



**QUANTIFICAÇÃO DE PROCESSOS EROSIVOS EM OLIVAIIS:
ESTUDO DE CASO EM SUÇÃES, MIRANDELA**

Eduardo Camilo Cattuci

*Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança para a obtenção do
Grau de Mestre em Agroecologia no âmbito da dupla diplomação com a Universidade
Tecnológica Federal do Paraná – campus Pato Branco*

Orientação

Prof. Doutor Tomás d’Aquino Freitas Rosa de Figueiredo

Coorientação

Prof. Doutora Felícia Maria da Silva Fonseca

Prof. Doutora Nilvania Aparecida de Mello

Bragança

2023

Eduardo Camilo Cattuci

**QUANTIFICAÇÃO DE PROCESSOS EROSIVOS EM OLIVAIS:
ESTUDO DE CASO EM SUÇÃES, MIRANDELA**

Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança para obtenção do Grau de Mestre em Agroecologia no âmbito da dupla diplomação com a Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Pato Branco.

Bragança

Instituto Politécnico de Bragança – IPB

2023

Agradecimentos

Este projeto foi possível devido à colaboração entre a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e o Instituto Politécnico de Bragança (IPB). Quero expressar minha gratidão a ambas as instituições acadêmicas pelo conhecimento compartilhado e pela oportunidade de participar deste programa de dupla diplomação.

Meu orientador, o Dr. Tomás d'Aquino Freitas Rosa de Figueiredo (IPB), e meus coorientadores, a Dra. Felicia Maria da Silva Fonseca (IPB) e a Dra. Nilvania Aparecida de Mello (UTFPR), merecem meu profundo agradecimento pela orientação dedicada, disponibilidade constante e sabedoria transmitida.

Aos meus pais e família, expresso minha eterna gratidão pelo apoio incansável na busca dos meus objetivos. Quero reconhecer meus colegas e amigos, João Arthur Bringhenti Ghelen, Davi Hasse, Luiz Henrique Guzzi e Clara Alcântara Lara de Mesquita. Suas sugestões, conselhos e apoio ao longo desta jornada foram inestimáveis; sem dúvida, sem a ajuda de vocês, a realização deste trabalho teria sido muito mais desafiadora.

Desejo estender minha gratidão aos amigos e a todos aqueles que ofereceram apoio de alguma forma durante a realização deste projeto ou contribuíram para esta fase significativa da minha trajetória. Por último, mas não menos importante, agradeço a todos que indiretamente contribuíram para a concretização deste trabalho.

Resumo

A erosão do solo é uma questão urgente devido à perda de matéria orgânica e nutrientes, degradação ambiental e impacto na sustentabilidade agrícola. Este estudo se concentra na problemática da erosão em olivais de Trás-os-Montes, uma região importante para a produção de azeite em Portugal. A oliveira sendo essencial para a economia local e biodiversidade, tem a erosão do solo como uma ameaça para sua viabilidade. Dois tipos de erosão são expostos no trabalho, laminar e a linear, sendo examinados quanto à sua magnitude e efeitos.

O estudo de caso em um olival em Suções, Mirandela, foi realizado através da medição de sulcos de erosão em uma área mobilizada com 0,51 hectares de área de estudo e com de área total de drenagem de 0,63 hectares e uma área não mobilizada com 0,31 hectares de área de estudo e com uma área total de drenagem de 0,52 hectares. Os sulcos se formaram após duas chuvadas de intensidade elevada que ocorreram no dia 30 setembro e 2 de novembro de 2022, atingindo precipitações totais de 74 e 95 mm, respectivamente. As quantidades de solo perdida para a erosão linear foram obtidas através da medição dos sulcos e da soma de suas áreas de secção, referente a todos os transectos para ambas as áreas. Enquanto a determinação da taxa de erosão laminar se deu pelo cálculo de estimativa de perda de solo, com utilização da Equação Universal de Perda de Solo, a qual engloba fatores como declividade, área, estrutura e textura do solo, precipitação da região, entre outros.

Comparativamente, a erosão em sulcos ou erosão linear é mais destrutiva e impactante em termos de perda de solo, enquanto a erosão laminar contribui para perdas cumulativas. Para a área mobilizada, as taxas de erosão linear foram de 38,6 toneladas por hectare e para erosão laminar foram de 2,9 toneladas por hectare por ano. Enquanto para a área não mobilizada as taxas de erosão linear foram de 34,4 toneladas por hectare e para erosão laminar foram de 2,4 toneladas por hectare por ano. O estudo enfatiza a importância da conservação do solo, promovendo práticas agrícolas sustentáveis, cobertura vegetal adequada, contenção da água e manutenção da estrutura do solo.

Com este estudo pretende-se contribuir para demonstrar a necessidade da conservação do solo para a sustentabilidade agrícola e preservação de recursos naturais. Suas implicações refletem que estratégias de manejo corretas são necessárias, pois equilibram a produção com a ecologia e saúde do solo. Assim, assegurando a produtividade agrícola a longo prazo e mitigando os impactos da erosão, protegendo os ecossistemas e mantendo a saúde do solo.

Palavras-chave: Erosão laminar; erosão linear; manejo do solo; conservação do solo; mobilização do solo.

Abstract

Soil erosion poses an urgent concern due to the loss of organic matter and nutrients, environmental degradation, and its impact on agricultural sustainability. This study focuses on the issue of soil erosion in the olive groves of Trás-os-Montes, a region vital for olive oil production in Portugal. Olive cultivation is essential to the local economy and biodiversity, making soil erosion a significant threat to its viability. The study investigates two types of erosion, laminar and linear, assessing their magnitude and effects.

A case study conducted in an olive grove in Suçães, Mirandela, involved measuring erosion rills in a mobilized area with a study area of 0.51 hectares and a total drainage area of 0.63 hectares. A non-mobilized area with a study area of 0.31 hectares and a total drainage area of 0.52 hectares was also examined. These rills formed after two intense rainfall events on September 30th and November 2nd, 2022, with cumulative precipitations of 74 mm and 95 mm, respectively.

Quantities of soil lost to linear erosion were determined by measuring the rills and summing their cross-sectional areas across all transects for both areas. Meanwhile, the estimation of laminar erosion rates was calculated using the Universal Soil Loss Equation, which considers factors such as slope, area, soil structure and texture, regional precipitation, among others.

Comparatively, linear erosion, represented by rills, is more destructive and impactful in terms of soil loss, while laminar erosion contributes to cumulative losses. For the mobilized area, linear erosion rates were 38.6 tons per hectare, and laminar erosion rates were 2.9 tons per hectare per year. In contrast, the non-mobilized area exhibited linear erosion rates of 34.4 tons per hectare and laminar erosion rates of 2.4 tons per hectare per year.

This study underscores the significance of soil conservation through sustainable agricultural practices, proper vegetation cover, water management, and soil structure maintenance.

The objective of this research is to emphasize the critical need for soil conservation to ensure agricultural sustainability and the preservation of natural resources. The implications underscore the necessity of correct management strategies, striking a balance between production, ecological concerns, and soil health. Thus, securing long-term agricultural productivity and mitigating erosion's impact while safeguarding ecosystems and soil health.

Keywords: Laminar erosion; Linear erosion; Soil management; Soil conservation; Soil mobilization.

Sumário

1	Introdução	10
2	Referencial Teórico	12
2.1	Histórico da oliveira.....	12
2.2	Importância socioeconômica da oliveira	12
2.3	O solo.....	13
2.4	Solos e ocupação do solo em Portugal.....	14
2.5	Solo em estudo.....	15
2.5.1	Leptosolo	15
2.6	Degradação dos solos.....	15
2.7	Erosão.....	16
2.8	Processos de erosão.....	17
2.8.1	Erosão laminar.....	17
2.8.2	Erosão linear.....	18
2.9	Metodologias de avaliação de erosão.....	19
3	Material e Métodos.....	20
3.1	Caracterização do local	20
3.2	Medições dos sulcos.....	21
4	Resultados	25
4.1	Profundidade dos sulcos	25
4.2	Largura dos sulcos	27
4.3	Formato dos sulcos	28
4.4	Contagem e área dos sulcos.....	30
4.5	Volume dos sulcos e perda de solo	32
4.6	Perda de solo em relação a distância e o desnível do terreno	34
4.7	Perda de solo exportada para hectare.....	36
4.8	Comparação entre perdas de solo por erosão linear e laminar.....	40
5	Discussão	42
6	Conclusão	46
7	Referências.....	47
8	Anexos.....	51

Lista de Figuras

Figura 1- Evolução dos tipos de processos erosivos, voçoroca é um termo utilizado somente no Brasil para descrever a erosão do lençol de escoamento de águas pluviais (RIBEIRO, 2021)....	18
Figura 2- Local do estudo, (Google Earth, 2023).....	20
Figura 3- Área total de drenagem e declividade da área mobilizada, em relação à altitude mais elevada encontrada na área.....	23
Figura 4- Área total de drenagem e declividade da área não mobilizada em relação à altitude mais elevada encontrada na área.	23
Figura 5- Medição da profundidade e largura dos sulcos, e observação visual do seu formato.	24
Figura 6- Ábaco para estimativa da erodibilidade do solo: Fator K (Figueiredo, 2015).....	24
Figura 7- Profundidade mínima, máxima, média e o desvio padrão dos sulcos em centímetros, referente a cada transecto da área mobilizada.	25
Figura 8- Profundidade mínima, máxima, média e o desvio padrão dos sulcos em centímetros, referente a cada transecto da área não mobilizada.	26
Figura 9- Largura mínima, máxima, média e o desvio padrão dos sulcos em centímetros, referente a cada transecto da área mobilizada.	27
Figura 10- Largura mínima, máxima, média e o desvio padrão dos sulcos em centímetros, referente a cada transecto da área não mobilizada.	28
Figura 11- Forma geométrica dos sulcos em porcentagem, referente a cada transecto da área mobilizada.	29
Figura 12- Forma geométrica dos sulcos em porcentagem, referente a cada transecto da área não mobilizada.	30
Figura 13- Soma da área de secção em centímetros quadrados em razão ao número de sulcos, referente a cada transecto da área mobilizada.	31
Figura 14- Soma da área de secção em centímetros quadrados em razão ao número de sulcos, referente a cada transecto da área não mobilizada.	32
Figura 15- Volume dos sulcos em metros cúbicos por seguimento e a sua relação com a perda de solo em toneladas, referente a cada transecto da área mobilizada.....	33

Figura 16- Volume dos sulcos em metros cúbicos por seguimento e a sua relação com a perda de solo em toneladas, referente a cada transecto da área não mobilizada.....	34
Figura 17- Perda de solo em toneladas em relação com o desnível do terreno em metros, referente a área mobilizada.....	35
Figura 18- Perda de solo em toneladas em relação com o desnível do terreno em metros, referente a área não mobilizada.....	36
Figura 19- Perda de solo dos sulcos por seguimento em toneladas por hectare, referente a cada transecto da área mobilizada e a média de perda de solo em toneladas por unidade de área.	37
Figura 20- Perda de solo dos sulcos por seguimento em toneladas por hectare, referente a cada transecto da área não mobilizada e a média de perda de solo em toneladas por unidade de área.	38
Figura 21- Perda de solo total dos sulcos em metros cúbicos por hectare em relação com a perda de solo total em toneladas por hectare, referente a área mobilizada.	39
Figura 22- Perda de solo total dos sulcos em metros cúbicos por hectare em relação com a perda de solo total em toneladas por hectare, referente a área não mobilizada.	39
Figura 23- Perda de solo total dos sulcos da área mobilizada em toneladas por hectare em relação com a perda de solo total dos sulcos da área não mobilizada em toneladas por hectare.	40
Figura 24- Perda laminar média de solo em toneladas por hectare e por ano em relação com a perda de solo total dos sulcos em toneladas por hectare, referentes a área mobilizada.....	41
Figura 25- Perda laminar média de solo em toneladas por hectare e por ano em relação com a perda de solo total dos sulcos em toneladas por hectare, referentes a área não mobilizada..	41
Figura 26- Ponto um, referente a distância percorrida da maior altitude encontrada na área mobilizada até o ultimo transecto (T7), para obtenção da declividade da área, (Google Earth, 2023).	51
Figura 27- Ponto dois, referentes a distância percorrida da maior altitude encontrada na área mobilizada até o ultimo transecto (T7), para obtenção da declividade da área, (Google Earth, 2023).	51
Figura 28- Ponto três, referente a distância percorrida da maior altitude encontrada na área mobilizada até o ultimo transecto (T7), para obtenção da declividade da área, (Google Earth, 2023).	52

Figura 29- Ponto quatro, referente a distância percorrida da maior altitude encontrada na área mobilizada até o ultimo transecto (T7), para obtenção da declividade da área, (Google Earth, 2023).	52
Figura 30- Ponto cinco, referente a distância percorrida da maior altitude encontrada na área mobilizada até o ultimo transecto (T7), para obtenção da declividade da área, (Google Earth, 2023).	53
Figura 31- Ponto um, referente a distância percorrida da maior altitude encontrada na área não mobilizada até o ultimo transecto (T7), para obtenção da declividade da área, (Google Earth, 2023).	53
Figura 32- Ponto dois, referente a distância percorrida da maior altitude encontrada na área não mobilizada até o ultimo transecto (T7), para obtenção da declividade da área, (Google Earth, 2023).	54
Figura 33- Ponto três, referente a distância percorrida da maior altitude encontrada na área não mobilizada até o ultimo transecto (T7), para obtenção da declividade da área, (Google Earth, 2023).	54

1 Introdução

A preservação e conservação do solo tornou-se um elemento crucial nos dias atuais, uma vez que o solo constitui a base de toda a produção. É fundamental debatermos e compreendermos cada vez mais métodos conservacionistas para preservação das áreas de produção, com intuito de manter esse solo utilizável para práticas agrícolas e de produção de alimentos.

A problemática da erosão em áreas agrícolas é um assunto de importância mundial, sendo a erosão hídrica uma das principais formas de perda solo, processo se dá pelo escoamento superficial em que a água da enxurrada causa degradação, transporte e deposição de partículas de solo, perda de matéria orgânica e conseqüentemente de nutrientes (DECHEN et al., 2015). Pesquisar sobre esse problema é de grande valia, vez que a perda de solo de forma gradativa pode acabar tornando os solos improdutivos. A erosão está diretamente ligada a perdas econômicas significativas ao produtor, que para atingir melhores produções faz investimentos na sua área, como a utilização de adubos os quais são levados juntamente com o solo perdido, em casos mais severos pode tornar áreas de produção impróprias para a inserção e desenvolvimento de culturas. Levando em consideração que o solo é essencial para a prática de agricultura e produção florestal sustentáveis, é crucial implementar estratégias de manejo que preservem, e possivelmente restaurem a sua fertilidade, que é fundamental para manter a produtividade do solo e garantir sua sustentabilidade e qualidade a longo prazo (ALVARENGA, 1996).

A presença de vegetação e a cobertura do solo por plantas e seus resíduos são fatores essenciais na prevenção da erosão dos solos agrícolas, uma vez que permitem a dissipação da energia das gotas da chuva e também pela presença de maior número de raízes auxilia na melhoria da estrutura do solo. Segundo Nanvaro (2019), o aumento da cobertura do solo desempenha um papel crucial na proteção contra a desagregação de partículas, reduzindo o processo erosivo e favorecendo a infiltração de água no solo. Além disso, a presença de vegetação oferece benefícios adicionais, como o fornecimento de matéria orgânica, sombreamento do solo e a promoção de microrganismos benéficos. Esses benefícios ajudam a controlar a perda de nutrientes do solo, além de prevenir a erosão.

Existem diversas formas de erosão que podem causar danos ao solo e acarretar em prejuízos agrícolas, entre elas as de maior destaque são, a erosão hídrica que é causada principalmente pela ação da água, tanto em forma de chuva como de escoamento superficial, a erosão eólica que ocorre devido à ação do vento, que transporta partículas de solo fino e as

deposita em outras áreas. No primeiro caso, podem distinguir-se ainda a erosão laminar caracterizada pela remoção uniforme e em camadas finas do solo superficial e a erosão em sulcos que acontece quando o escoamento superficial cria canais ou sulcos no solo. Os sulcos podem se aprofundar ao longo do tempo, resultando em perdas de solo muito importantes.

O presente trabalho tem como objetivo analisar e quantificar diferentes tipos de erosões entre linhas do plantio de oliveiras em solos mobilizados e não mobilizados e a ressaltar a importância da necessidade de conservar o solo. O trabalho apresenta um estudo de caso realizado no Nordeste de Portugal, região de Suções, Mirandela.

