine the optimal spacing for the commercial cultivation of Cowpea (*Canavalia ensiformis* (L) DC). The studied spacings were characterized using factorial combinations of 4X4, considering each row spacing with each plant spacing. The experimental design involved randomized blocks, and the analyzed variables included plant height, stem thickness, pod number, seed size, 100-grain mass, and seed productivity. Statistical analysis employed the SISVAR software with regression analysis. The treatment that exhibited the best productivity was A1B4 (0.5 m X 0.25 m), with an average production of 5,241.20 kg/ha-1. Denser spacings promote higher productivity in cowpea plants.

Keywords: *Canavalia ensiformis* (L) DC, Biometrics, Spacings, Grain Production.

1 INTRODUÇÃO

As espécies do gênero *Canavalia* apresentam grande importância tanto para alimentação humana, como também na alimentação animal (DADA; FALOYE; DUMET, 2013), em regiões da Ásia e da África essa utilização é bastante comum (SARIJAN 2018), diferentemente do Brasil onde é muito comum apenas a sua utilização como adubo verde.

A referida espécie devido à alta produção de biomassa, pode-se ser utilizada para estudos como fitoextrator de agentes poluidores do solo, atuando na fitoremediação de áreas afetadas (BARBOSA et al., 2021), sendo também indicada para a utilização na alimentação animal na formação de pastagem e para a produção de feno (JOLAOSHO et al., 2022).

De uma maneira geral, é baixa a disponibilidade de sementes de *Canavalia ensiformis* no mercado, o que leva a muitos produtores a terem que desenvolver a sua própria produção de sementes afim de se obter material para a incorporação no solo. Por isso é importante definir espaçamentos adequados, para se obter ganhos agronômicos e de exploração comercial.

Segundo Monteiro et al., (2019a), os espaçamentos não influenciam as características morfométricas em sementes de leguminosas. Em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) o alteração do espaçamento entre entrelinhas proporcionou um maior rendimento de grãos, aquele que propiciou uma maior produtividade, provavelmente pelo aumento significativo da população de plantas (SHIMADA; et al, 2000). Já Sarijan; (2018), realizou experimento onde foram utilizadas diversas combinações de espaçamentos, e concluiu que espaçamentos mais próximos resultam em menor crescimento, e que trabalhando com fileiras duplas obteve o melhor resultado.

Baseado nessas informações o presente trabalho visa estudar o arranjo espacial adequado para a produção de sementes de *Canavalia ensiformis* (L) DC, entender a dinâmica da concentração de indivíduos no desenvolvimento vegetal da cultura em ambientes tropicais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Aquisição de Sementes

O trabalho com a cultura do Feijão-de-Porco, foi realizado no campus Satuba do Instituto Federal de Ciência Educação e Tecnologia de Alagoas, em área experimental destinada a projetos experimentais e produção agrícola. O município de Satuba possui altitude de 24 em relação ao nível do mar, e contém as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 9° 34' 20" sul, e Longitude: 35° 49' 27". As sementes de Feijão-de-Porco, foram adquiridas através do Termo de Referência para Dispensa de Licitação nº09/2019, (processo administrativo nº 23041.046107/2019-31), para aquisição de sementes do instituto federal de alagoas campus Satuba.

2.2 Avaliação de Sementes

Em 12 de Junho de 2020, foi realizado um teste de viabilidade das sementes, para a simples averiguação das condições de armazenamentos das mesmas, com a utilização de 50 sementes em bandejas de isopor, obtendo assim 92 % de germinação.

2.3 Amostragem do solo

Em 16 de Junho de 2020, foi realizada a coleta de solo, para avaliar a necessidade de adubação para complementar a nutrição e obter o melhor desenvolvimento das plantas, porém com o resultado da análise verificou-se que não seria necessário o incremento de corretivo e adubação na área amostrada.



LABORATÓRIO DE SOLO, ÁGUA E PLANTA
 Universidade Federal de Alagoas
 Centro de Ciências Agrárias - CECA
 BR 104, km 85, s/n - Rio Largo - AL CEP: 57.100-000
 Tel: (82)3261.3470 E-mail: labsap.ufal@yahoo.com.br

Análise de Fertilidade dos Solos							
Controle:	2152 /2020			Solicitante:	Paulo Vanderlei Ferreira		
Interessado:	Paulo Vanderlei Ferreira			Data de Entrada:	16/06/2020		
Empresa:	Universidade Federal de Alagoas - CECA			Data de Saída:	23/06/2020		
Cidade:	Rio Largo	Estado:	AL	Modalidade:	Professor		
Determinações	12756	Registro das Amostras					
pH em água (1:2,5)	5.7						
Na (mg/dm ³) ⁽¹⁾	5						
P (mg/dm ³) ⁽¹⁾	38						
K (mg/dm ³) ⁽¹⁾	35						
Ca (cmol _d /dm ³) ⁽²⁾	2.19						
Mg (cmol _d /dm ³) ⁽²⁾	1.11						
Al (cmol _d /dm ³) ⁽²⁾	0.04						
H + Al (cmol _d /dm ³) ⁽³⁾	3.48						
CTCefetiva (cmol _d /dm ³)	3.45						
CTC Total (cmol _d /dm ³)	6.89						
MO (g/kg) ⁽⁴⁾	12.6						
V (%) ⁽⁵⁾	49						
m (%) ⁽⁶⁾	1						
Sat.de Ca (%)	31.8						
Sat.de Mg (%)	16.1						
Sat.de K (%)	1.3						
Sat.de Na (%)	0.3						
Fe (mg/dm ³) ⁽¹⁾							
Cu (mg/dm ³) ⁽¹⁾							
Zn (mg/dm ³) ⁽¹⁾							
Mn (mg/dm ³) ⁽¹⁾							
Observação: A presente análise tem seu valor vinculado à amostra entregue ao Laboratório.							
Determinações: (1) Extrator de Mehlich-1; (2) Extrator de KCl 1,0 M; (3) Extrator de Acetato de cálcio a pH 7,0; (4) Método de Welkley-Black; (5) Saturação por bases; (6) Saturação por alumínio.							
Interpretação adequada: pH: 5,6 a 6,1; P: CTC <= 5,0 - 32 a 46 e CTC > 5,0 - 22 a 30; K: 71 a 121; Ca: 3,10 a 4,60; Mg: 1,01 a 2,00; Al: < 0,21; CTC Total: 7,51 a 13,00; MO: 40,1 a 70,0; V: 60 a 80; m: < 5; Sat. de Ca: 40,1 a 60,0; Sat. de Mg: 20,1 a 40,0; Sat. de K: 5,0 a 10,0; Sat. de Na: < 1,5; Fe: 31,0 a 91,0; Cu: 1,3 a 3,7; Zn: 1,6 a 4,6; Mn: 8,1 a 24,0							
Identificação das Amostras - Registros							



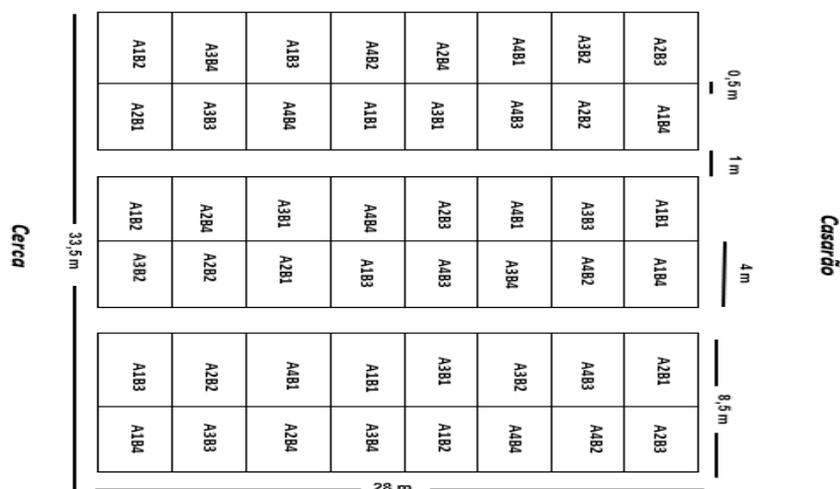
Prof. Dr. Gilson Moura Filho
 Centro de Ciências Agrárias
 Universidade Federal de Alagoas

2.4 Preparo do solo

Em 13 de agosto de 2020, foi realizada a abertura dos sulcos obedecendo o croqui desenhado para o experimento, onde a alocação de cada parcela em seu determinado bloco ocorreu através de sorteio, preservando assim a aleatoriedade e a casualidade que são necessárias nesse tipo de experimento. Também foi aplicado o adubo químico NPK, na concentração de 10-10-10, para a uniformização das condições nutricionais do solo.

2.5 Croqui do Experimento:

Figura 2 - Croqui do Experimento



Área útil do experimento: 672 m²

Ária total do experimento: 938 m²

2.6 Caracterização experimental

Cada parcela consistia em 4 linhas de plantio com 4 metros de comprimento, com a sua combinação específica da interação entre os espaçamentos. O delineamento experimental consistiu em 3 blocos casualizados em fatorial com todas as combinações possíveis entre os espaçamentos estudados, 0,5m; 0,75m; 1,00m; 1,25m; (que correspondem aos tratamentos: A1; A2; A3; A4; respectivamente) entre as linhas de cultivo, e 1m; 0,75m; 0,5m; 0,25m; (que correspondem aos tratamentos: B1; B2; B3; B4; respectivamente) entre as plantas criando assim 16 combinações utilizadas nesse estudo. Essas combinações totalizaram 48 parcelas com as respectivas populações de plantas mostradas na tabela a seguir.

