UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE- UNICENTRO SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

FABIANA LAÍS ROGISKI

ESTUDO DA EROSÃO SUPERFICIAL DO SOLO EM DIFERENTES FASES DE DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DA BATATA NO MUNICIPIO DE IRATI-PR.

IRATI
2021

FABIANA LAÍS ROGISKI

ESTUDO DA EROSÃO SUPERFICIAL DO SOLO EM DIFERENTES FASES DE DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DA BATATA NO MUNICIPIO DE IRATI-PR.

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção de grau de mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, área de concentração em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos, da UNICENTRO.

Orientador: Prof. Dr. Valdemir Antoneli
Coorientador: Prof. Dr. João Anesio Bednarz

Irati
2021

Catalogação na Publicação
Rede de Bibliotecas da Unicentro

R734e

Rogiski, Fabiana Laís.
Estudo da erosão superficial do solo em diferentes fases de desenvolvimento da cultura da batata no município de Irati-PR / Fabiana Laís Rogiski. – Irati, 2021.
x, 57 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, área de concentração em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos, 2021.

Orientador: Valdemir Antoneli
Coorientador: João Anesio Bednarz
Banca examinadora: Valdemir Antoneli, Maurício Meurer, Ana Carolina Barbosa Kummer

Bibliografia

1. Atividades agrícolas. 2. Plantio convencional. 3. Atributos físicos. 4. Perda de solo e água. I. Título. II. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental.

CDD 631.4

TERMO DE APROVAÇÃO

Fabiana Laís Rogiski

Estudo da erosão superficial do solo em diferentes fases de desenvolvimento da cultura da batata no Município de Irati-PR

Dissertação aprovada em 01/07/2021, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre, no Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia Sanitária e Ambiental, área de concentração em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos, da Universidade Estadual do Centro-Oeste, pela seguinte Banca Examinadora:

Dr. Valdemir Antoneli
Universidade Estadual do Centro-Oeste
Orientador e Presidente da Banca

Dr. Maurício Meurer
Universidade Federal de Pelotas

Dra. Ana Carolina Barbosa Kummer
Universidade Estadual do Centro-Oeste

Irati-PR, 01 de julho de 2021.

Impresso com recursos públicos por joelma na UNICENTRO

“Toda forma de saber nasce de um

não saber”

Pe. Fábio de Melo

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela dádiva da vida, saúde e força para continuar e enfrentar as dificuldades, por me permitir realizar tantos sonhos e por todas as conquistas de minha vida.

Aos meus pais, Vicente José Rogiski e Maria de Lourdes Rogiski, por sempre me apoiarem, acreditarem em mim, pelas ajudas financeira, material e emocional. Seus conselhos serão lembrados e levados por toda a minha vida. Exemplo de amor e compreensão.

Aos meus irmãos, Cláudio Rogiski e Tiago Rogiski, pelo amor, carinho, incentivo e companheirismo de sempre.

Ao meu noivo, Dennis Rangel Fleischer, por sempre me apoiar e incentivar a buscar o melhor de mim, por todo amor, carinho, dedicação, compreensão, paciência, e auxílio em coleta de dados a campo.

Ao meu orientador, professor Dr. Valdemir Antoneli, por aceitar me orientar neste trabalho de pesquisa, pela sua valiosa orientação, paciência, dedicação, auxílio, e todo conhecimento e sabedoria repassados durante aulas e desenvolvimento do trabalho.

Ao meu coorientador, professor Dr. João Anésio Bednarz, pelo apoio, auxílio, dedicação e paciência. Suas orientações foram muito valiosas e importantes para a realização e conclusão deste trabalho.

Aos meus tios, Jorge Rogiski, Geraldo Rogiski e Nelson Rogiski, por acreditarem em mim, me apoiarem e ceder a área experimental.

À minha prima, Jordana Filus, pela ajuda na coleta de dados a campo e carinho de sempre.

À minha colega, Enaiale Caroline de Paula, por me incentivar a iniciar e concluir a pesquisa, pelo auxílio e aprendizado repassado na metodologia das análises laboratoriais e pela amizade.

À minha colega Sandra Brixi, pelas várias ajudas nas análises laboratoriais e pela amizade.

À todos os funcionários da Unicentro, em especial à Joelma Fedalto pela atenção e nos manter sempre informados, e aos vigilantes que, durante a pandemia não mediram esforços para poder realizar as análises laboratoriais no Campus Irati.

Por fim, meus sinceros agradecimentos a todos que contribuíram e me incentivaram a chegar até aqui, estimulando-me intelectual e emocionalmente.

RESUMO

A batata está entre os cinco alimentos mais consumidos no mundo. Diante disso, é produzida em grande escala global. A maior parte do plantio da batata é realizado em sistema convencional, com intenso tráfego de equipamentos agrícolas e revolvimento do solo. Todavia, sistemas que revolvem o solo podem causar mudança na estrutura do solo, aumentando a erosão levando a degradação do solo. O objetivo desta pesquisa foi avaliar como as fases de cultivo da batata mudam as condições físicas do solo e como essas mudanças alteram o processo erosivo. Os dados foram coletados em uma propriedade rural no município de Irati-PR com plantio de batata em sistema convencional. A pesquisa foi realizada durante a safra de 2020. Os parâmetros físicos avaliados foram a resistência do solo e estabilidade de agregados, com profundidade até 60 cm e a densidade do solo até 30 cm de profundidade. Os dados foram coletados nas linhas de plantio e nas entrelinhas. As coletas foram realizadas nas quatro fases de cultivo da batata, sendo plantio, amontoa, crescimento do tubérculo e senescência. Após a chuvas e as irrigações, foram coletados água e solo em 6 calhas. Cada calha teve uma área de $10m^2$. Os resultados obtidos demonstraram que o manejo do solo na cultura da batata tem influência na dinâmica hídrica do ambiente, altera características físicas do solo como resistência do solo, densidade e estabilidade de agregados e, consequentemente favorece a produção de sedimentos. As perdas de água e solo encontradas por essa pesquisa mostram a necessidade de buscar alternativas de controle da erosão em áreas de cultivo da batata em sistema convencional. Dentre as alternativas podemos citar: plantio em curva de nível, não realizar plantio (quando possível) em áreas com restrições do solo (solos rasos e declive acentuado), implantar estruturas mecânicas (pequenas paliçadas) nas entrelinhas após a amontoa para reduzir a formação de fluxo de água que geram a partir da concentração da água nas entrelinhas.

Palavras chave: atividades agrícolas, plantio convencional, atributos físicos, perda de solo e água.

ABSTRACT

Potatoes are among the five most consumed foods in the world. Therefore, it is produced on a large global scale. Most of the potato planting is carried out in a conventional system, with intense traffic of agricultural equipment and soil tillage. However, systems that revolve the soil can cause changes in the soil structure, increasing erosion leading to soil degradation. The objective of this research was to evaluate how potato cultivation phases change the physical conditions of the soil and how these changes alter the erosive process. Data were collected on a farm in the municipality of Irati-PR with potato planting in a conventional system. The research was carried out during the 2020 harvest. The physical parameters evaluated were soil strength and aggregate stability, up to 60 cm deep and soil density up to 30 cm deep. Data were collected in the planting row and between the rows. The collections were carried out in the four phases of potato cultivation, being planting, heaping, tuber growth and senescence. After the rains and irrigations, water and soil were collected in 6 gutters. Each gutter had an area of $10m^2$. The results obtained showed that soil management in potato cultivation influences the water dynamics of the environment, alters soil physical characteristics such as soil resistance, density and stability of aggregates and, consequently, favors the production of sediments. The losses of water and soil found by this research show the need to seek alternatives to control erosion in potato growing areas under a conventional system. Among the alternatives, we can mention: contour-line planting, not planting (when possible) in areas with soil restrictions (shallow soils and steep slopes), deploying mechanical structures (small palisades) between the rows after heaping to reduce the formation of flow of water they generate from the concentration of water between thelines.

Key words: agricultural activities, conventional planting, physical attributes, soil and water loss.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Morfologia vegetal da batata. 16
Figura 2 - Estádios fisiológicos da cultura *Solanum tuberosum* L. 17
Figura 3 - Mapa da localização da área experimental..... 24
Figura 4 - Delimitação da área de coleta de água e sedimentos. 29
Figura 5 - Calha coletora de água e sedimentos: (A) na fase de formação de tubérculos e (B) na fase de senescência. 30
Figura 6 - Coleta de água e solo após incidência de chuva natural. 30
Figura 7 - Coleta de água e solo após incidência de irrigação. 31
Figura 8 - Prática da amontoa..... 34
Figura 9 - Colheita semimecanizada da batata: (A) equipamento acoplado ao trator e (B) coleta manual do tubérculo..... 35
Figura 10 - Resistência do solo na linha de plantio em diferentes fases de cultivo da batata.. 36
Figura 11 - Resistência do solo na entrelinha de plantio em diferentes fases do cultivo da batata. 38
Figura 12 - Densidade do solo na linha de plantio em diferentes fases de cultivo da batata... 39
Figura 13 - Densidade do solo na entrelinha de plantio em diferentes fases de cultivo da batata. 40
Figura 14 - Estabilidade de agregados do solo na linha de plantio em diferentes fases de cultivo da batata. 42
Figura 15 - Estabilidade de agregados do solo na entrelinha de plantio em diferentes fases de cultivo da batata. 43
Figura 16 - Estimativa da perda de água (%) nas diferentes fases de cultivo da batata. 44
Figura 17 - Estimativa da perda de solo (g/m^2) nas diferentes fases de cultivo da batata. 46
Figura 18 - Relação entre os valores de perda de água (%) e de perda de solo (g/m^2)..... 47

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

Al	Alumínio
CTC	Capacidade de Troca Catiônica
DMA	Diâmetro Médio Ajustado
DMG	Diâmetro Médio Geométrico
DMP	Diâmetro Médio Ponderado
Fe	Ferro
IEA	Índice de Estabilidade de Agregados
K	Potássio
MOS	Matéria Orgânica do Solo
MPa	Unidade de pressão Pascal
P	Fósforo
pH	potencial de Hidrogênio
QS	Qualidade do Solo

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Panorama nacional de produção de batata em 2020..... 14
Tabela 2 - Número de repetições de cada parâmetro..... 26
Tabela 3 - Incidência de precipitações durante as fases de cultivo da batata..... 32
Tabela 4 - Atividades de reentrada de máquinas e equipamentos em cada fase de cultivo da batata..... 33

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 13
2.1 Bataticultura brasileira 14
2.2 Morfologia da batata 15
2.3 Manejo do solo 17
2.4 Variáveis físicas do solo 18
2.4.1 Densidade do solo 18
2.4.2 Resistência do solo 19
2.4.3 Estabilidade de agregados 21
2.5 Qualidade e Degradação do solo 22
3. METODOLOGIA 24
3.1 Delimitação da área de estudo 24
2.3 Delineamento do estudo 25
2.3.1 Resistência do solo 26
2.3.2 Densidade do solo 27
2.3.3 Estabilidade de Agregados 27
2.3.4 Perda de água e solo 29
2.3.5 Monitoramento da precipitação 31
2.4 Análise de dados 32
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO 32
3.1 Atividades de manejo durante o cultivo da batata 32
3.2 Parâmetros físicos 36
3.2.1 Resistência do solo 36
3.2.2 Densidade do solo 39
3.2.3 Estabilidade de agregados 41
3.3 Parâmetros Hidroerosivos 44
3.3.1 Perda de água 44
3.3.2 Perda de solo 45
4. CONCLUSÃO 49
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 50

1. INTRODUÇÃO

Diariamente, mais de um bilhão de pessoas consomem batata *Solanum tuberosum* em todo o mundo, o que a torna a terceira cultura alimentar mais importante do planeta e a primeira *commodity* agrícola não grão (EMBRAPA, 2016). Segundo a Associação Brasileira da Batata (2019) a hortaliça é o 4º alimento mais consumido no mundo, atrás apenas do arroz, trigo e milho.

De acordo com a Associação Brasileira da Batata (2019), a batata é um alimento rico em proteínas e calorias, sendo considerado um dos alimentos mais nutritivos para a alimentação. A cultura está entre as que mais são fontes de energia e proteína.

No Brasil, a batata é a hortaliça mais importante envolvendo cerca de 130 mil hectares para seu cultivo, com produção anual de aproximadamente 3,5 milhões de toneladas (EMBRAPA, 2016). O manejo do solo no cultivo da batata é realizado, em sua grande maioria, com preparo convencional e elevado revolvimento de solo, visto que para o desenvolvimento desta cultura o solo deve ser profundo e aerado (SILVA et al., 2011).

É notório, que a produção agrícola deverá aumentar ainda mais nas próximas décadas. Em função desse aumento, a exploração de recursos naturais torna-se cada vez mais intensa, principalmente em regiões de economia eminentemente voltada ao agronegócio, como o estado do Paraná. De acordo com Barbosa (2019), o aumento da produção tem ocasionado crescimento relevante da erosão do solo, poluição das águas e perdas de biodiversidade. A substituição da vegetação natural pela agricultura, juntamente com práticas agrícolas inadequadas que degradam o ambiente, têm, de forma negativa, influenciado no aumento de taxas de erosão do solo (GIAROLA et al., 2019).

A degradação do solo ocorre de diversas formas, sendo a erosão um dos tipos mais graves de degradação. O uso sustentável do solo e dos recursos hídricos está ameaçado por tal degradação. A erosão do solo é causada por vários agentes, sendo que a água da chuva é um dos principais (GIAROLA et al., 2019).

A erosão causa diversos danos, tanto para a propriedade degradada quanto para locais à jusante. Como principais prejuízos têm-se o assoreamento dos rios e mananciais hídricos, diminuição da produtividade, enchentes, eutrofização das águas, redução da qualidade da água, perda da biodiversidade, danificação de rodovias e ferrovias, comprometimento de hidrovias, entre outros (TELLES, et al., 2011).

De acordo com Bertol et al. (2017), práticas de manejo do solo interferem diretamente na disponibilidade de nutrientes, consequentemente alteram os custos de produção,

principalmente em custos com perdas de nutrientes por erosão hídrica. Os autores ainda observaram os custos de perdas do fertilizante ureia em três preparos de solo, convencional, cultivo mínimo e semeadura direta, obtendo, respectivamente, US$ 6,73, 3,49 e 2,34 ha^{-1} ano^{-1}. Resultados que evidenciam a influência e importância do manejo do solo e sistema de plantio para o controle de erosão superficial.

Práticas conservacionistas são praticamente ausentes no cultivo de *batata, i*sso se deve pelo fato de algumas práticas dificultarem a entrada de máquinas e equipamentos agrícolas que auxiliam nos tratos culturais durante o desenvolvimento da cultura. Assim, a ausência de conservação do solo e o intenso tráfego de equipamentos na área de cultivo da batata, compactam e consequentemente aceleram o processo de erosão hídrica do solo.

