

ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**ATRIBUTOS DE SOLO E ARRASTE DE SEDIMENTOS APÓS
PLANTIO DE MILHETO E CROTALÁRIA COMO CULTURAS
DE SUCESSÃO EM ÁREA DE POUSIO**

Mauro Ferreira Machado

Engenheiro Agrônomo

JABOTICABAL - SÃO PAULO - BRASIL

2017

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ATRIBUTOS DE SOLO E ARRASTE DE SEDIMENTOS APÓS
PLANTIO DE MILHETO E CROTALÁRIA COMO CULTURAS
DE SUCESSÃO EM ÁREA DE POUSIO**

Mauro Ferreira Machado

Orientador: Prof. Dr. Marcílio Vieira Martins Filho

Coorientadoras: Prof^a. Dr^a. Teresa Cristina Tarlé Pissarra

Dr^a. Maria Teresa Vilela Nogueira Abdo

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Ciência do Solo).

JABOTICABAL - SÃO PAULO - BRASIL

2017

M149a Machado, Mauro Ferreira
Atributos do solo e arraste de sedimentos após o plantio de milho e
crotalária como culturas de sucessão em área de pousio / Mauro Ferreira
Machado. – – Jaboticabal, 2017
vii, 74 p. : il. ; 29 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2017

Orientador: Marcílio Vieira Martins Filho

Coorientadoras: Maria Teresa Vilela Nogueira Abdo, Teresa Cristina
Tarlé Pissarra.

Banca examinadora: João Antônio Galbiatti, José Eduardo Pitelli
Turco, Renato Farias do Valle Júnior, Vera Lúcia Abdala

Bibliografia

1. Manejo do Solo. 2. Plantas de Cobertura. 3. Adubação verde. 4.
Carbono no solo 5. Densidade de solo. 6. *Crotalaria juncea*. 7.
Pennisetum americanum. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.41:631.874

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Diretoria
Técnica de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: ATRIBUTOS DE SOLO E ARRASTE DE SEDIMENTOS APÓS PLANTIO DE MILHETO E CROTALÁRIA COMO CULTURAS DE SUCESSÃO EM ÁREA DE POUSIO

AUTOR: MAURO FERREIRA MACHADO

ORIENTADOR: MARCÍLIO VIEIRA MARTINS FILHO

COORIENTADORA: MARIA TERESA VILELA NOGUEIRA ABDO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA (CIÊNCIA DO SOLO), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. MARCÍLIO VIEIRA MARTINS FILHO
Departamento de Solos e Adubos / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Prof. Dr. JOSÉ EDUARDO PITELLI TURCO
Departamento de Engenharia Rural / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Prof. Dr. JOÃO ANTONIO GALBIATTI
Departamento de Engenharia Rural / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Prof. Dr. RENATO FARIAS DO VALLE JUNIOR
Instituto Federal do Triângulo / IFTM - Uberaba/MG

Profa. Dra. VERA LUCIA ABDALA
Instituto Federal do Triângulo / IFTM - Uberaba/MG

Jaboticabal, 15 de setembro de 2017

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

MAURO FERREIRA MACHADO – nascido aos 7 dias do mês de fevereiro de 1970, na cidade de São Paulo - SP, filho de Manoel Machado e Marli Dias Ferreira Machado. Possui graduação em Agronomia pela Faculdade de Agronomia e Zootecnia de Uberaba (1994). Possui pós-graduação no Curso Superior de Formação de Professores de Disciplinas Especializadas no Ensino de 2º Grau, Esquema I, pelo Centro de Formação de Educação Tecnológica do Paraná (1998). Atuou como Coordenador Geral de Produção no Centro Federal de Educação de Uberaba, de 1998 a 2003. Obteve o título de Mestre em Agronomia no programa de Ciência do Solo na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV/UNESP – Câmpus de Jaboticabal (2012) e o Doutorado em Agronomia no programa Ciência do Solo, pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária – Campus de Jaboticabal, em setembro de 2017. Atualmente é Engenheiro Agrônomo da Universidade Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Triângulo Mineiro – Campus Uberaba.

DEDICO

À minha família pela compreensão, carinho e amor.

Aos meus amados e especiais pais, Manoel Machado e Marli Dias Ferreira Machado (*in memoriam*), pela dedicação incondicional à minha formação.

Aos meus amados e queridos pais adotivos, José Carlos de Castro Castanheira e Nanci Terezinha da Silva Castanheira, pelo incentivo aos meus estudos.

Aos meus irmãos: Rita, Vilmar, Manoel Júnior, Juninho e Dra. Juliana, pelo amor, carinho e dedicação por todos estes anos.

Ao meu eterno e amado companheiro João Gabriel Castanheira Machado, pelo amor incondicional.

Aos queridos filhos: Marcelo, Victor, Felipe, Maria Thereza e João Gabriel, por suas existências em minha vida.

Epígrafe

RECOMEÇAR

*“Quando a vida lhe bater forte e sua alma sangrar...
Quando esse mundo pesado, lhe ferir, lhe esmagar...
É a hora do **RECOMEÇO!** Recomece a **LUTAR...**
Quando tudo for escuro e nada iluminar...
Quando tudo for incerto e você só duvidar...
É a hora do **RECOMEÇO!** Recomece a **ACREDITAR...**
Quando a estrada for longa e seu corpo fraquejar...
Quando não houver caminho e nenhum lugar pra chegar...
É a hora do **RECOMEÇO!** Recomece a **CAMINHAR...**
Quando o mal for evidente e o amor se ocultar...
Quando o peito for vazio e o abraço lhe faltar...
É a hora do **RECOMEÇO!** Recomece a **AMAR...**
Quando você cair e ninguém lhe amparar...
Quando a força do que é ruim conseguir lhe derrubar...
É a hora do **RECOMEÇO!** Recomece a **LEVANTAR...**
Quando a falta de esperança decidir lhe açoitar...
E se tudo que for real, for difícil suportar...
Mais uma vez, é a hora do **RECOMEÇO!** Recomece a **SONHAR...**
Enfim...
É preciso de um final para poder **RECOMEÇAR!**
Nem sempre engatar a ré, significa voltar...
Remarque aquele encontro...
Reconquiste um amor...
Reúna quem lhe quer bem...
Reconforte um sofredor...
Reanime quem está triste...
Reaprenda na dor...*

RECOMECE! RECONQUISTE!

Reconstrua cada sonho...

Redescubra algum Dom...

Reaprenda quando errar...

Rebole quando dançar...

E se um dia, lá na frente a vida lhe der uma ré...

*Recupere sua **FÉ** e **RECOMECE** novamente.”*

Bráulio Bessa

AGRADECIMENTOS

A Deus, por conquistar mais essa fase da minha vida.

A todos os membros da minha família, por estarem presentes e me apoiarem incondicionalmente neste grandioso projeto.

Aos meus queridos pais, que sempre me incentivam a trilhar o caminho da verdade.

Ao anjo e verdadeira amiga, Vera Lúcia Abdala, companheira em todas as etapas da minha pesquisa.

Ao Prof. Dr. Marcílio Vieira Martins Filho, pelo incentivo, apoio, paciência e ensinamentos transmitidos. Ofereço meus agradecimentos e respeito pelo seu profissionalismo e sabedoria. Sinto-me honrado por ter sido seu orientando.

À Prof. Dra. Teresa Cristina Tarlé Pissarra minha coorientadora, pela confiança, amizade e incentivo em todas as horas.

À Pesquisadora Dra. Maria Teresa Vilela Nogueira Abdo (coorientadora) da APTA/Pindorama-SP (Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios) pela amizade, bondade e companheirismo.

Ao Professor Dr. Renato Farias do Valle Júnior, pela amizade, bondade e companheirismo.

Ao Prof. Dr. José Eduardo Pitelli Turco, pelos ensinamentos, apoio e companheirismo.

Aos membros da banca pelas sugestões e experiências acrescentadas para o enriquecimento desta pesquisa.

A todos os colegas de trabalho da UFTM – Câmpus Uberaba, pelo apoio, carinho, dedicação e paciência, dentre eles cito os Professores Carlos Alberto Araújo Campos, Josenilson Bernardo da Silva e Ricardo Ferreira Vicente.

Aos bolsistas do Lagecs – UFTM – Câmpus Uberaba, pelo apoio e carinho, dentre eles cito Nathália Barbosa Vianna, Hygor Evangelista Siqueira e Camila Gullo.

A todos os amigos do Departamento de Engenharia Rural e Fotointerpretação: Ronaldo Barros, Izilda, Janaína, Michele e Fabrício, Anildo Caldas, Lucas Hordones,

Beatriz Costa, Renata Costa, Gabriela Ferracini, dentre outros que contribuíram para execução deste projeto de vida.

A todos os amigos da APTA/Pindorama-SP (Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios), em especial ao Dr. Antônio Lúcio, Maria Conceição, Mariana Lopes, Paulo, Beatriz, Talles, dentre outros que contribuíram para execução deste projeto de vida.

À equipe da Pós-Graduação da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Câmpus Jaboticabal, pelo profissionalismo e presteza nas orientações formais.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Câmpus Jaboticabal e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Programa Ciência do Solo, pela estrutura e cursos ofertados, respectivamente.

SUMÁRIO

RESUMO	ii
ABSTRACT	iii
LISTA DE FIGURAS	iv
LISTA DE QUADRO	iv
LISTA DE TABELAS	v
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
3. MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1. Área de Estudo	13
3.2 Clima	14
3.3 Relevo	15
3.4 Geologia	15
3.5 Descrição dos solos do local do experimento	15
3.6 Limpeza da área e preparo do solo	19
3.7 Amostragem e determinação dos parâmetros físicos e químicos do solo	20
3.8 Descrição da parcelas experimentais	22
3.9 Amostragem e determinação do Potencial Arraste de Sedimentos(PAS)	24
3.10 Amostragem e determinação da comunidade infestante (levantamento fitossociológico)	25
3.11 Análise estatística	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1 Atributos físicos e químicos do solo	26
4.2 Massa de matéria seca	39
4.3 Levantamento fitossociológico	41
4.4 Perdas de solo e água por erosão	46
5. CONCLUSÃO	50
VI. REFERÊNCIAS	51

ATRIBUTOS DE SOLO E ARRASTE DE SEDIMENTOS APÓS PLANTIO DE MILHETO E CROTALÁRIA COMO CULTURAS DE SUCESSÃO EM ÁREA DE POUSIO

RESUMO – O presente trabalho teve como objetivo, avaliar o efeito das culturas de sucessão, milheto e crotalária, em alguns atributos do solo, no arraste de sedimentos, e na comunidade de plantas infestantes nas parcelas instaladas em uma área de Argissolo, após 12 anos de pousio no Polo Centro Norte/APTA, Pindorama- SP. Para a determinação dos atributos do solo, foram realizadas coletas deformadas de solo nas profundidades de 0,00 a 0,05, 0,00 a 0,20 e 0,00 a 0,40 m para os dados de fertilidade e de granulometria; coletas de amostras indeformadas de solo nas profundidades 0,00 a 0,20 e de 0,20 a 0,40 m, para os dados de densidade e de porosidade; e em profundidades de 0,00, 0,10, 0,20, 0,30, 0,40 e de 0,50 m, e para a avaliação da resistência mecânica do solo à penetração, em dois períodos: antes do preparo do solo e após os 152 dias de semeadura. Em relação aos atributos físicos e químicos do solo, avaliou-se os valores de: matéria orgânica, carbono orgânico total, densidade, macroporosidade e microporosidade, e a resistência mecânica do solo à penetração. Após 152 dias da semeadura das culturas, avaliou-se as plantas daninhas infestantes, utilizando quatro repetições com quadro de amostragem de 0,25 m². Para quantificar a quantidade de solo erodida por ocasião da erosão entre sulcos, coletou-se diariamente e após cada evento de precipitação, sempre no mesmo horário, todo o material sedimentado em duas caixas coletoras, construídas em alvenaria conectadas por um divisor Tipo Gueib com 7 janelas cada. As plantas daninhas infestantes encontradas foram devidamente identificadas, secas e pesadas. O delineamento experimental utilizado foi o DIC (delineamento inteiramente casualizado) com três tratamentos, representados por T1 – milheto (*Pennisetum americanum* L.) e T2 – crotalária (*Crotalaria juncea* L.) e T3 – pousio com cinco repetições. As culturas de sucessão após o preparo de solo influenciaram significativamente no número de plantas daninhas infestantes e na massa de matéria seca destas, independente da cultura utilizada, comprovando que um ciclo de rotação com as culturas testadas após 12 anos de pousio, é considerado suficiente para diminuir significativamente a infestação de plantas daninhas, mas não para promover alterações substanciais do solo no local pesquisado, já que as culturas de sucessão não influenciaram significativamente os atributos dos solos avaliados no primeiro ano de avaliação.

Palavras-chaves: adubação verde, carbono no solo, *Crotalaria juncea*, densidade de solo, manejo do solo, *Pennisetum americanum*, plantas daninhas.

SOIL ATTRIBUTES AND SEDIMENT DRAG AFTER MILLET AND CROTALARY PLANTING AS SUCCESSION CULTURES IN POUSIO AREA

ABSTRACT– The objective of this study was to evaluate the effect of succession, millet, and crotalaria cultures on some soil attributes, sediment trawling, and weed community on plots located in argisol area after 12 years of pousio in the Polo Centro Norte / APTA, Pindorama- SP. For the determination of the soil attributes, deformed soil samples were collected at depths of 0.00 to 0.05, 0.00 to 0.20 and 0.00 to 0.40 m for the fertility and granulometry data; sampling of undisturbed soil samples at depths 0.00 to 0.20 and 0.20 to 0.40 m, for density and porosity data; and at depths of 0,00, 0,10, 0,20, 0,30, 0,40 and 0,50 m, and for the evaluation of the mechanical resistance of the soil to the penetration, in two periods: before the preparation of the soil and after the 152 days of sowing. In relation to the physical and chemical attributes of the soil, the following values were evaluated: organic matter, total organic carbon, density, macroporosity and microporosity, and soil mechanical resistance to penetration. After 152 days of sowing of the crops, weeds were evaluated using four replicates with a sampling frame of 0.25 m². In order to quantify the amount of soil eroded during furrow erosion, all the sedimentated material was collected daily and after each precipitation event, in two collecting boxes, built in masonry connected by a Gueib divisor with 7 windows every. The weed weeds found were duly identified, dried and weighed. The experimental design was DIC (completely randomized design) with three treatments, represented by T1 - millet (*Pennisetum americanum* L.) and T2 - crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) and T3 - pousio with five replications. The succession cultures after soil preparation significantly influenced the number of weeds and the dry mass of these weeds, regardless of the crop used, proving that a rotation cycle with the tested crops after 12 years of fallow is considered sufficient for to significantly reduce weed infestation but not to promote substantial soil changes at the site surveyed, as succession crops did not significantly influence soil attributes assessed in the first year of evaluation.

Key words: green manure, soil carbon, *Crotalaria juncea*, soil density, soil management, *Pennisetum americanum*, weeds

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Localização da Unidade de Pesquisa da APTA - Polo Centro Norte, Pindorama – SP.	14
Figura 2.	Ocorrência das diferentes unidades de Argissolo, Pindorama (Pi) e Concreção (Co), demarcado em amarelo a localização das parcelas no campo em área de transição das unidades Pindorama e Concreção, em vermelho a localização da Trincheira 1084 no Polo Apta Centro Norte, Pindorama- SP.	17
Figura 3.	Propriedade APTA - Polo Centro Norte, Pindorama - SP (Perímetro destacado em verde claro) e área amostral em amarelo.	19
Figura 4.	Preparo do solo na área experimental.	20
Figura 5.	Amostras de solo indeformada.	21
Figura 6.	Vista geral das parcelas experimentais e detalhe das caixas coletoras.	23
Figura 7.	Distribuição das parcelas e das caixas coletoras de sedimento	24
Figura 8.	Valores médios para massa seca da comunidade infestante aos 152 dias após plantio T1 – Pousio, R2 – Milheto e T3 – Crotalária.	40
Figura 9.	Valores médios para número total de plantas daninhas aos 152 dias após plantio T1 – pousio, R2 – Milheto e T3 – crotalária	40
Figura 10.	Frequência relativa (FRE), Densidade relativa (DER), Dominância (DOM) e Índice de Valor de Importância Relativo (IVR%) para as espécies de plantas daninhas encontradas em áreas de plantio de milho em sucessão ao pousio.	44
Figura 11.	Frequência relativa (FRE), Densidade relativa (DER), Dominância (DOM) e Índice de Valor de Importância Relativo (IVR%) para as espécies de plantas daninhas encontradas em áreas de plantio de crotalária em sucessão ao pousio.	44
Figura 12.	Precipitação e erosividade das chuvas nos períodos de condução do experimento: I = 04/01 a 27/01/2015; II = 06/02 a 26/02/2015; III = 09/03 a 19/03/2015.	47

LISTA DE QUADRO

Quadro 1	Características morfológicas dos solos da Reserva Biológica de Pindorama- SP, pertencentes à unidade Pindorama (Trincheira 902) e Concreção (Trincheira 1084).	18
----------	--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Valores médios de argila (Arg), areia total (ArT), fósforo(P), pH (pH), matéria orgânica (MO), carbono orgânico total (COT), H+Al, V%, de acordo com as culturas de sucessão e pousio em diferentes profundidades, no experimento com milho e crotalaria, em Pindorama, SP.	27
Tabela 2	Interação entre os fatores manejo, tempo e profundidade para a variável argila (Arg).	27
Tabela 3	Interação entre os fatores tempo e profundidade para a variável pH.	29
Tabela 4	Interação entre os fatores manejo, tempo e profundidade para a variável Carbono Orgânico Total (COT).	30
Tabela 5	Interação entre os fatores manejo e tempo para a variável H+Al.	31
Tabela 6	Interação entre os fatores tempo e profundidade para a variável H+Al.	31
Tabela 7	Valores médios de densidade (Ds), macro porosidade (S), Micro porosidade	32
Tabela 8	Interação entre os fatores tempo e profundidade para a variável densidade de solo (Ds).	33
Tabela 9	Interação entre os fatores manejo e tempo para a Macro porosidade (S).	34
Tabela 10	Interação entre os fatores tempo e profundidade para a Macro porosidade (S).	34
Tabela 11	Interação entre os fatores tempo e profundidade para a variável Volume Total de Poros (VTP).	35
Tabela 12	Interação entre os fatores tempo e profundidade para a variável VTP calculado	35
Tabela 13	Valores médios de Resistência Mecânica à Penetração (RSMP) de acordo com as culturas de sucessão e pousio em diferentes profundidades, no experimento com milho e crotalaria, em Pindorama, SP.	37
Tabela 14	Interação entre os fatores manejo, tempo e profundidade para a variável resistência mecânica a penetração (RSMP).	37
Tabela 15	Interação entre os fatores manejo x tempo nas seis profundidades para a variável resistência mecânica a penetração (RSMP)	38
Tabela 16	Interação entre os fatores manejo x profundidade nos dois tempos (Tp1 antes e Tp2 depois) para a variável resistência mecânica a penetração (RSMP).	38
Tabela 17	Média para número de total plantas daninhas (NP) e massa seca (MS) em gramas obtidos em cada tratamento: T1 – Pousio, R2 – Milho e T3 – Crotalaria, após 152 dias de semeadura.	39
Tabela 18	Relação de espécies encontradas na área e seus respectivos códigos EPPO ¹ em área em rotação com milho e crotalaria.	43
Tabela 19	Média para número de total plantas daninhas (NP) e massa seca (MS) em gramas obtidos em cada tratamento: T1 –Milho, T2 – Crotalaria e T3 – Pousio, após 152 dias de semeadura.	45

Tabela 20	Perdas médias de solo e água por erosão nos três períodos de avaliação nas parcelas experimentais permanentes: I = 04/01 a 27/01/2015; II = 06/02 a 26/02/2015; III = 09/03 a 19/03/2015 e Potencial de arraste de sedimentos (PAS).	48
Tabela 21	Perdas totais médias e percentuais de controle de solo e água no período de 04/01/2015 a 19/03/2015.	49

1. INTRODUÇÃO

Os problemas ambientais evoluem de acordo com o avanço das fronteiras urbanas e rurais. O crescimento da humanidade está atrelado aos dados alarmantes da deterioração dos recursos naturais, destacando-se o solo e a água, fato esse facilmente visualizado na paisagem pelo assoreamento e poluição dos rios e córregos que margeiam a malha urbana.

