



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

ANA BEATRIZ ALVES DA SILVA

**ANÁLISE DA DEFORMIDADE DO SOLO COM O USO DO *SKIDDING* CONE NO
ARRASTE DE TORAS**

Prof. Dr. RENATO CESAR GONÇALVES ROBERT
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
NOVEMBRO – 2017



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

ANA BEATRIZ ALVES DA SILVA

**ANÁLISE DA DEFORMIDADE DO SOLO COM O USO DO *SKIDDING* CONE NO
ARRASTE DE TORAS**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Prof. Dr. RENATO CESAR GONÇALVES ROBERT
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
NOVEMBRO – 2017

**ANÁLISE DA DEFORMIDADE DO SOLO COM O USO DO *SKIDDING* CONE NO
ARRASTE DE TORAS**

ANA BEATRIZ ALVES DA SILVA

Monografia aprovada em 29 de novembro de 2017.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Renato Cesar Gonçalves Robert – UFPR
Orientador

Prof. Dr. Francisco José de Barros Cavalcanti – UFRRJ
Membro

Prof. Hugo Barbosa Amorim – UFRRJ
Membro

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus,
a toda minha família,
a rede da engenharia florestal
a todos que colaboraram de alguma forma com o trabalho
e aos meus amigos que sempre me incentivaram em todo processo de realização da
monografia.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela saúde a mim concedida, e por ter colocado tanto aprendizado e pessoas de bem ao longo de toda minha vida, mas principalmente nestes últimos cinco anos de graduação.

Aos meus pais, avós, madrinha e irmãos por serem o pilar da minha existência. Sou grata a tudo o que fizeram por mim ao longo desses 22 anos. Sem vocês, eu sou nada! Obrigada por sempre apoiarem meus sonhos, projetos e loucuras. O apoio de vocês foi determinante para que eu alcançasse todas as metas que tracei a mim mesma ao longo da minha vida.

A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro por ter sido minha casa pelos últimos cinco anos, me proporcionado momentos incríveis que jamais esquecerei e claro, pelo ensino público e de qualidade no qual tive a oportunidade de me tornar a profissional que sempre quis ser.

Aos funcionários do Instituto de Florestas, como um todo, por sempre buscarem a ajudar e cooperar da melhor maneira que podiam. O instituto não funcionaria sem vocês.

Ao professor Renato Robert, por ter sido o idealizador da monografia, pela orientação, paciência e pela amizade que foi construída ao longo desse ano, além de conceder a oportunidade de participar da melhor experiência da minha graduação, que definitivamente me tornou uma profissional melhor, mas mais do que isso, me tornou uma pessoa completamente diferente, que passou a entender que a vida é muito maior do que podemos imaginar e que os momentos devem ser valorizados e vividos intensamente pela nossa alma, a partir da X Expedição Brasil Norte Sul.

Ao professor Alexandre Monteiro e a professora Vanessa Basso, pela oportunidade de participar do programa de educação tutorial (PET- FLORESTA) e suas respectivas amizades.

Aos membros da banca, Professor Francisco Cavalcanti e Hugo Amorim, pela contribuição valiosa nesse trabalho, me acalmando e direcionando sempre a fazer o melhor que poderia, com longas conversas, orientações, soluções aos empecilhos que apareciam pelo caminho, e também muito apoio durante todo o projeto.

A Flora Júnior, por ter sido meu maior amor durante toda graduação, que contribuiu do início ao fim com amadurecimento profissional e as melhores vivências acadêmicas, assim como grandes amizades. Gratidão a tudo que a Flora Júnior proporcionou e desejo que a empresa continue crescendo e formando mais e melhores empreendedores que sejam capazes de transformar a realidade do nosso país.

A toda equipe da Estação Experimental da Universidade Federal do Paraná, principalmente ao Canildo, Osmiro, Marlon e Gilson, pelo auxílio em campo, companhia e carinho ao longo do tempo que realizei o experimento.

Ao colégio agrícola de Rio Negro, por auxiliar desde a alimentação durante minha estadia, como pelos laboratórios. Equipe incrível que tive o prazer de conhecer. Os seus alunos têm grandes exemplos a seguir.

Às minhas grandes amigas, Beatriz Rodrigues e Maura Santos, por me auxiliarem em todo o processo e trazerem soluções brilhantes aos meus questionamentos.

Ao Orlando Carlos, por dedicar seu tempo e habilidades, me auxiliando na análise dos dados.

Aos grandes amigos que construí na turma da Engenharia Florestal 2013- I, e ao longo da graduação como um todo, dentro e fora da UFRRJ. Sem eles minha trajetória não seria tão feliz, engraçada, repleta de experiências e aprendizados. Obrigada aos amigos da vida também!

E claro, a todas viagens que tive a oportunidade de realizar nos últimos anos. Cada viagem, uma imersão de autoconhecimento e realização pessoal. Grata a todos que cruzaram meu caminho e transformaram a vivência em uma experiência ainda melhor.

Muito obrigada!

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar se a utilização de *Skidding Cone* (SC) minimiza a degradação no solo proveniente do arraste e guinchamento de toras. A pesquisa foi instalada na Estação Experimental da Universidade Federal do Paraná, localizada em Rio Negro – Paraná. Para a análise, foram utilizados quatro tratamentos, sendo eles: arraste da tora sem utilização do *Skidding Cone*, arraste da tora com utilização do *Skidding Cone*, guinchamento da tora sem uso do *Skidding Cone* e guinchamento da tora com uso do *Skidding Cone*. Cada tratamento recebeu a passagem de uma tora por dezoito vezes. Ao longo do processo, foram avaliadas a profundidade e largura do sulco que se formava, sendo a medição da largura do sulco realizada a cada passagem da tora, e a cada três passagens era realizada a medição da profundidade do sulco. Para analisar o efeito da passagem da tora em relação à profundidade do sulco em cada tratamento e entre os tratamentos, foi realizada uma comparação gráfica. Para analisar o efeito da passagem da tora em relação à largura do sulco em cada tratamento e entre os tratamentos, foi efetuada a análise de variância (ANOVA), estudando-se o efeito das repetições das passagens da tora sobre as variáveis consideradas e o contraste de médias foi realizado pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Verificou-se, por meio das avaliações, entre os quatro tratamentos, em análise conjunta entre largura e profundidade do sulco, o guinchamento com *Skidding Cone* teve o menor impacto sobre a deformidade plástica do solo e a utilização do *Skidding Cone* provou ser mais eficiente do que sua não utilização, deformando menos o solo plasticamente durante a colheita ou extração de toras.

Palavras-chave: Colheita florestal, extração florestal, degradação do solo.

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate if the use of Skidding Cone (SC) minimizes the degradation in the soil from the drag of logs. The research was installed at the Experimental Station of the Federal University of Paraná, located in Rio Negro - Paraná. For the analysis, four treatments were used: drag of the log without use of the SC, drag of the log with use of the SC, log skidding without use of the SC and firing of the log using the SC. Each treatment received the passage of a log for eighteen times. Throughout the process, the depth and width of the groove that was formed were evaluated. At each passage the measurement of the width of the groove that was formed was carried out and every three repetitions the measurement of the depth of the groove was carried out. To analyze the effect of the passage of the log relative to furrow depth in each treatment and between treatments, a graphic comparison was made. The analysis of variance (ANOVA) was performed to analyze the effect of the passage of the log in relation to the groove width in each treatment and between treatments, and the effect of the logs repetitions on the variables considered and the contrast of means was performed by the Tukey test, at the 5% probability level. It was verified through the evaluations, among the four treatments, in a joint analysis between width and depth of the groove, the guidings with Skidding Cone had the least impact on the plastic deformity of the soil, also the use of the Skidding Cone proved to be more efficient than its non-use, causing less plastic deformation of the soil during harvesting or log extraction.

Keywords: Forest harvesting, logging, soil degradation.

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVO	1
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	2
3.1. POVOAMENTOS FLORESTAIS NO BRASIL.....	2
3.2. EXPLORAÇÃO E COLHEITA FLORESTAL	3
3.3. ATIVIDADES E SISTEMAS EM COLHEITA FLORESTAL	4
3.4. DEGRADAÇÃO DO SOLO RESULTANTE DA EXPLORAÇÃO FLORESTAL.....	6
3.5. <i>SKIDDING CONE</i>	7
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	9
4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	9
4.2. INFORMAÇÕES SOBRE A TORA.....	12
4.3. ESCOLHA DO MAQUINÁRIO.....	13
4.4. <i>SKIDDING CONE</i>	14
4.5. TRATAMENTOS	15
4.6. VARIÁVEIS COLETADAS	16
4.7. ANÁLISES DA PROFUNDIDADE E LARGURA DO SULCO	18
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
5.1. PROFUNDIDADE DOS SULCOS.....	18
5.2. LARGURA DOS SULCOS.....	26
6. CONCLUSÕES.....	30
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores médios da profundidade do terreno na forma original (cm), por tratamento e posição de coleta dos dados.....	19
Tabela 2. Resultado da ANOVA, considerando a largura do sulco como variável estudada. .	26
Tabela 3. Resultado do teste de Tukey, para os quatro tratamentos, considerando a largura do sulco como variável estudada.	27
Tabela 4. Resultado do teste de Tukey, para os quatro tratamentos, considerando a largura do sulco como variável estudada.	28

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Desenho que mostra a utilização do <i>Skidding Cone</i> na tora com destaque ao orifício que permite a passagem do cabo ou corrente para arraste ou guinchamento.....	8
Figura 2. Localização da cidade de Rio Negro, no Estado de Paraná, Brasil.	9
Figura 3. Área da Estação Experimental da Universidade Federal do Paraná, localizada em Rio Negro, no Estado de Paraná, Brasil.	10
Figura 4. Espécies de gramíneas encontradas na área experimental de Rio Negro, onde o experimento foi implantado.....	11
Figura 5. Temperatura e pluviosidade médias anuais do Município de Rio Negro – Paraná. Fonte: Clima-data.org	11
Figura 6. Tora de <i>Pinus taeda</i> com comprimento de seis metros, utilizada nos tratamentos do experimento.	12
Figura 7. Medição do diâmetro das seções da tora com o auxílio de suta.	13
Figura 8. Trator agrícola TL 75E 4x2, New Holland, utilizado no experimento.	14
Figura 9a e 9b. <i>Skidding Cone</i> utilizado com o objetivo de reduzir o impacto da tora no solo, no arraste e guinchamento de toras, nos tratamentos 2 e 4.	15
Figura 10. Croqui da área de estudo, localizada na estação experimental da UFPR, em Rio Negro – Paraná, com os pontos de medição da profundidade e largura dos sulcos.	16
Figura 11. Medição da profundidade do sulco com auxílio do perfilômetro, no tratamento 2, linha 7, sexta passagem da tora na parcela.	17
Figura 12. Medição da largura do sulco com a utilização de uma trena.	18
Figura 13. Valores médios da profundidade do terreno na forma original (cm), por tratamento e posição de coleta dos dados.	19
Figura 14. Valores médios da profundidade do terreno na forma original (testemunha) e para o tratamento 1, em cada posição de coleta dos dados.....	20
Figura 15. Valores médios da profundidade do terreno na forma original (testemunha) e para o tratamento 2, em cada posição de coleta de dados.	21
Figura 16. Valores médios da profundidade do terreno na forma original (testemunha) e para o tratamento 3, em cada posição de coleta de dados.	21
Figura 17. Valores médios da profundidade do terreno na forma original (testemunha) e para o tratamento 4, em cada posição de coleta de dados.	22
Figura 18. Aspecto da profundidade do solo no Tratamento 1, arraste da tora sem a utilização do <i>Skidding Cone</i> , após 18 passagens da tora.	23
Figura 19. Aspecto da profundidade do solo no Tratamento 2, arraste da tora com a utilização do <i>Skidding Cone</i> , após 18 passagens da tora.	23
Figura 20. Aspecto da profundidade do solo no Tratamento 3, guinchamento da tora sem a utilização do <i>Skidding Cone</i> , após 18 passagens da tora.	24
Figura 21. Aspecto da profundidade do solo no Tratamento 4, guinchamento da tora com a utilização do <i>Skidding Cone</i> , após 18 passagens da tora.	24

Figura 22. Relação do número de passagens da tora na área delimitada, com o aumento da largura do sulco.....	26
--	----

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país considerado predominantemente florestal e referência no mundo em produção madeireira e não madeireira, tanto de florestas nativas de grande biodiversidade, como de florestas plantadas, principalmente de *Eucalyptus* spp. e *Pinus* spp., (MMA, 2017; IBA, 2017).