De acordo com EMBRAPA (2016), a fim de diminuir o risco da ocorrência de erosão na cultura da batata, ressalta-se a importância da diminuição do número de operações e mobilização do solo para evitar a compactação de camadas mais profundas e pulverizações excessivas na superfície do solo.

Considerando o exposto, este trabalho teve por objetivo avaliar como as fases de cultivo da batata interferem nas condições físicas do solo e como essas mudanças alteram o processo erosivo em uma área de cultivo de batata no município de Irati-PR na safra 2020.

Partimos dos seguintes questionamentos:

a) As atividades agrícolas interferem na qualidade física do solo?
b) Se houver mudança na qualidade física do solo, haverá alteração nas perdas de água e solo?
c) As técnicas de cultivo em diferentes fases de desenvolvimento da cultura potencializam a degradação do solo?
d) Qual fase do cultivo indica maiores problemas de perda de água e solo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, foi realizada uma breve revisão bibliográfica sobre a origem da batata e sua importância no cenário brasileiro, morfologia da planta e as formas de cultivo, bem como sua implicação nas condições do solo. Em um segundo momento, serão discutidas questões a respeito da qualidade física do solo.

2.1 BATATICULTURA BRASILEIRA

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é cultivada há mais de 7.000 anos e teve sua origem nos Andes peruanos e bolivianos. A expansão para outros lugares do planeta ocorreu com a colonização de países europeus, até mesmo no Brasil. No início, sua produção era em pequena escala, normalmente em hortas familiares, na época, era mais conhecida como batatinha (ABBA, 2019).

De acordo com a Associação Brasileira de Batata (2019), o nome batata inglesa deve-se ao fato de que, nas construções de ferrovias, os trabalhadores técnicos vindo da Inglaterra exigiam a hortaliça em suas refeições. O cultivo dessa hortaliça tornou-se uma importante atividade agrícola no Brasil.

As diversas condições brasileiras, que variam desde clima tropical com estação seca, até clima subtropical, com chuvas distribuídas ao longo do ano, proporcionam condições meteorológicas distintas durante o ciclo de desenvolvimento das plantas, assim permitem o cultivo de batata durante todo o ano (BISOGNIN, 2009).

O estado do Paraná se destaca no cultivo de hortaliças. Entre os anos de 2007 e 2017 a produção de olerícolas teve aumento de 82% no estado (IBGE, 2020).

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020), o Paraná ocupou a 2ª colocação no *ranking* dos principais estados produtores de batata em 2020, ficando atrás apenas de Minas Gerais, com aproximadamente 22% da produção nacional, correspondendo a 762 mil toneladas (Tabela 1).

Tabela 1 - Panorama nacional de produção de batata em 2020.

Estados	**Produção (mil toneladas)**	**Participação (%)**
Minas Gerais	1.220,2	35,9
Paraná	762,0	22,4
São Paulo	543,0	16,0
Rio Grande do Sul	364,2	10,7
Bahia	200,0	5,9
Goiás	176,1	5,2
Santa Catarina	124,1	3,6
Espírito Santo	6,0	0,2
Distrito Federal	4,3	0,1
Demais estados	0,2	0,0
Total	3.400,1	100,0

Fonte: IBGE, 2020.

O cultivo da espécie no Paraná se concentra nos núcleos regionais de Curitiba (30%), Guarapuava (27%), Ponta Grossa (16%), União da Vitória (10%), Irati (7%) e Pato Branco (7%). Juntos, estes núcleos produzem cerca de 96% do total paranaense (IBGE, 2019).

O núcleo regional de Irati, que compreende também os municípios Fernandes Pinheiro, Guamiranga, Imbituva, Inácio Martins, Mallet, Rebouças, Rio Azul e Teixeira Soares, cultivou o tubérculo em 2.160ha na safra 2017/2018, obtendo produção de 63.404 toneladas. O período de maior número de área plantada foi na safra 2013/2014 com produtividade 7.6561,7 ton em área de 2.565 ha (SEAB, 2021).

Com o passar dos anos, muitos produtores foram migrando para outras áreas em cidades pólos como Guarapuava e Ponta Grossa. Outros substituíram a produção do tubérculo por grãos. Isso se deve ao fato da grande instabilidade do produto perante o mercado, alto custo de produção e condições climáticas da região.

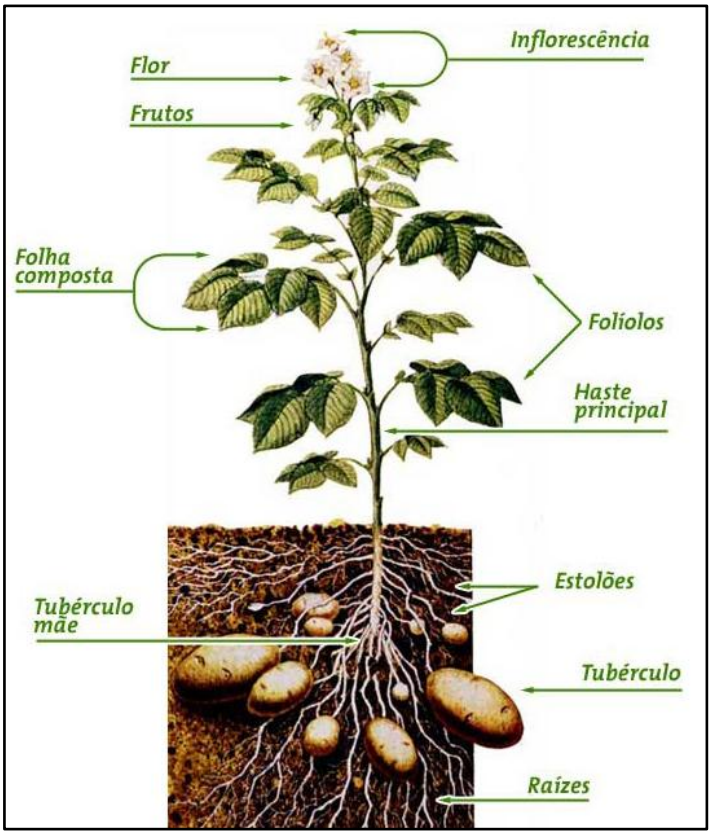
2.2 MORFOLOGIA DA BATATA

A batata é uma planta cultivada anualmente, do tipo herbácea e dicotiledônea, da família *Solanaceae* pertencente ao gênero *Solanum*, que contém mais de 2.000 espécies, muitas delas são silvestres e apenas cerca de 20 espécies de batatas são cultivadas (EMBRAPA, 2016).

A parte comercializada da planta são os tubérculos (Figura 1). De acordo com a Associação Brasileira da Batata (2019), os tubérculos são caracterizados como a reserva de alimentos em caules adaptados, que resultam em engrossamento da extremidade dos estolões, os quais são utilizados também para reprodução. Sua pele ou película é praticamente impermeável a líquidos e gases, e é formada de 5 a 15 camadas de células.

O sistema radicular da batata pode desenvolver-se até 1,0 m de profundidade, entretanto, sua maior concentração e crescimento dos tubérculos localizam-se na camada de 0 a 30 cm de profundidade (EMBRAPA, 2016).

Figura 1 – Morfologia vegetal da batata.



Fonte: Associação Brasileira da Batata (2019).

De acordo com Mesquita (2015), a cultura da batata compreende 5 estádios fisiológicos de desenvolvimento – I – Brotação (7 ou 10 dias), II – Crescimento vegetativo (28 ou 35 dias), III – Tuberização (56 ou 70 dias), IV – Enchimento dos tubérculos (84 ou 98 dias) e, V – Maturação ou senescência (98 ou 112 dias), (Figura 2). Os períodos de cada estádio fisiológico podem variar dependendo da espécie. Dados da Embrapa (2016) definem cada uma das cinco fases do tubérculo:

I – Brotação: a partir do tubérculo-semente, formam-se os brotos e as raízes em seu início;

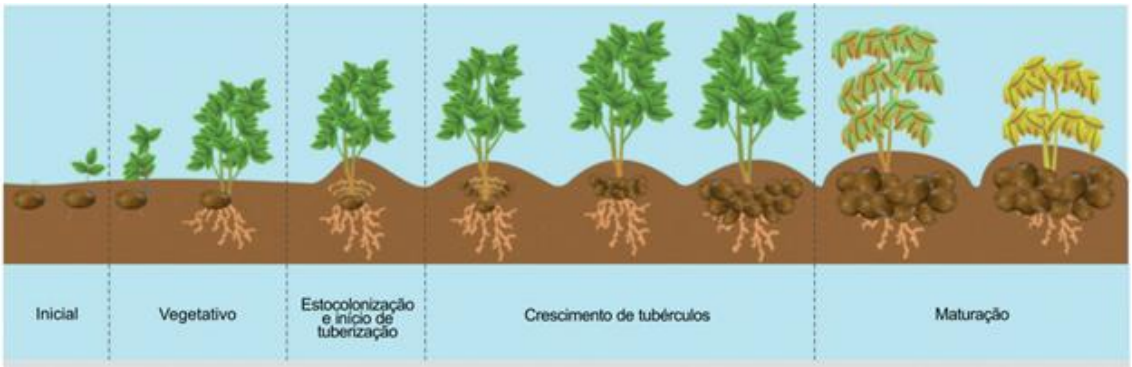
II – Desenvolve a parte aérea, estolões e raízes;

III – Nas extremidades dos estolões começam a desenvolver-se os tubérculos;

IV – As folhas chegam em seu desenvolvimento completo e os tubérculos continuam a crescer com o armazenamento do amido.

V – Secamento total da parte aérea, enquanto os fotoassimilados são direcionados aos tubérculos e sua película torna-se mais firme.

Figura 2 - Estádios fisiológicos da cultura *Solanum tuberosum* L.



Fonte: Marouelli; Braga e Guimarães (2013).

Antes de iniciar o cultivo de *Solanum tuberosum L.*, é importante escolher a área de cultivo com características desejadas. De acordo com EMBRAPA (2016), a área para plantio da batata deve possuir solo profundo, estrutura e boa fertilidade, planos para favorecer a mecanização e, com boa ventilação.

Em solos erodidos, a produtividade de batata é comprometida. Araujo e Fontes (2002) concluíram que embora nutrientes como o Nitrogênio sejam fornecidos através de adubação, em solos erodidos e com baixo potencial produtivo, há comprometimento de altas produtividades do tubérculo.

2.3 MANEJO DO SOLO

De acordo com Tormena et al., (2004) o preparo do solo tem por finalidade, oferecer condições para otimizar o crescimento, desenvolvimento e produtividade das culturas. O manejo muitas vezes necessita ser efetuado com equipamentos de acentuado trabalho, que revolvem camadas subsuperficiais do solo. Segundo Monteiro et al. (2017), para o revolvimento primário do solo, a grade leve não é eficiente, pois sua função é nivelar o solo e o preparo inicial busca revolvê-lo em maiores profundidades. Assim, faz-se necessário a utilização de equipamentos como subsolador, por exemplo, que promove o revolvimento do solo rompendo também as camadas compactadas.

O preparo convencional reduz consideravelmente a cobertura morta, resultado do revolvimento do solo ocasionado por equipamentos como grade e arado, principalmente na camada superficial, tornando-o vulnerável a processos erosivos. Sistemas de preparo reduzido

mantêm em aproximadamente 71% a cobertura vegetal morta remanescente (THEODORO et al., 2018).

Para o cultivo da batata, o manejo convencional é o sistema mais comum empregado pela maioria dos bataticultores, com intenso tráfego de máquinas e equipamentos durante todo o ciclo da cultura. O preparo convencional do solo promove melhor desenvolvimento e consequentemente melhor produtividade de batata-doce (*Ipomoea batatas* – mesmo gênero e manejo de solo semelhante ao da batata inglesa) chegando até 75% quando comparado ao sistema de preparo reduzido de revolvimento do solo (RÓS et al., 2013).

Segundo Girardello et al., (2017) o tráfego intenso de máquinas modifica atributos físicos do solo os quais posteriormente, interferem no crescimento de raízes e, consequentemente, na produtividade de lavouras. A maior compactação é verificada nas regiões em que as máquinas fazem as manobras, a chamada região da "cabeceira". À medida que segue em direção ao centro da área, a compactação tende à reduzir (SILVA et al., 2004).

Portanto a intensificação do tráfego de máquinas durante o cultivo pode interferir na qualidade do solo, levando-o a degradação.

2.4 VARIÁVEIS FÍSICAS DO SOLO

2.4.1 Densidade do solo

A densidade do solo é comumente utilizada para caracterizar a estrutura do solo, evidenciando principalmente sua compactação (GONÇALVES et al., 2013). A determinação da densidade do solo tem por objetivo avaliar a densidade média de um volume conhecido de solo, sendo esta densidade relacionada com a composição orgânica e mineral do solo e com sua porosidade total (EMBRAPA, 2017).

O aumento da densidade do solo está diretamente ligado à presença de animais e tráfego de máquinas, ocasionando em redução de carbono orgânico no solo, influenciando no desenvolvimento de plantas e raízes e, na dinâmica de água e ar no solo (ALBUQUERQUE et al., 2001; CARDOSO et al., 2013).

O agente causador da compactação do solo é a pressão exercida sobre este, porém, em sistemas de semeadura direta, a presença de palhada na superfície do solo suaviza o efeito compactador (PERUSSO et al., 2019). Nascimento Júnior (2017) corrobora com esta questão

ao concluir que em sistemas de integração agricultura-pecuária no cerrado brasileiro, o pisoteio animal não prejudica e não degrada a estrutura do solo. No entanto, essa é uma questão controversa, pois diversas pesquisas apontam para a ação do pisoteio dos animais na mudança da qualidade do solo (ANTONELI et al., 2019).

Dantas et al., (2012) comparou áreas de cultivo anual e cultivo perene, e constatou maior degradação física do solo em cultivo anual, resultando em aumento da densidade do solo, diminuição da estabilidade de agregados maiores que 2,00 mm e redução na condutividade hidráulica do solo.O elevado índice de compactação também reduz a condutividade hidráulica e a macroporosidade, mas possui pouco efeito sobre a microporosidade (MILLAN et al., 2014).

Em sistemas de cultivo como o plantio direto, onde há o mínimo revolvimento de solo, há maior permanência da compactação e este afeta o crescimento das plantas (REICHERT et al., 2009). De acordo com Sales et al., (2016) no plantio convencional em um Latossolo do semiárido, a compactação superficial do solo é menor se comparado ao plantio direto, porém, a retenção de água é semelhante nos dois tipos de cultivo. Em sistemas de plantio direto o solo apresenta maior conservação de umidade e maior densidade (TORMENA et al., 2004) enquanto em manejo convencional há maior porosidade (RIBEIRO et al., 2016).

A densidade é reduzida quando há acúmulo de matéria orgânica na camada superficial do solo, o que auxilia na umidade crítica para compactação. À medida que aumenta a profundidade, o solo tende a ser mais compactado (RIBELATTO et al., 2017).

