

PATRICIO MIGUEL MAC DONAGH

AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA DA EXTRAÇÃO  
DE *PINUS spp* UTILIZANDO TRATORES COM  
GARRA NO SUL DO BRASIL.

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de "Mestre em Ciências Florestais".

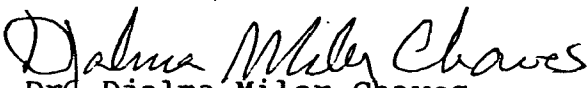
CURITIBA  
1994

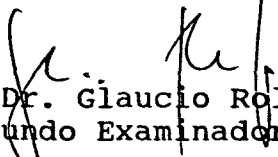
MINISTERIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

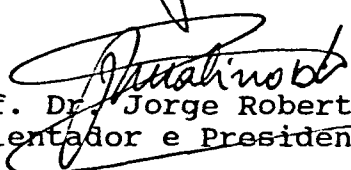
P A R E C E R

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, reuniram-se para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pelo candidato PATRICIO MIGUEL MAC DONAGH, sob o título AVALIAÇÃO TÉCNICO - ECONÔMICA DA EXTRAÇÃO DE *Pinus spp.* UTILIZANDO TRATORES COM GARRA NO SUL DO BRASIL, para obtenção do grau de Mestre em Ciências Florestais do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná. Área de concentração em SILVICULTURA. Após haver analisado o referido trabalho e argüido o candidato são de parecer pela "APROVAÇÃO" da Dissertação com média final: (9,03), correspondente ao conceito: (A).

Curitiba, 21 de outubro de 1994

  
Pesq. Dr. Djalma Miler Chaves  
Primeiro Examinador

  
Prof. Dr. Glaucio Roloff  
Segundo Examinador

  
Prof. Dr. Jorge Roberto Malinovski  
Orientador e Presidente da Banca



**PATRICIO MIGUEL MAC DONAGH**

**AVALIAÇÃO TÉCNICO - ECONÓMICA DA EXTRAÇÃO DE  
*PINUS spp* UTILIZANDO TRATORES COM GARRA  
NO SUL DO BRASIL.**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de "Mestre em Ciências Florestais".

**CURITIBA**

**1994**

A minha esposa María Elizabeth

A minha filha Emilia

A minha Família

À poesia

## BIOGRAFIA DO AUTOR

Patricio Miguel Mac Donagh, filho de Carlos Patricio Mac Donagh e María del Carmen Bragado, nasceu no dia 05 de junho de 1964 em La Plata, Provincia de Buenos Aires, República Argentina. É casado com María Elizabeth Gallo de Mac Donagh, e tem uma filha: Emilia.

Realizou seu curso primário e secundário no “Colegio San José”, em La Plata. Em 1987 graduou-se em “Ingeniería Forestal”, e em 1989 como “Ingeniero Agrónomo”, ambas pela “Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales”.

Nesta Faculdade trabalhou nos seguintes cursos: No período 1987-1990 foi assistente do “Curso de Manejo y Conservación de Suelos” em tempo parcial. Desde 1987 é assistente ad-honorem do “Curso de Maquinaria Agrícola”. Desde 1990 é Chefe de Trabajos do “Curso de Aprovechamiento” em tempo integral.

Na carreira de pesquisador da “Comisión de Investigaciones Científicas” da Provincia de Buenos Aires realizou a denominada “Beca de Iniciación” durante os anos 1989 e 1990, nas áreas de solos e índices de sitio.

Em 1991 obteve uma bolsa de estudos do Governo da Alemanha (GTZ-DAAD) para realizar o curso de mestrado na U.F.Pr.

Ingressou no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da U.F.Pr. em março de 1992.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a minha esposa, *María Elizabeth*, sem quem nada seria possível.

Ao Governo da Alemanha, GTZ - DAAD, que outorgou a bolsa e financiou minhas pesquisas de campo.

A “*Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales*”, pelo constante apoio nestes anos todos. Especialmente nas pessoas do *Ing. Raúl Marlats*, Diretor do Departamento de Silvicultura, e do *Ing. Roberto Balbuena*, Diretor do Departamento de Ingeniería Rural.

À RIGESA por permitir o desenvolvimento deste estudo, especialmente o Departamento Florestal na pessoa do *Etsuro Murakami*, à Gerência de Suprimento de Madeira nas pessoas de *Vianeí Ferlin* e *Gerson Luiz Bridi*, e à Gerência de Pesquisas na pessoa de *Ricardo M. Paim*.

Especialmente quero agradecer ao Professor Doutor *Jorge Roberto Malinovski*, cuja inestimável ajuda foi além do seu trabalho de orientação.

Aos meus co-orientadores, *Glaucio Roloff* e *Nelson C. Rossot*, que viabilizaram a apresentação deste trabalho.

Aos meus companheiros *Edilson de Oliveira*, *José Brandão de Moura*, *Mario Ochoa Ferreira*, *Ulises Cunha da Silva* e *Paulo Roberto Santoro*.

