

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

TÚLIO RODRIGUES SANTANA

**USO DE LEGUMINOSAS NA PROTEÇÃO DE SOLOS DEGRADADOS POR
CULTIVOS AGRÍCOLAS**

São João Evangelista

2023

TÚLIO RODRIGUES SANTANA

**USO DE LEGUMINOSAS NA PROTEÇÃO DE SOLOS DEGRADADOS POR
CULTIVOS AGRÍCOLAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial para obtenção do grau de
bacharel em Agronomia, no Instituto Federal de
Minas Gerais campus São João Evangelista
(IFMG/SJE).

Orientador: Prof. Dr. Mateus Marques Bueno

São João Evangelista

2023

FICHA CATALOGRÁFICA

S232u Santana, Túlio Rodrigues

Uso de leguminosas na proteção de solos degradados por cultivos agrícolas / Túlio Rodrigues Santana. – 2023.

32 f. : il.

Bibliografia f. 29-32

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Agronomia) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Câmpus São João Evangelista, 2023.

Orientação: Prof. Dr. Mateus Marques Bueno.

1.Solos - Conservação. 2.Solos - Degradação. 3.Leguminoas. 4. Solos - Análise I. Túlio Rodrigues Santana. II. Título.

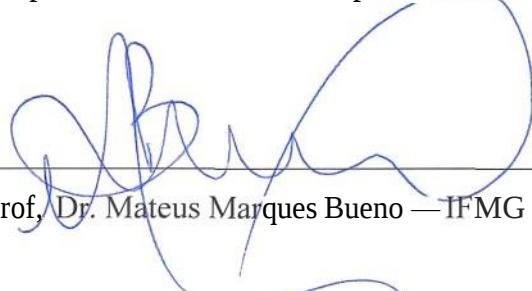
CDD: 631

TÚLIO RODRIGUES SANTANA

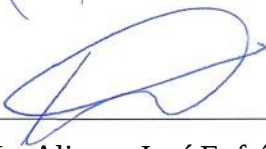
USO DE LEGUMINOSAS NA PROTEÇÃO DE SOLOS DEGRADADOS POR
CULTIVOS AGRÍCOLAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial para obtenção do grau de
bacharel em Agronomia, no Instituto Federal de
Minas Gerais campus São João Evangelista
(IFMG/SJE).

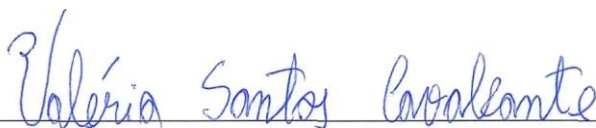
Aprovado em: 28/07/2023 pela banca examinadora:



Prof. Dr. Mateus Marques Bueno — IFMG (Orientador)



Prof.º Mr. Alisson José Eufrásio de Carvalho



Prof. Dra. Valéria Santos Cavalcante

AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar, sempre me conduzindo com as devidas lições de comprometimento, amor, compaixão e lealdade, hoje e sempre.

Aos meus pais, João Lopes de Santana e Maria Aparecida Rodrigues de Oliveira, que nunca desistiram dos meus sonhos, e estiveram comigo nos momentos difíceis e felizes da minha vida.

A minha irmã, Fabiula Rodrigues Santana que sempre esteve comigo e me apoiou nesses momentos de aprendizagem.

A minha namorada, Ruth Santos Macedo, pelo apoio e parceria ao longo do período de curso.

Aos meus queridos avós, Jovita Teodoro de Santana e em memória de João Rodrigues de Oliveira, Domingos Lopes de Azevedo e Ana Cordeiro de Azevedo.

Aos meus queridos tios, em especial Rosalina Rodrigues de Azevedo, pelo incentivo em minha jornada.

Aos meus amigos, principalmente, Marcos Túlio, Romulo, Ruan, Vinícius, Fernanda, Evandro e Bruna, pela força e compreensão ao longo do curso. Aos amigos de faculdade e professores, que batalharam por todo esse tempo.

Ao meu prezado e querido Orientador Prof. Dr. Mateus Marques Bueno, pela dedicação, compreensão e amizade.

RESUMO

Os processos de degradação dos solos vêm crescendo de forma desordenada ao longo do tempo, principalmente em áreas de uso de pastagens intensivas. A utilização de leguminosas na proteção de solos degradados, ainda é pouca estudada, mas é notório que a inserção de matéria orgânica pode auxiliar na proteção contra os processos erosivos. Aliado a isso, as bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, age positivamente nas características nutricionais dos solos. Desta forma, propor-se avaliar as espécies crotalaria (*Crotalaria juncea*), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), e mucuna-preta (*Mucuna pruriens*), como agentes de proteção em solos degradados. O experimento foi conduzido no município de São João Evangelista-MG, com coordenada central 18° 35'53.37" S e 42°45'52.72" W. A área foi utilizada como pastagem e produção de cereais por diversos ciclos de cultivo, apresentando relativo grau de degradação, com sinais de erosão aparente. Foram efetuadas análises químicas de solo; resistência do solo à penetração; peso da massa úmida (UM); e peso da massa seca (MS), em dois períodos, sendo eles antes do plantio, e 120 dias após o plantio. A resistências a penetração no solo no início do experimento e após o plantio, gerou um aumento generalizado nos valores de resistência a penetração, no final do período experimental. Foram observados que a utilização das leguminosas na proteção de solos degradados não apresentou resultados satisfatórios, visto que, cultivares como a crotalaria, feijão-de-porco e mucuna-preta, não apresentaram ganhos positivos, em relação a sua contribuição com a massa seca no agregado do solo. Ao mesmo tempo que não somaram nos teores da matéria orgânica de forma satisfatória.

Palavra-chave: Solos degradados, Leguminosas, Proteção dos solos.

ABSTRACT

Soil degradation processes have been growing in a disorderly manner over time, especially in areas of intensive pasture use. The use of legumes in the protection of degraded soils is still little studied, but it is notorious that the insertion of organic matter can help protect against erosive processes. Allied to this, bacteria of the genera *Rhizobium* and *Bradyrhizobium*, act positively on the nutritional characteristics of soils. Thus, it is proposed to evaluate the species crotalaria (*Crotalaria juncea*), pork bean (*Canavalia ensiformis*), and black mucuna (*Mucuna pruriens*), as protection agents in degraded soils. The experiment was conducted in the municipality of São João Evangelista-MG, with central coordinate 18° 35'53.37" S and 42°45'52.72" W. The area was used as pasture and cereal production for several crop cycles, presenting a relative degree of degradation, with signs of apparent erosion. Soil chemical analysis; soil resistance to penetration; wet mass weight (UM); and dry mass weight (MS) were performed in two periods, before planting and 120 days after planting. The resistance to soil penetration at the beginning of the experiment and after planting, generated a generalized increase in the values of resistance to penetration, at the end of the experimental period. It was observed that the use of legumes in the protection of degraded soils did not present satisfactory results, since cultivars such as crotalaria, pork beans and black mucuna did not present positive gains, in relation to their contribution to the dry mass in the soil aggregate. At the same time they did not add to the organic matter content satisfactorily.