Segundo Silva e Lima (2013) os atributos químicos estão relacionados diretamente com a densidade do solo, onde, com excesso do fósforo, os estoques de nutrientes são inversamente proporcionais à densidade do solo. Para Vitória et al., (2012) a produtividade e a densidade do solo são inversamente proporcionais.

2.4.2 Resistência do solo

A resistência à penetração do solo é um parâmetro, que assim como a densidade, analisa o grau de compactação. De acordo com Silva et al. (2008) é um dos parâmetros físicos mais citados quando se refere ao crescimento das raízes, sendo um impedimento mecânico que o solo oferece às raízes. Normalmente é um atributo fácil de mensurar (MALUF & CAMPOS, 2012).

Quanto maior a densidade do solo, maior também a resistência à penetração e consequentemente menor a porosidade (MERCANTE et al., 2003). Em algumas situações, a resistência não possui correlação com a densidade, devendo ter cautela quando utilizada como índice de compactação (MALUF & CAMPOS, 2012).

A resistência do solo é muito variável, podendo sofrer influência do manejo de solo empregado, da intensidade de tráfego de máquinas e equipamentos, da umidade do solo e, o tipo de solo interfere na normalidade dos valores da resistência à penetração (SILVA et al., 2004). Alguns dos principais fatores que interferem na resistência são a textura e, em especial a umidade, por sofrer grande variação em períodos curtos de tempo (MALUF & CAMPOS, 2012).

O aumento da resistência à penetração se dá em função de alguns fatores como a natureza do solo, o aumento da compactação e também disponibilidade de água no solo (MILLAN et al., 2014).

Sistemas de preparo convencional com uma operação com arado e quatro com grade niveladora e, o preparo reduzido do solo com apenas duas gradagens influenciam a resistência à penetração do solo equitativamente nas camadas superficiais do solo (THEODORO et al., 2018).

Segundo TORMENA et al., (2004) a porosidade total é menor em plantio convencional comparado a sistemas de pouco revolvimento de solo. Em sistema de plantio direto durante quatro anos, o revolvimento de solo para incorporação de calcário não afetou negativamente a densidade e porosidade do solo, mas diminuiu a estabilidade de agregados (MARCOLAN et al., 2007).

Monteiro et al., (2017) analisando o preparo do solo com diferentes equipamentos, concluíram que ao utilizar arado de disco ou arado de aiveca a resistência do solo à penetração diminui consideravelmente, porém o manejo com grade leve não interferiu na resistência do solo à penetração. A escarificação aumenta a porosidade e a macroporosidade e reduz a densidade, principalmente nas camadas subsuperficiais e na entrelinha de passagem do equipamento escarificador, pelo fato das fissuras criadas pelo equipamento aumentarem a velocidade de infiltração da água (COLET et al., 2009).

2.4.3 Estabilidade de agregados

Há grande relação entre a agregação do solo e condutividade hidráulica, distribuição do tamanho dos poros, vulnerabilidade à compactação e, à erosão do solo (MARTINS et al., 2011). De acordo com Soane (1990) a definição de estabilidade de agregados está relacionada com a capacidade do solo em resistir a fatores externos que favoreçam a compactação.

Agregados estáveis proporcionam uma boa estrutura do solo, pois promovem o interior destes com espaços porosos onde se desenvolvem raízes e a fauna, além de favorecer a circulação de água e ar. Maior estabilidade dos agregados é resultado de agentes cimentantes referentes a aspectos biológicos, como crescimento e funcionamento de raízes e liberação de exsudatos, crescimento e morte dos tecidos (SALTON et al., 2008) e atividade microbiana (DUFRANC et al., 2004).

Os agregados são classificados de acordo com o diâmetro. O tamanho dos agregados está relacionado com os compostos presentes no solo. Quando o agregado é de diâmetro < 0,2mm este possui em sua composição argila, óxidos de Fe e Al e matéria orgânica, à medida que agregados maiores são compostos principalmente por matéria orgânica e metais polivalentes (TISDALL & OADES, 1982).

Segundo Fachin et al., (2019) os fatores que afetam diretamente o atributo estabilidade do solo são fatores climáticos como a quantidade de precipitação, congelamento, descongelamento e secagem e; fatores de manejo do solo como cultivo, colheita e gerenciamento de resíduos.

A quebra de agregados e exposição do solo ao impacto de gotas de chuva são resultados, principalmente de práticas relacionadas ao revolvimento do solo, como grades aradora e niveladoras, ocasionando degradação de sua estrutura (CORRÊA, 2002 e LEITE et al., 2009). Para Ribon et. al, (2014) os diversos sistemas de manejo do solo influenciam na formação e estabilização dos agregados e, sistemas que exigem a movimentação de máquinas e implementos favorecem a modificação dos tamanhos de agregados, resultando na alteração de outros atributos físicos como porosidade e densidade.

Sistema de manejo de plantio direto promove agregados de maior diâmetro geométrico, e quando associado o manejo com residual de gesso, a estrutura do agregado do solo apresentou-se de formato mais alongado, proporcionando então, maior resistência ao transporte de partículas, consequentemente, menor erosão (SOUZA et al., 2012).

De acordo com Marcolan e Anghinoni (2006) a estabilidade de agregados é menor na camada superficial do solo em preparo convencional comparado em sistema de plantio direto.

Os autores afirmam ainda que a estabilidade de agregados de um solo revolvido pode ser recuperada após quatro anos ou menos em sistema de plantio direto.

A avaliação deste atributo do solo é dada pela distribuição de agregados por tamanho, que possui alta correlação com a estrutura do solo e é expressa pelos índices: diâmetro médio geométrico (DMG); diâmetro médio ponderado (DMP); diâmetro médio ajustado (DMA); % agregados >2mm; % agregados >1mm; % agregados >0,25mm, entre outros (FERREIRA, 2010). Para Thomaz (2011) os índices utilizados na avaliação da estabilidade de agregados são influenciados por um comportamento específico relativo às classes de agregados e devem ser considerados para identificar alterações nos diâmetros e estabilidade de agregados do solo.

2.5 QUALIDADE E DEGRADAÇÃO DO SOLO

A qualidade do solo pode ser avaliada a partir de indicadores visuais, físicos, químicos e biológicos que, em sua maioria, estão inter-relacionados. Os melhores indicadores de qualidade são os que de alguma forma integram efeitos de diversos atributos ou processo do solo e, estão relacionados com a função pretendida deste (GOMES et al., 2016). De acordo com Stefanoski et al. (2013) para validar os indicadores de qualidade física do solo existentes, há necessidade de grande número de estudos, onde os indicadores são gerados para situações específicas.

Indicadores visuais de qualidade do solo podem ser observados como, por exemplo, alteração na coloração e escoamento superficial; Indicador físico é associado ao arranjo de partículas e espaço poroso do solo integrando densidade, compactação, estabilidade de agregados, textura, entre outros. Entre os indicadores químicos estão o pH, concentrações de contaminantes, salinidade e outros. Matéria orgânica e diversidade de espécies são alguns dos indicadores biológicos do solo (GOMES et al., 2016).

Sistemas de cultivo intenso de plantas sem o revolvimento do solo favorecem a qualidade do solo (QS), pelo fato de não haver quebra de estruturas físicas do solo como ocorre no revolvimento; evita a perda de matéria orgânica do solo (MOS) e elementos químicos. A introdução de energia e matéria ao ecossistema é de responsabilidade das plantas, além ainda de determinarem a amplitude da biota do solo. A biomassa vegetal é a fonte de alimento para o desenvolvimento da biota edáfica, ocorrendo assim a interação das plantas e organismos e, resultando na estruturação física do solo (VEZZANI e MIELNICZUK, 2009).

Para Leite et al. (2009) a fração orgânica do solo é mantida com práticas conservacionistas do solo, e desempenha importante papel na retenção de umidade, estruturação e capacidade de troca catiônica (CTC). Entretanto, preparo convencional ocasiona até 50% de perdas de carbono orgânico, visto que diminui a matéria orgânica e favorece aerosão. Segundo Nagahama et al. (2016) a escarificação do solo em até 0,30m de profundidade, não altera as propriedades físicas do solo, como densidade e porosidade total, isso ocorre quando o solo possui textura arenosa.

Processos naturais induzem a erosão dos solos, mas estes quando interagem com fatores antrópicos, como manejo inadequado, a deterioração e modificação do solo são aceleradas. Dentre vários tipos de degradação química e física, os mais comuns são a compactação, resultado do tráfego intenso de máquinas agrícolas; perda de agregados que consolidam a matéria orgânica do solo e; contaminação química por uso incorreto de produtos químicos (GIAROLA et al., 2019).

O escoamento superficial de águas pluviais e o transporte de sedimentos para os córregos aceleram o assoreamento dos mesmos, principalmente quando são pouco empregadas medidas conservacionistas, além também de desmatamento nas margens de cursos d'água (BOULOMYTIS, 2008). Freitas et al. (2008) comprovaram o efeito benéfico da cobertura vegetal em relação à retenção dos volumes de escoamento superficial.

Ayer et al. (2015) avaliando perda de solo em pastagens, cultivo de batata e pinus, concluíram que, devido à ausência de manejos conservacionistas, as áreas que possuem maior perda média por hectare são as de cultivos convencionais de batata e eucalipto, com cultivo morro abaixo, e as de solos expostos.

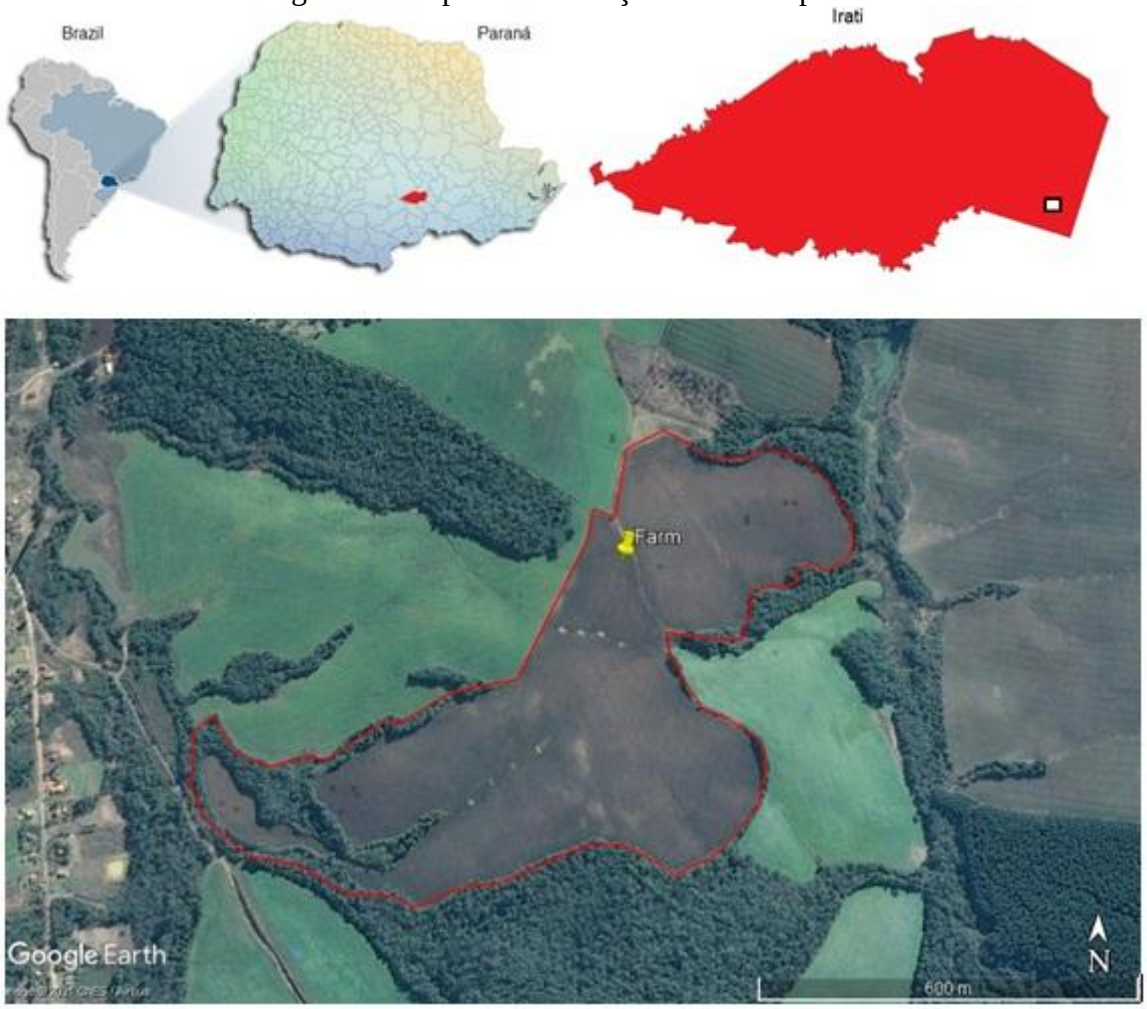
O tráfego intenso no campo promove compactação e traz outras consequências que resultam em degradação do solo. As máquinas agrícolas, cada vez maiores, também têm interferido no sistema produtivo, com impacto negativo às práticas conservacionistas (EMBRAPA, 2018a). O número de operações e a mobilização do solo devem ser os menores possíveis para não haver compactação das regiões mais profundas do solo ou pulverização excessiva da camada superficial, o que pode aumentar o risco de erosão (EMBRAPA, 2016).

3. METODOLOGIA

3.1 Delimitação da área de estudo

A pesquisa foi realizada em uma propriedade rural localizada no bairro Riozinho, município de Irati, situado na região Centro-Sul do estado do Paraná (Figura 3), a 25º56’S, 50º65’W, a 870 m de altitude. Segundo classificação de Köppen, o clima regional é do tipo Cfb (Clima Temperado), caracterizado com chuvas bem distribuídas durante o ano, verão ameno e inverno com geadas frequentes e severas.

Figura 3 - Mapa da localização da área experimental



Fonte: Google Earth (2021).

A área vem sendo cultivada, principalmente com grãos desde o ano 2002, sendo a soja a principal cultura do verão e a aveia no inverno. A única prática conservacionista presente na área é o cultivo mínimo.

Anterior ao experimento, a área foi cultivada com a leguminosa *Glycine max*, conhecida popularmente como soja. De acordo com Embrapa (2016), é preferível que seja cultivado anterior a batata uma espécie vegetal de gramínea, para evitar a presença de patógenos hospedeiros e explorar características físicas do solo diferentes da dinâmica de raízes de leguminosas.

O solo da área é classificado como CXbd – Cambissolo Háplico Tb Eutrófico. São solos com características de argila de atividade alta e saturação de bases alta (V > 50%) (EMBRAPA, 2018b). Embora a maior parte dos solos da região seja classificada como distróficos, é regularmente feita a calagem e adubação na área do experimento, o que explica a alta saturação de bases. O solo nesta área apresenta textura Média – Franco, sem pedregosidade, relevo ondulado com declividade média entre 15% e 20%.

