



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS ARAGUATINS
CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA

ANA PAULA DA SILVA SANTANA

**POTENCIAL DE DIFERENTES ADUBOS VERDES E SEUS EFEITOS SOBRE AS
PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO NO NORTE DO TOCANTINS**

Araguatins
2022

ANA PAULA DA SILVA SANTANA

**POTENCIAL DE DIFERENTES ADUBOS VERDES E SEUS EFEITOS SOBRE AS
PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO NO NORTE DO TOCANTINS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso Superior de Bacharelado em
Engenharia Agrônômica, do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia, do Tocantins, *Campus*
Araguatins, como exigência à obtenção do título de
Bacharela em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Dr. Leonardo Corrêa da Silva

Araguatins

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

S232p Santana, Ana Paula da Silva
 Potencial de diferentes adubos verdes e seus efeitos sobre as
 propriedades químicas do solo no norte do Tocantins / Ana Paula da Silva
 Santana. – Araguatins, TO, 2022.
 36 p.

 Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia
 Agrônômica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
 Tocantins, Campus Araguatins, Araguatins, TO, 2022.

 Orientador: Dr. Leonardo Corrêa da Silva

 1. Adubação verde. 2. proteção do solo. 3. plantas de cobertura. I. Silva,
 Leonardo Corrêa da. II. Título.

CDD 630

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).



Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins
Campus Araguatins
Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Agrônômica

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “POTENCIAL DE DIFERENTES ADUBOS VERDES E SEUS EFEITOS SOBRE AS PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO”

AUTOR (A): Ana Paula da Silva Santana

ORIENTADOR (A): Prof. Dr. Leonardo Corrêa da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, *Campus Araguatins*, como parte das exigências para a conclusão do Curso de Bacharelado em Engenharia Agrônômica.

Aprovado em 19 de novembro de 2022.



Documento assinado eletronicamente por **Leonardo Correa da Silva, Servidor**, em 19/11/2022, às 17:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Miguel Camargo da Silva, Servidor**, em 19/11/2022, às 17:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Raimundo Laerton de Lima Leite, Servidor**, em 19/11/2022, às 17:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.iftoc.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1792262** e o código CRC **132D01FD**.

Dedico este trabalho aos meus pais Francimar
Gomes Santana e Dalzirene Carvalho da Silva,
às minhas irmãs, Laurem Karoline e Gleciane
da Silva Santana.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela oportunidade de viver, por iluminar e guiar meus caminhos e decisões no decorrer da trajetória.

Aos meus pais, Francimar Gomes Santana e Dalzirene Carvalho da Silva, pelo exemplo de perseverança cuidado e amor, sempre me apoiaram e me incentivaram a seguir em frente.

As minhas irmãs, Laurem Karoline e Gleciene da Silva Santana que acreditaram em mim, pelo amparo, paciência e força em todos os momentos.

As minhas avós, Veracy Gomes Santana e Ernestina Carvalho da Silva, pelo incentivo e por serem os pilares da minha vida.

Em memória dos meus avôs Adão Rodrigues Santana e Ricardo Pereira da Silva.

A uma pessoa especial, David Aimar Sousa Silva, que ao longo desta trajetória esteve ao meu lado me apoiando.

Aos meus amigos Cledyson Gabriel Oliveira, Danilo Rodrigues, Eduardo Andrade, Ítalo Mateus dos Santos, Izabel Araújo, Jean Lucas Freitas, Lorhana Mesquita e Mayara Sousa, que tive o prazer de conhecer durante a graduação e que me auxiliaram ao longo da implantação deste projeto de pesquisa.

Ao meu professor orientador, Dr. Leonardo Corrêa da Silva, pelos conhecimentos compartilhados.

Ao prof. Dr. Raimundo Laerton da Lima Leite e ao prof. Mr. Sc. Miguel Camargo da Silva por constituírem a banca examinadora do meu trabalho de conclusão de curso- TCC.

A instituição pela oportunidade de cursar a graduação em engenharia agrônoma, por todo conhecimento repassado, apoio técnico e espaço cedido para a condução do experimento.

A todos que de forma direta ou indireta contribuíram com a minha formação, e conclusão deste projeto.

“Renda-se, como eu me rendi. Mergulhe no que você não conhece como eu mergulhei. Não se preocupe em entender, viver ultrapassa qualquer entendimento”.

(Clarice Lispector)

RESUMO

Existe atualmente uma grande demanda por manejos que visem a conservação do solo para garantir a continuidade da produção agrícola. Neste sentido, os adubos verdes podem ser usados para a realização da ciclagem de nutrientes e produção de palhada para o sistema de plantio direto, conservando mais os solos. Esta prática vem ganhando mais repercussão e novos adeptos, pois o mercado consumidor está mais preocupado com a origem e impacto ambiental causado pelos alimentos que consomem. Muito se sabe sobre os efeitos destas plantas a longo prazo, porém, existem poucos estudos sobre o desenvolvimento e contribuição dessas culturas a curto prazo. Pensando na necessidade e importância da maior oferta de informações referentes a este método de manejo conservacionista, este projeto tem como objetivo avaliar o comportamento destas leguminosas nas condições locais e conhecer seu potencial sobre as propriedades químicas do solo. Para isso, foi instalado um experimento no delineamento em blocos casualizados, formado por seis repetições e quatro tratamentos - as culturas do feijão de porco *Canavalia ensiformes* L. D.C., *Crotalaria juncea* L., *Crotalaria spectabilis* Roth. e a testemunha com o solo limpo. Cada parcela experimental referente aos adubos verdes foi formada por seis fileiras de quatro metros de comprimento, com largura variando de acordo com o espaçamento dos tratamentos. As parcelas do solo limpo foram formadas por quatro metros de comprimento e 1,5 m de largura. As diferentes avaliações a serem realizadas permitiram a obtenção de dois conjuntos de dados, designados de 'A' e 'B' para fins didáticos, com diferentes números de parcelas. A fim de se caracterizar os três adubos verdes nas condições locais, foi avaliada a porcentagem de germinação (%G), o estande final (EF), o tempo médio de germinação (TMG), o número de dias até o florescimento (NDF), a produção de massa verde da parte aérea (MVPA) e a altura de planta (AP), totalizando 18 parcelas do conjunto de dados 'A', sem considerar as parcelas do solo limpo. Para se conhecer o efeito destes adubos nas propriedades químicas do solo, as plantas foram cortadas, cada uma em sua época específica, e condicionadas sobre suas respectivas parcelas. Após 20 dias, foram coletadas as amostras de solo de cada parcela, incluindo as seis do solo limpo, para determinar a concentração de P, K, Ca, Mg, Al, (H+Al)), MO%, pH e também a soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases (V%), totalizando 24 parcelas do conjunto de dados 'B'. Ambos os conjuntos de dados foram submetidos a análise de variância e, sendo significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A %G, EF% e TMG apresentaram os melhores resultados para feijão de porco; NDF, AP e PMV para crotalaria juncea e feijão de porco. De maneira geral, notou-se que o tempo de decomposição deveria ser maior que 20 dias para uma melhor discriminação dos adubos, mas, ainda assim, o teste F foi significativo para P, Ca, MO%, V% e CTC, indicando contribuição diferente entre os adubos verdes.

Palavras-chave: Adubação verde; feijão de porco (*Canavalia ensiformes* L. D. C.); *Crotalaria juncea* L.; *Crotalaria spectabilis* Roth.