No processo de globalização, há a necessidade eminente da produção de alimentos e, portanto, necessidade de água. Tal fato vem alterando qualitativamente a disponibilidade hídrica, podendo vir a comprometer a qualidade de vida de populações futuras.

Quando o homem desmata, planta, constrói, transformando o ambiente de forma desordenada, em nome do desenvolvimento, ele compromete a paisagem, e assim, inicia-se um processo desastroso ao meio e, conseqüentemente, a toda sociedade.

O processo produtivo e sua característica marcante de ocupação de extensas áreas sugere um entendimento do novo padrão de comportamento e adoção de técnicas e práticas de manejo diversificadas, em relação aos usos múltiplos dos solos, cabendo então à ciência realizar análise integrada, desta ocupação antrópica aliadas aos processos de produção de alimentos.

Com o avanço da tecnologia, principalmente o uso intensivo da mecanização agrícola sobre o território brasileiro, tem feito com que a ciência atue de forma incisiva neste avanço antrópico, objetivando a proteção deste recurso natural, o solo.

O uso excessivo de máquinas e implementos, cultivo e pastejo intensivo, bem como a má utilização dos solos têm tido influência direta e muitas vezes de forma negativa, modificando os atributos físicos e químicos deste recurso natural. Portanto, o uso crescente da mecanização agrícola inadequada, impõe aos solos, condições que podem afetar ou alterar os seus atributos físicos, podendo interferir significativamente nos resultados da produção.

As propriedades físicas e os processos pedogênicos do solo estão envolvidos no suporte ao crescimento radicular, armazenamento e suprimento de água e

nutrientes, trocas gasosas e atividade biológica, constituindo-se assim, como um importante elemento para a promoção da qualidade física destes solos.

Os indicadores físicos de qualidade do solo são atributos utilizados para avaliar as possíveis mudanças ambientais no sistema solo-planta. Compreender e quantificar o impacto do uso e manejo na qualidade dos solos é característica fundamental no desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis.

Conhecer os atributos físicos e químicos dos solos, suas características e interações, têm-se constituído uma ferramenta importante para os agricultores, principalmente no que tange à tomada de decisões. As informações precisas sobre as potencialidades de usos e manejo dos solos geram melhores possibilidades de desenvolvimento e crescimento do homem do campo, tanto no aumento da produção, quanto também, na qualidade dos elementos produzidos.

O manejo inadequado do solo pode modificar essa relação entre seus atributos constituintes, podendo resultar na diminuição da porosidade, reduzindo a capacidade de infiltração e retenção de água e, conseqüentemente, redução da produtividade das culturas.

E, ainda, é importante ressaltar que a utilização de tecnologias voltadas para a agricultura de forma errônea, podem ser muito mais prejudiciais do que benéficas para o agricultor, pois podem romper totalmente o equilíbrio dos atributos do meio físico dos solos.

Avaliar os diferentes sistemas de manejo aliados à utilização de plantas de cobertura para melhorar os atributos físicos do solo, têm-se constituído como uma prática muito comum entre os produtores brasileiros. Sistemas que adotam a diversificação de culturas têm promovido inúmeros benefícios às estruturas dos solos brasileiros, haja visto que, os resíduos vegetais das culturas, ao se decomporem, alteram os atributos do solo e, como consequência, podem influenciar o desempenho da cultura em sucessão além de proteger estes solos, contra o impacto das gotas das chuvas acelerando o processo erosivo.

O presente trabalho teve como objetivo, avaliar o efeito das culturas de sucessão, tais como, o milho e a crotalária nos atributos do solo, e na comunidade

de plantas daninhas infestantes, em uma área de Argissolo após 12 anos de pousio do Polo Centro Norte/APTA, Pindorama – SP.

O estudo em questão é proposto com o intuito de avaliar se as culturas de crotalária e milheto, são capazes de promover alterações nos atributos do solo de um Argissolo, com a consequente melhoria destes para a otimização da produção agrícola.

Em relação ao objetivo geral proposto, percebe-se que há questões a serem levantadas:

1. As culturas em sucessão promovem alterações nos atributos do solo?
2. As propriedades físicas e químicas de um Argissolo são alteradas quando da utilização de culturas em sucessão?
3. As culturas em sucessão são capazes de reduzir a comunidade de plantas infestantes?
4. As culturas em sucessão podem contribuir para a minimização dos processos erosivos por ocasião do escoamento superficial das águas das chuvas?

Para responder tais questões avaliou-se a textura, a macroporosidade, a microporosidade, a porosidade total e densidade do solo, a umidade gravimétrica, pH (potencial hidrogeniônico), SB (Soma de Bases), H+Al (Acidez Potencial), Ca (Cálcio), Mg (Magnésio), P (Fósforo), K (Potássio), COT (Carbono Orgânico Total), MO (Matéria Orgânica), V% (Saturação em Bases) e CTC (Capacidade de Troca Catiônica), como também a resistência mecânica dos solos à penetração antes e após a semeadura das culturas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Segundo Cardoso et al. (2013) o desenvolvimento sustentável tem por objetivo o aumento da produtividade aliado a conservação dos recursos naturais, como a água e o solo, mediante adoção de práticas conservacionistas dentre as quais se destaca o cultivo de espécies de plantas de cobertura que protegem o solo da redução da perda d'água por evaporação e também do impacto direto das gotas da chuva reduzindo o escoamento superficial e, conseqüentemente, o processo erosivo.

A erosão hídrica é um dos principais problemas ambientais do planeta e tem início quando a gota de chuva impacta a superfície do solo. No mundo, as altas taxas de erosão e desgaste do solo implicam, em grandes proporções, nas ordens físicas, econômicas e sociais dos países. A erosão hídrica do solo consiste na perda de solo em uma área de terra, num período específico de tempo. Para Cardoso et al. (2012), a perda de solo assim como os elementos que estão associados a esse processo, podem prejudicar o ambiente por meio do assoreamento e eutrofização dos mananciais hídricos, além de comprometer o desenvolvimento econômico, o produtor e a sociedade.

O processo de erosão hídrica é resultado da interação entre os componentes climáticos, solo, topografia, manejo e cobertura do solo e pode ser evitado a partir do emprego de técnicas conservacionistas. O uso de plantas de cobertura influencia as perdas de solo, desta forma, espera-se que uma espécie com alto índice de cobertura e produtividade de fitomassa aumente a proteção do solo, amenizando o impacto das gotas de chuva sobre a superfície do solo e, conseqüentemente, o escoamento superficial e a erosão hídrica (WISCHMEIER; SMITH, 1958; CARDOSO et al., 2012).

A erosão hídrica do solo é um processo de degradação ambiental grave, que implica também em seríssimos problemas econômicos e sociais. Portanto, é muito relevante pesquisas que estudem meios de amenizar e/ou evitar esse processo. Pesquisas sobre o uso de plantas de cobertura no solo, que é uma técnica de conservação desse recurso, tornam-se fundamentais nesse contexto. Afirmou Castro et al. (2011) que a cobertura e a rugosidade superficial são as variáveis mais importantes que influenciam o processo de erosão hídrica, uma vez que são

responsáveis por quase toda a retenção e armazenagem de água e sedimentos da erosão na superfície do solo.

Milhões de toneladas de solo agricultável são perdidos a cada ano no Brasil. Um dos motivos é o não uso de técnicas de manejo e conservação do solo e da água. O emprego de plantas de cobertura no solo pode ser eficiente para conter as perdas de solo. Conforme citado por Cruz (2006) foi observado em um Argissolo Vermelho distrófico típico, sob chuva acumulada, que as perdas de solo e água em entressulcos foram reduzidas significativamente, devido ao efeito da cobertura da superfície com palha na redução significativa da desagregação do solo.

A desestruturação do solo e perda desse recurso por erosão ocasionam, além de sérios problemas ambientais, a queda da produtividade. Consequentemente, a economia do país e a sociedade sofrerão com os impactos negativos. Por isso, pesquisadores procuram formas de enfrentar as restrições de produção reduzindo as perturbações no solo, ressaltando a necessidade de cobertura permanente da superfície do solo a fim de manter a integridade do recurso, em qualidade e quantidade, para que haja o aumento da produção (THIERFELDER et al., 2014).

Na opinião de Tavares et al. (2015), a interação entre o sistema solo, planta e atmosfera, induz à redução das intervenções no ambiente, ou seja, a produção vegetal sustentável. Dessa forma, o manejo agrícola é reduzido uma vez que o consórcio de culturas equilibra a disponibilidade e atividade de substâncias inorgânicas, consumidores e decompositores no sistema, assim como é reduzido o revolvimento do solo.

Conforme explicado acima, a utilização de plantas de cobertura controla a perda de solo por erosão, melhora os atributos físicos e químicos do solo, fortalece a interação sistema água-solo-planta-atmosfera, aumenta a produtividade e é um passo importante rumo a produção vegetal sustentável. Entretanto, a escolha da planta de cobertura a ser utilizada no sistema, dependerá das condições locais de onde será implantada.

Os autores Pacheco et al. (2013) e Petter et al. (2013) deixaram claro que a seleção da planta de cobertura adaptada às condições locais é importante para o sucesso na produção de biomassa, bem como plantas com rápida capacidade de

estabelecimento, o que auxilia no controle de plantas invasoras. Não se deve esquecer a importância da escolha das plantas de cobertura e o desempenho das mesmas em condições de déficit hídrico. De acordo com Lima (2014), a escolha da cultura adequada para cobertura propicia melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, maior produtividade da cultura de interesse econômico e pode reduzir custos o controle de plantas invasoras e uso de fertilizantes.

Os benefícios ambientais que as plantas de cobertura ocasionam, além da viabilidade econômica, demonstram a importância de pesquisas nessa temática. Respeitando as peculiaridades do local de implantação, em geral, as leguminosas são preferidas como adubo verde pela capacidade de aproveitamento do nitrogênio atmosférico, pelo sistema radicular profundo, elevada produção de biomassa e relação C/N mais baixa, favorável a decomposição (SABADIN, 1984).

A relação C/N assume grande importância devido ao fato de que a decomposição da palhada pode ocorrer durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura. Por isso devem-se utilizar plantas de cobertura que possuam relação C/N favorável à cultura sucessora. Matéria orgânica com baixa relação C/N decompõe-se mais rapidamente e libera maior quantidade de nutrientes no solo. Entre as características desejáveis para a seleção de espécies de cobertura, destacam-se a produção de fitomassa e a capacidade de acumular N, pela fixação biológica ou pela absorção do nutriente no solo. Esses atributos, juntamente com a relação C/N da palhada, permitem estimar o potencial das plantas de cobertura em incrementar a oferta de N para as culturas sucessoras (OLIVEIRA et al., 2002).

Silva (2015) afirmou que dentre as espécies mais empregadas para a produção de palhada para o sistema de plantio direto, destacam-se as gramíneas, como as braquiárias e o milheto, coberturas de solo que têm produzido quantidades razoáveis de fitomassa e possuem taxa de decomposição lenta se comparadas às leguminosas, por apresentarem maior relação C/N, que resulta em maior período de proteção do solo. Por outro lado, quando se pretende obter plantas destinadas à adubação verde com incorporação destas ao solo, são preconizadas espécies de rápida decomposição, com baixa relação C/N, como é o caso de fabáceas (leguminosas) como feijão-de-porco, crotalária e feijão-guandu.

O milheto é uma planta pertencente à família *Poaceae* (*Gramineae*), subfamília *Panicoideae*, tribo *Paniceae*, subtribo *Panicinae*, gênero *Pennisetum*. Originário, provavelmente, de zona quente, como as savanas africanas, cultivado desde 3.000 a.C., de onde foi levado para a Índia a partir do ano 2.000 a.C. Desde então, foram gerados genótipos distintos dos originais africanos. Nos trópicos semiáridos da África e da Índia, o grão do milheto é o principal cereal usado na alimentação humana e a palhada restante é utilizada como forragem para os animais, caracterizado por ser uma importante cultura produtora de grãos e de forragens pela sua abundante diversidade genética (SILVA, 2010).

O milheto dentre as gramíneas é tido como planta de cobertura destacando-se pelo seu bom desempenho atrelado à sua resistência ao déficit hídrico, grande produção de biomassa e as sementes têm um menor valor. Para Pacheco e Petter (2011), o milheto é uma gramínea amplamente utilizada na rotação de culturas, seu crescimento é rápido, possui elevada produção de biomassa, é eficiente na ciclagem nutricional. Esta espécie possui sistema radicular profundo, com eficiente utilização de água e de nutrientes em função de sua habilidade de extrair nutrientes das camadas mais profundas do solo. Isto confere ao milheto capacidade de produzir sementes em condições acentuadas de deficiência hídrica, altas temperaturas e em solos tropicais com baixa fertilidade.

A crotalária (*Crotalaria juncea*) tem crescimento inicial rápido, com raízes vigorosas, profundas e ramificadas que favorecem a ciclagem dos nutrientes disponíveis nas camadas subsuperficiais; na crotalária a absorção de nutrientes ocorre das camadas subsuperficiais até a superfície, desde que não exista camada de impedimento do solo. Esses nutrientes constituirão a fitomassa e serão liberados durante a decomposição, favorecendo o acúmulo nas camadas superficiais do solo (CARDOSO et al., 2013). Destaca-se também no Cerrado, devido a possibilidade de cultivo solteiro ou em consórcio, muito comum no cultivo consorciado com a braquiária, combinando-se a alta produção de biomassa da braquiária com a capacidade de aumentar os teores de N no solo devido à fixação biológica promovida pela crotalária (LIMA, 2014).

Originária da Índia e Paquistão, a crotalária é a preferida para aumentar a qualidade do solo devido sua habilidade em adicionar rapidamente N e matéria orgânica (MO) ao solo. Esta leguminosa se desenvolve melhor em pH entre 5 e 7, tolerando pH alcalino acima de 8,4. É naturalmente adaptada ao calor e às áreas semiáridas, sendo resistente à seca. Deve receber, no mínimo, 25 mm de água por semana para um crescimento ótimo, não tolerando encharcamento. A crotalária é uma leguminosa tropical comumente utilizada como cultura de cobertura ou adubação verde, devido ao benefício que causa ao solo. Recentemente foi introduzida nos EUA como uma fonte de N e supressora de nematoides. Além disso, a crotalária tem despertado atenção devido ao seu desempenho como adubo verde, incluindo a habilidade em promover a fixação de N em simbiose com bactérias, produzir biomassa rapidamente, aumentar a matéria orgânica do solo, sequestrar carbono e suprimir nematoides parasitas de plantas (LEAL, 2006).

É considerada, portanto, uma cultura que pode ser empregada para a rotação em sistemas agrícolas que buscam a sustentabilidade. A época de plantio da crotalária mais adequada para obtenção de máximo rendimento varia de acordo com as condições do ambiente (COOK et al., 1998). Como a maioria das cultivares florescem em função de variações no fotoperíodo, o plantio após o inverno pode maximizar seu crescimento. Pereira (2004) observou que a época de plantio e os arranjos populacionais da crotalária influenciam na produção de biomassa, produção de sementes, acumulação de N e fixação biológica.

As culturas utilizadas como cobertura de solo têm em geral a capacidade de reciclar nutrientes, promover a descompactação do solo, aumentar o teor de matéria orgânica e suprimir as plantas. A supressão se dá através da produção de metabólitos secundários, denominados aleloquímicos, os quais se acumulam em diversos órgãos das plantas e são liberados no ambiente com uma função ecológica importantíssima. As principais formas de liberação no ambiente ocorrem por meio dos processos de volatilização, exsudação pelas raízes, lixiviação e decomposição dos resíduos (THEISEN; VIDAL; FLECK, 2000; LEAL, 2006).