Este trabalho está estruturado por tópicos e subtópicos, contendo seis principais tópicos. A introdução essa a qual estabelece o contexto da pesquisa, destacando a importância do estudo. O referencial teórico que aborda desde o histórico da oliveira até os processos de erosão e metodologias de avaliação. Os materiais e métodos que detalham estratégias e procedimentos utilizados para a coleta de dados, incluindo a caracterização do local de estudo e as técnicas de medição dos sulcos, fornecendo uma base sólida para a análise subsequente dos resultados. Os resultados obtidos que analisa todos os parâmetros referentes aos dados encontrados no trabalho. A discussão que oferece uma análise aprofundada dos resultados obtidos, promovendo uma compreensão crítica das implicações e significados das descobertas relacionadas à erosão. E por fim a conclusão que resume as principais descobertas e suas implicações para a pesquisa sobre erosão laminar e linear de solo.

2 Referencial Teórico

2.1 Histórico da oliveira

A Oliveira (*Olea europaea L.*) uma espécie arbórea pertencente à família das Oleáceas, é uma espécie perene cultivada a cerca de 7.000 anos. Essa cultura encontra-se sendo cultivada por todo o mundo, mas particularmente nos países mediterrâneos (CAVALHEIRO et al., 2015). Originou-se na floresta *Laurophyllus* em torno do Thetys, onde a bacia terciária do Mediterrâneo estava dentro de uma zona tropical, mas com o tempo houve a secagem parcial desta bacia e também a glaciação do Pleistoceno, fatores que foram critérios determinantes de seleção natural para uma planta esclerófila com características moderadas de evitar o congelamento (SCHAFFER & ANDERSEN 1994).

A domesticação da cultura teve início nas épocas paleolítica e neolítica, acredita-se que tenha acontecido na Mesopotâmia, passando para o Egito, Ásia Menor, Grécia Continental, Assíria e então se difundindo pela bacia do Mediterrâneo em meados do século VI a.C. (BOHM, 2013). Há cerca de cinco mil anos a oliveira já era cultivada na Fenícia, na Síria, e na Palestina, sendo de suma importância para esses povos tanto a nível nutricional, como da religião e da arte.

O azeite produto originário da oliveira, tem há séculos uma grande aparição na alimentação dos povos do Mediterrâneo, onde ainda hoje se produz a maior parte da escala mundial de azeite, atualmente utilizado no mundo todo para elaboração de receitas culinárias, combustível e até mesmo remédios.

2.2 Importância socioeconômica da oliveira

A cultura da oliveira tem grande importância no cenário econômico português, sendo muito produzida em quase todo o território nacional, com exceção somente de Açores e Madeira de produções em grande escala. Segundo o INE (Instituto Nacional de Estatística) na sua última atualização em 2022 Portugal alcançou uma marca de produção de 1.350.238 toneladas. As previsões do INE, apontam para 2022 uma produção de azeite a rondar 1,375 milhões de hectolitros (cerca de 126 mil toneladas), correspondendo a uma diminuição de 40% em comparativo com o ano de 2021 o qual foi recorde de produção com 2,29 milhões de

hectolitros, mesmo com as dificuldades meteorológicas e hidrológicas a produção de 2022 deverá ser a quarta maior de todas (INE, 2023).

A nossa região de Trás-os-Montes, NE de Portugal também tem grande relevância no cenário nacional de produção de oliveira, sendo a segunda região de maior índice produtivo da cultura no ano de 2022, com uma produção de 49.937 toneladas de azeitona, ficando atrás somente do maior produtor nacional, o Alentejo que teve uma produção de 675.474 toneladas de azeitona (INE, 2023). Sendo assim, a azeitona é uma cultura muito importante para o cenário da agricultura nacional e também para a agricultura regional de Trás-os-Montes, gerando renda e fortalecendo a economia local.

2.3 O solo

O solo é um recurso básico oriundo da alteração das rochas, ocasionado pelo intemperismo, sendo composto por substâncias orgânicas e inorgânicas, ele suporta por completo a cobertura vegetal de terra, onde se inclui as culturas, as arbóreas, gramíneas, tubérculos e herbáceas, sendo assim o solo se faz essencial para a existência dos seres humanos (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990).

Além da grande superfície que ocupa no globo, o solo é uma fonte de energia para a vida dos homens, animais e plantas que vivem na terra, por isso deve ser preservado e conservado. O solo não é somente relacionado ao interesse agrícola, ele é essencial para diversas atividades econômicas, como a exploração mineral, com extração de rochas e minérios utilizados pelas indústrias.

O solo também tem relevância no armazenamento de água, sendo por ele que acontece o processo de infiltração e o abastecimento dos lençóis freáticos, dos aquíferos e dos surgimentos das nascentes, sendo assim deve-se prezar pelos cuidados em relação aos impactos ambientais solo, isso pode ser feito com auxílio das práticas de conservação já existentes. Segundo Coimbra e Tibúrcio (2002), o solo é um recurso finito, ou seja, não é um recurso renovável, por isso é de grande valia todos os cuidados relacionados a sua conservação.

2.4 Solos e ocupação do solo em Portugal

De acordo com a Carta de Uso e Ocupação do Solo (COS, 2018), o território está distribuído em quesito de ocupação da seguinte forma, 39% do uso do solo encontram-se florestas, 26% agricultura, 12% matos, 8% superfícies agroflorestais, 7% pastagens, 5% territórios artificializados e 3% outros. Os números evidenciam que 92% do território apresenta uma ocupação de natureza agrícola, florestal e agroflorestal, 51% do território está afeto a floresta e matos e 26% a agricultura, 5% do território está artificializado. Esse mapeamento referente a uso e ocupação do solo fornecem uma leitura geral do aproveitamento dos recursos territoriais assim como, o conhecimento das macro paisagens que geram a diversidade territorial do continente.

Em Portugal existem oito grandes tipos de solos predominantes, sendo eles, os Arenosols, equivalente a regossolos psamíticos na classificação SROA/CNROA/IEADR, solos pouco desenvolvidos, que tem origem de sedimentos arenosos e se encontram principalmente na região do Vale do Tejo e do Sado. Os Cambisols, equivalente a solos calcários e solos litólicos na classificação SROA/CNROA/IEADR, solos pouco desenvolvidos, devido à sua formação recente ou à modificação e rejuvenescimento do material do solo, encontra-se espalhado por todo o país, porém são mais comuns na região do Alto Douro e Beira Alta. Os Fluvisols, equivalente a aluviossolos e coluviossolos na classificação SROA/CNROA/IEADR, que se desenvolvem através de material transportado pela água e depositado, encontram-se formando as lezírias do Tejo e do Mondego. Os Leptosols, equivalente a litossolos, solos litólicos, solos calcários e solos orgânicos hidromórficos na classificação SROA/CNROA/IEADR, são solos superficiais que repousam diretamente sobre a rocha-mãe, são encontrados principalmente na região de Trás-os-Montes. Os Luvisols, equivalente a solos argiluvitados pouco insaturados na classificação SROA/CNROA/IEADR, são solos férteis, com estrutura desenvolvida, encontram-se principalmente na região do Alentejo. Os Podzols, equivalente a solos podzolizados na classificação SROA/CNROA/IEADR, são solos evoluídos, com textura grosseira, ácidos e pouco férteis, encontram-se principalmente na região de Leiria. Os Solonchaks, equivalente a solos salinos na classificação SROA/CNROA/IEADR, são solos com elevada salinidade, que podem ser encontrados na região da ria Formosa e nos estuários do Tejo. Os Vertisols, equivalente a Barros na Classificação SROA/CNROA/IEADR, solos de textura mais argilosa, que se encontram presentes na região de Beja.

Segundo a FAO/IUSS, os Leptossolos são a terceira categoria mais amplamente distribuída no país, ficando atrás apenas dos Cambissolos, que ocupa a posição de primeiro

lugar, e dos Luvisolos, que ocupa a posição de segundo lugar (Inácio et al., 2008). Na área de estudo que é situada em Mirandela, a distribuição percentual se dá da seguinte forma, os Leptosolos ocupam 89,3% da área, seguidos pelos Cambissolos com 9,1% da área e os Fluvisolos com 1,6% da área (Figueiredo, 2013).

2.5 Solo em estudo

2.5.1 Leptosolo

Os Leptosolos são solos jovens, de formação recente em relação a alteração das rochas, sem horizontes nitidamente definidos, geralmente característico de zonas de declive acentuadas. Este tipo de solo se aloca no sub-grupo dos solos líticos, tendo pouca profundidade e tendo a rocha-mãe ou rocha originária mais superficial, a sua textura varia de franca, franco-arenosa e franco-limosa, apresentam um nível de fertilidade médio, por conta da sua capacidade de troca de cátions ser média (AFONSO, N & ARROBAS, M., 2009). Possuem também um elevado proporção de cascalhos, podem ser vulneráveis à erosão, desidratação ou inundação, dependendo das condições climáticas e topográficas em que estão localizados.

Sua relevância é expressiva pois está entre os quatro principais grupos de solos de referência que representam mais de 10% da área total de solos da União Europeia e abrangem aproximadamente 13% de toda a área continental do globo terrestre (BRITANNICA, 2016).

2.6 Degradação dos solos

A degradação dos solos é um grande problema ambiental, e refere-se aos processos que impactam diretamente nas propriedades do solo, principalmente na estrutura, comprometendo suas funções de uso e o seu potencial. As principais causas conhecidas atualmente a cerca desse fator prejudicial são a erosão, a compactação, contaminação por produtos químicos, desmatamento, práticas agrícolas inadequadas, como por exemplo o excesso de revolvimento do solo, entre outras.

A degradação do solo ocorre comumente em áreas de relevo naturalmente acidentado, solos compostos principalmente por elementos grosseiros e com camada superficial rasa. As perdas resultantes desses processos em zonas sensíveis, principalmente quando

combinadas, podem desencadear reações em cadeia, levando a consequências desastrosas e com custos significativos (ALEXANDRE, 2015).

O solo desempenha um papel fundamental na produção agrícola, pois suas propriedades físicas, químicas e biológicas interagem e tendem a um equilíbrio complexo, sob a influência do clima. No entanto, as práticas agrícolas humanas interferem nesse sistema, resultando em alterações que afetam as características do solo, cruciais para o desenvolvimento das plantas e a preservação dos recursos hídricos (KLEIN, 1998).

A ausência de um planejamento adequado para o uso da terra, seja devido à falta de conhecimento ou às necessidades dos agricultores, tem causado diversos impactos negativos. Em algumas regiões, esses impactos atingem limites críticos, resultando em degradação ambiental e redução da qualidade de vida. Essa situação afeta não apenas a comunidade rural, mas também a população como um todo (PEDRON et al., 2006).

2.7 Erosão

A erosão é o fenômeno em que as partículas do solo são desprendidas e arrastadas de forma acelerada devido à ação da água e do vento, conseqüentemente, ocorre uma redução nas reservas de matéria orgânica e de elementos químicos presentes no solo, sem dúvida a erosão é a principal causa do empobrecimento acelerado de terras (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990).

Apesar de que os processos erosivos sejam objeto de estudo em diversos países, os mecanismos que os desencadeiam, bem como as condições que os predispõem, são variáveis e específicos para cada região. Isso ocorre devido à influência de uma ampla gama de fatores naturais, como o clima, as características do relevo, a natureza do solo e a cobertura vegetal presente (RODRIGUES; NISHIYAMA, 2001).

A erosão também resulta em uma redução na qualidade das culturas. De fato, quando os nutrientes são erodidos do solo, não apenas a produção das culturas é diminuída, mas também o seu desenvolvimento ocorre com baixa qualidade e pode haver deficiência de elementos nutritivos essenciais (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990).

A redução da capacidade de infiltração e retenção de umidade do solo representa um problema grave. Em muitos solos, a camada inferior, conhecida como subsolo, apresenta baixo teor de matéria orgânica e menor permeabilidade em comparação com a camada superior. Quando ocorre a erosão da camada superior, o subsolo não consegue absorver

a água da chuva com a mesma eficiência, resultando em maior escoamento superficial e menor disponibilidade de água para as plantas. Além disso, a remoção da camada superior resulta na diminuição do armazenamento de água para as plantas (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990).

A degradação do solo por meio da erosão é acelerada e muito catastrófica, porém com algumas práticas de conservação já existentes pode ser reduzido de forma a ser considerado aceitável ou até mesmo controlada.

2.8 Processos de erosão

2.8.1 Erosão laminar

A erosão laminar refere-se a uma remoção gradual de camadas superficiais de solo em uma determinada área, forma de erosão que passa despercebida, mas é extremamente impactante. Durante períodos chuvosos, ocorrem enxurradas que carregam sedimentos, deixando os solos com coloração mais clara e reduzindo progressivamente sua profundidade. A erosão laminar começa levando as partículas mais leves do solo, e considerando que as partículas menores são a parte mais ativa e valiosa do solo, podemos compreender os impactos negativos na fertilidade do solo. Essa forma de erosão é difícil de ser percebida, mas em cultivos perenes estabelecidos em terrenos suscetíveis, pode-se notar, após alguns anos, que as raízes ficam expostas, indicando a profundidade em que a camada de solo foi erodida (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990).

Quando a água se acumula na superfície, seu movimento não ocorre de forma uniforme, mas sim seguindo o caminho de menor resistência morro abaixo. Cada pequena porção de água busca as depressões do terreno, concentrando-se nelas e adquirindo velocidade à medida que a lâmina de água e a inclinação do terreno aumentam. A capacidade erosiva da enxurrada é determinada pela sua velocidade, turbulência e quantidade e tipo de material abrasivo transportado. A velocidade da enxurrada aumenta conforme sua quantidade e a inclinação do terreno se intensificam (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990).

Portanto a quantidade de material que é transportado irá depender da capacidade de transporte da enxurrada, da densidade e forma das partículas do solo, pela taxa de vegetação do solo, entre outros.

2.8.2 Erosão linear

A formação de ravinamentos resulta de irregularidades na declividade do terreno, que fazem com que a enxurrada se concentre em determinados pontos, adquirindo volume e velocidade suficientes para criar sulcos mais ou menos profundos. Esse tipo de erosão é causado por chuvas intensas em terrenos com elevada inclinação e em áreas de grande escoamento (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990).

Esses sulcos em fase iniciais podem ser reparados com operações de preparo de solo, por isso podem não serem notados com a devida importância, porém o problema aparece quando eles começam repercutir em sérios problemas prejudiciais a produtividade do solo, vale ressaltar que a mobilização do solo para desfazer os sulcos de erosão é prejudicial a estrutura do solo.

Em casos severos de erosão, acarretados pelos fatores já citados de inclinação e escoamento, pode ocorrer o surgimento de ravinas que são feições as quais exibem uma profundidade superior a 0,5 metros, diferenciando-se dos sulcos, pois não são apagadas pelas atividades regulares de preparação do solo. Elas ocorrem quando a água proveniente do escoamento superficial escava o solo, alcançando suas camadas inferiores e, eventualmente, a rocha subjacente. Além disso, movimentos de massa podem ocorrer devido ao desmoronamento de suas encostas (PROIN/CAPES & UNESP/IGCE, 1999).

Essas feições têm uma forma alongada, reta e estreita. Raramente se ramificam e não chegam a atingir o nível de água subterrânea. Apresentam um perfil transversal em forma de "V" e geralmente são encontradas entre os leitos de rios e córregos, frequentemente associadas a estradas, trilhas de gado e caminhos utilizados para o transporte (PROIN/CAPES & UNESP/IGCE, 1999).

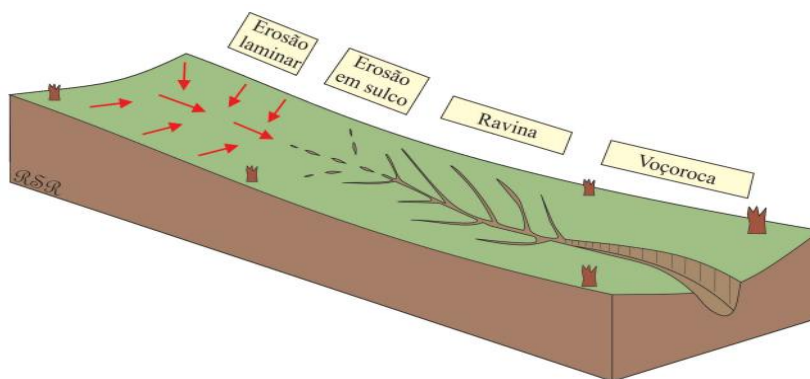


Figura 1- Evolução dos tipos de processos erosivos, voçoroca é um termo utilizado somente no Brasil para descrever a erosão do leñol de escoamento de águas pluviais (RIBEIRO, 2021).