Devido a esse potencial produtivo, as demandas por produtos florestais para diferentes finalidades são crescentes (ALMEIDA, 2010) e com isso, cada vez mais a exploração e colheita florestal são estudadas, visando obter processos exploratórios mais rápidos, eficientes e menos impactantes ao meio ambiente e principalmente ao solo, visto que a exploração florestal é uma das atividades que mais causam deformações ao solo (LOPES, 2003).

As operações de colheita e transporte, que representam 50% ou mais do custo final da madeira obtida na indústria, sofrem influência por diversos fatores técnicos, econômicos, ambientais e ergonômicos (LOPES, 2001; MACHADO, 2014; LOPES & DINIZ, 2015). Devido a esse motivo, o aperfeiçoamento das técnicas de colheita da madeira torna-se cada vez mais necessário para o aumento da eficiência operacional e da produtividade, além da redução dos custos de produção, contribuindo para a melhoria do processo produtivo e maior competitividade das empresas florestais (SILVA et al., 2003; LOPES & DINIZ, 2015).

Buscando-se obter o aumento da produtividade na colheita florestal, a mecanização do setor se torna cada vez mais intensiva (SIMÕES et al., 2010). Porém, a medida que a utilização de maquinários aumenta, conseqüentemente os impactos sobre o solo aumentam, seja pelas máquinas utilizadas, seja pelas metodologias de colheita e extração adotadas, como por exemplo o guinchamento e arraste de toras.

Um solo deformado plasticamente, em função de grandes máquinas, de processos de colheita florestal ou de processos erosivos, reduz seu potencial produtivo e eleva custos de preparo da área para um próximo ciclo da cultura de interesse. Com isso, visando reduzir custos e ainda ter maior aproveitamento da área produtiva e conseqüentemente, ter aumento na produção; alternativas que minimizem esses impactos no solo são constantemente estudadas e se tornam opções para desenvolvimento produtivo do setor florestal.

Buscando mitigar os defeitos de deformidade plástica do solo ocasionados pela colheita e extração florestal, como a formação de sulcos largos e profundos, este estudo busca avaliar se a utilização de *Skidding Cone* pode ser uma ferramenta no arraste e guinchamento de toras, se consolidando como uma alternativa eficaz na minimização dos impactos no solo pelo contato direto do topo da tora durante a atividade de colheita e extração florestal.

2. OBJETIVO

Avaliar a utilização do *Skidding Cone* quanto a deformidade plástica do solo proveniente do arraste e guinchamento de toras.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Povoamentos florestais no Brasil

É cada vez mais perceptível o crescimento de povoamentos florestais com diferentes destinações que colaboram com a economia brasileira. De acordo com o levantamento do histórico de desempenho do setor florestal, elaborado pelo IBA (2015), a produção de celulose teve um aumento significativo de mais de 6 mil toneladas entre o ano de 2007 e 2016. Enquanto que painéis de madeira, pisos laminados e papel tiveram uma produção crescente de 2007 a 2013, desacelerando nos últimos anos.

Essa tendência de crescimento de produção florestal já vem sendo percebida por Valverde et al. (2003), que concluíram que o setor florestal já contribuía significativamente para o desenvolvimento socioeconômico do país, tanto na participação da formação destes indicadores, quanto no impacto de seu crescimento, quando havia aumento na demanda da economia.

O segmento de florestas plantadas destaca-se no Brasil pelo seu elevado impacto social e econômico, já que atuam como multiplicadores de produção, emprego, renda e imposto, em que o setor florestal apresenta desempenho significativo se comparado com outros importantes setores da economia (SOUSA et al, 2017; KURESKI, 2016). A atividade apresenta alto potencial de expansão, principalmente ao longo da sua cadeia produtiva de transformação da madeira, incrementando a obtenção líquida de divisas para o país (MOREIRA, et al. 2017).

Segundo o Relatório do IBA (2017), o Brasil apresentou em 2016 uma área de 7,84 milhões de hectares de reflorestamento, sendo o setor brasileiro de florestas plantadas responsável por 91% de toda a madeira produzida para fins industriais, contribuindo diretamente em 6,2% do Produto Interno Bruto (PIB) Industrial no país, além de ser um dos segmentos com maior potencial de aporte para a estruturação de uma economia verde.

Moreira et al (2017) afirmam que o segmento florestal possui uma área de plantio razoável, mas ainda pouco explorada em relação ao seu potencial produtivo e a disponibilidade de terras para cultivos florestais.

O setor florestal brasileiro lidera os níveis de produtividade de madeira em âmbito mundial. Ainda assim, a demanda crescente por produtos e subprodutos madeireiros e não madeireiros desafia o setor a intensificar sua produção, manejando as florestas sustentavelmente (IBA, 2017).

O conceito de sustentabilidade vem crescendo significativamente desde a década de 90, logo questões como desmatamento, manejo sustentável e conservação das florestas ganharam relevância em campanhas ambientalistas (NARDELLI, 2003). Hoje ainda é um tema de grande importância e relevância no setor florestal.

Diante dessas pressões, o setor florestal tem procurado alternativas para garantir sua eficiência, de forma a produzir mais com a utilização cada vez menor de recursos que impactem negativamente o ambiente, auxiliando na conservação dos solos, reduzindo o impacto da exploração em florestas nativas e plantadas, protegendo áreas naturais.

Segundo Garrido (2002), uma exploração com base na sustentabilidade permite um melhor aproveitamento do recurso madeireiro, hoje e no futuro. Ou seja, a exploração racional que impacte e agrida menos o ambiente, não prejudicando a qualidade do produto final, é o caminho certo para o desenvolvimento sustentável do meio.

3.2. Exploração e Colheita florestal

A colheita florestal pode ser entendida como o sistema que compreende um conjunto de elementos e processos que envolvem a cadeia de produção, desde o planejamento e preparo da derrubada da árvore, até a extração da madeira, utilizando-se técnicas e padrões pré-estabelecidos, visando obtenção de um produto final (MACHADO, 2002; MALINOVSKI et al. 2002).

Segundo Coimbra Nascimento (2011), as atividades da colheita podem ser divididas em três fases: corte, que inclui a derrubada, o desgalhamento e o processamento; extração, correspondente à colocação da madeira em um local de fácil acessibilidade; e transporte para o local de utilização. Um dos principais desafios dos técnicos florestais é otimizar todas as operações envolvidas, uma vez que diversas máquinas, equipamentos, métodos e sistemas são utilizados (MALINOVSKI et al., 2008).

A colheita é um processo extremamente relevante no manejo florestal, visto que é um dos procedimentos de maior custo nas atividades florestais durante a vida de um povoamento e tem bastante influência no valor do produto final (STOHR, 1976; BAGGIO et al., 1978; MACHADO, 2008; SIMÕES, 2008). Um bom planejamento com uma boa logística de etapas e processos, além de uma formação adequada e capacitada de recursos humanos, é fundamental para que a colheita seja feita com qualidade e os custos sejam otimizados, além de garantir que não irá causar impactos ambientais irreversíveis.

A produtividade dos sistemas mecanizados de colheita florestal é afetada por diferentes variáveis que intervêm diretamente na capacidade operacional dos equipamentos e, por conseguinte, no custo final (BRAMUCCI & SEIXAS, 2002; SIMÕES et al, 2010).

De acordo com Lopes et al. (2008) e Simões et al. (2010), a avaliação dos sistemas de colheita de madeira é um procedimento fundamental para correções ou qualquer alteração do processo de produção, independente do grau de mecanização utilizado, visando à racionalização e otimização dos recursos utilizados.

Quando se trata de exploração florestal em florestas nativas, Altoé (2008) afirma que a operação de impacto reduzido permite que se utilize menos áreas para confecção de estradas, pátios e ramais de arraste, diminuindo assim o impacto sobre o solo da floresta, enaltecendo a importância das operações da exploração florestal serem integradas ao sistema de manejo, para que possa garantir a sustentabilidade ambiental e econômica (SABOGAL et al., 2000).

Silva (2001) ressalta a importância de aplicação de tratamentos silviculturais à floresta para regenerar e possibilitar uma próxima colheita, assim como o monitoramento constante, para auxiliar o manejador na tomada de decisões técnicas e administrativas.

É relevante citar que é possível minimizar o dano durante a exploração florestal através de pequenas práticas que levam à redução do impacto e favorece a regeneração, como por exemplo, o corte de cipós que ligam as árvores, a manutenção das árvores não comerciais, a utilização de tratores de arraste, a elevação da tora antes do arraste e a elaboração de um cuidadoso plano de rede de estradas e picadas (BUSCHBACHER, 1990).

O setor florestal tem como objetivo cada vez maior, realizar as operações de colheita de madeira com máquinas que minimizem os danos às condições físicas do solo e reduzam a necessidade do preparo do terreno para novos plantios, sem interferir na produção da floresta (LOPES, 2003).

3.3. Atividades e Sistemas em Colheita Florestal

Existem diversas metodologias e sistemas de colheita florestal. Segundo Silva et al, (2003), o sistema de colheita e o processamento a ser utilizado será uma função de um conjunto de fatores condicionantes, como a espécie florestal de interesse, a idade do povoamento, a finalidade a que se destina o produto e condições gerais da área escolhida.

Com a ampliação da área de florestas plantadas no Brasil, sobretudo depois do advento dos incentivos fiscais, notou-se a necessidade de buscar sistemas de colheita que proporcionassem um rendimento maior, menor custo e melhor aproveitamento, devido a isso, a mecanização das atividades de colheita passou a ser mais estudada (MINETTE, 2007).

A colheita florestal compõe uma série de etapas, desde o corte, onde se é realizada a derrubada do indivíduo de interesse, como o desganhamento, processamento, descascamento, extração e carregamento (SANT'ANNA JUNIOR, 1992, SANTOS & MACHADO, 2001; MACHADO, 2002; SILVA, 2003). Neste caso, a extração está relacionada ao movimento da madeira, ou seja, desde a primeira etapa, onde é realizado o corte até a estrada, que é geralmente seu destino. (ALTOÉ, 2008)

De acordo com Malinovski (2008), o sistema de colheita de madeira trata de um conjunto de atividades que permitem o fluxo contínuo de madeira e tem por objetivo a racionalização e otimização dos recursos utilizados, levando os equipamentos à máxima utilização.

Atualmente, em virtude das diversas opções de marcas e modelos de máquinas existentes para a realização das operações de corte e extração florestal, as empresas empregam uma variada linha de maquinários e equipamentos na colheita da madeira, cabendo

à empresa optar pelo sistema e método que seja mais adequado às suas peculiaridades (NASCIMENTO et al, 2011).