Keywords: Degraded soils, Leguminosae, Soil protection.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área experimental	17
Figura 2 - Coleta de solo	19
Figura 3 - Plantio e cultivares crescidas	20
Figura 4 - Corte das cultivares	21
Figura 5 - Medição de resistência do solo a penetração com o Penetrômetro de Impacto	22
Figura 6 - Delineamento experimental	22
Figura 7 - Granulometria média das áreas de plantio.	23
Figura 8 - Resistência (MPa) e profundidade (cm).....	26
Figura 9 - Gráfico da massa úmida e seca das espécies.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Atributos químicos do solo na camada de 0 - 20cm antes do plantio.....	18
Tabela 2 - Recomendação de plantio	19
Tabela 3 - Atributos químicos do solo na camada de 0 - 20cm	24

Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
2.1 Solos degradados: aspectos e técnicas de recuperação	12
2.2 Cobertura vegetal como proteção e recuperação de solos	13
2.3 Uso de leguminosa na reestruturação dos solos, aspectos mutáveis.....	14
2.4 Benefícios da matéria orgânica estruturação e fertilidade dos solos	15
3 MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1 Caracterização da área experimental	16
3.2 Caracterização do solo e desenvolvimento das espécies plantadas	17
3.3 Delineamento experimental e análise estatística.....	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	23
5 CONCLUSÕES.....	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29

1 INTRODUÇÃO

Os solos de todo o mundo, sofrem com a interferência humana e animal, em uma escala jamais observada. A intervenção realizada por nossa espécie causa uma desordem no ciclo de toda vida, esse fator, gera grandes impactos nas áreas ao seu redor, trazendo implicações ao longo do tempo, que se não tratadas de maneira correta, podem acarretar grandes prejuízos, financeiros e biológicos como perda da biodiversidade do local. Por outro lado, técnicas conservacionistas podem mitigar estes impactos e garantir a sustentabilidade do sistema produtivo.

Tendo esses aspectos em vista, práticas de conservação vêm se tornando cada vez mais populares nos meios acadêmicos e produtivo. A utilização de leguminosas na proteção de solos, com determinados níveis de degradação ainda é pouco estudada, mesmo que apresente prováveis soluções para determinados problemas, principalmente os relacionados à estruturação e fertilidade dos mesmos. Uma resposta passível das plantas nos solos é a troca de recursos, sendo que o solo fornece suporte, água e nutrientes, do mesmo modo, as diversas espécies vegetais, contribuem na proteção de aspectos que, auxiliam na diminuição de fatores degradantes, como precipitação direta e exposição solar intensa.

Outro impacto que devemos analisar, é o grande avanço da pecuária, em áreas de vegetação nativa, onde a vegetação natural, é substituída por pastagem. Fator que amplia os processos de degradação, pois na maioria dos casos, agride o ecossistema local, causando grandes prejuízos, com práticas mal elaboradas. Os diversos anos de cultivo, de uma única pastagem, acabam exaurindo os solos, que tem seus recursos retirados, sendo que, os mesmos, não são repostos pela má utilização, das práticas de adubação.

A matéria orgânica serve como um dos indicadores de qualidade, os solos que apresentam uma grande cobertura vegetal expressam, melhores níveis estruturais e isso implica numa menor taxa de degradação. Solos com alta taxa de cobertura tem níveis de suporte a vida maiores que solos expostos, fatores assim geram a necessidade de controle da cobertura vegetal, que ao mesmo tempo, aprimora características positivas, e ajuda a suprir recursos essenciais para a manutenção da vida ali presente.

Quando é analisado as práticas adotadas pela humanidade, ao decorrer dos anos de sobrevivência, observa-se a trajetória de uma espécie que sempre explora, sem se preocupar com as consequências. Essa lógica de expansão ao passar dos anos, mudou

com a modernização da humanidade, que visa sempre expandir suas divisas, contudo essas práticas criou uma lacuna no mundo, que apresenta alguns dos seus recursos finitos, que são explorados desenfreadamente.

Recursos como fauna e flora, depende de uma longa cadeia, analisadas em sequência, sendo que, o solo serve de berço para que a vida floresça. Mas, como consequência de uma desenfreada exploração, tanto quanto de uma má interpretação das nossas ações, vivemos em um mundo em que, os solos estão cada vez mais degradados, e se tornado dignos desertos, contudo, práticas vêm sendo desenvolvidas, com o intuito de sanar essas consequências, que são trágicas e criadas por um uso intensivo. Neste sentido, o uso de leguminosas pode contribuir para a melhoria da fertilidade do solo, cumprindo um papel essencial na recuperação, principalmente em solos nos quais a degradação não envolve elementos contaminantes, e sim perdas constantes por erosão. Ao mesmo tempo que agrega em características desejáveis, como aumento da matéria orgânica e proteção do solo contra os impactos da chuva no solo desprotegido.

Sabendo-se disso, o presente trabalho teve como objetivo verificar se o uso de leguminosas agrega positivamente na recuperação de solos degradados sendo que, a área do experimento apresenta uma degradação causada por ciclo agrícola manejado de forma incorreta ao longo do tempo. Serão avaliados aspectos físicos e nutricionais do solo, além da capacidade de produção de matéria seca das plantas com benefícios no aumento do teor de matéria orgânica do solo, ao longo do tempo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Solos degradados: aspectos e técnicas de recuperação

Em geral a degradação de um solo acontece por diferentes processos de modificação, segundo Wadt *et al.*, (2003) essa degradação ocorre em duas fases, a agrícola e a biológica. Ou seja, a planta passa a ter perda de produtividade gerando baixas econômicas, como perda de produtividade nas espécies de valor econômico, do mesmo modo a cultivar demonstra uma diminuição de biomassa vegetal, diminuindo consideravelmente sua produção, fatores que estão agregados aos solos degradados, desde o início até o final, consecutivamente. Carpanezzi *et al.*, (1990) afirma que áreas

ecologicamente degradadas, são financeiramente inviáveis para a produção, ou são áreas de preservação permanentes (APP), consideradas impróprias para produção.