Estas plantas podem ainda apresentar efeito alelopático, que é o efeito inibidor ou estimulante de uma planta sobre outras espécies, resultado da liberação de

substâncias químicas no ambiente, contribuindo também na redução da população infestante (CHERR; SCHOLBERG; MCSOURLEY, 2006). A ação alelopática, tanto durante o crescimento vegetativo quanto durante o processo de decomposição, exerce inibição interespecífica sobre outras espécies. A inibição está ligada principalmente à reduzida disponibilidade de luz e aos efeitos alelopáticos, que têm potente atividade fitotóxica e podem agir como inibidores do fotossistema II (CZARNOTA; RIMANDO, 2003; KADIOGLU; YANAR; ASAV, 2005).

O uso de cobertura vegetal ajustado às condições edafoclimáticas poderá promover a redução da infestação por plantas daninhas durante o seu desenvolvimento, proporcionando cobertura mais completa ao solo e alteração nas suas características físico-químicas (SKORA NETO, 1993). Assim, o conhecimento desses prováveis efeitos da prática de cobertura permite seu aproveitamento em sistemas de rotação ou consorciação com culturas, no contexto do manejo integrado de plantas daninhas.

Em relação aos efeitos dessas plantas de cobertura nas propriedades físicas e químicas do solo, Cardoso et al. (2013) citaram os seguintes: aumento do teor de matéria orgânica, da disponibilidade de micro e macronutrientes, da CTC efetiva e do pH; diminuição dos teores de alumínio trocável e da acidez; incremento da capacidade de reciclagem e mobilização de nutrientes lixiviados ou pouco solúveis presentes nas camadas subsuperficiais do solo.

Dentre os diversos atributos químicos do solo, merecem evidência o pH (Potencial Hidrogeniônico), os teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K) e alumínio (Al) trocáveis, fósforo (P) e matéria orgânica (MO). Por meio desses e outros atributos é possível calcular a Soma de Bases Trocáveis (SB), a Capacidade de Troca Catiônica Potencial (CTC ou T), a Capacidade de Troca Catiônica Efetiva (CTC EFETIVA ou t), a acidez potencial (H^+ Al), a Saturação por Alumínio (m), Saturação por Bases (V) e o Carbono Orgânico Total (COT) (ZANON, 2013).

Alguns autores estabelecem o pH adequado entre 5,5 – 6,5, entretanto não existe um valor considerado ótimo para o desenvolvimento de todas as culturas, sendo esta variável em função das necessidades nutricionais de cada espécie (PAVINATO; ROSOLEM, 2008).

A CTC de um solo representa a quantidade total de cátions retidos à superfície do complexo de trocas ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+ + \text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$), representando, portanto, a graduação da capacidade de liberação de vários nutrientes. Quando uma porcentagem elevada de CTC é ocupada por cátions essenciais, como Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , em condições de equilíbrio catiônico, pode-se concluir que o solo em questão apresenta condições propícias ao pleno desenvolvimento vegetal. Em contrapartida, quando um elevado percentual de CTC está ocupada por cátions potencialmente tóxicos, como o H^+ e o Al^{3+} , há uma tendência das culturas implantadas na área sofrerem com o efeito da acidez. De modo geral, solos arenosos apresentam baixa CTC, sendo que neste tipo de solo, as adubações e as calagens devem ser realizadas de forma parcelada, visando diminuir as perdas de nutrientes por lixiviação (RONQUIM, 2010).

A Soma de Bases (SB) de um solo representa a soma dos teores de cátions básicos ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+$) e K^+ . A saturação em bases (V%), por sua vez, expressa a relação entre SB e CTC, sendo considerado um excelente indicativo das condições gerais de fertilidade. A partir dessa, os solos podem ser divididos em eutróficos (V % ≥ 50 %) e distróficos (V % < 50 %). Um índice V% baixo significa que a maioria das cargas negativas dos colóides está sendo neutralizada por H^+ e Al^{3+} , sendo indicado, para grande parte das culturas, valores compreendidos entre 50 e 80%. Diante da importância que o conhecimento dos atributos químicos exerce no manejo adequado dos solos, diversos estudos vêm sendo desenvolvidos a partir da análise dos mesmos, sobretudo, avaliando a possível interação existente entre os sistemas de manejo e a disponibilidade nutricional para as plantas (ZANON, 2013).

A matéria orgânica do solo (MOS) é um componente importante na definição dos sistemas agrícolas e na capacidade do solo de sequestrar carbono da atmosfera. Ela desempenha importante papel no desenvolvimento das plantas, por meio da influência direta e indireta nos processos químicos, físicos e biológicos do solo e, constitui-se um dos principais agentes responsáveis pela formação e estabilização de agregados. Além disso, a MO é responsável por 75 a 85% da capacidade de troca de cátions (CTC), não obstante sua pequena participação no volume total do solo. Nos solos do Cerrado, cuja mineralogia é dominada por caulinita e óxidos de ferro e

alumínio, a dependência da matéria orgânica para a geração de CTC do solo é elevada (SATO, 2013).

De maneira geral, o teor de MO resulta do equilíbrio da relação carbono/nitrogênio, com forte influência dos componentes bióticos do sistema. As taxas de adição e decomposição variam de acordo com a substituição da vegetação nativa por cultivos agrícolas, aliada ao manejo do solo, que afeta a atividade microbiana. O uso do solo pode, portanto, interferir nos teores de matéria orgânica (ARAÚJO; GOEDERT; LACERDA, 2003).

O carbono orgânico (CO) é, quantitativamente, o maior componente da MO. As variações nos teores de CO nos solos têm sido utilizadas para a avaliação de qualidade do solo em decorrência de sua influência sobre as propriedades que condicionam a fertilidade do solo, e também, sob o aspecto da possibilidade de emissão de gases de efeito estufa (SATO, 2013).

Com relação aos efeitos sobre os atributos físicos do solo são: redução da resistência do solo à penetração, da evaporação de água do solo, da oscilação da temperatura e da perda de umidade do solo e melhoria da taxa de infiltração, o que reflete em redução das perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico (CARDOSO et al., 2013). A interação das culturas de cobertura com os atributos físicos do solo, entretanto, está relacionada às características intrínsecas de cada espécie, ao manejo dos resíduos culturais e às condições edafoclimáticas de cada região (CUNHA et al., 2011). Os atributos físicos do solo influenciam na tomada de decisão sobre como ele pode ser melhor manejado. O sucesso ou o fracasso de projetos agrícolas ou de engenharia muitas vezes são dependentes destes atributos e a ocorrência e crescimento de espécies vegetais estão diretamente relacionados a estas propriedades, assim como o movimento de água sobre e no interior do solo no deslocamento de seus nutrientes, poluentes químicos dissolvidos e partículas (FREITAS et al., 2013).

Segundo Carvalho (1994) a sedimentação provém da erosão. Existem quatro tipos de erosão: erosão eólica, erosão hídrica superficial, erosão por remoção em massa e a erosão fluvial. A erosão hídrica superficial pode se dar em forma de erosão pluvial. Erosão pluvial é a erosão que se dá pelo impacto da gota de chuva sobre a

superfície do solo. O impacto da gota de chuva destaca a partícula de solo, a qual será transportada pelo escoamento. A erosão depende de muitos fatores e será maior quanto mais desprotegida de vegetação for a superfície do solo.

O transporte dos sedimentos erodidos pode se dar por: carga sólida de arraste, carga sólida saltante e carga sólida em suspensão. A carga sólida de arraste são as partículas de sedimentos que rolam e escorregam sobre o leito dos cursos d'água (SCAPIN, 2005). A carga sólida saltante são as partículas que pulam devido à colisão umas nas outras e sob o efeito da corrente de água. A carga sólida em suspensão são as partículas de sedimentos capazes de se manter em suspensão pelo fluxo turbulento devido ao seu peso reduzido.

A erosão acelerada pela ação antrópica pode causar, dentre muitos problemas: a destruição das nascentes de rios, a remoção da camada fértil do solo e a degradação em cursos d'água. O transporte de sedimentos em suspensão atua como portador de poluentes, bactérias e vírus, acarreta também aumento no custo de tratamento da água para consumo, aumento da turbidez na água, redução da penetração de raios de luz na água, impedindo a fotossíntese. O transporte de sedimento do leito pode diminuir as profundidades dos canais, prejudicando a navegação e provocando enchentes, provoca abrasão em máquinas, obras hidráulicas, árvores e outros quando de sua passagem. O depósito de sedimentos pode reduzir a vida útil de um reservatório, provocar enchentes, assorear canais prejudicando assim, a navegação, a irrigação, a dessedentação de animais, a flora e a fauna locais e o lazer (SCAPIN, 2005).

Os sedimentos também podem trazer benefícios, tais como: obtenção de materiais ou minérios, aproveitamento de depósitos, ricos em nutrientes, para uso em plantações, veículo de matéria orgânica e microrganismos que equilibram a fauna fluvial, entre outros (AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de Estudo

O trabalho foi conduzido no Polo Regional Centro Norte, unidade de pesquisa pertencente à Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), Pindorama, SP, compreendido em área de 532,8 ha e balizados entre as coordenadas geográficas 48° 55' W e 21° 13' S, Pindorama, SP, sobre um Argissolo, eutrófico, a moderado, com textura arenosa/média, que se encontrava há 12 anos em pousio e onde a cultura anterior era pastagem de *Brachiaria decumbens*.

O preparo da área e a coleta dos dados a campo, ocorreu entre outubro de 2014 (T1) e abril de 2015 (T2), sendo T1 correspondente ao tempo de preparo da área e levantamento de dados para a caracterização das qualidades físicas e químicas do solo, antes do preparo, e T2, correspondente ao tempo após a semeadura das culturas de milho e crotalária, ocorridas a 152 DAS (dias após a semeadura).

A vegetação é representativa do bioma Mata Atlântica, classificada como floresta latifoliada tropical estacional semidecidual. Esses remanescentes foram transformados em Reserva Biológica com a criação da Lei Estadual nº 4960, de 06 de janeiro de 1986. Segundo Lepsch e Valadares (1976) o Polo Regional Centro Norte está localizado nas coordenadas 48° 55' W e 21° 13' S. O limite da propriedade na extremidade oeste situa-se parte no divisor de águas das bacias dos Rios Tietê e Turvo e a unidade está inserida na Microbacia do Rio São Domingos.

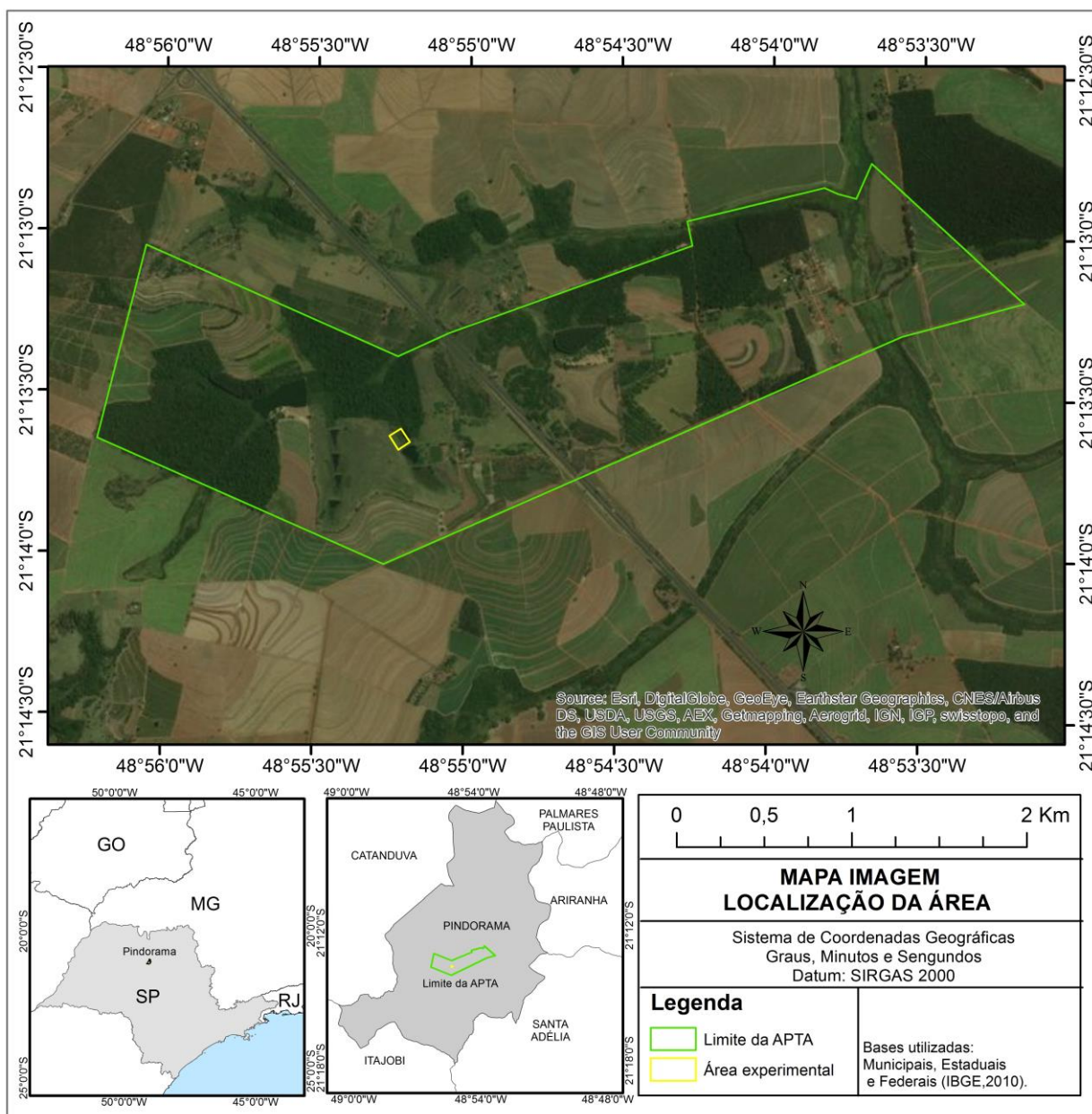


Figura 1. Localização da Unidade de Pesquisa da APTA – Polo Regional Centro Norte, Pindorama – SP.

3.2 Clima

A classificação climática da região, segundo Köppen, é do tipo Aw - tropical quente úmido, com precipitação média anual de 1.258 mm, com inverno frio e seco, sendo o domínio climático conceituado como semiúmido com 4 a 5 meses secos.

Temperatura média superior a 18°C, o mês mais seco tem precipitação inferior a 60 mm e com período chuvoso que se atrasa para o outono (CEPAGRI, 2013).

3.3 Relevo

A altitude da área de estudo possui relevo ondulado nas partes de altitudes maiores, passando a suave-ondulado nas altitudes menores (ABDO et al., 2009).

A maior parte dos declives está compreendida entre 2% e 10%, havendo pequenas áreas quase planas (0-2% de declive), nos topos das elevações e nas várzeas e algumas com declives entre 10% e 20%, próximas aos cursos d'água (LEPSCH; VALADARES,1976).

3.4 Geologia

De acordo com o mapa Geológico do Instituto Geológico e Geográfico (1963), a Reserva Biológica está localizada na área mapeada como Grupo Bauru de idade cretácea. O Grupo Bauru é composto predominantemente de arenitos que podem ou não conter cimento calcário. Nas partes mais altas do Polo Regional Centro Norte e na região da Rodovia Washington Luís, observam-se arenito com cimento calcário e nessas áreas após mapeamento constatou-se a presença de solos com alta saturação por bases.

Nas partes de cotas mais baixas, próximas ao Rio São Domingo, não foi encontrada rocha consolidada em sondagens até 5 m de profundidade. Nessas áreas os solos têm baixa saturação por bases, na qual se supõe que o material de origem seja arenito sem cimento calcário ou material retrabalhado proveniente do arenito Bauru (LEPSCH; VALADARES,1976).

3.5 Descrição dos solos do local do experimento

Segundo a EMBRAPA (1999), os solos do Polo Regional de Desenvolvimento Tecnológico do Agronegócio da Região Centro Norte em Pindorama, SP, são

classificados como Argissolos com origem nos arenitos, sendo portanto, muito susceptíveis ao processo erosivo. Segundo Lepsch e Valadares (1976) parte da área de estudo está situada na unidade de solo Pindorama, cujos solos são eutróficos, profundos, bem desenvolvidos, bem drenados e com alta saturação em bases e a outra parte, na unidade de solo Concreção, caracterizada por ser moderadamente profunda, moderadamente desenvolvida e moderadamente drenada.

As parcelas estão localizadas em um local de transição entre a unidade Pindorama e Concreção, segundo Lepsch e Valadares (1976), sendo a primeira consistindo em solos eutróficos profundos e bem desenvolvidos, bem drenados com alta saturação de bases a unidade Concreção é composta por solos moderadamente profundos, moderadamente drenados e moderadamente desenvolvidos, apresentando uma diferenciação marcante em relação às outras duas unidades que é o valor da saturação de base em torno de 50% nos horizontes A e B. Esses solos, por serem de grande susceptibilidade à erosão e pelo histórico de intensa exploração agrícola, são alvo importante para a implantação de trabalho de recuperação e conservação. A distribuição das unidades de solos dentro do Polo Centro Norte e das topossequências pode ser observada na Figura 2.