2.3 DELINEAMENTO DO ESTUDO

As coletas de dados foram realizadas entre março e junho de 2020. Foram coletadas amostras de solo para análise da densidade do solo e estabilidade de agregados. Na sequência, as amostras foram encaminhadas para laboratório, onde foram analisadas. Foi monitorada também a resistência do solo.

Para os três parâmetros estudados, foram coletados dados nas linhas e entrelinhas de plantio.

Para determinação da densidade aparente foram coletadas amostras em cinco trincheiras e em diferentes profundidades sendo: 0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm. No parâmetro estabilidade de agregados, foram abertas três trincheiras e coletadas amostras nas profundidades 0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm.

O monitoramento da perda de água e solo durante o ciclo da batata foi efetuado com a utilização de três calhas de coleta em dois talhões da área de cultivo. Os dados dos parâmetros analisados foram coletados de acordo com os estádios fisiológicos da cultura (Tabela 2).

Tabela 2 - Número de repetições de cada parâmetro.

Variáveis	E01	E02	E03	E04	Total
Resistência a penetração	20	20	20	20	80
Densidade Aparente	40	40	40	40	160
Estabilidade de Agregados	18	18	18	18	72
Calhas	6	6	6	6	ns

E01 – Plantio; E02 – Amontoa; E03 – Formação dos tubérculos; E04 – Senescência.

2.3.1 Resistência do solo

A resistência do solo da área agrícola cultivada com batata foi monitorada através do uso de um penetrômetro de impacto, modelo OS- 70 de Stolf et al. (1983), o qual consiste em um instrumento equipado por uma haste com um cone de extremidade inferior, sendo que na parte superior possui um peso de curso constante (4,0 kg) para provocar a penetração da haste no solo por meio do impacto. O equipamento deve ser mantido na vertical para a realização das coletas e a haste deve ser cravada no solo podendo atingir até 60 cm de profundidade.

Com relação às coletas, foi estabelecido um plano de amostragem sistemática onde as coletas foram realizadas seguindo uma rede de pontos, com equidistâncias predefinidas, transcendendo de forma horizontal e vertical, a área de estudo, oferecendo assim maior representatividade. Segundo Baio et al., (2017) a posição e a intensidade de amostragem são fundamentais para caracterizar a compactação do solo e sua representatividade adequada.

Os dados obtidos foram operacionalizados em programa computacional de manipulação de dados de modelo Stolf, versão 2013 em Excel-VBA. Por fim, os dados obtidos foram transformados em MPa (unidade de pressão), conforme a seguinte equação (STOLF, 1991).

$$RMSP = \frac{5{,}8 + 6{,}89 \times N}{10{,}2} \qquad (1)$$

Onde:

RMSP = Resistência mecânica do solo à penetração, em MPa;

N = Número de impactos por decímetro de profundidade.

2.3.2 Densidade do solo

Para a avaliação da densidade aparente do solo foi utilizado o método do anel volumétrico (cilindro de metal) de 100 cm^3, que é introduzido no solo para preencher o volume total do anel. O excesso de material (solo) é retirado das laterais do anel, para coletar o volume de solo exato ao volume do anel. Estas amostras posteriormente foram levadas ao laboratório e secadas a 105ºC por 24 horas em estufa para a retirada da umidade. Após a secagem, as amostras foram pesadas e os resultados foram aplicados a equação, proposta pela Embrapa (1997).

$$D_s = \frac{M_s}{V} \qquad (2)$$

Sendo:

D_s= Densidade do solo (g/cm^3)

M_s = Massa seca (g)

V = volume do anel (cm^3)

2.3.3 Estabilidade de Agregados

Para análise da estabilidade de agregados, foram coletados solosem pontos aleatórios na área para cada fase do cultivo que após, foi acondicionado em um recipiente e levado para procedimento de secagem, pesagem e peneiramento.

A distribuição das classes de agregados foi avaliada por meio de método do peneiramento (tamisamento) a úmido descrito por Yoder (1936) com a adaptação proposta com Castro Filho et al. (1998), separando os agregados através de 7 classes: 8, 4, 2, 1, 0.5, 0.25 e <0.25mm.

Depois de realizado o peneiramento, os agregados foram submetidos a secagem em estufa a 105°C durante 24 horas. Após secos estes foram novamente pesados, para determinação do percentual de agregados.

Em seguida ao peneiramento, as amostras foram submetidas a realização da correção do teor de areia em malha de 0,053 mm, onde de cada amostra foi retirado todo o solo de sua composição, restando apenas a fração areia. Para determinar a estabilidade de agregados é necessário identificar alguns parâmetros, como o diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) e índice de estabilidade de agregados (IEA).

A estimativa do DMP foi realizada utilizando-se a seguinte equação, descrita por Youker e Macguines (1956) apud Kiehl (1979).

$$DMP = \sum (Cmm * P) \qquad (3)$$

Sendo: DMP: Diâmetro médio ponderado (mm)

Cmm: Centro de classes de tamanhos dos agregados

P: Proporção do peso de cada fração de agregados em relação ao peso total da amostra.

Para estimativa do DMG foi utilizada a equação a seguir, descrita por Castro Filho et al. (1998):

$$DMG = \exp\left(\frac{Pai * \ln DMCi}{\sum PTai}\right) \qquad (4)$$

Sendo:

DMG: Diâmetro Médio Geométrico (mm)

PAi: Peso de agregado de cada classe (g)

lnDMCi: Logaritmo natural do diâmetro médio da classe

PTAi: Peso Total da Amostra (g)

O índice de estabilidade de agregados foi estimado através da seguinte equação, descrita por Castro Filho et al. (1998).

$$IEA = \frac{(Ps - wp0{,}25 - areia)}{(Ps - areia)} * 100 \qquad (5)$$

Sendo:

IEA: Índice de estabilidade de agregados (%)

Ps: massa da amostra seca (g)

*wp*0,25: é a massa dos agregados da classe <0,25 mm (g).

2.3.4 Perda de água e solo

Para mensuração do volume das perdas de água e solo foram utilizadas parcelas de erosão denominadas de calhas coletoras. Foram instaladas 6 (seis) calhas coletoras de sedimentos e escoamento de aproximadamente 50 cm de largura e 30cm de comprimento, as quais foram colocadas ao longo da área de plantio da batata. A distância nas entrelinhas de plantio é de 1 m e para delimitar a área de escoamento de água e sedimentos entrelinhas foi implantado um fragmento de madeira a 10 m da calha coletora (Figura 4).

Figura 4 - Delimitação da área de coleta de água e sedimentos.

Fonte: Autora (2020).

A cada incidência de chuva natural e irrigação, foram coletados água escoada e sedimentos, que ficaram retidos nos recipientes de cada calha como verificado na Figura 5, onde (A) coleta de solo e água na fase de formação de tubérculos e (B) na fase de senescência. O material coletado foi mensurado, filtrado, levado a estufa para secagem e pesagem. Após, obtido o valor de perdas de água e solo por m² em cada parcela.

Este monitoramento teve início logo após o plantio e término no final da fase de senescência, simultâneo ao início da colheita da batata.

Figura 5 - Calha coletora de água e sedimentos: (A) na fase de formação de tubérculos e (B) na fase de senescência.

Fonte: Autora (2020).

Durante todo o ciclo foram realizadas cinco coletas de dados de perda de água e solo, sendo duas delas na ocorrência de chuva natural (Figura 6) e quatro por irrigação (Figura 7).

Figura 6 - Coleta de água e solo após incidência de chuva natural.

Fonte: Autora (2020).

Foram verificadas visualmente diferenças na taxa de perda de solo e água sob chuva natural e irrigação explicadas possivelmente pelas diferenças na intensidade e quantidades incididas, dados comprovados por Santos et al., (2009) onde afirmam que as precipitações interferem na erosão, sendo suas características de intensidade, duração e frequência que mais influenciam na perda de solo.

Figura 7 - Coleta de água e solo após incidência de irrigação.

Fonte: Autora (2020).

2.3.5 Monitoramento da precipitação

Para acompanhamento do volume e intensidade da precipitação foi instalado na área de monitoramento um pluviômetro simples, o qual armazenou o volume precipitado. O volume diário de precipitação foi mensurado a cada 24h após a ocorrência e logo anotado os dados.

As precipitações que ocorreram durante o cultivo da batata estão relacionadas na Tabela 3.

Na fase de plantio, devido à falta de precipitação, foi necessário irrigar o solo para a germinação dos tubérculos. A irrigação mecanizada, realizada com equipamento de aspersão canhão, foi efetuada também após a amontoa e em dois momentos durante a formação de tubérculos, visto que o período e a cultura exigem umidade no solo para o crescimento vegetativo e produção de qualidade dos tubérculos.

Tabela 3 - Incidência de precipitações durante as fases de cultivo da batata.

Fase de cultivo	Precipitação	Lâmina de água (mm)	Lâmina de água total (mm)
Plantio	Irrigação	35	35
Amontoa	Irrigação	40	40
Formação dos Tubérculos	Irrigação	35	97
	Chuva natural	27	
	Irrigação	35	
Senescência	Chuva natural	73	73

A incidência de chuva natural ocorreu apenas em dois momentos do ciclo, sendo na formação dos tubérculos e na senescência. Nesta última fase, a chuva natural apresentou grande volume em um período maior de 24 horas, se comparado as irrigações que em média, foram realizadas durante 25 minutos.

2.4 ANÁLISE DE DADOS

Os dados coletados em análises laboratoriais foram tabulados e analisados quanto à média e desvio padrão com uso do *Software Statistic*®.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ATIVIDADES DE MANEJO DURANTE O CULTIVO DA BATATA

O plantio do tubérculo foi realizado no início de março de 2020 e colheita na segunda quinzena do mês de junho, totalizando aproximadamente 100 dias de ciclo da cultura. O sistema de cultivo utilizado pelo produtor é do tipo convencional (Tabela 4).

O preparo convencional do solo consistiu em 4 etapas antes do plantio da batata, nas quais totalizaram em oito entradas de maquinários agrícolas pesados na área.

Após realização e interpretação da análise do solo, a 1ª etapa consistiu em correção deste com calcário calcítico e em seguida dolomítico, sendo estes incorporados ao solo. A incorporação do calcário neutraliza a acidez em maiores profundidade, sendo mais eficaz que a aplicação sem incorporação (KAMINSKI et al., 2005). Na 2ª etapa foi realizada adubação a lanço dos nutrientes Fósforo (P) e Potássio (K).

Tabela 4 - Atividades de reentrada de máquinas e equipamentos em cada fase de cultivo da batata.

Fase	**Atividades**
Preparo do solo	Correção do solo com calcário Calcítico
	Correção do solo com calcário Dolomítico
	Adubação a lanço dos nutrientes P e K
	Gradagem no sentido do plantio em profundidade de 30 cm
	Subsolagem no sentido do plantio em profundidade de 50 cm
	Gradagem no sentido do plantio em profundidade de 30 cm
	Subsolagem no sentido contrário ao plantio em profundidade de 50 cm
	Adubação na linha de plantio com formulação 04-14-08
Plantio	Plantio do tubérculo
	Aplicação de fungicida e inseticida
	Irrigação mecanizada
	Aplicação de herbicida
Amontoa	Prática da amontoa
	Irrigação mecanizada
	Adubação de cobertura com Sulfato de Amônia
Crescimento dos tubérculos	2 (duas) irrigações mecanizadas
	10 (dez) reentradas para aplicações de fungicidas e inseticidas
Senescência	Prática de dessecação
Colheita	Colheita semi-mecanizada

O revolvimento do solo é caracterizado como a 3ª etapa, o qual compreendeu 4 (quatro) fases. Na primeira é realizada uma gradagem, com revolvimento de 30 cm de profundidade no sentido de plantio. Na segunda utilizou-se um subsolador, com capacidade de revolvimento de 50 cm de solo no sentido de plantio para descompactar as camadas mais

profundas do solo. Em seguida, na terceira fase foi efetuado o revolvimento do solo até 30 cm de profundidade, com auxílio de grade aradora no sentido de plantio. Na última fase, utilizando o equipamento subsolador, o solo foi revolvido em até 50 cm de profundidade com objetivo de destorroar em sentido contrário ao plantio da cultura. O preparo do solo neste momento inicial do cultivo visa descompactar camadas subsuperficiais, aumentar a macro e microporosidade do solo, características necessárias para o cultivo da batata.

Após preparo do solo, antes do plantio foi realizado ainda uma adubação, em quantidades maiores do nutriente P (fósforo), utilizando a adubação na fórmula 04-14-08 na linha de plantio.

Posteriormente ao plantio do tubérculo, foi efetuada aplicação de fungicida e inseticida. Aproximadamente 30 dias após o plantio, foi efetuada a prática da amontoa (Figura 8) que consiste no direcionamento do solo para a base das plantas em ambos os lados da linha de plantio, para evitar que os tubérculos fiquem expostos a insolação e fiquem esverdeados acarretando em perdas de produtividades e qualidade do produto.

Figura 8 - Prática da amontoa.

Fonte: Autora (2020).

Entre os períodos de plantio e amontoa, foi realizada uma aplicação de herbicida para controle de plantas daninhas.

Entre as fases de amontoa e dessecação da cultura da batata, foram necessárias em torno de 14 reentradas de equipamentos agrícolas na área de cultivo para efetuar práticas de adubação de cobertura com sulfato de amônia, aplicações de fungicidas e inseticidas e, irrigação mecanizada.

As várias reentradas de máquinas e equipamentos na área de cultivo podem resultar na compactação e alterar características físicas do solo. Segundo Silva et al., (2003) A

intensidade de tráfego de máquinas altera algumas características do solo como densidade e porosidade.

Cerca de 20 dias após a prática da dessecação, teve início a colheita semimecanizada da batata. A colheita é realizada com equipamento acoplado ao trator (Figura 9A), que expõe os tubérculos ao revolver o solo e após é feita a coleta manualmente (Figura 9B).

Figura 9 - Colheita semimecanizada da batata: (A) equipamento acoplado ao trator e (B) coleta manual do tubérculo.

Fonte: Autora (2020).

Na colheita há grande movimentação de tratores, implementos, caminhões e pessoas na área cultivada, movimentação que possivelmente irá compactar as camadas superficiais e subsuperficiais do solo.

A variação das atividades diárias ao longo do cultivo pode interferir na degradação do solo. Essas atividades (entradas) compactam o solo que por sua vez reduz a infiltração de água, disponibilizando maior quantidade de água para o escoamento superficial. A forma de manejo da batata (plantio convencional) também contribui para a degradação do solo.