Tabela 1 - População de plantas para cada tratamento

Tratamentos	N° de Plantas
A1B1(0,5m X 1,00m)	20.000
A1B2 (0,5m X 0,75m)	26.667
A1B3 (0,5m X 0,50m)	40.000
A1B4 (0,5m X 0,25m)	80.000
A2B1 (0,75m X 1,00m)	13.333
A2B2 (0,75m X 0,75m)	17.778
A2B3 (0,75m X 0,50m)	26.666
A2B4 (0,75m X 0,25m)	53.333
A3B1 (1,00m X 1,00m)	10.000
A3B2 (1,00m X 0,75m)	13.333
A3B3 (1,00m X 0,50m)	20.000
A3B4 (1,00m X 0,25m)	40.000
A4B1 (1,25m X 1,00m)	8.000
A4B2 (1,25m X 0,75m)	10.667
A4B3 (1,25m X 0,50m)	16.000
A4B4 (1,25m X 0,25m)	32.000

2.7 Semeadura

No dia 14 de agosto de 2020, realizou-se o semeio do feijão-de -porco, utilizando 3 sementes por cova, para garantir o sucesso na germinação de todos o stand de plantas, efetuando o devido desbaste com tesoura de poda no dia 05 de setembro, 15 dias após a germinação que tivera seu início em 20 de agosto de 2020.

2.8 Área útil

A área útil de cada parcela foi composta pelas duas linhas centrais desprezando as primeira e as última plantas dessas linhas.

2.9 Variáveis analisadas

2.9.1 Altura de plantas

Foram avaliadas 6 plantas marcadas previamente dentro da área útil de cada parcela, e medindo do colo da planta até o final da haste principal com o auxílio de uma fita com graduação métrica.

2.9.2 Espessura do caule

Foram avaliadas 6 plantas marcadas previamente dentro da área útil de cada parcela e a medição ocorreu 5 cm acima do colo das plantas, com o auxílio de um paquímetro analógico.

2.9.3 Número de vagens

Foi determinado a partir da colheita e contabilização de todas as vagens que apresentavam o estágio de maturação fisiológica, que estavam dentro da área útil de cada tratamento.

2.9.4 Tamanho de Sementes

As medidas transversais e longitudinais foram determinadas com a escolha aleatória de 30 sementes de todos os tratamentos, e mensuradas com o auxílio de um paquímetro analógico.

2.9.5 Massa de 100 grãos

Foi determinado através da escolha trezentos grãos coletados aleatoriamente na área útil em todos os tratamentos e subdivididos em três lotes com cem grãos,

configurando três lotes por tratamento, que foram colocados em estufa de secagem até atingirem umidade uniforme de 13 %, e pesados em balança analítica.

2.9.6 Produtividade de grãos

Foi feito através do peso de todos os grãos da área útil em todos os tratamentos, em kg com o ajuste a 13% de umidade e transformados em Kg/ha⁻¹.

2.9.7 Colheitas

Para determinar a produtividade, definiu-se área útil de todos os tratamentos como sendo as duas linhas centrais, e desprezando as primeiras e últimas plantas das respectivas linhas centrais. Foram realizadas colheitas em 3 datas diferentes, sendo a primeira delas no dia 06 de janeiro de 2021, quando o ciclo da cultura estava em 145 dias após o plantio, a segunda colheita foi realizada em 22 de janeiro de 2021, quando o ciclo da cultura estava em 160 dias após o plantio, e a terceira colheita foi efetuada no dia 05 de fevereiro de 2021, quando a cultura apresentava um ciclo de 175 dias após o plantio.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise estatística

Tabela 2 - Análise de Variância (Regressão), das variáveis Altura de plantas (ALT), Espessura do Caule (EC), Número de Vagens (NV), Medida Longitudinal de Sementes (MLS), Medida Transversal de Sementes (MTS), Massa de 100 Grãos (M 100g), Produção de Grãos (PROD)

Fontes de variação	Quadrado médio							
	GL	ALT	EC	NV	MLS	MTS	M. 100g	PROD
EEL	3	19,505208 ^{NS}	0,011719 ^{NS}	17,796065 ^{**}	2,447431 ^{**}	0,535347 ^{**}	189,202081 ^{NS}	7.000.704,4299 ^{**}
EEP	3	88,310764 ^{NS}	0,144635 ^{**}	34,469129 ^{**}	1,295625 ^{**}	0,488125 ^{**}	142,718025 ^{NS}	10.403.321,3468 ^{**}
Blocos	2	422,223958 ^{**}	0,126719 ^{**}	11,700149 ^{**}	2,126615 ^{NS}	0,866719 ^{NS}	119,994633 ^{NS}	233242.773152 ^{NS}
EEL*EEP	9	77,213542 ^{NS}	0,013108 ^{NS}	14,861834 ^{**}	0,433773 [*]	0,169005 ^{**}	103,387638 ^{NS}	1010104,34 ^{NS}
Resíduo	30	77,385069	0,016885	1,347335	0,150615	0,051274	115,117296	570.220,4576 ^{NS}
Total	47	-	-	-	-	-	-	-
Médias	-	74,6979167	1,253125	7,9375	17,1729167	11,86875	132,225417	3.738,80
CV (%)	-	11,78	10,37	30,02	2,26	1,91	8,11	20,20

NS, * e ** Não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Dados de número de vagens transformados em \sqrt{x}

3.2 Altura de plantas

A análise de regressão das médias obtidas com a biometria onde foram avaliados a variável altura de plantas, mostra que não houve diferença significativa em relação à altura de plantas em todos os tratamentos estudados.

Tabela 3 - Médias dos dados obtido da variável Altura de Plantas.

EEL					
EEP	0,25m	0,50m	0,75m	1,00m	Médias:
0,50m	75,166667	71,666667	70,666667	83,333333	75,20833
0,75m	74,500000	80,333333	74,833333	73,166667	75,70833
1,00m	81,166667	75,500000	71,500000	72,000000	75,04167
1,25m	68,666667	73,666667	67,166667	81,833333	72,83333
Médias:	74,875	75,29167	71,041667	77,5833333	

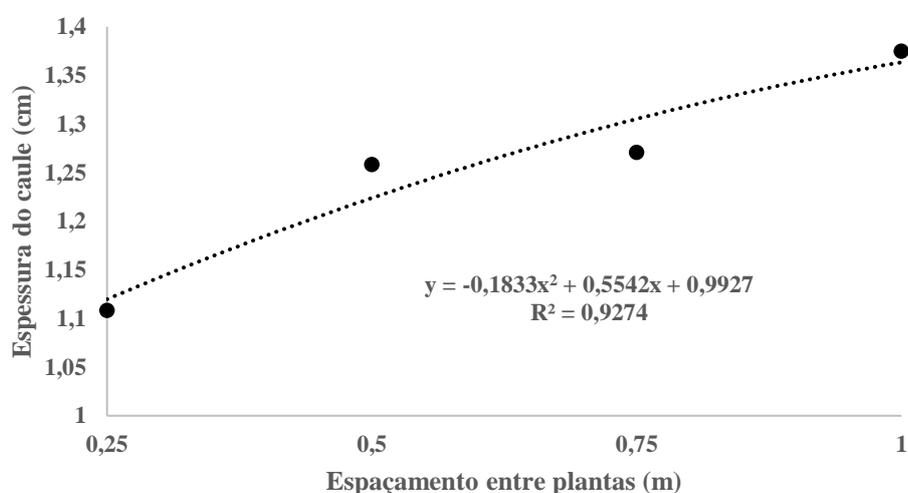
Os resultados das análises de regressão, demonstram que não houve variações significativas entre as medições de altura de plantas em nenhuma das interações de espaçamentos utilizadas no estudo. O resultado encontrado diverge das observações de Kesslerf, (1990), que encontrou diferenças significativas na altura de plantas devido ao

adensamento, sendo que tratamentos mais adensados resultam em plantas mais baixas em relação a parcelas menos adensadas. Porém Salgado; et al., (2011), também não encontrou diferenças em relação a variável altura de plantas, em trabalho com diferentes genótipos de feijão. O trabalho de Almeida et al., (2020), em trabalho com duas variedades de feijão-caupi, também não encontrou diferenças significativas, em relação a mesma variável, sendo possivelmente essa uma característica das leguminosas.

3.4 Espessura do caule

A análise de regressão para variável espessura de caule apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, apresentando significância para os diferentes espaçamentos entre plantas, sendo o tratamento de 1,00 metro o maior valor encontrado no gráfico, com valor encontrado de 1,4 cm.

Figura 3 - . Análise de regressão para a variável espessura do caule (cm)



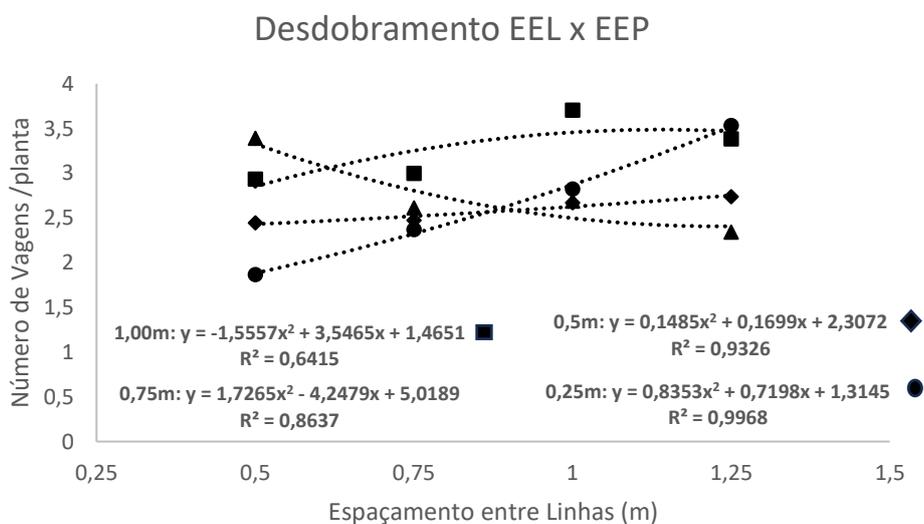
Na análise da espessura do caule o tratamento A3B1 (1,00m x 1,00m), e o tratamento A4B1, 1,25m x 1,00m) foram os tratamentos que apresentaram o melhor resultado para essa variável com 1,40 cm e 1,43 cm respectivamente. Entretanto o tratamento A2B4 (0,75m x 0,25m) foi aquela que apresentou o resultado menos interessante, tendo todas as outras interações valores estatísticos iguais. Coelho, et al, (2007.) Em trabalho de diversidade genética em feijões, identificou que essa variável

apresenta valores semelhantes para em comparação com diferentes acessos, já para Cerutti et al., (2021), uma maior espessura do caule está associada a uma maior quantidade de reserva no legume, e conseqüentemente no tamanho dos grãos característica essa que pode ser de interesse agrônômico e econômico.