ABSTRACT

There is currently a great demand for management aimed at soil conservation to ensure the continuity of agricultural production. In this sense, green manures can be used to cycle nutrients and produce straw for the no-tillage system, thus conserving more soil. This practice has been gaining more repercussions and new followers, as the consumer market is more concerned with the origin and environmental impact caused by the food they consume. Much is known about the long-term effects of these plants, however, there are few studies on the development and contribution of these crops in the short term. Thinking about the need and importance of providing more information regarding this method of conservation management, this project aims to evaluate the behavior of these legumes in local conditions and to know their potential on the chemical properties of the soil. For this, an experiment was set up in a randomized block design, consisting of six replications and four treatments - the jack bean crops *Canavalia ensiformes* L. D.C., *Crotalaria juncea* L., *Crotalaria spectabilis* Roth. and the witness with the clean soil. Each experimental plot referring to the green manures was formed by six rows of four meters in length, with width varying according to the spacing of the treatments. The clean soil plots were formed by four meters in length and 1.5 m in width. The different evaluations to be carried out allowed obtaining two sets of data, called 'A' and 'B' for didactic purposes, with different numbers of plots. In order to characterize the three green manures under local conditions, the germination percentage (%G), the final stand (EF), the average germination time (TMG), the number of days until flowering (NDF), above-ground green mass production (MVPA) and plant height (AP), totaling 18 plots of dataset 'A', without considering the plots of clean soil. In order to know the effect of these fertilizers on the chemical properties of the soil, the plants were cut, each one at its specific time, and conditioned on its respective plots. After 20 days, soil samples were collected from each plot, including the six from the clean soil, to determine the concentration of P, K, Ca, Mg, Al, (H+Al)), MO%, pH and also the sum base (SB), cation exchange capacity (CTC) and base saturation (V%), totaling 24 plots of data set 'B'. Both sets of data were submitted to analysis of variance and, being significant at 5% probability by the F test, the means were compared by Tukey's test at 5% probability. The %G, EF% and TMG showed the best results for jack bean; NDF, AP and PMV for *Crotalaria juncea* L. and jack bean. In general, it was noted that the decomposition time should be greater than 20 days for a better discrimination of the fertilizers, but even so, the F test was significant for P, Ca, MO%, V% and CTC, indicating a different contribution between green manures.

Keywords: Green fertilization; *Canavalia ensiformes* L. D. C.; *Crotalaria juncea* L.; *Crotalaria spectabilis* Roth.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Área experimental.....	19
----------------------------------	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição química do solo da área experimental na camada de 0-20 cm de profundidade	20
Tabela 2 - Composição Física do solo da área experimental na camada de 0-20 cm de profundidade	20
Tabela 3 - Médias climatológicas de Araguatins - TO, do dia 12 de fevereiro a 20 de maio de 2022	20
Tabela 4- Esquematização do espaçamento entre parcelas dentro dos blocos contendo os tratamentos: (T1) - crotalaria spectabilis, (T2) - crotalaria juncea, (T3) - feijão de porco, e (T4) - testemunha com solo limpo	21
Tabela 5 - Representação do experimento instalado no campo	21
Tabela 6 - Resumo da análise de variância, para as seis características avaliadas em 3 diferentes espécies de leguminosas usadas para adubação verde em Araguatins, TO	24
Tabela 7 - Resumo do teste de médias pelo teste Tukey a 5% de probabilidade para as seis características avaliadas nas 3 espécies de leguminosas usadas para adubação verde. Araguatins, TO	24
Tabela 8 - Resumo da análise de variância, das características químicas do solo avaliadas 20 dias após o cultivo de 3 espécies de adubo verde e a presença de uma testemunha com solo limpo. Araguatins, TO	27
Tabela 9 – Continuação do resumo da análise de variância, das características químicas do solo avaliadas 20 dias após o cultivo de 3 espécies de adubo verde e a presença de uma testemunha com solo limpo. Araguatins, TO.	27
Tabela 10 - Resumo do teste de médias pelo teste Tukey a 5% para as características químicas do solo avaliadas 20 dias após o cultivo de 3 espécies de adubo verde e a presença de uma testemunha com solo limpo. Araguatins, TO	27
Tabela 11 – Continuação do resumo do teste de médias pelo teste Tukey a 5% para as características químicas do solo avaliadas 20 dias após o cultivo de 3 espécies de adubo verde e a presença de uma testemunha com solo limpo. Araguatins, TO.....	28

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1. ADUBAÇÃO VERDE:	16
2.2. MANEJO CONSERVACIONISTA DO SOLO:	16
2.3. RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS:.....	17
2.4. BENEFÍCIOS DO USO DE ADUBO VERDE PARA OS SOLOS:	17
2.5. SISTEMA DE PLANTIO DIRETO (SPD):	18
3. METODOLOGIA	19
3.1. LOCAL:	19
3.2. SOLO:	19
3.3. CONDIÇÕES CLIMÁTICAS:	20
3.4. PREPARO DA ÁREA EXPERIMENTAL, INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO:.....	20
4. CARACTERIZAÇÃO AGRONÔMICA DAS LEGUMINOSAS E DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO.....	21
5. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	23
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	23
6.1. CONJUNTOS DE DADOS ‘A’:	23
6.2. CONJUNTOS DE DADOS ‘B’:.....	26
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
REFERÊNCIAS	31
APÊNDICES	35

1. INTRODUÇÃO

A prática da adubação verde é baseada no cultivo de plantas que contém potencial para produção de biomassa, podendo ser semeadas em rotação, sucessão ou consórcio com as espécies de importância econômica. Essa prática tem papel importante na melhoria da qualidade nutricional, diversificação cultural, conservação do solo e promoção do desenvolvimento rural sustentável (CARVALHO *et al.*, 2018). Dentre as espécies usadas na adubação verde, podem ser citadas o feijão de porco (*Canavalia ensiformes* (L) D.C.), a crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.) e a crotalária spectabilis (*Crotalaria spectabilis* Roth.).

O feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes* (L) D.C.) pertence à família Fabaceae. É uma planta tropical bastante cultivada nos países tropicais como cobertura verde (CALEGARI, 1993). A leguminosa tem um ciclo anual ou bianual, é ereta, herbácea, com crescimento inicial rápido, muito rústica e com resistência a altas temperaturas. Suas plantas variam de 80 a 120 cm de altura, possuem hastes grossas e lenhosas na base, ciclo de 80 a 90 dias até o florescimento (WUTKE *et al.*, 2007).

Produz cerca de 20 a 25 t/ha de massa verde, de 5 a 8 t/ha de massa seca e cerca de 1.000 a 1.800 kg/ha de sementes. Além disso, podem ser fixados ao solo de 57 a 190 kg/ha/ano de nitrogênio (WUTKE *et al.*, 2007). Segundo Porto *et al.* (2016), o feijão de porco contém em sua composição algumas enzimas, glicoproteínas, polipeptídios e compostos originários do metabolismo de aminoácidos que tem a capacidade de minimizar a população de patógenos.

Conforme descrito por Calegari *et al.* (1993, apud REATTO *et al.*, 2006), a crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.) pertence à família das leguminosas, tem ciclo anual, é subarbusciva, podendo atingir até 3 m de altura. Produção de massa verde e de 21 a 60 t/ha, massa seca de 10 a 15 t/ha, fixação biológica de nitrogênio é média entre 150 e 160 kg/ha/ano (WUTKE 1993).

De acordo com Calegari *et al.* (1993, apud REATTO *et al.*, 2006) a crotalária spectabilis (*Crotalaria spectabilis* Roth.) pertencente à família das leguminosa, é de ciclo anual, possui talo ereto e, normalmente, muito ramificado, até 1,5 m de altura. A produção de massa verde varia de 21 a 60 t/ha, massa seca de 4 a 6 t/ha, fixação biológica de nitrogênio é em média de 120 kg/ha/ano (WUTKE 1993).

Em virtude da produtividade e aspectos benéficos das culturas citadas no texto acima, estas foram escolhidas para compor os tratamentos deste experimento agrícola. Pois, para o melhor desenvolvimento da agricultura moderna é necessário fazer uso de técnicas conservacionistas que beneficiem tanto o fator solo quanto a cultura de valor econômico.