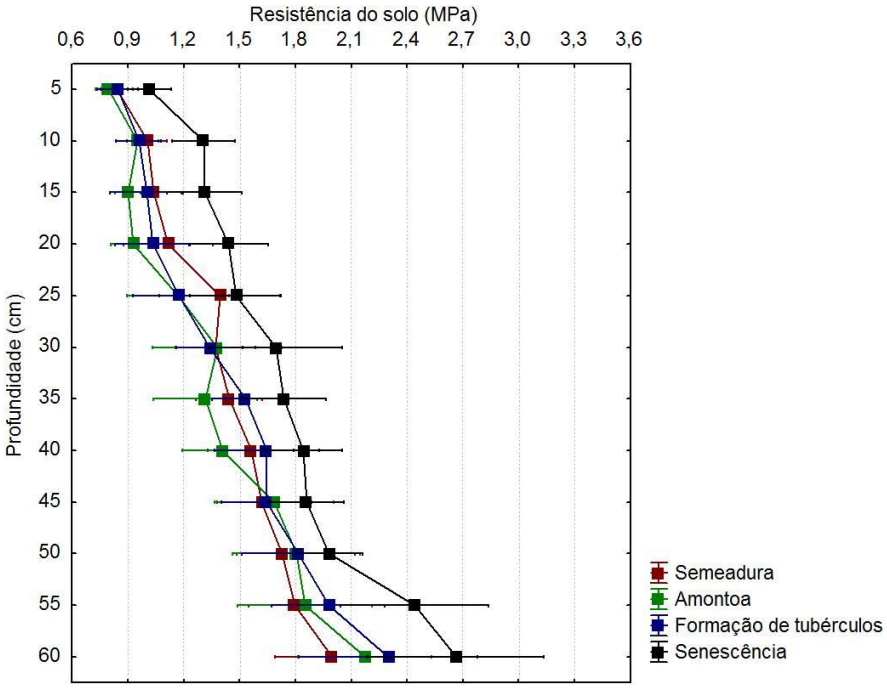
3.2 PARÂMETROS FÍSICOS

3.2.1 Resistência do solo

A resistência a penetração é um parâmetro que permite identificar áreas e profundidades limitantes ao desenvolvimento de raízes (IMHOFF et al., 2000). É possível verificar que os valores encontrados para resistência do solo aumentam conforme a profundidade e o ciclo da cultura. Os resultados também apresentam diferenças quando comparado este parâmetro na linha e entre linha de plantio do tubérculo, evidenciando a interferência do manejo na resistência do solo.

Na camada superficial do solo 0-5 cm, a resistência do solo não apresentou mudanças significativas no decorrer do desenvolvimento da cultura (Figura 10). A média na superfície do solo foi de 0,87 MPa, variando entre 0,79 MPa (amontoa) a 1,02 MPa (senescência), valores inferiores aos encontrados por Antoneli et al. (2017) em cultivo convencional de tabaco, onde a média da resistência no camalhão foi de 1,13 MPa.

Figura 10 - Resistência do solo na linha de plantio em diferentes fases de cultivo da batata.



Fonte: Autora (2021).

De acordo com Arshad et al. (1996) a classificação da resistência a penetração é dada conforme os intervalos de 0,01 a 0,1 MPa considerados muito baixa; de 0,1 a 1,0 MPa baixa; de 1,0 a 2,0 MPa moderada; de 2,0 MPa a 4,0 MPa alta; de 4,0 a 8,0 MPa muito alta; e maiores que 8,0 MPa extremamente alta.

Em superfície, a resistência foi classificada como baixa para as três primeiras fases – plantio, amontoa e formação de tubérculo – e, como moderada para a última fase de cultivo – senescência. Os baixos valores de resistência na linha de plantio podem ser atribuídos aos variados tipos de equipamentos utilizados para efetuar o revolvimento do solo, corroborando com estudos de vários autores como Colet et al. (2009) que afirmam que a escarificação diminui significativamente a resistência do solo. Um dos principais objetivos da escarificação é diminuir a resistência à penetração e, independente do tipo de escarificador, após o manejo ocorre diminuição nos valores de resistência à penetração (GIRARDELLO et al., 2014).

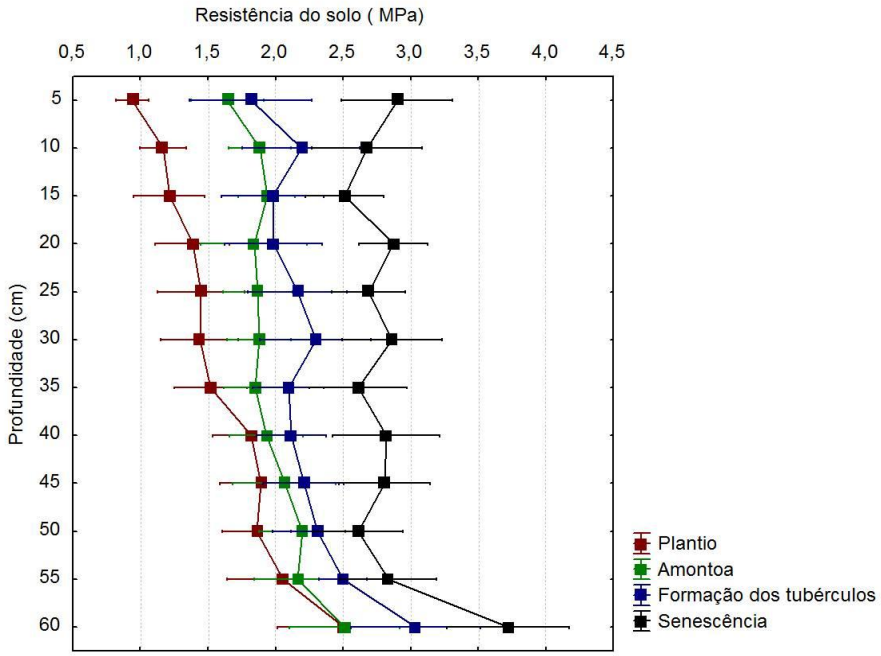
De acordo com Theodoro et al. (2018), o preparo convencional, com uma operação com arado e quatro com grade niveladora quanto o preparo reduzido do solo, com apenas duas gradagens, possuem o mesmo efeito na resistência à penetração em superfície, mas interferem de maneiras diferentes em camadas profundas do solo. O sistema de cultivo influencia no crescimento dos tubérculos: em preparo reduzido, a resistência à penetração é maior fazendo com que os tubérculos sejam menos alongados (RÓS et al., 2012) em preparo convencional, a produção é maior e o formato do tubérculo é de qualidade comercial (RÓS, 2013).

Além de práticas que reduzem a densidade, para manter a resistência a penetração em níveis adequados às plantas é essencial manter a umidade do solo acima de nível crítico pré determinado para cada tipo de solo, através de irrigação se necessário (IMHOFF et al., 2000). O conteúdo de água no solo possui grande influência sobre a resistência do solo, principalmente em solos degradados (BLAINSKI et al., 2008).

A profundidade do solo em até 30 cm na linha de plantio apresentou, desde o plantio até a formação de tubérculos, resistência inferior a 1,4 MPa, valores que não interferem negativamente no desenvolvimento da cultura. Foloni et al. (2003), ao analisarem o desenvolvimento aéreo e radicular de cultivares de milho em solo compactado, concluíram que camadas compactadas com valores de resistência acima de 1,4 MPa impossibilitam que o sistema radicular se desenvolva em profundidade abaixo desta camada. Para o sistema radicular de gramíneas, o valor crítico de resistência a penetração é 2,5 MPa (SEMMEL et al., 1990).

Os valores de resistência na entre linha de plantio (Figura 11) apresentam grande variação entre os estádios de manejo e desenvolvimento do tubérculo. Os menores valores são encontrados no início do ciclo em superfície e, valores maiores ao final do ciclo em maiores profundidades do solo.

Figura 11 - Resistência do solo na entrelinha de plantio em diferentes fases do cultivo da batata.



Fonte: Autora (2021).

Ao analisar a resistência do solo na camada de superficial 0-5 cm, os valores encontrados variaram entre 0,94 MPa e 2,90 MPa (plantio e senescência, respectivamente). Com a prática da amontoa, a resistência apresentou um aumento em torno de74% em relação à fase anterior. Aumento significativo pode estar associado à prática da amontoa onde o solo da superfície da entrelinha, que possui menor resistência, é direcionado à linha de plantio.

Na profundidade de 60 cm os resultados encontrados foram entre 2,51 MPa para o plantio e 3,72 MPa na senescência, valores considerados altos segundo a classificação de Arshad et al. (1996).Os maiores valores em profundidade são alusivos aos equipamentos utilizados para preparo do solo, onde alguns atingiram a camada máxima de 50 cm, e em sua maioria revolveram a camada em até 30 cm de profundidade.

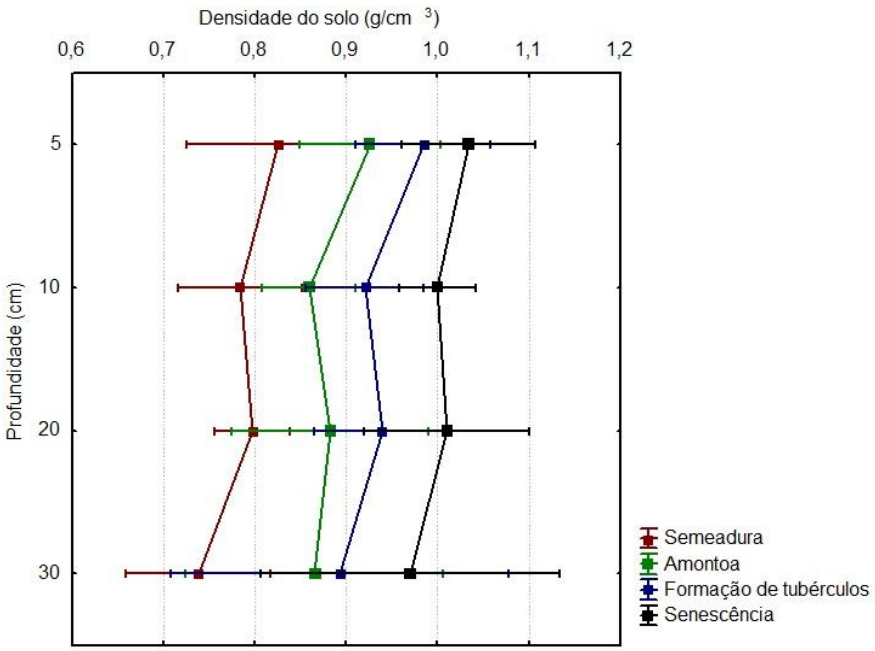
Os maiores valores verificados na última fase de cultivo na entrelinha de plantio podem ser atribuídos ao aumento da compactação, ao solo superficial erodido durante o

desenvolvimento da cultura e a várias entradas de maquinários a fim de pulverizar as plantas. Andrade et al., (2011) comprovaram que na linha de plantio de *Eucalyptus urograndis* a resistência do solo é menor do que na entrelinha, resultado relacionado ao aumento da compactação nesta área.

3.2.2 Densidade do solo

A dinâmica da densidade do solo verificada na entrelinha foi muito distinta da verificada na linha de plantio. Na camada superficial do solo (0 – 5 cm) na linha de plantio, os valores observados estão entre 0,83 g/cm^3 e 1,03 g/cm^3 nas fases de semeadura e senescência, respectivamente (Figura 12).

Figura 12 - Densidade do solo na linha de plantio em diferentes fases de cultivo da batata.



Fonte: Autora (2021).

A densidade do solo, assim como a resistência à penetração, sofre influência do tipo de sistema de preparo do solo. Preparos com revolvimento do solo diminuem a densidade se comparado a preparos reduzidos (RÓS, 2017).

Na profundidade de 30 cm, a densidade diminuiu em todos os estádios da cultura. A menor densidade do solo está relacionada com a maior presença de raízes (REINERT et al.,

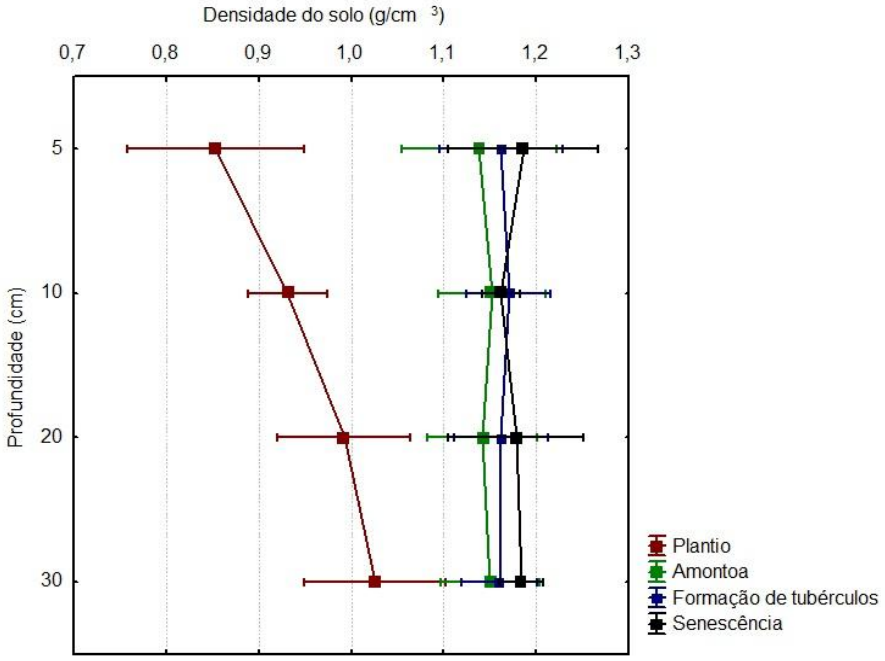
2008). A batata pode chegar até a profundidade de 30 cm, pois, devido ao tamanho e números de tubérculos produzidos por planta, necessita de grande área no solo para seu desenvolvimento.

Semelhante a camada superficial, na camada de 30 cm, os menores e maiores valores foram encontrados no plantio e senescência, com 0,74 g/cm^3 e 0,97 g/cm^3, respectivamente. Valores inferiores aos observados por Gilles et al., (2009) em solo escarificado e cultivado com milho, onde a densidade foi de 1,21 g/cm^3.

O nível crítico para densidade do solo varia de acordo do tipo de planta e seu sistema radicular. Segundo Reinert et al. (2008) quando o nível crítico de densidade do solo é ultrapassado, é necessário utilizar escarificador e, ou, subsolador para mobilizar o solo.

Na entrelinha de plantio, foi observado mudança na dinâmica da densidade do solo entre a fase de plantio e as outras fases de desenvolvimento da cultura da batata (Figura 13).

Figura 13 - Densidade do solo na entrelinha de plantio em diferentes fases de cultivo da batata.



Fonte: Autora (2021).