Na extração mecanizada e semimecanizada, por exemplo, algumas condicionantes interferem no resultado do arraste, como a potência do trator, a capacidade de suporte do solo, a resistência de rampa, a resistência ao rolamento, cargas-limite e características da floresta; principalmente quando a atividade acontece em ecossistemas frágeis (BRAZ, 1997; BRAZ, 1998).

De acordo com Robert (2013), “empresas florestais que possuem áreas com declividades acentuadas geralmente adotam métodos diferentes de colheita, sendo comuns o uso da motosserra na etapa de corte e na etapa de extração por tratores guincho e torres. Por tornar-se necessário um maior número de mão de obra para as operações com motosserra e conseqüente amarração das árvores nos cabos, a colheita florestal em áreas declivosas é considerada um dos grandes desafios da ciência florestal, no que se refere a performance das operações em situações adversas e na busca e adoção de técnicas e tecnologia que garantam maior qualidade e segurança ao trabalhador e menores custos operacionais.”

Apesar do desenvolvimento tecnológico de maquinários e metodologias de colheita para áreas de declividade acima de 25°, ainda é um desafio técnico e operacional para a engenharia de equipamentos, principalmente com a finalidade de realizar estas operações com segurança, atender as exigências de ergonomia e custos adequados à competitividade do mercado voltado a produção de matéria prima para abastecer as indústrias de base florestal (ROBERT, 2013).

Em 2002, Lima e Leite (2002) já afirmavam que a colheita florestal em áreas acidentadas, ou em condições topográficas desfavoráveis, exigiam um alto nível de planejamento e detalhamento. E enalteciam a importância do desenvolvimento de máquinas e equipamentos específicos para essas condições, com o objetivo de minimizar os custos, diminuir a necessidade de mão-de-obra e aumentar a produtividade.

Segundo Leite et al. (2012), uma alternativa que proporciona vantagens ambientais, operacionais e econômicas na extração de madeira em terrenos com a topografia acidentada e desfavorável, é a utilização do guindaste, por facilitar o deslocamento de madeira reduzindo os impactos sobre o solo e por possibilitar o içamento da madeira até o local desejado.

Andrade (2012) afirma que a colheita por cabos não é facilmente executável, apesar de ser uma técnica comum de uso em algumas empresas florestais. Ao discorrer sobre suas vantagens, cita sobre a não dependência das condições meteorológicas durante sua execução, além de se beneficiar do efeito da gravidade, o qual resulta em menor gasto de energia e menor atrito. Entretanto, apresenta como principais desvantagens o elevado custo de montagem e desmontagem dos equipamentos, baixa capacidade de carga por unidade de tempo e, exige muitas atividades de processamento/empilhamento pós içamento.

A colheita realizada por trator acoplado a um guincho arrastador consiste no arraste dos feixes de toretes por um meio de um guincho acoplado a tomada de potência (TDP) de um trator agrícola (REVISTA DA MADEIRA, 2002). Esta técnica é amplamente utilizado em condições topográficas desfavoráveis. Para a realização desta atividade, os operadores descem primeiramente com os cabos de aço até as pilhas de madeira onde é feito o engate. A partir daí, dá-se início à operação de guinchamento. Durante a realização desta atividade podem ocorrer severos danos às cepas e também ao solo (LIMA; LEITE, 2002).

O guinchamento pode incidir em compactação e desestruturação do solo, potencializando, fenômenos erosivos, os quais são ainda agravados pelas condições topográficas da referida operação. (REVISTA DA MADEIRA, 2002)

É importante escolher o maquinário e o sistema de extração adequados, analisando as características da floresta, pois o processo escolhido terá reflexo na otimização do trabalho (BRAZ, 1992). Segundo Alves (1998), os testes operacionais e a busca do desenvolvimento e aperfeiçoamento de equipamentos e sistemas adaptados à situação de cada empresa são o caminho para atingir níveis crescentes de produtividade, menores custos e qualidade do processo e do produto.

3.4. Degradação do solo resultante da exploração florestal

As operações mecanizadas de colheita florestal se intensificaram no início da década de 90 (FERNANDES, 2003). Desde então, há uma preocupação por parte dos gestores de empreendimentos florestais relacionada aos impactos do uso de máquinas no meio ambiente e principalmente no solo.

O sistema de colheita florestal tem levado o solo a um processo acelerado de degradação, principalmente devido ao aumento do tráfego das máquinas sobre o solo, resultando em desequilíbrio de suas características físicas, químicas e biológicas, afetando progressivamente o seu potencial produtivo (DIAS JUNIOR, 1999; SEIXAS, 2002; LOPES, 2003).

Isso ocorre porque as máquinas empregadas na colheita, em geral, são muito pesadas e, combinadas com a movimentação e o levantamento de toras, exercem grandes pressões no solo (SCOPEL et al., 1992). Segundo Fenner (2002), o tráfego de máquinas prejudica o desenvolvimento e o crescimento de raízes e, conseqüentemente, diminui o crescimento florestal, ou seja, a produção de madeira.

A quantidade de danos provocada pela extração de madeira depende, principalmente, do planejamento, da intensidade de exploração e do controle exercido durante a derrubada e extração das árvores (OLIVEIRA, 2011). Dentre os impactos que os tratores florestais causam no solo, as deformações físicas podem estar ou não relacionadas com a compactação do solo

(FENNER, 2002). Contudo, Lira Filho (1992) menciona que a compactação é um dos mais sérios danos causados ao solo, devido à exploração florestal.

Na exploração florestal de florestas nativas, por exemplo, o sistema de extração por arraste é o mais comum e o que causa maiores danos ambientais (BANDEL, 2010). Estudando a compactação em relação ao arraste de madeira com tratores agrícolas, MacDonagh et al. (1995) observaram incrementos de densidade do solo e de resistência à penetração em pontos de maior teor de água.

Um dos principais fatores determinantes para a compactação do solo após o uso de tratores na operação de colheita florestal está relacionado com as primeiras passadas das máquinas (SEIXAS & SOUZA, 2007). Segundo Seixas e Souza (2007), reforça-se a tese de se restringir o tráfego de veículos dentro do talhão na menor área possível, para que assim diminua-se a extensão dos prováveis efeitos da compactação sobre o povoamento florestal.

As áreas por onde passam os rodados das máquinas são importantes quanto a verificação sobre os impactos do tráfego de uma máquina florestal sobre o solo, mas também as áreas externas as trilhas de onde os rodados passam contribuem ao aumento da área perturbada (LABELLE & JAEGER, 2011).

A realização de estudos que tenham como objetivo quantificar os efeitos das operações envolvidas na colheita florestal em diferentes tipos de solos tem a finalidade de orientar o planejamento das atividades mecanizadas nas empresas, com o intuito de evitar a ocorrência da compactação (CECHIN, 2007).

Tendo em vista as consequências de degradação do solo, mediante a exploração e colheita florestal, é necessário, então, que se desenvolvam estratégias com vistas a minimizar esse efeito, atuando sobre as suas causas.

3.5. *Skidding Cone*

O *Skidding Cone* ou Cone de Arraste (Figura 1) é uma proteção final utilizada na base da tora que será transportada para o local de destinação, durante a exploração florestal. Esta proteção final compreende um corpo cilíndrico aberto em uma extremidade para receber um tronco a ser transportado, com a outra extremidade do referido corpo convergindo axialmente de fora para dentro promovendo uma abertura. Esta abertura é de um tamanho suficiente para permitir que um elemento flexível, tal como uma corrente ou cabo, passe através dele para engatar no tronco a ser carregado. (MCLEOD, 1975)

O objetivo principal da invenção do objeto de estudo deste trabalho, visa a sua utilização em trilhos de derrapagem, visto que a derrapagem dos troncos, seja devido às condições do terreno, obstáculos no caminho como galhos, raízes ou fragmentos florestais dispostos no solo, ou decorrente de maquinários, é dificultada com frequência devido a

tendência da extremidade dianteira do tronco “cavar” em terrenos macios, atingir rochas, raízes ou avançar sobre árvores pequenas ou outros obstáculos. (MCLEOD, 1975)

Essas dificuldades são desvantagens no arraste e guinchamento de toras, uma vez que causam maior desgaste no equipamento que está sendo utilizado, além de requerem mais energia para serem consumidos. Além disso, agravam o desgaste do solo e cooperam com sua degradação, prejudicando a área de exploração florestal a curto, médio e longo prazo (BANDEL, 2010).

Segundo McLeod (1975), inventor do *Skidding cone*, espera-se que a utilização do cone minimize e possivelmente elimine muitos dos problemas associados à derrapagem de toras durante o transporte. Com isso, o cone fornece uma proteção que reduz a tendência da extremidade dianteira de impactar diretamente o solo ou obstáculos que estejam na rota do transporte da madeira. Além disso, a acumulação de lama, ou até mesmo neve, que precede no transporte de toras, é bastante reduzida.

Há pouca bibliografia a respeito de estudos sobre o *Skidding Cone* na literatura, além de informações sobre sua criação. Este é um dos primeiros trabalhos que busca avaliar se o *Skidding Cone* é realmente capaz de minimizar a deformação plástica do solo proveniente do arraste e guinchamento de toras.

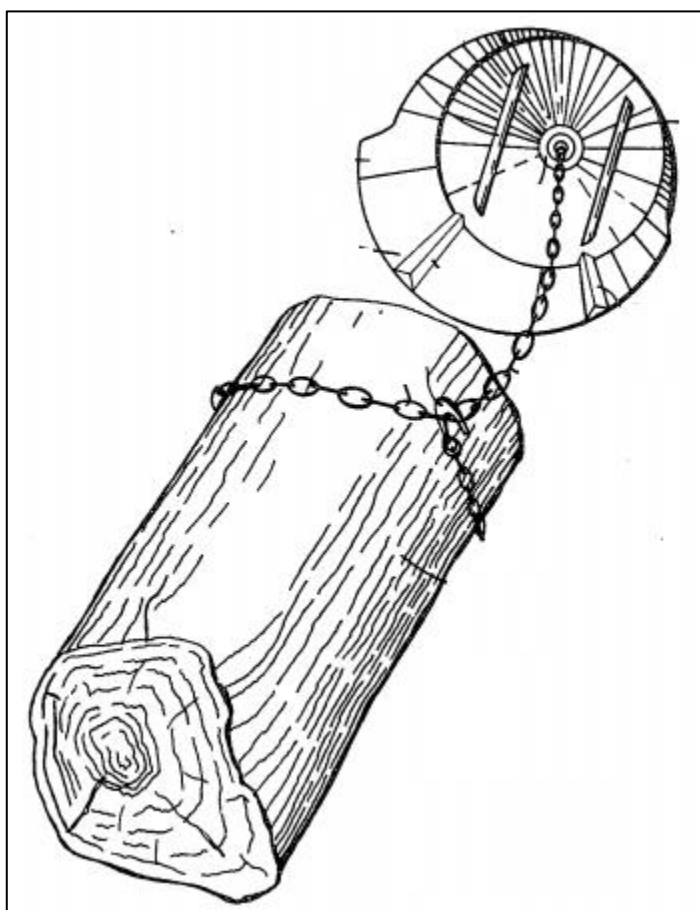


Figura 1. Desenho que mostra a utilização do *Skidding Cone* na tora com destaque ao orifício que permite a passagem do cabo ou corrente para arraste ou guinchamento.