Posto isto, a finalidade desta pesquisa é julgar com base na obtenção de dados, referentes ao desenvolvimento e efeitos das plantas supracitadas sobre as características do solo, quais das três espécies de leguminosas são mais indicadas para o uso em cobertura do solo na região norte do Tocantins.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Adubação verde:

A adubação verde é uma prática conservacionista que consiste em adubar o solo com o uso de diferentes espécies vegetais que contenham a capacidade de atribuir melhorias às propriedades químicas, físicas e biológicas do solo.

Diante da diversidade de espécies existentes, após a realização de estudos, pode-se escolher as que mais se adequem às condições edafoclimáticas da região, favorecendo a produção de biomassa, a capacidade das plantas de se associarem às bactérias e transformar o nitrogênio do ar em compostos nitrogenados, tornando esse nutriente disponível. Somado a isso, existem espécies que tem o potencial de controlar nematoides, com destaque para a crotalária juncea e a crotalária spectabilis (SEDIYAMA, SANTOS, LIMA, 2014).

O uso de plantas para adubar o solo é uma prática que aumenta a sustentabilidade dos sistemas de produção agropecuário pelo fato de serem usadas plantas que possuem a capacidade de absorver nutrientes presentes nas camadas subsuperficiais do solo e, posteriormente, libera-los pela decomposição dos seus resíduos (BERNARDES *et al.*, 2010). De acordo com Torres *et. al.* (2005), no cerrado, as espécies crotalária juncea (*Crotalaria juncea*), crotalária spectabilis (*Crotalaria spectabilis*), mucuna cinza (*Mucuna nívea*) e mucuna preta (*Mucuna aterrima*), Dolichos lablab (*Lablabe*), feijão de porco (*Canavalia ensiformis*) e feijão guandú (*Cajanus cajan*) são as leguminosas que mais se destacam na adubação verde.

2.2. Manejo conservacionista do solo:

A qualidade do solo é definida como a capacidade deste de funcionar dentro do ecossistema para sustentar os parâmetros biológicos, manter a qualidade ambiental e promover a saúde das plantas e animais (ARAÚJO, 2007). Diante disto, a diversificação dos modelos de produção objetivando o aumento da produtividade baseado em métodos que visam proteger, manter e recuperar as características do solo, são práticas importantes para a agricultura moderna.

Perante o atual cenário de crescimento da agricultura, a utilização de manejos conservacionistas, como o uso de cobertura do solo realizada por plantas de adubo verde, motiva

enorme impacto positivo sobre a produção agrícola brasileira. Para Primavesi (2002) o futuro do Brasil está ligado à sua terra. O manejo eficiente do recurso solo é de suma importância para que haja abundância e bem estar geral. Um ambiente que contenha as características edáficas exigidas pelas culturas, possibilita que a planta tenha um excelente desenvolvimento morfológico e metabólico. Pensando na qualidade do sistema solo e planta, ressalta-se a necessidade de manter o manejo e nutrição de ambos sendo realizados de forma adequada.

Ademais, de acordo com Lima e Menezes (2010), a utilização da adubação verde corre para a redução do uso de agrotóxicos (fungicidas, nematicidas, herbicidas), e de adubos químicos, principalmente os nitrogenados. Consequentemente, há menor custo de produção para o agricultor, menor risco de intoxicação dos trabalhadores e dos alimentos, e maior possibilidade de cultivo por vários anos na mesma área. Isto seria quase impossível no cultivo tradicional devido ao surgimento de pragas e doenças.

2.3. Recuperação de áreas degradadas:

Feldens (2018) relata que a exploração das terras e riquezas naturais brasileiras se iniciou entre os anos de 1501 e 1502, porém de forma muito desinteressada. O processo intensificou no ano de 1531, quando foi favorecido pela implantação do sistema administrativo colonial conhecido por capitanias hereditárias. Assim, o Brasil transformou-se em uma propriedade rural agrícola da coroa portuguesa, nascendo a agricultura intensiva em nosso país e, ao mesmo tempo, iniciando a degradação, perda de fertilidade e produtividade dos nossos solos.

Com o uso intensivo e desenfreado do solo, surgiram problemas como a degradação das áreas cultivadas, decorrente da utilização de tecnologias que visam, principalmente, a produtividade sem a implantação de medidas de conservação. No entanto, a agricultura conservacionista visa diminuir os impactos negativos do uso contínuo de áreas agricultáveis.

Ante o exposto, o plantio de leguminosas é capaz de proporcionar boa cobertura vegetal, de formar simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico e com fungos micorrizos, sendo considerado uma prática viável na recuperação destas áreas (NOGUEIRA *et al.*, 2012). A capacidade de fixação do nitrogênio atmosférico e a produção de fitomassa de forma abundante, são as principais razões que conferem às espécies leguminosas suas habilidades para recuperação de áreas degradadas (CATIE, 1992, apud OLIVEIRA, 2013).

2.4. Benefícios do uso de adubo verde para os solos:

Dentre os nutrientes fornecidos pela adubação verde com leguminosas encontra-se, normalmente, uma maior disponibilidade do nitrogênio, o qual está presente em diversas for-

mas na biosfera e é fixado ao solo por meio de processos naturais provenientes da associação de plantas com bactérias diazotróficas.

A implantação de culturas que proporcionam adubação é uma alternativa sustentável para a recuperação das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, melhora a fertilidade do solo, contribuindo para aumentar a CTC e diminuir os efeitos tóxicos do alumínio. Somado a isso, ainda é possível observar a ocorrência de incremento de nutrientes lixiviados na mobilidade de retenção de água e poros do solo (SANTOS *et al.*, 2018).

A contribuição das espécies fixadoras de nitrogênio quanto ao acúmulo de biomassa e aporte de nutrientes ao solo é dependente de uma série de fatores, sobretudo com aqueles relacionados com a composição e quantidade do material a ser depositado no solo (ANDRADE, *et al.*, 2000 apud OLIVEIRA, 2013). Quando presentes no solo, os nutrientes ficam disponíveis para as culturas sucessoras.

2.5. Sistema de plantio direto (SPD):

Como descrito por Heckler *et al.* (2002), o sistema de plantio direto (SPD) é conceituado como a forma de manejo conservacionista que envolve todas as técnicas recomendadas para aumentar a produtividade, conservando ou melhorando continuamente o ambiente.

O SPD é caracterizado como sendo umas das maiores modificações na tecnologia da agricultura e, nos dias atuais, mostra-se aprimorado em função das condições regionais em que é praticado, ou seja, cria identidade regional, conforme a oferta ambiental dos fatores de crescimento. Com o uso desse sistema ocorre o aumento da atividade microbiana que, aliada à mineralização, torna disponível nutrientes às plantas, induzindo melhoria na produtividade. Confere controle contra plantas infestantes, sendo esta uma característica que ressalta o valor deste sistema. O uso de palha sobre o solo oferece a cobertura permanente e a perceptível melhora dos parâmetros físicos, químicos e biológicos e, conseqüentemente, a qualidade do solo (ALVARENGA *et al.*, 2001).

Para se atingir alta produtividade, por longo tempo, com maior rentabilidade agrícola, o manejo adequado dos solos é de suma importância (CORSINI; CASSIOLATO, 2015). Desse modo, com o objetivo de suprir a alta demanda de alimentos e manter a estabilidade do solo, o SPD é capaz de possibilitar o aumento da eficiência energética e menor agressão ao ambiente, melhorando a manutenção de resíduos orgânicos no solo, proporcionando uma maior proteção à superfície do solo contra efeitos dos raios solares, chuva, escoamento superficial da água e erosão (SOUZA, 2016).