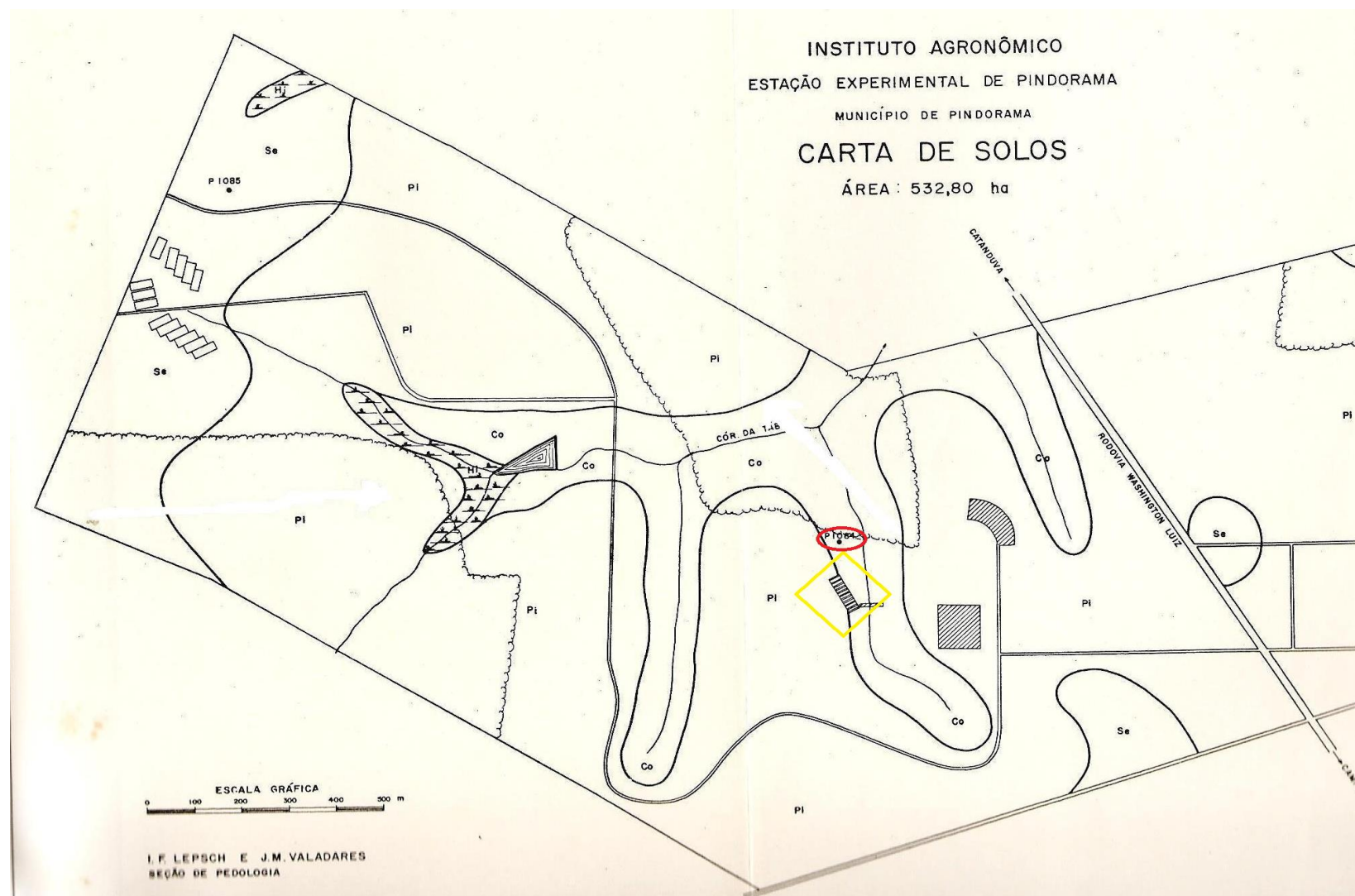


Figura 2. Ocorrência das diferentes unidades de Argissolo, Pindorama (Pi) e Concreção (Co), demarcado em amarelo a localização das parcelas no campo em área de transição das unidades Pindorama e Concreção, em vermelho a localização da Trincheira 1084 no Polo Apta Centro Norte, Pindorama- SP.

A unidade de solo Pindorama corresponde a 56,8% da área do Polo. Na Tabela 1, podem ser observados os dados dos solos da unidade Pindorama com cobertura florestal.

A descrição morfológica das unidades de solos unidades de solo do Polo Centro Norte, podem ser observadas no quadro 1.

Quadro 1. Características morfológicas dos solos da Reserva Biológica de Pindorama- SP, pertencentes à unidade Pindorama (Trincheira 902) e Concreção (Trincheira 1084).

Característica	Solo Pindorama	Solo Concreção
Topografia e declive	Terço médio da encosta de 3% a 8%	Terço inferior da encosta 10%
Material de origem	Arenito Bauru	Arenito Bauru
Relevo	Suave ondulado a ondulado	Suave ondulado
Altitude	550 m	539 m
Erosão	Pouca, laminar e sulcos	Laminar moderada e sulcos ocasionais rasos
Drenagem interna	Média	Média
Drenagem externa	Moderada	Moderada
Drenagem total	Boa	Moderada
Permeabilidade	Rápida no horizonte A e média nos demais	Rápida no horizonte A e média e lenta nos demais
Uso em 1976	Culturas anuais e mata	Matas

Fonte: Lepsch e Valadares (1976) adaptado.

Segundo o mapa Geológico do Instituto Geológico e Geográfico – IGG, o Polo Regional de Desenvolvimento Tecnológico do Agronegócio da Região Centro Norte em Pindorama, SP, está localizado na área mapeada como Grupo Bauru de idade

cretácea. A vegetação é representativa do bioma Mata Atlântica, classificada como floresta latifoliada tropical estacional semidecidual. O limite da propriedade (Figura 3), na extremidade oeste situa-se parte no divisor de águas das bacias dos Rios Tietê e Turvo e a unidade está inserida na Microbacia do Rio São Domingos.

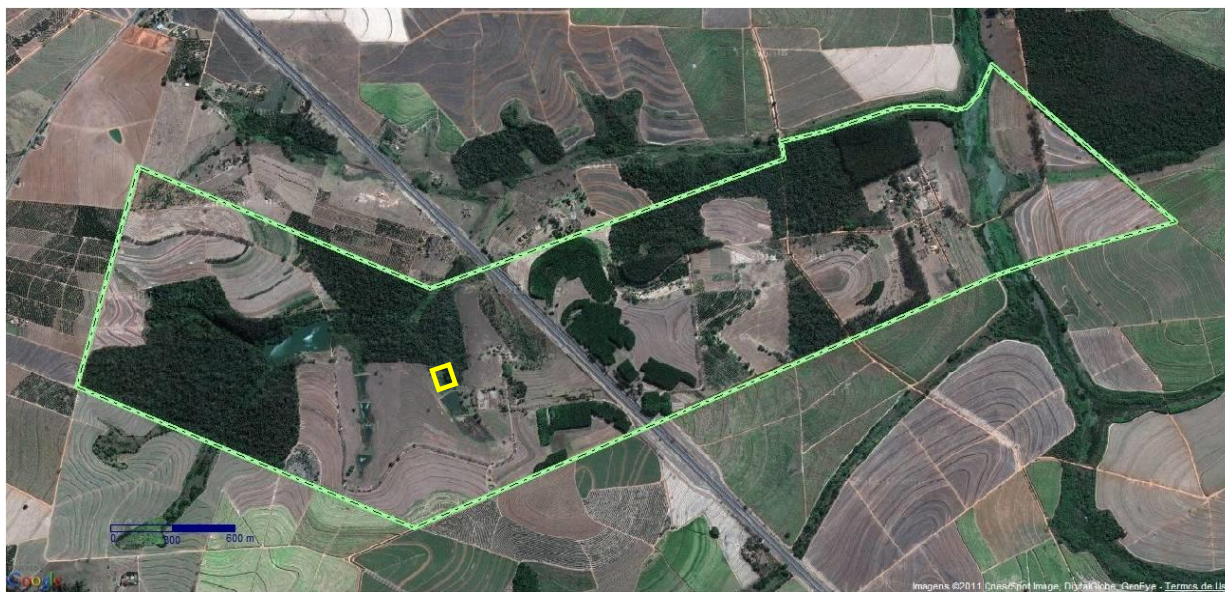


Figura 3. Propriedade APTA - Polo Centro Norte, Pindorama - SP (Perímetro destacado em verde claro) e área amostral em amarelo.

3.6 Limpeza da área e preparo do solo

Para a realização da limpeza da área, realizou-se uma roçada mecânica tratorizada na área em geral e após foi aplicado um herbicida graminicida na dosagem de 6 L.ha^{-1} de glyphosate (360 g.L^{-1} equivalentes ácidos, ou seja na dose de 2160 g.ha^{-1} de equivalente ácido por hectare), ocorridos em 30 setembro de 2014 e dia 04 de novembro de 2014, respectivamente. O solo das parcelas foi revolvido com uma enxada rotativa a uma profundidade de 0,10 m aproximadamente, e posteriormente nivelado no dia 03 de dezembro de 2014 (Figura 4).



Figura 4 – Preparo do solo na área experimental antes do plantio das culturas de sucessão nas parcelas.

3.7 Amostragem e determinação dos parâmetros físicos e químicos do solo

Para determinar os parâmetros físicos e químicos do solo, foi realizada a coleta em dois períodos (T1 e T2), sendo o primeiro em novembro de 2014 antes do preparo do solo, e o segundo em maio de 2015, no final do período chuvoso e final de ciclo das culturas. Foram coletados em cada período, 5 sub amostras simples deformadas para compor uma amostra composta de solo, utilizando trado holandês inoxidável, em cada uma das parcelas, nas profundidades de 0,00-0,05, 0,00-0,20 e 0,20-0,40 m.

As amostras de solo foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas, processadas conduzidas ao laboratório para serem analisadas no Laboratório de Análise do Solo da Associação dos Fornecedores de Cana da Região de Catanduva. Analisou-se o potencial hidrogeniônico (pH), matéria orgânica (MO), carbono orgânico total (COT), cálcio (Ca), potássio (K), magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al), saturação por bases (V %), argila e areia total. A metodologia utilizada no laboratório é a descrita pela Embrapa (1997).

Foram coletadas amostras com estrutura indeformada por meio de um anel de aço inoxidável (Kopecky) (Figura 5) de volume interno de 88,6 cm³ com cinco repetições por parcela a 0,00-0,20 e 0,20-0,40 m de profundidade. Foram determinadas a densidade do solo (BLAKE; HARTGE, 1986), a microporosidade por secagem (tensão de 0,006 MPa) em mesa de tensão (LEAMER; SHAW, 1941), a

porosidade total foi segundo Danielson e Sutherland (1986) e, a macroporosidade obtida por diferença entre a porosidade total e a microporosidade. Essa metodologia também foi descrita pela Embrapa (2011) assim como a metodologia utilizada no laboratório.

A umidade gravimétrica (UG) foi determinada pela equação do método termogravimétrico, sendo os valores de massa de solo úmido (M_{su}), massa de solo seco (M_{ss}) e massa do recipiente (M_r) aqueles obtidos no procedimento realizado para o cálculo da densidade do solo (método do anel volumétrico) (EMBRAPA, 2011).

A análise granulométrica seguiu a metodologia descrita pela Embrapa (2011), obtendo as seguintes frações do solo: areia grossa, areia fina, areia total, silte e argila.



Figura 5. Amostras de solo indeformada.

Para determinar a resistência mecânica do solo a penetração - RMSP, foi utilizado o penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalçucar-Stolf com a realização de leituras a cada 0,10 m até a profundidade de 0,50 m no solo e os resultados foram transformados em MPa (unidade de pressão), conforme a metodologia descrita por Stolf (1991).

3.8 Descrição da parcelas experimentais

O experimento constituiu-se na medição estimativa das perdas de solo em 15 parcelas sequenciais, adjacentes e homogêneas (Figuras 6 e 7) com dimensões de 100 m² (4 metros em nível e 25 metros em desnível).

Cada parcela possui duas caixas coletoras construídas em alvenaria, sendo a primeira com dimensões de 2,5 m de comprimento x 2,5 m de largura e 1,00 m de profundidade tendo uma ligação com a segunda caixa por um divisor Tipo Gueib com 7 janelas (Figura 6), em que a coleta da segunda caixa, corresponde a 1/7 da enxurrada proveniente da primeira. A segunda caixa possui as dimensões de 2,5 m de comprimento x 2,5 m de largura e 1,00 m de profundidade.

Em 04 de dezembro de 2014, foi realizado a semeadura a lanço, em 10 parcelas experimentais: sendo 5 parcelas com sementes da espécie *Crotalaria juncea* L. na densidade de 20 Kg ha⁻¹ e 5 parcelas com sementes da espécie *Pennisetum glaucum* na densidade de 15 Kg ha⁻¹. Uma parcela ficou como “parcela controle” (permanecendo sem nenhum tipo de vegetação durante todo o experimento) e as outras 4 parcelas, ficaram como área de pousio/testemunha.



Figura 6. Vista geral das parcelas experimentais e detalhe das caixas coletoras.

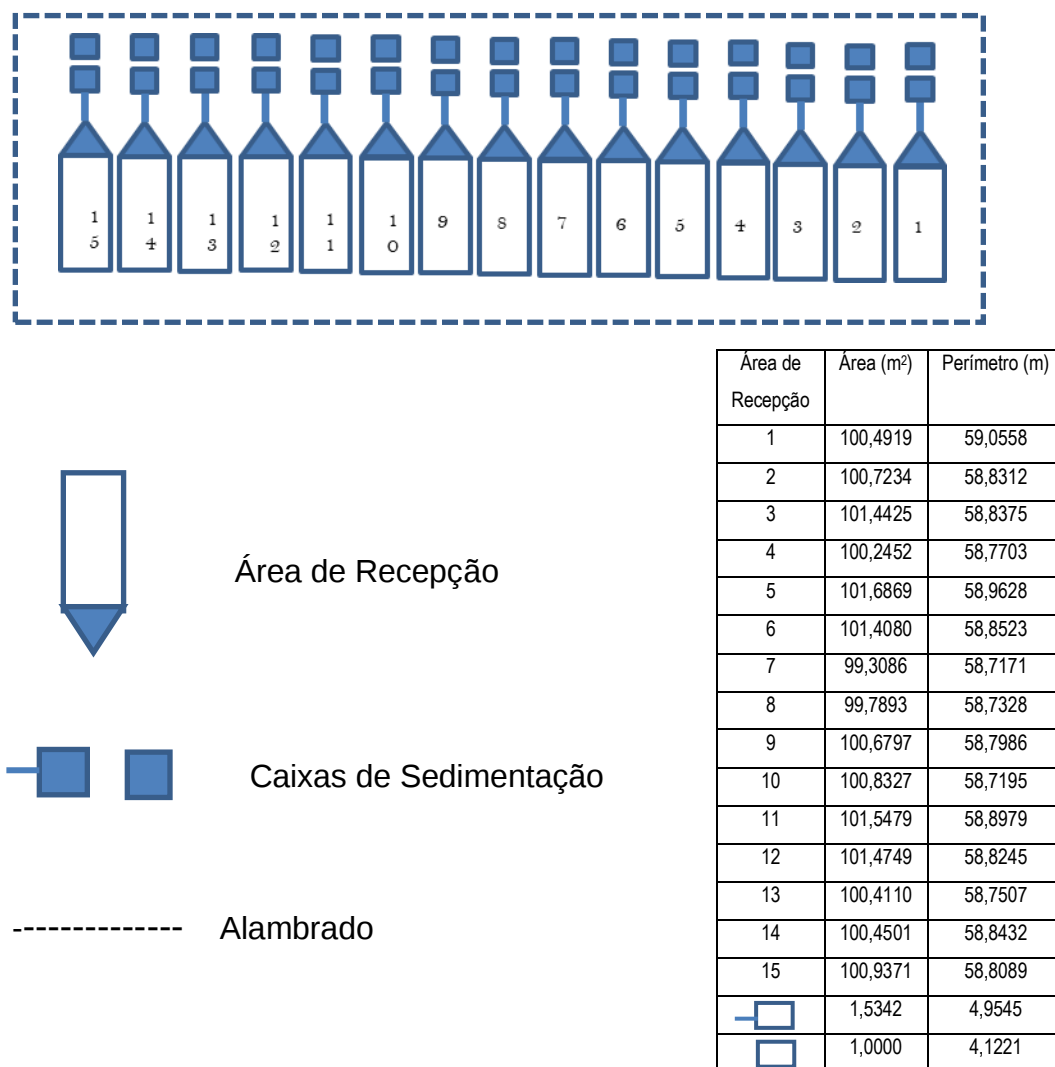


Figura 7. Distribuição das parcelas e das caixas coletoras de sedimento.

3.9 Amostragem e determinação do Potencial Arraste de Sedimentos(PAS)

Para determinar a quantidade de solo erodida por ocasião da erosão em entre sulcos, foram coletados diariamente e no mesmo horário e conforme a ocorrência da precipitação, todo o material sedimentado. Com o tanque fechado foi feita a leitura da lamina da altura de enxurrada contida nos tanques e posteriormente, calculado o seu volume. Em seguida, procedeu-se a abertura dos tanques para o escoamento do

líquido em suspensão. Após, foi coletado e pesado todo o material contido no fundo dos tanques de decantação.

Os dados de precipitações diárias foram provenientes da Estação Meteorológica do Polo Regional de Desenvolvimento Tecnológico do Agronegócio da Região Centro Norte em Pindorama, SP.

O potencial de arraste de sedimentos (PAS) foi calculado pela razão entre as perdas de solo (Mg ha^{-1}) e de água (mm), conforme metodologia descrita por CASTRO et al. (2011).

3.10 Amostragem e determinação da comunidade infestante (levantamento fitossociológico)

Para o levantamento fitossociológico da comunidade infestante foram realizadas 4 amostras após 152 dias da implantação das culturas utilizando um quadro de amostragem de área de $0,25 \text{ m}^2$, totalizando 1 m^2 lançado aleatoriamente na área de cada parcela experimental.

Em cada quadro amostrado, as plantas foram identificadas, em seguida foi cortada a parte aérea das mesmas, que foram acondicionadas em sacos de papel e enviadas ao laboratório, onde foram secas em estufa de circulação forçada de ar e mantidas a 60° C por 72 horas, para em seguida ser realizada a pesagem de seu material, em balança de precisão. Após a identificação e contagem das espécies foram calculados os seguintes índices fitossociológicos: densidade, densidade relativa, frequência, frequência relativa, dominância, índice de valor de importância e índice de importância relativa (PITELLI, 2000).