Para Sousa (2004) e Nogueira *et al.*, (2012) ter o pleno conhecimento do início da degradação e sua origem, é de suma importância e necessário para a avaliação de seus possíveis impactos no ambiente, auxilia na tomada de decisão, para qual medidas serão tomadas evitando que assim fatores degradantes aumente de forma desordenada no solo. O solo em si, não é apenas uma base de sustentação, mas, é um recurso que apresenta características únicas, que aos olhos dos cientistas são imutáveis, as análises dos aspectos e características dos solos são recentes, suas diferenças e similaridades são colocadas em grupos, segundo o princípio de relação dos mesmos com seu material de origem, e sua correlação com características geomorfológicas (CAMARGO; KLAMT; KAUFFMAN, 1987).

Segundo Ferreira (2000) o processo de recuperação de áreas degradadas, pode ser efetuado por diferentes técnicas em suas respectivas áreas de atuações, podendo ser executados em equipes, para facilitar o restabelecimento e o equilíbrio dos solos degradados.

Um dos principais agravantes na degradação dos solos é o manejo incorreto das pastagens, desde fatores simples como escolha de cultivares, ou uma adubação de correção inadequada, fatores assim que auxiliam em um aumento na degradação do solo (CARVALHO *et al.*, 2017). Devemos ter em mente que os prováveis manejos de recuperação fazem sentido para determinada situação, para a recomposição inicial da cobertura vegetal (MACHADO, 2014).

2.2 Cobertura vegetal como proteção e recuperação de solos

Os resíduos vegetais presentes nos solos, exercem grandes funções na proteção do mesmo, principalmente na interceptação das gotas de chuva, isso evita a desagregação das partículas e a formação de enxurradas, fator que diminui o transporte de partículas pela desagregação gerada ao longo do processo (CASSOL, 2003). Para Tucci (1997) a vegetação exerce um papel primordial no fluxo e volume de água, ao mesmo tempo em que, interfere no balanço de energia cinética das gotas de chuva do sistema, isso implica numa fração destinada à vegetação ali presente. Então, uma superfície com área foliar maior implica em um aumento na retenção de água, durante as chuvas.

Um dos principais fatores que se modifica de acordo com a diminuição da cobertura vegetal é a taxa de escoamento superficial, que diminui com o aumento da matéria orgânica, sendo que ambos os aspectos estão interligados (SANTOS *et al.*, 2000). Fatores que são corroborados por Campos *et al.*, (1994) acrescentando à discussão, a variação da umidade presente no solo, que sofre com a interferência da cobertura vegetal que promove a diminuição da evapotranspiração. O uso correto da cobertura vegetal vem se tornando alvo de diferentes estudos, sendo que suas estratégias de atuação variam de acordo com os aspectos do ecossistema, que será recuperado, as parcelas tratadas devem ser repovoadas o quanto antes, para que tal área não seja comprometida (CASTRO, 2007).

2.3 Uso de leguminosa na reestruturação dos solos, aspectos mutáveis

Existem diversas espécies e famílias botânicas que podem ser utilizadas como adubo verde, contudo a família fabaceae apresenta características desejáveis para o seu cultivo (TEODORO *et al.*, 2011). Analisando as leguminosas, observamos aspectos semelhantes aos de outras culturas, além disso, elas apresentam como ponto positivo a capacidade de acumular nitrogênio na fixação biológica, fator que agrega positivamente nas características dos solos, sendo que o nitrogênio é muito requerido pelas principais cultivares analisadas, contribuindo no seu desenvolvimento. “A associação entre leguminosas e bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* apresenta-se como uma das formas mais eficientes de adicionar nitrogênio ao solo” (EPINDOLA; GUERRA; ALMEIDA, 1997, p. 10). Além dessas características a adubação verde possibilita um aumento de diversidade, alterando também fatores físicos, químicos e biológicos (EPINDOLA; ALMEIDA; GUERRA, 2004).

EPINDOLA *et al.*, (2005) relata um grande acúmulo de N na parte aérea das leguminosas, o que implica numa maior taxa de incorporação da mesma no solo, sendo que essas espécies apresentam crescimentos expressivos de parte aérea, ou seja, tem a capacidade de produzir elevada quantidade de material vegetativo, que pode ser incorporado no solo, trazendo benefícios para o mesmo. O uso de leguminosas na proteção de solos degradados é uma prática de baixo custo, isso possibilita a sua introdução, visto que, o seu custo de introdução é menor, outro fator a ser relatado é que podem ser utilizadas tanto espécies arbóreas quanto espécies herbáceas (NOGUEIRA *et*

al., 2012). Essa diversidade de cultivares possibilita uma melhor escolha para determinada região, sendo que para cada local uma espécie pode ser recomendada e utilizada com eficiência. Seganfredo (1995) relata que, seu papel, na flora terrestre, tem agregado positivamente, quanto na parte de fixação de nitrogênio presente no ar, quanto na utilização das mesmas como cobertura verde, sendo que apresentam um crescimento aéreo bom quando se comparadas às outras culturas.

2.4 Benefícios da matéria orgânica estruturação e fertilidade dos solos

Com exceção de alguns aspectos, a matéria orgânica, corresponde cerca de 1,5% teor total dos solos, uma fração menor comparada a fração mineral sólida que pode chegar até 5% (MANDARI *et al.*, 2009). Em geral a matéria orgânica do solo (MOS) tem como sua principal fonte os resíduos vegetais adicionados, incorporados ou não, constituindo um sistema complexo pelo fato de apresentarem frações de resíduos animal e vegetal em diferentes estados de decomposição (CUNHA; MENDES; GIONGO, 2015). Os solos que têm seu material vegetal retirado apresentam alterações nos aspectos químicos e biológicos (JUNIO; MELO, 2000). A determinação da quantidade de MOS vai depender da entrada do material orgânico no solo ali presente (COSTA; SILVA; RIBEIRO, 2013).

A matéria orgânica do solo (MOS) compreende componentes vivos e não-vivos. Os vivos são as raízes de plantas e os organismos do solo, constituindo aproximadamente 4% do total. Os componentes não-vivos representam à matéria microrgânica, constituída de resíduos de plantas em decomposição, as substâncias humificadas e as não humificadas (PRIMO; MENEZES; SILVA, 2011, p. 1).