2.9 Metodologias de avaliação de erosão

Como sabemos existem diversas formas de erosão e com isso adotam-se também diversas maneiras de determinar e quantificar as perdas causadas e oriundas da erosão. Existem dois grupos referentes aos tipos de erosão e das metodologias de avaliação, que podem ser definidos por métodos diretos sendo eles, a erosão por impacto, erosão por arrastamento superficial e as perdas por percolação e também os métodos indiretos como, mudança no relevo do solo e alteração na constituição do solo.

Dando enfoque no presente trabalho, por ser um experimento a campo e com chuva natural não controlada, a metodologia de avaliação se dá pelo arrastamento superficial, de maneira geral, a erosão hídrica é a forma mais significativa de erosão e, portanto, crucial no estudo das práticas conservacionistas. A avaliação das perdas por arrastamento superficial é o método mais útil e acessível para analisar o impacto global das características do solo, cobertura vegetal, práticas culturais e, especialmente, práticas de conservação. Ao determinar as perdas por arrastamento superficial em uma determinada área, é possível avaliar os principais tipos de erosão, como erosão por impacto, laminar ou em sulcos. Para fins práticos, é essa avaliação das perdas globais por erosão superficial que é mais relevante. (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990).

A determinação das perdas por erosão pode ser tanto quantitativa quanto qualitativa. A determinação quantitativa envolve a medição do volume e da intensidade do escoamento, enquanto a determinação qualitativa envolve a análise do material erodido. O sistema para determinar o volume das perdas varia consideravelmente dependendo da área do terreno em questão e das diferentes formas de uso do solo. (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990).

3 Material e Métodos

3.1 Caracterização do local

O experimento foi conduzido em um olival na aldeia de Suções, em Mirandela, situada no Nordeste de Portugal. Dividido em duas parcelas, uma apresentando solo não mobilizado, apresentando área de 0,31 hectares (figura 2), enquanto a segunda parcela apresenta solo mobilizado com 0,51 hectares de área (figura 2). O clima presente na região em que foi implantado o experimento segundo Koppen é caracterizado como mediterrânico (Csb), com uma temperatura média estimada de 14,3 °C e pluviosidade média de 508,6 mm anual. O solo predominante da área de estudo é caracterizado como Leptossolo, com classe de textura franco-arenoso e com teor de matéria orgânica em solo mobilizado de 2,4% (0 – 10 cm) e em solo não mobilizado teor de 2,8% (0 – 10 cm), e o relevo apresentando algumas ondulações e declive.

Foram realizadas observações e anotações referentes a sulcos de erosões presentes na área de estudo, sendo então coletadas para a área não mobilizada 110 anotações da presença de números de sulcos de erosão e para a área mobilizada 185 anotações de números de sulcos de erosão. Para cada sulco foi anotado o transecto em que se inseria, a forma geométrica, profundidade e largura.



Figura 2- Local do estudo, (Google Earth, 2023).

3.2 Medições dos sulcos

Os locais foram escolhidos entre os mais impactados pela erosão linear após um reconhecimento das áreas, realizado quando as chuvas cessaram na região, essas chuvadas acontecerem concentradamente em dois dias com grandes volumes de precipitação, sendo dia 30 de setembro de 2022 e 02 de novembro de 2022, atingindo um total de 74 e 95mm de precipitação respectivamente (SANTOS, R et al., 2023).

Na área de estudo com o solo mobilizado, foram realizadas as seguintes mobilizações, uma primeira sementeira no dia 08 de março do ano de 2022, uma mobilização devido ao risco de incêndio no início do mês de junho de 2022. Já no dia 30 de setembro de 2022 foi detectada a presença dos primeiros sulcos de erosão, os quais foram medidos no dia 11 de novembro de 2022, após isso no dia 16 de novembro de 2022 foi realizada uma segunda sementeira com um número menor de espécies e por fim no dia 10 de maio de 2023 foi realizada outra mobilização na qual os sulcos presentes na área foram desfeitos.

Já para a área não mobilizada a primeira sementeira também ocorreu no dia no dia 08 de março do ano de 2022, essa sementeira teve somente a incorporação das sementes com o solo, não revolvendo o solo de forma significativa, a detecção da presença de sulcos também ocorreu no dia 30 de setembro de 2022 e a medição desses sulcos ocorreu no dia 10 de novembro de 2022, após isso aconteceu também uma segunda sementeira igual a realizada na área mobilizada com um menor número de espécies implantadas e na mesma data.

Sendo assim feitas as medições dos sulcos de erosão para cada área da seguinte forma, demarcou-se a área mobilizada e a não mobilizada, as quais continham declives acentuados para o mesmo sentido, sendo o norte, para a área mobilizada foi encontrando uma declividade média de 13% e uma área de contribuição de drenagem de 6.272 metros, sendo essa área contabilizada após uma vala presente acima da área de estudo, a qual tinha a finalidade de retenção da água (figura 3). Já para a área não mobilizada foi encontrado uma declividade de 11% e uma área de contribuição de drenagem de 5.245 metros (figura 4).

Ao longo dos transectos, todas as incisões (sulcos e ravinas) foram identificadas e suas áreas transversais foram estimadas, medindo-se a largura e a profundidade das incisões, além de avaliar visualmente a forma da seção transversal (semicircular, triangular ou retangular). Os volumes erodidos foram estimados integrando as áreas dos cortes transversais ao longo do eixo das incisões. Os volumes totais erodidos correspondem ao volume de todas as incisões medidas. Essas medições foram realizadas sempre ao longo do transecto, inicialmente

da esquerda para direita e voltando da direita para a esquerda. Para obtenção das taxas de solo perdido em toneladas foi necessário saber os níveis de densidade do solo para cada uma das áreas, as quais foram fornecidas pela colega Renecleide Viana, com essas densidades de cada área, referentes as camadas do solo de 0-10 cm e de 10-20 cm foi possível ponderar a densidade do solo perdido de acordo com a profundidade dos sulcos de erosão.

Cada transecto de ambas as áreas era composto por 7 metros de comprimento cada, sendo esse o espaçamento entre uma oliveira e outra, para o estudo foram coletadas as medidas dos sulcos presentes no transecto zero (T0) ao transecto sete (T7).

Com todas as anotações feitas referentes a quantidade de sulcos por transectos, suas referidas medidas e formatos (figura 5), esses dados foram exportados para uma planilha do Excel, onde foi realizado a contagem dos sulcos, as médias de profundidade e largura, e os cálculos das áreas de secções dos sulcos, de volume dos sulcos e de perda de solo.

Além das medidas dos sulcos causados pela erosão linear presente em ambas as áreas e os referentes cálculos, também foi realizado o cálculo de perda de solo laminar, através da utilização da Equação Universal de Perda de Solo, onde:

A= R.K.L.S.C.P

A- Representa uma estimativa de perda de solo anual.

R- Fator erosividade da chuva.

K- Fator erodibilidade do solo.

L- Fator comprimento da encosta.

S- Declividade do terreno.

C- Fator uso e manejo do solo.

P- Fator práticas conservacionistas.

Para a resolução do cálculo estimado dessa perda de solo em razão da erosão laminar foi necessária uma análise do solo para cada área de estudo, a qual também foi fornecida pela colega Renecleide Viana, juntamente com as taxas de cobertura de solo e dos parâmetros topográficos, dados os quais foram necessários para calcular a taxa de perda de solo estimada. Sendo esses dados, o fator erosividade da chuva (precipitação), erodibilidade do solo, a qual foi determinada com auxílio do Ábaco (figura 6), onde entram características como porcentagem de matéria orgânica, limo, argila, areia fina entre outras. Também foi necessário o comprimento da rampa, a declividade do terreno, o fator uso e manejo do solo e por fim o fator das práticas conservacionistas.

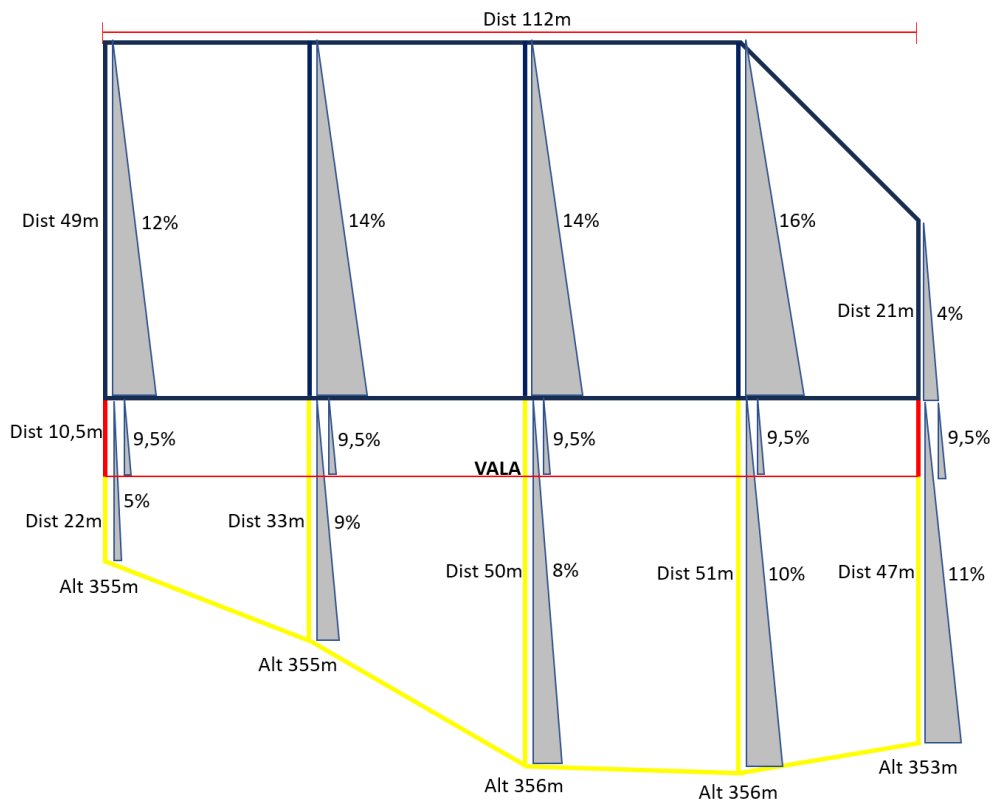


Figura 3- Área total de drenagem e declividade da área mobilizada, em relação à altitude mais elevada encontrada na área.

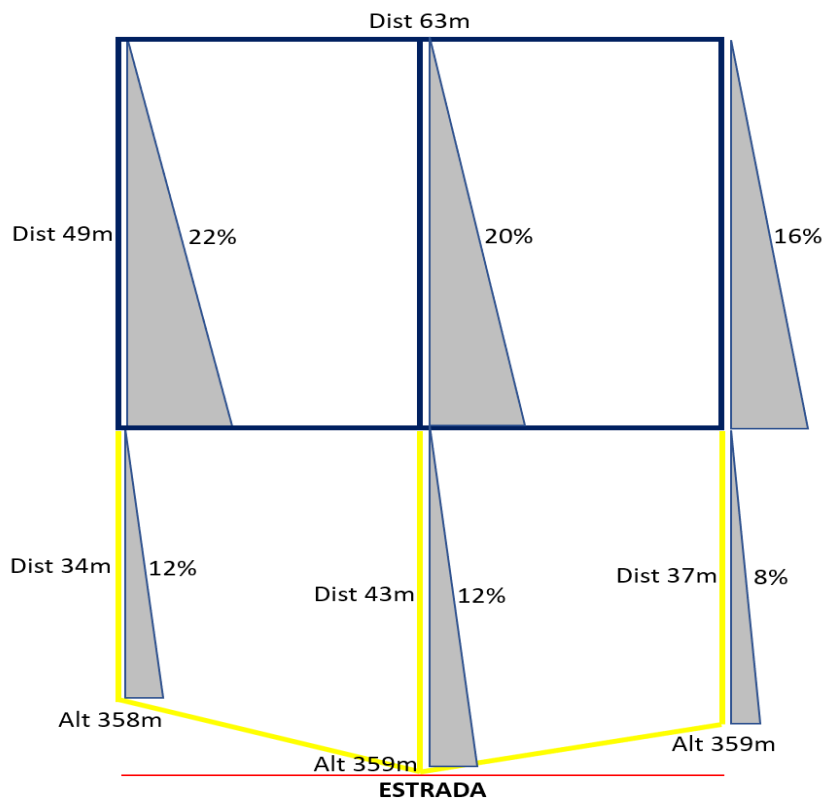


Figura 4- Área total de drenagem e declividade da área não mobilizada em relação à altitude mais elevada encontrada na área.



Figura 5- Medição da profundidade e largura dos sulcos, e observação visual do seu formato.

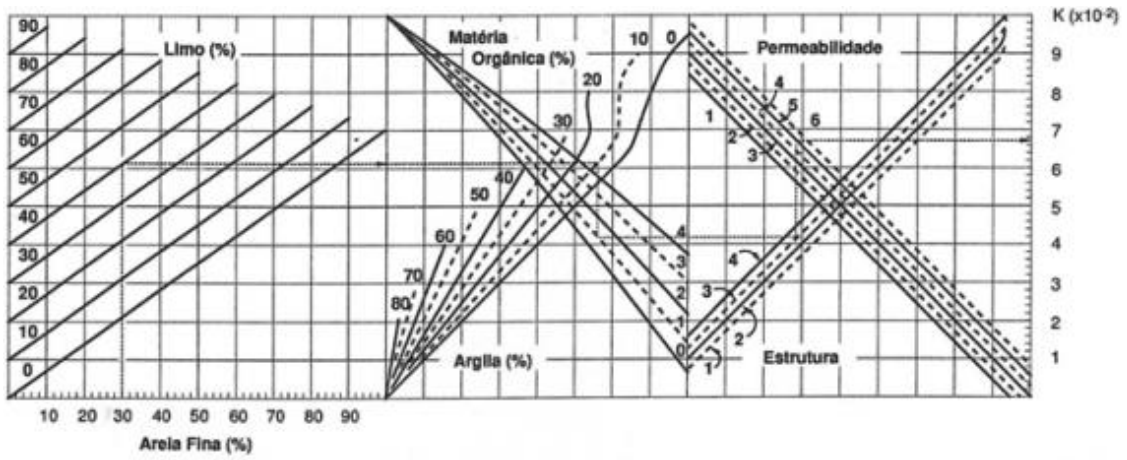


Figura 6- Ábaco para estimativa da erodibilidade do solo: Fator K (Figueiredo, 2015).

4 Resultados

Neste capítulo se apresenta os resultados referentes às aos dados de medições coletadas durante o experimento, em seguida, os dados serão analisados e comparados sempre mostrando primeiramente os dados da área mobilizada e depois os da não mobilizada, para que no tópico seguinte seja possível discuti-los.

4.1 Profundidade dos sulcos

Na figura 7, são apresentadas as profundidades dos sulcos em centímetros, correspondentes à área mobilizada e seus respectivos transectos, os quais foram numerados em sequência do topo para a base da encosta. Observa-se que a menor profundidade mínima encontrada na área mobilizada está no transecto 0 (T0), enquanto as maiores profundidades mínimas são encontradas nos transectos 5 e 6 (T5 e T6). Por outro lado, a maior profundidade máxima é encontrada no último transecto, ou seja, no transecto 7 (T7), enquanto a menor profundidade máxima está no transecto 0 (T0).

Ao analisar as médias de profundidade dos sulcos, constata-se que a maior média ocorre no transecto 6 (T6), enquanto a menor média é observada no transecto 0 (T0). No que diz respeito ao desvio padrão, a maior variação é encontrada no transecto 7 (T7), indicando maior heterogeneidade nas profundidades nesse local. Por outro lado, a menor variação é observada no transecto 3 (T3), denotando uma maior uniformidade nas profundidades ao longo desse transecto.