3.11 Análise estatística

Os dados foram tabulados e interpretados estatisticamente por meio de análise de variância ($p < 0,05$) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, utilizando o pacote estatístico ASSISTAT 7.7 Beta (SILVA; AZEVEDO, 2009).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Atributos físicos e químicos do solo

Na Tabela 1, pode-se observar os valores médios de argila (Arg), areia total (ArT), fósforo (P), pH (pH), matéria orgânica (MO), carbono orgânico total (COT), H+Al, V% no solo, de acordo com as culturas de sucessão (milheto e crotalária) e pousio em três profundidades, na área de estudo.

A maioria das propriedades físicas relacionadas à estrutura do solo estão correlacionadas com o teor de carbono orgânico do solo, textura e a relação do carbono orgânico pela razão argila. A relação 1:8 ou menor, leva a alta probabilidade de um estado estrutural fraco (JOHANNES et al., 2017). Analisando os teores de argila e carbono orgânico total, observou-se que houve a melhoria da estrutura do solo, em que no período Tp1 era de 1:10, passando para 1:14 no período Tp2 (TABELA 1).

Os sistemas de manejo alteraram significativamente, entre o período antes e após o plantio, os atributos do solo ArT, pH, MO, COT, H+Al e a percentagem de saturação por bases V%.

Para os atributos argila e areia, não houve diferença antes e depois do plantio. Isso se deve ao fato desses atributos estarem ligados às características físicas intrínsecas dos solos e menos alterados pelo manejo adotado do que os outros atributos avaliados. Analisando os teores de argila e de areia nas diferentes profundidades observa-se que o teor de areia é significativamente maior nas profundidades próximas à superfície e consideravelmente menor na profundidade de 20 a 40 cm, o que é inverso no teor de argila que é menor nas profundidades superficiais e maior na profundidade 20-40 cm, mostrando claramente que há uma diferença textural, característica de Argissolo, que é o solo local.

Avaliando-se a interação entre os tratamentos, tempos avaliados e profundidade pode-se observar que houve diferença significativa entre os períodos antes e após o plantio, contudo não se pode avaliar categoricamente o atributo Arg,

uma vez que o intervalo de tempo avaliado deve ser aumentado para a obtenção de dados mais consistentes.

Tabela 1. Valores médios de argila (Arg), areia total (ArT), fósforo(P), pH (pH), matéria orgânica (MO), carbono orgânico total (COT), H+Al, V%, de acordo com as culturas de sucessão e pousio em diferentes profundidades, no experimento com milho e crotalária, em Pindorama, SP.

Tratamentos (Tr)	Arg (g kg ⁻¹)	ArT (g kg ⁻¹)	P (mg ³ dm ⁻³)	pH (Ca Cl ₂)	MO (g ³ dm ⁻³)	COT (g ³ dm ⁻³)	H+Al (mmolc ³ dm ⁻³)	V %
Milho	150,06 a	783,06 a	6,43 a	5,22 a	21,40 a	12,44 a	16,53 a	59,74 a
Crotalária	134,40 a	799,13 a	6,70 a	5,27 a	22,73 a	13,49 a	16,26 a	58,93 a
Pousio	146,25 a	789,66 a	5,45 a	5,24 a	19,20 a	11,16 a	16,45 a	58,11 a
Médias	143,57	790,62	6,19	5,24	21,11	12,36	16,41	58,92
Teste F (Tr)	3,06 ^{ns}	2,29 ^{ns}	1,51 ^{ns}	0,33 ^{ns}	2,13 ^{ns}	2,48 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,87 ^{ns}
Tempo (Tp)								
Antes plantio Tp1	140,30 a	804,31 a	6,75 a	5,33 a	24,63 a	14,32 a	17,00 a	61,55 a
Após plantio Tp2	146,84 a	776,92 b	5,64 a	5,15 b	17,59 b	10,40 b	15,83 b	56,30 b
Teste F (Tp)	1,47 ^{ns}	19,78**	3,24 ^{ns}	18,18**	25,04**	21,12**	19,34**	27,30**
Profundidade (P)								
0- 5 cm P1	131,85 b	803,58 a	8,72 a	5,34 a	31,04 a	18,04 a	16,40 a	61,91 a
0 - 20 cm P2	134,55 b	803,59 a	6,32 b	5,20 b	18,49 b	11,01 b	16,38 a	55,67 b
20- 40 cm P3	164,31 a	764,69 b	3,54 c	5,18 b	13,80 c	8,033 c	16,46 a	59,20 a
Teste F (P)	14,89 **	17,73**	23,80**	5,64 **	53,52**	48,55 **	0,03 ^{ns}	12,91 **
Interação								
Teste F(Tr x Tp)	1,11 ^{ns}	0,58 ^{ns}	2,20 ^{ns}	0,14 ^{ns}	2,08 ^{ns}	1,40 ^{ns}	3,28 *	0,17 ^{ns}
Teste F(Tr x P)	0,15 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,18 ^{ns}
Teste F(Tp x P)	0,44 ^{ns}	1,37 ^{ns}	1,36 ^{ns}	3,99 *	0,67 ^{ns}	0,56 ^{ns}	13,97 **	9,42 **
Teste F(Tr x Tp x P)	2,77*	1,25 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,10 *	3,05 *	0,44 ^{ns}
CV (%)	17,81	3,69	46,99	3,96	31,60	32,68	7,7	8,10

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$), ns não significativo ($p \geq 0,05$), Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

Tabela 2. Interação entre os fatores manejo, tempo e profundidade para a variável argila (Arg).

Manejo	Tempo x Profundidade					
	Tp1P1	Tp1P2	Tp1P3	Tp2P1	Tp2P2	Tp2P3
Milho	136,80 aB	136,80 aB	154,80 abAB	136,80 aB	144,00 aAB	191,20 aA
Crotalária	129,60 aA	118,80 aA	140,40 bA	122,40 aA	133,20 aA	162,00 aA
Pousio	117,00 aB	148,50aAB	180,00 aA	148,50 aAB	126,00 aB	157,50 aAB

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

O teor de P no solo não diferiu significativamente entre as plantas de cobertura (Tabela 1). Contudo, observa-se que houve diferença significativa no teor de P em função da profundidade. Os maiores valores de P nas camadas 5-10 e 10-20 cm em relação a 20-40 cm podem estar relacionados à capacidade das plantas de cobertura em absorverem P de camadas superficiais do solo e disponibilizá-lo na superfície, após a decomposição da palha (CARDOSO et al., 2013; SILVEIRA et al., 2010).

Na Tabela 1, observa-se que o pH do solo não diferiu quanto ao cultivo das plantas de cobertura, mas diferiu no tempo com valores menores após 152 dias do plantio. Este resultado é discordante do obtido por Almeida et al. (2008), os quais não verificaram, após três anos manejado com plantio direto, efeito significativo da crotalária e do milheto sobre o pH do solo. Cardoso et al. (2013), após 130 dias da semeadura, também não verificaram modificações significativas no pH do solo, com as plantas de cobertura crotalária, feijão-de-porco e milheto em Argissolo distrófico.

Na interação entre os fatores tempo e profundidade para a variável pH, observa-se que após o plantio o meio ficou mais ácido, o que pode ser devido à diminuição da matéria orgânica, tendo em vista a decomposição efetuada pelo manejo do solo (Tabela 3).

A interação entre os fatores manejo, tempo e profundidade para a variável COT reflete os menores valores da proporção no pousio do que nos sistemas de produção com a cobertura vegetal de milheto e crotalária, exceto no tratamento Tp2P1. Esta baixa disponibilidade (14,64) foi resultado da qualidade do substrato, ou, especificamente, da decomposição da matéria orgânica, ou, ainda, da formação de complexos organominerais, por meio do efeito protetor da argila nas profundidades (122,40; Tabela 2). No entanto, como o teor de argila é similar em todos os sistemas, a primeira explicação parece ser mais adequada.

Tabela 3. Interação entre os fatores tempo e profundidade para a variável pH.

Tempo	Profundidade (cm)		
	0,00 - 0,05	0,00 - 0,20	0,20 - 0,40
P1 – Antes do plantio	5,52 aA	5,27 aB	5,21 aB
P2 – Pós plantio	5,17 bA	5,14 aA	5,14 aA

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

O maior revolvimento do solo no sistema de implantação das culturas aumenta o contato do solo com os materiais vegetais e, conseqüentemente, a velocidade de decomposição, ocorrendo a fragmentação, a incorporação e a exposição dos restos vegetais à ação mais intensa dos microrganismos, que atuam na sua decomposição. Embora não tenha sido observada interação significativa entre os teores de matéria orgânica e COT antes e depois do plantio, esses atributos de solo, quando avaliados isoladamente, apresentaram diferença significativa antes e depois do plantio (Tabela 1). Essa diferença significativa antes e depois do plantio das diferentes culturas de cobertura foi observada em todos os atributos do solo avaliados, com exceção do fósforo.

Para a matéria orgânica, não se verificou modificações significativas nos seus teores com as plantas de cobertura crotalária, milheto e no pousio (Tabela 1). Em relação à matéria orgânica, Almeida et al. (2008), após três anos de plantio direto, também não verificaram efeito significativo das culturas de cobertura guandu, crotalária, mucuna, milheto e do pousio sobre o seu teor no solo.

Os sistemas de manejo alteraram significativamente, entre o período antes e após o plantio, os atributos do solo MO, COT, H+Al e a percentagem de saturação por bases V%. Segundo Loss et al. (2009) o uso de cobertura morta e adubação orgânica proporciona melhor desenvolvimento das culturas, que por sua vez adiciona maiores quantidades de resíduos vegetais em superfície e, estes, quando decompostos, contribuem para o aumento do teor de MO no solo. Amado et al. (2001) verificou, estudando vários sistemas de culturas em plantio direto, que as alterações nos teores de MO ocorreram na camada de 0-5 cm e que, o plantio direto

associado ao uso de culturas de cobertura demonstrou potencial para recuperar o teor de MO e sequestrar carbono no solo e contribuir para mitigar o efeito estufa.

No presente estudo, a MO e o COT foram significativamente maiores na camada de 0-5 cm e antes do plantio das culturas (Tabela 1). O estoque de MO apresenta rápida queda quando o solo é submetido a sistemas de preparo com intenso revolvimento (SILVA; LEMAINSKI; RESCK, 1994), decorrente do aumento das perdas por erosão hídrica e oxidação microbiana. Este último aspecto parece justificar os resultados obtidos 152 dias após o plantio para MO e COT apresentados na Tabela 1.

O teor de carbono orgânico total (COT) de um solo decorre de misturas heterogêneas de substâncias simples e complexas que contêm carbono. Já para valores de COT e $H^+ Al$, houve interação significativa entre três fatores quando avaliados concomitantemente (tratamento, tempo e profundidade), sugerindo que após as diferentes culturas de cobertura, mesmo que em apenas um ciclo de plantio, influenciaram os atributos de solos nas diferentes profundidades ao longo do tempo.

Tabela 4. Interação entre os fatores manejo, tempo e profundidade para a variável Carbono Orgânico Total (COT).

Manejo	Tempo x Profundidade					
	Tp1P1	Tp1P2	Tp1P3	Tp2P1	Tp2P2	Tp2P3
Milheto	20,46 aA	12,32 aBC	9,30 aBC	16,30 aAB	9,30 aBC	9,12 aBC
Crotalária	22,46 aA	16,04 aAB	10,84 aBC	14,64 aB	9,98 aBC	10,51 aBC
Pousio	18,72 aA	10,62 aBC	8,15 aC	15,70 aAB	7,85 aC	8,02 aC

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

As amostras de solo refletiram a tendência à acidez do solo. Os valores da acidez potencial, variaram de 17,0 a 15,83 $mmolc^3 dm^{-3}$ e os valores do pH se encontram entre 5,33 e 5,15 (Tabela 1), nos períodos antes do plantio e após o plantio, respectivamente.

Na interação entre os fatores manejo e tempo para a variável $H^+ Al$, observa-se a diferença significativa para os tratamentos de crotalária e pousio (Tabela 5). As maiores concentrações de $H^+ Al$ ocorreram nas áreas de pousio no período 1, antes

da implantação do sistema de produção, com diminuição significativa para o segundo período, após o plantio, fatos que foram observadas nos sistemas de produção sem a presença de cobertura e na área de crotalaria. O manejo interferiu no sistema da crotalaria, modificando o meio ácido do solo.

Tabela 5. Interação entre os fatores manejo e tempo para a variável H+Al.

Manejo	Tempo	
	T1	T2
Milheto	16,66 aA	16,40 aA
Crotalaria	16,93 aA	15,60 aB
Pousio	17,41 aA	15,50 aB

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

A acidez potencial é constituída pelos íons H^+ e Al^{3+} presentes nos colóides do solo, sendo, geralmente, avaliada pela extração com soluções de sais tamponantes ou misturas de sais neutros com soluções tampão (PEECH, 1965). Na interação entre os fatores tempo e profundidade para a variável H+Al (Tabela 6), observa-se que ocorre interação entre tempo e as profundidades P2 e P3, onde o meio encontra-se mais ácido.

Tabela 6. Interação entre os fatores tempo e profundidade para a variável H+Al.

Tempo	Profundidade		
	P1	P2	P3
Tp1	16,00 aB	17,51 aA	17,50 aA
Tp2	16,81 aA	15,25 bB	15,43 bB

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

Tabela 7. Valores médios de densidade (Ds), macroporosidade (Ma), Microporosidade (Mi), volume total de poros (VTP), volume total de poros calculado (VTP cal) de acordo com as culturas de sucessão e pousio nas profundidades 0- 0,20m (P1) e 0,20m-0,40m (P2), no experimento com milho e crotalária, em Pindorama, SP

Tratamentos (Tr)	Ds (Mg m ⁻³)	Ma (%)	Mi (%)	VTP (%)	VTP cal (%)
Milho	1,70 a	8,98 ab	24,73 a	33,71 b	41,44 a
Crotalária	1,69 a	9,86 a	25,20 a	35,06 a	41,82 a
Pousio	1,70 a	8,08 b	25,85 a	33,93 ab	41,34 a
Médias	1,70	8,97573	25,26	34,23	41,53
Teste F (Tr)	0,91 ^{ns}	3,8057 *	1,75 ^{ns}	4,29 *	0,91 ^{ns}
Tempo (Tp)					
Antes plantio (Tp1)	1,71 a	9,64 a	23,33 b	32,98 b	41,01 b
Após Plantio (Tp2)	1,68 b	8,30 b	27,18 a	35,48 a	42,06 a
Teste F (Tp)	11,70 **	6,49 *	61,93 **	38,55 **	11,70 **
Profundidade (P)					
0 - 20 cm (P1)	1,68 b	9,53 a	24,63 b	34,17 a	41,94 a
20- 40 cm (P2)	1,71 a	8,41 b	25,88 a	34,29 a	41,13 b
Teste F (P)	6,92 **	4,58 *	6,53 *	0,09 ^{ns}	6,92 **
Interação					
Teste F(Tr x Tp)	2,16 ^{ns}	4,54 *	2,45 ^{ns}	1,27 ^{ns}	2,16 ^{ns}
Teste F(Tr x P)	0,34 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,34 ^{ns}
Test F (Tp x P)	11,92 **	14,97 **	0,84 ^{ns}	15,56 **	11,92 **
Teste F(Tr x Tp x P)	0,14 ^{ns}	0,31 ^{ns}	1,31 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,14 ^{ns}
CV (%)	4,55	50,85	16,76	10,20	6,41

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$), ns não significativo ($p \geq 0,05$), Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

Na Tabela 7 são apresentados os resultados de atributos físicos do solo para plantas de cobertura, nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm de profundidade. Houve interação significativa tratamento x tempo para macroporosidade e para tempo x profundidade para Ds, S, VTP e VTP_{cal}, cujos desdobramentos encontram-se nas Tabelas 2, 3, 4, 5 e 6.

De modo geral, a menor Ds foi observada na profundidade de 0-20 cm. Menor Ds na camada superficial do solo também foi observada por Silva et al. (2017), em Latossolo Vermelho Distrófico típico argiloso. Tal fato pode ser justificado pela maior concentração de raízes e teor de MO (0-5 cm) na camada superficial do solo para as culturas utilizadas e pousio (Tabela 1), o que também foi observado por Silva et al. (2017). Há que se considerar, também, os efeitos da mobilização do solo à época da semeadura.

Com a interação tempo x profundidade para Ds verificou-se, 30 dias antes da semeadura, que a densidade do solo era menor na profundidade 0-20 cm em relação a 20-40 cm (Tabela 8). Este aumento na Ds ocorreu pela menor macroporosidade

(8,06%, Tabela 9), a qual está abaixo do limite crítico de aeração para o desenvolvimento vegetal que é de 10% (XU et al., 1992). A Ds não se alterou na profundidade 0-20 cm com o tempo, o contrário ocorreu para 20-40 cm de profundidade que teve redução de valor da densidade do solo com o tempo.

Tabela 8. Interação entre os fatores tempo e profundidade para a variável densidade de solo (Ds).

Tempo	Profundidade	
	0-20 cm	20-40 cm
Antes	1.68 aB	174 aA
Depois	1.68 aA	1.68 bA

Antes = 30 dias antecedentes ao plantio; Depois= 152 dias após o plantio. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

A densidade média do solo ($1,70 \text{ Mg m}^{-3}$, Tabela 7) pode ser considerada elevada, já que os valores estão no intervalo considerado como crítico para solos franco-arenosos. A densidade do solo crítica é dependente principalmente de sua classe textural, a qual impede o pleno desenvolvimento do sistema radicular das culturas. Argenton et al. (2005) constataram que, em Latossolo Vermelho argiloso, a deficiência de aeração inicia-se com densidade do solo próxima de $1,30 \text{ Mg m}^{-3}$, e Klein (2006), para a mesma classe de solo, baseado no intervalo hídrico ótimo, observou que a densidade limitante foi de $1,33 \text{ Mg m}^{-3}$. Reichert; Reinert; Braida (2003) propuseram densidade do solo crítica para algumas classes texturais: $1,30$ a $1,40 \text{ Mg m}^{-3}$ para solos argilosos, $1,40$ a $1,50 \text{ Mg m}^{-3}$ para os franco-argilosos e de $1,70$ a $1,80 \text{ Mg m}^{-3}$ para os franco-arenosos. Segundo Silva et al. (2017) uma relação ideal entre Ma e VTP é 0,33, a qual indica a relação entre capacidade de aeração e retenção de água no solo. Esta relação no presente trabalho variou de 0,23 a 0,28 considerando-se os resultados da Tabela 1. Logo, tais resultados corroboram que os valores de Ds efetivamente podem ser considerados como elevados.