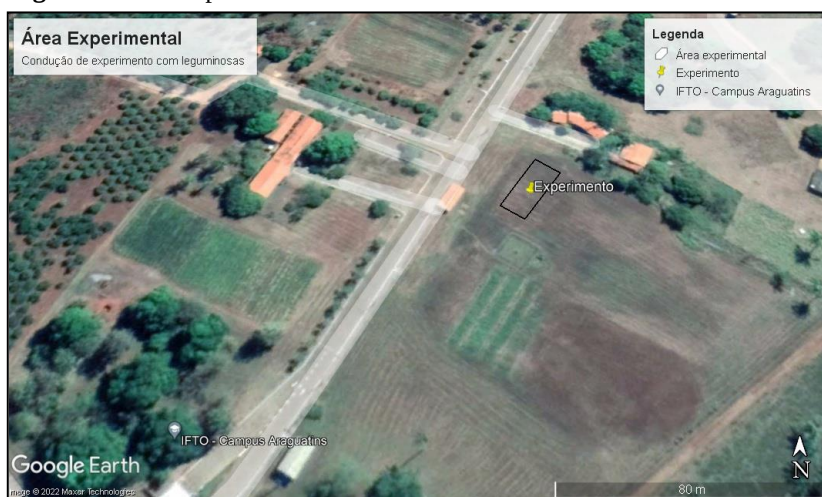
E para serem obtidos os melhores resultados do uso de cobertura do solo, a escolha das espécies de cobertura a serem adotadas na área é de grande importância. Deve-se levar em consideração que essas plantas podem ser inseridas em rotação, sucessão ou consórcio com outras culturas, quando estas forem aptas a serem incluídas em cultivo alternado, após o ciclo ou juntas com as culturas de interesse econômico (HECKLER *et al.*, 2002).

3. METODOLOGIA

3.1. Local:

O experimento foi realizado no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Tocantins- IFTO, *campus* Araguatins, localizado no povoado de Santa Tereza, zona rural, a 7 Km do município de Araguatins – TO, situado nas coordenadas aproximadas de 05°38'41" S e 48°04'14" W (Figura 1). A área experimental é utilizada anualmente para a condução de diferentes experimentos sendo que, o último que antecedia o presente estudo, referia-se a uma pesquisa relacionada ao cultivo de soja. A região apresenta clima do tipo AW segundo classificação de Koppen, altitude de 103 m, precipitação média anual de 1.500 a 2.000 mm e temperatura média de 28,5°C (INMET, 2015).

Figura 1- Área experimental



Fonte: Google Earth 2022.

3.2. Solo:

O solo da área experimental foi classificado, segundo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), como sendo de textura argilosa, com alta capacidade de retenção de água. O solo foi preparado de maneira convencional com o uso de gradagem e destorroamento manual, após isto, o sulcamento foi realizado manualmente. Não foram efetu-

adas a calagem nem a adubação da área experimental, mas foram coletadas 15 amostras de solos simples, formando uma amostra composta representativa da área total do experimento, para análises químicas e física no laboratório de solos do *campus* Araguatins do IFTO, (Tabela 1 e 2).

Tabela 1 - Composição química do solo da área experimental na camada de 0-20 cm de profundidade

pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	S	T	V	MO
	mg/dm ³	Cmol _c /dm ³							%	
6,4	7,97	234	10,3	2,1	0,0	3,47	13,00	16,46	78,95	2,26

Potencial de hidrogeniônico (PH), Fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez trocável (Al), acidez potencial (H+Al), soma de base (S), capacidade de troca de cátions (T), e saturação por bases (V) e matéria orgânica (MO). Fonte: Laboratório de análises de solo do IFTO, *campus* Araguatins.

Tabela 2 - Composição Física do solo da área experimental na camada de 0-20 cm de profundidade

Areia	Silte	Argila
	%	
33,86	17,42	48,71

Fonte: Laboratório de análises de solo do IFTO, *campus* Araguatins.

3.3. Condições climáticas:

O experimento permaneceu no campo por 98 dias, tendo sido instalado no dia 12 de fevereiro e colhidas as últimas amostras no dia 20 de maio de 2022, período chuvoso, marcado pelos valores médios de temperatura do ar, e precipitação pluviométrica representados na tabela 3.

Tabela 3 - Médias climatológicas de Araguatins - TO, do dia 12 de fevereiro a 20 de maio de 2022

Mês	Temperatura (°C)	Precipitação pluviométrica (mm)
Fevereiro	27,36	9,75
Março	27,43	11,45
Abril	28,28	3,46
Maio	28,81	2,24

Fonte: Estação Climatológica de Araguatins - TRMM.7907. AGRITEMPO, 2022.

3.4. Preparo da área experimental, instalação e condução do experimento:

O delineamento experimental usado foi o de blocos casualizados (DBC). Os tratamentos foram três espécies de adubo verde crotalária *espectabilis* (T1), crotalária *juncea* L. (T2), feijão de porco (T3) e uma testemunha com solo limpo (T4), distribuídas ao acaso dentro de quatro parcelas em cada um dos seis blocos, totalizando vinte e quatro parcelas. Para todos os três adubos verdes as parcelas foram formadas por 6 fileiras de quatro metros de comprimen-

to, todavia, para T1 e T2 as fileiras foram espaçadas entre si por 25 cm, com semeio de 24 sementes por metro a 2 cm de profundidade, já para T3 o espaçamento foi de 40 cm, com semeio de 11 sementes por metro a 5 cm de profundidade. Após a emergência, foram desbastadas quatro sementes por metro para T1 e T2, e três para T3, a fim de atingir o estande desejado de 20 (T1 e T2) e 8 (T3) sementes por metro, respectivamente. Estes 20% a mais de sementes para T1 e T2 e 40% a mais para T3 na semeadura, foi uma margem de segurança a fim de se garantir o estande final desejado.

Uma vez que três tratamentos constituíam espécies diferentes, além do solo limpo, o espaçamento entre a última linha de uma parcela anterior e a primeira linha da parcela adjacente variaram da seguinte forma, de acordo com os tratamentos, (Tabela 4).

Tabela 4- Esquematização do espaçamento entre parcelas dentro dos blocos contendo os tratamentos: (T1) - crotalária spectabilis, (T2) - crotalária juncea, (T3) - feijão de porco, e (T4) - testemunha com solo limpo

Parcela anterior	Parcela adjacente	Espaçamento entre parcelas (cm)
T1	T2 ou T4, e vice versa	25
T3	T1, T2 ou T4 e vice versa	32,5

Foram alocados 3 blocos um ao lado do outro e, os outros três, atrás destes, mantendo 1 m de distância entre suas extremidades. A área útil da parcela, foi composta por 4 fileiras centrais, desprezando-se 50 cm de cada extremidade, totalizando 3 m² para T1 e T2, e 4,8 m² para T3, (Tabela 5).

Tabela 5 - Representação do experimento instalado no campo

Bloco 1				1m	Bloco 2				1m	Bloco 3			
T2	T1	T4	T3		T2	T3	T4	T1		T1	T2	T4	T3
1m					1m					1m			
Bloco 6					Bloco 5					Bloco 4			
T4	T1	T3	T2		T2	T3	T1	T4		T2	T3	T4	T1

4. CARACTERIZAÇÃO AGRONÔMICA DAS LEGUMINOSAS E DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO

As diferentes avaliações a serem realizadas permitirão a obtenção de dois conjuntos de dados, o ‘A’ referente às caracterizações dos 3 adubos verdes, totalizando 18 parcelas, e o ‘B’, referente às caracterizações químicas do solo nos quatro tratamentos, totalizando 24 parcelas.