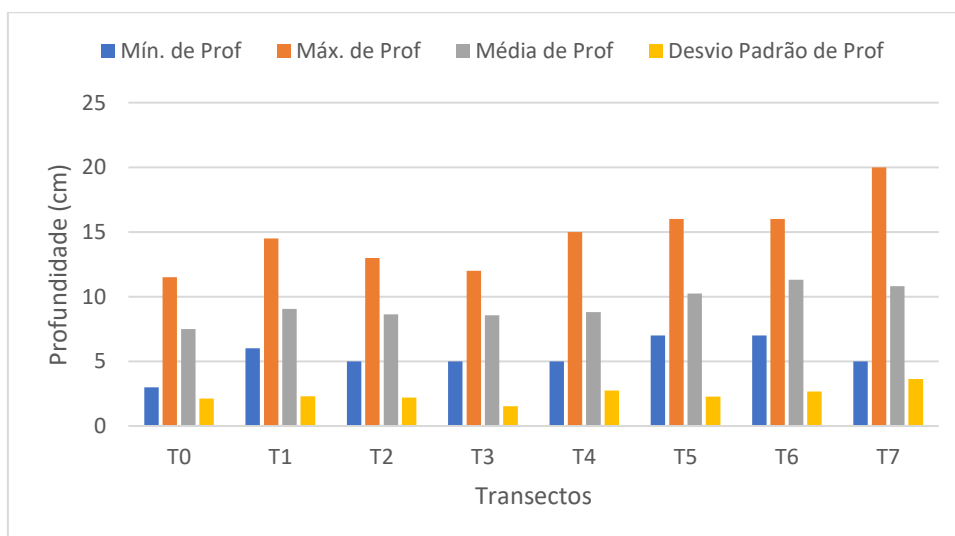


Figura 7- Profundidade mínima, máxima, média e o desvio padrão dos sulcos em centímetros, referente a cada transecto da área mobilizada.

Na figura 8, são apresentadas as profundidades dos sulcos em centímetros, correspondentes à área não mobilizada e seus respectivos transectos. Observa-se que as menores profundidades mínimas encontradas na área não mobilizada estão nos transectos 4 e 5 (T4 e T5), enquanto a maior profundidade mínima é encontrada no último transecto, ou seja, no transecto 7 (T7).

No que diz respeito às profundidades máximas dos sulcos, observa-se que três transectos apresentam a mesma profundidade máxima, sendo eles os transectos 1, 2 e 6 (T1, T2 e T6), enquanto a menor profundidade máxima está no último transecto, o transecto 7 (T7).

Ao analisar as médias de profundidade dos sulcos, constata-se que a maior média ocorre no transecto 1 (T1), enquanto a menor média é observada no transecto 5 (T5).

Em relação ao desvio padrão das profundidades dos sulcos, a maior variação é encontrada no transecto 5 (T5), indicando uma maior heterogeneidade nas profundidades dos sulcos nesse local. Por outro lado, a menor variação é observada no último transecto, o transecto 7 (T7), denotando uma maior uniformidade nas profundidades dos sulcos ao longo desse transecto.

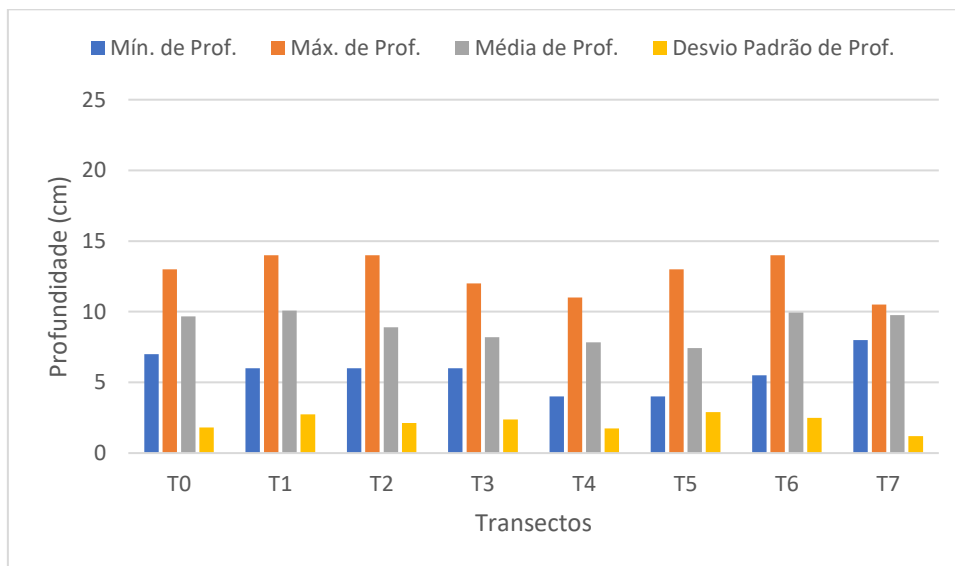


Figura 8- Profundidade mínima, máxima, média e o desvio padrão dos sulcos em centímetros, referente a cada transecto da área não mobilizada.

4.2 Largura dos sulcos

Na figura 9, são apresentadas as larguras dos sulcos em centímetros, correspondentes à área mobilizada e seus respectivos transectos. Observa-se que a menor largura mínima encontrada na área mobilizada está no transecto 1 (T1), enquanto a maior largura mínima é encontrada no transecto 6 (T6).

No que diz respeito às larguras máximas dos sulcos, destaca-se que a maior largura máxima está concentrada no último transecto, o transecto 7 (T7), indicando a presença de sulcos mais largos nessa área. Por outro lado, a menor largura máxima é encontrada no transecto 1 (T1).

Ao analisar as médias de largura dos sulcos, observa-se que a maior média ocorre no último transecto, o transecto 7 (T7), indicando uma tendência de sulcos mais largos nessa região. Já a menor média é observada no transecto 0 (T0).

Em relação ao desvio padrão das larguras dos sulcos, destaca-se que a maior variação ocorre no último transecto, o transecto 7 (T7), indicando uma maior heterogeneidade nas larguras dos sulcos nesse local. Por outro lado, a menor variação é observada no transecto 2 (T2), denotando uma maior uniformidade nas larguras dos sulcos ao longo desse transecto.

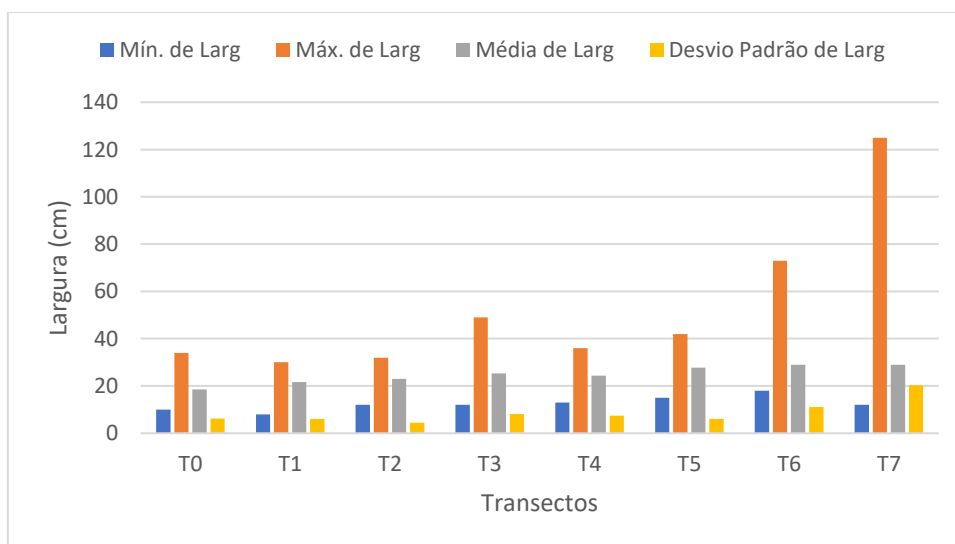


Figura 9- Largura mínima, máxima, média e o desvio padrão dos sulcos em centímetros, referente a cada transecto da área mobilizada.

Na figura 10, são apresentadas as larguras dos sulcos em centímetros, correspondentes à área não mobilizada e seus respectivos transectos. Observa-se que a menor

largura mínima encontrada na área não mobilizada está no transecto 6 (T6), enquanto a maior largura mínima é encontrada no último transecto, o transecto 7 (T7).

No que diz respeito às larguras máximas dos sulcos, destaca-se que a maior largura máxima é encontrada no transecto 5 (T5), indicando a presença de sulcos mais largos nessa área. Por outro lado, a menor largura máxima é encontrada no transecto 0 (T0).

Ao analisar as médias de largura dos sulcos, observa-se que a maior média ocorre no último transecto, o transecto 7 (T7), indicando uma tendência de sulcos mais largos nessa região. Já a menor média é observada no transecto 0 (T0).

Em relação ao desvio padrão das larguras dos sulcos, destaca-se que a maior variação ocorre no transecto 5 (T5), indicando uma maior heterogeneidade nas larguras dos sulcos nesse local. Por outro lado, a menor variação é observada no transecto 0 (T0), denotando uma maior uniformidade nas larguras dos sulcos ao longo desse transecto.

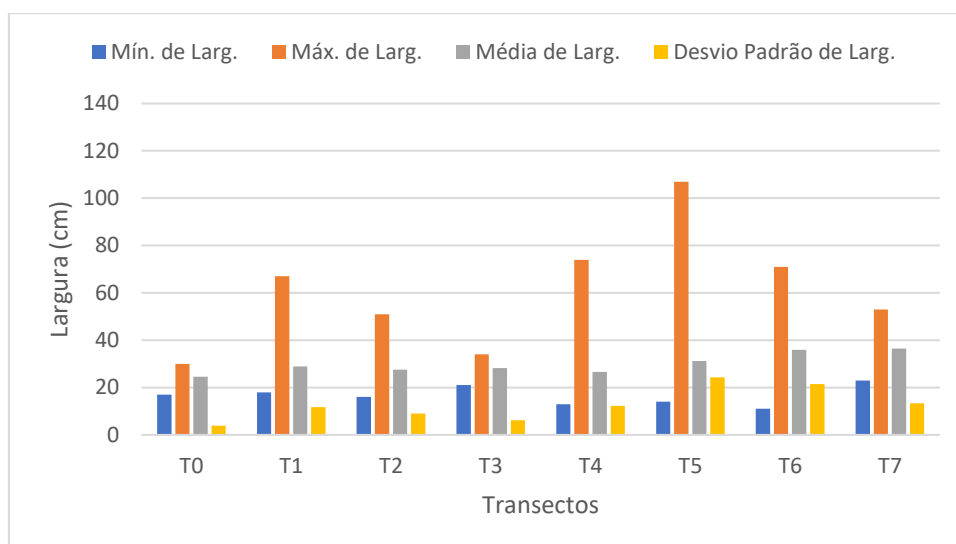


Figura 10- Largura mínima, máxima, média e o desvio padrão dos sulcos em centímetros, referente a cada transecto da área não mobilizada.

4.3 Formato dos sulcos

Na figura 11, são apresentadas as formas geométricas das secções dos sulcos na área mobilizada e seus respectivos transectos, bem como a porcentagem de cada uma das formas. Vamos analisar os dados para cada transecto:

No transecto 0 (T0), a maior porcentagem de formas encontrada foi para o formato semicircular, representando 50% dos sulcos, seguido pelo formato retangular com 30% e o trapezoidal com 20%. No transecto 1 (T1), a maior porcentagem de formas encontrada foi

para o formato semicircular, representando 42,86% dos sulcos, seguido pelo formato retangular com 19,05%, o triangular com 14,29% e o trapezoidal com 23,81%. No transecto 2 (T2), a maior percentagem de formas encontrada foi para o formato semicircular, representando 50% dos sulcos, seguido pelo formato retangular com 25% e o trapezoidal com 25%. No transecto 3 (T3), a maior percentagem de formas encontrada foi para o formato retangular, representando 35% dos sulcos, seguido pelo formato semicircular com 30%, o triangular com 5% e o trapezoidal com 30%. No transecto 4 (T4), a maior percentagem de formas encontrada foi para o formato semicircular, representando 53,33% dos sulcos, seguido pelo formato retangular com 33,33%, o triangular com 6,67% e o trapezoidal com 6,67%. No transecto 5 (T5), a maior percentagem de formas encontrada foi para o formato semicircular, representando 56% dos sulcos, seguido pelo formato retangular com 24%, o triangular com 8% e o trapezoidal com 12%. No transecto 6 (T6), a maior percentagem de formas encontrada foi para o formato semicircular, representando 44% dos sulcos, seguido pelo formato retangular com 24%, o triangular com 16% e o trapezoidal com 16%. No transecto 7 (T7), a maior percentagem de formas encontrada foi para o formato semicircular, representando 54,29% dos sulcos, seguido pelo formato retangular com 31,43%, o triangular com 2,84% e o trapezoidal com 11,43%.

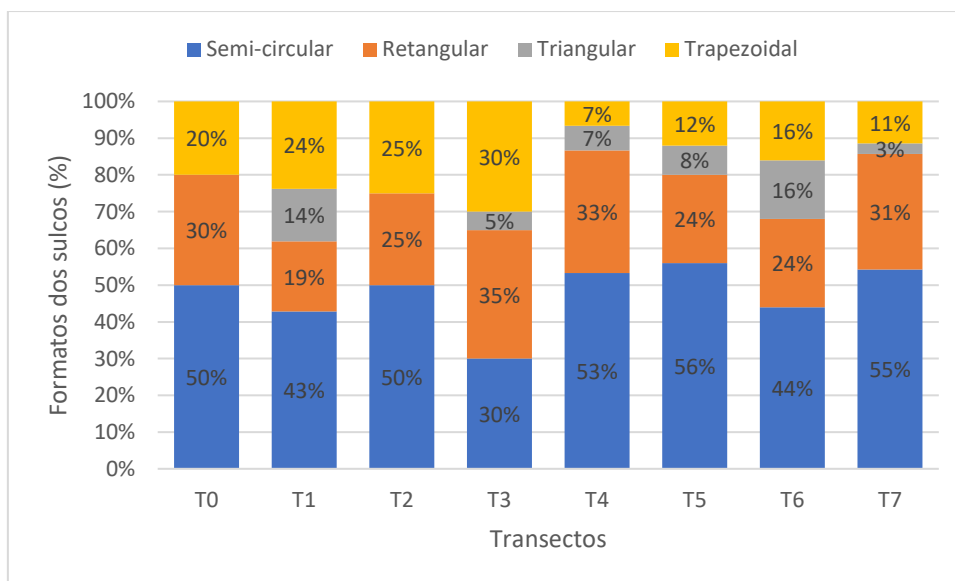


Figura 11- Forma geométrica dos sulcos em percentagem, referente a cada transecto da área mobilizada.

Na figura 12, são apresentadas as formas geométricas das secções dos sulcos na área não mobilizada e seus respectivos transectos, juntamente com a percentagem de cada uma das formas predominantes. Vamos analisar os dados para cada transecto:

No transecto 0 (T0), a maior percentagem de formas encontrada foi para o formato semicircular, representando 86,67% dos sulcos, seguido pelo formato retangular com

6,67% e o triangular com 6,67%. No transecto 1 (T1), a maior porcentagem de formas encontrada foi para o formato semicircular, representando 55,56% dos sulcos, seguido pelo formato retangular com 27,78% e o trapezoidal com 16,67%. No transecto 2 (T2), a maior porcentagem de formas encontrada foi para o formato semicircular, representando 55,56% dos sulcos, seguido pelo formato retangular com 38,89% e o trapezoidal com 5,56%. No transecto 3 (T3), a maior porcentagem de formas encontrada foi para o formato semicircular, representando 80% dos sulcos, seguido pelo formato retangular com 20%. No transecto 4 (T4), a maior porcentagem de formas encontrada foi para o formato semicircular, representando 45,83% dos sulcos, seguido pelo formato retangular com 33,33% e o trapezoidal com 20,83%. No transecto 5 (T5), a maior porcentagem de formas encontrada foi para o formato retangular, representando 56,25% dos sulcos, enquanto o formato semicircular representou 43,75% dos sulcos. No transecto 6 (T6), a maior porcentagem de formas encontrada foi para o formato retangular, representando 60% dos sulcos, seguido pelo formato semicircular com 30% e o trapezoidal com 10%. No transecto 7 (T7), o último transecto, a porcentagem foi dividida igualmente entre o formato semicircular e o retangular, ambos com 50%.