Em relação à microporosidade, esta não apresentou interação significativa entre tratamentos, tempo e profundidade (Tabela 7). No geral a Mi aumentou, enquanto a Ma diminuiu significativamente com a profundidade e com o tempo

(Tabelas 9 e 10). A relação entre Ma e profundidade obtidas está de acordo com resultados obtidos por Argenton et al. (2005) e Silva et al. (2017).

Tabela 9. Interação entre os fatores manejo e tempo para a macroporosidade (Ma).

Manejo	Tempo	
	Antes	Depois
Milheto	10.16 aA	7.80 aB
Crotalária	11.14 aA	8.57 aB
Pousio	7.63 bA	8.53 aA

Antes = 30 dias antecedentes ao plantio; Depois= 152 dias após o plantio. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

Tabela 10. Interação entre os fatores tempo e profundidade para a Macroporosidade (S).

Tempo	Profundidade	
	0-20 cm	20-40 cm
Antes	11.23 aA	8.06 aB
Depois	7.84 bA	8.75 aA

Antes = 30 dias antecedentes ao plantio; Depois= 152 dias após o plantio. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

O VTP não foi alterado no tempo na profundidade de 0-20 cm, mas aumentou significativamente na profundidade de 20-40 cm após 152 dias da semeadura (Tabelas 11 e 12). Estas alterações no VTP podem ser justificadas pelas ocorridas com a densidade. Argenton et al. (2005) determinou correlação inversa entre Ds e VTP, o que justifica os resultados obtidos no presente trabalho e expressos nas Tabelas 5 e 6.

A exemplo de Reinert et al. (2008), uma hipótese do presente estudo era que haveria redução da densidade do solo pelo uso de plantas de cobertura, o que foi constatado apenas na camada mais superficial. Além disso, a avaliação da densidade foi realizada em dois momentos: 1) 30 dias antecedentes ao plantio; 2) 152 dias após o plantio. Tais períodos de avaliação podem ser considerados curtos para recuperar a qualidade física de um Argissolo com textura média. Tal assertiva é concordante com Reichert et al. (2003), os quais concluíram, para um Argissolo de textura franco-arenosa, que um período após 2 anos de cultivo com plantas de cobertura não foi suficiente para a recuperação física do solo.

Nas interações das variáveis tratamento, tempo e profundidade (Tabelas 8, 9, 10, 11 e 12) houve diferença significativa entre as variáveis de Ds, Ma e VTP na profundidade de 0-20cm, de acordo com o tempo, entre antes e depois do plantio, demonstrando o efeito do revolvimento do solo nos tratamentos.

Tabela 11. Interação entre os fatores tempo e profundidade para a variável Volume Total de Poros (VTP).

Tempo	Profundidade	
	0-20 cm	20-40 cm
Antes	33.72 aA	32.25 bB
Depois	34.63 aB	36.34 aA

Antes = 30 dias antecedentes ao plantio; Depois= 152 dias após o plantio. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

Tabela 12. Interação entre os fatores tempo e profundidade para a variável VTP calculado.

Tempo	Profundidade	
	0-20 cm	20-40 cm
Antes	41.94 aA	40.07 bB
Depois	41.93 aA	42.19 aA

Antes = 30 dias antecedentes ao plantio; Depois= 152 dias após o plantio. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

Foi detectada na camada mais superficial a menor resistência mecânica do solo à penetração (RMSP), provavelmente relacionada com a menor densidade do solo (Tabelas 13, 14, 15 e 16). Não houve diferença significativa para a RMSP entre os tratamentos com milheto, crotalaria e pousio. O mesmo comportamento foi verificado entre profundidades (10-50 cm) e tempo para a RMSP, exceto para a profundidade 0-10 cm.

Os valores de RMSP podem ser considerados altos (10-50 cm, Tabelas 13 a 16), os quais podem causar efeitos restritivos ao crescimento das plantas, como destacado por alguns autores, que afirmaram que a resistência à penetração limitante ao crescimento radicular é de 2,00 MPa (TORMENA; ROLOFF; SÁ, 1998; BEUTLER et al., 2006). A RMSP variou de 2,50 a 3,90 MPa na camada de 10-50 cm e apresentou valor médio de 0,56 MPa na camada 0-10 cm de profundidade.

As alterações físicas do solo devido ao manejo podem ser observadas pela compactação do solo refletida pelos valores de RMSP (Tabelas 13, 14, 15 e 16), as quais têm sido amplamente estudadas (HORN; WAY; ROSTEK, 2003; BEUTLER et al., 2006; CHAN et al., 2006; SCHÄFFER; ATTINGER; SCHULIN, 2007) pelo fato de a compactação ser um sério problema para os solos agrícolas.

Tabela 13. Valores médios de Resistência Mecânica à Penetração (RSMP) de acordo com as culturas de sucessão e pousio em diferentes profundidades, no experimento com milho e crotalaria, em Pindorama, SP.

Tratamentos (Tr)	RMSP kg ⁻¹)	
Milho	2,51	a
Crotalaria	2,62	a
Pousio	2,67	a
Médias	2,60	
Teste F (Tr)	0,50 ^{ns}	
Tempo (Tp)		
Antes plantio (Tp1)	2,76	a
Após Plantio (Tp2)	2,43	b
Teste F (Tp)	5,90 *	
Profundidade (P)		
0 cm	0,56	b
10 cm	2,91	a
20 cm	3,10	a
30 cm	3,12	a
40 cm	3,06	a
50 cm	3,12	a
Teste F (P)	46,2338 **	
Interação		
Teste F(Tr x Tp)	2,6680 ^{ns}	
Teste F(Tr x P)	0,3523 ^{ns}	
Teste F(Tp x P)	0,7122 ^{ns}	
Teste F(Tr x Tp x P)	0,2674 *	
CV (%)	35,29	

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$), ns não significativo ($p \geq 0,05$), Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

Tabela 14. Interação entre os fatores manejo, tempo e profundidade para a variável resistência mecânica a penetração (RSMP).

Manejo	Tempo (Tp1 antes) x Profundidade											
	Tp1 0cm	Tp1 10cm	Tp1 20cm	Tp1 30cm	Tp1 40cm	Tp1 50cm	Tp2 0cm	Tp210 cm	Tp2 20cm	Tp2 30cm	Tp2 40cm	Tp2 50cm
Milho	0,56aB	3,16 aA	3,57 aA	3,90 aA	3,33 aA	3,05 aA	0,56 aB	2,37 aA	2,51 aA	2,51 aA	2,05aA	2,55 aA
Crotalaria	0,56aB	2,87 aA	3,24 aA	3,06 aA	3,13 aA	3,10 aA	0,56 aB	2,56 aA	2,90 aA	3,13 aA	3,27aA	3,45 aA
Pousio	0,56 aB	3,68 aA	3,43 aA	3,05 aA	3,05 aA	3,27 aA	0,56 aB	2,81 aA	2,84 aA	3,06 aA	3,05aA	3,22 aA

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$), ns não significativo ($p \geq 0,05$), Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

Tabela 15. Interação entre os fatores manejo x tempo nas seis profundidades para a variável resistência mecânica a penetração (RSMP)

Manejo x tempo	Profundidade					
	0 cm	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm	50 cm
Milheto antes	0,56 aB	6,13 aA	3,57 aA	3,80 aA	3,25 aA	3,05 aA
Milheto depois	0,56 aB	2,57 aA	2,50 aA	2,51 aA	2,51 aA	2,55 aA
Crotalaria antes	0,56 aB	2,87 aA	3,24 aA	3,61 aA	3,10 aA	3,10 aA
Crotalaria depois	0,56 aB	2,56 aA	2,95 aA	3,05 aA	3,24 aA	3,45 aA
Pousio antes	0,56 aB	3,62 aA	3,92 aA	3,05 aA	3,05 aA	3,57 aA
Pousio depois	0,56 aB	2,56 aA	3,04 aA	3,06 aA	3,05 aA	3,24 aA

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$), ns não significativo ($p \geq 0,05$), Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

Tabela 16. Interação entre os fatores manejo x profundidade nos dois tempos (Tp1 antes e Tp2 depois) para a variável resistência mecânica a penetração (RSMP).

Manejo x profundidade	Tempo	
	Tp1 antes	Tp 2 depois
Milheto 0 cm	0,56 bA	0,56 bA
Milheto 10 cm	3,16 aA	2,75 aA
Milheto 20 cm	3,57 aA	2,51 aA
Milheto 30 cm	3,90 aA	2,61 aA
Milheto 40 cm	3,25 aA	2,50 aA
Milheto 50 cm	3,05 aA	2,50 aA
Crotalaria 0 cm	0,56 bA	0,56 bA
Crotalaria 10 cm	2,85 aA	3,66 aA
Crotalaria 20 cm	3,12 aA	2,85 aA
Crotalaria 30 cm	3,24 aA	3,10 aA
Crotalaria 40 cm	3,06 aA	3,28 aA
Crotalaria 50 cm	3,10 aA	3,45 aA
Pousio 0 cm	0,56 bA	0,56 bA
Pousio 10 cm	3,66 aA	2,81 aA
Pousio 20 cm	3,45 aA	2,75 aA
Pousio 30 cm	3,05 aA	3,03 aA
Pousio 40 cm	3,05 aA	3,05 aA
Pousio 50 cm	3,27 aA	3,24 aA

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$), ns não significativo ($p \geq 0,05$), Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

Na análise dos dados, observa-se a comparação entre o manejo, ao longo do tempo e nas profundidades. A compactação refere-se à compressão em estado não saturado do solo durante a qual existe aumento de sua densidade em consequência da redução de seu volume, pela redução da porosidade total do solo, principalmente

dos poros ocupados por ar (macroporos), o que pode ser observado quando analisa-se os valores dos períodos antes e depois do plantio e entre a parte superior do solo (0cm) e as demais profundidades. Nas interações entre os fatores manejo, tempo e profundidade para a variável resistência mecânica do solo a penetração (RSMP), observou-se o mesmo comportamento.

4.2 Massa de matéria seca

A seguir são apresentados os dados para o número total de plantas daninhas por tratamento (NP) e o total de massa seca (MS) em gramas das mesmas em cada tratamento.

Tabela 17. Média para número de total plantas daninhas (NP) e massa de matéria seca (MS) em gramas obtidos em cada tratamento: T1 – Pousio, R2 – Milheto e T3 – Crotalária, após 152 dias de semeadura.

Fontes de Variação	NP	MS
F	52,41 **	83,41**
CV %	34,53	40,78
Média	88,93	266,78
Cobertura de solo	Médias ¹	
T1- pousio	221,75 a	860,56 a
T2- milheto	38,20 b	28,33 b
T3- crotalária	33,40 b	30,30 b

^{ns} - não significativo , * significativo a 5% e ** significativo a 1%

¹ Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, para cada característica, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

Observou-se que houve diferença significativa para os tratamentos, com o número e a massa de matéria seca das plantas daninhas maiores no tratamento pousio em relação à área de milheto e crotalária.

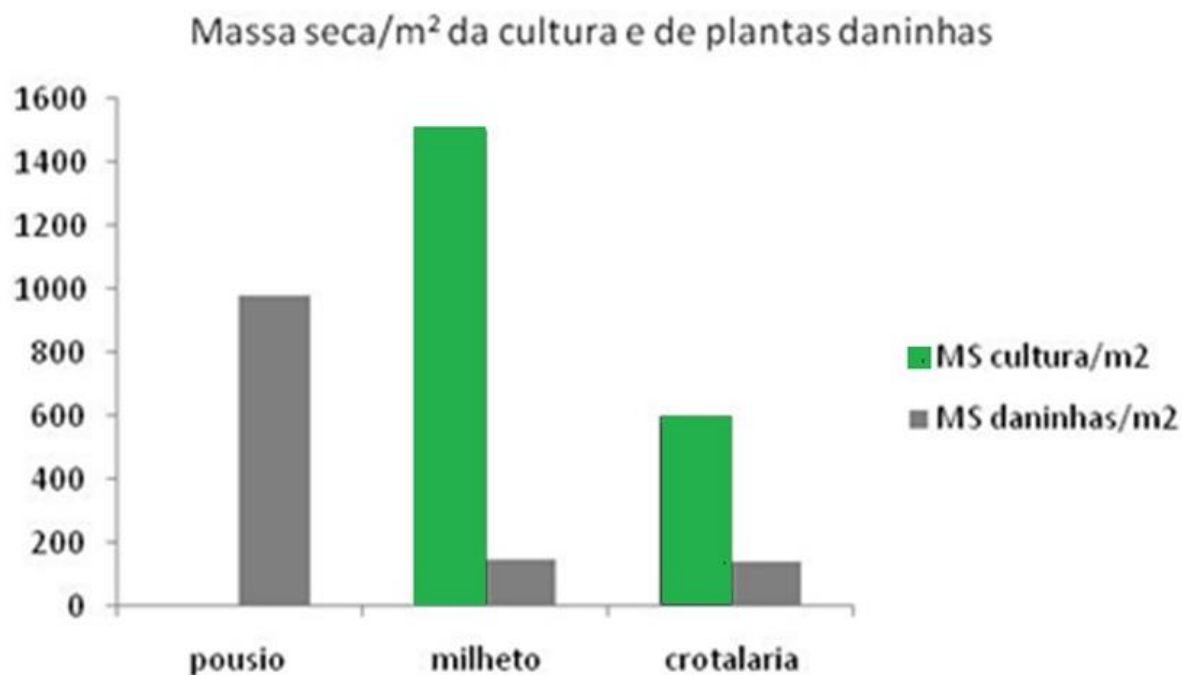


Figura 8. Valores médios para massa de matéria seca da comunidade infestante aos 152 dias após plantio T1 – Pousio, R2 – Milho e T3 – Crotalaria.

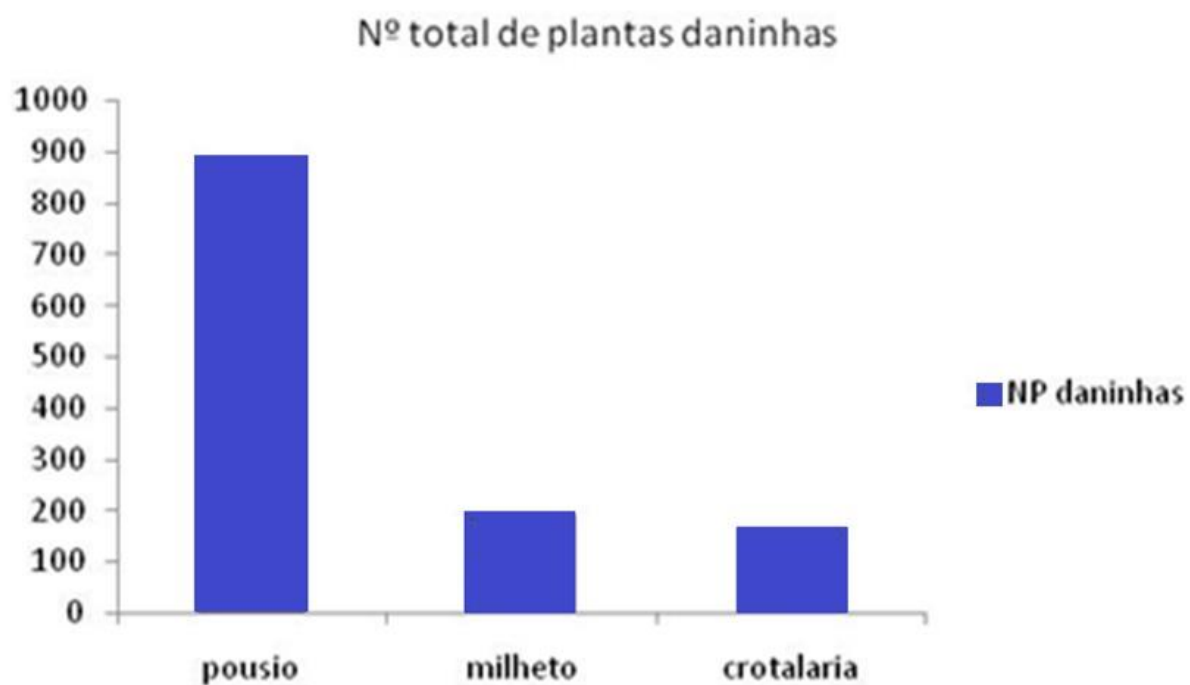


Figura 9. Valores médios para número total de plantas daninhas aos 152 dias após plantio T1 – pousio, R2 – Milho e T3 – crotalaria

Os dados obtidos para a massa de matéria seca estão de acordo com Vidal e Trezzi (2004), que em estudo comparativo de sorgo e milho relataram que, a massa seca total de plantas daninhas desses dois tratamentos apresentou valores menores quando comparados à testemunha. Em experimento que avaliou a influência da massa de *C. juncea* em três diferentes plantas daninhas, *B. decumbens*, *Panicum maximum* e *Bidens pilosa*, Severino e Christoffoleti (2001) concluíram que a germinação, o número de plantas e a biomassa seca das espécies avaliadas diminuiu proporcionalmente com o aumento da massa seca da *C. juncea*.

O longo tempo em pousio constituiu um vasto banco de sementes na área, o qual foi igualmente exposto com o uso do preparo de solo. Pode-se notar em observações de campo, uma competição mais agressiva por parte das plantas daninhas sobre as culturas de crotalária e milho e menor na área de pousio que foi dominada pela espécie *B. decumbens*.