I. Nas 18 parcelas dos adubos verdes foram avaliadas as características:

- Porcentagem de germinação (%G), calculada por:

$$\%G = (\sum n_i \cdot N^{-1}) \cdot 100 \text{ em que:}$$

$\sum n_i$ é o número total de sementes germinadas, ao longo de 3 dias de contagem, e N é o número de sementes dispostas para germinar (BORGHETTI, 2019). Foram semeadas 576 para T1 e T2 e 269 para T3. A avaliação foi em área total da parcela, aos quatro, oito e quinze dias após a semeadura;

- O estande final (EF%), em porcentagem, avaliado pela contagem das plantas em área total da parcela, quando deu-se aproximadamente 50% de plantas em pleno florescimento, levando-se em consideração o estande desejado para T1 e T2, 480 plantas, e T3, 192 plantas;

- Tempo médio de germinação (TMG), em dias, calculado por:

$$TMG = (\sum n_i t_i / \sum n_i), \text{ em que:}$$

n_i é o número de sementes germinadas por dia e t_i é o tempo de incubação, em dias (SILVA & NAKAGAWA, 1995);

- Número de dias até o florescimento (NDF), contados da emergência até que pelo menos 50% das plantas da área total da parcela encontraram-se em pleno florescimento;

- Altura de planta (AP), em m, aferida com régua graduada, do colo ao ápice de 5 plantas da área útil da parcela em ocasião do florescimento pleno; e

- Produtividade de massa verde (PMV), obtida pelo corte das plantas rente ao solo em três pontos de 0,5 m de comprimento escolhidos ao acaso nas 4 fileiras da área útil da parcela, totalizando 1,5 m, sendo a massa de toda a parte aérea obtida (folhas, colmo e talos) aferida em balança de precisão. O valor inicialmente obtido, em Kg/parcela, foi convertido para t/ha considerando 0,375 m² para as parcelas de T1 e T2, com 1,5 m de corte x 0,25 m entre fileiras, e 0,60 m² para as parcelas de T3, com 1,5 m de corte x 0,40 m entre fileiras.

Finalizada a caracterização dos adubos verdes, as plantas restantes da área total das parcelas foram também cortadas e, juntamente com aquelas usadas para PMV, depositadas sobre suas respectivas áreas. As seis parcelas correspondentes ao T4 foram mantidas limpas por meio de capinas manuais sempre que necessárias.

II. Foram avaliadas nas 24 parcelas dos adubos verdes as seguintes características:

-Vinte dias após o corte dos adubos verdes, foram coletadas 4 amostras simples de solo, e, depois, formada amostra composta para cada uma das 24 parcelas. As amostras foram submetidas a análises, no laboratório de solos do *campus* Araguatins do IFTO, para as caracterizações químicas, incluindo a matéria orgânica (MO) e as concentrações de P, K, Ca, Mg,

Al^{3+} e $(\text{H}+\text{Al})$, o pH, a soma de bases (SB), a capacidade de troca de cátions (CTC) e a saturação por bases (V).

5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foi usado o seguinte modelo estatístico, segundo o delineamento de blocos casualizados, para análise dos dados:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + b_j + e_{ij}$$

Em que: y_{ij} é a observação do i -ésimo tratamento no j -ésimo bloco; μ é a média geral; t_i é o efeito fixo tratamento i ; b_j é o efeito aleatório do bloco j ; e_{ij} é o erro aleatório da i -ésimo tratamento no j -ésimo bloco, com $e_{ij} \sim N(0, \sigma_e^2)$.

Os dados obtidos das 18 parcelas do conjunto de dados 'A', referentes as caracterizações agrônômicas, e das 24 parcelas conjuntos de dados 'B', correspondentes as propriedades químicas do solo, foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, após observada a significância pelo teste F a 5% de probabilidade, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Todas as análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa computacional GENES (CRUZ, 2018).

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1. Conjuntos de dados 'A':

O teste F significativo a 5% de probabilidade para todas as características indica que houve diferença entre pelo menos uma média dos adubos verdes crotalária juncea, crotalária spectabilis e feijão de porco. Tendo em vista que a presente pesquisa busca estimar dados relacionados ao cultivo de três diferentes espécies utilizadas na adubação verde, é imprescindível levar em consideração que devido a variação genética existente entre as leguminosas já era esperado a obtenção de respostas distintas às condições ambientais locais (RAM *et al.*, 2011).

Pimentel-Gomes (1985) classifica os valores de CV% menores que 10% como baixo, entre 10 e 20% médio, de 20 a 30% alto e maior que 30% muito alto. Assim, os valores de CV% contidos na tabela 6 indicam precisão experimental, variando de 3,96 (NDF) a 8,26 (AP), com exceção da PMV que é alto, 26,27%.

Resende (2002) propôs a acurácia (r) como outra forma de avaliar a precisão experimental, sendo obtida pela seguinte expressão: $r = (1-1/F)^{0/5}$, em que F é o valor do teste F obtido na ANOVA para os efeitos dos tratamentos. A classificação dos valores de ' r ' foi proposta por Resende e Duarte (2007) da seguinte forma: baixa precisão experimental quando

inferiores a 0,40, moderada precisão entre 0,50 e 0,65, alta precisão entre 0,70 e 0,85 e muito alta precisão experimental quando acima de 0,90. Neste sentido, o experimento apresentou muito alta precisão para todas as características avaliadas.

Uma vez que os tratamentos são qualitativos e, dada a significância dos mesmos pelo teste F, fez-se necessária a comparação entre as medias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (Tabela 7).

Tabela 6 - Resumo da análise de variância, para as seis características avaliadas em 3 diferentes espécies de leguminosas usadas para adubação verde em Araguatins, TO

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios					
		%G	EF	TMG	NDF	AP	PMV
Blocos	5	30,61	29,69	0,22	4,32	0,01	68,15
Tratamentos		451,08**	1733,71**	111,06**	319,68**	2,20**	2679,69**
Resíduo	10	18,80	27,16	0,45	4,32	0,01	101,86
Médias		61,72	78,23	8,91	52,40	1,37	38,41
CV (%)		7,02	6,66	7,56	3,96	8,26	26,27
$r=(1-/F)^{0.5}$		0,97	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98

**Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. %G: porcentagem de germinação; EF%: estande final; TMG: tempo médio de germinação; NDF: número de dias para o florescimento; AP: altura da planta (m) e PMV: produtividade de massa verde (t/ha).

Tabela 7 - Resumo do teste de médias pelo teste Tukey a 5% de probabilidade para as seis características avaliadas nas 3 espécies de leguminosas usadas para adubação verde. Araguatins, TO

Tratamentos	Características					
	%G	EF%	TMG	NDF	AP	PMV
1 - Crotalaria spectabilis	53,10 c	63,78 c	7,07 b	57,2 a	0,89 c	20,32 b
2 - Crotalaria juncea	61,63 b	73,95 b	5,83 c	44,0 b	2,05 a	33,27 b
3 - Feijão de porco	70,44 a	96,96 a	13,82 a	56,0 a	1,15 b	61,64 a

Médias na mesma coluna seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. %G: porcentagem de germinação; EF%: estande final; TMG: tempo médio de germinação; NDF: número de dias para o florescimento; AP: altura da planta (m) e PMV: produtividade de massa verde (t/ha).

A %G diferiu significativamente entre as culturas avaliadas. O feijão de porco (70,44%) apresentou a maior taxa de germinação, seguido da crotalaria juncea (61,63%) e da crotalaria spectabilis (53,10%), de menor valor. As espécies não obtiveram em campo a %G proposta pelo fornecedor de 84, 90 e 97%, respectivamente, para crotalaria spectabilis, crotalaria juncea e feijão de porco. Como descrito por Lima *et al.* (2020), existem leguminosas que

mesmo sendo colhidas e armazenadas em condições adequadas, após a semeadura podem sofrer alterações bioquímicas rapidamente em função da especificidade do ambiente e não germinarem.

Os valores de EF% foram melhores que os de %G, pois a obtenção do EF% levou em consideração o estande desejado de 480 plantas para T1 e T2 e 192 para T3, ao invés de 576 (20%) e 269 (40%), respectivamente, plantadas a mais como margem de segurança.