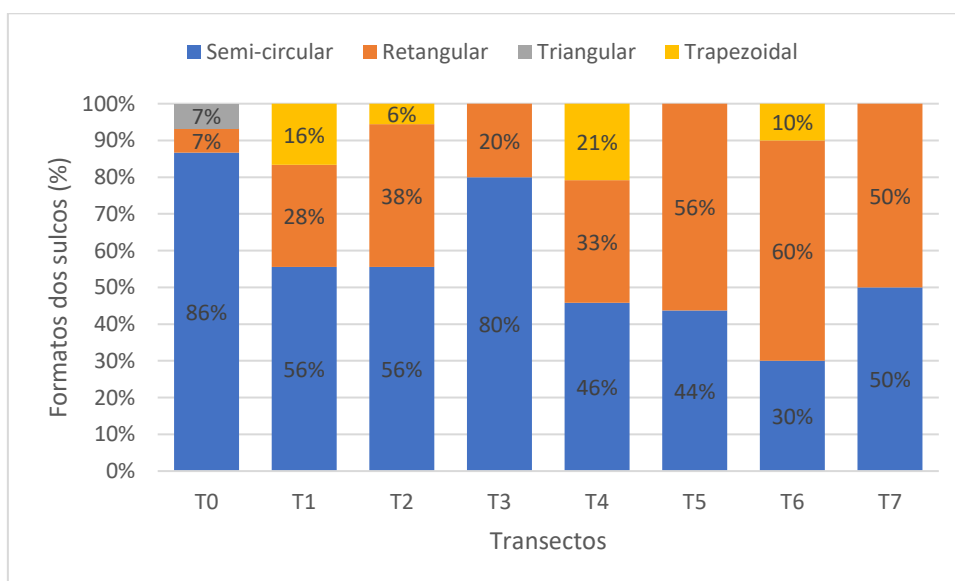


Figura 12- Forma geométrica dos sulcos em porcentagem, referente a cada transecto da área não mobilizada.

4.4 Contagem e área dos sulcos

Na figura 13, são apresentadas as quantidades de sulcos e suas áreas de seções em centímetros quadrados (cm²), correspondentes à área mobilizada, juntamente com seus respectivos transectos. Onde no transecto 7 (T7), o último transecto, foi observada a maior

contagem de sulcos, indicando uma maior densidade de sulcos nessa área. Além disso, também foi registrada a maior soma da área de secção dos sulcos em centímetros quadrados nesse transecto.

Por outro lado, no transecto 4 (T4), foi observada a menor contagem de sulcos, indicando uma menor densidade de sulcos nessa área. Por fim, no transecto 0 (T0), foi registrada a menor soma da área de secção dos sulcos em centímetros quadrados, indicando que os sulcos presentes nessa área mobilizada são estreitos e de menor profundidade.

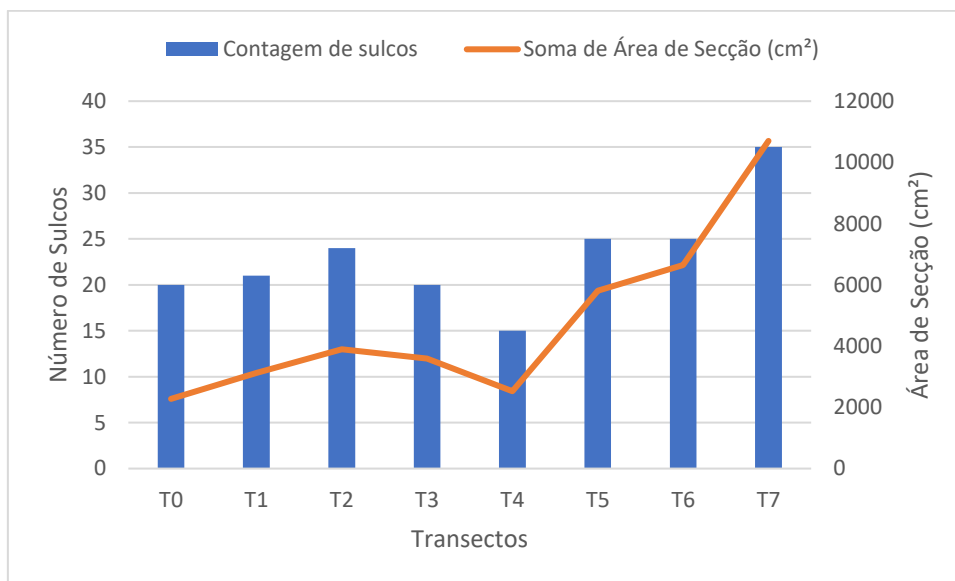


Figura 13- Soma da área de secção em centímetros quadrados em razão ao número de sulcos, referente a cada transecto da área mobilizada.

Na figura 14, são apresentadas as quantidades de sulcos e suas áreas de secção em centímetros quadrados, correspondentes à área não mobilizada, juntamente com seus respectivos transectos. Onde no transecto 4 (T4), foi observada a maior contagem de sulcos, indicando uma maior densidade de sulcos nessa área não mobilizada. Além disso, no transecto 1 (T1), foi registrada a maior soma da área de secção dos sulcos em centímetros quadrados.

Por outro lado, no transecto 7 (T7), o último transecto, foi registrada a menor contagem de sulcos, indicando uma menor densidade de sulcos nessa área não mobilizada. Além disso, no transecto 3 (T3), foi registrada a menor soma da área de secção dos sulcos em centímetros quadrados, indicativo de que os sulcos presentes nessa região são menores em termos de área de secção.

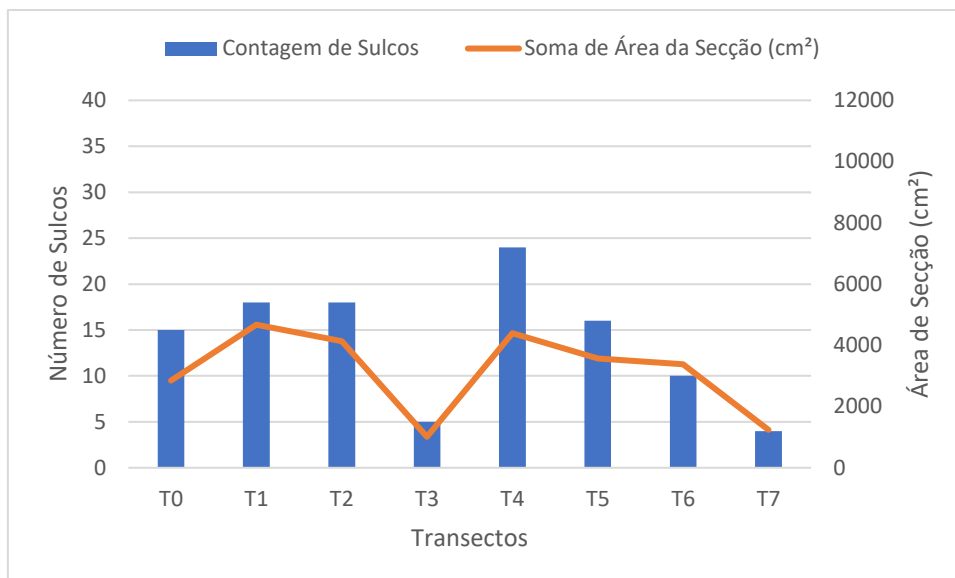


Figura 14- Soma da área de seção em centímetros quadrados em razão ao número de sulcos, referente a cada transecto da área não mobilizada.

4.5 Volume dos sulcos e perda de solo

Na figura 15, são apresentados os volumes dos sulcos por seguimento em metros cúbicos e as perdas de solo em toneladas, causadas pela presença desses sulcos nos seguimentos, juntamente com seus respectivos transectos referentes à área mobilizada. Onde no transecto 7 (T7), o último transecto, foi encontrado o maior volume de sulcos por seguimento em metros cúbicos na área mobilizada, conseqüentemente contribuindo para a maior perda de solo em toneladas por seguimento que também foi encontrada nesse transecto.

Por outro lado, no transecto 1 (T1), foi encontrado o menor volume de sulcos por seguimento em metros cúbicos na área mobilizada e contribuindo conseqüentemente para a menor perda de solo em toneladas por seguimento que também foi encontrada nesse transecto.

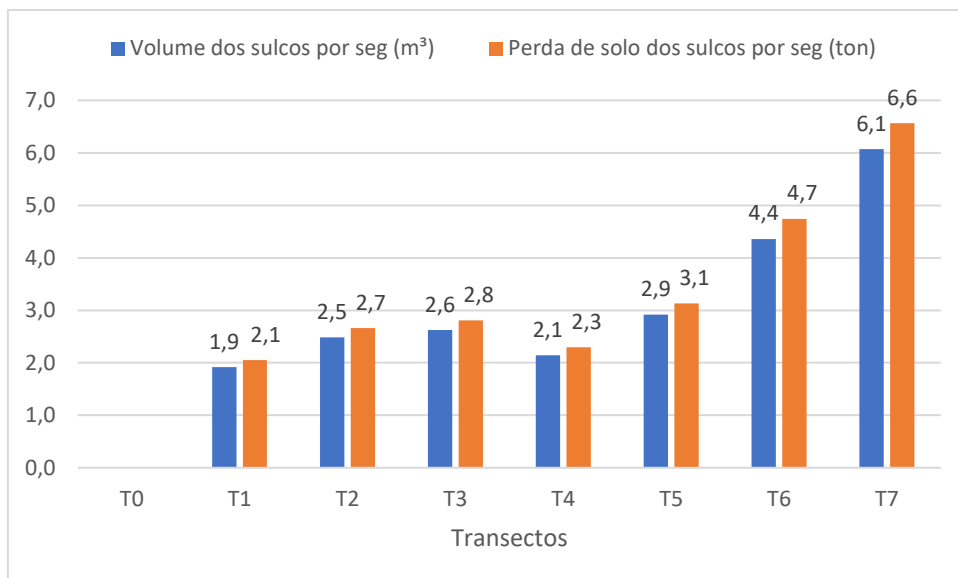


Figura 15- Volume dos sulcos em metros cúbicos por seguimento e a sua relação com a perda de solo em toneladas, referente a cada transecto da área mobilizada.

Na figura 16, são apresentados os volumes dos sulcos por seguimento em metros cúbicos e as perdas de solo em toneladas causadas pela presença desses sulcos nos seguimentos, juntamente com seus respectivos transectos referentes à área não mobilizada. Onde no transecto 4 (T4), foi encontrado o maior volume de sulcos por seguimento em metros cúbicos na área não mobilizada, contribuindo para uma maior perda de solo em toneladas por seguimento que também foi registrada nesse transecto.

Por outro lado, no transecto 7 (T7), o último transecto, foi encontrado o menor volume de sulcos por seguimento em metros cúbicos na área não mobilizada, contribuindo também para a menor perda de solo em toneladas dos transectos, no entanto, é interessante notar que mesmo com um menor volume de sulcos, ainda ocorreu uma considerável perda de solo em toneladas por seguimento, destacando que, entre todos os transectos da área não mobilizada, não foram encontradas grandes diferenças nos volumes dos sulcos e nas perdas de solo em relação com a área mobilizada.

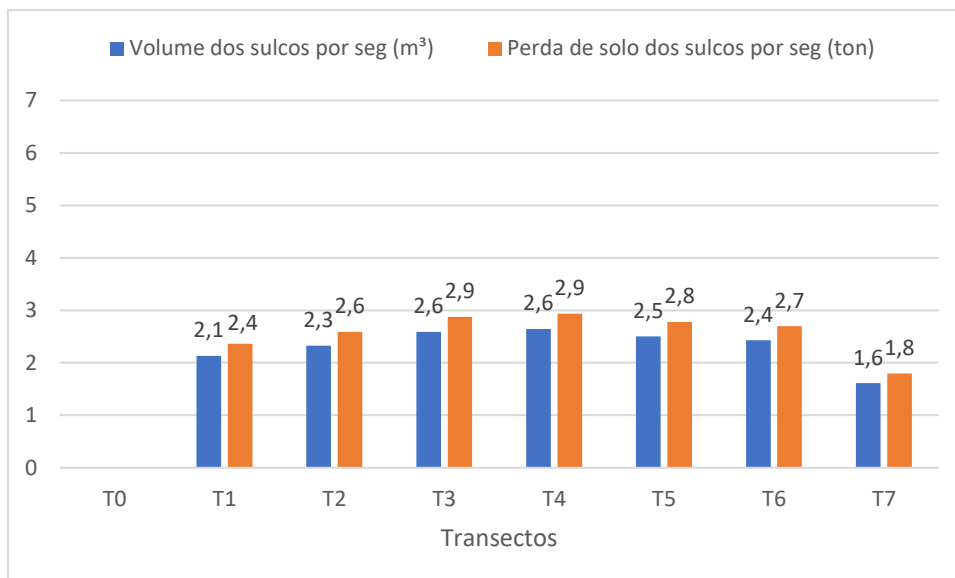


Figura 16- Volume dos sulcos em metros cúbicos por seguimento e a sua relação com a perda de solo em toneladas, referente a cada transecto da área não mobilizada.

4.6 Perda de solo em relação a distância e o desnível do terreno

Na figura 17, são apresentados o peso de solo perdido em toneladas causado pela presença de sulcos em relação à distância percorrida pelos sulcos em metros e ao desnível da área em metros, referentes à área mobilizada. Ao observar a relação entre a distância percorrida no sulco e o desnível do terreno, nota-se que, inicialmente, para distâncias e desníveis zero, não há perda quantificada de solo. No entanto, à medida que a distância percorrida e o desnível aumentam, o peso de solo perdido também aumenta consequentemente.

O pico de perda de solo é observado quando a distância percorrida atinge 49 metros, juntamente com um desnível de 7 metros em relação ao topo da área. Nesse ponto, tanto a distância quanto o desnível atingem seus valores máximos, resultando em uma maior área de escoamento e maior potencial erosivo, isso faz com que o a perda de solo em toneladas para a área mobilizada seja levada ao seu pico, crescendo juntamente com os demais fatores.

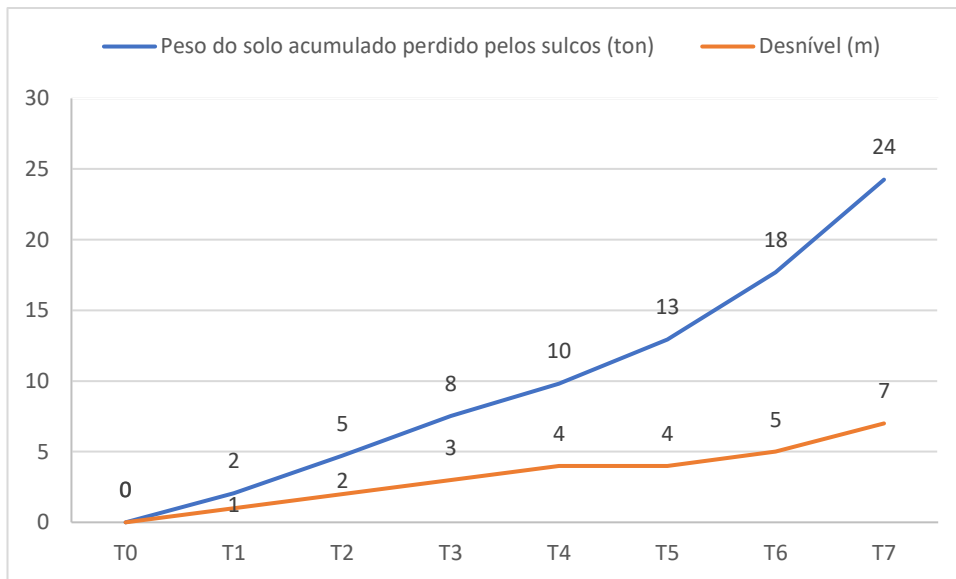


Figura 17- Perda de solo em toneladas em relação com o desnível do terreno em metros, referente a área mobilizada.

Na figura 18, são apresentados os pesos de solo perdido em toneladas causados pela presença de sulcos em relação à distância percorrida pelos sulcos em metros e ao desnível da área em metros, referentes à área não mobilizada. Ao analisar a relação entre a distância percorrida no sulco e o desnível do terreno, observa-se que, inicialmente, para distâncias e desníveis zero, não há perda quantificada de solo. No entanto, à medida que a distância percorrida e o desnível aumentam, ocorre um aumento proporcional no peso de solo perdido assim como na área mobilizada.

O pico de perda de solo se repete na área não mobilizada e assim como na mobilizada é alcançado quando a distância percorrida atinge 49 metros, juntamente com um desnível de 10 metros em relação ao topo da área. Nesse ponto, tanto a distância percorrida quanto o desnível atingem seus valores máximos, resultando em uma maior área de escoamento e um maior potencial erosivo. Isso leva ao pico de perda de solo, onde a quantidade de solo perdido em toneladas na área não mobilizada atinge seu máximo, acompanhando o crescimento desses fatores.