Fonte: Adaptado de McLeod (1975)

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização da área

A área escolhida para realização do experimento está localizada na Estação Experimental de Rio Negro da Universidade Federal do Paraná. A Estação Experimental possui 120 hectares e está localizada no município de Rio Negro (Figura 2), no distrito de Tijuco Preto, Estado do Paraná, às margens da BR-116 no km 200 (Figura 3).



Figura 2. Localização da cidade de Rio Negro, no Estado de Paraná, Brasil.

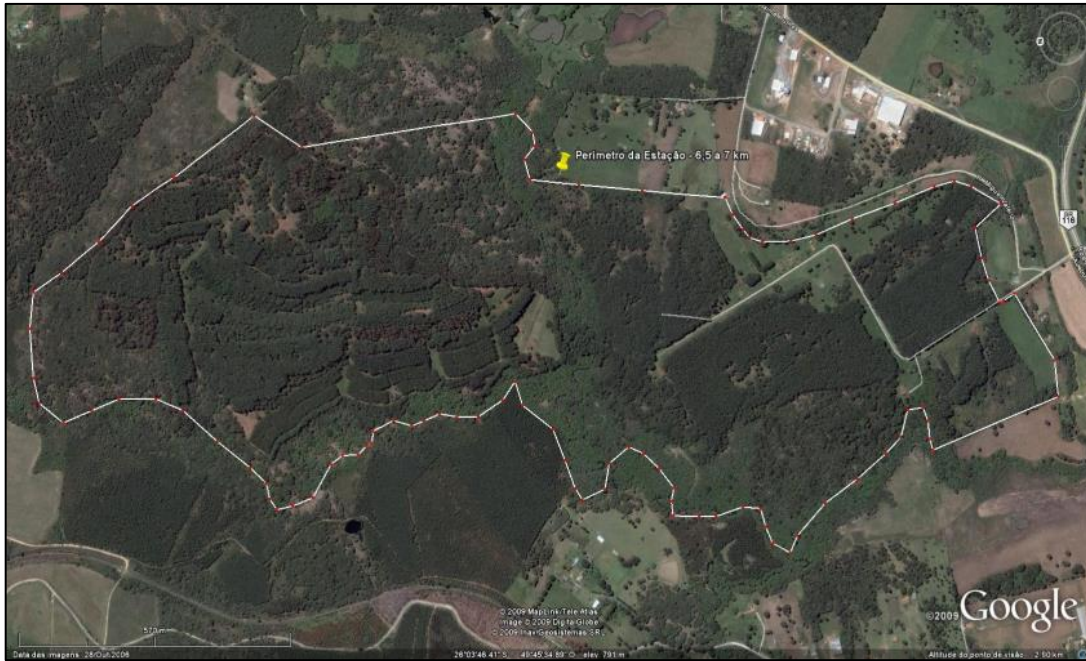


Figura 3. Área da Estação Experimental da Universidade Federal do Paraná, localizada em Rio Negro, no Estado de Paraná, Brasil.

A área escolhida para realização do experimento, compreende 225 m², com topografia plana levemente ondulada, com declividade média de 7,16% e está a 163° Norte e 180° Sul. O solo tem textura Franco-Arenosa, com percentual médio de 14,9% de argila, 62,5% de areia e 22,7% de silte, e caracteriza-se pela presença de *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn in Kersten, conhecida popularmente como samambaia e de espécies da Família *Poaceae*, conforme pode ser observado na Figura 4 .



Figura 4. Espécies de gramíneas encontradas na área experimental de Rio Negro, onde o experimento foi implantado.

O clima é quente e temperado em Rio Negro. Segundo a Köppen e Geiger, a classificação do clima é Cfb. A temperatura média é 17,3 °C e possui uma pluviosidade significativa ao longo do ano, sendo a média anual de 1289 mm (Figura 5).

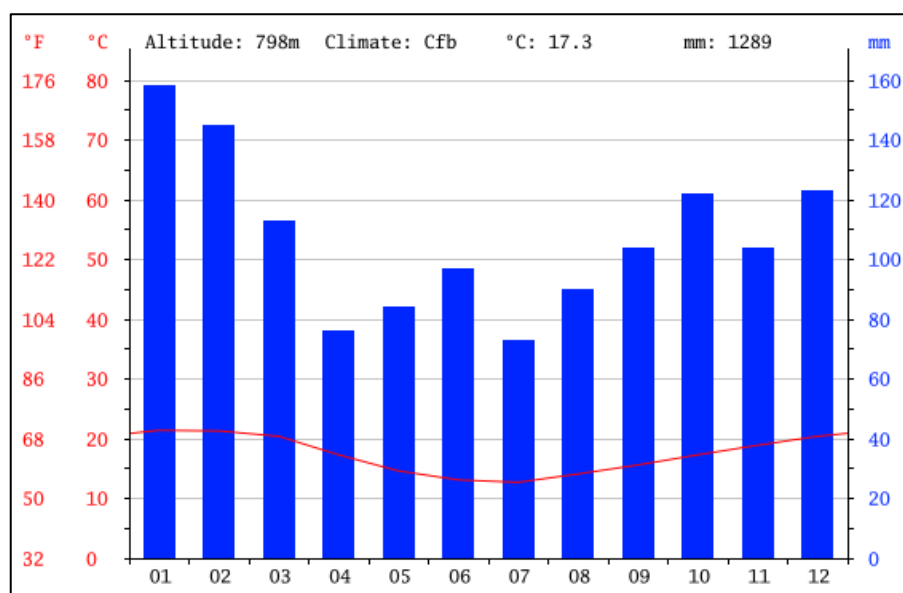


Figura 5. Temperatura e pluviosidade médias anuais do Município de Rio Negro – Paraná. Fonte: Clima-data.org

4.2. Informações sobre a tora

O experimento consistiu no arraste e guinchamento de uma tora da espécie *Pinus taeda* L.. O indivíduo escolhido possuía 40 centímetros de diâmetro à altura do peito (DAP). Foi necessário optar por esse diâmetro, pois foi levado em consideração que a circunferência da tora deveria ser menor que a circunferência do *Skidding Cone*, para sua utilização.

O corte da árvore foi realizado com motosserra e após a derrubada, foi obtida uma tora de seis metros de comprimento (Figura 6). A medição dos diâmetros das seções da tora foi feita com uma suta (Figura 7) e a cubagem da tora foi realizada pelo método de *Smalian*, sendo o volume obtido equivalente a 0,6285 m³, considerando a densidade básica da tora de *Pinus taeda* aos 25 anos é de 0,370 g/cm³ (MELCHIORETTO, 2003), estima-se o peso da tora em 439,95 kg.



Figura 6. Tora de *Pinus taeda* com comprimento de seis metros, utilizada nos tratamentos do experimento.



Figura 7. Medição do diâmetro das seções da tora com o auxílio de suta.

4.3. Escolha do maquinário

O maquinário utilizado para arraste da tora para execução do experimento, foi um trator agrícola TL 75E 4x2 da New Holland (Figura 8). Durante as repetições do experimento, foi mantida rotação de 1500 rpm, em segunda marcha reduzida. Para o arraste da tora, foi utilizado um guincho com dois cabos alemães com duas embreagens. O trator fez toda passagem entre as parcelas, paralelo ao nível do solo, em sentido de ascensão do terreno.



Figura 8. Trator agrícola TL 75E 4x2, New Holland, utilizado no experimento.

4.4. Skidding Cone

O *Skidding Cone* é de material plástico com dimensões de 65 cm de altura, 60 cm no diâmetro maior e 55 cm no diâmetro menor (Figura 9a e 9b). O objetivo principal de sua utilização neste estudo foi avaliar se seu uso reduz o impacto na largura e profundidade do sulco, no arraste e guinchamento da tora no solo.



Figura 9a e 9b. *Skidding Cone* utilizado com o objetivo de reduzir o impacto da tora no solo, no arraste e guinchamento de toras, nos tratamentos 2 e 4.

4.5. Tratamentos

O experimento foi constituído de quatro tratamentos:

1. Arraste da tora sem a utilização do *Skidding Cone*;
2. Arraste da tora com a utilização do *Skidding Cone*;
3. Guinchamento da tora sem a utilização do *Skidding Cone*;
4. Guinchamento da tora com a utilização do *Skidding Cone*.

Cada tratamento visou avaliar o impacto da tora no solo decorrentes do arraste e guinchamento da mesma. Para contemplar os quatro tratamentos utilizados, foram montadas quatro parcelas de 12 m de comprimento por 2,60 m de largura, para possibilitar a passagem completa da tora e do trator em cada tratamento. Anterior às parcelas, foram colocadas balizas de orientação distantes 7 metros da primeira marcação, para que o tratorista pudesse entrar nas parcelas com a tora na mesma posição em todas as repetições, buscando minimizar os erros originados do desvio de posicionamento da tora, interferindo diretamente no impacto dela no solo e conseqüentemente, na largura e profundidade dos sulcos abertos. Foram realizadas dezoito passagens da tora em cada tratamento.

O espaçamento entre as parcelas foi de 20 centímetros. As parcelas foram alocadas paralelamente umas às outras, buscando-se proporcionar a mesma declividade e direção de ascensão do terreno em cada tratamento, conforme mostra a Figura 10.

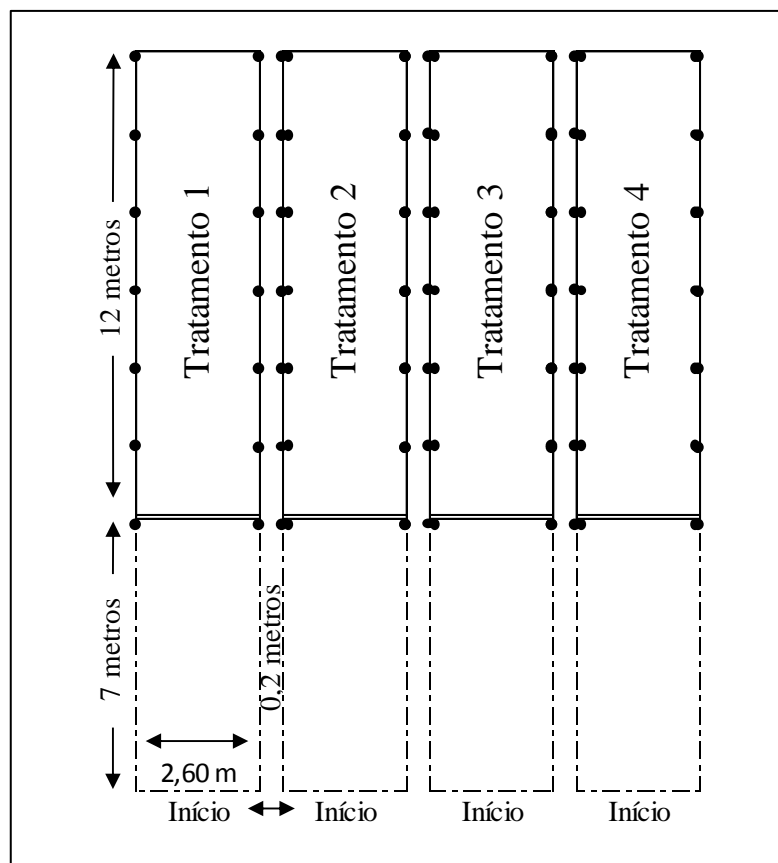


Figura 10. Croqui da área de estudo, localizada na estação experimental da UFPR, em Rio Negro – Paraná, com os pontos de medição da profundidade e largura dos sulcos.

4.6. Variáveis coletadas

Foram analisadas duas variáveis para comparação entre os quatro tratamentos e entre as passagens da tora, sendo elas: profundidade do sulco e largura dos sulcos. A coleta de dados foi feita em diferentes repetições após a passagem da tora.