Um ponto importante a ser considerado é que além das diferenças significativas entre os tratamentos para número e massa seca de plantas daninhas, pode-se observar diferenças qualitativas referentes a seleção de espécies de acordo com a cultura em sucessão não discutidas no escopo desse trabalho.

4.3 Levantamento fitossociológico

No levantamento fitossociológico das amostras da área, foram encontradas 25 espécies de plantas daninhas divididas em 10 famílias botânicas. No cultivo de milho, foram encontradas 14 espécies de plantas daninhas divididas em 6 famílias botânicas, das quais as mais importantes foram Poaceae e Fabaceae com 6 e 4 espécies, respectivamente. Para a crotalária plantada em sucessão, foram encontradas 19 espécies de plantas daninhas, divididas em 10 famílias botânicas, das quais se destacam as famílias Poaceae, Asteraceae e Fabaceae, com 5, 3 e 3 espécies, respectivamente (Tabela 18). Nas Figuras 10 e 11, estão representadas as frequências relativas (FRR), densidades relativas (DER), dominâncias (DOM) e o Índice de Valor de Importância Relativa (IVR) das espécies encontradas na sucessão de culturas com milho e crotalária.

Tanto para o milho quanto para a crotalaria, a espécie com maior importância na área foi a *Brachiaria decumbens*, que apresentou índice de valor de importância (IVR) de 31,05% e 41,47%, respectivamente. Considerando-se que a área foi utilizada como pastagem anteriormente ao pousio, essa espécie está presente em todas as amostras, tanto para as áreas de milho quanto para as áreas de crotalaria, em grande número de plantas por amostra e alta massa seca. Assim, para *B. decumbens* todos os índices fitossociológicos tiveram destaque em relação às demais plantas daninhas.

Para a área plantada com milho, as gramíneas (Poaceae) tiveram importância relativa (IVR) agregada de 65,50% enquanto que nas áreas de crotalaria o IVR agregado das gramíneas foi de 57,88%. O plantio sucessional de crotalaria promoveu uma maior diversidade de espécies que o plantio de milho, afetando assim a importância de algumas gramíneas de difícil controle, como o capim colchão (*Digitaria nuda Schumacher*). A importância de *Cyperus iria* L. foi menor na crotalaria que no milho (6,80% e 4,03%), enquanto a importância da guaxuma (*Sida cordifolia* L.) aumenta nas áreas de crotalaria em detrimento às áreas de milho (6,27% e 2,89) e as asteráceas aparecem apenas nos plantios de crotalaria.

Tabela 18. Relação de espécies encontradas na área e seus respectivos códigos EPPO¹ em área em rotação com milho e crotalária.

Família	Nome científico	Código EPPO	Milho	Alfafa
Apiaceae	<i>Conium maculatum</i> L.	COIMA		x
	<i>Acanthospermum hispidum</i> D.C.	ACNHI		x
Asteraceae	<i>Emilia fosbergii</i> Nicolson	EMISO		x
	<i>Galinsoga parviflora</i> CAV.	GASPA		x
Brassicaceae	<i>Lepidium virginicum</i> L.	LEPVI		x
Commelinaceae	<i>Commelina benghalensis</i> L.	COMBE	x	x
	<i>Ipomoea nil</i> (L.) Roth	IPONI	x	
Convolvulaceae	<i>Merremia aegyptia</i> (L.) Urban	IPOPE		x
	<i>Merremia cissoides</i> (Lam.) Hallier	MRRCI		x
Cyperaceae	<i>Cyperus iria</i> L.	CYPDI	x	x
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i> L.	RIICO		x
	<i>Crotalaria juncea</i> L.	CVTJU	x	
	<i>Desmodium tortuosum</i> (SW.) DC.	DETO	x	
Fabaceae	<i>Indigofera hirsuta</i> L.	INDHI	x	x
	<i>Neonotonia wightii</i> (Wight & Arnott) Lackey	GLXWI	x	x
	<i>Senna obtusifolia</i> (L.) Link	CASOB		x
Malvaceae	<i>Sida cordifolia</i> L.	SIDCO	x	x
	<i>Brachiaria decumbens</i> STAPF	BRADC	x	x
	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers	CYNDA	x	x
	<i>Digitaria nuda</i> Schumacher	DIGNU	x	x
Poaceae	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn	ELEIN	x	
	<i>Ischaemum rugosum</i> Salisb.	ISCRU	x	
	<i>Panicum maximum</i> Jacq.	PANMA		x
	<i>Pennisetum glaucum</i> (L.) R. Br.	PESGL		x
	<i>Pennisetum purpureum</i> Schum. Total	PESPU	x	

¹ EPPO code: também conhecido como código Bayer é um sistema de codificação usado pela European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) para designar plantas, pragas e patógenos importantes para a agricultura.

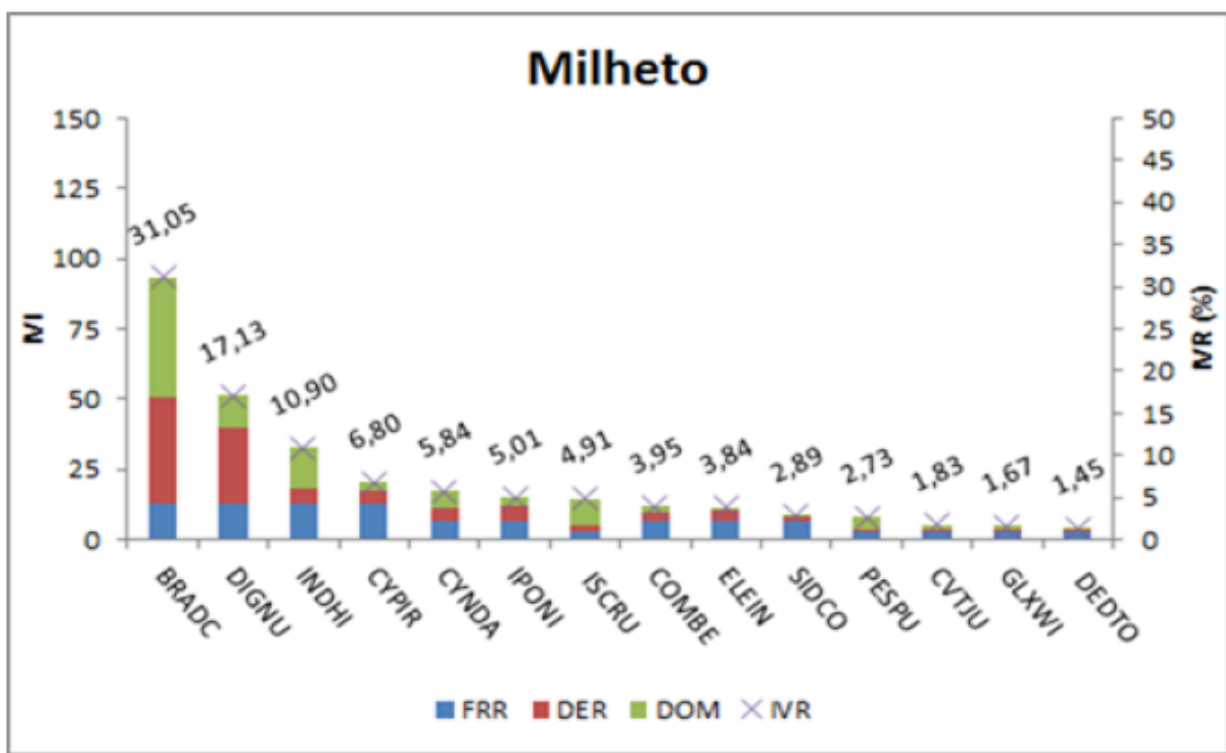


Figura 10. Frequência relativa (FRE), Densidade relativa (DER), Dominância (DOM) e Índice de Valor de Importância Relativo (IVR%) para as espécies de plantas daninhas encontradas em áreas de plantio de milho em sucessão ao pousio.

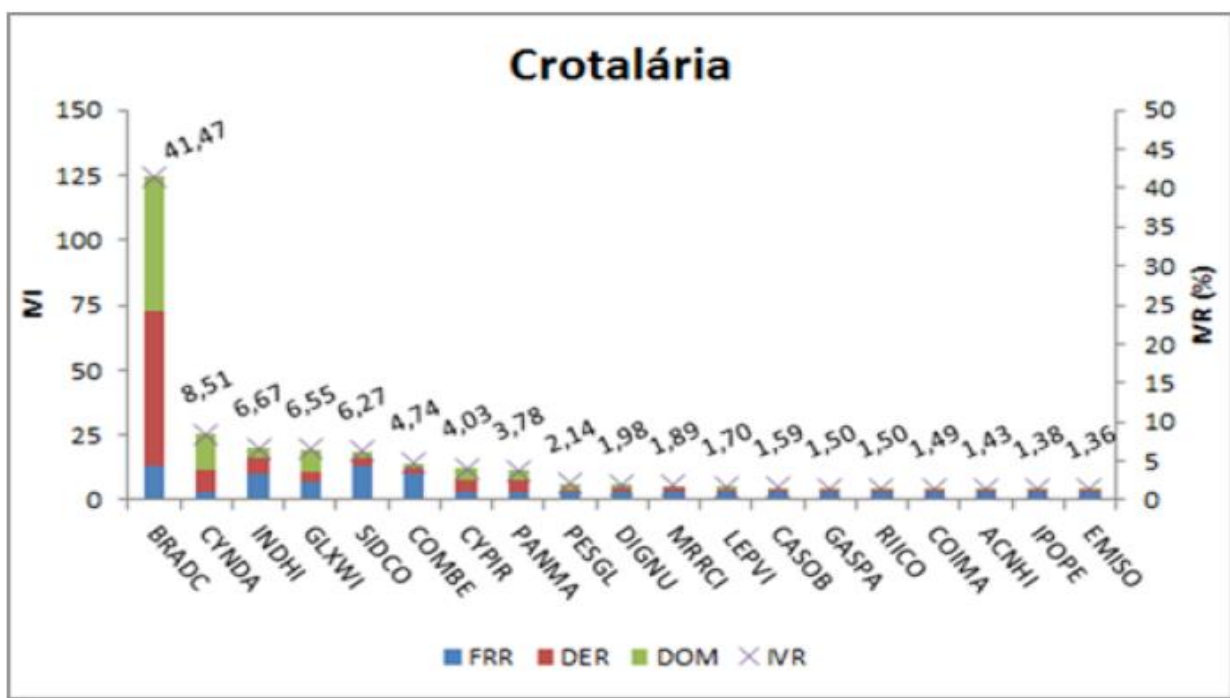


Figura 11. Frequência relativa (FRE), Densidade relativa (DER), Dominância (DOM) e Índice de Valor de Importância Relativo (IVR%) para as espécies de plantas daninhas encontradas em áreas de plantio de crotalária em sucessão ao pousio.

A seguir são apresentados os dados para número total de plantas daninhas por tratamento (NP) e o total de massa seca (MS) em gramas das mesmas em cada tratamento.

Tabela 19. Média para número de total plantas daninhas (NP) e massa seca (MS) em gramas obtidos em cada tratamento: T1 –Milheto, T2 –Crotalária e T3 – Pousio, após 152 dias de semeadura.

Fontes de Variação	NP	MS
F	52,41 **	83,41**
CV %	34,53	40,78
Média	88,93	266,78
Cobertura de solo	Médias ¹	
T1- milheto	38,20 b	28,33 b
T2- crotalária	33,40 b	30,30 b
T3- pousio	221,75 a	860,56 a

ns - não significativo , * significativo a 5% e ** significativo a 1%

¹ Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, para cada característica, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

Observou-se que houve diferença significativa para os tratamentos, com o número e a massa de matéria seca das plantas daninhas maiores no tratamento pousio em relação à área de milheto e crotalária (Tabela 19).

Os dados obtidos para massa de matéria seca estão de acordo com Vidal e Trezzi (2004), que em estudo comparativo de sorgo e milheto relataram que a massa seca total de plantas daninhas desses dois tratamentos apresentou valores menores quando comparados à testemunha. Em experimento que avaliou a influência da massa de matéria seca de *C. juncea* em três diferentes plantas daninhas, *B. decumbens*, *Panicum maximum* e *Bidens pilosa*, Severino e Christoffoleti (2001) concluíram que a germinação, o número de plantas e a biomassa seca das espécies avaliadas diminuiu proporcionalmente com o aumento da massa matéria seca da *C. juncea*. Soares et al. (2012) relataram uma redução superior a 70% na massa matéria seca de plantas daninhas após o cultivo de *C. juncea*.

Um ponto importante a ser considerado é que além das diferenças significativas entre os tratamentos para número e massa de matéria seca de plantas daninhas, pode-se observar diferenças qualitativas referentes a seleção de espécies de acordo com a cultura em sucessão não discutidas no escopo desse trabalho. O longo tempo em pousio constituiu um vasto banco de sementes na área, o qual foi igualmente exposto com o uso do preparo de solo. Pode-se notar em observações de campo uma competição mais agressiva de uma maior variedade de espécies de plantas daninhas sobre as culturas de crotalária e milho e menor na área de pousio que foi dominada pela espécie *B. decumbens*.

4.4 Perdas de solo e água por erosão

Nos períodos de 04/01 a 27/01/2015, 06/02 a 26/02/2015 e 09/03 a 19/03/2015 as precipitações foram de 95,8 mm, 125,5 mm e 136,8 mm, respectivamente (Figura 12). A precipitação pluviométrica no período avaliado (358,1 mm) apresentou maior valor no período III (136,8 mm), o qual correspondeu a 38,2% da precipitação total. Tais valores crescentes foram acompanhados pelos da erosividade das chuvas: 380,9 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ no período I; 574,0 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ no período II; 654,2 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ no período III.

As perdas de solo e água foram significativamente maiores no período I em relação aos demais períodos (Tabela 20). O período I pode ser caracterizado como correspondente ao período de plantio, segundo Bertoni; Lombardi Neto; Benati Júnior (1975): do plantio até um mês após, quando a percentagem de cobertura do solo pelo dossel da cultura é normalmente baixa.

No período II, as perdas de solo e água foram significativamente menores que nos períodos I e II, provavelmente, devido à maior cobertura vegetal nos tratamentos pousio, crotalária e milho (Tabela 20). O período II coincidente com a fase de estabelecimento e crescimento das culturas, conforme critérios de Bertoni; Lombardi Neto; Benati Júnior (1975) para o desenvolvimento de culturas anuais. Tal resultado pode ser justificado, uma vez que dentre as variáveis primárias que influenciam a erosão hídrica do solo a cobertura e a rugosidade superficial são as mais importantes,

sendo responsáveis por, praticamente, toda a retenção e armazenagem de água e dos sedimentos da erosão na superfície do solo (COGO, 1981; SANTOS; MONTENEGRO; PEDROSA, 2009; CASTRO et al., 2011).

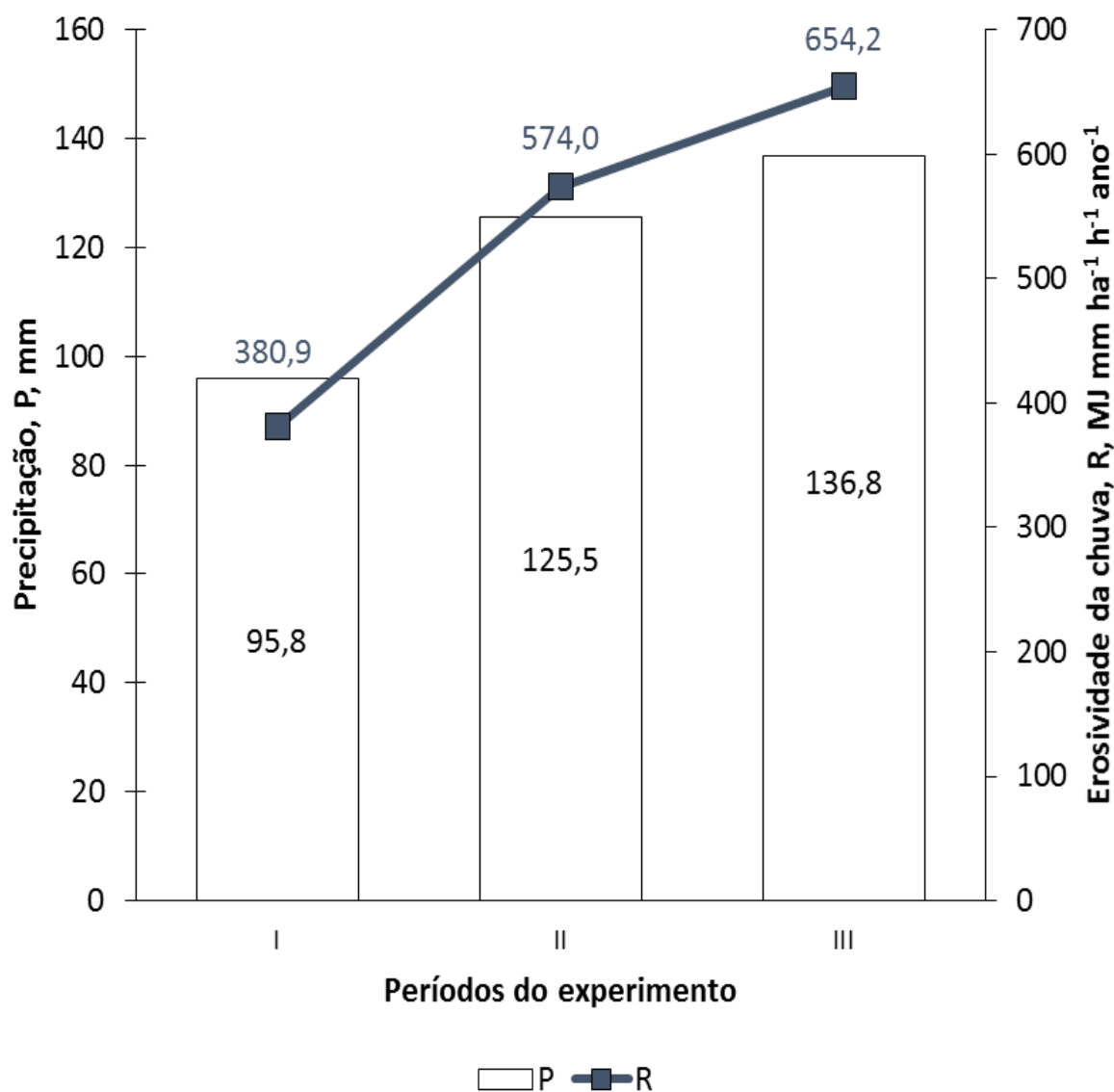


Figura 12. Precipitação e erosividade das chuvas nos períodos de condução do experimento: I = 04/01 a 27/01/2015; II = 06/02 a 26/02/2015; III = 09/03 a 19/03/2015.