Aos meus novos amigos *Maurício C. Nadolny* e *Marcelo Antunes*.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO:</b>	<b>1</b>
<b>2. JUSTIFICATIVA:</b>	<b>5</b>
<b>3. OBJETIVOS:</b>	<b>9</b>
<b>4. REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>9</b>
4.1 Mecanização florestal	10
4. 2 Sistemas de colheita de madeira	11
4. 2. 1 O arraste da madeira	13
4. 2. 2 Meios de produção para o arraste	14
4. 2. 2. 1 Os tratores	14
4. 2. 2. 2 Os implementos	16
4. 3 Tração: Importância e modelização	18
4. 3. 1 Importância	18
4. 3. 2 Modelos da tração e a sua aplicabilidade	22
4. 4 Trafegabilidade, um conceito dinâmico.	24
4. 5 A compactação de solos ocasionada pela colheita de madeira	25
4. 5. 1 O comportamento do solo (resistência).	28
4. 5. 2 A fonte do sistema de forças da compactação.	29
4. 5. 3 Nível de compactação do solo	30
4. 5. 4 A estimativa da compactação.	31
4. 5. 5 A resistência à penetração	31
4. 5. 6 As relações e conseqüências da compactação para o sistema de cultivo florestal	33

4. 6 A grade desgalhadora	35
4. 7 Estudos de rendimento e custos	36
4. 7. 1 Estudos do trabalho florestal. Rendimentos	37
4. 7. 2 Metodologias para o cálculo do Custo	40
4. 8 A distância ótima de arraste	44
<b>5. MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>46</b>
5. 1 Material	46
5. 1. 1 O local de trabalho	46
5. 1. 2 O objeto de estudo	49
5. 1. 2. 1 Características do Trator Florestal Articulado “skidder”.	49
5. 1. 2. 2 Características do Trator Agrícola Modificado “mini-skidder”	51
5. 1. 3 Materiais para o estudo do trabalho florestal	52
5. 1. 4 Materiais para o estudo da compactação	52
5. 1. 5 Descrição do sistema de colheita	52
5. 1. 6 Condições do trabalho	53
5. 2 Métodos	54
5. 2. 1 O estudo do trabalho florestal	54
5. 2. 2 Metodologia para o cálculo do custo/hora do maquinário	56
5. 2. 3 Estudo da distância ótima de arraste	57
5. 2. 4 O estudo da compactação	57
5. 2. 5 Determinação da relação custo/ benefício	60
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>63</b>
6. 1 O Planejamento do arraste	63
6. 2 O análise dos tempos de arraste	69
6. 3 Modelos para a viagem carregada	78
6. 4 Análise das Atividades Efetivas e Gerais	80
6. 5. 1 Análise das Atividades Parciais em <i>Pinus elliottii</i>	81



6. 5. 1. 1 Análise das Atividades Efetivas em <i>Pinus elliottii</i>	82
6. 5. 1. 2 Análise das Atividades Gerais em <i>Pinus elliottii</i>	83
6. 5. 2 Análise das Atividades parciais em <i>Pinus taeda</i>	84
6. 5. 2. 1 Análise das Atividades Efetivas em <i>Pinus taeda</i>	85
6. 5. 2. 2. Análise das Atividades Gerais em <i>Pinus taeda</i>	86
6. 6 Os rendimentos do arraste	87
6. 8 O custo/hora das máquinas e equipamentos	92
6. 9 O Custo por metro cúbico	94
6. 10 Determinação da distância ótima de arraste	96
6. 11 A resistência a penetração	99
6. 12 A relação do custo benefício	108
<b>7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b>	<b>114</b>
7. 1 Conclusões	114
7. 2 Recomendações	116
<b>8 ANEXOS</b>	<b>117</b>
Anexo 1 Estudo de Tempos e Rendimentos	117
Anexo 2 Estudo da Compactação	128
Anexo 3 Custo/hora das máquinas	131
Anexo 4 Análise de Resíduos	133
Anexo 5 Distância ótima de arraste, método gráfico	141
<b>GLOSSÁRIO</b>	<b>146</b>
<b>9. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>147</b>

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Valores do ciclo de arraste para o “skidder”	40
TABELA 2	Resultados do arraste segundo STOKES et alli (1993)	41
TABELA 3	Valores de custo segundo STOKES et alli (1985)	43
TABELA 4	Dados dendrométricos da Fazenda Ruthes	49
TABELA 5	Dados dendrométricos da Fazenda Corredeira	50
TABELA 6	Velocidades teóricas (m/s) do “skidder”	52
TABELA 7	Velocidades teóricas (m/s) do “mini-skidder”	53
TABELA 8	Faixas de arraste para o estudo da distância ótima de arraste	59
TABELA 9	Resumo dos resultados do estudo de tempos na Fazenda Ruthes	74
TABELA 10	Resumo dos resultados do estudo de tempos na Fazenda Corredeira	75
TABELA 11	ANOVA da STC do “mini-skidder” vs. STC do “skidder”	77
TABELA 12	Teste de Tukey para a STAE do “mini-skidder”	78
TABELA 13	ANOVA da STAE do “skidder” vs. STC do resto	79
TABELA 14	Teste de Tukey para STAE do “skidder”	80
TABELA 15	Comparativo dos ciclos dos “skidders”	81
TABELA 16	Análise de regressão linear: $TVC = m \cdot DA + n$	83
TABELA 17	Análise de regressão linear melhorado: $m \cdot DA + n$	83
TABELA 18	Resumo dos resultados do estudo de atividades parciais em <i>Pinus elliottii</i> (valores em centiminutos)	85