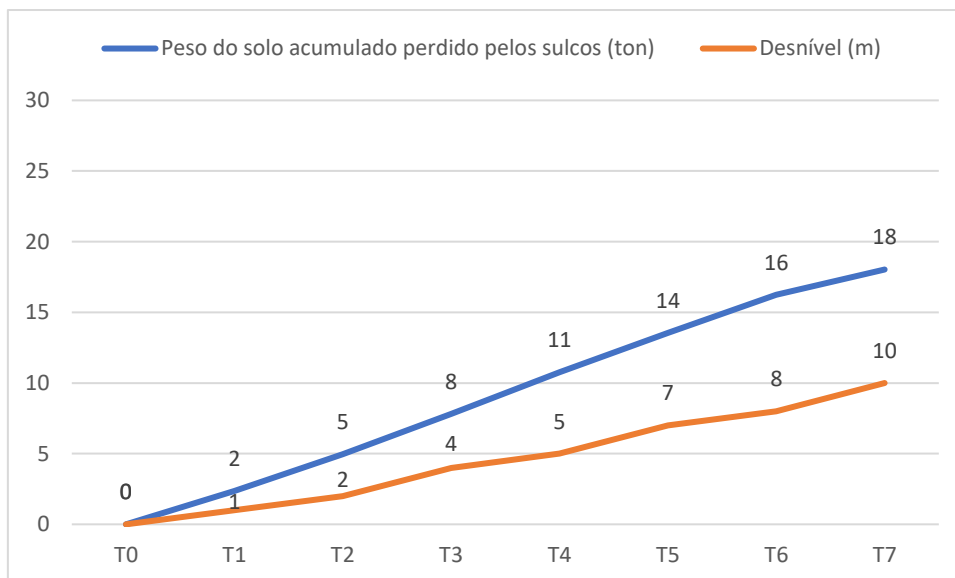


Figura 18- Perda de solo em toneladas em relação com o desnível do terreno em metros, referente a área não mobilizada.

4.7 Perda de solo exportada para hectare

Na figura 19, são apresentadas as perdas de solo em toneladas por hectare causadas pela presença de sulcos para cada transecto da área mobilizada, além da média de perda de solo nessa área. Onde a maior taxa de perda de solo em toneladas por hectare para a área mobilizada foi registrada no transecto 7 (T7), o último transecto. Isso indica que nessa região específica os sulcos contribuíram para uma maior erosão e, consequentemente, uma maior perda de solo em relação à área total.

Por outro lado, a menor taxa de perda de solo ocorreu no transecto 1 (T1). Isso indica que nessa região os sulcos causaram uma menor erosão e, consequentemente, uma menor perda de solo em relação à área total.

Além disso, os transectos 5, 6 e 7 (T5, T6 e T7) apresentaram uma perda de solo acima da média geral da área mobilizada. Por outro lado, os transectos 1, 2, 3 e 4 (T1, T2, T3 e T4) apresentaram uma perda de solo abaixo da média geral.

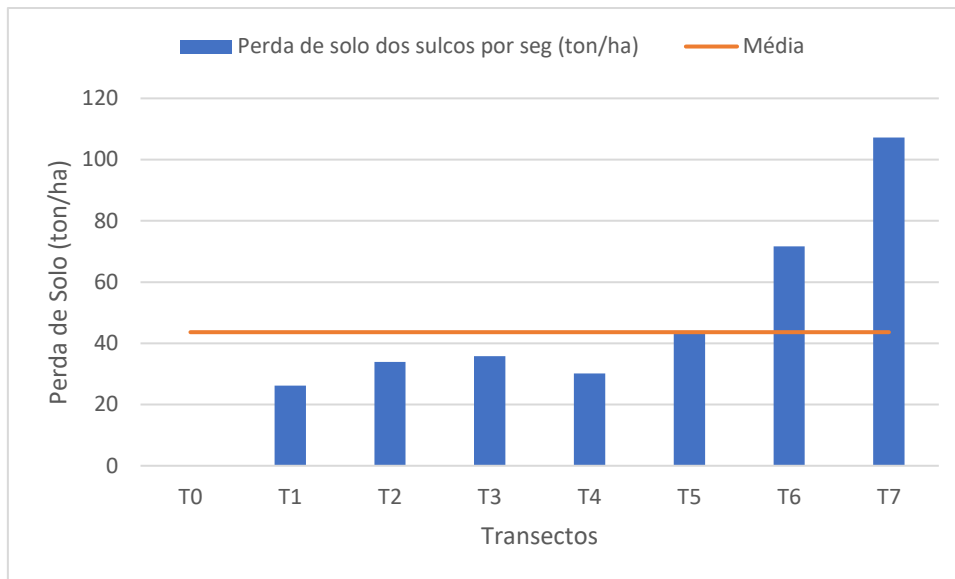


Figura 19- Perda de solo dos sulcos por seguimento em toneladas por hectare, referente a cada transecto da área mobilizada e a média de perda de solo em toneladas por unidade de área.

Na figura 20, são apresentadas as perdas de solo em toneladas por hectare causadas pela presença de sulcos para cada transecto da área não mobilizada, além da média de perda de solo nessa área. Onde a maior taxa de perda de solo em toneladas por hectare para a área não mobilizada foi registrada no transecto 4 (T4). Isso indica que nessa região específica os sulcos contribuíram para uma erosão mais intensa e, conseqüentemente, uma maior perda de solo em relação à área total.

Por outro lado, a menor taxa de perda de solo ocorreu no transecto 7 (T7). Isso indica que nessa região os sulcos causaram uma menor erosão e, conseqüentemente, uma menor perda de solo em relação à área total.

Além disso, os transectos 1, 2, 3, 4, 5 e 6 (T1, T2, T3, T4, T5 e T6) apresentaram uma perda de solo acima da média geral da área não mobilizada. Por outro lado, somente o transecto 7 (T7) apresentou uma perda de solo abaixo da média geral.

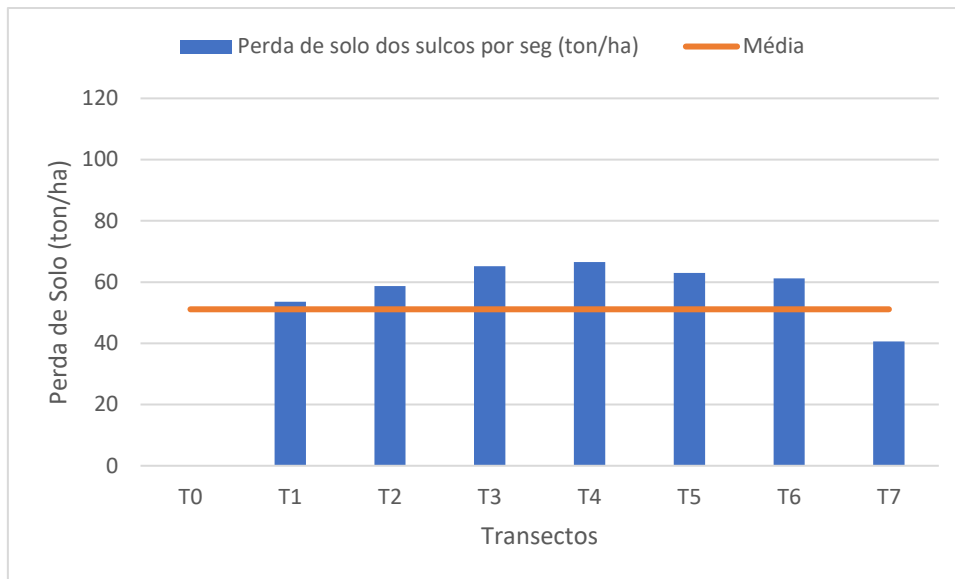


Figura 20- Perda de solo dos sulcos por seguimento em toneladas por hectare, referente a cada transecto da área não mobilizada e a média de perda de solo em toneladas por unidade de área.

Na figura 21, são apresentadas as perdas totais de solo em metros cúbicos por hectare em relação às perdas totais de solo expressas em toneladas por hectare, referentes à presença de sulcos na área mobilizada. Ao analisar os dados, observa-se que a perda de solo expressa em metros cúbicos por hectare foi registrada como 35,9, enquanto a perda de solo expressa em toneladas por hectare foi medida em 38,6. Essa comparação destaca a relevância da densidade do solo na avaliação da perda de solo.

A discrepância entre as duas unidades de medida, metros cúbicos e toneladas, é influenciada diretamente pela densidade do solo, isso demonstra que o mesmo volume de solo perdido pode resultar em diferentes quantidades de massa, dependendo da densidade do solo. Isso ressalta a importância de considerar a densidade do solo ao avaliar e comparar as perdas de solo, pois essa variável pode influenciar significativamente os resultados.

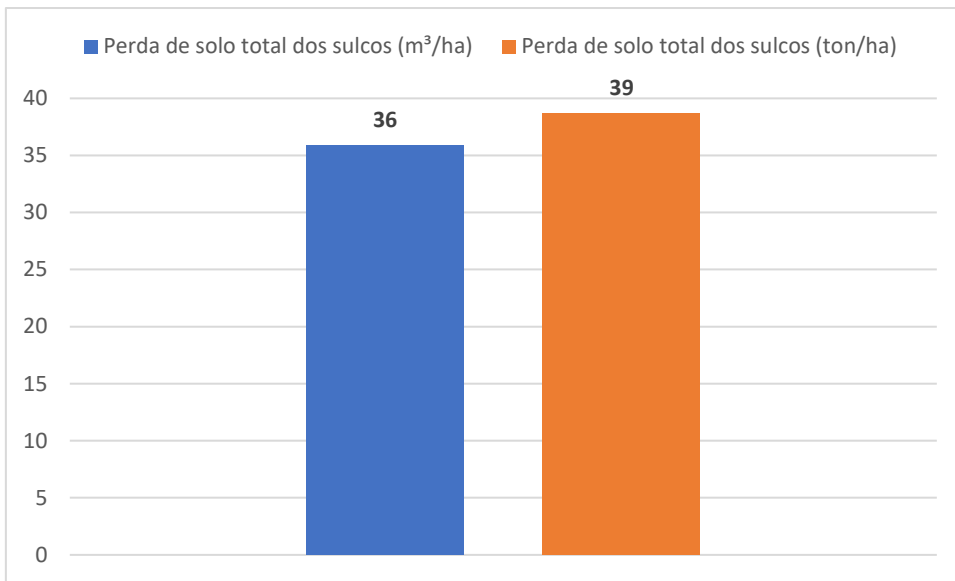


Figura 21- Perda de solo total dos sulcos em metros cúbicos por hectare em relação com a perda de solo total em toneladas por hectare, referente a área mobilizada.

Na figura 22, são apresentadas as perdas totais de solo em metros cúbicos por hectare em relação às perdas totais de solo expressas em toneladas por hectare, referentes à presença de sulcos na área não mobilizada. Ao analisar os dados, é possível observar que a perda de solo expressa em metros cúbicos por hectare foi registrada como 30,9, enquanto a perda de solo expressa em toneladas por hectare foi calculada em 34,4. Essa comparação ressalta novamente a importância da densidade do solo na interpretação das perdas de solo.

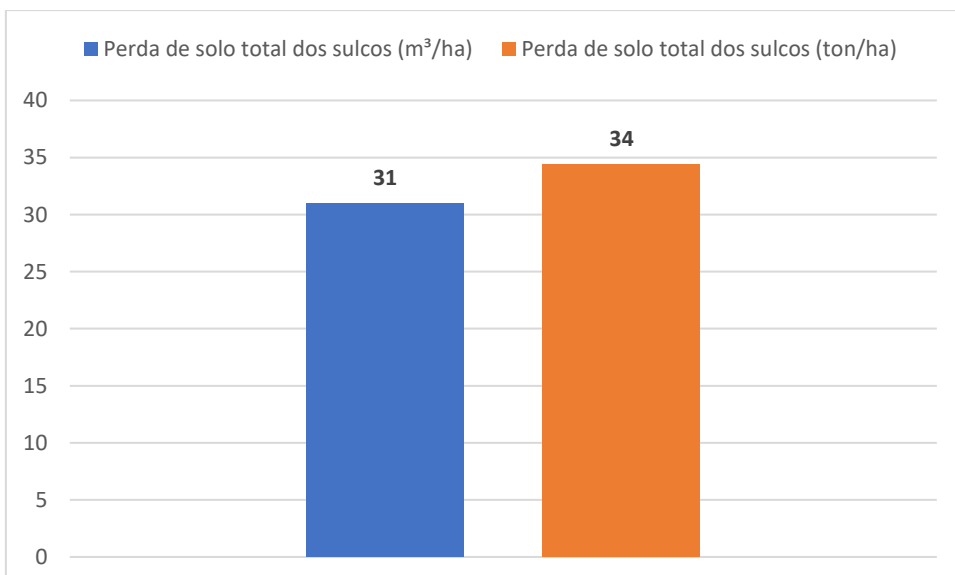


Figura 22- Perda de solo total dos sulcos em metros cúbicos por hectare em relação com a perda de solo total em toneladas por hectare, referente a área não mobilizada.

Na figura 23, são apresentadas as perdas totais de solo em toneladas por hectare devido à presença de sulcos na área mobilizada, e é feita uma comparação com as perdas totais de solo também causadas pela presença de sulcos na área não mobilizada. Ambos os conjuntos de dados são expressos na mesma unidade de medida. Ao observar os resultados, nota-se que a perda de solo na área mobilizada foi calculada como 38,6 toneladas por hectare, enquanto na área não mobilizada foi medida em 34,4 toneladas por hectare. A comparação entre esses valores ilustra as diferenças nas taxas de perda de solo entre as áreas mobilizada e não mobilizada, evidenciando as consequências da intervenção humana e de revolvimento do solo no fator erosão.

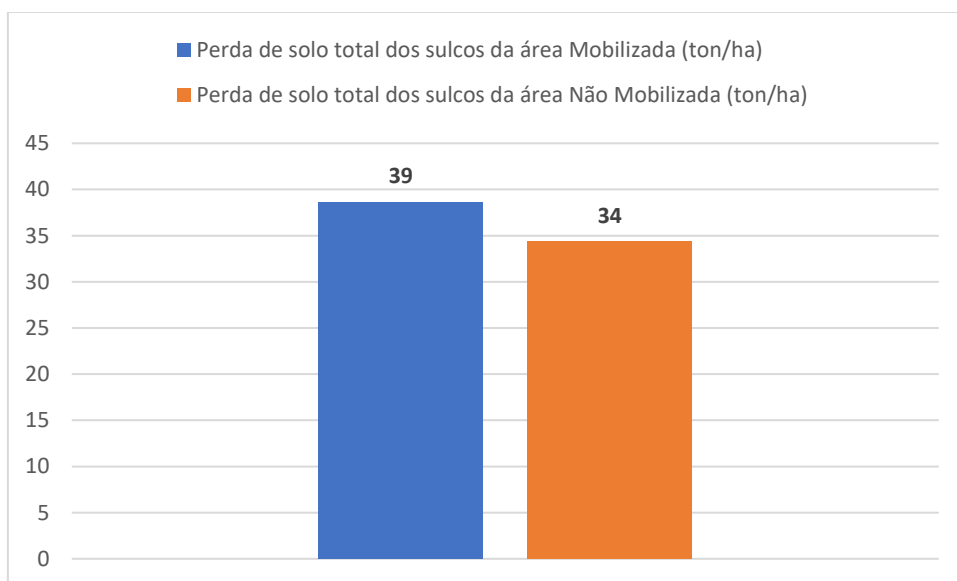


Figura 23- Perda de solo total dos sulcos da área mobilizada em toneladas por hectare em relação com a perda de solo total dos sulcos da área não mobilizada em toneladas por hectare.

4.8 Comparação entre perdas de solo por erosão linear e laminar

Na figura 24, são exibidas as perdas médias de solo laminares em toneladas por hectare por ano, registrando um valor de 2,9 ton/ha/ano. Essa razão de perda é comparada com as perdas totais de solo decorrentes da presença de sulcos, expressas em toneladas por hectare, alcançando um total de 38,6 ton/ha. Ambas essas formas de perda de solo são atribuídas à área mobilizada. A comparação entre esses valores proporciona uma visão contrastante dos dois principais processos erosivos.