3.5 Número de vagens

A análise de regressão para a variável número de vagens apresentou significância nos desdobramentos entre os espaçamentos estudados como podemos observar na figura 4. Para o desdobramento de espaçamento entre linhas, dentro de cada espaçamento entre plantas. O espaçamento entre linhas 1,25m foi o que apresentou o maior número de vagens, sendo o tratamento que mais contribuiu para essa variável.

Figura 4 – Análise de regressão do desdobramento para os espaçamentos entre linhas dentro de cada espaçamento entre plantas para a variável número de vagens.

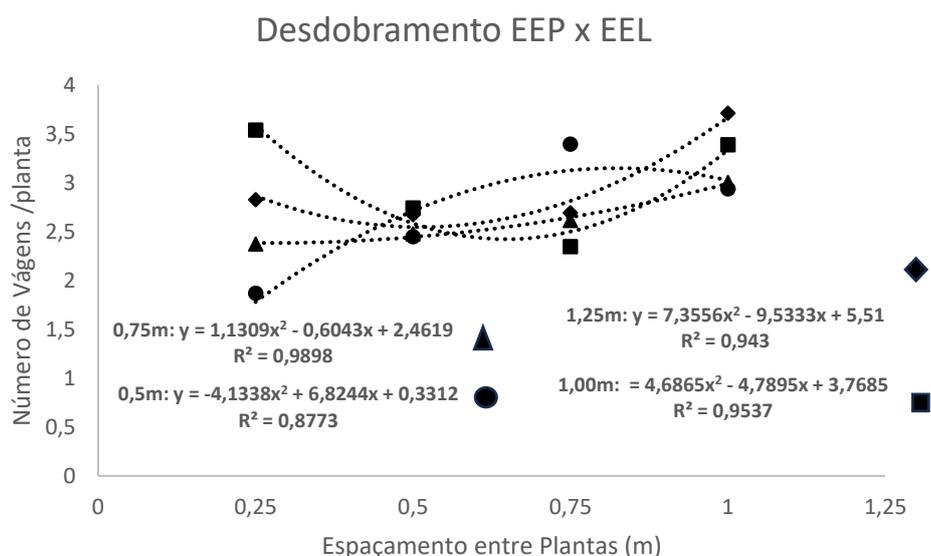


Dados dos números de vagens foram transformados em \sqrt{x}

Já para o desdobramento de espaçamento entre plantas dentro de cada espaçamento entre linhas, a análise de regressão, mostra que o número de vagens pode variar a depender do espaçamento adotado, como por exemplo o espaçamento de plantas de 1,00m associado ao espaçamento entre linhas de 1,00m apresentaram valores maiores para essa variável, assim como o espaçamento entre plantas de 0,25m, associado com o

espaçamento entre linhas de 1,25m, também apresentou os valores mais altos como podemos observar na figura 5.

Figura 5 – Análise de regressão do desdobramento para os espaçamentos entre plantas dentro de cada espaçamento entre linhas para a variável número de vagens.



Para Oliveira (2011), em trabalho com feijão-fava, demonstrou que um maior número de vagens, tem relação direta com o aumento da produtividade, sendo uma característica importante na seleção de variedades. Conclusão essa compartilhada por, Humberto et al., (2009) que em trabalho com feijão-caupi, demonstrou que essa característica é importante em seleções de progênies para programas de melhoramento genético.

3.6 Tamanho da semente

3.6.1 Medida Longitudinal de Sementes

A análise de regressão para a variável referente a medida longitudinal da semente apresentou nível de significância a 1% de probabilidade para a interação entre os tratamentos quantitativos, necessitando da análise de desdobramentos, como podemos visualizar no gráfico a seguir:

Figura 6 – Análise de regressão do desdobramento de cada espaçamento entre linhas, dentro de cada espaçamento entre plantas para as medidas longitudinais de semente.

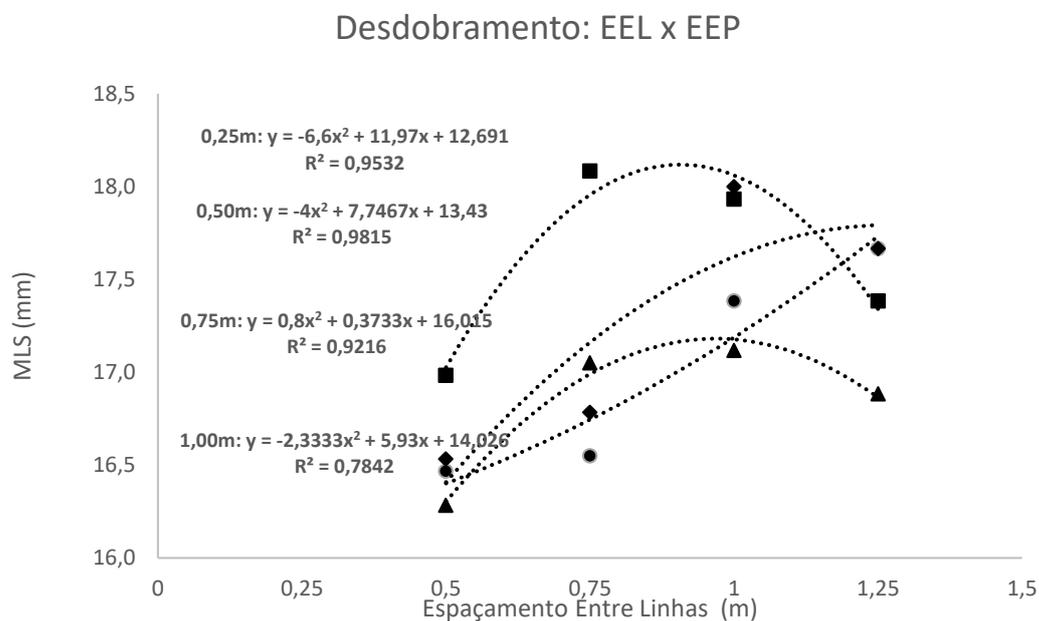
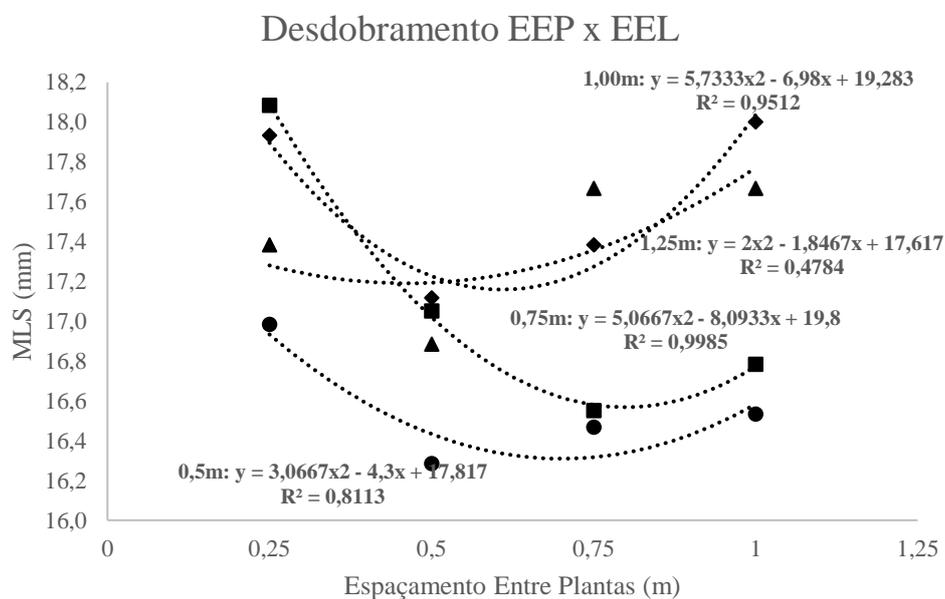


Figura 7 – Análise de regressão para o desdobramento de cada espaçamento entre plantas, dentro de cada espaçamento entre linhas para medidas longitudinais de sementes.



A exposição dos dados demonstra claramente uma grande variabilidade nas medidas transversal e longitudinal das sementes sendo as médias do tratamento A2B4 (0,75m x 0,25m) as que mais se destacaram tanto para as medidas transversais quanto

para as medidas longitudinais, sendo acompanhadas pelo tratamento A3B1 (1m x1m), que foi a que mais se aproximou da melhor média. Os tratamentos A1B2 (0,50m x 0,75m) e A1B3 (0,50m x 0,50m), foram as que apresentaram as piores médias respectivamente apresentando as piores médias para a variedade estudada.

3.6.2 Medidas Transversal de Sementes

A análise de regressão para a variável referente a medida transversal da semente apresentou nível de significância a 1% de probabilidade para a interação entre os tratamentos quantitativos, necessitando da análise de desdobramentos, como podemos visualizar no gráfico a seguir:

Figura 8 – Análise de regressão para o desdobramento de cada espaçamento entre linhas, dentro de cada espaçamento entre plantas para as medidas transversais de semente.