TABELA 19	Resumo dos resultados do estudo de atividades parciais em <i>Pinus taeda</i> (valores em centimínutos)	88
TABELA 20	Rendimentos dos meios de produção para a Fazenda Ruthes	91
TABELA 21	Rendimentos dos meios de produção para a Fazenda Corredeira	92
TABELA 22	ANOVA do rendimento ( $m^3$ / hora) do “mini-skidder” vs. do “skidder”	93
TABELA 23	Teste de Tukey para o rendimento ( $m^3$ / hora) do “mini-skidder”	93
TABELA 24	Teste de Tukey para o rendimento ( $m^3$ / hora) do “skidder”	94
TABELA 25	Custo hora das maquinas e equipamentos	97
TABELA 26	Custo por metro cúbico para as situações estudadas	100
TABELA 27	Distância ótima de arraste para as maquinarias estudadas	102
TABELA 28	Valores médios de densidade do solo para os tratamentos ( $gr/ cm^3$ )	104
TABELA 29	Valores médios de umidade gravimétrica	105
TABELA 30	ANOVA da resistência à penetração da FNC e o tráfego do maquinario	107
TABELA 31	ANOVA da resistência a penetração da FNC vs. os tratores	108
TABELA 32	Testes de Tukey para as máquinas em relação à profundidade da resistência a penetração	109
TABELA 33	ANOVA do solo com uma passagem vs. a trilha	112
TABELA 34	Relação custo beneficio para os tratores	115
TABELA 35	Tempo gasto por metro cúbico na grade	119

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1	Planejamento do arraste com “skidder” na zona I, Fazenda Ruthes	66
GRÁFICO 2	Planejamento do arraste com “skidder” na zona II, Fazenda Ruthes	67
GRÁFICO 3	Planejamento do arraste com “mini-skidder” na zona I, Fazenda Ruthes	68
GRÁFICO 4	Planejamento do arraste com “mini-skidder” na zona II, Fazenda Ruthes	69
GRÁFICO 5	Planejamento do arraste com “skidder” na zona I, Fazenda Corredira	70
GRÁFICO 6	Planejamento do arraste com “skidder” na zona II, Fazenda Corredeira	70
GRÁFICO 7	Planejamento do arraste com “mini-skidder” na zona I, Fazenda Corredeira	71
GRÁFICO 8	Planejamento do arraste com “mini-skidder” na zona II, Fazenda Corredeira	72
GRÁFICO 9	Rendimento dos meios de produção na zona I segundo DA	95
GRÁFICO 10	Rendimento dos meios de produção na zona II segundo DA	95
GRÁFICO 11	Valores médios de IC dos “skidder” e do “mini-skidder” (superficial)	110

GRÁFICO 12 Valores médios de IC dos “skidder” e do “mini-skidder” (profundo)	110
GRÁFICO 13 Valores médios de IC para a trilha e a ‘primeira’ passagem (superficial)	113
GRÁFICO 14 Valores médios de IC para a trilha e a ‘primeira’ passagem (profundo)	113

## RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo a avaliação técnico econômica da extração de *Pinus spp.*, empregando tratores com garra. Para isto foi realizado um estudo comparativo entre um trator florestal articulado e um trator agrícola modificado. Os estudos foram realizados nas plantações de uma empresa verticalizada no Sul do Brasil. Através do estudo do trabalho florestal em duas declividades características e em duas espécies, foram obtidos os rendimentos, os custos hora e os custos por metro cúbico. Também foi realizada uma avaliação da compactação ocasionada pelo tráfego dos meios de produção. Esta avaliação é completada através da relação custo benefício para cada uma das máquinas. No trabalho de campo não foi encontrado um planejamento adequado em relação as situações a serem estudadas. O tempo por ciclo não teve diferenças estatísticas entre as máquinas estudadas, o fator espécie afetou significativamente as duas, mas a declividade só afetou o trator agrícola modificado. Em função destes tempos foram desenvolvidas equações de regressão para cada uma das declividades, sendo só aceitáveis os  $r^2$  correspondentes as zonas mais favoráveis. O rendimento do "skidder" foi 54 % superior, em média, que o do "mini-skidder". O custo hora do "skidder" foi 57 % superior que o do "mini-skidder". Em relação as declividades, o trator agrícola foi mais econômico na zona mais plana, e vice-versa o trator florestal foi mais econômico na zona mais desfavorável. Dadas as condições de trabalho não foi possível determinar a distância ótima de arraste, sendo que deve ser superior aos 100 metros em ambas máquinas. No que diz respeito ao estudo da compactação, pelas condições de trabalho só foi estudada até os primeiros 10 cm de profundidade, mas as duas máquinas possuem diferenças significativas entre elas se comparadas com os dados do povoamento não cortado. Na relação custo benefício, a pontuação obtida pelo "skidder" foi 18,7 % melhor que a do "mini-skidder".

## SUMMARY

The aim of this work is a technical evaluation of logging *Pinus sps.* with grapple tractors. This comparison was made employing a rubber tired skidder and a modified farm tractor. The study was performed in a private plantation in South Brazil. Yields, the hourly costs and cubic meter cost were obtained by studying the forest work in two slopes with two species. A compaction study was also carried out. The evaluation is finalized with the cost-benefit relationships for each machine. In the field there was no specific planning operations in relation to the different relief or species. There was no difference in the cycles time for both machines, species affected both, and relief affected only the modified farm tractor. Regression equations were developed for each slope, but only the flatter slope gave an acceptable  $r^2$ . The yield of the skidder is 54 % higher than that of the miniskidder. The hourly cost is 57 % higher for the skidder. If the relief is considered the farm tractor is more economical in the lower slope, and the skidder is more economical in the steeper slope. Because of the work conditions, it wasn't possible to find the optimal skidding distance, but it should be more than 100 meters for both machines. The compaction study demonstrated significant differences ( $p = 0,05$ ) among the tractors and with respect to the plantation. In the cost-benefit relationship the skidder obtained a number of points 18.7 % higher than the farm tractor.