Para Ciotta *et al.*, (2003) ter um bom manejo da MOS é um fator primordial na sustentação de um manejo produtivo ao longo prazo. A biomassa microbiana do solo (BMS) exerce um fator primordial na decomposição de partículas presentes no mesmo, como matéria/nutriente convertendo-as em energia (CUNHA; MENDES; GIONGO, 2015). A BMS atua como um reservatório de nutrientes, sendo que, para as plantas, esses nutrientes são oferecidos por uma ciclagem rápida, outro aspecto que pode ser analisado é a mineralização do carbono, que pode ser correlacionado com a MOS e seus atributos relacionados a fração particulada (COCEIÇÃO *et al.*, 2005). Santos *et al.*, (2011) relata que há um incremento na produção em sistemas consorciados com leguminosas, esse

incremento é positivo pois há um aumento na concentração de matéria orgânica presente no solo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em uma propriedade particular, localizada no município de São João Evangelista MG. A área foi utilizada como pastagem e produção de cereais por diversos ciclos de cultivo, estimativa de 21 anos segundo relatos de moradores locais, apresentando relativo grau de degradação, erosão laminar gerando espaços com sinais de erosão aparente, solos descobertos com perda da camada superficial por degradação hídrica, gerando carreamento de partículas, desagregação e desuniformidade da área. A coordenada central da área é (18° 35'53.37" S 42°45'52.72" W). A área encontra-se próxima ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Campus São João Evangelista - IFMG SJE, (18° 32'48" S 42°45'43" W).

Segundo Alvares *et al* (2013) o clima é classificado como cwa, quando o clima apresenta estações chuvosas e temperadas, com inverno seco e verão chuvoso e quente, alcançando índice pluviométrico de 1092 mm. As temperaturas mais baixas são registradas entre os meses de maio a setembro, e as temperaturas mais elevadas são registradas de dezembro a janeiro, variando de mínima com 15 °C a máxima de 29 °C pelo decorrer do ano, há duas estações bem definidas, uma chuvosa de novembro a janeiro, e uma seca, de maio a agosto (CLIMATEMPO, 2022).

A topografia do local de estudo é constituída com áreas planas com a presença de várzeas, que foram drenadas ao longo dos anos de uso. Nas partes mais distantes das drenagens verificam-se regiões mais íngremes, com a ocorrência de morros arredondados. O relevo local condiciona a drenagem para as áreas mais baixas, onde acumula material carreado ao longo dos anos. Aliado ao uso intensivo do solo, principalmente como pastagem, gerou processos erosivos laminares e em sulcos. O local foi utilizado como área de pastagem animal extensiva, por aproximadamente 20 anos, sendo que o presente local encontrasse em pousio a um ano. O solo local é classificado como latossolo amarelo com uma textura argilosa.

O experimento constituiu no plantio de uma área de 260 m² (Figura 1). Nesta área foi cultivada três espécies diferentes de leguminosas: feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) (A); mucuna-preta (*Mucuna pruriens*) (B); crotalária (*Crotalaria juncea*) (C); e solo exposto, em pousio (T).

Figura 1 - Localização da área experimental



Fonte da imagem: Google Earth, datada de julho de 2022.

3.2 Caracterização do solo e desenvolvimento das espécies plantadas

Antes do plantio (Tabela 1), em toda área experimental, a camada de solo, de aproximadamente 5 cm, foi revolvida, como o intuito de homogeneização. Também foi feita uma coleta de solo composta antes do revolvimento do solo, no centro da parcela, usando um trado holandês, na profundidade de 0-20cm (Figura 2). Em cada parcela, das 16 analisadas, foram coletadas 3 amostras simples, que após homogeneização formaram uma amostra composta. Essas amostras foram retiradas no meio dos canteiros, para evitar o efeito de bordadura. Esse processo foi repetido, para efeito de comparações de análise de solo, por dois períodos, sendo eles, antes do plantio, e 120 dias após o corte das espécies analisadas. O solo coletado, nos dois períodos citados, foi analisado, conforme metodologia proposta por (TEIXEIRA *et al*, 2017).

Tabela 1 - Atributos químicos do solo na camada de 0 - 20cm antes do plantio

Inicial	pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	M.O.	P-rem
T	H ₂ O	mg.dm ⁻³					cmolc.dm ⁻³						dag.kg ⁻¹	mgL ⁻¹
A	6,7	5,0	52,5	5,2	1,5	0,0	1,7	6,8	6,8	8,4	78,1	0,0	2,4	23,8
B	6,6	7,6	55,0	4,9	1,6	0,0	1,9	6,6	6,6	8,5	76,5	0,0	2,6	25,3
C	6,8	6,1	57,5	4,8	1,8	0,0	1,6	6,8	6,8	8,3	80,8	0,0	2,5	26,6
T	6,9	5,6	70,0	6,1	1,4	0,0	1,4	7,7	7,7	9,1	83,6	0,0	2,7	25,6

Legenda: T: tratamento; SB: soma de base; t: soma de base mais Al ou capacidade de troca de cátions efetiva; V: Capacidade de troca de cátions total; V: percentagem de saturação por bases; e m: saturação por alumínio. Métodos: pH água: Relação solo: água 1:2,5. P e K: extrator Mehlich-1. Ca, Mg e Al: extrator KCl 1 mol L⁻¹. H+Al: pH SMP. SB: Soma de bases trocáveis. T: Capacidade de troca de cátions efetiva T: Capacidade de troca de cátionsa pH 7,0. V: Saturação por bases. m: saturação de alumínio. MO: Matéria orgânica pelo método colorimétrico. P-rem: Fósforo remanescente.

As análises de MO foram comparadas para verificar o acréscimo com a introdução das novas cultivares. Também foram analisadas a concentração dos macros e micronutrientes, e as diferenças que serão observadas, como aumento ou diminuição dos seus principais teores para uma melhor compreensão da perda ou do ganho em seus percentuais.

Figura 2 - Coleta de solo



Fonte: autor.

Tabela 2 - Recomendação de plantio

Peso das porções de sementes		
Tratamento 1	Feijão de porco (g)	Total (g)
Parcela	0,160	176
Tratamento	0,64	704
Tratamento 2	Mucuna preta (g)	Total (g)
Parcela	0,120	132
Tratamento	0,48	528
Tratamento 3	Crotalária (g)	Total (g)
Parcela	0,012	13,2
Tratamento	0,048	52,8

Fonte: Autor.

O plantio foi realizado nos quatro blocos, seguindo o espaçamento recomendado pela (EMBRAPA, 2022) (Tabela 2). Cada canteiro apresenta suas respectivas linhas de plantio, de acordo com a cultura avaliada (Figura 3). A semeadura foi feita manualmente

usando 1 cm de profundidade. Como as espécies apresentam uma diferença nos dias de florescimento foi realizado um único corte aos 120 dias após o plantio.