A fase de plantio apresentou aumento gradual na densidade à medida que a profundidade também aumentou. Na camada de 0 – 5 cm a densidade no primeiro estádio foi de 0,85 g/cm^3 e na camada de 30 cm de profundidade encontrada foi 1,03 g/cm^3. Corroborando com Reinert et al. (2008) e Rós et al. (2012) ao verificarem menor densidade na

camada superficial do solo e aumento da densidade em camadas de até 30 cm de profundidade. Relação observada também por Carvalho et al., (2011) onde na camada superficial os valores variaram entre 1,38 g/cm^3 a 1,66 g/cm^3 e, em maiores profundidades ocorreu um pequeno acréscimo resultando em 1,42 g/cm^3 a 1,77 g/cm^3.

Observa-se que houve dois momentos distintos em relação a densidade do solo na entrelinha, é nítido o aumento da densidade, logo após a amontoa. Não houve mudanças aparentes na densidade do solo entre as fases amontoa, formação de tubérculos e senescência, bem como nas diferentes profundidades. A densidade nestas fases variou entre 1,13 g/cm^3 e 1,18g/cm^3 na camada de 0 - 5 cm e 1,15 g/cm^3 e 1,18 g/cm^3 na camada de 30 cm. Valores semelhantes aos encontrados por Silva et al., (2005) que verificaram a densidade do solo após a colheita de batata em sistema convencional, analisando as camadas 0 – 10 cm, 10 – 20 cm e 20 – 30 cm de profundidade os resultados encontrados foram 1,03 g/cm^3, 1,17 g/cm^3 e 1,11 g/cm^3, respectivamente.

Pesquisas realizadas por Imhoff et al. (2000) demonstram a relação entre umidade e densidade do solo. À medida que aumenta a umidade, a densidade do solo torna-se maior.

3.2.3 Estabilidade de agregados

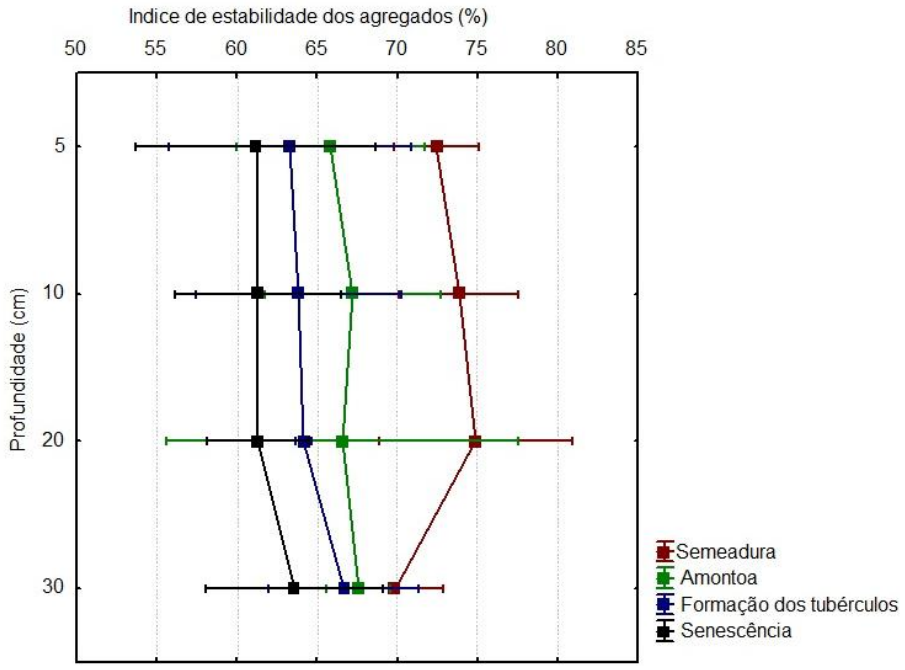
Os maiores índices de estabilidade de agregados foram verificados no início do cultivo e, a medida do desenvolvimento da cultura, os índices foram diminuindo gradualmente, tanto em linha quanto na entre linha de plantio.

Na camada 0 – 5 cm, os valores observados na linha de plantio variaram de 72,42% a 61,17% na fase inicial e final do cultivo (Figura 14). Os índices de estabilidade de agregados verificados se assemelham e em alguns casos são superiores aos encontrados em outros estudos em sistemas de plantio convencional, como observado por Silva et al., (2014) em área de plantio de arbustos, o índice verificado foi 53%.

A fase semeadura apresentou em todas as camadas a maior estabilidade de agregados, tendo uma leve redução em profundidade. Na superfície de 0 – 5 cm, o índice de estabilidade encontrado foi de 72,42% e em profundidade de 30 cm de 69,87%. A média nesta fase foi de 73,73% nas camadas 0 – 20 cm, superando valor médio encontrado por Tavares Filho et al. (2012) em sistema de plantio direto em Latossolo Vermelho eutroférrico, onde verificaram o índice de estabilidade de agregados de 73,05%. Dados contrários foram encontrados por Ribon et al. (2014) onde concluíram que sistemas de manejo de solo que utilizam o

revolvimento com grade na camada 0 – 20 cm proporcionam maior quantidade de agregados de tamanho pequeno, indicando que a movimentação do solo reduz o tamanho dos agregados.

Figura 14 - Estabilidade de agregados do solo na linha de plantio em diferentes fases de cultivo da batata.



Fonte: Autora (2021).

Os valores encontrados na camada superficial do solo se assemelham aos encontrados por Weldling et al. (2005) que verificaram em sistema convencional com plantio de soja, índice de estabilidade de agregados de 62,72% não diferindo de plantio em sistema convencional.

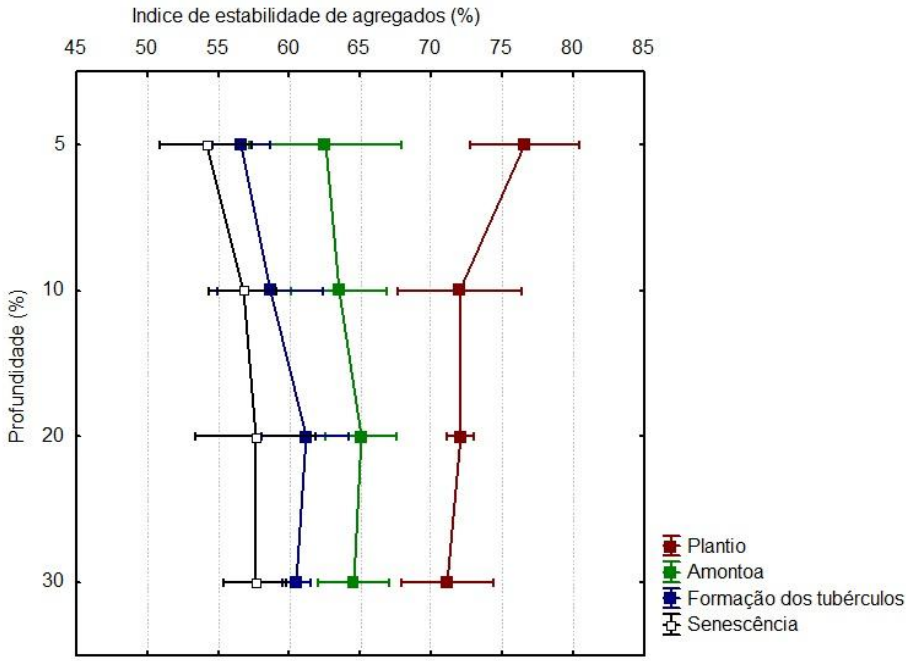
Solos com alto teor de argila tendem a apresentar maiores valores de estabilidade de agregados, bem como solos com teores altos de areia fina possuem baixa estabilidade de agregados (DUFRANC et al., 2004).

Não foram observadas grandes alterações nas fases formação de tubérculos e senescência à medida que a profundidade aumentou. A baixa variação de valores entre as fases finais de cultivo deve-se ao fato da ausência de revolvimento do solo e menor exposição do solo.

Assim como na linha de plantio, a fase de semeadura obteve maiores índices de estabilidade de agregados na entrelinha (Figura 15). Os valores verificados nos dois

tratamentos foram semelhantes, na camada 0 – 5 cm o maior valor observado foi na fase de plantio sendo 76,6% e, menor valor na senescência com 54,13%.

Figura 15 - Estabilidade de agregados do solo na entrelinha de plantio em diferentes fases de cultivo da batata.



Fonte: Autora (2021).

Na profundidade de 30 cm, a fase inicial apresentou índice de 71,15% de estabilidade de agregados e, a fase final 57,60%. A diminuição gradual do índice está relacionada ao transporte de sedimentos pela erosão.

Em pouco tempo de implantação, sistemas convencionais de cultivo de batatas não alteraram significativamente a estabilidade de agregados quando comparado a uma floresta nativa (SILVA et al., 2005). O sistema convencional reduz a agregação do solo, enquanto em sistema de plantio direto a agregação é maior que o convencional, mas inferior a mata nativa (WENDLING et al., 2005) ou mantida como em vegetação nativa (SALES et al., 2016).Martins et al. (2011), conclui também que a diminuição da estabilidade de agregados maiores que 2 mm resulta em maior erosão hídrica de solo em um Latossolo Vermelho.

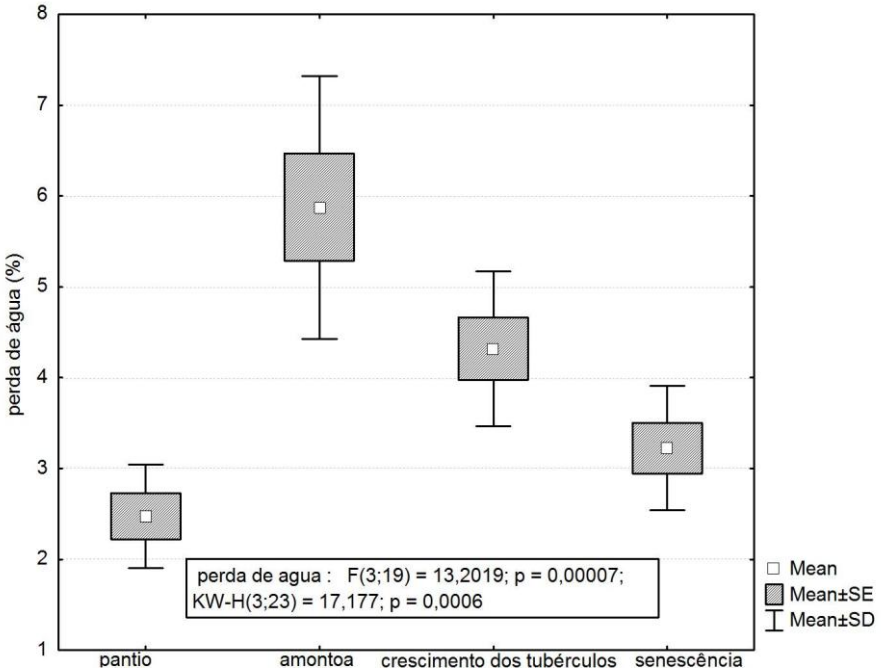
3.3 PARÂMETROS HIDROEROSIVOS

3.3.1 Perda de água

A perda de água foi verificada durante todo o ciclo da cultura. A menor e maior média foram observadas, respectivamente, nas fases plantio e amontoa (Figura 16).

A primeira fase apresentou perda de água de 2,34% enquanto na segunda o valor observado foi de 5,87% correspondendo a uma variação de 150,85% na perda de água entre os dois períodos.

Figura 16 - Estimativa da perda de água (%) nas diferentes fases de cultivo da batata.



Fonte: Autora (2021).

As fases seguintes ao da amontoa, a perda de água foi decrescendo e os valores encontrados foram 4,31% e 3,22% para os períodos crescimento dos tubérculos e senescência, respectivamente.

Barros et al., (2009) concluíram em seus estudos que no início da implantação da cultura acácia, os valores de perda de solo e água são maiores se comparado ao desenvolvimento vegetal da parte aérea da cultura. Isso se deve ao fato da maior exposição do

solo neste período. Para Bertol et al. (2013) o tipo de cultura presente na área influencia nas perdas de solo e água.

O sistema de plantio convencional é um fator que apresenta maiores índices de perda de solo e água quando comparado ao sistema plantio direto (ANTONELI & BRANDALISE, 2013). Entretanto, de acordo com Gilles et al., (2009) solos com preparo de escarificação apresentam melhor controle da perda de água, resultado com provável explicação a fatores referentes a rugosidade superficial do solo e maior porosidade total na camada escarificada, ocasionando em maior taxa de infiltração de água.

A redução das perdas de água nas duas últimas fases do cultivo podem estar associadas ao aumento da cobertura do solo pela planta. Foi estimado em campo durante as coletas de dados, que a cobertura do solo nas duas últimas fases do cultivo da batata varia de 60 a 80%. O aumento da cobertura do solo interfere na redução da perda de água, principalmente porque a vegetação reduz o impacto da gota da água da chuva no solo, além de interferir na redistribuição da água através do atravessamento da água (ANTONELI et al., 2021).

3.3.2 Perda de solo

Ao verificar a perda de solo no decorrer do manejo e desenvolvimento da batata (Figura 17), constatou-se um elevado aumento na fase amontoa comparado ao plantio. Nas fases seguintes a amontoa, observa-se uma redução gradual na perda de solo.

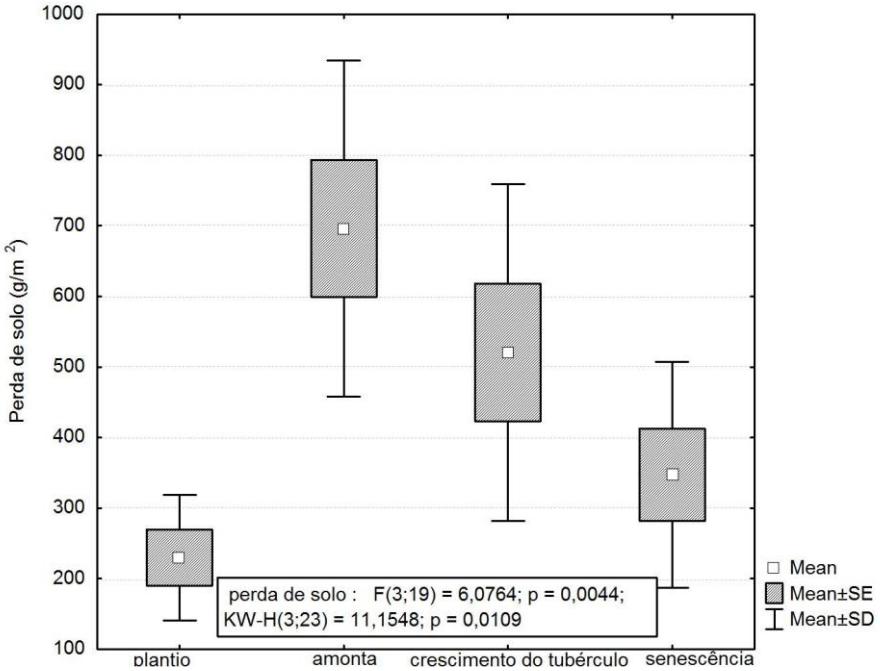
A fase de plantio apresentou a menor perda de solo sendo 235,7 g/m^2. Valor muito superior ao encontrado por Gilles et al., (2009) onde verificaram a perda de solo de 9,7 g/m^2 em cultivo de milho em solo escarificado. Os autores atribuíram a baixa perda de solo devido a cobertura realizada pelo dossel das plantas e o efeito da consolidação da superfície do solo.