4.6.1. Profundidade do sulco

A profundidade do sulco originada pela passagem da tora, foi medida a cada três passagens da tora, em sete pontos distribuídos ao longo da parcela, distantes em dois metros um do outro, conforme mostrado no croqui da Figura 10.

A medição foi efetuada com um perfilômetro de madeira, com 100 centímetros de comprimento, conforme pode ser observado na Figura 11. O procedimento de medição da profundidade do sulco ocorreu segundo as seguintes etapas:

- 1- O perfilômetro era sempre posicionado no mesmo local, em todas as medições, acompanhando as sete marcações das balizas de medição.
- 2- Com o auxílio de um martelo, a base do perfilômetro era fixada no solo, na mesma altura segundo uma marcação com fita adesiva em suas duas balizas.
- 3- Era colocado um nível sobre o perfilômetro para aferir o nivelamento.
- 4- Para analisar a profundidade do sulco, foi utilizada uma trena para medição na mesma marcação do perfilômetro, a altura que distava do ponto de coleta de dados

do solo e as medições eram realizadas de 5 em 5 centímetros, sendo obtido os valores de marcação 0 a 100 centímetros no perfilômetro.

Com isso, foi possível obter valores precisos que indicavam o quanto a tora impactava a cada três passagens na parcela.



Figura 11. Medição da profundidade do sulco com auxílio do perfilômetro, no tratamento 2, linha 7, sexta passagem da tora na parcela.

4.6.2. Largura dos sulcos

A largura do sulco foi obtida através da medição com uma trena graduada em milímetros, conforme Figura 12. A medição foi realizada na mesma linha de análise da profundidade do sulco, e sua mensuração foi feita após todas as passagens da tora, em todas as parcelas. Foram sete mensurações por parcela, totalizando 126 medições. Com os dados coletados foi possível medir o impacto da tora diretamente na formação do sulco a cada passada, assim como nas laterais do sulco, sendo possível observar sua progressão.



Figura 12. Medição da largura do sulco com a utilização de uma trena.

4.7. Análises da profundidade e largura do sulco

Após coleta de dados do perfilômetro, foram elaborados gráficos comparativos que representassem a formação do sulco após as dezoito passadas. Em relação à coleta de dados da largura do sulco, para analisar o efeito da passagem da tora em cada tratamento e entre os tratamentos, foi efetuada a análise de variância (ANOVA), estudando-se o efeito das repetições das passagens da tora sobre a variável considerada. Em caso de não nulidade, havendo diferenças significativas das hipóteses testadas, o contraste de médias será realizado pelo teste Tukey (1953), ao nível de 5% de probabilidade. As análises foram realizadas pelo Software estatístico R, versão 3.4.2 (2017).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Profundidade dos sulcos

5.1.1. Testemunha

Inicialmente, os dados da testemunha para os quatro tratamentos foram processados, obtendo-se os valores médios da profundidade do terreno na sua forma original (antes da passagem da tora). Esses valores médios foram obtidos para as sete posições de coleta dos dados, como mostra a Figura 13. A Tabela 1 mostra os valores médios da testemunha por tratamento em cada ponto de coleta dos dados.

Tabela 1. Valores médios da profundidade do terreno na forma original (cm), por tratamento e posição de coleta dos dados.

Tratamento	Média da profundidade por posição						
	1	2	3	4	5	6	7
T1	30,5	30,9	33,2	31,3	33,0	32,9	30,0
T2	29,4	30,2	33,6	32,4	33,6	31,1	32,7
T3	31,3	30,9	29,7	27,9	31,7	31,6	31,5
T4	31,5	32,0	32,2	32,5	32,6	31,1	31,7

Através do gráfico, pode-se verificar que nas posições 1, 2, 6 e 7 (extremidades das posições de coleta dos dados), o terreno apresenta ligeira elevação em relação às posições 3, 4 e 5 (posições centrais). Destoa dos demais, o comportamento do perfil do solo do tratamento 3, nas posições 3, 4, e 5 que apresentam ligeira elevação em relação às extremidades, conforme pode ser observado na figura abaixo.

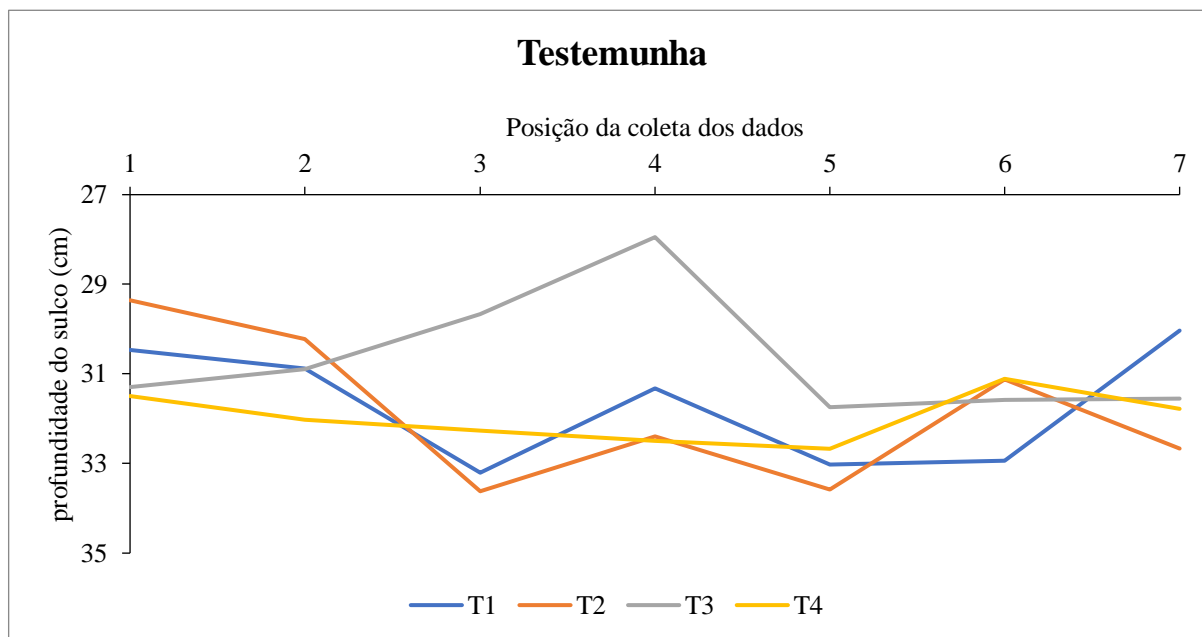


Figura 13. Valores médios da profundidade do terreno na forma original (cm), por tratamento e posição de coleta dos dados.

5.1.2. Tratamentos

Os dados referentes aos tratamentos (sete passagens da tora e sete posições de coleta dos dados) foram processados, obtendo-se os valores das maiores profundidades dos sulcos para cada tratamento e número de passagens da tora em cada ponto de coleta de dados. Esses valores são mostrados pelas Figura 14 a Figura 17 (uma para cada tratamento), onde são mostrados os maiores valores de profundidade do sulco, cotejados com a situação inicial da profundidade do terreno.

Na Figura 14, referente ao tratamento 1, verifica-se uma diferença máxima de 2,9 cm entre a testemunha e o sulco gerado por esse tratamento, no sétimo ponto de coleta de dados do tratamento.

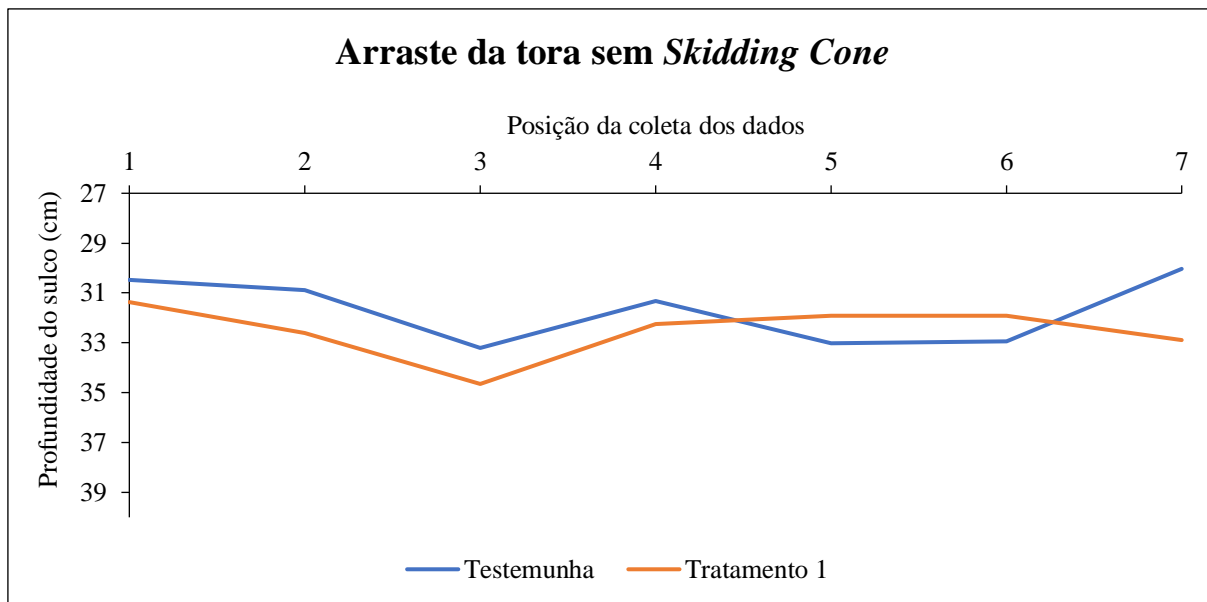


Figura 14. Valores médios da profundidade do terreno na forma original (testemunha) e para o tratamento 1, em cada posição de coleta dos dados.

Como pode ser observado na figura acima, nos pontos de coleta de dados 5 e 6, após as dezoito passagens da tora, a profundidade do sulco foi superior ao testemunha. Isso indica que houve deformação plástica no solo, tendo a região sido modificada pela passagem da tora, ou seja, visto que a análise foi feita com a média das maiores profundidades após as sete passagens da tora, o solo que se deslocou para as laterais do sulco durante sua formação, tiveram influência significativa nesses pontos.

Na Figura 15, referente ao tratamento 2, verifica-se uma diferença máxima de 2,4 cm entre a testemunha e o sulco gerado por esse tratamento, no primeiro ponto de coleta de dados.