Como as sementes apresentam tamanhos diferentes e reduzidos, foram pesadas de forma individual para cada parcela, para evitar que as repetições apresentassem diferenças na quantidade de plantas por linha. O peso total de sementes, para cada espécie plantada, em cada parcela, foi transformado em quantidade de semente, respeitado o peso médio de cada semente. Com o número de sementes foi feito o plantio distribuindo de forma uniforme em cada linha. Para a crotalária-juncea o espaçamento adotado foi o de 20cm entre plantas e 30cm entre linhas, o feijão-de-porco foi introduzido com 50cm entre plantas e 40cm entre linhas e a mucuna-preta foi implantada com 30cm entre plantas e 50cm entre linha.

Antes do plantio, os tratos culturais realizados foram limpeza do local, revolvimento da camada de 0,5 cm de solo, e monitoramento do crescimento das cultivares, visualmente ao longo do período do cultivo (Figura 3). Após o plantio foi feita verificações diárias, mas sem intervenções diretas.

Figura 3 - Plantio e cultivares crescidas



Fonte: autor.

Aos 120 dias, período escolhido para facilitar logística de ambos os envolvidos no cumprimento das etapas do projeto, a parte aérea das cultivares foram cortadas, embaladas, pesadas e levadas à estufa. Obtendo assim o valor da massa úmida (UM) e seca (MS). Para o corte das cultivares (Figura 4) foi utilizado um quadrado com dimensão de 50cm largura por 50cm comprimento, para delimitar o local a ser cortado. Este procedimento foi repetido três vezes por parcela, totalizando 16 amostras cortadas, para

cada bloco, esse corte foi feito de forma aleatória na parte do coleto da planta, evitando também o efeito de bordadura. A secagem foi feita na estufa de esterilização e secagem por convecção forçada de ar (M-LUCA82/480), a 65 °C até obter a massa constante (MS). Esses valores obtidos serviram de dados para uma análise comparativa com o teor de matéria orgânica (MO).

Figura 4 - Corte das cultivares



Fonte: autor.

A caracterização física do solo, através da análise indireta do grau de compactação do solo foi realizada através do Penetrômetro de Impacto (M-KAMQA/B0917), conforme metodologia proposta por Stolff *et al.*, (2014) (Figura 5). O equipamento foi utilizado em cada parcela 3 vezes, totalizando 12 análises por bloco e 48 análises totais no dia do plantio. Este teste foi realizado no dia do plantio e repetido 120 dias após o plantio. As 3 análises do equipamento, por parcela, foram feitas de forma aleatória no centro da parcela, para evita o efeito de bordadura das parcelas e seus respectivos blocos. Amostras de solos, foram coletadas nos dois momentos de teste (início e após 120 dias) para obtenção da umidade do solo, sendo que essa umidade é agregada nos cálculos da resistência a penetração.

Figura 5 - Medição de resistência do solo a penetração com o Penetrômetro de Impacto



Fonte: autor.

3.3 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC). A área total tem 16 m de comprimento, por 16 m de largura. Esta área foi subdividida em 4 blocos (Figura 6), de 8 m de comprimento por 8 m de largura (bloco). Cada bloco contém 4 canteiros menores (parcela), com 4 m de comprimento e 4 m de largura. Em cada bloco, nos canteiros, foram plantadas as 3 das cultivares analisadas (Feijão-de-porco - A, Mucuna-preta – B e Crotalária - C), e a área da testemunha, que ficou em pousio (T) figura 2.

Figura 6 - Delineamento experimental

B1	T1	A3	B3
A1	C1	T3	C3
A2	C2	B4	A4
B2	T2	C4	T4

	Bloco 1
	Bloco 2
	Bloco 3
	Bloco 4

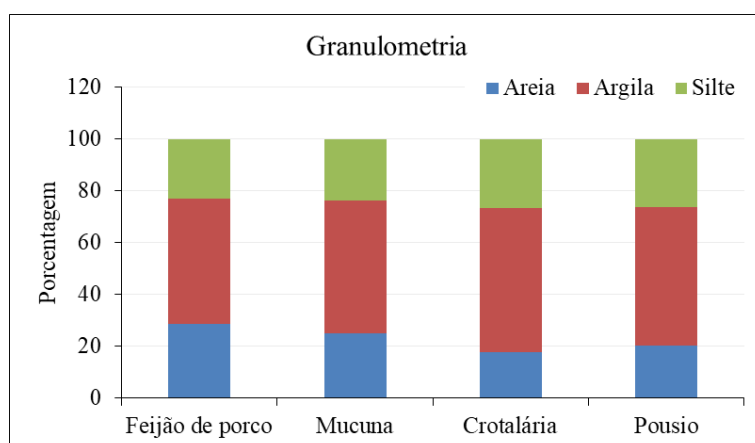
Fonte: Autor.

Os dados foram submetidos às análises estatísticas, ou seja, as médias para analisar os efeitos de cada um dos tratamentos, na qualidade do solo, são comparadas por meio do teste de *Tukey*, a 5 %. Com relação aos parâmetros estimadores, são testados com a utilização do teste *t Student* com o nível de probabilidade de 5 %.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As características físicas do solo, tais como a granulometria, geralmente não sofrem alterações naturais em curtos espaços de tempo, salvo caso de compactação ou inserção de grande volume de matéria orgânica. Na área de plantio temos um solo tipicamente argiloso (Figura 7), com níveis de argila variando de 48 a 53%. Este tipo de solo tem maior capacidade tampão, que garante maior estabilidade e maior tempo para que mudanças em sua composição possam ser mensuradas.

Figura 7 - Granulometria média das áreas de plantio.



Fonte: Autor.

Percebe-se também uma pequena variabilidade dos teores granulométricos nos quatro locais amostrados. Este resultado era esperado, uma vez que, toda a área do experimento apresenta uniformidade, principalmente nas camadas inferiores de 10 cm. A composição química do solo (Tabela 3) indica um solo com boa capacidade nutricional, antes e após o plantio.