Tabela 20. Perdas médias de solo e água por erosão nos três períodos de avaliação nas parcelas experimentais permanentes: I = 04/01 a 27/01/2015; II = 06/02 a 26/02/2015; III = 09/03 a 19/03/2015 e Potencial de arraste de sedimentos (PAS).

Tratamento	Perda de solo (Mg ha^{-1})				Perda de Água (m^3)				PAS
	I	II	III	Total	I	II	III	Total	
Pousio	1,93 aB	1,00 cB	1,60 bB	4,53 A	7,33 aAB	2,11 cA	5,53 bB	14,97 A	0,0302 A
Crotalária	1,83 aB	0,99 cB	1,56 bB	4,38 A	7,31 aAB	2,06 cA	5,53 bB	14,90 A	0,0294 A
Milheto	1,95 aB	0,98 cB	1,55 bB	4,48 A	7,16 aB	2,11 cA	5,28 bB	14,55 A	0,0308 A

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Os valores de potencial de arraste de sedimentos (PAS) não diferiram significativamente entre as parcelas com pousio ($0,0302 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) e cultivadas com crotalária ($0,0294 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) e milho ($0,0308 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$), conforme Tabela 20. Castro et al. (2011) determinaram valores de PAS, com espaçamento entre linhas de plantio de 0,5 m, para milho ($0,029 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) inferiores e para crotalária ($0,045 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) superiores aos observados no presente trabalho (Tabela 20). Nos espaçamentos de 0,5 m e 0,25 m, Cardoso (2009) obteve valores de PAS para milho de $0,053$ e $0,053 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ e para crotalária de $0,051$ e $0,047 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, nesta ordem nos referidos espaçamentos. No presente trabalho os valores de PAS foram obtidos com plantio a lanço. Os resultados de PAS (Tabela 20) corroboram afirmação de Castro et al. (2011), quanto ao indicativo de que um menor espaçamento entre plantas promove maior índice de cobertura vegetal e proteção do solo, o que reflete na redução do PAS e erosão hídrica.

Cumprir observar que as parcelas em pousio apresentaram PAS de $0,0302 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, a qual é inferior a valores obtidos por Cardoso (2009) e Castro et al. (2011) para milho, crotalária, feijão de porco e consórcios destas culturas. A cobertura vegetal dominante nas parcelas em pousio foi a *brachiaria* (*B. decumbens*).

No período de 04/01/2015 a 19/03/2015, verificou-se que todos os tratamentos foram significativamente eficientes em controlar as perdas totais de solo e água em relação à parcela controle, ou seja, sem cobertura (Tabela 21). Contudo, não houve diferença significativa entre os tratamentos pousio, crotalária e milho quanto às perdas totais médias de solo e água. Os tratamentos controlaram 20,7 a 23,3 % das

perdas de solo em relação à parcela controle. Já quanto às perdas de água os tratamentos controlaram de 15,1 a 17,5 % o escoamento superficial em relação à parcela controle. As lâminas de água escoadas são superiores as observadas por Castro et al. (2011) para milho de 49,8 mm e crotalaria de 63,6 mm. No presente estudo as lâminas escoadas foram de 145,5 mm para o milho e 149,0 mm para a crotalaria. Todos os valores de lâminas de água escoadas foram inferiores aos obtidos por Santos; Montenegro; Pedrosa, (2009), os quais obtiveram lâminas de 332 mm de perdas de água em um Vertissolo. Em um Argissolo Vermelho distrófico, trabalhando com rotação de culturas por dois anos, Guth (2010) obteve valores de lâminas escoadas entre 507 e 1.034 mm.

Tabela 21. Perdas totais médias e percentuais de controle de solo e água no período de 04/01/2015 a 19/03/2015.

Cultura	Perda de solo		Perda de água	
	t ha ⁻¹	%	m ³	%
Controle	5,71	100,0	17,64	100,0
Pousio	4,53 +	79,3	14,97	84,9
Crotalaria	4,38 +	76,7	14,90	84,5
Milho	4,48 +	78,5	14,55	82,5

+ = médias que diferem significativamente pelo teste t a 5% de probabilidade do valor controle (solo sem cobertura).

Os valores de perdas totais de solo obtidos no presente trabalho são superiores aos determinados por Castro et al. (2011), os quais encontraram valores de 2,89 e 1,47 Mg ha⁻¹ em parcelas cultivadas com crotalaria e milho, respectivamente, em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico.

5. CONCLUSÃO

Os atributos do solo, areia total, pH, matéria orgânica, carbono orgânico total, acidez potencial e percentagem de saturação por bases são alterados pelo uso das culturas em sucessão.

O plantio de culturas de sucessão afeta a composição da comunidade infestante da área de acordo com a espécie utilizada.

O plantio de crotalária em sucessão ao pousio diminui a importância das gramíneas e das cyperaceas, enquanto estimula maior variabilidade das espécies e aumenta a importância das guaxumas e das asteraceas.

As culturas de sucessão após o preparo de solo influenciam significativamente o número e a massa seca de plantas daninhas.

Um menor espaçamento das culturas em sucessão promove maior índice de cobertura vegetal e proteção do solo, refletindo na redução do potencial de arraste de sedimentos e erosão hídrica.

As culturas em sucessão controlam as perdas de solo e água em relação à parcela controle sem cobertura vegetal.

VI. REFERÊNCIAS

ABDO, M. T. V. N. **Caracterização da vegetação arbórea e atributos do solo da reserva biológica de Pindorama, SP.** 112 f. 2009. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade estadual paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal.

AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; PELICICE, F. M. **Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil.** Maringá: EDUEM, 2007.

ALMEIDA, V. P.; ALVES, M. C.; SILVA, E. C.; OLIVEIRA, S. A. Rotação de culturas e propriedades físicas e químicas em Latossolo Vermelho de cerrado sob preparo convencional e semeadura direta em adoção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 1227-1237, 2008.

AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L. F.; BRUM, A. C. R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 189-197, 2001.

ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 1099-1108, 2003.

ARGENTON, J.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; WILDNER, L. P. Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 425-435, 2005.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F.; BENATI JÚNIOR, R. **Equação de perdas de solo.** Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1975. 25 p. (Boletim Técnico, 21).

BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; SILVA, A. P.; BARBOSA, J. C. Intervalo hídrico ótimo e produtividade de cultivares de soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 639-45, 2006.

BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Particle density. In: KLUTE, A. **Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods**. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p. 377-382.

CARDOSO, D. P. **Desempenho de plantas de cobertura no controle da erosão hídrica no Sul de Minas Gerais**. 2009. 100 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

CARDOSO, D. P.; SILVA, M. L. N.; CARVALHO, G. J. de; FREITAS, D. A. F. de; AVANZI, J. C. Espécies de plantas de cobertura no condicionamento químico e físico do solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 8, n. 3, p. 375-383, 2013.

_____. Plantas de cobertura no controle das perdas de solo, água e nutrientes por erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 6, p. 632-638, 2012.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro: Interciência, 1994. 372 p.

CASTRO, N. E. A. de. et al. Plantas de cobertura no controle da erosão hídrica sob chuvas naturais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 5, p. 775-785, 2011.

CEPAGRI/UNICAMP (CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS A AGRICULTURA). **Clima dos Municípios Paulistas: Pindorama**, 2009. [classificação climática de Koppen]. Disponível em: http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_431.html. Acesso em: jun. de 2017.

CHAN, K. Y.; OATES, A.; SWAN, A. D.; HAYES, R. C.; DEAR, B. S.; PEOPLES, M. B. Agronomic consequences of tractor wheel compaction on a clay soil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 89, p. 13-21, 2006.

CHERR, C. M.; SCHOLBERG, J. M. S.; MCSORLEY, R. Green manure approaches to crop production: a synthesis. **Agronomy Journal**, Madison, v. 98, n. 2, p. 302-31, 2006.

COGO, N. P. **Effect of residue cover, tillage-induced roughness and slope length on erosion and related parameters**. 1981. 346 f. PhD. Thesis (Doutor in Agronomy) – Purdue University, West Lafayette, 1981.

COOK, C. G.; SCOTT JUNIOR, A. W.; CHOW, P. Planting date and cultivar effects on growth and stalk yield of sunn hemp. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 8, n. 2, p. 89–95, 1998.

CRUZ, E. S. da. **Influência do preparo de solo e de plantas de cobertura na erosão hídrica de um Argissolo Vermelho-Amarelo**. 2006. 67 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.

CUNHA, E. Q. et al. Sistema de preparo de solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho II- Atributos de solos. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 603-611, 2011.

CZARNOTA, N. A.; RIMANDO, A. M. Evaluation of root exudates of seven sorghum accessions. **Journal of Chemical Ecology**, Switzerland, v. 29, n. 9, p. 2073-2083, 2003.

DANIELSON, R. E.; SUTHERLAND, P. L. Porosity. In: KLUTE, A. (ed.). **Methods of soil analysis**. 2 ed. Madison: American Society of Agronomy. v.1, [s.n.], 1986, p.443-461.

EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo, 1997. 212 p.

EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Brasília, DF: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 2011. 225 p.

EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

FREITAS, L.; CASAGRANDE, J. C.; OLIVEIRA, I. A.; MORETI, T. C. C. F.; CARMO, D. A. B. Avaliação de atributos químicos e físicos de solos com diferentes texturas cultivados com cana-de-Açúcar. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 362-374, 2013.

GUTH, P. L. **Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas de culturas oleaginosas**. 2010. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

HORN, R.; WAY, T.; ROSTEK, J. Effect of repeated tractor wheeling on stress/strain properties and consequences on physical properties in structured arable soils. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 73, n. 2, p. 101-106, 2003.

INSTITUTO GEOLÓGICO E GEOGRÁFICO (IGG). **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**: Serviço aerofotogramétrico Cruzeiro do Sul. [S.l.: s.n.], 1963. Escala 1 : 1.000.000.

JOHANNES, A. et al. Optimal organic carbon values for soil structure quality of arable soils. Does clay content matter? **Geoderma**, Amsterdam, v. 302, p. 14-21, 2017.

KADIOGLU, I.; YANAR, Y.; ASAV, U. Allelopathic effects of weeds extracts against seed germination of some plants. **Journal of Environmental Biology**, Uttar Pradesh, v. 26, n. 2, p. 169-173, 2005.

KLEIN, V. A. Densidade relativa - Um indicador da qualidade física de um Latossolo Vermelho. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 5, n. 1, p. 26-32, 2006.

LEAL, M. A. de A. **Produção e eficiência agronômica de compostos obtidos com palhada de gramínea e leguminosa para o cultivo de hortaliças orgânicas**. 2006. 143 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.

LEAMER, R. W.; SHAW, B. A simple apparatus for measuring noncapillary porosity in extensive scale. **Journal of American Society of Agronomy**, Madison, v. 33, p. 1003-1008, 1941.

LEPSCH, I. F.; VALADARES, J. M. A. S. Levantamento pedológico detalhado da Estação Experimental de Pindorama. **Bragantia**, Campinas, v. 35, n. 2, p. 13-40, 1976.

LIMA, L. B. Efeito das Plantas de Cobertura em Sistema de Plantio Direto. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 10, n. 18, p. 1410-1425, 2014.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L. H. C.; SILVA, E. M. R. Carbono e frações granulométricas da matéria orgânica do solo sob sistemas de produção orgânica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, p. 78-83, 2009.

OLIVEIRA, T. K.; CARVALHO, G. J.; MORAES, R. N. S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, p. 1079-1087, 2002.

PACHECO, L. P.; MONTEIRO, M. M. S.; PETTER, F. A.; ALCÂNTARA NETO, F.; ALMEIDA, F. A. Cover crops on the development of beggar's-tick. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 2, p. 170-177, 2013.

PACHECO, L. P.; PETTER, F. A. Benefits of cover crops in soybean plantation in Brazilian Cerrados. In: TZI BUN NG. (Org.). **Soybean - applications and technology**, cap.5, p. 67-94, 2011.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo - decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 911-920, 2008.

PEECH, M. Exchange acidity. In: BLACK, C. A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p. 905-913.

PEREIRA, A. J. **Produção de biomassa e de sementes de *Crotalaria juncea* a partir de diferentes arranjos populacionais e épocas do ano**. 2004. 68 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2004.

PETTER, F. A. et al. Desempenho de plantas de cobertura submetidas à déficit hídrico. **Semina Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, suplemento 1, p. 3307-3320, 2013.

PITELLI, R. A. Estudos fitossociológicos em comunidades infestantes de agroecossistemas. **Journal Conserb**, “[S.l]”, v. 1, n. 2, p. 1- 7, 2000.

População de plantas espontâneas na presença de adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1355-1362, 2001.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência e Ambiente**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 29-48, 2003.

REINERT, D. J.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHER, J. M.; AITA, C.; ANDRADA, M. M. C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 1805-1816, 2008.

RONQUIM, C. C. Boletim de pesquisa e desenvolvimento: conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. In: _____. **Capacidade de troca de cátions (CTC), soma de bases (SB) e saturação por bases (V%)**. Campinas: Embrapa monitoramento por satélite, 2010. p. 8-10.

SABADIN, H. C. Adubação verde. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 37, n. 354, p. 19-26, 1984.

SANTOS, T. E. M. dos; MONTENEGRO, A. A. A.; PEDROSA, E. R. Características hidráulicas e perdas de solo e água sob cultivo do feijoeiro no semi-árido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 3, p. 217-225, mai./jun. 2009.

SATO, J. H. **Métodos para determinação do carbono orgânico em solos do cerrado**. 2013. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2013.

SCAPIN, J. **Caracterização do transporte de sedimentos em um pequeno rio urbano na cidade de Santa Maria – RS**. 2005. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

SCHÄFFER, B.; ATTINGER, W.; SCHULIN, R. Compaction of restored soil by heavy agricultural machinery - Soil physical and mechanical aspects. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 93, [s.n.], p. 28-43, 2007.

SEVERINO, F.J.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Efeitos de quantidades de fitomassa de adubos verdes na supressão de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Santa Maria, v. 19, n. 2, p. 223-228, 2001.

SILVA, A. G. da. **Fontes de fósforo na produção e composição bromatológica de cultivares de milho forrageiro**. 2010. 127 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade Federal do Goiás, Goiânia, 2010.

SILVA, A. R. da C. **Acúmulo de matéria seca e nutrientes em plantas de cobertura do solo e meloeiro em sistemas de cultivo**. 2015. 81 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2015.

SILVA, F. A. S. E; AZEVEDO, C. A. V. de. Principal components analysis in the software assistat-statistical assistance. In: 7th WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, 2009, Reno. **Proceedings...** St. Joseph: ASABE, 2009. p. 1-5, 1 CD-ROM.

SILVA, J. E.; LEMAINSKI, J.; RESCK, D. V. S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de cerrados do oeste baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 3, p. 541-547, 1994.

SILVA, M. P.; ARF, O.; SÁ, M. E.; ABRANTES, F. L.; BERTI, C. L. F.; SOUZA, L. C. D. Plantas de cobertura e qualidade química e física de Latossolo Vermelho distrófico sob plantio. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 12, n. 1, p. 60-67, 2017.

SILVEIRA, P. M.; CUNHA, P. C. R.; STONE, L. F.; SANTOS, G. G. Atributos químicos de solo cultivado com diferentes culturas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 283-290, 2010.

SKORA NETO, F. Controle de plantas daninhas através de coberturas verdes consorciadas com milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 10, p. 1165-1171, 1993.

SOARES, M. B.; FINOTO, E. L.; BOLONHEZI, D.; CARREGA, W. C.; ALBUQUERQUE, J. A. A. Plantas daninhas em área de reforma de cana crua com diferentes manejos do solo e adubos verdes em sucessão **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 6, n. 1, p. 25-33, jan.-abr., 2012

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, n. 2, p. 229-35, 1991.

TAVARES JUNIOR, J. B. T.; SANTOS, T. M. M.; DE SOUZA, E. G. A.; MENESES, C. H. S. G.; SOARES, C. S. Produção de fabaceas para adubação verde no agreste paraibano. **Journal of Biology & Pharmacy and Agricultural Management**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 47-58, 2015.

THEISEN, G.; VIDAL, R. A.; FLECK, N. G. Redução da infestação de *Brachiaria plantaginea* em soja pela cobertura do solo com palha de aveia preta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 4, p. 753-756, 2000.

THIERFELDER, C. et al. Conservation agriculture in Southern Africa: Advances in knowledge. **Renewable Agriculture and Food Systems**, Cambridge, v. 30, n. 4, p. 328-348, 2015. doi.org/ 10.1017/S1742 170513000550.

TORMENA, C. A.; ROLOFF, G.; SÁ, J. C. M. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciado por calagem, preparo inicial e tráfego. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 22, n. 2, p. 301-309, 1998.

VIDAL, R. A.; TREZZI, M. M. Potencial da utilização de coberturas vegetais de sorgo e milheto na supressão de plantas daninhas em condição de campo: I- plantas em desenvolvimento vegetativo. **Planta Daninha**, Jaboticabal, v. 22, n. 2, p. 217-223, 2004.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. **Transactions of the American Geophysical Union**, Portland, v. 39, ed.2, p. 285-291, 1958.

ZANON, C. A. F. **Atributos físicos e químicos do solo sob diferentes coberturas vegetais no sul do Estado do Espírito Santo**. 2013. 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2013.