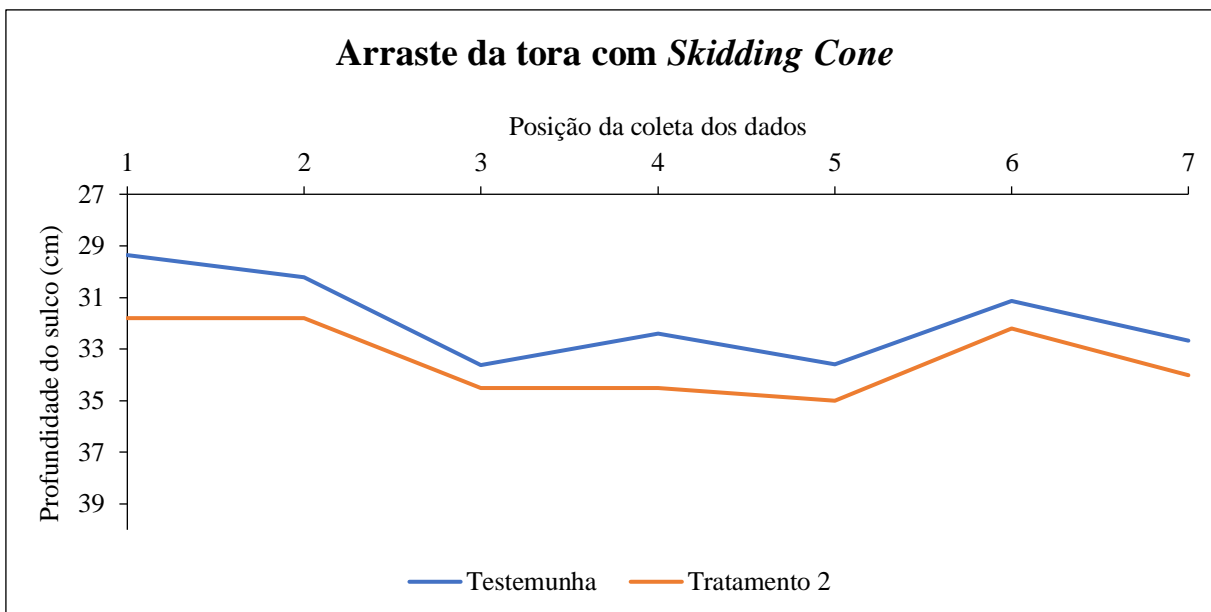


Figura 15. Valores médios da profundidade do terreno na forma original (testemunha) e para o tratamento 2, em cada posição de coleta de dados.

Na Figura 16, referente ao tratamento 3, verifica-se uma diferença máxima de 7,0 cm entre a testemunha e o sulco gerado por esse tratamento, no sétimo ponto de coleta de dados.

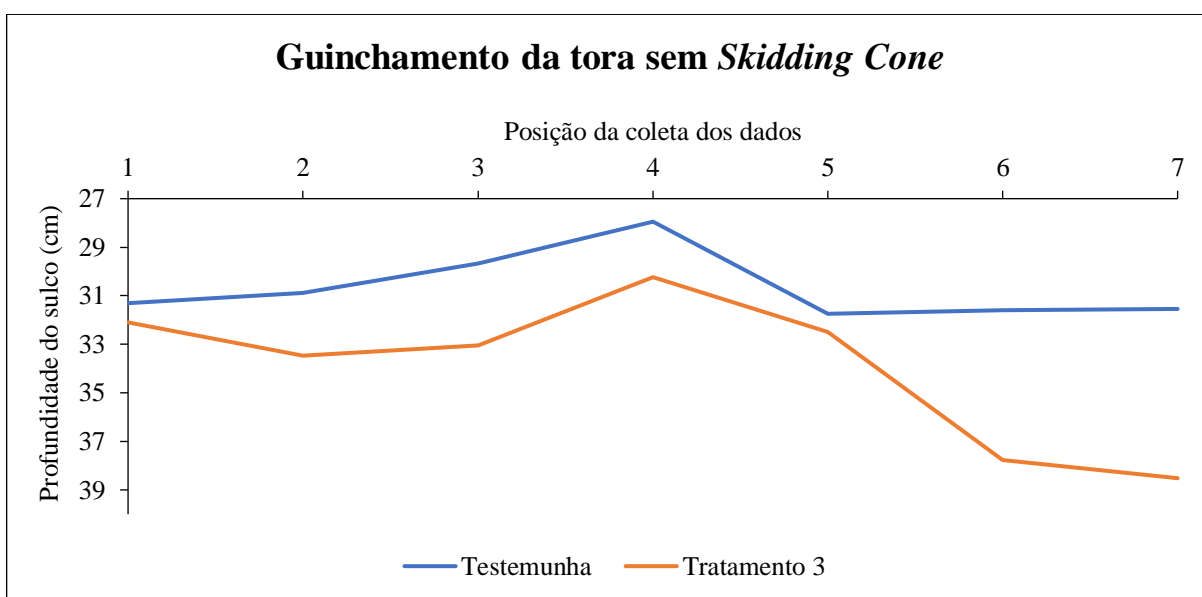


Figura 16. Valores médios da profundidade do terreno na forma original (testemunha) e para o tratamento 3, em cada posição de coleta de dados.

Na Figura 17, referente ao tratamento 4 verifica-se uma diferença máxima de 3,1 cm entre a testemunha e o sulco gerado por esse tratamento, no sétimo ponto de coleta de dados.

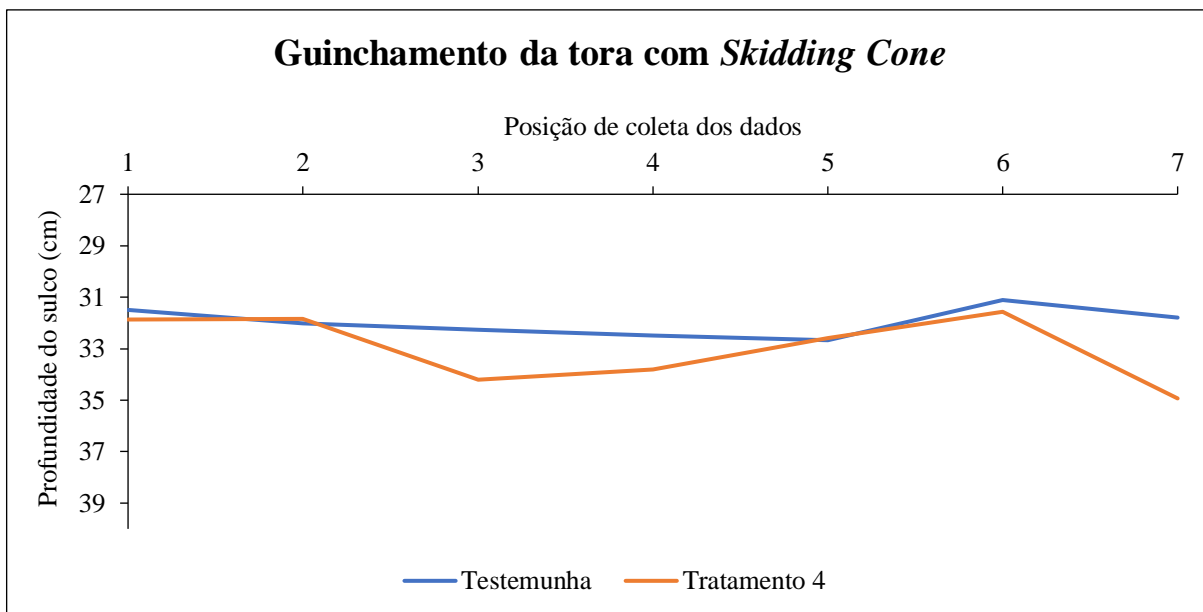


Figura 17. Valores médios da profundidade do terreno na forma original (testemunha) e para o tratamento 4, em cada posição de coleta de dados.

Com isso, é possível perceber que a passagem da tora repetidas vezes no mesmo local impacta o solo, deformando plasticamente, gerando sulcos de diferentes profundidades, originados a partir de diferentes intensidades de impacto.

Analisando os gráficos acima, é perceptível que a utilização de *Skidding Cone* minimizou o impacto da tora na formação de sulcos, gerando sulcos menos profundos se comparados aos tratamentos em que o *SC* não foi utilizado, tanto no arraste como guinchamento de toras.

No arraste, a diferença de profundidade de sulco entre a utilização ou não de *Skidding Cone* foi mínima, de 0,5 cm, entretanto no guinchamento da tora, comparando os tratamentos 3 e 4, sem e com *Skidding Cone* respectivamente, a diferença de profundidade do sulco equivale a 3,9 cm, sendo um valor significativo.

Conforme pode ser observado nas Figura 14, Figura 15, Figura 16 e Figura 17, a passagem da tora sobre o solo teve impactos de intensidade distintas, variando de acordo com a metodologia utilizada. O tratamento que foi mais danoso à deformidade plástica do solo foi o guinchamento da tora sem utilização do *Skidding Cone*, originando sulcos mais profundos, enquanto que o menos teve impacto sobre a profundidade do sulco originada no solo, foi o arraste da tora com a utilização do *Skidding Cone*.

O impacto visual da tora após as dezoito passagens sobre a área de cada tratamento pode ser observado nas Figura 18, Figura 19, Figura 20 e Figura 21.



Figura 18. Aspecto da profundidade do solo no Tratamento 1, arraste da tora sem a utilização do *Skidding Cone*, após 18 passagens da tora.



Figura 19. Aspecto da profundidade do solo no Tratamento 2, arraste da tora com a utilização do *Skidding Cone*, após 18 passagens da tora.



Figura 20. Aspecto da profundidade do solo no Tratamento 3, guinchamento da tora sem a utilização do *Skidding Cone*, após 18 passagens da tora.



Figura 21. Aspecto da profundidade do solo no Tratamento 4, guinchamento da tora com a utilização do *Skidding Cone*, após 18 passagens da tora.

Os tratamentos 1 e 2, arraste da tora sem e com utilização de *Skidding Cone*, respectivamente, apresentaram comportamentos semelhantes em relação à profundidade do sulco, conforme podemos observar nas Figura 18 e Figura 19. Entretanto, é perceptível que a utilização do cone impactou mais sobre a vegetação que estava presente na área.

Guidicini & Nieble (1983) afirmam que existe um consenso generalizado de que as vegetações de cobertura desempenham um papel importante na proteção do solo e que a perda deste material pode propiciar não somente o aparecimento da erosão, mas também de movimentos coletivos de solos, que é o que pode ser observado suavemente nas figuras acima.

A cobertura do solo tem ação direta e efetiva na redução da erosão hídrica, em virtude da dissipação de energia cinética das gotas da chuva, a qual diminui a desagregação das partículas de solo e o selamento superficial, além de aumentar a infiltração de água. Proporciona ainda a redução da velocidade do escoamento superficial e, conseqüentemente, da capacidade erosiva do solo (SLONEKER & MOLDENHAUER, 1977; COGO, 1981; COGO, 2003). Ou seja, conforme há perda de cobertura vegetal, maior a possibilidade de degradação do solo.

Ao se analisar as figuras acima, é possível concluir que o tratamento 3, guinchamento da tora sem utilização do *Skidding Cone*, foi extremamente degradador à deformidade plástica do solo, retirando toda vegetação do local onde a tora passou repetidas vezes, originando sulcos mais profundos e maior distribuição de material nas laterais do sulco. Em contrapartida, o tratamento 4, guinchamento da tora com utilização do *Skidding Cone*, apresentou sulco menos profundo e um menor impacto no solo, causando menos deformidade que o tratamento 3.

Com isso, pode-se dizer que dentre as os quatro tratamentos, o que teve melhor resposta, ou seja, menor impacto sobre a profundidade dos sulcos, foi o arraste da tora com utilização do *Skidding Cone*, enquanto que o tratamento que apresentou o maior impacto, foi o guinchamento da tora sem utilização do *Skidding Cone*. Os tratamentos de arraste, tanto com utilização de *Skidding Cone*, quanto sem utilização do *Skidding Cone*, apresentaram resultados semelhantes quanto ao impacto relacionado à profundidade do solo, após repetidas passagens da tora, destoando dos tratamentos em que foi realizado o guinchamento da tora, onde a diferença é notável e relevante.

Para futuros estudos, ao coletar dados da profundidade de sulcos, recomenda-se a utilização de um instrumento mais adequado, visto que as diferenças entre as medições são pequenas, porém representativas, devendo haver maior acuracidade na coleta de dados, com valores mais exatos.