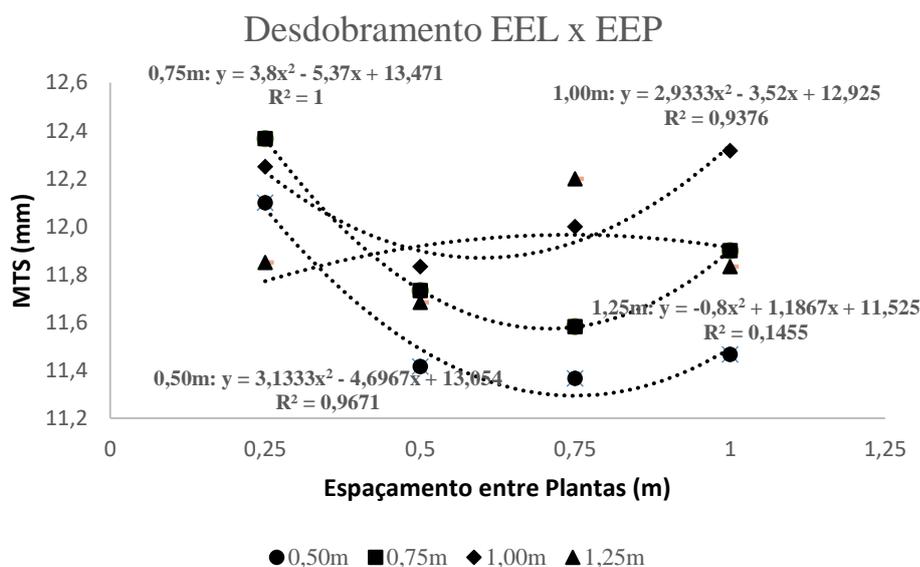
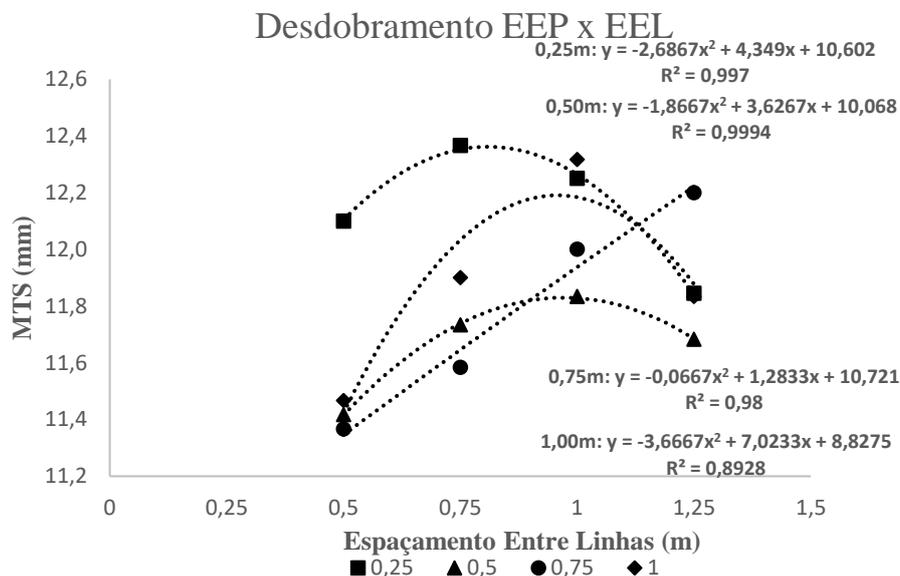


Figura 9 – Análise de regressão para o desdobramento de cada espaçamento entre linhas, dentro de cada espaçamento entre plantas para as medidas transversais de semente.



Tomando como parâmetro o estudo de Silva et al., (2017) em trabalho com feijão-caupi, demonstrou que a escolha de sementes grandes e selecionadas, permitem uma melhor distribuição de espaçamentos aceitáveis, tendo influência direta no aumento de produtividade, nos cultivos subsequentes o que possivelmente possa ser associado ao feijão de porco por terem aproximação botânica. Pádua et, al, (2010) em trabalho com a cultura da soja, concluiu que sementes menores produzem plantas com menos altura e uma menor produtividade no final das colheitas, essa classificação de tamanho é importante pois demonstra diferenças de qualidade fisiológica entre as sementes e, são mais uma ferramenta que auxiliam na escolha do material propagativo. Em mucuna-preta, que também é uma espécie amplamente utilizada como adubo verde, Nakagawa, (2005) já demonstra que sementes menores apresentam maior potencial de germinação.

3.7 Massa de 100 grãos

Tabela 4 - Médias dos dados obtidos na análise da variável massa de 100 grãos.

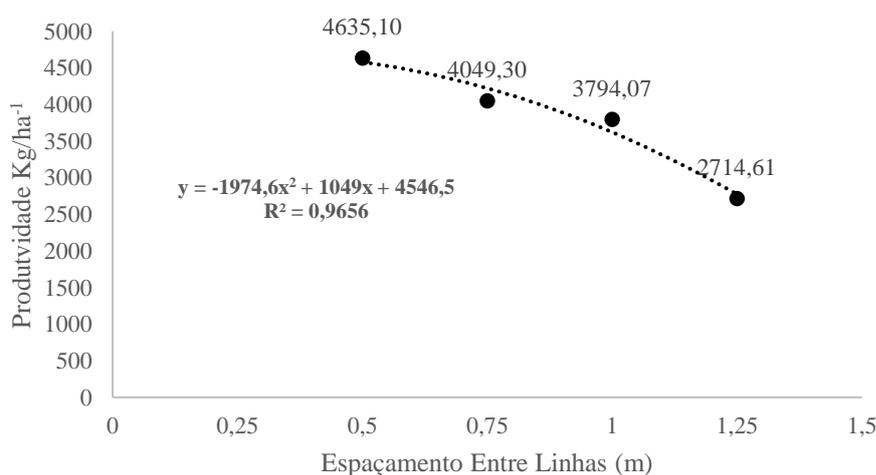
EEL \ EEP	0,25m	0,50m	0,75m	1,00m	Médias:
0,50m	132,573333	121,506667	119,756667	132,570000	126,601667
0,75m	142,386667	131,363333	133,033333	130,256667	134,260000
1,00m	131,540000	143,120000	131,753333	136,050000	135,615833
1,25m	132,146667	130,056667	126,013333	141,480000	132,424167
Médias:	134,661667	131,511667	127,639167	135,089167	

Os dados apresentados na tabela, não apresentaram diferenças significativas na massa de 100 grãos para os tratamentos de espaçamentos apresentados no estudo. Essa característica é importante, em critérios de acúmulos de material de reserva na semente. Cícero; (1977), nos apresenta que em arroz, sementes pesadas apresentaram maior porcentagem de germinação que sementes leves. já Bortuluzzi, (2019) nos apresenta que o estudo da massa de 100 grãos em diferentes épocas de semeadura em feijão de porco, é importante para se ter uma melhor definição da produtividade alcançada à campo.

3.8 Produção de Grãos

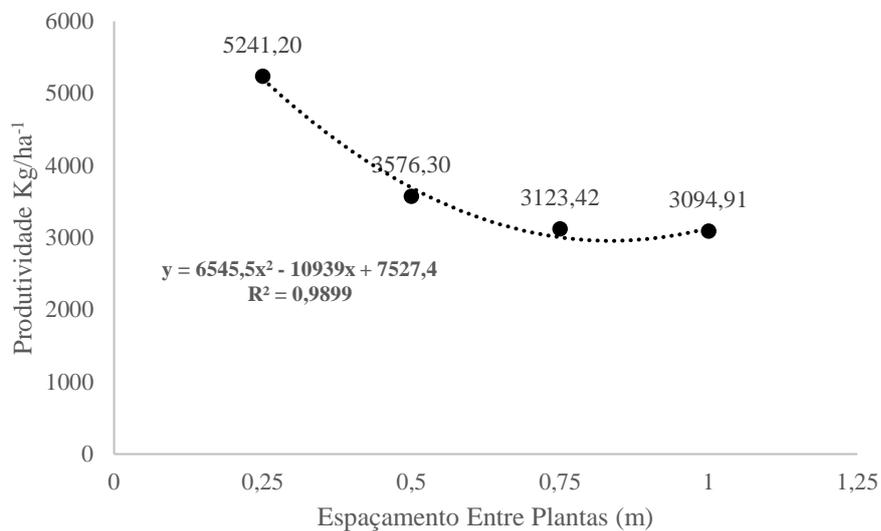
A análise de regressão para variedade produtividade de grãos apresentou significância para os tratamentos, tanto para os espaçamentos entre linhas, como para os espaçamentos entre plantas. O espaçamento entre plantas que apresentou uma maior produção de grãos de feijão de porco é o de 0,50m, atingindo uma média de 4.635,10 Kg/ha⁻¹

Figura 10 – Análise de regressão da produção de grãos de feijão-de-porco, a partir dos espaçamentos entre linhas.



Para o espaçamento entre plantas, a média da produção de feijão de porco alcançada foi de 5.241,20 Kg/ha⁻¹.

- **Figura 11 Análise de regressão da produção de grãos, a partir dos espaçamentos entre plantas.**



Os resultados obtidos evidenciam que a cultura estudada tem sua produtividade diretamente relacionada ao adensamento de plantas, nos arranjos espaciais com uma maior densidade de plantas é possível observar uma maior produção de grãos. O tratamento A1B4 (0,50m x 0,25m (80.000 plantas/ha) foi a combinação de tratamento que apresentou a melhor produtividade entre todos os tratamentos. A densidade de plantio aplicada nesse tratamento eleva a população de plantas e conseqüentemente a o aumento da produtividade e sendo o espaçamento (0,5m X 0,25m), mais adequado para a produção de sementes. (tratamentos próximos), segundo Amabile, et, al, (2000),o efeito de diferentes espaçamentos e de interações, não apresentam interações significativas para o desenvolvimento das plantas de feijão-de-porco, pois o arranjo adotado por ele, não causou competição por espaço, luz e nutrientes, no stand de plantas. Em trabalho com diferentes espaçamentos e duas variedades de feijão de porco africanas, Jolaosho, (2022) obteve como melhor resultado produtivo uma população de 17.800 plantas, atingindo uma produção de aproximadamente 3800 kg/ ha⁻¹. Já Bortuluzzi, (2019), testando diferentes épocas de plantio, atingiu também diferentes produtividades para feijão de porco, ficando evidenciando que associar espaçamentos mais adensados, com a época certa, é possível obter maiores produtividades para a cultura trabalhada.

Em trabalho com variedades de feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) Kouam, (2020), nos apresentam resultados que demonstram o máximo rendimento biológico e o máximo rendimento de sementes são obtidos com a menor densidade de plantas, explicitando que essa espécie é diretamente afetada pelo adensamento de plantas, e demonstra diferenças no comportamento e desenvolvimento de leguminosas.

4 CONCLUSÕES

Conclui-se que com os dados apresentados, as variáveis: a altura de plantas, Massa de 100 grãos, não sofrem influência significativas em relação aos tratamentos utilizados no estudo.

As demais variáveis, número de vagens, medidas longitudinais de sementes, medidas transversais de sementes espessura do caule, a análise de regressão apresentou diferenças significativas em função dos tratamentos utilizados no estudo.