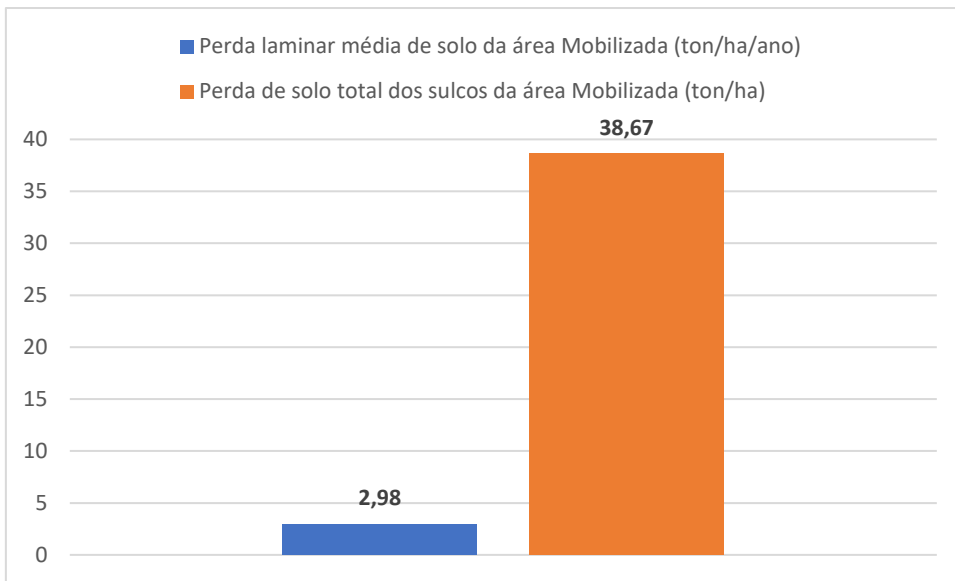


Figura 24- Perda laminar média de solo em toneladas por hectare e por ano em relação com a perda de solo total dos sulcos em toneladas por hectare, referentes a área mobilizada.

Na figura 25 apresenta as perdas médias de solo laminares em toneladas por hectare por ano, registrando um valor de 2,4 ton/ha/ano. Esses dados são comparados com as perdas totais de solo resultantes da presença de sulcos, expressas em toneladas por hectare, atingindo um total de 34,4 ton/ha. Ambas as formas de perda de solo estão relacionadas à área não mobilizada. A comparação entre esses valores proporciona uma compreensão mais aprofundada dos diferentes processos erosivos.

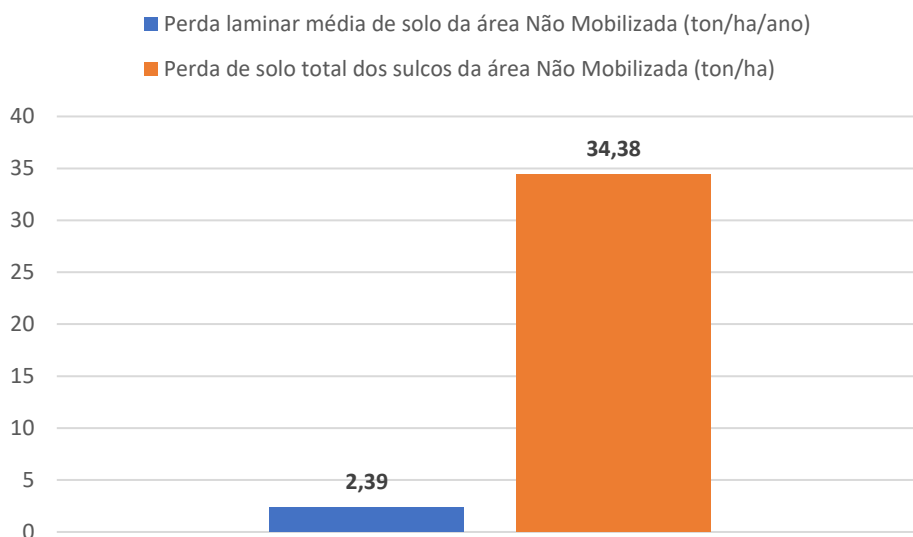


Figura 25- Perda laminar média de solo em toneladas por hectare e por ano em relação com a perda de solo total dos sulcos em toneladas por hectare, referentes a área não mobilizada.

5 Discussão

Neste capítulo se apresenta a discussão referente aos resultados obtidos dos dados de medições coletados, analisados e submetidos aos devidos cálculos para quantificação de perda de solo por erosão hídrica, e também os fatores contribuintes para esse fenômeno referente ao solo de ambas as áreas, sendo elas a área mobilizada e a área não mobilizada.

Sobre os eventos realizados nos terrenos e as precipitações pode-se dizer que a primeira sementeira (08 de março de 2022), é um marco inicial na área mobilizada e não mobilizada. Isso introduziu vegetação no solo, o que pode ter ajudado a estabilizá-lo e reduzir a erosão, já que as raízes das plantas contribuem para prender o solo. A mobilização devido ao risco de incêndio (início de junho de 2022), essa pode ter exposto o solo a um maior risco de erosão, pois removeu a cobertura vegetal protetora e perturbou a estrutura do solo. As chuvadas (final de setembro e começo de novembro de 2022), essas foram determinantes para a formação dos sulcos, pois tiveram grandes taxas de precipitação, o que acarretou na formação dos sulcos de erosão. A medição dos sulcos (10 de novembro de 2022) forneceu dados sobre a extensão e profundidade da erosão, o que foi determinante para avaliar a magnitude do problema. A segunda sementeira (16 de novembro de 2022) foi uma tentativa de restaurar a cobertura vegetal, que é essencial para reduzir as taxas de erosão. E por fim a mobilização para fechamento dos sulcos (10 de maio de 2023), realizada afim de fechar os sulcos presentes na área de estudo, embora necessária por razões agrícolas pode aumentar ainda mais o risco de erosões futuras.

Esses eventos e condições ressaltam a complexidade da relação entre a atividade humana, como a agricultura e a mobilização do solo, e os processos naturais, como a erosão. A gestão adequada desses fatores é fundamental para a conservação do solo e a prevenção da erosão, especialmente em áreas sensíveis, como olivais em Trás-os-Montes.

Em relação as diferenças de perda de solo entre as duas áreas, a taxa de perda é mais pronunciada em áreas com solo mobilizado em comparação com áreas onde o solo não é perturbado devido à exposição aumentada, comprometimento da estrutura do solo, perda de cobertura vegetal e redução da matéria orgânica. A mobilização do solo torna-o mais vulnerável à erosão, com a remoção da cobertura vegetal, a quebra da estrutura do solo e a exposição a fatores ambientais contribuindo para a perda significativa de solo, destacando a importância da adoção de práticas de conservação e manejo sustentável para proteger esse recurso vital.

A mobilização do solo muitas vezes compromete a estrutura física do solo. A estrutura do solo é importante para manter a estabilidade das partículas e a capacidade de

retenção de água. Quando essa estrutura é quebrada, o solo torna-se mais vulnerável à erosão, uma vez que as partículas podem ser facilmente transportadas pela água ou pelo vento.

Sulcos de erosão são depressões lineares que se formam na superfície do solo devido à ação da água corrente ou do escoamento superficial. A profundidade e a largura desses sulcos podem ser influenciadas por diversos fatores, incluindo a mobilização do solo, que se refere à perturbação física do solo, como aração, gradagem ou escavação, que pode ocorrer antes da ocorrência da erosão (MORGAN R.P.C., 2005). Sobre a profundidade e largura dos sulcos de erosão, as suas médias tiveram um aumento do início da formação dos sulcos, até o final, ou seja, do transecto 0 (T0) até o transecto 7 (T7). Isso ocorre segundo Cantalice et al., (2005) pelo o aumento da velocidade da lâmina de água, e conseqüentemente ocorre um aumento na tensão de cisalhamento desenvolvida, o que, por sua vez, amplia a capacidade de desagregação do solo pelo escoamento.

Segundo Morgan R.P.C. (2005), em solos mobilizados, os sulcos de erosão tendem a ser mais profundos e largos em comparação com solos não mobilizados, isso ocorre por razões como a perda de estrutura do solo. Os dados de profundidade e largura são essenciais para compreender a distribuição e a heterogeneidade das profundidades do solo, contribuindo para a análise dos processos erosivos e a adoção de medidas adequadas de conservação do solo.

Em relação a contagem dos sulcos de erosão e a soma da área de secção desses, se deu de forma crescente para a área mobilizada em relação aos transectos, ou seja, para o transecto um (T0), a contagem e a soma da área de secção dos sulcos de erosão foi menor em relação aos demais transectos, que tiveram um crescimento gradativo para ambos os fatores citados, pois a contagem dos sulcos de erosão tem relação direta com a área de secção, vez que a presença de um número maior de sulcos potencializa os processos erosivos e, conseqüentemente, a perda de solo é mais significativa.

Já em relação a área não mobilizada a contagem de sulcos não teve um crescimento de forma uniforme ao decorrer dos transectos, ao contrário da área mobilizada, chegando no ultimo transecto o número de sulcos de erosão teve uma diminuição significativa, isso aconteceu pela ramificação dos sulcos no final da área de estudo, mas da mesma forma que para a área mobilizada, na área não mobilizada a contagem dos sulcos também foi acompanhada de forma uniforme pela soma das áreas de secção dos sulcos de erosão.

Quando se trata de perda solo nos sulcos de erosão por metros cúbicos por hectare, em comparativo com a perda de solo por toneladas por hectare, tem-se a relação com a densidade aparente do solo, que indica a massa de solo por unidade de volume. Essa relação é importante para converter as perdas de solo em diferentes unidades de medida, a densidade

aparente do solo pode variar dependendo de fatores como a textura do solo, o teor de umidade, o conteúdo orgânico, a compactação, entre outros (RAL et al., 1998). A obtenção da quantidade de solo perdido em toneladas por hectare se deu pela multiplicação da perda de solo em metros cúbicos por hectare pela densidade aparente do solo.

A perda de solo por erosão está diretamente relacionada com o relevo do terreno, seu manejo e a sua cobertura vegetal, ou seja, se pode relatar que com o aumento gradativo da declividade das áreas a perda de solo dos sulcos acumulada, expressa em toneladas também aumentou, acompanhando a taxa de declividade, sendo maior na área com o manejo de mobilização e revolvimento do solo. Também é importante relatar que a cobertura de solo não estava alta no evento das chuvadas do dia 30 de setembro, onde as taxas de cobertura do solo encontradas foram de apenas 17%.

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1990), isso se dá pela velocidade do escoamento e a força com que a água ganha ao deslocar-se para baixo, fazendo com que carregue com ela sedimentos de solo, isso se torna ainda mais expressivo em solos revolvidos pois sua estruturação fica prejudicada pela desagregação das partículas.

Em um comparativo da área mobilizada para a área não mobilizada, em relação a perda de solo por erosão em toneladas por hectare, a taxa de solo perdida se deu maior na área mobilizada, sendo que a diferença encontrada entre as áreas de estudo foi superior a 4 toneladas de solo perdido, em razão a presença de sulcos de erosão, os quais foram causados pela concentração das chuvadas. Essa diferença na quantidade de solo erodido se deve muito as práticas de mobilização de solo, vez que o solo mobilizado perde em características estruturais, pois o seu revolvimento causa a desagregação das partículas do solo, deixando-o mais solto e fazendo com que essas partículas se dissipem com maior facilidade.

Segundo Montgomery D.R. (2007), a mobilização do solo pode aumentar a suscetibilidade à erosão e, conseqüentemente, levar a uma maior perda de solo por sulcos de erosão, vez que essa mobilização pode vir acompanhada de fatores como, compactação do solo causada pelo tráfego de máquinas, diminuindo assim a infiltração da água no solo, deixar a superfície do solo desprotegida, facilitando o impacto e o salpico das gotas da chuva, entre outros. Confirmando assim os resultados encontrados no estudo, referentes as maiores perdas serem obtidas no solo que sofreu mobilização. Mostrando dessa forma a importância e a necessidade de um manejo e conservação do solo, pois vale ressaltar que práticas de manejo adequadas podem minimizar esses efeitos negativos, visando a conservação do solo e a redução da erosão.

A erosão hídrica do solo pode ocorrer de diversas maneiras, porém as principais formas acontecem através da erosão em sulcos ou erosão linear e da erosão laminar. A erosão linear causa a perda de solo em forma de sulcos de erosão e podendo evoluir para formação de ravinas, a ocorrência de processos de ravinação decorre de grandes taxas de inclinação do solo, ocasionando o direcionamento da água da chuva para pontos específicos, com isso a água ganha força e velocidade, resultando na formação de sulcos com profundidades variáveis. Esse tipo de desgaste do solo é provocado por chuvas intensas em áreas com terreno inclinado e alta capacidade de escoamento de água (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990).

Já a erosão laminar é decorrente de um processo no qual camadas superficiais do solo são gradualmente desgastadas em uma região específica, com as chuvas, as enxurradas transportam partículas de solo, resultando na diminuição gradual de sua espessura do perfil do solo (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990).

Em relação as quantificações de solo perdido devido as formas de erosão por sulcos e de erosão laminar apresentadas no trabalho, se teve uma diferença muito maior e expressiva, onde por erosão laminar para ambas as áreas, mobilizada e não mobilizada, foi calculada uma perda de solo de solo média que não chegou a 3 toneladas por hectare por ano, já para a perda de solo por sulcos para ambas as áreas foi superior a 30 toneladas por hectare em apenas uma ocorrência de chuvadas concentrada em apenas um mês do ano. Sendo para a área mobilizada uma perda de 38,6 toneladas de solo por hectare e para a área não mobilizada uma perda de 34,4 toneladas de solo por hectare. A perda de solo por erosão em sulcos é frequentemente maior e mais acentuada do que a perda de solo por erosão laminar, devido a vários fatores, sendo que a erosão em sulcos envolve o desgaste profundo e concentrado do solo, causado pelo fluxo de água concentrado em canais, o que acelera a remoção das camadas superficiais do solo.

Segundo Wischmeier e Smith (1978), a erosão em sulcos é mais destrutiva devido à sua capacidade de escavar profundamente no solo e transportar grandes volumes de sedimentos. Além disso, a erosão em sulcos cria sulcos e canais que fornecem vias diretas para a água da chuva escoar, amplificando o processo de erosão. A remoção de solo em sulcos também afeta negativamente a estrutura do solo, diminuindo sua capacidade de retenção de água e nutrientes, o que pode impactar negativamente a produtividade agrícola.

Comparativamente, a erosão laminar envolve uma remoção mais suave e uniforme das camadas superficiais do solo, muitas vezes passando despercebida devido à sua natureza gradual. Embora a erosão laminar também tenha um impacto cumulativo ao longo do tempo, ela tende a ser menos evidente e menos prejudicial em relação a erosão em sulcos.

6 Conclusão

Os resultados obtidos neste estudo de caso sobre erosão em sulcos e erosão laminar destacam a importância da mobilização do solo e do manejo adequado para a conservação do solo e a redução da erosão. Os dados coletados ao longo do estudo revelam uma clara diferença entre as áreas mobilizada e não mobilizada em termos de perda de solo. A presença de sulcos de erosão na área mobilizada demonstrou uma relação direta com a intensificação dos processos erosivos, resultando em perdas de solo significativamente maiores em comparação à área não mobilizada.

A mobilização do solo, embora possa ser uma prática necessária em algumas situações agrícolas, mostrou-se associada a uma maior suscetibilidade à erosão, devido à desagregação das partículas do solo e à perda de estrutura. Esses resultados corroboram com estudos anteriores que enfatizam a relação entre a mobilização do solo, a formação de sulcos de erosão e as maiores taxas de perda de solo.

A comparação entre as perdas de solo devido à erosão em sulcos e erosão laminar revela que a erosão em sulcos é consideravelmente mais destrutiva e impactante em termos de perda de solo. A capacidade dos sulcos de escavar profundamente no solo, transportar grandes volumes de sedimentos e criar canais de escoamento direto amplifica o processo erosivo e seus efeitos. Por outro lado, a erosão laminar, embora mais gradual, também contribui para a perda cumulativa de solo ao longo do tempo, tornando evidente a necessidade de abordar ambas as formas de erosão em estratégias de conservação do solo.