Tabela 3 - Atributos químicos do solo na camada de 0 - 20cm

Inicial	pH	P	K	Ca²⁺	Mg²⁺	Al³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	M.O.	P-rem
T	H ₂ O	mg.dm ⁻³					cmolc.dm ⁻³						dag.kg ⁻¹	mgL ⁻¹
A	6,7	5,0	52,5	5,2	1,5	0,0	1,7	6,8	6,8	8,4	78,1	0,0	2,4	23,8
B	6,6	7,6	55,0	4,9	1,6	0,0	1,9	6,6	6,6	8,5	76,5	0,0	2,6	25,3
C	6,8	6,1	57,5	4,8	1,8	0,0	1,6	6,8	6,8	8,3	80,8	0,0	2,5	26,6
T	6,9	5,6	70,0	6,1	1,4	0,0	1,4	7,7	7,7	9,1	83,6	0,0	2,7	25,6
Final	pH	P	K	Ca²⁺	Mg²⁺	Al³⁺	H+Al	SB	T	T	V	M	M.O.	P-rem
T	H ₂ O	mg.dm ⁻³					cmolc.dm ⁻³						dag.kg ⁻¹	mgL ⁻¹
A	6,4	4,6	40,0	4,5	1,2	0,0	1,6	5,8	5,8	7,4	77,1	0,0	1,9	17,1
B	6,1	4,4	42,5	3,4	1,1	0,0	2,0	4,6	4,6	6,6	69,3	0,0	1,8	18,5
C	6,6	4,6	45,0	4,2	1,2	0,0	1,6	5,5	5,5	6,8	76,7	0,0	1,9	17,0
T	6,8	4,3	42,5	5,0	1,2	0,0	1,5	6,1	6,1	7,5	79,9	0,0	2,1	18,8

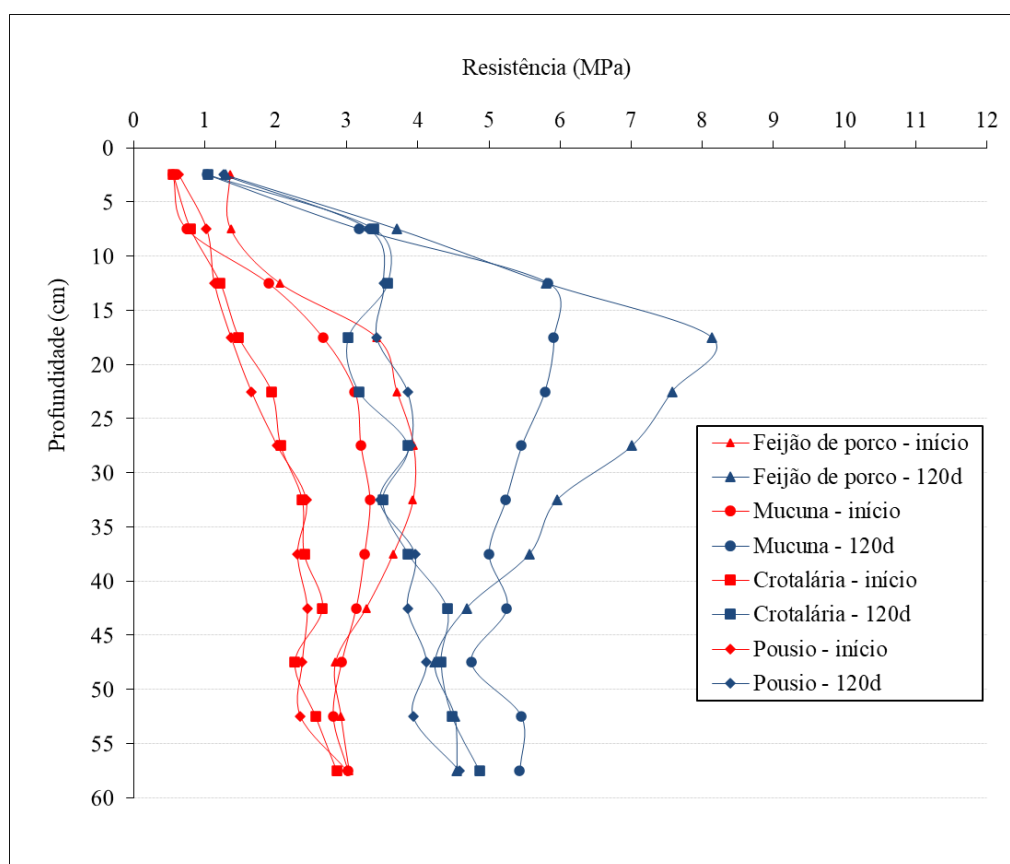
Legenda: T: tratamento; SB: soma de base; t: soma de base mais Al ou capacidade de troca de cátions efetiva; V: Capacidade de troca de cátions total; V: percentagem de saturação por bases; e m: saturação por alumínio. Métodos: pH água: Relação solo: água 1:2,5. P e K: extrator Mehlich-1. Ca, Mg e Al: extrator KCl 1 mol L⁻¹. H+Al: pH SMP. SB: Soma de bases trocáveis. T: Capacidade de troca de cátions efetiva T: Capacidade de troca de cátionsa pH 7,0. V: Saturação por bases. m: saturação de alumínio. MO: Matéria orgânica pelo método colorimétrico. P-rem: Fósforo remanescente.

Pode ser notado uma diminuição no percentual dos principais macro e micronutrientes do solo, sendo que nenhuma das cultivares analisadas obtiveram efeitos positivos nos tratamentos, deixando de agregar positivamente em seus aspectos mutáveis. Outro fator negativo foi a diminuição da MO, com a redução dos valores observados antes na área de cultivo. A hipótese que pode ser atribuída a essa queda nos percentuais de nutrientes do solo, pode ser o pequeno período de estudo, sendo que os valores de matéria orgânica poderiam aumentar, caso as culturas permanecessem por mais tempo no local de cultivo. Aspectos como pH, são fatores limitantes na produção de diversas cultivares, solos muito ácidos pH abaixo de 5,5 ou básicos pH acima de 7, em proporções alta ou baixa, podem causar perda na produção, de diversas cultivares, que são utilizadas hoje em dia pelos produtores, gerando prejuízos no campo, o que torna mais importante estudos nessa área de atuação.

Os resultados obtidos não estão alinhados com a literatura conhecida. A título de exemplo temos que: Carsky *et al.*, (2001) em seu estudo na África Ocidental mostraram que a mucuna-preta pode contribuir significativamente para a matéria orgânica do solo, melhorando assim a fertilidade; Sanginga *et al.*, (1996) exploraram a capacidade da mucuna-preta de fixar nitrogênio e sua influência na matéria orgânica do solo, suas conclusões apontam para uma melhoria nos teores de nitrogênio nas raízes e carbono orgânico no solo.