O feijão-de-porco, responde com diferença de produtividade a variações no espaçamento, com o adensamento entre linhas e entre plantas no momento da semeadura.

O tratamento A1B4 (0,5 m X 0,25 m), aquele que apresentou a maior produtividade de 5.241,20 Kg/ha⁻¹ diretamente influenciada pela maior população de plantas nesse tratamento.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. R. C. DE et al. Desempenho produtivo do feijão-caupi “verde” cultivado sob diferentes espaçamentos, em Juazeiro, BA. **Agrometeoros**, v. 27, n. 2, 12 mar. 2020.

AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. L. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos cerrados. **Pesq agropec bras**, v. 35, n. 1, p. 47–54, 2000.

BARBOSA, E. B. et al. Avaliação do desenvolvimento vegetativo das espécies de girassol (*Helianthus annuus*) e feijão de porco (*Canavalia ensiformis*) cultivadas em solo de passivo ambiental. Evaluation of the vegetative development of species of sunflower (*Helianthus annuus*) and pig bean (*Canavalia ensiformis*) cultivated in environmental passive soil. v. 3, n. 13, p. 29–37, 2021.

BORTULUZZI, M. P. et al. Crescimento, acúmulo de fitomassa e produtividade do “feijão-de-porco” em diferentes datas de semeadura. **Revista de Ciências Agrárias**, 28 nov. 2019.

CERUTTI, P. H. et al. Potencial agrônômico de linhagens de feijão para qualidade de sementes e rendimento de grãos Agronomic potential of bean lines for seed quality and grain yield. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 2021, n. 4, p. 278–284, [s.d.].

CICERO, S. M.; DE LIMA ORSI, E. W. «INFLUÊNCIA DO PESO DA SEMENTE DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) SOBRE A GERMINAÇÃO»*. [s.l.: s.n.].

DADA, O. A.; FALOYE, B.; DUMET, J. D. Evaluation of Variability in Proximate Compositions among Accessions of Sword bean (*Canavalia gladiata* Jacq. DC) and Jack bean (*Canavalia ensiformis* L. DC). **Notulae Scientia Biologicae**, v. 5, n. 1, p. 98–103, 2013.

HENRIQUE MOREIRA SALGADO, F.; RIBEIRO FIDELIS, R.; RODRIGUES DOS SANTOS, G. **Alternative control of diseases and pests in plants View project**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/220023473>>.

HUMBERTO, C. et al. *Ciência Rural*, v.39, n.2, mar-abr. n. 2, p. 348–354, 2009.

JOLAOSHO, A. O. et al. Sowing density of herbage and seed production from two Jack bean (*Canavalia ensiformis* (L.) DC) cultivars. **Nigerian Journal of Animal Production**, v. 48, n. 6, p. 304–311, 18 jan. 2022.

KESSLERF, C. D. J. **An agronomic evaluation of jackbean (*Canavalia ensiformis*) in Yucatan, Mexico.** [s.l: s.n.].

KOUAM, E. B.; TSAGUE-ZANFACK, A. B. Effect of plant density on growth an yield attributes of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. **Notulac Scientia Biologicae**, v. 12, n. 2, p. 399–408, 2020.

MARIA MEDEIROS COELHO, C.; JEFFERSON LUÍS MEIRELLES COIMBRA CLOVIS ARRUDA DE SOUZA I AMAURI BOGO I ALTAMIR FREDERICO GUIDOLIN I, I. I. *Ciência Rural*, v.37, n.5, set-out. n. 5, p. 1241–1247, 2007.

MONTEIRO, S. S. et al. Morfometria de sementes leguminosas produzidas em diferentes espaçamentos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 14, n. 1, p. 146, 2019.

NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C. **Nota científica / Short Communication Efeito do tamanho na germinação de sementes de mucuna-preta.** [s.l: s.n.].

NASCIMENTO OLIVEIRA, F. DE; BARROS TORRES, S.; PEREIRA BEBEDITO, C. CARACTERIZAÇÃO BOTÂNICA E AGRONÔMICA DE ACESSOS DE FEIJÃO-FAVA, EM MOSSORÓ, RN 1. **Revista Caatinga, Mossoró**, v, v. 24, n. 1, p. 143–148, [s.d.].

PIZZOLANTE DE PÁDUA, G.; KAZUHIKO ZITO, R. **INFLUÊNCIA DO TAMANHO DA SEMENTE NA QUALIDADE FISIOLÓGICA E NA PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA SOJA 1**Revista Brasileira de Sementes. [s.l: s.n.].

SARIJAN, A.; SURAHMAN, M.; SETIAWAN, A. Pruning, cropping pattern and spacing regulation to enhance growth, production and seed quality of Jackbean (*Canavalia ensiformis* L). v. 12, n. 1, p. 46–52, 2018.

SHIMADA, M. M.; ARF, O.; SÁ, M. E. DE. Componentes do rendimento e desenvolvimento do feijoeiro de porte ereto sob diferentes densidades populacionais. **Bragantia**, v. 59, n. 2, p. 181–187, 2000.

SILVA, F. et al. Espaçamento Longitudinal de plantas de feijão caupi em função do tamanho das sementes e da velocidade de semeadura. **Agrarian Academy**, v. 4, n. 7, p. 227–235, 31 jul. 2017.

CAPÍTULO III: Correlação de dados biométricos, e de NDVI para estimar produtividade de feijão-de-porco em condições tropicais.

RESUMO

O objetivo desse capítulo é abordar a importância da agricultura na segurança alimentar global e sustentabilidade ambiental, destacando a necessidade de aprimorar técnicas de manejo agrícola diante da crescente demanda por alimentos e mudanças climáticas. Nele, explora-se o efeito da análise de correlação de dados biométricos além do potencial do NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) como ferramenta para estimar a produtividade de culturas, focando no feijão-de-porco, uma leguminosa tropical.

Foi utilizado um ensaio fatorial combinando 4 espaçamentos entre plantas com 4 espaçamentos entre linhas em três blocos casualizados. Os dados foram obtidos através de paquímetro analógico, fita graduada em centímetros, balança analítica e através de voo com drone controlado da marca DJI Phantom 4 pro, e os dados de correlação foram analisados utilizando o software Excel da Microsoft®

Analisa-se os resultados obtidos, com destaque para a análise de correlação entre a produção de grãos de feijão-de-porco e diversos índices biométricos, como altura de plantas, espessura do caule, número de vagens, medidas longitudinais e transversais de sementes, massa de 100 grãos e valores de NDVI. As conclusões destacam a forte correlação positiva entre NDVI e produtividade, enquanto outros fatores biométricos não mostraram significância.

Nesse ponto é possível concluir que dentre as variáveis analisadas o NDVI é se apresenta como uma ferramenta eficaz para estimar a produtividade do feijão-de-porco em condições tropicais. Por outro lado, os dados biométricos tradicionais analisados, não apresentaram correlação significativa com a produção de grãos. Isso sugere a viabilidade do uso de sensoriamento remoto na agricultura de precisão para otimizar o manejo e a previsão de produção dessa cultura.

Palavras-chave: Correlação, NDVI, *Canavalia ensiformis* (L) DC, Feijão-de-porco

ABSTRACT

The objective of this chapter is to address the importance of agriculture in global food security and environmental sustainability, emphasizing the need to improve agricultural management techniques in the face of increasing demand for food and climate change. It explores the effect of correlating biometric data and the potential of NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) as a tool to estimate crop productivity, focusing on cowpea, a tropical legume.

A factorial trial combining 4 plant spacings with 4 row spacings in three randomized blocks was employed. Data were obtained using an analog caliper, a graduated centimeter tape, an analytical balance, and through drone flights controlled by DJI Phantom 4 pro, with correlation data analyzed using Microsoft® Excel software.

Results are analyzed, with emphasis on the correlation analysis between cowpea grain production and various biometric factors such as plant height, stem thickness, number of pods, longitudinal and transversal seed measurements, mass of 100 grains, and NDVI values. Conclusions highlight a strong positive correlation between NDVI and productivity, while other biometric factors showed no significance.

At this point, it can be concluded that among the variables analyzed, NDVI proves to be an effective tool for estimating cowpea productivity in tropical conditions. On the other hand, traditional biometric data analyzed did not show a significant correlation with grain production. This suggests the feasibility of using remote sensing in precision agriculture to optimize management and production forecasting for this crop.

Keywords: Correlation, NDVI, *Canavalia ensiformis* (L) DC, Jack Beans.

1 INTRODUÇÃO

A agricultura, como uma das principais atividades humanas, desempenha um papel fundamental na garantia da segurança alimentar global e na sustentabilidade ambiental. A crescente demanda por alimentos, juntamente com as mudanças climáticas, tem destacado a necessidade de aprimorar as técnicas de manejo agrícola e a previsão de produção de culturas (MEDEIROS, 2017). Nesse contexto, a utilização de dados biométricos e índices de vegetação como o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) podem se apresentar como ferramentas valiosas para estimar a produtividade das culturas.

O feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), sendo uma leguminosa tropical, tem sido objeto de crescente interesse devido à sua importância como fonte de proteína e como cultura de cobertura do solo. No entanto, a falta de métodos eficazes para estimar a produção desta cultura tem sido um desafio para os agricultores e pesquisadores. A utilização de técnicas de sensoriamento remoto, como o NDVI, pode fornecer informações valiosas sobre o estado vegetativo das plantas, mas a relação precisa entre esses dados e os parâmetros biométricos das plantas ainda não foi completamente explorada.

A busca por utilização de dados do sensoriamento remoto na agricultura, nos traz conceitos importantes da agricultura de precisão, que estão aliadas à conceitos que vem trazendo para o campo uma revolução tecnológica chamada de agricultura 4.0 ou agricultura digital, que passa pela coleta de informações e uso delas para integrar os processos produtivos dentro das áreas das propriedades agrícolas (SHIRATSUCHI et al., 2014), (CASARI, 2018).

Nesse sentido é importante avaliar a correlação entre dados biométricos, como a altura das plantas, a espessura do caule, as medidas transversais e longitudinais de sementes, a massa de 100 grãos e o número de vagens, e o NDVI como uma ferramenta potencial para estimar a produção de grãos de feijão-de-porco.