## 1. Introdução:

Os produtos florestais usados como combustível e madeira são tão importantes para o homem como o seu alimento, mas as diferenças entre a história da agricultura e florestal são enormes. O início da agricultura deu-se por volta de 10.000 anos atrás, por outro lado a história das florestas como produtoras industriais de madeira somente começou à alguns séculos em algumas regiões.

As diferenças de escala e de intensidade de uso são fundamentais entre ambas. A característica mais importante das florestas do ponto de vista da mecanização é a impossibilidade de coletar a produção corrente anualmente.

No desenvolvimento da ciência florestal, biólogos e técnicos cresceram de forma separada. Este problema pode ser ilustrado pela pergunta clássica: a floresta deve adaptar-se à máquina ou a máquina à floresta?

Hoje em dia as atividades de exploração desenvolvem-se tanto em floresta nativas como em plantações florestais. No que se refere a florestas nativas, sua utilização evoluiu desde uma simples atividade até o que se conhece por exploração racional. Esta transformação deveu-se fundamentalmente à escassez de recursos e a conscientização no que se refere ao meio ambiente. Entende-se então por exploração racional àquela que obedece tanto aos princípios de economia, como aos de manejo sustentado e conservação do meio ambiente.

Quando as atividades extrativas desenvolvem-se em plantações, mais especificamente plantações de alto rendimento com destino industrial, o termo adotado é colheita. Baseia-se no critério de semelhança com a agricultura, dado que, com o melhoramento genético e novas técnicas silviculturais, e a frequência de intervenção na floresta são maiores quando comparadas com a floresta nativa.



A colheita de madeira da floresta para os centros de transformação é uma das atividades vitais da indústria florestal. A colheita é composta pelo corte das árvores, extração e transporte até o destino final.

A mecanização da colheita da madeira é relativamente recente se comparado com outros setores da economia. Esta teve a sua aceleração a partir dos anos 60 e são várias as razões para isto, podendo-se mencionar o aumento da demanda da madeira, o aumento dos custos sociais dos trabalhadores, a maior importância dada a ergonomia e a disponibilidade de máquinas mais específicas para tarefas florestais, o que as torna mais eficientes. É importante salientar que o processo de mecanização teve ritmos bem diferentes no Hemisfério Norte e no Hemisfério Sul. Neste último a história é muito mais recente, e baseou-se fundamentalmente na importação de tecnologia dos países mais desenvolvidos.

Assim a mecanização tem como um de seus principais objetivos a racionalização do trabalho e a diminuição dos custos da madeira colocada na fábrica.

Os sistemas de colheita fazem a ligação entre a matéria prima, (as árvores em pé, na floresta), e as indústrias de transformação da madeira através do conjunto de operações responsáveis pelo abastecimento das mesmas. Estes sistemas variam com o tipo de terreno, de floresta, clima, planejamento florestal, tratamentos silviculturais, o sortimento a ser obtido, a mão de obra, os equipamentos disponíveis, e as necessidades das indústrias.

Em todos os sistemas são realizadas as etapas de corte (derrubada no povoamento), extração (retirada da madeira do povoamento até, a estrada ou estaleiro), e transporte (do estaleiro ou pátio até a indústria de transformação).

Dentre as formas de extração encontra-se o arraste mecanizado que compreende uma operação onde uma carga é presa por um cabo de aço ou por pinças hidráulicas,

e esta é puxada por um veículo que se movimenta no terreno (conhecido como transporte fora da estrada). Este veículo deve ser adequado para trafegar nestas condições podendo ser um trator agrícola,- freqüentemente utilizado no Brasil-, ou veículos específicos para trabalho de arraste na floresta (“skidders” = trator florestal articulado ).

A relação entre o peso da carga, a altura a ser levantada , o tipo do trator, e o terreno trafegado, são algumas das características principais a serem consideradas no momento de otimizar o uso do maquinário e as operações de arraste. As características do volume da carga tem recebido pouca atenção, sem levar em conta sua importância na eficiência das operações de mecanização. A relação entre as árvores e a máquina que conduz a carga é relevante na hora de maximizar a produtividade, otimizar o uso da energia e minimizar os custos operacionais das máquinas. A melhor escolha de uma máquina para tarefas de extração será determinada pela sua melhor aptidão para as diferentes funções requeridas para o trabalho.

No caso específico de plantações de pinos no Sul do Brasil, uma das opções é o sistema de grade que consiste no carregamento das árvores inteiras pelo trator, sua movimentação pelo terreno até a grade desganhadora, a retirada dos galhos e o transporte do fuste até o estaleiro onde este será traçado em comprimentos compatíveis com as necessidades da empresa consumidora.

Nas condições atuais, os “mini-skidders” (tratores agrícolas modificados, TAM), são muito utilizados mas apresentam inúmeros problemas devido ao fato deles serem modificados para atender as exigências do trabalho, sendo um dos maiores problemas a quebra do sistema de embreagem devido as operações no desganhamento (movimentos para frente e ré para a passagem das árvores na grade).

O trator florestal articulado (“skidder”) apresenta-se como uma opção tecnologicamente mais avançada para o trabalho de extração, sendo que ele é projetado para o tráfego florestal, possui maior capacidade de tração, tem pneus florestais especiais para o tipo de terreno, pode trabalhar em topografias mais desfavoráveis e é ergonomicamente mais adequado, além de poder arrastar maior carga do que os tratores agrícolas modificados .