Não foi observada a mortalidade de plantas após a emergência, resultando em um estande final igual ao inicial. Assim, a baixa %G, principalmente para *crotalaria spectabilis*, pode ter sido causada por problema de adaptação das espécies no período de germinação às condições locais.

O feijão de porco foi a mais tardio para TMG (13,82), seguido da *crotalaria spectabilis* (7,07) e, a mais precoce, a *crotalaria juncea* (5,83). Estes resultados estão de acordo com o relatado na literatura, tendo em vista que a germinação do feijão de porco demora cerca de 15 dias (ALVES, 2019), a *crotalaria spectabilis* de 5 a 7 dias e a *crotalaria juncea* de 3 a 7 dias (RODRIGUES, 2017).

Conforme a empresa BRSEEDS (2021), a *crotalaria spectabilis* floresce por volta de 90 a 100 dias após a semeadura, cerca de 33 dias superiores a este experimento, que apresentou NDF de 57,2, igual estatisticamente ao feijão de porco, com 56 dias, que também foi 84 dias inferior aos 140 relatado pela Embrapa (2001). A *crotalaria juncea* normalmente floresce entre 70 e 90 dias após o plantio (EMBRAPA, 2001), cerca de 26 dias superiores a este experimento, que floresceu aos 44 dias.

Os menores valores de NDF neste experimento em relação àqueles relatados pela literatura podem ser atribuídos, segundo Souza e Funch (2017), a variação dos fatores abióticos precipitação, umidade, temperatura e fotoperíodo.

Ademais, para Teodoro *et al.* (2011) o menor tempo para a floração favorece a inserção das espécies em sistemas de cultivo com manejo de rotação e sucessão de culturas. Espécies de adubo verde com ciclo longo permanecem na área de cultivo por períodos maiores e tal fato é desinteressante quando o objetivo é trabalhar com culturas de interesse econômico de ciclo rápido, sendo assim, estes adubos verdes podem ser indicados para consorcio com culturas perenes.

Em relação a AP, a *crotalaria juncea* (2.05 m) foi considerada a de maior estatura e, embora não tenha alcançado sua altura máxima potencial de 3 m, se manteve superior a mínima de 0,7 m (WUTKE, 1993). De acordo com Valenzuela e Smith (2002), a *crotalaria juncea* é uma espécie que apresenta crescimento mais significativo na primavera, verão e início

do outono. O feijão de porco (1,15 m) foi a segunda planta mais alta do experimento e ficou dentro limite de 80 a 120 cm da literatura (WUTKE *et al.*, 2007). Na sequência está a crotalária *spectabilis* com 0.89 m, também dentro do limite esperado de 0,6 a 1,5 m (ALFENAS *et al.*, 2018). Desta forma, as três espécies de adubação verde demonstram ter crescimento adequado nas condições edafoclimáticas da região.

Dentre os adubos verdes em análise, o feijão de porco apresentou a maior PMV (61,64 t/ha), diferindo do resultado superior encontrado por Pereira (2015) que também coletou a massa verde do feijão de porco (76,09 t/ha) em dois pontos de 0,5 m dentro da parcela. Embora haja diferença nos valores obtidos, não foi observada significância entre a PMV de crotalária *juncea* que produziu 33.27 t/ha e a crotalária *spectabilis* com 20.32 t/ha.

Na adubação verde realizada em cobertura do solo devem ser utilizadas as plantas que tem alta produtividade de massa verde. Devido estas proporcionarem maior proteção para o solo, quanto maior a PMV, maior o acúmulo da palhada sobre o solo, tornando-o um microambiente adequado para a sobrevivência de microrganismos benéficos, aumentando a umidade, diminuindo a temperatura e auxiliando no processo de decomposição dos resíduos vegetais e na disponibilidade e absorção dos nutrientes para as culturas de interesse econômico (SANTOS *et al.*, 2010).

Contudo, como era esperado, as plantas de adubação verde contidas neste experimento apresentaram adequado desempenho agrônomo das características avaliadas.

6.2. Conjuntos de dados ‘B’:

O teste F foi significativo apenas para P, Ca, MO%, CTC e V%, indicando diferença entre os tratamentos apenas para estas características (Tabela 8). Deve-se considerar que os valores de Al^{3+} foram zero para todas as 24 parcelas, desprezando a necessidade de análise de variância.

O CV% variou de 1,52 (V%) a 17,45% (Mg). Esses valores são considerados baixos e médios respectivamente, segundo a classificação de Gomes (1985). Somado a isso, a variação da acurácia foi de 0,84 (V%) a 0,96 (CTC) indicando que os dados estatísticos apresentam precisão alta (de 0,70 a 0,85) e muito alta ($\leq 0,90$).

Uma vez que os tratamentos são qualitativos e, dada a significância dos mesmos pelo teste F para as características supracitadas, fez-se necessária a comparação entre as médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (Tabela 9).

Tabela 8 - Resumo da análise de variância, das características químicas do solo avaliadas 20 dias após o cultivo de 3 espécies de adubo verde e a presença de uma testemunha com solo limpo. Araguatins, TO

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios				
		P	K	Ca	Mg	(H+Al)
Blocos	5	0,81	623,58	0,49	1,82	0,282
Tratamentos	3	6,52**	232,84 ^{ns}	5,33**	0,48 ^{ns}	0,035 ^{ns}
Resíduo	15	0,53	424,48	0,627	1,25	0,044
Médias		8,88	232,57	13,01	6,41	4,72
CV (%)		8,26	8,85	6,08	17,45	4,47
$r = (1 - 1/F)^{0.5}$		0,95	*	0,93	*	*

**Significativo e ^{ns}Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. P: fosforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio, (H+Al): acidez potencial, MO%: matéria orgânica, pH: potencial hidrogeniônico, SB: soma de bases, CTC: capacidade de troca de cátions e V%: saturação por bases.

Tabela 9 – Continuação do resumo da análise de variância, das características químicas do solo avaliadas 20 dias após o cultivo de 3 espécies de adubo verde e a presença de uma testemunha com solo limpo. Araguatins, TO

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios				
		MO%	pH	SB	CTC	V%
Blocos	5	0,04	0,01	2,89	0,76	5,69
Tratamentos	3	0,28**	0,008 ^{ns}	1,82 ^{ns}	2,47**	5,26**
Resíduo	15	0,07	0,01	0,62	0,178	1,53
Médias		1,79	5,74	19,28	23,89	81,26
CV (%)		15,21	2,03	4,10	1,77	1,52
$r = (1 - 1/F)^{0.5}$		0,85	*	*	0,96	0,84

**Significativo e ^{ns}Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. P: fosforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio, (H+Al): acidez potencial, MO%: matéria orgânica, pH: potencial hidrogeniônico, SB: soma de bases, CTC: capacidade de troca de cátions e V%: saturação por bases.

Tabela 10 - Resumo do teste de médias pelo teste Tukey a 5% para as características químicas do solo avaliadas 20 dias após o cultivo de 3 espécies de adubo verde e a presença de uma testemunha com solo limpo. Araguatins, TO

Tratamentos	Características				
	P	K	Ca	Mg	(H+Al)
1 - Crotalaria spectabilis	8,19 b	237,56 a	12,72 b	6,82 a	4,70 a
2 - Crotalaria juncea	7,83 b	223,72 a	14,42 a	6,32 a	4,78 a
3 - Feijão de porco	10,04 a	7,23 a	12,50 b	6,36 a	4,78 a
4 - Solo limpo	9,46 a	232,80 a	12,42 b	6,15 a	4,62 a

Médias de mesma coluna seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste Tukey. P: fosforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio, alumínio, (H+Al): acidez potencial, MO%: matéria orgânica, pH: potencial hidrogeniônico, SB: soma de bases, CTC: capacidade de troca de cátions e V%: saturação por bases.