Além disso, a investigação dos fatores que afetam a produção de feijão-de-porco é relevante para a promoção da agricultura sustentável, considerando seu papel na fixação de nitrogênio e melhoria da fertilidade do solo (FERNANDES, 1999). Portanto, este estudo também contribui para a compreensão dos processos ecofisiológicos subjacentes ao crescimento e à produção dessa leguminosa (AMABILE; FANCELLI, 2000).

Portanto, esse trabalho apresenta a metodologia utilizada na coleta de dados biométricos e na obtenção do NDVI, E como os resultados das análises de correlação associar esses dados com a produtividade de grãos. A pesquisa visa fornecer parâmetros na perspectiva de aprimorar a gestão da cultura e a previsão de produção de feijão-deporco em condições tropicais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Aquisição de Sementes

O trabalho com a cultura do Feijão-de-Porco (*Canavalia ensiformis* L. DC) foi realizado no campus Satuba do instituto federal de ciência educação e tecnologia de alagoas, em área experimental destinada a projetos experimentais e produção agrícola. O município de Satuba possui altitude de 24 em relação ao nível do mar, e contém as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 9° 34' 20" sul, e Longitude: 35° 49' 27". As sementes de Feijão-de-Porco (*Canavalia ensiformis* L. DC), foram adquiridas através do Termo de Referência para Dispensa de Licitação nº09/2019.

2.2 Avaliação de Sementes

Em 12 de Junho de 2020, foi realizado um teste de viabilidade das sementes, para a simples averiguação das condições de armazenamentos das mesmas, com a utilização de 50 sementes em bandejas de isopor, obtendo assim 92 % de germinação.

2.3 Amostragem do solo

Em 16 de Junho de 2020, foi realizada a coleta de solo, para avaliar a necessidade de adubação para complementar a nutrição e obter o melhor desenvolvimento das plantas, porém com o resultado da análise verificou-se que não seria necessário o incremento de corretivo e adubação na área amostrada.

2.4 Preparo do solo

Em 13 de agosto de 2020, foi realizada a abertura dos sulcos obedecendo o croqui desenhado para o experimento, também foi aplicado o adubo químico NPK, na concentração de 10-10-10, para a uniformização das condições nutricionais do solo.

2.5 Caracterização experimental

Cada parcela consistia em 4 linhas de plantio com 4 metros de comprimento, com a sua combinação específica da interação entre os espaçamentos. O delineamento utilizado foi em 3 blocos casualizados em fatorial com todas as combinações possíveis entre os espaçamentos estudados, 0,5m; 0,75m; 1,00m; 1,25m; (que correspondem aos tratamentos: A1; A2; A3; A4; respectivamente) entre as linhas de cultivo, e 1m; 0,75m; 0,5m; 0,25m; (que correspondem aos tratamentos: B1; B2; B3; B4; respectivamente) entre as plantas criando assim 16 combinações utilizadas nesse estudo. Essas combinações totalizaram 48 parcelas com as respectivas populações de plantas.

2.6 Semeadura

No dia 14 de agosto de 2020, realizou-se o semeio do feijão-de -porco, utilizando 3 sementes por cova, para garantir o sucesso na germinação de todos o stand de plantas, efetuando o devido desbaste no dia 05 de setembro, 15 dias após a germinação que tivera seu início em 20 de agosto de 2020.

2.7 Área útil

A área útil de cada parcela foi composta pelas duas linhas centrais desprezando as primeira e as última plantas dessas linhas.

2.8 Dados Biométricos

Os dados biométricos das variáveis altura de plantas, espessura do caule, número de vagens, medidas longitudinais e transversais de sementes, massa de 100 grãos foram obtidos a partir de medições utilizando paquímetro analógico Digimess®, fita métrica graduada, e balança analítica digital.

2.9 Dados do Voo com drone

Em 29 de outubro de 2020, realizamos o voo para a coleta de dados de NDVI, utilizando o drone com a configuração: Phantom 4 pro, marca DJI, equipado com uma câmera RGB (Red, Green e Blue) com o sensor integrado de 20 megapixels, além de uma câmera multiespectral Survey 3 RGN (Red, Green e Nir) Mapir, com uma altura de voo de 35 metros, e uma sobreposição frontal de 80% e sobreposição lateral de 75%.

2.10 Análise estatística

A análise de correlação entre os dados foi realizada usando o software Excel do pacote office da Microsoft®.

3 RESULTADOS E DISCURSSÃO

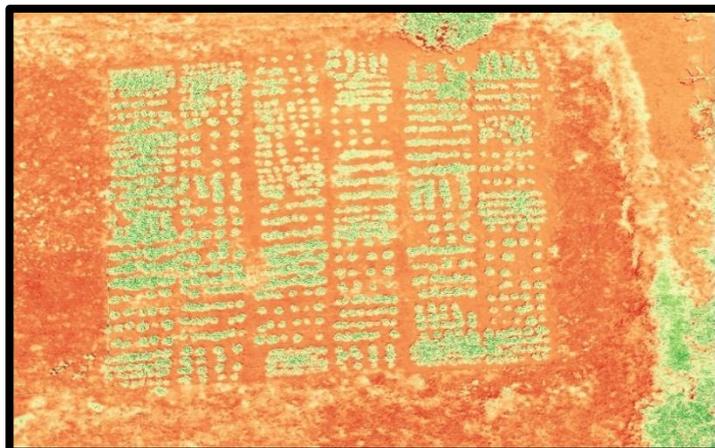
3.1 Produtos gerados

Figura 12 - Vista aérea da área experimental, que foi utilizada para a coleta de dados de NDVI, para posterior tratamento e delimitação da área de interesse.



Fonte: Autor 2020

Figura 13 - Imagem RGB captada com o auxílio do drone modelo Phantom 4 pro, equipado com a câmera RGB (Red, Green e Blue) com o sensor integrado de 20 megapixels, além de uma câmera multiespectral Survey 3 RGN (Red, Green e Nir) Mapir



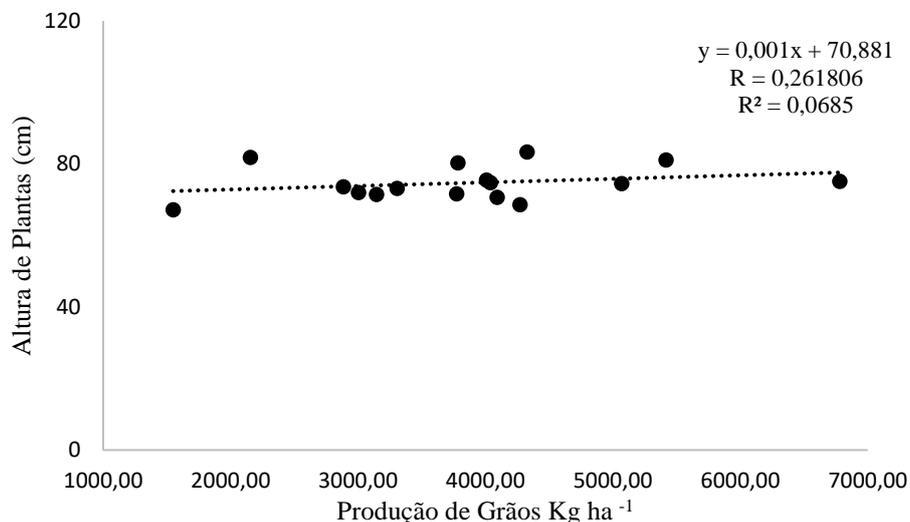
Fonte: Autor 2020

3.2 Análise de Correlação.

3.2.1 Correlação entre a Produção de Grãos, e Altura de Plantas.

Nos resultados da comparação da influência da variável altura de plantas num possível incremento da produtividade de grãos (**Figura 14**), apesar da análise apresentar uma correlação positiva, existe uma interação fraca entre os dados observados. Essa informação nos mostra que essa variável não pode ser um fator determinante para a seleção e análise de formas de cultivos mais produtivas, ou em um possível programa de melhoramento para a cultura.

Figura 14 - Resultados da Análise de Correlação da Produção de Grãos de Feijão-de-Porco, comparado com a Altura de Plantas.



O valor encontrado para o coeficiente de correlação (R) foi de 0,261806, e para o coeficiente de determinação (R^2) foi de 0,0685, o que claramente demonstra uma não correlação, ou correlação fraca entre os fatores observados sendo altura de plantas uma característica não recomendada para avaliar estimativas de produtividade na cultura do feijão-de-porco. Essa informação corrobora com o trabalho de Oliveira et al., (2013) onde fica exemplificado que a variável em questão tem baixo efeito direto sobre a produtividade, sendo essa uma característica importante em ensaios de seleção de progênies, em programas de melhoramento.

Outra abordagem a respeito dessa característica, é que segundo Públio Júnior et al., 2018, mesmo a altura de plantas apresentando possibilidades de detecção de variabilidade entre acessos, essa característica pode ser excluída da estimativa do aumento de produtividade.

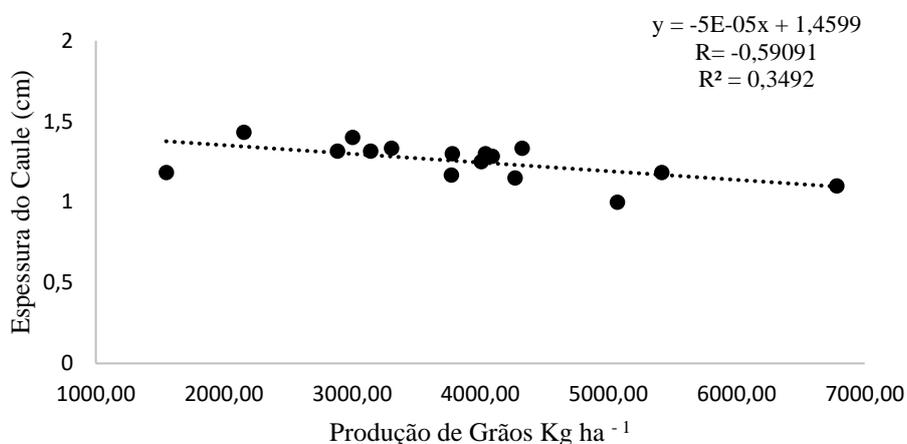
A baixa variabilidade para essa análise, pode derivar de que o experimento base para a coleta de dados apresentar apenas uma variedade da espécie estudada, o que necessitaria de outros indivíduos e diferentes interações genéticas e avaliar melhor a significância dessa variável em associação com a produção de grãos.