Teixeira *et al.*, (2009) ao estudar o uso de leguminosas no solo concluíram que a palhada de crotalaria é capaz de liberar valores adequados de macronutrientes no solo, à exceção do S, fator que corrobora o não alinhamento dos resultados obtidos nas análises. Provavelmente a divergência de resultado, no atual experimento, está no fato de que a coleta de solos foi feita antes da incorporação da matéria orgânica ao solo.

Os ensaios relativos à resistência de penetração no solo (Figura 8) mostram que houve dois padrões de respostas, no início do experimento com valores variando de 0,5 a 4,0 Mpa, e após 120 dias com valores variando de 1 a 8 Mpa. A resistências a penetração no solo (Figura 8) no início do experimento e 120 dias após o plantio, mostra um aumento generalizado dos valores de resistência á penetração no final do período experimental.

Figura 8 - Resistência (MPa) e profundidade (cm)

Fonte: Autor.

A umidade do solo em termos de massa úmida, foi de 26 e de 24% durante o teste de resistência a penetração no início e aos 120 dias após os plantios respectivamente. Os processos de compactação do solo, dependem da quantidade de água presente, e da pressão externa aplicada, somada aos diversos tipos de manejos utilizados (SILVA; CABEDA, 2006).

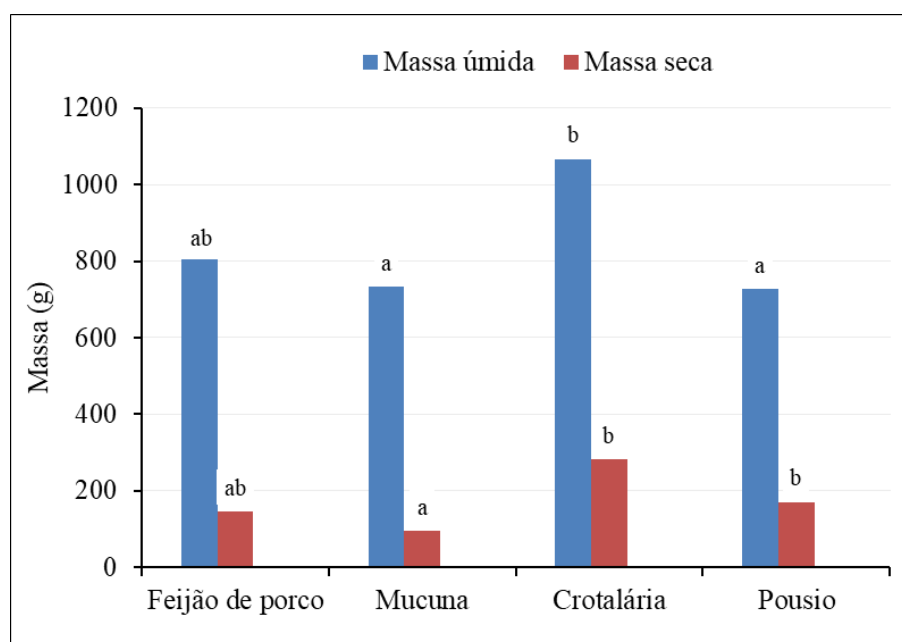
Observa-se um aumento na resistência (Mpa) nas camadas de 15 a 30 cm de profundidade, onde os valores são elevados, para quase todos os dados observados, exceção dos dados iniciais das análises do pousio/testemunha e crotalária, sendo que os valores encontrados e avaliados, aumentam de forma homogênea em relação e comparação ao início das demais cultivares, apresentando divergências na resistência, nas camadas de 15 a 30 cm, elevando os valores de (Mpa).

A linha de resistência observada no início da crotalária é bem similar ao do início da testemunha, esse aspecto continua aos 120 dias, visto que ela foi a única a apresentar resultados satisfatórios, quando comparadas com as demais cultivares, com os dados observados no início não são muito relevante, porém, age como efeito de

comparação para os resultados de 120 dias, que também foram maiores, gerando resultados inferiores para as cultivares, mucuna-preta e feijão-de-porco, que mantiveram os dados de resistências a penetração maiores, oscilando bastante ao longo das camadas. Tais fatores podem ser correlacionado com os processos de compactação do solo e o aumento da diminuição do espaço poroso entre os agregados, o que acarreta numa maior orientação das partículas, que resulta numa maior agregação da matriz do solo (HORN *et al.*, 1995).

O gráfico da massa úmida e seca das espécies (figura 9) estão referentes as medidas obtidas por cada tratamento e foram analisadas de forma separada para ajudar no efeito de comparação das espécies, e suas divergências na concentração da massa, sendo pesada de forma igualitária, para as respectivas porções, das espécies analisadas evitando um possível erro na construção do gráfico de variação e comparação de peso.

Figura 9 - Gráfico da massa úmida e seca das espécies



Fonte: Autor.

Os resultados observados na (figura 9), dão ênfase que, a crotalária, apresenta melhores resultados, relativos ao peso do seu material vegetativo, em relação as outra cultivares e o solo em pousio/testemunha. Já o peso da massa úmida da crotalária, se assimila ao do feijão de porco, apresentando resultados maiores, quando comparados com a cultivar mucuna-preta e o solo em pousio, que apresenta resultados inferiores. Em relação a massa seca, a mucuna-preta apresentou medias menores de peso seco, em relação as demais cultivares, onde a crotalária apresentou o maior peso. Porém, que se

assimila estatisticamente ao feijão de porco e ao solo em pousio, fator que não está alinhado com os estudos de Júnio *et al.*, (2008) que relata em seus experimentos que a crotalária proporciona a maior taxa de cobertura do solo, sendo que ela agrega numa matéria seca maior, sendo superior ao feijão-de-porco, à mucuna-preta e vegetação espontânea, resultados esses que não condiz com os observados nas análises do experimento. Portanto as cultivares feijão de porco e crotalária são similares estatisticamente apresentando resultados intermediários em sua utilização.