## **2. Justificativa:**

O trator agrícola é projetado para trabalhar a terra e para trafegar em condições de preparo do solo. É uma máquina que tem muita versatilidade e por isso pode-se empregar tanto em tarefas florestais, agrícolas e até em serviços de estradas. Mas o ambiente florestal, o trabalho florestal e os requisitos para a mecanização florestal são muito diferentes da agricultura. Por tanto ele deve ser modificado para o trabalho florestal.

A relação entre o peso da carga, a ser levantada, e o trator é uma variável determinante para otimizar a utilização da máquina. Esta relação de momentos (pesos e distâncias) é o que provoca a transferência dos pesos, quer dizer que parte do peso da carga é transferido para o trator, (isto também é conhecido como carga dinâmica). A quantidade de peso que é transferido está em relação com a maior ou menor eficiência de tração. A eficiência de tração, de uma maneira bem simples, é a relação entre o peso do trator e o peso da carga que é puxada, isto é, um trator com uma massa de 100 kN, com uma eficiência de um (1), poderia puxar 100 kN, porém quando o trator trafega pelo terreno esta eficiência é bem menor. Grande parte das perdas de tração são evidenciadas na relação pneu-solo, e neste ponto é onde a transferência de peso torna-se importante.

Um dos parâmetros mais simples e mais utilizados para avaliar a eficiência de tração, é o coeficiente de tração ( $t$ ) que estabelece uma relação entre a força (kN) que o trator possui e a força (kN) que ele pode puxar. Para os tratores de tipo convencional é de 0,5; para os tratores de tração dupla assistida (TDA) pode ser até 0,65; para os de quatro rodas iguais e articulados, conhecidos como “Four Wheel Drive” (FWD), pode ser de 0,7 a 0,8 tanto para uso agrícola como florestal.

Os problemas técnicos junto com o grande peso e a irregularidade dos produtos florestais, e as pobres e irregulares condições do terreno, tem sido o maior obstáculo para a mecanização do trabalho florestal.

Uma das principais vantagens dos tratores florestais (skidders) é a sua melhor trafegabilidade na floresta. Isto é consequência não só do projeto de quatro rodas iguais, mas por que possuem articulações no plano horizontal e no plano vertical. A articulação no plano vertical foi desenvolvida para o setor florestal. Os tratores de quatro rodas iguais e articulados, de uso agrícola, não tem articulação no plano vertical.

O trator agrícola, de tipo TDA, por exemplo não está preparado para suportar a passagem por diferentes obstáculos ao mesmo tempo em cada eixo. Isto traz problemas de trafegabilidade. Por outro lado a manobrabilidade dos articulados é maior com respeito aos tipo monobloco.

As marchas do “skidder” situam-se nos 1,7 m/s e 3,4 m/s. As marchas do trator agrícola estão muito mais diversificadas, mas com ênfase nas marchas de tração, perto dos 2 m/s, idealizadas para tarefas de altos requerimentos de tração como a aração.

Um dos maiores problemas da extração com “mini-skidder” é a operação na grade desgalhadora. Nesta o trator coloca-se com a carga em frente à grade, e de ré vai fazendo que o as árvores passem através da mesma e assim sejam desgalhadas. É neste ponto onde se produz o maior índice de rupturas da embreagem, posto que o trator está fazendo força numa situação para qual não foi planejado.

Hoje em dia no sul do Brasil o maquinário utilizado para o arraste é em sua grande maioria o “mini-skidder”, ou seja o trator agrícola adaptado. A outra opção para esta operação é o trator florestal articulado, (“skidder”).

Em relação às diferenças ergonômicas pode-se dizer que os skidders possuem o denominado sistema R.O.P.S. (“Roll Over Protection Structure”, Sistema de Proteção da Cabine) que garante ao operador segurança no trabalho. Estes sistemas são experimentados e tem aprovação segundo normas internacionais. No Brasil não existem normas neste sentido, Os tratores agrícolas fabricados no Brasil e chamados de “mini-skidder” possuem este sistema, mas não se conhecem os ensaios de segurança para seu dimensionamento.

Além das maiores capacidades de tração, melhores condições de trafegabilidade, e ser ergonomicamente mais adequado, também os índices de consertos, ou custos de manutenção, são menores para o “skidder”, dado que ele é um trator desenhado e fabricado para tarefas florestais.

Em geral predomina a tendência no manejo florestal foi dirigida para o uso de máquinas pesadas nas áreas de colheita. O potencial de danos à produtividade do sítio é grande em florestas devido a operação ao longo do ano todo de máquinas pesadas independentemente das condições ambientais. A área afetada pelo aumento da densidade do solo, ou compactação, não é considerada na hora do planejamento, sendo que este visa o abastecimento da indústria como prioridade absoluta.

Tudo isto tenta demonstrar que a otimização do “skidder” para o trabalho florestal nas condições locais e sua avaliação econômica; poderá colocar à disposição das empresas meios de produção tecnologicamente superiores ao “mini-skidder”.

Nos dias atuais, onde as empresas deverão melhorar a sua eficiência e serem mais competitivas, uma das alternativas é a redução dos custos da madeira colocada no pátio das indústrias, sendo a mecanização das atividades um dos caminhos viáveis. Soma-se a isto a existência de plantações maduras com volume individual cada vez

maior necessitando normalmente máquinas para desenvolver determinadas tarefas, que anteriormente poderiam ser realizadas com menor grau de mecanização.

### **3. Objetivos:**

O objetivo geral deste trabalho é fazer uma comparação técnico - econômica entre o “mini-skidder”, trator agrícola (TDA) com garra, e o “skidder” trator florestal articulado com garra.