3.1.2 Correlação entre Produção de Grãos, e Espessura do Caule.

Em face dos resultados da análise da correlação da produção de grãos comparada com a espessura do caule (**Figura 15**), apresenta uma forte correlação negativa entre os dados observados.

A representação gráfica mostra uma inversão na análise da cultura que mostra que diâmetros menores da espessura do caule estão relacionados com maiores índices de produtividade.

Figura 15 - Resultados da Análise de Correlação da Produção de Grãos de Feijão-de-Porco, comparado com a Espessura do Caule.



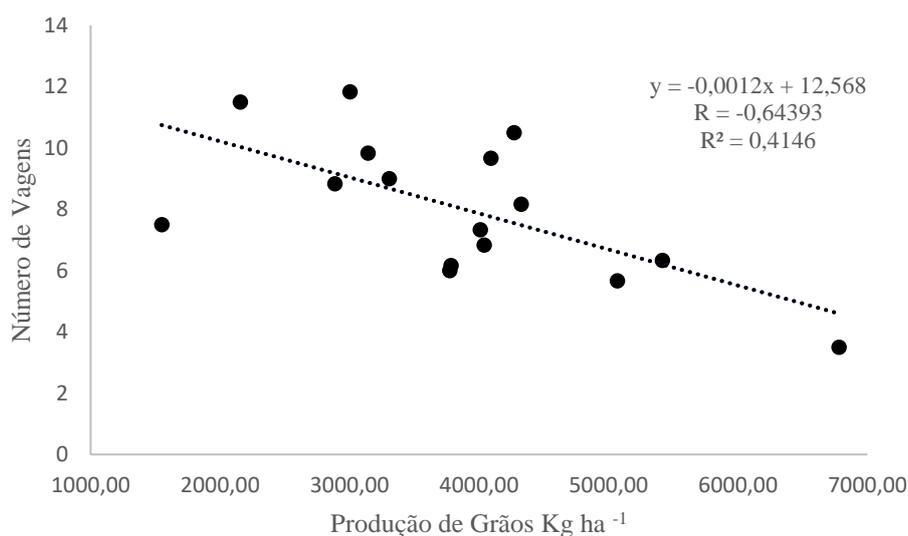
O coeficiente de correlação encontrado na análise foi de (R) – 0,59091, e o coeficiente de determinação foi de (R) 0,3492, valores que representam correlação negativa forte com os dados agrupados em torno da reta, sendo uma característica interessante para selecionar materiais para possíveis programas de melhoramento da cultura, o que difere do trabalho de Coelho et al., 2010, que em estudos utilizando a cultura do feijão, os resultados encontrados para a variável espessura do caule na apresentou viabilidade para a seleção de materiais e portanto pouco relevantes para estudos de divergência genética em bancos de germoplasma, isso mostra que maiores observações a respeito da cultura do feijão de porco.

3.1.3 Correlação entre Produção de Grãos e Número de Vagens.

Na avaliação do resultado da correlação que compara a produção de grãos com o número de vagens, a representação gráfica (**Figura 16**) apresenta uma acentuada correlação negativa entre os fatores utilizados no comparativo. Tal informação necessita de um maior cuidado na análise dos resultados, pois na lógica da exploração agropecuária, e na produção de grãos, é mais comum que quanto maior a produção de vagens, o resultado da produtividade também seria maior. A explicação para essa inversão na lógica da produção, se dá pelo fato de que o experimento inicia para a coleta de dados, se baseou inicialmente num estudo fatorial de diferentes espaçamentos para avaliar aquele que melhor se adequa a melhor produtividade para a cultura. Dentro dessa perspectiva foi observado que nos arranjos espaciais mais distantes, apesar das plantas apresentarem um maior número de vagens, como existiam um menor número de indivíduos, esses espaçamentos se mostraram menos produtivos no somatório total.

Já nos arranjos espaciais mais adensados, as plantas apresentam um menor número de vagens, porém com um número expressivo de indivíduos, essas combinações apresentam uma maior produtividade no somatório total.

Figura 16 - Resultados da Análise de Correlação da Produção de Grãos de Feijão-de-Porco, comparado com o Número de Vagens.



Os valores encontrados para o coeficiente de correlação foi de $(R) = -0,64393$, enquanto o coeficiente de determinação resultante da análise foi de $(R^2) = 0,4146$, evidenciando uma correlação de moderada a forte para a análise dessas variáveis unidas.

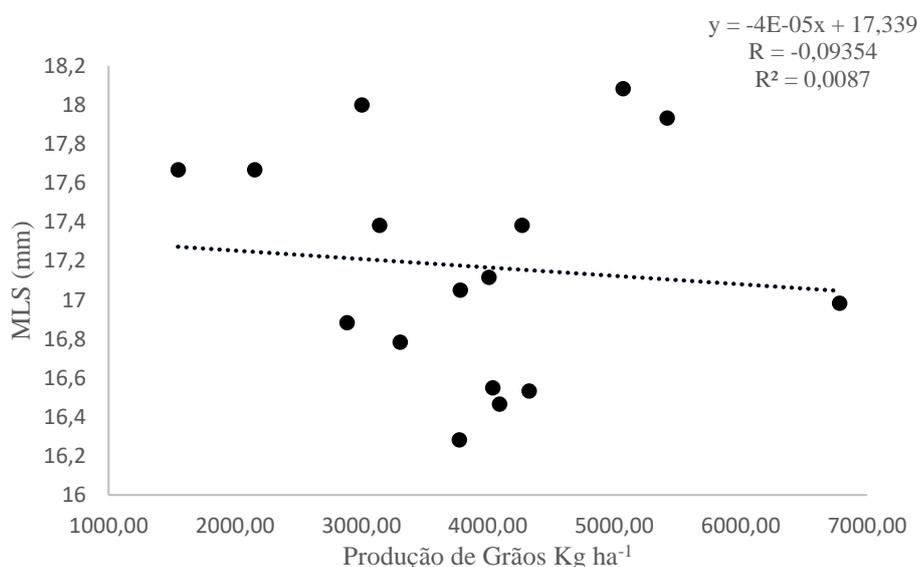
Esses resultados ajudam ao produtor de sementes a definir melhor o manejo adotado para o cultivo comercial para a cultura em questão, sendo esses resultados norteadores na tomada de decisão, de como conduzir o plantio comercial.

Os resultados apresentados diferem dos valores encontrados por Ricci; et al, 2009, que obteve valores menores no número de vagens de feijão-de-Porco, relatando apenas uma média de 1,96 vagens por plantas, tendo em vista que tal experimento foi em consórcio junto com a cultura do café.

3.1.4 Correlação entre Produção de Grãos, e Medida Longitudinal de Sementes.

Nos resultados da comparação da influência da variável medida longitudinal de sementes possível incremento da produtividade de grãos (**Figura 17**), A análise apresentar uma correlação negativa, avaliada como fraca entre os dados observados. Essa informação nos mostra que essa variável não deve ser levada em consideração em situações de seleção de caracteres para programas de melhoramento da cultura.

Figura 17 - Resultados da Análise de Correlação da Produção de Grãos de Feijão-de-Porco, comparado com a Medida Longitudinal de Sementes.



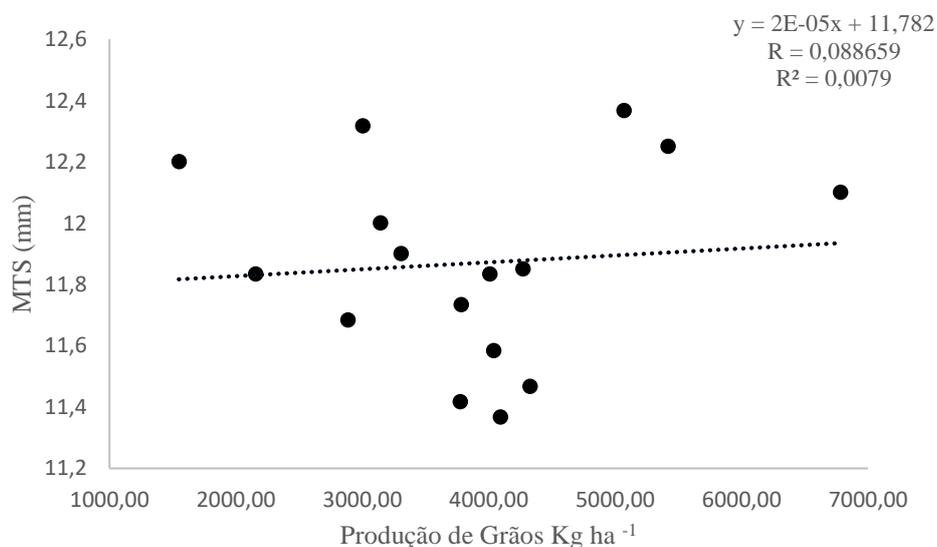
Os valores encontrados para o coeficiente de correlação foi de $(R) = -0,09354$, enquanto o coeficiente de determinação resultante da análise foi de $(R^2) = 0,0087$, evidenciando uma correlação de moderada a fraca na análise dessas variáveis unidas, evidenciando uma diminuição na medida longitudinal das sementes quando se eleva a produção de grãos.

Os dados trabalhados para a análise dessa variável corroboram com os valores encontrados por Monteiro et al., 2019, mostrando que essas medidas são características da cultura. Segundo, Gogtay; 2017, os valores observados na análise de correlação as medidas longitudinais das sementes não influenciam na produção de grãos.

3.1.5 Correlação entre Produção de Grãos e Medida Transversal de Sementes.

Nos resultados da comparação da influência da variável medida transversal de sementes num possível incremento da produtividade de grãos (**Figura 18**), apesar da análise apresentar uma correlação positiva, existe uma interação fraca entre os dados observados. Essa informação nos mostra que essa variável não pode ser um fator determinante para a seleção e análise de formas de cultivos mais produtivas, ou em um possível programa de melhoramento para a cultura.