5.2. Largura dos sulcos

Analisando a largura dos sulcos, observa-se que, a medida que se aumenta o número de vezes que a tora é arrastada ou guinchada na área delimitada, a largura dos sulcos aumenta, conforme podemos notar na Figura 22.

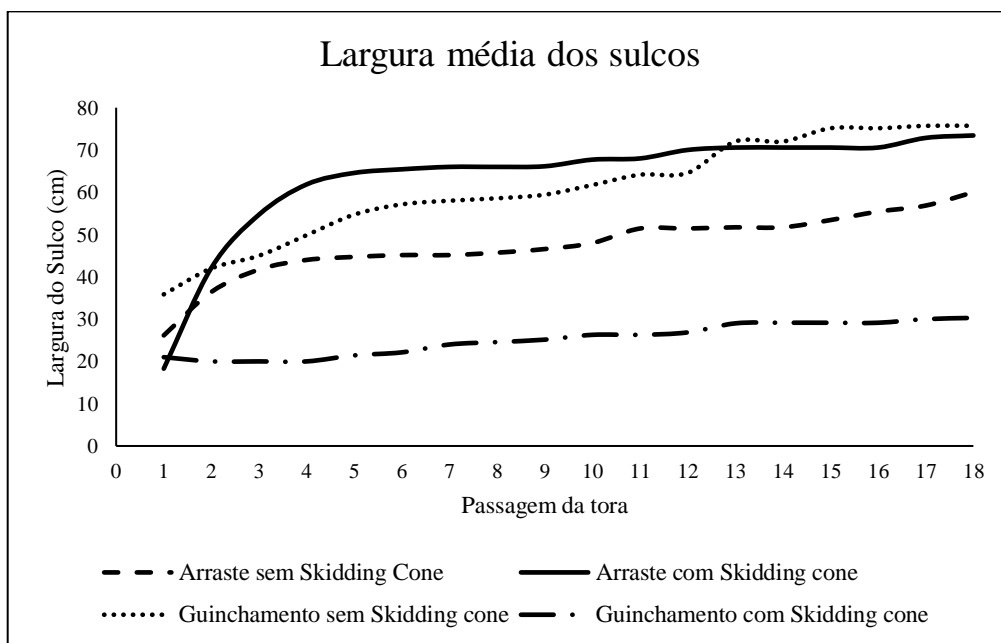


Figura 22. Relação do número de passagens da tora na área delimitada, com o aumento da largura do sulco.

Para inferir se os valores médios da variável estudada nos quatro tratamentos e nas repetidas passagens da tora pela parcela, diferem-se entre si, foi realizada a análise de variância. O resultado da ANOVA para a largura do sulco está disposto na Tabela 2.

Tabela 2. Resultado da ANOVA, considerando a largura do sulco como variável estudada.

Fonte de variação	Grau de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	Estatística F	P-valor
Tratamento	3	116046	38682	155.826	$< 2^{-16}$ ***
Passagem	17	38616	2272	9.150	$< 2^{-16}$ ***
Tratamento:Passagem	51	9982	196	0.788	0,852
Resíduos	432	107239	248		

*** Significativo ao nível de 0,1% de probabilidade.

De acordo com o teste F, foram encontradas evidências de diferenças significativas, ao nível de 0,1% de probabilidade, entre os tratamentos e entre as passagens, com relação à largura do sulco. Logo, rejeitamos a hipótese de nulidade. Há ao menos um contraste

significativo entre as médias de tratamentos e passagens da tora, com relação à largura do sulco média.

Com isso, buscando comparar as médias dos tratamentos e das sucessivas passagens da tora e identificar qual ou quais tratamentos e a partir de qual repetição de passagem da tora na parcela, há diferenciação, foi aplicado o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

O resultado do teste de Tukey para comparação da magnitude das diferenças entre os tratamentos e das passagens da tora em relação à variável, pode ser observado nas Tabela 3 e Tabela 4.

Tabela 3. Resultado do teste de Tukey, para os quatro tratamentos, considerando a largura do sulco como variável estudada.

Tratamentos	Médias da largura do sulco (cm)	Erro Padrão
1 – Arraste da tora sem <i>Skidding Cone</i>	47.53 ^b	±10.11
2 – Arraste da tora com <i>Skidding Cone</i>	63.30 ^a	±18.13
3 – Guinchamento da tora sem <i>Skidding Cone</i>	60.92 ^a	±17.25
4 – Guinchamento da tora com <i>Skidding Cone</i>	25.07 ^c	±22.75

Médias seguidas de letras diferentes, na coluna, diferem ($P < 0,05$) pelo teste de tukey.

Tabela 4. Resultado do teste de Tukey, para os quatro tratamentos, considerando a largura do sulco como variável estudada.

Passagens com a tora	Médias da largura do sulco (cm)	Erro Padrão
1	24.57 ^c	±12.24
2	35.14 ^{bc}	±15.08
3	40.35 ^{abc}	±18.27
4	43.92 ^{abc}	±20.33
5	46.35 ^{ab}	±21.65
6	47.46 ^{ab}	±22.09
7	48.28 ^{ab}	±22.06
8	48.71 ^{ab}	±22.22
9	49.32 ^{ab}	±22.22
10	50.92 ^{ab}	±21.67
11	52.46 ^{ab}	±22.02
12	53.21 ^{ab}	±22.36
13	55.82 ^a	±24.20
14	55.85 ^a	±24.18
15	57.07 ^a	±24.71
16	57.57 ^a	±24.61
17	58.85 ^a	±24.91
18	59.85 ^a	±24.88

Médias seguidas de letras diferentes, na coluna, diferem ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Foi identificado que, o tratamento 4 - guinchamento da tora sem utilização do *Skidding Cone* - foi o tratamento com o menor impacto gerado na largura dos sulcos, mediante a passagem da tora, atingindo uma largura média de 30,2 centímetros. Em alguns pontos de coleta de dados, o impacto foi considerado nulo. Se comparamos ao tratamento 3, guinchamento da tora com utilização do *Skidding Cone*, podemos observar que houve um impacto muito superior, atingindo a largura média de 75,7 centímetros, ou seja, utilizar o *Skidding Cone* para guinchamento de tora minimizou o impacto na largura do sulco em até 45,5 centímetros.

Quando se analisam os tratamentos 1 e 2, arraste da tora sem e com *Skidding Cone*, respectivamente, pode-se perceber que o impacto gerado pela tora arrastada com o cone, foi maior do que impacto gerado pelo arraste da tora sem o cone, onde se atingiu uma largura média de 60,0 centímetros no tratamento 1, enquanto no tratamento 2, o valor corresponde foi de 73,4 centímetros. Esses resultados indicam que a utilização de *Skidding Cone* no arraste de toras foi mais impactante na abertura de sulcos mais largos do que a não utilização.

Entretanto, deve ser levado em consideração que o impacto do tratamento 2 foi bastante relevante nas primeiras quatro passagens da tora e a partir da quinta passagem, adotou um comportamento quase constante, não inferindo muito sobre a largura do sulco nas repetições seguintes. Enquanto que, o tratamento 1 teve um comportamento ascendente constante, a cada passagem da tora.

Acredita-se que, para um resultado mais preciso para avaliar os comportamentos sucessivos dos tratamentos 1 e 2, e se o tratamento 1 seria mais danoso ao solo do que o tratamento 2, conforme o aumento de passagens da tora, seria necessário um novo estudo que avaliasse e estudasse o comportamento da largura do sulco com mais passagens da tora, para afirmar se realmente, no arraste, o *Skidding Cone* auxiliou em um maior impacto da tora sobre a abertura de sulco mais largos no solo.

Pode ser observado que os tratamentos 2 e 3, arraste da tora com *Skidding Cone* e guinchamento a tora sem *Skidding Cone* não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Ambos os tratamentos causaram grande impacto no solo, inferindo em uma largura de sulco superior, se comparado aos tratamentos 1 e 4.

Em contrapartida, os tratamentos 1 e 4 diferem-se entre si, segundo o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. O tratamento 4, guinchamento da tora com utilização do *Skidding Cone* apresentou melhores resultados, se comparado ao tratamento 1, arraste da tora sem *Skidding Cone*, sendo menos danoso ao solo, indicando que a hipótese testada de que o *Skidding Cone* minimiza o impacto da tora no solo durante o guinchamento, é atendida.

O resultado do teste de Tukey para comparação da magnitude das diferenças entre as repetições de passagens da tora, considerando a variável estudada, pode ser observado na tabela 3.

Na tabela 3 é perceptível que as passagens 3 e 4 não diferem-se entre si, assim como as oito passagens seguintes (repetições 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12) não diferem-se entre si, e nem as passagens consecutivas (repetições 13,14, 15, 16, 17 e 18) diferenciam-se entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Entretanto, tanto a primeira passagem, como a segunda passagem, diferem-se entre si e das demais.

Com isso, é possível perceber que as duas primeiras passagens da tora sobre o solo são as mais impactantes e que provocam um aumento da largura do sulco significativo. Após a segunda passagem, as passagens subsequentes continuam impactando o solo consideravelmente, porém menos do que as duas primeiras, se comparadas.

SEIXAS (2000) teve a mesma percepção de que o efeito do tráfego dos tratores florestais sobre o solo é maior nas primeiras passadas, e afirma que o aumento da densidade do solo nas trilhas de tráfego está relacionado com o número de passadas, os tipos de rodado, o teor de matéria orgânica do solo e o tipo de máquina utilizada no sistema de colheita.

Conforme há o aumento de passagens da tora sobre o mesmo sulco, é perceptível que o impacto na largura da vala criada vai se tornando cada vez menor e menos expressivo, indicando que há uma tendência de não haver um aumento relevante na largura do sulco nas repetições posteriores, contanto que a tora continue a realizar o mesmo trajeto na área.

6. CONCLUSÕES

Com base nos resultados encontrados podemos concluir que:

- Entre os quatro tratamentos, em análise conjunta entre largura e profundidade do sulco, o guinchamento com *Skidding Cone* teve o menor impacto sobre a deformidade plástica do solo;
- A utilização do *Skidding Cone* provou ser mais eficiente do que sua não utilização, deformando menos o solo plasticamente durante a colheita ou extração de toras;
- A ocorrência de chuvas durante a realização do estudo interferiu nas medições da profundidade dos sulcos, visto que há deslocamento de material do solo; porém não se sabe a intensidade da interferência;
- Em outras oportunidades, é recomendável a utilização de um instrumento mais preciso para medição da profundidade do sulco, propiciando medições mais acuradas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R. G. de. Sistemas agrossilvipastoris: benefícios técnicos, econômicos, ambientais e sociais. **ENCONTRO SOBRE ZOOTECNIA DE MATO GROSSO DO SUL**, v. 7, p. 1-10, 2010.

ALTOÉ, F. E. História e Evolução da Colheita Florestal no Brasil. 2008.

ALVES, M. K. L.; FERREIRA, O. O. Avaliação da etapa de derrubada e processamento de eucalipto para celulose. **Ciência Florestal**, v. 8, n. 1, p. 23-34, 1998.

ANDRADE, F. G. de. Análise de custos da colheita em área florestal acidentada utilizando o sistema de torres florestais ou guincho: tema estradas e acessos. 2012.

BAGGIO, A. J.; STOEHR, G. W. D. Resultados preliminares de um levantamento dos sistemas de exploração usados em florestas implantadas de coníferas no sul do Brasil. **Floresta**, v. 9, n. 2, 1978.

BANDEL, C. A. Estudo de diferentes sistemas de colheita de *Eucalyptus* spp em área montanhosa. 2010.