Como objetivos específicos, propôs-se a:

- Estabelecer parâmetros e metodologias para fazer uma correta comparação técnico - econômica dos diferentes tipos de tratores;
- Determinar os custos e rendimentos dos meios de produção analisados;
- Estudar a compactação ocasionada pelo tráfego dos tratores e a sua relação com o manejo aplicado e
- Dar resposta a introdução de um novo maquinário o “skidder”, e suas vantagens e desvantagens nos reflorestamentos homogêneos de *Pinus spp.* no Sul do Brasil.

### **4. Revisão da literatura**



#### 4.1 Mecanização florestal

A colheita de madeira, via de regra, corte e transporte fora de estrada é o elo de ligação entre a floresta e a indústria de transformação. Depois da segunda guerra mundial o desenvolvimento tecnológico na mecanização florestal foi muito mais rápido do que em outras áreas da atividade florestal, mas esta não progrediu da mesma forma em todos os países. Os métodos e as máquinas variam com relação às condições técnicas da exploração, custos, disponibilidade de trabalhadores e capital, infra-estrutura do país, demanda de madeira e estrutura das indústrias florestais e as políticas sobre florestas e meio ambiente ( HAKKILA, P.,1989).

Nos Estados Unidos a mecanização florestal teve um crescimento muito importante nas últimas décadas devido ao aumento na demanda de produtos florestais e da reduzida disponibilidade de mão de obra.(HASSAN A., 1977).

No Brasil foi somente a partir de meados da década de 70 que as empresas e as escolas passaram a devotar uma maior atenção ao estudo dos Sistemas de Abastecimento. A mola propulsora deste processo, vinculou-se ao crescente volume de madeira requerido pelas indústrias de transformação. Contribuiu para este avanço a disponibilidade de máquinas, equipamentos e veículos por parte dos fabricantes, além da incorporação de novos métodos de trabalho (SANT ' ANNA , 1992).

Um dos pontos de maior estrangulamento e diversidade de soluções constitui-se no arraste/ baldeio da madeira. Atualmente a formulação de sistemas utiliza-se desde a tração manual até equipamentos de última geração como auto-carregáveis. Uma das razões críticas para a existência deste conjunto de alternativas foi a falta de disponibilidade no mercado de equipamentos adequados para a realização desta operação. (SANT 'ANNA , 1992). Um dos fatores contribuintes no processo de

mecanização foi a redução das taxas de importação, e assim a disponibilidade de máquinas não fabricadas no país (ROESLER , 1994).

#### 4. 2 Sistemas de colheita de madeira

Sistema é definido como um conjunto formado por elementos e processos. Este conceito é considerado geralmente como o termo de ordem de categoria mais alto (STÖHR , 1976). Na área florestal é o conjunto de atividades que estão interrelacionadas entre si, e que conjuntamente contribuem para um objetivo comum. Ele é caracterizado por uma seqüência, lugar e objeto de trabalho. O sistema envolve todas as atividades desde a derrubada até o pátio da Unidade de processamento da madeira (MALINOVSKI , 1993)

Os sistemas, de uma maneira geral, podem ser classificados na seguinte forma (FAO MONTES No . 2, 1978) :

- 1) Sistema de árvore completa: onde é extraída toda a biomassa;
- 2) Sistema de árvore inteira: sem raízes;
- 3) Sistema de fuste: o tronco sem galhos e
- 4) Sistema de tora/torete: os fustes são traçados na floresta (talhão).

Dentro de um sistema diferencia-se em um nível inferior de classificação os **procedimentos** empregados. Estes classificam-se segundo a máquina empregada e o lugar onde é efetuado o trabalho. O procedimento de arraste com bois, é um exemplo. O **método** de trabalho é um nível inferior ao procedimento e descreve o tamanho e grau de colaboração na equipe de trabalho, a seqüência de trabalho, e a técnica empregada nas distintas tarefas. O **modo** de trabalho refere-se ao ritmo pessoal de trabalho de cada operário (STÖHR , 1976).

Nas áreas de terra firme a extração pode ser feita por arraste, baldeio ou teleférico. Em locais onde não há áreas de terra firme, como por exemplo os deltas e áreas fluviais, são utilizadas balsas para o transporte de madeira. As áreas fluviais não são muito comuns na América do Sul, como exemplo podem ser citadas algumas regiões no Amazonas, no "Maranión" no Peru, e o "Delta del Paraná", em Argentina (HIGUCHI, et alii, 1994; JENSEN, e DABID, 1980). Também podem ser mencionadas a Escandinávia como uma região onde o transporte fluvial é muito empregado, e países do sudeste asiático onde a sazonalidade das chuvas é o elemento determinante do arraste- transporte. (WIBSTAD, 1979; CORVANICH, 1979).

Dentro da extração nas áreas de terra firme, esta pode ser feita por arraste, baldeio ou teleférico. A diferença está na forma em que a carga é transportada. Se a carga está em contato total ou parcial com o terreno, denomina-se arraste. No caso em que a carga é suspensa pode ser baldeio ou teleférico, ou também balões ou helicópteros. O baldeio é o caso onde a carga é colocada num trailer e transportada. Este trailer pode ser puxado por animais (FAO Montes No. 10, 1984), por um trator agrícola ou ser auto propulsionado, chamando-se então autocarregável. (FAO Montes No. 2, 1978; STREIT, et alii, 1986). O teleférico é o caso onde uma linha de cabos de aço é estendida no terreno e através dela as cargas são extraídas. (FAO Montes No. 2, 1978; FAO Montes No. 24, 1981).