Figura 18 - Resultados da Análise de Correlação da Produção de Grãos de Feijão-de-Porco, comparado com a Medida Transversal de Sementes.

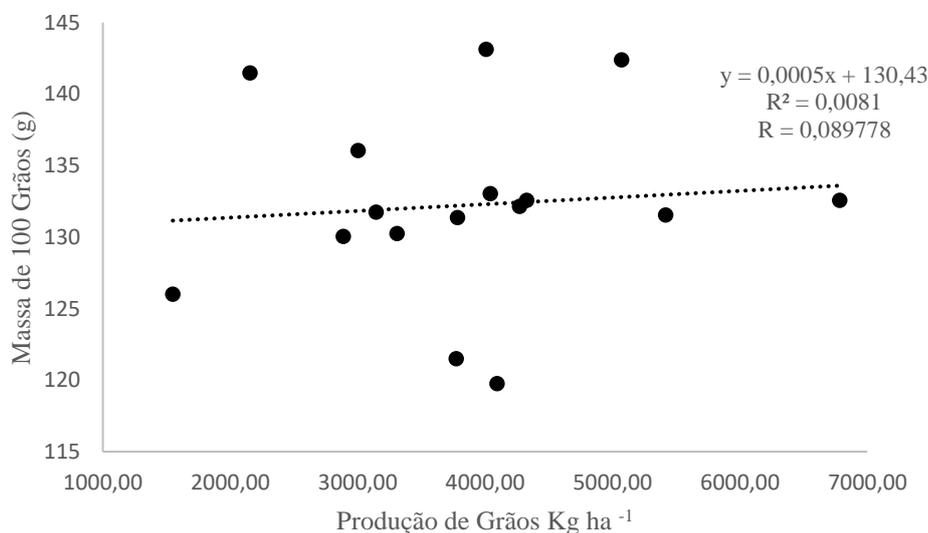


Os valores encontrados para o coeficiente de correlação foi de $(R) = -0,088659$, enquanto o coeficiente de determinação resultante da análise foi de $(R^2) = 0,0079$, evidenciando uma correlação positiva fraca para a análise dessas variáveis unidas. Assim como foi visto no item anterior a medida transversal de sementes pouco influência na produção de grãos como podemos observar, segundo as definições propostas por Gogtay; 2017.

3.1.6 Correlação entre Produção de Grãos e Massa de 100 Grãos.

Nos resultados da comparação da influência da variável Massa de 100 grãos, num possível incremento da produtividade de grãos (**Figura 19**), apesar da análise apresentar uma correlação positiva, existe uma interação fraca entre os dados observados. Essa informação nos mostra que essa variável não pode ser um fator determinante para incrementos a respeito da produtividade alcançada.

Figura 19 - Resultados da Análise de Correlação da Produção de Grãos de Feijão-de-Porco, comparado com a Massa de 100 Grãos.



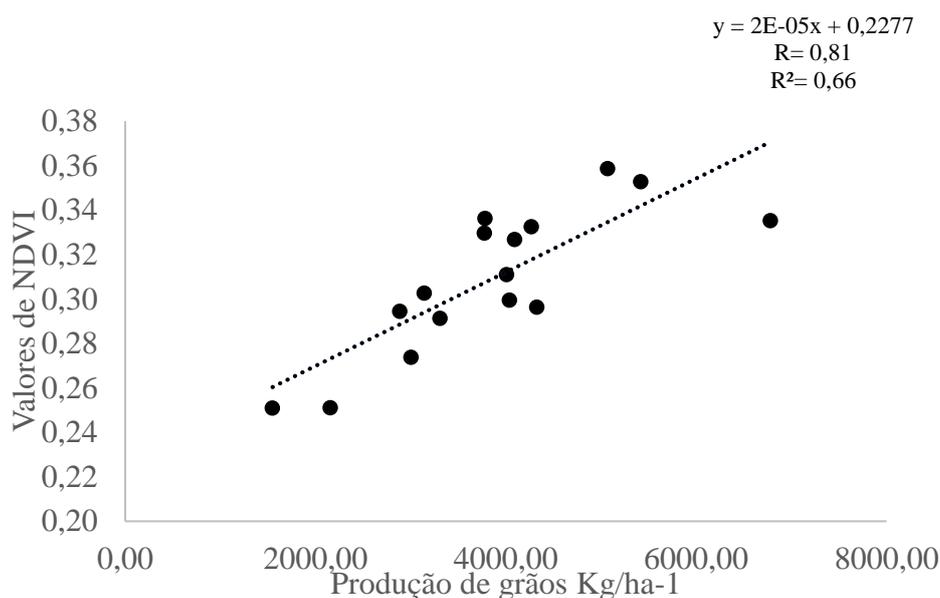
Os valores encontrados para o coeficiente de correlação foi de $(R) = 0,089778$, enquanto o coeficiente de determinação resultante da análise foi de $(R^2) = 0,0081$, evidenciando uma correlação positiva fraca, para a análise dessas variáveis unidas, evidenciando que mesmo com variações importantes na massa de 100 grãos quando se

trabalha com diferentes épocas de semeadura como demonstrado por Bortuluzzi et al., 2019, esse fator não contribui efetivamente para maiores produtividades.

3.1.7 Correlação entre Produção de Grãos e Valores de NDVI.

Nos resultados da comparação da influência da variável dados de NDVI num possível incremento da produtividade de grãos (**Figura 20**), a análise apresentar uma correlação positiva, e uma interação forte entre os dados observados. Essa informação nos mostra que essa variável pode ser lida como um indicativo de que é possível associar os maiores valores do índice vegetativo com as maiores produtividades.

Figura 20 - Correlação entre os dados de NDVI e o resultado da produção de grãos no experimento com diferentes interações de espaçamentos para a cultura do feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L)).



Tomando com o base o trabalho de Shimakura (2006), os valores de correlação (R) obtidos, representam uma correlação forte e positiva chegando ao valor de 0,81, quando se compara os valores obtido do índice de vegetação de NDVI, em comparação a produtividade encontrada em cada arranjo espacial (combinação de espaçamentos) e o coeficiente de determinação (R²), o resultado foi de 0,66, o que pode ser um indicativo que outros fatores (ambientais, nutricionais, manejo e etc), também podem influenciar no resultado final da comparação correlata.

Em experimento com trigo para estimativas de produtividade, Rivas et al., (2011) demonstrou que dado de NDVI obtidos por sensoriamento remoto, com resolução espacial de 30m por 30m, é apropriada para estimar rendimentos na referida cultura.

Para Santana et al., (2016) é possível concluir para a cultura do feijão comum, que o NDVI apresenta uma alternativa não destrutiva para estimar índices de área foliar, biomassa e conseqüentemente uma correlação positiva dessas variáveis com a produção de grãos.

4 CONCLUSÕES

Constatou com esse trabalho, que existe uma correlação forte e positiva, dos maiores índices de vegetação (NDVI), coletados no período de floração das plantas nos arranjos espaciais trabalhados no experimento, com os dados da produção de grãos do experimento de espaçamento com a cultura do feijão-de-porco, sendo possível estimar a produtividade da cultura em questão.

A análise de correlação dos fatores, Altura de Plantas, Espessura de Caule, Número de Vagens, Medida longitudinais de Sementes, Medidas Transversais de Sementes, e Massa de 100 grãos, não apresentaram significância no incremento de produtividade em feijão-de-porco.

REFERÊNCIAS

AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. L. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos cerrados. **Pesq agropec bras**, v. 35, n. 1, p. 47–54, 2000.

BORTULUZZI, M. P. et al. Crescimento, acúmulo de fitomassa e produtividade do “feijão-de-porco” em diferentes datas de semeadura. **Revista de Ciências Agrárias**, 28 nov. 2019.

CASARI, G. H. N. C. **ESTIMATIVA DE BIOMASSA POR SENSORIAMENTO REMOTO: UM POTENCIAL PARA AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE ENERGIA**. [s.l: s.n.].

COELHO, C. M. , M. et al. **Semina: Ciências Agrárias**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445744099007>>.

FERNANDES, M. F.; BARRETO, A. C.; EMÍDIO FILHO, J. Fitomassa de adubos verdes e controle de plantas daninhas em diferentes densidades populacionais de leguminosas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 9, p. 1593–1600, 1999.

GOGTAY, N. J.; THATTE, U. M. **Principles of Correlation Analysis** *Journal of The Association of Physicians of India* ■. [s.l: s.n.].

MEDEIROS, M. **SUSTENTABILIDADE NA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS**. Em: [s.l: s.n.].

MONTEIRO, S. S. et al. Morfometria de sementes leguminosas produzidas em diferentes espaçamentos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 14, n. 1, p. 146, 1 jan. 2019.

OLIVEIRA, O. M. S. DE et al. Genotypic associations between production components and agronomic characteristics in the cowpea. p. 851–857, 2013.

PÚBLIO JÚNIOR, E. et al. Estimativas de parâmetros genéticos em genótipos de feijão-frade. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 3, p. 806–814, jul. 2018.

RICCI, M. DOS S. F.; MENEZES, M. B. **DESENVOLVIMENTO DO FEIJÃO DE PORCO PLANTADO PARA ADUBAÇÃO VERDE DO CAFEIEIRO CULTIVADO SOB MANEJO ORGÂNICO E ARBORIZADO**. [s.l: s.n.].

RIVAS, R.; OCAMPO, D.; CARMONA, F. **Modelo de predicción de rendimiento de trigo a partir de NDVI: aplicación en el contexto de la agricultura de precisión**. [s.l: s.n.].

SANTANA, A. V. DE et al. Índice de reflectância na estimativa da área foliar e biomassa das folhas de feijão - comum. **Colloquium Agrariae**, v. 12, n. 1, p. 7–19, 2016.

SHIMAKURA, S. E. (2006) Correlação. In CE003 - Estatística II. Paraná: Dep. de Estatística – UFPR: 71-78.

SHIRATSUCHI, L. S. et al. Agricultura de precisão - resultados de um novo olhar. **Embrapa Instrumentação**, p. 58–73, 2014.