Tabela 11 – Continuação do resumo do teste de médias pelo teste Tukey a 5% para as características químicas do solo avaliadas 20 dias após o cultivo de 3 espécies de adubo verde e a presença de uma testemunha com solo limpo. Araguatins, TO

Tratamentos	Características				
	MO%	pH	SB	CTC	V%
1 - Crotalária spectabilis	1,75ab	5,72 a	18,82 a	24,27 a	82,43 a
2 - Crotalária juncea	1,50 b	5,78 a	20,05 a	24,45 a	81,11 ab
3 - Feijão de porco	1,96 a	5,7 a	18,97 a	23,01 b	80,15 b
4 - Solo limpo	1,94 ab	5,76 a	19,29 a	23,82 a	81,35 ab

Médias de mesma coluna seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste Tukey. P: fósforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio, (H+Al): acidez potencial, MO%: matéria orgânica, pH: potencial hidrogeniônico, SB: soma de bases, CTC: capacidade de troca de cátions e V%: saturação por bases.

Para os teores P, o feijão de porco (10,04^a) e o solo limpo (9,46^a) foram superiores a crotalária spectabilis (8,19^b) e crotalária juncea (7,83^b). Devido as plantas absorverem P de forma mais rápida quando o solo tem acidez leve (pH= 5,5 a 6,5) do que em pH baixo ou alto (LOPES, 2015). Somado a isso, como descrito por Zamuner (*et al.*, 2008) o aumento no teor de P pode ser atribuído ao acúmulo de matéria orgânica no solo, e como foi verificado neste experimento, o feijão de porco teve a maior PMV.

Assim, deduz-se que a atividade de decomposição do feijão de porco ocorreu de forma mais acelerada, do que nos demais adubos verdes, inclusive essa liberação foi igual a observada no solo limpo, onde possivelmente foi mantido a quantidade de P, considerando que não haviam plantas extraindo o nutriente sobre a área. A inferioridade dos valores de T1 e T2 em relação ao solo limpo, pode ser indicativa de que se deve deixar este material em decomposição no solo por um maior tempo a fim de se obterem níveis satisfatórios de P.

A crotalária juncea apresentou o maior valor para Ca (14,42^a). Os demais adubos verdes foram iguais ao solo limpo (12,42^b), indicando que o tempo de decomposição foi suficiente apenas para a recomposição do nutriente absorvido pela planta.

É perceptível que crotalária juncea incorpora Ca de forma mais acelerada que as demais culturas, porém, a maior concentração observada após a decomposição do material vegetal não foi capaz de influenciar o pH, que como observado por (LOPES, 2015), é diretamente influenciado pelo Ca. Assim, é possível deduzir que provavelmente, após maior tempo de permanência dessa palhada sobre o solo a espécie será capaz de contribuir para o aumento de Ca e consequentemente do pH.

Apesar do feijão de porco apresentar maior valor para produtividade de massa verde nas análises anteriores, esta não foi suficiente para aumentar os teores de MO% no solo, pois

seu valor de MO% (1,96^a) foi igual ao do solo limpo (1,94^{ab}) e à crotalária *espectabilis* (1,75^{ab}). A crotalária *juncea* (1,50^b), por sua vez, foi inferior apenas ao feijão de porco. Supostamente devido ao pouco tempo de decomposição e ao fato de este ser o primeiro ano de cultivo dos adubos verdes na área, sendo assim, ainda não foi produzida quantidade de palhada suficiente para que o solo seja totalmente coberto, por consequência, nenhum dos tratamentos formou uma camada espessa de MO%.

Segundo Cunha *et al.* (2015) a MO% presente no solo tem a capacidade de influenciar diretamente na disponibilidade de P que, como citado anteriormente, também foi superior em feijão de porco além do solo limpo.

Para a CTC, as crotalárias *juncea* (24,45^a) e *espectabilis* (24,27^a) foram iguais ao solo limpo (23,82^a) e, curiosamente, o feijão de porco apresentou o menor valor (23,01^b). Sabendo da relação do CTC com a quantidade de Ca, Mg e K presentes no solo, e que foi observada diferença estatística apenas para Ca após o corte da crotalária *juncea*, é possível dizer que não ocorreu aumento na CTC devido a indiferença da incorporação de Mg e K observada entre os adubos verdes e o solo limpo. Provavelmente, relacionada necessidade de absorção pelas culturas e a lixiviação na testemunha, que foi mantida sem a cobertura do solo.

Semelhantemente, para V%, as crotalárias *espectabilis* (82,43^a) e *juncea* (81,11^{ab}) apresentaram médias estatisticamente iguais ao solo limpo (23,82^a). O feijão de porco (80,15), por sua vez, foi inferior apenas a crotalária *spectabilis*. Os valores podem ser justificados de forma similar ao relatado para CTC, uma vez que V% também é influenciado pela quantidade de Ca, Mg e K presente no solo.

Com tudo, era esperado após a condução do experimento que fosse possível obter dados diferentes estatisticamente para um ou mais adubos verdes, podendo assim, indicar a espécie que proporcionou melhorias significativas nas propriedades químicas do solo. No entanto, a falta de significância entre as características K, Mg, Al, (H+Al), pH, SB e CTC indica que após a absorção pelas plantas e seu corte, houve a decomposição. Todavia, esta não foi suficiente para discriminar os adubos verdes, deixando-os apenas iguais ao solo limpo para estas características avaliadas.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conjunto de dados ‘A’ e conjunto de dados ‘B’ apresentaram precisão nos resultados dos obtidos.

Para a caracterização agrônômica dos adubos verdes, foram obtidos resultados significativos para todas as características avaliadas, sendo que para %G, EF%, TMG o melhor resultado obtido foi o de feijão de porco, e para NDF, AP e PMV foram para crotalária juncea, e feijão de porco, nesta ordem. O feijão de porco foi a espécie que mais se adaptou às condições locais, atingindo o porte esperado e produzindo uma grande quantidade de massa verde.

Foi observado diferença significativa para algumas das características químicas do solo. Os melhores valores de médias foram: para P no feijão de porco e no solo limpo, para Ca na crotalária juncea, para MO% no feijão de porco e para V% na crotalária spectabilis. A CTC do feijão de porco foi inferior aos outros tratamentos.

Para as características K, Mg, Al, (H+Al), pH e SB não foi detectado efeito significativo entre as médias dos tratamentos, indicando ser necessário um maior tempo para decomposição e alteração destes.

Contudo, os resultados obtidos mostram que no período de fevereiro a maio o cultivo das leguminosas em questão são promissores no extremo norte do Tocantins. Somado a isso, novos ensaios devem ser feitos para verificar a estabilidade do potencial dessas espécies de adubação verde e seus efeitos sobre as propriedades químicas do solo, sobretudo com análise de solo em tempo superior aos 20 dias, afim de se obter uma melhor decomposição do material vegetal.