Nas fases de plantio e amontoa, foram observadas a menor e a maior perda de solo respectivamente. Os valores médios de perda de solo nestas fases foram de 235,7 g/m^2 e 695,9 g/m^2. Um aumento de 195% na perda de solo entre as duas fases.

O menor resultado verificado na fase inicial do cultivo pode ser atribuído a taxa de infiltração de água e maior estabilidade de agregados e possivelmente a maior rugosidade do solo deixada pelo preparo do solo para o plantio. Para Albuquerque et al., (2000) maiores valores de estabilidade de agregados resultam em maior resistência à desagregação do solo devido ao impacto das gotas de chuva. Em relação a infiltração, a alta porosidade total de

camadas de solo escarificado auxilia na diminuição da perda de solo (GILLES et al., 2009). Segundo Furquim et al., (2020) sistemas de cultivo que envolvem o preparo do solo tendem a aumentar a velocidade de infiltração de água.

Figura 17 - Estimativa da perda de solo (g/m^2) nas diferentes fases de cultivo da batata.



Fonte: Autora (2021).

O aumento da cobertura vegetal interfere na perda de solo (ALMEIDA et al., 2016). Os autores concluíram ainda em seus estudos que a desagregação do solo é acelerada quando há revolvimento do solo e baixo índice de cobertura vegetal, sendo que nestas condições, a intensidade da erosão se assemelha a áreas de solo exposto.

Nas fases crescimento de tubérculo e senescência os valores encontrados foram 520,7 g/m^2 e 347,1 g/m^2.

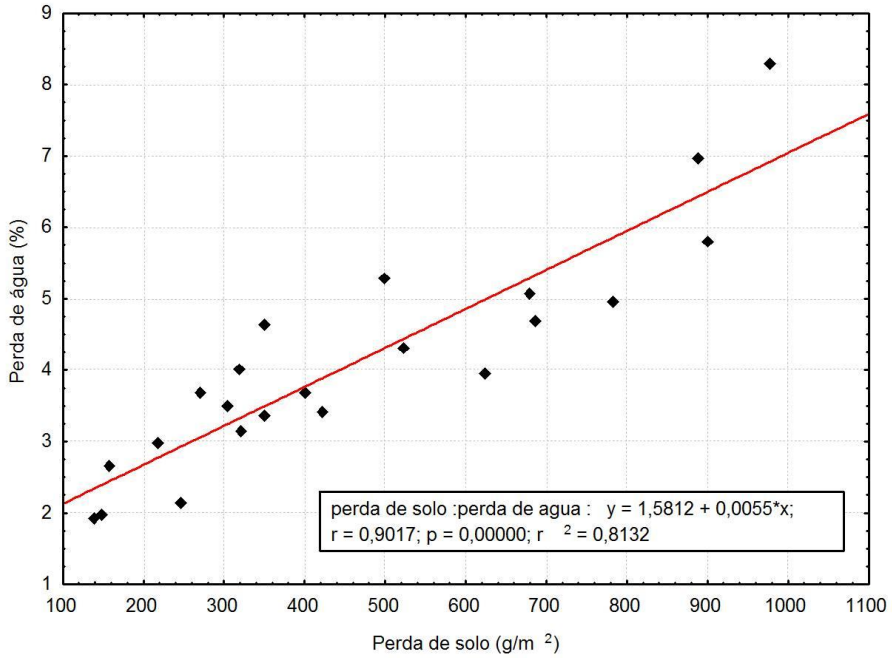
Durante a prática de amontoa, o solo presente na entrelinha de plantio é direcionado para a linha, com objetivo de cobrir por completo os tubérculos que estejam expostos a luz solar, aumentar a aeração do solo próximo aos tubérculos e facilitar na colheita. Essa prática resultou em um camalhão, onde há um trecho do solo mais elevado, denominado de linha de plantio, e outro onde se formou um sulco (entrelinha). Esta prática aumenta consideravelmente a rugosidade da superfície do solo. De acordo com Castro et al., (2006) independente da cobertura do solo, logo após o preparo, a rugosidade superficial diminui as perdas de água e solo em chuvas de curta duração.

A construção desses camalhões resultou em um amontoado de solo desagregado na linha e, com as primeiras chuvas após a confecção desses camalhões (amontoa), esse solo foi facilmente deslocado para a entrelinha, potencializando assim as perdas de solo no período da amontoa. Destaca-se também que a construção dos camalhões deixa um solo mais compactado na entrelinha, pois boa parte do solo desagregado encontrado na entrelinha no início do plantio é levado para a linha durante o processo de amontoa. Neste caso, o solo restante da entrelinha é mais compactado o que reduz a infiltração da água, potencializando o processo erosivo.

O plantio foi realizado no sentido do declive da área. Segundo Luciano et al., (2009) a rugosidade da superfície do solo é influenciada pela direção de semeadura, e quando associada a outros fatores como exposição do solo, provoca erosão hídrica do solo. Corroborando com Barros et al., (2009) que constataram maiores perdas de solo no plantio realizado no sentido do declive na área cultivada.

As perdas de água e de solo estão relacionadas entre si (Figura 18), pois com o impacto de gotas de chuva em solo exposto, sedimentos são carregados pela água que não é infiltrada no solo. Quanto maior a perda de solo, consequentemente maior perda de água.

Figura 18 - Relação entre os valores de perda de água (%) e de perda de solo (g/m^2).



Fonte: Autora (2021).

São muitos os fatores causadores da degradação do solo, no entanto, o manejo do solo e as atividades agrícolas parecem desencadear uma série de outros condicionantes que podem levar a degradação. Ayer et al. (2015) apontam que o sistema convencional de cultivo potencializa a degradação do solo, indicando perdas de solo acima dos limites de tolerância.

4. CONCLUSÃO

O manejo do solo na cultura *Solanum tuberosum* L. influencia na dinâmica hídrica do ambiente, altera características físicas do solo e, consequentemente favorece a produção de sedimentos.

A resistência à penetração é influenciada pelo manejo do solo. As fases iniciais de cultivo, onde ocorre algum tipo de revolvimento de solo, os valores de resistência foram inferiores às fases posteriores, as quais foram influenciadas pela umidade ocasionada por irrigação e entrada de equipamentos e maquinários na área.

O aumento da densidade do solo e resistência à penetração na entrelinha de plantio, principalmente após a prática da amontoa, indica a compactação nestas áreas, justificada pela retirada da camada superficial do solo e realocada na linha de plantio, pelo intenso tráfego de maquinários e pelo fato de servir como canal de escoamento de água e sedimentos quando ocorre a erosão laminar.

Os valores de estabilidade de agregados foram reduzindo no decorrer do desenvolvimento da cultura, resultados relacionados ao menor revolvimento e exposição do solo.

Há grande relação entre os atributos físicos do solo e a perda de água e solo, principalmente em fases que ocorrem revolvimento do solo.

As maiores taxas de perda de água e solo na segunda fase de cultivo são influenciadas principalmente, pelo manejo do solo nesta fase, onde a transferência do solo presente na entrelinha para a linha de plantio resulta em sulco de escoamento superficial, favorecendo o deslocamento de água e sedimentos.

As perdas de sedimentos e água evidenciam a necessidade de buscar alternativas de controle da erosão em áreas de cultivo de plantas em sistema convencional.

Algumas técnicas de conservação do solo com objetivo de amenizar a erosão do solo em cultivo de batata são: plantio em curva de nível, não efetuar plantio (quando possível) em áreas com restrições do solo (solos rasos e declivosos), implantar estruturas mecânicas (pequenas paliçadas) nas entrelinhas após a amontoa para reduzir a formação de fluxo de água que geram a partir da concentração da água nas entrelinhas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBA - Associação Brasileira da Batata. **Área, Produção e Produtividade**. São Paulo, 2017. Disponível em: http://www.abbabatatabrasileira.com.br/site/wp-content/uploads/2018/01/%C3%81REA-PRODU%C3%87%C3%83O-E-PRODUTIVIDADE.pdf. Acesso em: 25 de Nov. 2019.

_____ Associação Brasileira da Batata. **Histórico da Batata**. São Paulo, 2019. Disponível em: http://www.abbabatatabrasileira.com.br/site/historia-da-batata/. Acesso em: 25 de Nov. 2019.

ALBUQUERQUE, J. A. CASSOL, E. A.; REINERT, D. J. Relação entre a erodibilidade em entressulcos e estabilidade dos agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 24:141-151, 2000.

ALBUQUERQUE, J.A.; SANGOI.L.; ENDER.M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. Lages, v.25, p.717-723, 2001.

ALMEIDA, W. S.; CARVALHO, D. F.; PANACHUKI, E.; VALIM, W. C.; RODRIGUES, S. A.; VARELLA, C. A. Erosão hídrica em diferentes sistemas de cultivo e níveis de cobertura do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v.51, n.9, p.1110-1119, 2016.

ANDRADE, G. C.; BOGNOLA, I. A.; BELLOTE, A. F. J.; FRANCISCON, L.; WATERLOO, M. J.; BRUIJNZEEL, L. A. Avaliações de sítio e produtividade em plantios de Eucalyptusurograndis com 3 anos de idade em São Paulo, Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n.68, 2011.

ANTONELI, V.; BRANDALISE, F. F. Perdas de água e solo no cultivo de milho com diferentes formas de cultivo em agricultura familiar na região Centro – Sul do Paraná. **Caminhos de Geografia**. Uberlândia, v.14, n.47, p.85-94, 2013.

ANTONELI, V.; JESUS, F. C.; BEDNARZ, J. A.; Resistência do solo em cultivo de tabaco com diferentes formas de manejo na região Sudeste do Paraná. **RevistaBrasileira de Geomorfologia.** v.18, n.2, 2017.

ANTONELI, V.; THOMAZ, E. L.; BEDNARZ, J. A. The Faxinal System: Forest fragmentation and soil degradation on the communal grazing land. **Singapore Journal of Tropical Geography**, v.40, p.34-49, 2019.

ANTONELI, V.; de JESUS, F. C.; BEDNARZ, J. A.; THOMAZ, E. L.Stemflowandthroughfall in agriculturalcrops: a synthesis. **Rev. Ambient. Água** vol. 16 n. 1, e2528 - Taubaté 2021

ARAUJO, C.; FONTES, P. C. R. **Produção de batata em solo erodido, em função de doses de nitrogêncio.** Viçosa – MG, 2002.

ARSHAD, M.A.; LOWERY, B. & GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J.W. & JONES, A.J., eds. Methods for assessing soil quality. Madison, Soil Science Society of America, (SSSA Special publication 49), p.123- 141.1996.

AYER, J. E. B.; OLIVETTI, D.; MINCATO, R. L.; SILVA, M. L. N. **Erosão hídrica em Latossolos Vermelhos distróficos.**Pesq. Agropec. Trop., Goiânia, v. 45, n. 2, p. 180-191, 2015.

BAIO, F. H.; SCARPIN, I. M.; ROQUE, C. G.; NEVES, D. C. Resistência do solo à penetração em linhas e entrelinhas de algodão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. V21, n6, p433-439, 2017.

BARBOSA, F. T. Problemas em recursos naturais. In: Manual de manejo e conservação do solo e da água para o estado do Paraná. Curitiba: Núcleo Estadual Paraná da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – NEPAR-SBCS, 2019.

BARROS, L. S.; VALE JUNIOR, J. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; MOURÃO JUNIOR, M. Perdas de solo e água em plantio de *Acaciamangium*wild e savana em Roraima, norte da Amazônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33:447-454, 2009.

BERTOL, I.; RAMOS, R. R.; BARBOSA, F. T.; GONZÁLEZ, A. P.; RAMOS, J. C.; BANDEIRA, D. H. Erosão hídrica em monocultura de plantio direto e sistemas consorciados ao longo de curvas de nível. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 521-528, 2013.

BERTOL, I.; LUCIANO, R. V.; BERTOL, C.; BAGIO, B. Nutrientandorganiccabonlosses, enrichment rate, andcostofwatererosion. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, 2017.

BISOGNIN, D. A**. Desenvolvimento e manejo das plantas para alta produti- vidade e qualidade da batata**. Itapetininga - SP: Associação Brasileira da Batata, 2009.

BLAINSKI, E.; TORMENA, C. A.; FIDALSKI, J.; GUIMARÃES, R. M. L.; Quantificação da degradação física do solo por meio da curva de resistência do solo à penetração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 32:975-983, 2008.

BOULOMYTIS, V. T. G. **Utilização de geotecnologias para a avaliação do potencial de degradação hídrica das águas superficiais por agroquímicos: caso da sub-bacia do Rio das Antas, Bueno Brandão, MG**. 2008. 119f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.

CARDOSO, E. J. B. N.; VASCONCELLOS, R. L. F.; BINI, D.; MIYAUCHI, M. Y. H.; SANTOS, C. A. dos; ALVES, P. R. L.; PAULA, A. M. de; NAKATANI, A. S.; PEREIRA, J. de M.; NOGUEIRA, M. A. Soilhealth: Looking for suitable indicators. What should be considered to assess the effects of use and management on soil health?**ScientiaAgrícola**, v.70, p.274-289, 2013

CARVALHO, L. A.; MEURER, I.; SILVA JUNIOR, C. A.; CAVALIERI, K. M. V.; SANTOS, C. F. B.; Dependência espacial dos atributos físicos de três classes de solo cultivados com cana-de-açúcar sob colheita mecanizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.15, n.9, p.940-949, 2011.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O. & PODANOSCHI, A.L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de

sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 22:527-538, 1998.

CASTRO, L. G.; COGO, N. P.; VOLK, L. B. S. Alterações na rugosidade superficial do solo pelo preparo e pela chuva e sua relação com a erosão hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 30:339-352, 2006.

COLET, M. J.; SVERZUT, C. B.; WEIRICH NETO, P. H.; SOUZA, Z. M. Alteração em atributos físicos de um solo sob pastagem após escarificação. **Ciênc. Agrotec**. Lavras, v.33, n.2, p.361-368, 2009.

CORRÊA, J. C. Efeito de sistemas de cultivo na estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho-Amarelo em Querência, MT. **Pesquisa agropecuária brasileira.** v.37, n.2, p.203-209, 2002.

DANTAS, J. D'ARC N.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S.; ASSIS, C. P. Qualidade do solo sob diferentes usos e manejos no Perímetro Irrigado Jaguaribe/Apodi, CE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. V. 16, n. 1, p. 18-26, 2012.