Este estudo destaca a importância de medidas de manejo e conservação do solo, como a adoção de práticas agrícolas sustentáveis, a cobertura vegetal adequada, a implementação de sistemas de contenção de água e a manutenção da estrutura do solo. A conscientização sobre os impactos da mobilização do solo e a implementação de estratégias de conservação são cruciais para mitigar os efeitos negativos da erosão, preservar a qualidade do solo e garantir a sustentabilidade das práticas agrícolas em longo prazo.

Em suma, este estudo fornece evidências sólidas para apoiar a importância da conservação do solo como um elemento essencial para a produtividade agrícola sustentável e a proteção dos recursos naturais. As conclusões obtidas aqui têm implicações práticas significativas para a tomada de decisões no manejo de terras agrícolas, destacando a necessidade de abordagens holísticas que considerem não apenas a produção, mas também a preservação dos ecossistemas e a manutenção da saúde do solo.

7 Referências

- AFONSO, N.; ARROBAS, M. **Qualidade do ambiente urbano: novos desafios**. Bragança: Instituto Politécnico de Bragança, 2009. ISBN: 978-972-745-105-0 Disponível em: <https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/5259/3/QUAU%20Solos.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2023.
- ALEXANDRE, C. **Funções, usos e degradação do solo**. Bragança: Figueiredo, T. Fonseca, F. Nunes, L., 2015. Disponível em: <http://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/17231>. Acesso em: 15 jan. 2023.
- ALVARENGA, M. I. N. **Propriedades físicas, químicas e biológicas de um latossolo vermelho-escuro em diferentes ecossistemas**. 2019. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/36848>. Acesso em: 3 fev. 2023.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 3. ed. São Paulo: Ícone, 1990.
- BOHM, J. **Domesticação da oliveira na antiguidade na bacia mediterrânica**. In: BOHM, J. (Ed.). *O Grande Livro da Oliveira e do Azeite—Portugal Oleícola*. Dinalivro Editora: Lisboa, Portugal, 2013; p.52–65.
- CANTALICE, J. R. B.; CASSOL, E. A.; REICHERT, J. M.; BORGES, A. L. de O. Hidráulica do escoamento e transporte de sedimentos em sulcos em solo franco-argilo-arenoso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 597–607, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832005000400012>.
- CAVALHEIRO, C.; ROSSO, V. D.; PAULUS, E.; et al. **Composição química de folhas de oliveira (*Olea europaea* L.) da região de Caçapava do Sul, RS**. *Ciência Rural*, v. 44, n. 10, p. 1874–1879, 2014. Disponível em: <https://periodicos.cefetmg.br/index.php/revistadameta/article/view/880>. Acesso em: 15 jan. 2023.
- COIMBRA, P. J.; TIBÚRCIO, J. A. M. **Geografia: Uma Análise do Espaço Geográfico**. 2. ed. São Paulo: Harbra, 2002.
- DECHEN, S. C. F.; TELLES, T. S.; GUIMARÃES, M. de F.; MARIA, I. C. D. Perdas e custos associados à erosão hídrica em função de taxas de cobertura do solo. **Bragantia**, v. 74, p. 224–233, 2015. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.0363>.
- DIREÇÃO-GERAL DO TERRITÓRIO. **Especificações Técnicas da Carta de Uso e Ocupação do Solo (COS) de Portugal Continental para 2018**. [S. l.: s. n.], 2019. Disponível em: https://www.dgterritorio.gov.pt/sites/default/files/documentos-publicos/2019-12-26-11-47-32-0_ET-COS-2018_v1.pdf. Acesso em: 17 fev. 2023.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Production Indices. 2023. **FAOSTAT**. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QI>. Acesso em: 11 abr. 2023.

FIGUEIREDO, T. de. **Gully erosion in winter crops: a case study from Bragança area, NE Portugal**. [S. l.]: Instituto Politécnico de Bragança, 2009. p. 243–250(243–250). Disponível em: <https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/5270>. Acesso em: 18 jul. 2023.

FIGUEIREDO, T. de. **Proteção do solo em viticultura de montanha: manual técnico para a região do Douro**. [S. l.]: ADVID – Associação para o Desenvolvimento da Viticultura Duriense, 2015. Disponível em: <https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/14009> . Acesso em: 3 ago. 2023.

FIGUEIREDO, T. DE. **Uma panorâmica sobre os recursos pedológicos do Nordeste Transmontano**. Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior Agrária, 2013.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (ED.). **The future of food and agriculture: trends and challenges**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2017.

INÁCIO, M., PEREIRA, V., PINTO, M. **The Soil Geochemical Atlas of Portugal: Overview and applications**. *Journal of Geochemical Exploration, Geostatistics Applied to Environmental Studies*. 98 (1), 22-33, 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA. Campanha oleícola de 2022 é a quarta melhor de sempre, apesar da redução de 40% da produção de azeite. 2023a. **Portal do INE**. Disponível em: https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_destaques&DESTAQUESdest_boui=581118399&DESTAQUESmodo=2. Acesso em: 7 mar. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA. Produção de azeitona (t) por Local de proveniência da azeitona (Região agrária). 2023b. **Portal do INE**. Disponível em: https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0000705&contexto=bd&selTab=tab2&xlang=pt. Acesso em: 10 jul. 2023.

IPMA, I. P. Ficha Climatológica - Mirandela; Ficha Climatológica (1971-2000); Instituto Português do Mar e da Atmosfera: Portugal; p 2. Disponível em: https://www.ipma.pt/bin/file.data/climate-normal/cn_71-00_MIRANDELA.pdf . Acesso em: 04 ago. 2023.

KLEIN, V. A. **Propriedades físico-hídrico-mecânicas de um latossolo roxo, sob diferentes sistemas de uso e manejo**. 1998. 149 f. text – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998. DOI [10.11606/T.11.2020.tde-20200111-151027](https://doi.org/10.11606/T.11.2020.tde-20200111-151027). Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-20200111-151027/>. Acesso em: 22 abr. 2023.

LAL, R.; BLUM, W. E. H.; VALENTIN, C.; STEWART, B. A. **Methods for Assessment of Soil Degradation**. [S. l.]: CRC Press, 1998. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-PT&lr=&id=ISAJEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT10&ots=AppldQ1Fgg&sig=Q0I4zFyTRNajlMudwnJf6Ar9nb8#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 9 ago. 2023.

LEPTOSOL | **FAO soil group** | Britannica. Disponível em: <https://www.britannica.com/science/Leptosol>. Acesso em: 24 jan. 2023.

MARTINS, A. A. A.; LOURENÇO, J. M. **Carta dos solos e carta da aptidão da terra do nordeste de Portugal (AGROCONSULTORES e COBA, 1991)**. [S. l.: s. n.], 2012. Disponível em: <https://docplayer.com.br/56336825-Agroconsultores-e-coba-1991.html>. Acesso em: 15 jun. 2023.

MELO-ABREU, J. P.; CORDEIRO, A. M.; ROGADO, B. M.; CABRINHA, V.; RAMOS, A. S. Estudo preliminar dos efeitos do aquecimento global sobre a floração da oliveira em Portugal. **V Simpósio Nacional de Olivicultura, Santarém, 24-26 Setembro, 2009**, v. 14, p. 31–38, 2011. .

MONTGOMERY, D. R. Soil erosion and agricultural sustainability. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 104, n. 33, p. 13268–13272, 2007. <https://doi.org/10.1073/pnas.0611508104>.

MORGAN, R. P. C. **Soil Erosion and Conservation**. [S. l.]: John Wiley & Sons, 2009. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?hl=pt-PT&lr=&id=j8C8fFiPNOKC&oi=fnd&pg=PR7&dq=Morgan,+R.P.C.+\(2005\)+Soil+Erosion+and+Conservation&ots=wpS5GWT9Lh&sig=wUlpYsB7a_p6ZJIRUZFeOVm-gSc#v=onepage&q=Morgan%2C%20R.P.C.%20\(2005\)%20%20Soil%20Erosion%20and%20Conservation&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-PT&lr=&id=j8C8fFiPNOKC&oi=fnd&pg=PR7&dq=Morgan,+R.P.C.+(2005)+Soil+Erosion+and+Conservation&ots=wpS5GWT9Lh&sig=wUlpYsB7a_p6ZJIRUZFeOVm-gSc#v=onepage&q=Morgan%2C%20R.P.C.%20(2005)%20%20Soil%20Erosion%20and%20Conservation&f=false). Acesso em: 14 ago. 2023.

NANVARO, C. E. L. **Efeito de sistemas de manutenção do solo nas propriedades do solo e produtividade da oliveira**. 2019. 94 f. masterThesis – Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 2019. Disponível em: <https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/19321>. Acesso em: 20 mar. 2023.

NISHIYAMA, L.; RODRIGUES, L. Caracterização dos fatores responsáveis pela erosão acelerada na sub-bacia do Córrego dos Macacos. **Sociedade & Natureza**, v. 8, n. 16, p. 21–26, 1996. <https://doi.org/10.14393/SN-v8-1996-62102>.

ORNELAS, M. G.; FERRAZ, C. M. L.; RAMOS, C. G.; URSINE, D. L. Voçorocamento em meio urbano e planejamento ambiental um estudo de caso em Teófilo Otoni-MG. **REVISTA GEONORTE**, v. 5, n. 23, p. 722–726, 2014. .

PEDRON, F. A.; POELKING, E. L.; DALMOLIN, R. D.; AZEVEDO, A. C.; KLANT, E. A aptidão de uso da terra como base para o planejamento da utilização dos recursos naturais no município de São João do Polêsine - RS. **Ciência Rural**, v. 36, p. 105–112, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782006000100016>.

PIMENTEL, D.; HARVEY, C.; RESOSUDARMO, P.; SINCLAIR, K.; KURZ, D.; MCNAIR, M.; CRIST, S.; SHPRITZ, L.; FITTON, L.; SAFFOURI, R.; BLAIR, R. Environmental and Economic Costs of Soil Erosion and Conservation Benefits. **Science**, v. 267, p. 1117–1123, 1995. <https://doi.org/10.1126/science.267.5201.1117>.

PROIN/CAPES e UNESP/IGCE. **Material Didático: arquivos de transparências (CD)**. Rio Claro: Departamento de Geologia Aplicada, 1999.

RIBEIRO, R. S. Resultados preliminares do atlas de riscos geológico e hidrológico do estado do Espírito Santo. **Erosão continental, erosão de margem fluvial e erosão marinha**, v. 5, n. CPRM, p. 1–37, 2021.

SANTOS, F. A.; MAFRA, N. B.; MADARI, B. E. **Identificação de mudanças nas características e propriedades de um solo sob cobertura vegetal distinta na microbacia da Estrangina, Petrópolis, RJ.** In: X SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 2003. Rio de Janeiro: [s. n.], 2003. Disponível em: <http://geografia.igeo.uerj.br/xsbgfa/cdrom/eixo3/3.4/339/339.htm>. Acesso em: 27 set. 2022.

SANTOS, R.; FONSECA, F.; BAPTISTA, P.; PAZ-GONZÁLEZ, A.; DE FIGUEIREDO, T. **Erosion Control Performance of Improved Soil Management in Olive Groves: A Field Experimental Study in NE Portugal.** Land, v. 12, n. 9, p. 1700, 2023. <https://doi.org/10.3390/land12091700>.

SCHAFFER, B.; ANDERSEN, P. **Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops.** [S. l.: s. n.], 1994. v. 1. DOI [10.1201/9780203719299](https://doi.org/10.1201/9780203719299). Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/256096396_Handbook_of_Environmental_Physiology_of_Fruit_Crops_Volume_I_Temperate_Crops. Acesso em: 27 abr. 2023.

SOCIEDADE PORTUGUESA DA CIÊNCIA DO SOLO. Bases para a Revisão e Actualização da Classificação dos Solos em Portugal. **Protocolo entre o Instituto de Desenvolvimento Rural e Hidráulica e a Sociedade Portuguesa da Ciência do Solo**, p. 79, 2004.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning.** [S. l.]: Department of Agriculture, Science and Education Administration, 1978. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?hl=pt-PT&lr=&id=rRAUAAAAYAAJ&oi=fnd&pg=PA5&dq=Predicting+Rainfall+Erosion+Losses:+A+Guide+to+Conservation+Planning%22+\(1978\),&ots=cvtqoQsuSY&sig=3NHkjtId6fkYul35WCjBDNiDY_c#v=onepage&q=Predicting%20Rainfall%20Erosion%20Losses%3A%20A%20Guide%20to%20Conservation%20Planning%22%20\(1978\)%2C&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-PT&lr=&id=rRAUAAAAYAAJ&oi=fnd&pg=PA5&dq=Predicting+Rainfall+Erosion+Losses:+A+Guide+to+Conservation+Planning%22+(1978),&ots=cvtqoQsuSY&sig=3NHkjtId6fkYul35WCjBDNiDY_c#v=onepage&q=Predicting%20Rainfall%20Erosion%20Losses%3A%20A%20Guide%20to%20Conservation%20Planning%22%20(1978)%2C&f=false). Acesso em: 16 ago. 2023.

8 Anexos

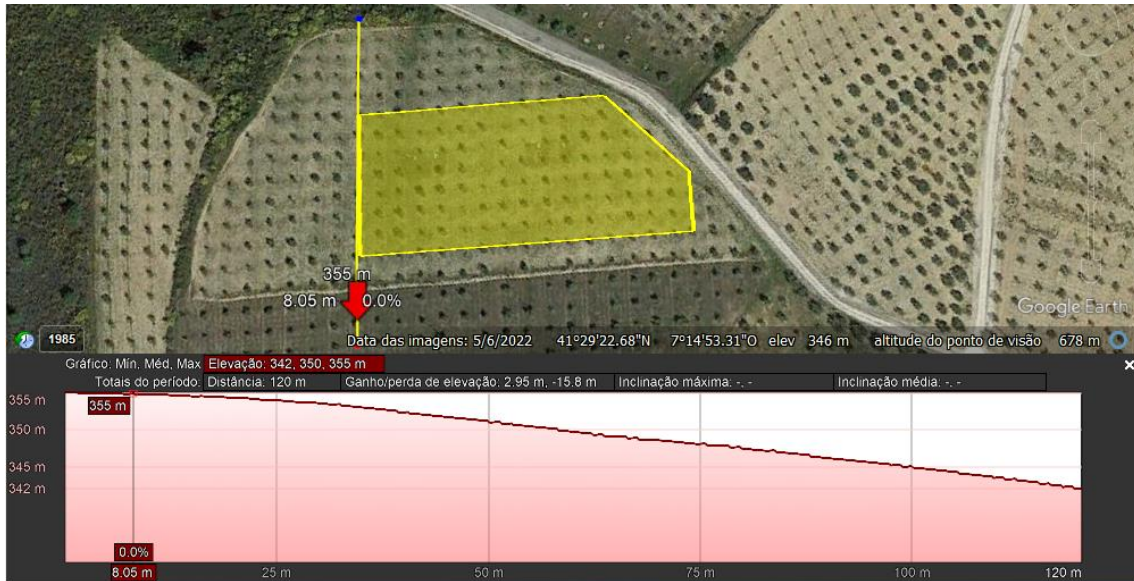


Figura 26- Ponto um, referente a distância percorrida da maior altitude encontrada na área mobilizada até o ultimo transecto (T7), para obtenção da declividade da área, (Google Earth, 2023).



Figura 27- Ponto dois, referentes a distância percorrida da maior altitude encontrada na área mobilizada até o ultimo transecto (T7), para obtenção da declividade da área, (Google Earth, 2023).



Figura 28- Ponto três, referente a distância percorrida da maior altitude encontrada na área mobilizada até o ultimo transecto (T7), para obtenção da declividade da área, (Google Earth, 2023).



Figura 29- Ponto quatro, referente a distância percorrida da maior altitude encontrada na área mobilizada até o ultimo transecto (T7), para obtenção da declividade da área, (Google Earth, 2023).



Figura 30- Ponto cinco, referente a distância percorrida da maior altitude encontrada na área mobilizada até o ultimo transecto (T7), para obtenção da declividade da área, (Google Earth, 2023).



Figura 31- Ponto um, referente a distância percorrida da maior altitude encontrada na área não mobilizada até o ultimo transecto (T7), para obtenção da declividade da área, (Google Earth, 2023).



Figura 32- Ponto dois, referente a distância percorrida da maior altitude encontrada na área não mobilizada até o ultimo transecto (T7), para obtenção da declividade da área, (Google Earth, 2023).



Figura 33- Ponto três, referente a distância percorrida da maior altitude encontrada na área não mobilizada até o ultimo transecto (T7), para obtenção da declividade da área, (Google Earth, 2023).