5 CONCLUSÕES

A utilização das leguminosas na proteção de solos degradados, não foi eficiente, visto que, as cultivares crotalária (*Crotalaria juncea*) feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) e mucuna-preta (*Mucuna pruriens*) não apresentaram resultados satisfatórios, em relação ao acréscimo nas características e aspectos de conservação do solo, no curto período de experimento.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. KÖPPEN, W; GEIGER, R. **Klima der Erde (Clima da Terra)**. Wall Mapa 1:16 Mill. KlettPerthes, Gotha. 1954. Disponível em: >http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/pics/Geiger_1954_Map.jpg< Acesso em: setembro de 2022.
- CAMARGO, M. N.; KLAMT, E.; KAUFFMAN, J. H. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 1987.
- CAMPOS, Ben-Hur Costa de et al. Avaliação temporal da umidade do solo como consequência do tipo e percentagem de cobertura vegetal. **Ciência Rural**, v. 24, p. 459-463, 1994.
- CARPANEZZI, A. A. et al. Funções múltiplas das florestas: conservação e recuperação do meio ambiente. In: **Congresso Florestal Brasileiro**. 1990. p. 216-221.
- CARSKY, R. J.; SINGH, B. B.; OYEWOLE, B. Contribution of early season cowpea to late season maize in the savanna zone of West Africa. *Biological agriculture & horticulture*, v. 18, n. 4, p. 303-315, 2001.
- CARVALHO, Wellyngton Tadeu Vilela et al. Pastagens degradadas e técnicas de recuperação: Revisão. **Pubvet**, v. 11, p. 0947-1073, 2017.
- CASSOL, Elemar Antonino; LIMA, Vladimir Silva de. Erosão em entressulcos sob diferentes tipos de preparo e manejo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 117-124, 2003.
- CASTRO, Paula Teixeira da Cunha. Cobertura vegetal e indicadores microbiológicos de solo em talude revegetado. 2007.
- CIOTTA, Marlise Nara et al. Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sob plantio direto. **Ciência Rural**, v. 33, p. 1161-1164, 2003.
- CLIMATEMPO><https://www.climatempo.com.br/climatologia/4812/saojoaoevangelista-mg>< Acesso em: setembro de 2022.

CONCEIÇÃO, Paulo Cesar et al. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 777-788, 2005.

COSTA, Elaine; SILVA, Helane; RIBEIRO, Paula Rose. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. **Enciclopédia biosfera**, v. 9, n. 17, 2013.

CUNHA, T. J. F.; MENDES, Alessandra Monteiro Salviano; GIONGO, Vanderlise. Matéria orgânica do solo. **Embrapa Semiárido-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2015.

DOS SANTOS, Henrique P. et al. Fertilidade e teor de matéria orgânica do solo em sistemas de produção com integração lavoura e pecuária sob plantio direto. **Embrapa Agrossilvipastoril-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2011.

DUARTE JÚNIOR, José Barbosa; COELHO, Fábio Cunha. Adubos verdes e seus efeitos no rendimento da cana-de-açúcar em sistema de plantio direto. **Bragantia**, v. 67, p. 723-732, 2008.

EMBRAPA><https://www.embrapa.br/>< Acesso em: setembro de 2022

ESPÍNDOLA, JA de A.; DE ALMEIDA, D. L.; GUERRA, J. G. M. Estratégias para utilização de leguminosas para adubação verde em unidades de produção agroecológica. 2004.

ESPINDOLA, Jose AA et al. **Adubação verde com leguminosas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005., 2005.

ESPÍNDOLA, José Antonio Azevedo; GUERRA, José GM; DE ALMEIDA, D. L. Adubação verde: estratégia para uma agricultura sustentável. **Embrapa Agrobiologia-Documentos (INFOTECA-E)**, 1997.

FERREIRA, Charles Aparecido Gonçalves. Recuperação de áreas degradadas. **Informe Agropecuário**, v. 21, n. 202, p. 127-130, 2000.

HORN, R. et al. Soil compaction processes and their effects on the structure of arable soils and the environment. **Soil and Tillage Research**, v. 35, n. 1-2, p. 23-36, 1995.

MACHADO, Diego Fernandes Terra; CONFESSOR, Jefferson Gomes; RODRIGUES, Silvio Carlos. Processo inicial de recuperação de área degradada a partir de intervenções físicas e utilização de leguminosas. **Caderno de Geografia**, v. 24, n. 1, p. 42-54, 2014.

MADARI, Beáta Emöke et al. Matéria orgânica dos solos antrópicos da Amazônia (Terra Preta de Índio): suas características e papel na sustentabilidade da fertilidade do solo. 2009.

MARCHIORI JÚNIOR, MILTON; MELO, WANDERLEY JOSÉ DE. Alterações na matéria orgânica e na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido a diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 1177-1182, 2000.

NOGUEIRA, Natiélia et al. Utilização de leguminosas para recuperação de áreas degradadas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 14, 2012.

PRIMO, Dário Costa; MENEZES, Rômulo Cezar; SILVA, Tácio Oliveira. Substâncias húmicas da matéria orgânica do solo: uma revisão de técnicas analíticas e estudos no nordeste brasileiro. **Scientia Plena**, v. 7, n. 5, 2011.

SANGINGA, N., OKOGUN, A., AKOBUNDU, I. O., CARSKY, R. J., TIAN, G., & WIRKOM, L. E. (1996). Nodulation and estimation of symbiotic nitrogen fixation by herbaceous and shrub legumes in Guinea savanna in Nigeria. *Biology and Fertility of Soils*, 23, 441-448.

SANTOS, Celso Augusto Guimarães et al. Influência do tipo da cobertura vegetal sobre a erosão no semi-árido paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, p. 92-96, 2000.

SEGANFREDO, Milton Antonio. Leguminosas de verão: capacidade para fixação simbiótica de nitrogênio e potencial de utilização no sul do Brasil. **Ciência Rural**, v. 25, p. 481-487, 1995.

SILVA, Apolino José Nogueira da; CABEDA, Mário Sérgio Vaz. Compactação e compressibilidade do solo sob sistemas de manejo e níveis de umidade. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 30, p. 921-930, 2006.

SILVA, Mozaniel Batista da et al. Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 1755-1761, 2007.

SOUZA, Maurício Novaes. Degradação e recuperação ambiental e desenvolvimento sustentável. 2004.

STOLF, R.; MURAKAMI, J.H.; BRUGNARO, C.; SILVA, L.G. ; SILVA, L. C. F. ; MARGARIDO, L.A.C. . Penetrômetro de impacto Stolf - programa computacional de dados em EXCEL-VBA. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 38, p. 774-782, 2014

TEIXEIRA, Cícero Monti et al. Decomposição e liberação de nutrientes das palhadas de milho e milho+ crotalaria no plantio direto do feijoeiro. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, p. 647-653, 2009.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (eds.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3.ed. rev. e ampl. - Brasília, DF: **Embrapa**, 2017. 573p.

TEODORO, Ricardo Borges et al. Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no Cerrado do Alto Vale do Jequitinhonha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 635-640, 2011.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; CLARKE, Robin Thomas. Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão. **Rbrh: Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre, RS. vol. 2, n. 1 (jun. 1997), p. 135-152, 1997

WADT, Paulo Guilherme Salvador et al. Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas. 2003.