DUFRANC, G.; DECHEN, S. C. F.; FREITAS, S. S.; CAMARGO, O. A. Atributos físicos, químicos e biológicos relacionados com a estabilidade de agregados de dois latossolos em plantio direto no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 28. 505-517 p. 2004.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise do solo.** 2ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997. 212p.

_____Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema de Produção da Batata**. Brasília, 2016.

_____ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Ed. Rev e Amp. 3ª Brasília, 2017.

_____ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Erosão causa prejuízos econômicos e ambientais no Paraná**. Brasília, 2018a.

_____ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.**Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS).** Brasília, 2018b.

FACHIN, P. A.; GONÇALVEZ JUNIOR, E. V.; THOMAZ, E. L. Comparação entre dois modelos de Agitador de Yoder na avaliação da estabilidade de agregados de solo. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.12, n.2, p.697-704, 2019.

FERREIRA, M. M. Caracterização física do solo. in: VAN LIER, Q. J. (Edit.). Física do Solo. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa – Minas Gerais, 2010.

FOLINI, J. S. S.; CALONEGO, J. C.; LIMA, S. L. Efeito da compactação do solo no desenvolvimento aéreo e radicular de cultivares de milho. **Pesq. Agropec. Bras**. Brasília, v.38, n.8, p. 947-953, 2003.

FREITAS, F. J.; CANTALICE, J. R. B.; BEZERRA, S. A.; SILVA, M. D. R. O.; SANTOS, P. M.; CORREN, R. M.; LIMA, P. A.; FIGUEIRA, S. B. Erosão em entressulcos sob Caatinga e Culturas Agrícolas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** v.32, n.4, p.1743-1751, 2008.

FURQUIM, L. C.; SOUZA, E. J.; SILVA, N. F.; NUÑEZ, D. N. C.; CABRAL, J. S. R.; SANTINI, J. M. K.; LEÃO, B. C. S.; STONE, L. F. Infiltração de água e resistência do solo à penetração em sistemas de cultivos integrados e em área de pastagem degradada. **ColloquiumAgrarie**, v.16, n.5, 2020.

GIAROLA, N. F. B.; FONSECA, A. F.; GALVÃO, C. W.; ETTO, R. M.; KAZMIERCZAK, R. Degradação do solo e estratégias de recuperação da sua capacidade produtiva. In: Manual de manejo e conservação do solo e da água para o estado do Paraná. Curitiba: Núcleo Estadual Paraná da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – NEPAR-SBCS, 2019.

GILLES, L.; COGO, N. P.; BISSANI, C. A.; BAGATINI, T.; PORTELA, J. C. Perdas de água, solo, matéria orgânica e nutriente por erosão hídrica na cultura do milho implantada em área de campo nativo, influenciadas por métodos de preparo de solo e tipos de adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** 33:1427-1440, 2009.

GIRARDELLO, V. C.; AMADO, T. J. C.; SANTI, A. L.; CHERUBIN, M. R.; KUNZ, J.; TEIXEIRA, T. DE. G. Resistência à penetração, efi ciência de escarificadores mecânicos e produtividade da soja em Latossolo Argiloso manejado sob Plantio Direto de longa duração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38 p.1234-1244. 2014.

GIRARDELLO, V. C.; AMADO, T. J. C.; SANTI, A. L.; LANZANOVA, M. E.; TASCA, A. Resistência do solo à penetração e desenvolvimento radicular da soja sob sistema plantio direto com tráfego controlado de máquinas agrícolas. **Revista Scientia Agraria**. Curitiba, p.86-96, 2017.

GOMES, D. S.; MARCIANO, C. R.; FAUSTINO, L. L. PhysicalQualityof a Typic Hapludult Soil Under Forest Leguminous Treesand Pasture. **Floram**, v.25, p.1-8, 2018.

GONÇALVES, F. C.; MARASCA, I.; DE SOUZA, S. F. G.; TAVARES, L. A. F.; SILVA, P. R. A. Métodos de determinação da densidade do solo em diferentes sistemas de manejo.**Energ. Agric**., Botucatu, vol. 28, n.3, p.165-169, 2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, 2020.

IMHOFF, S.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v.35, n.7, p.1493-1500, 2000.

KAMINSKI, J.; SANTOS, D. R.; GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G.; SILVA, L. S. Eficiência da calagem superficial e incorporada precedendo o sistema plantio direto em um argissolo sob pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** 29:573-580, 2005.

KIEHL, E. J. **Manual de Edafologia:** Relações solo planta. São Paulo: Ceres, 1979. 276p.

LEITE, M. H. S.; COUTO, E. G.; AMORIM, R. S. S.; COSTA, E. L.; MARASCHIN, L. Perdas de solo e nutrientes num latossolo vermelho-amarelo ácrico típico, com diferentes sistemas de preparo e sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** vol.33 nº 3. Viçosa, 2009.

LUCIANO, R. V.; BERTOL, I.; BARBOSA, F. T.; VÁZQUEZ, E. V.; FABIAN, E. L. Perdas de água e solo por erosão hídrica em duas direções de semeadura de aveia e ervilhaca. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** 33:669-676, 2009.

MALUF, H. J. G. M.; CAMPOS, D. S. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração avaliada ao longo de um cultivo de milho. **Revista Agroambiental**, Pouso Alegre, v.4, n.1, p.67-72, 2012.

MARCOLAN, A. L.; ANGHINONI, I. Atributos físicos de um argissolo e rendimento de culturas de acordo com o revolvimento do solo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** 30:163-170, 2006.

MARCOLAN, A. L.; ANGHINONI, I.; FRAGA, T. I.; LEITE, J. G. D. B. Recuperação de Atributos físicos de um argissolo em função do seu revolvimento e do tempo de semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** 31:571-579, 2007.

MAROUELLI, W. A.; BRAGA, M. B.; GUIMARAES, T. G. Irrigação na cultura da batata. **Circular Técnica 128**, Embrapa. Brasília – DF, 2013.

MARTINS, S. G.; SÁ, M. A. C.; SILVA, M. L. N.; LIMA, J. M.; OLIVEIRA, A. H.; NÓBREGA, J. C. A.; AVANZI, J. C. Perda de solo por erosão em decorrência da ação da adubação fosfatada corretiva sobre a estabilidade de agregados. Semina: Ciências agrárias, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1297-1306, 2011.

MERCANTE E, Uribe-Opazo MA &Souza EG. Variabilidade espacial e temporal da resistência mecânica do solo à penetração em áreas com e sem manejo químico localizado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27:1149-1159, 2003.

MESQUITA, H. C. **Cultura da Batata (Solanumtuberosum L.).** Apodi – RN, 2015.

MILLAN, E.; RUIZ, H. A.; FERNANDES, R. B. A.; COSTA, L. M. Condutividade hidráulica, porosidade, resistência mecânica e intervalo hídrico ótimo em Latossolos artificialmente compactados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. V. 18, n. 10, p. 1003-1009, 2014.

MONTEIRO, M. A. C.; ZOZ, A.; LIMEDE, A. C.; OLIVEIRA, C. E. S.; ZOZ, T. Efeito do preparo do solo com diferentes implementos sobre a resistência do solo à penetração. **Revista de Agricultura Neotropical**. Cassilândia-MS, v. 4, n. 2, p. 63-68, 2017.

NAGAHAMA, H. J.; GRANJA, G. P.; CORTEZ, J. W.; RAMOS, R. L.; ARCOVERDE, S. N. S. Efeitos da escarificação mecânica nos atributos físicos do solo e agronômicos do capim elefante. **Revista Ceres**. v.63, n.5, p.741-746, 2016.

NASCIMENTO JÚNIOR, L. F. **Modelagem e quantificação da compactação promovida pelo pisoteio animal em um Latossolo submetido ao sistema de Integração Agricultura-Pecuária**. 2017. 49 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias – Agronomia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Goiás, 2017.

PERUSSO, R. L. S.; BONINI, C. S. B.; NASCIMENTO, C. A. S.; SOUZA, J. F. D.; LUPATINI, G. C.; SOUZA, H. A.; PEDRO, F. G. Distribuição do tamanho de poros em um Latossolo Vermelho em sistema integrado de produção agropecuária. **Colloquium Agrariae**, v.15, n.2, p.51-60, 2019.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.;REINERT, D. J.;HORN, R.;HAKANSSON, I. Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. SoilTill Res. 2009.

REINERT, D.J.; ALBUQUERQUE, J.A.; REICHERT, 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**, v.32, p.1805-1816, 2008.

RIBEIRO, L. S.; OLIVEIRA, I. R.; DANTAS, J. S.; SILVA, C. V.; SILVA, G. B.; AZEVEDO, J. R. Variabilidade espacial de atributos físicos de solo coeso sob sistemas de manejo convencional e de plantio direto. **Pesq. agropec. bras**. Brasília, v.51, n.9, p.1699-1702, 2016.

RIBELATTO, P. J. C.; TAUBINGER, L.; BEN, T. J.; VICENSI, M.; POTT, C. A. Caracterização da Densidade Máxima do solo da Região Centro Oeste do Paraná. **Investig. Agrar.** 19:49-55, 2017.

RIBON, A. A.; CENTURION, J. F.; CENTURION, M. A. P. C.; FERNANDES, K. L.; HERMÓGENES, V. T. L.; Alterações na estabilidade de agregados de latossolo e argissolo em função do manejo, na entrelinha da seringueira (*Hevea brasiliensis*). **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 38, n. 6, p. 1065-1071, 2014.

RÓS, A. B.; TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G. M. C. Propriedades físicas do solo e crescimento de batata-doce em diferentes sistemas de preparo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 37:242-250, 2012.

RÓS, A. B.; TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G. M. C. Produtividade da cultura da batata-doce em diferentes sistemas de preparo do solo. **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 2, p. 140-145, 2013.

RÓS, A. B. Sistemas de preparo do solo para o cultivo da batata-doce. **Bragantia**, Campinas, v.76, n.1, p.113-124, 2017.

SALES, R. P.; PORTUGAL, A. F.; MOREIRA, J. A. A.; KONDO, M. K.; PEGORARO, R. F. Qualidade física de um Latossolo sob plantio direto e preparo convencional no semiárido. **Revista Ciência Agronômica**. P. 429-438, 2016.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P. C.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 11-21p, 2008.

SANTOS, G. G.; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, L. F. C. Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.14, n.2, p. 115-123, 2009.

SEAB – Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. Curitiba, 2021. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br> Acesso em: 23 de mar. de 2021.

SEMMEL, H.; HORN, R.; HELL, U.; DEXTER, A. R.; SCHULZE, E. D. The dynamics of soil aggregate formation and the affeet on soil physical properties. **Soil Technology**, Amsterdam, v.3, p.113-129, 1990.

SILVA, R. B.; DIAS JUNIOR, M. S.; SILVA, F. A. M.; FOLE, S. M. O tráfego de máquinas agrícolas e as propriedades físicas, hídricas e mecânicas de um Latossolo dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27:973-983, 2003.

SILVA, V. R.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração em plantio direto. **Ciência Rural**, 34:399-406, 2004.

SILVA, R. R.; SILVA, M. L. N.; FERREIRA, M. M. Atributos físicos indicadores da qualidade do solo sob sistemas de manejo na Bacia do Alto do Rio Grande – MG. **Ciênc. Agrotec**., Lavras, v.29, n.4, p.719-730, 2005.

SILVA, A. P.; TORMENA, C. A.; FIDALSKI, J.; IMHOFF, S. Funções da pedotransferência para as curvas de retenção de água e de resistência do solo à penetração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 32, p.1-12, 2008.

SILVA, I. P. F.; JUNIOR, J. F. S.; ARALDI, R.; TANAKA, A. A.; GIROTTO, M. BOQUÊ, G. G.; LIMA, F. C. C. Preparo de solo e calagem na cultura da batata. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, 2011.

SILVA, S. A.; LIMA, J. S. S. Relação espacial entre o estoque de nutrientes e a densidade de solo cultivado com cafeeiro. **Pesquisa agropecuária brasileira.** v.43, n.4, p.377-384, 2013.

SILVA, A. S.; SILVA, I. F.; BANDEIRA, L. B.; DIAS, B. O.; SILVA NETO, L. F. Argila e matéria orgânica e seus efeitos na agregação em diferentes usos do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.10, p.1783-1789, 2014.

SOANE, B. The role of organic matter in soil compactability: a review of some practical aspects. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.16, n.1, p.179-201, 1990.

SOUZA, F. R.; ROSA JUNIOR, E. J.; FIETZ, C. R.; PELLIN, D. M. P.; BERGAMIM, A. C.; GELAIN, E.; ROSA, Y. B. C. J. Morfologia e estabilidade de agregados de um Latossolo em função do sistema de manejo e aplicação de gesso. **Revista Ceres.** V.59, Viçosa, 2012.

STEFANOSKI, D. C.; SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A; PACHECO, L. P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. V. 17, n. 12, p. 1301-1309, 2013.

STOLF, R.; FERNANDES, J. & FURLANI NETO, V.L. Penetrômetro de impacto IAA/PLANALSUCAR-STOLF; recomendação para seu uso. STAB, Açúcar AlcoolSubpr., 1:18-23, 1983.

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**, 15:249-252, 1991.

TAVARES FILHO, J.; FELTRAN, C. T. M.; OLIVEIRA, J. F.; ALMEIDA, E.; GUIMARÃES, M. F. Atributos de solo determinantes para a estimativa do índice de estabilidade de agregados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.3, p.436-441, 2012.

TELLES, T.S.; GUIMARÃES, M. F.; DECHEN, S. C. F. The costsofsoilerosion. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** v.35, n.2, 2011.

TISDALL, J.M. & OADES, J.M. Organicmatterandwaterstableaggregates in soil. **J. SoilSci**. 33:141-163, 1982.

THEODORO, G. F.; GOLIN, H. O.; REZENDE, R. P.; ABREU, V. L. S.; SILVA, M. S. Influência de sistemas de preparo na manutenção da palhada e resistência do solo à penetração. **Revista da Agricultura Neotropical**, v.5, n.2, p.25-30, 2018.

THOMAZ, E. L.; Influência da temperatura no diâmetro e na estabilidade de agregados em Chernossolo, Saskatchewan, Canadá. Ciencia Del Suelo, Argentina, 2011.

TORMENA, C. A.; VIDIGAL FILHO, P. S.; GONÇALVES, A. C. A.; ARAÚJO, M. A.; PINTRO, J. C. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. V. 8, n. 1, p. 65-71, 2004.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** 33:743-755, 2009.

VITÓRIA, E. L.; FERNANDES, H. C.; TEIXEIRA, M. M.; CECON, P. R.; LACERDA, E. G. Correlação linear e espacial entre produtividade de *Brachiariabrizantha*, densidade do solo e porosidade total em função do sistema de manejo do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.32, n.5, p.909-919, 2012.

WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L. Carbono organic e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesq. Agropec. Bras**., Brasília, v.40, n.5, p.487-494, 2005.

YODER, R.E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. **J. Am. Soc. Agr.,** 28: 337-351, 1936.