REFERÊNCIAS

- AGRITEMPO. **Estação Climatológica de Araguatins - TRMM.7907**. 2022. Acessado em < <https://www.agritempo.gov.br/agritempo/index.jsp>>. Acesso em 30 de outubro de 2022.
- ALFENAS, *et. al.* "**Primeiro relato de Choanephora cucurbitarum em Crotalaria Spectabilis: um patógeno altamente agressivo que causa uma praga de flores e caules no Brasil.**" *Doença de planta*, v. 102, 7 pp. 1456. Doi: 10.1094/PDIS-10-17-1610-PDN
- ALVARENGA, R. C.; CABEZAS, W. A. L.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. **Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.22, n.208, p.25-36, 2001.
- ALVES M. **Feijão-de-porco é uma planta amplamente cultivada nos países tropicais**. 2019. Acessado em < <https://agro20.com.br/feijao-porco/>>. Acesso em 30 de outubro de 2022.
- ARAÚJO S. F. DE, A., & MONTEIRO T. R., R. (2007). **Indicadores Biológicos De Qualidade Do Solo**. Bioscience Journal.
- BORGHETTI, F.; FERREIRA, A. G. **Interpretação de resultados de germinação**. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Eds.). *Germinação: do básico ao aplicado*. Porto Alegre: Artmed, 2004. Capítulo 13. p. 2019 - 222.
- BRSEEDS. **Crotalaria spectabilis Roth**. Disponível em: < <http://www.brseeds.com.br/controle/arquivo/crotalariaspectabilis.pdf> > Acesso em: 10 de maio de 2021.
- CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E. A.; WILDER, L. do P.; COSTA, M. B. B. da; ALCÂNTARA, P. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. 346 p.
- CARVALHO, F. L. C.; JÚNIOR, L. B. B.; SOUSA, R. S.; ARAÚJO, N. B. P.; SILVA, R. B. **Adubação Verde contribuindo no Desenvolvimento Rural Sustentável no Projeto de Assentamento Indiana - Município de Araguatins – TO/ Amazônia Legal**. *Revista de Extensão do IFTO*, v. 2, n.2, p. 25-37, 2018.
- CORSINI, D. C.; CASSIOLATO, A. M. R. **Microbiologia do solo e fixação simbiótica do nitrogênio**. In: ARF, O.; LEMOS, L. B.; SORATTO, R. P.; FERRARI, S. (Ed.). *Aspectos gerais da cultura do feijão: Phaseolus vulgaris L.* Botucatu: UNESP, 2015. p. 111-116.
- CRUZ, C. D. **Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen**. FELDENS, L. *Homem a Agricultura a História*. Univantes. 2018.
- CUNHA, T. J.F.; Mendes, Salviano, A. M.; Giongo, V. (2015). **Matéria orgânica do solo**. *Embrapa Semiárido-Capítulo em livro científico, Alice*, Cap. 9, 273-293
- GOMES, F. P. **Curso de Estatística Experimental**. 11. ed. Piracicaba, SP: Nobel, p. 466, 1985.

HECKLER, J.C; SALTON, J.C. **Palha: Fundamento do Sistema Plantio Direto**. Embrapa Coleção Sistema Plantio Direto – Dourados-MS. 2002. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/247967/palha-fundamento-do-sistema-plantio-direto>>. Acesso em: 20 de setembro de 2021.

INMET. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. 2015. Disponível em < <http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 18 de setembro de 2020.

LIMA, P. M. *et. al.* QUADROS, B. R. **Superação de dormência e qualidade da luz na germinação de sementes de *Chamaecrysta rotundifolia* (Pers.) Greene**. Brazilian Journal of Development. v. 6, n. 7, p. 44068-44078, 2020.
<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/viewFile/12787/10733>. Acesso em: 18 de setembro de 2020.

LIMA, R. e MENEZES V. (2010). **Utilização da Adubação Verde na Agricultura Sustentável Use of Green Manure in Sustainable Agriculture**. FACULDADE CATÓLICA DO TOCANTINS.

LOPES, N. F. e LIMA M. G. S. **Fisiologia da Produção**. Universidade Federal de Viçosa, MG: Ed. UFV. 2015. p. 4424-4445. ISBN: 978-85-7269-509-1.

NOGUEIRA, N. O.; OLIVEIRA, O. M.; MARTINS, C. A. S.; BERNARDES, C. O. **Utilização de leguminosas para recuperação de áreas degradadas**. Enciclopédia Biosfera, v.8, p.2012-2031, 2012.

PEREIRA A. P. **Espécies Vegetais Potenciais Para Adubação Verde**. 2015. disponível em < <https://home.unicruz.edu.br/wp-content/uploads/2017/01/alan-pacifico-pereira-especies-vegetais-potenciais-para-adubacao-verde.pdf>> acesso em: 20 de setembro de 2020.

PORTO, M. A. F. *et al.* **Feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) no controle da podridão radicular do meloeiro causada por associação de patógenos**. Summa Phytopathologica, v.42, n.4, p.327-332, 2016.

PRIMAVESI, A. M. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. 2002. 8ª ed. São Paulo. Nobel, 1985.

RAM, H.; SINGH, G.; SEKHON, H.S.; KHANNA, V. **Effect of sowing time on the performance of pigeonpea genotypes**. Journal of Food Legumes. v.24, n.3, p.207-210, 2011.

REATTO, A. *et. al.* EMBRAPA. **Cerrado Adubação Verde**, 1ª edição, p. 23-24, p. 75-76, p. 86-87, 2006. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/569806/cerrado-adubacao-verde>>. Acesso em: 22 de setembro de 2021.

RESENDE, M. D. V. de. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília. P. 975, 2002.

RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J.B. **Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares**. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 37, p. 182-194, 2007.

RODRIGUES, José Francisco. **Crotalárias manual de instruções**. p. 02. 2017. Disponível em: <<http://crotalaria.com.br/crotalaria.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2017.

SANTOS, C. F. B.; BISCARO, G. A.; BARBIZAN, T.; SILVA, D. C.; FERREIRA, E. S. **Influência da Adubação Verde na Qualidade de Bulbos de Cultivares de Cebola**. Cader-nos de Agroecologia, v. 13, n. 2, p. 01-10 2018.

SANTOS, P. A. SILVA, A. F.; CARVALHO, M. A. C.; CAIONE, G. **Adubos verdes e adu-bação nitrogenada em cobertura no cultivo do milho**. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v. 9, n. 2, p. 123-134, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v9n2p123-134>.

SANTOS, H. G. dos *et. al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SILVA, J.B.C.; NAKAGAWA, J. **Estudo de formulas para cálculo da velocidade de ger-minação**. Informativo ABRATES, 5(1): 62-73, 1995.

SOUZA, A. L. **Sanidade de sementes de feijão em função da palhada antecessora em área de semeadura direta**. 2016. 59 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Es-tadual Paulista, Ilha Solteira. 2016.

Souza, I. M. & Funch, L. S. (2017). **Synchronization of leafing and reproductive phenolo-gical events in *Hymenaea* L. species (Leguminosae, Caesalpinioideae): the role of photo-period as the trigger**. Brazilian Journal of Botany, 40 (1), 125-136. 10.1007/s40415-016-0314-7.

VALENZUELA, H; SMITH, J. 'Sol tropical'. Havaí: **Serviço de Extensão Cooperativa, Faculdade de Agricultura Tropical e Recursos Humanos**. 3p. Culturas sustentáveis de estreme verde da agricultura, agosto de 2002, SA-GM-11.

WUTKE, E. B. **Adubação verde: manejo da fitomassa e espécies utilizadas no estado de São Paulo**. In: WUTKE, E. B.; BULISANI, E. A.; MASCARENHAS, H. A. A., (coord.) Curso sobre adubação verde no Instituto Agronômico, 1. Campinas Instituto Agronômico, 1993. P. 17-29.

WUTKE, E. B. *et. al.* **Bancos comunitários de sementes de adubos verdes: informações técnicas**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2007. 52p.

ZAMUNER, E.C.; PICONE, L.I.; ECHEVERRIA, H.E. **Organic and inorganic phosphorus in Mollisol soil under different tillage practices**. Soil and Tillage Research, v.99, p.131-138, 2008. DOI: 10.1016/j.still.2007.12.006.

APÊNDICES

Apêndice A - Preparo da área Implantação do experimento.



Fonte: Arquivo pessoal, 2022.

Apêndice B - Primeira, segunda e terceira contagem de plantas germinadas.



Fonte: Arquivo pessoal, 2022.

Apêndice C - Capinas realizadas ao longo da experimentação.



Fonte: Arquivo pessoal, 2022.

Apêndice D - Primeiras Flores de *Crotalaria spectabilis* L. D.C., *Crotalaria juncea* L., *Canavalia ensiformis* Roth.



Fonte: Arquivo pessoal, 2022.

Apêndice E - Coleta de dados.





Fonte: Arquivo pessoal, 2022.