No Brasil, em geral o transporte fora de estrada de madeira de plantações florestais está baseado na utilização de tratores agrícolas convencionais de 60-90 KW de potência. (HAKKILA et alii, 1992).

#### 4. 2. 1 O arraste da madeira

ANAYA e CHRISTIANSEN, (1986), ao tratar o item da extração, fazem a seguinte classificação:

##### a) Extração não mecanizada

- a.1) Extração manual;
- a.2) Extração pela força da gravidade;
- a.3) Extração com animais;
  - a.3.1) Extração com bois;
  - a.3.2) Extração com cavalos;
  - a.3.3) Extração com muares;
  - a.3.4) Extração pala água

##### b) Extração mecanizada

- b.1) Extração com tratores;
  - b. 1.1) Extração com tratores florestais articulados de rodas;
    - b. 1.1.1) Tratores arrastadores “skidders”;
    - b. 1.1.2) Tratores com reboque (Auto - carregáveis).
  - b.1.2) Extração com tratores de esteiras.
- b.2) Extração com máquinas de funções múltiplas (“Harvester”);
- b.3) Extração florestal com cabos;
- b.4) Extração florestal com balões e helicópteros.

A FAO baseada nos trabalhos do engenheiro Mc Nally (FAO Montes No. 2, 1978) apresenta uma relação das máquinas empregadas na extração florestal:

- a) Trator florestal arrastador de guincho;
- b) Trator florestal arrastador de garra;

- c) Trator florestal auto carregável ;
  - c.1) Máquinas sobre rodas;
  - c.2) Máquinas sobre esteiras;
- d) Tratores de arraste cortadores;
- e) Tratores de transporte cortadores;
- f) Cortadoras- Desgalhadoras- Transportadoras.

Esta classificação tem algumas diferenças em relação à apresentada anteriormente, mas no essencial as diferenças no transporte fora da estrada ou extração devem focalizar-se no fato da carga a ser arrastada ou ser suspensa. Em geral pode se dizer que se a carga é arrastada, quer dizer que ao menos uma parte importante está em contato com o solo, a máquina mais utilizada é o “skidder”. Se a carga é suspensa, o que se conhece como baldeio, a máquina mais empregada é o auto-carregável.

É muito importante fazer esta diferenciação porque relaciona-se ao sistema de colheita que se esta empregando.

## **4. 2. 2 Meios de produção para o arraste**

### **4. 2. 2. 1 Os tratores**

Os diferentes tipos de tratores de rodas usados hoje podem ser diferenciados no que diz respeito ao projeto. Assim a primeira divisão é entre os do tipo **convencional** e os do tipo **articulado**.

Os convencionais sempre tem as rodas traseiras tracionadas e maiores que as dianteiras. Estes tratores possuem somente um diferencial. Os tratores convencionais com pneus dianteiros que fazem tração são conhecidos como tração dupla assistida (TDA), porque eles tem as quatro rodas tracionadas, porém as rodas dianteiras recebem movimento do eixo traseiro. Nestes casos as rodas dianteiras são maiores que as dos tratores convencionais comuns. Elas tem desenho nos pneus apropriados para tracionar. Já nos convencionais comuns, o desenho dos pneus somente visam a ação de dirigir (ANONIMO, 1991).

Um outro fator associado ao tipo de trator é a distribuição dos pesos. Nos convencionais pode se dizer que dependendo do modelo esta distribuição é de 30% no eixo dianteiro e 70 % no traseiro. Nos tipo TDA ela é 35 % no eixo dianteiro e 65 % no traseiro. No caso dos tratores articulados a distribuição é de 50 % em cada eixo ( Op. Cit.). Segundo HAKKILA et alii (1992), para o arraste, geralmente o meio de produção mais empregado nas empresas no Brasil é o trator agrícola.

O trator articulado também é conhecido como trator de quatro rodas iguais, (“four wheel drive”, FWD). Estes tratores de quatro rodas iguais tem um diferencial para cada eixo, e as quatro tracionam na teoria com a mesma força. Existem tratores articulados (FWD) projetados para o trabalho agrícola e projetados para o trabalho florestal.

**O Trator Florestal Articulado** (“skidder”), é um equipamento projetado nos Estados Unidos para o trabalho de arraste de árvores na floresta. Originalmente ele foi fabricado para ser utilizado em florestas nativas, da costa leste deste país. As cargas que ele deveria transportar seriam folhosas de grande diâmetro e muito pesadas. Foi então introduzido o conceito de tratores articulados, com quatro rodas iguais e tracionadas, com dois diferenciais, um para cada eixo. (HAKKILA, 1989).

#### 4. 2. 2 Os implementos

Para o caso do arraste de fustes no Brasil HAKKILA et alii (1992) fazem a seguinte descrição das alternativas existentes no que se refere a união entre a carga e o veículo :

a) engate simples: uma corrente entre a carga e o trator ( portanto a carga não é suspensa), fica com todo seu comprimento no solo;

b) barra e corrente: neste caso é uma barra que é colocada nos braços inferiores do sistema de três pontos do trator. As correntes amarram a carga e a barra. Assim a carga pode ser suspensa a uma altura que depende dos seguintes parâmetros: a distância existente entre ela e a barra, da altura que pode ser levantado o sistema hidráulico do trator, que depende do modelo de trator, do peso do trator, do peso e flexibilidade da carga, bem como do balanço dos pesos do conjunto trator e carga;