BRAZ, E. M. Main constraints to implementation of forest management. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ENVIRONMENTAL STUDIES OF TROPICAL RAINFORESTS, 2., 1992, Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro: Instituto Biosfera, 1992. p. 41.

BRAZ, E. M. Otimização da rede de estradas secundárias em projetos de manejo sustentável de floresta tropical. Rio Branco: **EMBRAPACPAF/ AC**, 1997. 38p. (EMBRAPA-CPAF/AC. Circular Técnica, 15).

BRAZ, E. M. et al. Plano de exploração sob critérios de manejo florestal de baixo impacto. **Embrapa Acre-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 1998.

BUSCHBACHER, R. J. Natural forest management in the humid tropics: ecological, social and economics considerations. **Ambio**, v. 19, n. 5, p. 253- 58, 1990.

CECHIN, N. F. Compactação de dois argissolos na colheita florestal de Pinus taeda L. **Santa Maria, RS, tese**, 2007.

COGO, N. P. Effect of residue cover, tillage induced-roughness, and slope lenght on erosion and related parameters. WestLafayette, Purdue University, 1981. 346p. (Tese de Doutorado)

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, 2003.

COIMBRA NASCIMENTO, A. et al. Avaliação técnica e econômica da colheita florestal com feller-buncher. **Cerne**, v. 17, n. 1, 2011.

DIAS JÚNIOR, M. Avaliação quantitativa da sustentabilidade estrutural de um latossolo vermelho - amarelo situado em áreas experimentais da cenibra, **Relatório do projeto de pesquisa**. 23p. Lavras: 1999

FENNER, P. T. Compactação do solo. In: FENNER, P. T. **Colheita Florestal**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. p. 375-396.

FERNANDES, H. C.; SOUZA, Amaury Paulo de. Compactação de um Latossolo Vermelho causada pelo tráfego do “Forwarder”. 2003.

GARRIDO FILHA, I. Manejo florestal: questões econômico-financeiras e ambientais. **Estudos avançados**, v. 16, n. 45, p. 91-106, 2002.

GUIDICINI, G. & NIEBLE, C. M. Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação. São Paulo: Editora Blücher, 196 p., 1983.

IBA – INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. Histórico do desempenho do setor. São Paulo: IBÁ, 2015. Disponível em: <<http://iba.org/pt/biblioteca-iba/historico-do-desempenho-do-setor>> Acesso em 29 nov. 2017.

IBA – INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. Relatório IBÁ 2017. São Paulo: IBÁ, 2017.

KURESKI, R.; KALUF, S. N.; MARTINS, G. O setor florestal na economia paranaense: uma abordagem da matriz de insumo-produto. **Revista da FAE**, v. 18, n. 2, p. 68-83, 2016.

LABELLE, E. R.; JAEGER, D. Soil compaction caused by cut-to-length forest operations and possible short-term natural rehabilitation of soil density. **Soil Science Society of America Journal**, v. 75, n. 6, p. 2314-2329, 2011.

LIMA, J.S.S.; LEITE, A.M.P. Mecanização. In: MACHADO, C.C. (Org). **Colheita florestal**. Viçosa: UFV / Imprensa Universitária, 2002. p.33-54.

LEITE, E. S.; FERNANDES, H. C.; GUEDES, I. L.; AMARAL, E. J.; LACERDA, E. G. Utilização de guindaste na extração de madeira em região montanhosa. **Revista Árvore**, v. 36, n. 1, p. 195-201, 2012.

LIRA FILHO, J. A. Interferências ambientais na exploração de florestas plantadas em regiões acidentadas do Vale do Rio Doce-MG. 1992. 97 f. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1992.

LOPES, E. da S. et al. Compactação de um latossolo submetido ao tráfego de máquinas de arraste de madeira. 2003.

LOPES, E. da S. et al. Avaliação técnica e econômica de uma garra traçadora operando em diferentes produtividades. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 79, p. 215-222, 2008.

LOPES, E. da S.; DINIZ, C. C. Produtividade do trator florestal chocker skidder na extração de madeira em terrenos declivosos. **FLORESTA**, v. 45, n. 3, p. 625-634, 2015.

MACHADO, C. C. O setor florestal brasileiro. In: MACHADO, C. C. (Org.). **Colheita florestal**. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 2002. p. 15-32.

MACHADO, C. C.; LOPES, E. da S. **Colheita Florestal**. Ed. Viçosa, MG: UFV, 2002. Cap. 7, p. 169-213.

MACHADO, C.; SILVA, E. N.; PEREIRA, R. O setor florestal brasileira e a colheita florestal. In: MACHADO, C. C. **Colheita Florestal**. 2ed. Viçosa-MG: UFV, 2008. P. 66-96.

MAcDONAGH, P.M. et al. A compactação do solo em relação a oportunidade de arraste de madeira com tratores agrícolas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 24, 1995, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1995. p. 1-20.

MCDONALD, T. P.; SEIXAS, F. Effect of slash on forwarder soil compaction. **Journal of forest engineering**, v. 8, n. 2, p. 15-26, 1997.

MALINOVSKI, J. R.; CAMARGO, C. M. S.; MALINOVSKI, R. A. **Colheita Florestal**. Ed Viçosa, MG: UFV, 2002, Cap. 6, p.145-167.

MALINOVSKI, J. R.; et al. Sistemas. In: MACHADO, C. C. **Colheita Florestal**. 2ed. Viçosa-MG: UFV, 2008. P. 161-184.

MALINOVSKI, R. A.; FENNER, P. T.; SCHACK-KIRCHNER, H.; MALINOVSKI, J. R.; MALINOVSKI, R. A. Otimização da distância de extração de madeira com forwarder. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 79, p. 171-179, 2008.

MCLEOD, D. A. **Log skidding cone**. U.S. Patent n. 3,926,410, 16 dez. 1975.

MELCHIORETTO, D.; ELEOTÉRIO, J.R. Caracterização, classificação e comparação da madeira de *Pinus patula*, *P. elliottii* e *P. taeda* através de suas propriedades físicas e mecânicas. Congresso Regional De Iniciação Científica e Tecnológica, XVIII, 2003, Blumenau, SC. Anais... Blumenau, 2003. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/238081194_CHARACTERIZACAO_CLASSIFICACAO_E_COMPARACAO_DA_MADEIRA_DE_Pinus_patula_P_elliottii_E_P_taeda_ATTRAVES_DE_SUAS_PROPRIEDADES_FISICAS_E_MECANICAS>

MINETTE, L. J. et al. Avaliação dos níveis de ruído, luz e calor em máquinas de colheita florestal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 6, p. 664-667, 2007.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. O que é inventário florestal nacional. Serviço Florestal Brasileiro. 2017. Disponível em: <<http://www.florestal.gov.br/inventario-florestal-nacional>> Acesso em 29 de nov 2017.

MOREIRA, J. M. M. A. P.; SIMIONI, F. J.; DE OLIVEIRA, E. B. IMPORTÂNCIA E DESEMPENHO DAS FLORESTAS PLANTADAS NO CONTEXTO DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO. **FLORESTA**, v. 47, n. 1, p. 85-94, 2017.

NARDELLI BRANDI, A. M.; GRIFFITH, J. J. Modelo teórico para compreensão do ambientalismo empresarial do setor florestal brasileiro. **Revista Árvore**, v. 27, n. 6, 2003.

NASCIMENTO, A. C.; LEITE, A. M. P.; SOARES, T. S.; FREITAS, L. C. de. Avaliação técnica e econômica da colheita florestal com feller-buncher. **Cerne**, Lavras, v. 17,n.1, p. 9-15, 2011.

OLIVEIRA, L. C. de et al. EXPLORAÇÃO FLORESTAL E EFICIÊNCIA DOS TRATAMENTOS SILVICULTURAIS REALIZADOS EM UMA ÁREA DE 136ha NA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS, BELTERRA - PARÁ. **Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, [S.l.], v. 46, n. 1, p. 195 - 214, maio 2011. ISSN 2177-8760. Disponível em: <<http://periodicos.ufra.edu.br/index.php/ajaes/article/view/261>>. Acesso em: 21 nov. 2017.

R Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. 2017

REVISTA DA MADEIRA, Edição no. 63 Sistema de Cabos Aéreos facilita colheita florestal, Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=111&subject=Cabos%20A%C3%A9reos&title=Sistema%20de%20cabos%20a%C3%A9reos%20facilita%20colheita%20florestal>, Abril, 2002.

ROBERT, R. C. G. Análise técnica e econômica de um sistema de colheita mecanizada em plantios de Eucalyptus spp. em duas condições de relevo acidentado. 2013.

SABOGAL, C.; SILVA, J. N. M.; ZWEEDE, J.; BARRETO, P.; GUERREIRO, C. A. **Diretrizes técnicas para a exploração de impacto reduzido em operações florestais de terra firme na Amazônia Brasileira.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 52 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 64).

SANT'ANNA JÚNIOR, M. Tendências atuais e perspectivas futuras dos sistemas de extração florestal. In: VII SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL. Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR / FUPEF, 1992. p.137- 160.

SANTOS, S. L. M.; MACHADO, C. C. Avaliação técnica e econômica da extração de madeira com forwarder em diferentes volumes por árvore e comprimentos de toras. **Revista Madera y Bosques**, México, v. 7, n. 2, p. 87-94, 2001.

SCOPEL, I. et al. Riscos de compactação do solo na produção florestal. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL, 7., 1992, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, Universidade Federal de Viçosa, 1992. p. 172-193.

SEIXAS, F. Compactação do solo devido à colheita de madeira. Tese livre docência. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 75 p., 2000.

SEIXAS, F. Olho na Terra. **Revista Cultivar Máquinas**, v. 2, n. 7, p. 15-17, 2002.

SEIXAS, F.; RODRIGUES DE SOUZA, C. Avaliação e efeito da compactação do solo, devido à frequência de tráfego, na produção de madeira de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 31, n. 6, 2007.

SILVA, C. B.; SANT'ANNA, C. M.; MINETTE, L. J. Avaliação ergonômica do feller-Buncher utilizado na colheita de eucalipto. **Cerne**, Lavras, v. 9, n. 1, p. 109-118, 2003.

SILVA, J. N. M. Manejo florestal. **Embrapa Amazônia Oriental Folderes/Folhetos/Cartilhas (INFOTECA-E)**, 2001.

SILVA, J. R. **Compactação do solo exercida por tráfego de colheita e transporte de madeira**. 2003. 134 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2003.

SIMÕES, D. **Avaliação econômica de dois sistemas de colheita florestal mecanizada de eucalipto**. 2008. 105p. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas / Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

SIMÕES, D.; FENNER, P T. Influência do relevo na produtividade e custos do harvester. **Scientia Forestalis**, p. 107-114, 2010.

SIMÕES, D; IAMONTI, I. C.; FENNER, P. T. Avaliação técnica e econômica do corte de eucalipto com feller-buncher em diferentes condições operacionais. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 4, p. 649-656, 2010.

SLONEKER, L. L. & MOLDENHAUER, W. C. Measuring the amounts of crop residue remaining after tillage. **J. Soil Water Conserv.**, 32:231-236, 1977

SOUSA, E. P. et al. Desempenho do setor florestal para a economia brasileira: uma abordagem da Matriz Insumo-Produto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 1129-1138, 2010. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48818716019>>. Acesso em: 29 nov. 2017.

STOHR, G. W. D. Análise de sistema na exploração e transporte em florestas plantadas. **FLORESTA**, v. 7, n. 2, 1976.

VALVERDE, S. R. et al. Efeitos multiplicadores da economia florestal brasileira. **Revista árvore**, v. 27, n. 3, 2003.