c) guincho simples: este é um equipamento fabricado para adaptar o trator agrícola ao trabalho florestal. Trabalha puxando a carga com o cabo de aço do guincho até onde está o trator e daí para frente a carga é levantada pelo guincho, que trabalha fixado ao sistema de três pontos e transportada pelo trator. Neste caso a altura que é levantada a carga depende do tipo de guincho, do sistema de três pontos do trator, do peso do trator e das características da carga, como peso, comprimento, flexibilidade, diâmetro da base de fuste, forma da carga, e o equilíbrio entre conjunto trator e carga;

d) Garra : é uma outra alternativa de adaptação do trator agrícola ao trabalho de extração. A garra é um equipamento colocado na parte traseira do trator, fixado ao sistema de três pontos, que trabalha pegando a carga no lugar que foi derrubada, e levantando-a para ser transportada. A altura que são levantadas depende

do tipo de garra, do sistema de três pontos, do peso do trator, das características das árvores e do equilíbrio do conjunto.

No caso do “skidder” ele pode estar equipado com guincho e suporte para elevação da carga ou com garra. No caso do guincho ele trabalha puxando a carga até onde se encontra o “skidder” e depois ela é levantada, logo, o conjunto “skidder” + carga se movimenta pelo terreno. No caso do “skidder” com garra ele pode possuir cabo de aço para puxar a carga ou não. (BOONE et alii, 1970; FAO Montes No. 2, 1978; IFF et alii, 1984).

A altura até onde é levantada a carga depende de:

- a) da altura do suporte, geralmente mais de dois metros ;
- b) do peso do veículo, mais de 100 kN na maioria dos casos;
- c) do balanço dos pesos;
- d) e das características próprias da carga já mencionadas como peso, comprimento, flexibilidade, etc. (PERUMPRAL et alii, 1977; HASSAN et alii, 1983; OLSEN et alii, 1983; MATHES et alii, 1983).

Segundo HAKKILA (1989), os “skidders” foram projetados para o método do fuste ( a árvore sem galhos). Este método requer grandes áreas de trabalho. Para o método de tora ou torete, e para áreas de manobrabilidade reduzida e onde os danos a floresta remanescente assumem um caráter de importância foi desenvolvido o auto-carregável.



## 4. 3 Tração: Importância e modelização

### 4. 3. 1 Importância

A potência média disponível dos tratores vem aumentando com o passar do tempo. Em 1985, segundo BURT et alii (1980), 35 % dos tratores deveriam ter 100 KW ou mais. Hoje em dia isto foi amplamente superado. O mesmo autor assinala que, com o aumento da potência, muitos fabricantes desenvolveram o sistema de quatro rodas motrizes (FWD) para, uma melhor utilização da potência.

Para a melhor avaliação em termos físicos foi desenvolvido o conceito do coeficiente de tração ou coeficiente de “madereio” (Cs). HASSAN e GUSTAFSON (1983), fazem uma profunda revisão dos primeiros trabalhos, que hoje em dia entende-se como coeficiente de "skidding" ou coeficiente de tração (Cs). Eles assinalam que os primeiros trabalhos foram desenvolvidos por HERRICK, 1955, BENNETT, 1962, e LUNZMANN, 1964. HERRICK e LUNZMAN só trabalharam com cargas arrastadas inteiramente no solo, sem serem levantadas em nenhum de seus extremos. BENNETT arrastou fustes com um “sulky”, que é um carrinho de um só eixo projetado para extração, e definiu os seguintes coeficientes:

$$C_s = P_t / W_l$$

$$C_{rs} = P_t / W_g$$

onde:

$C_s$  = Coeficiente de arraste (skidding);

$C_{rs}$  = Coeficiente de resistência ao arraste;

$P_t$  = Esforço de tração;

$W_g$  = Porção da árvore que esta apoiada no solo e

WI = Peso total da árvore.

O coeficiente de arraste apresentado por BENNETT foi de 0,49 e o coeficiente de atrito entre a tora e o solo ficou perto de 1,2, sendo que só 40 % do peso da árvore causa forças de atrito (FAO Montes, No. 2, 1978).

CALVERT e GARLICKI (citados por HASSAN e GUSTAFSON, 1983) publicaram vários trabalhos, sendo um dos mais importantes o de 1968 onde eles mostram o coeficiente de arraste no plano horizontal variando entre 0,31 até 0,62. IFF et alii (1984) dizem que em alguns destes primeiros estudos, o coeficiente de arraste foi freqüentemente determinado como uma relação de força de atrito do peso total arrastado em relação à força de atrito do arraste da carga que a esta causando.

PERUMPRAL et alii (1977) desenvolveram um modelo matemático baseado na geometria do fuste, peso do fuste e coeficiente de arraste, para predizer o esforço de tração de arraste de fustes. Eles acharam que a 1,0 % de nível de significância o coeficiente de arraste foi dependente da carga normal, umidade do solo, essência florestal e tipo de fuste (com ou sem casca).

O efeito da carga dinâmica na performance é mencionada por BURT et alii (1978). Estes autores demonstram que com 20% de redução da velocidade, a eficiência de tração de um pneu trabalhando num solo argiloso compactado teve um aumento de 0,68 até 0,72 quando a carga dinâmica foi aumentada de 75 até 150 % . Também a eficiência de tração diminuiu de 0,55 até 0,53 com o mesmo aumento em carga dinâmica quando o experimento foi feito num solo arenoso não compactado.

HASSAN (1977), FISKE e FRIDLEY (1975), e mais cedo ainda HERRICK (citado por HASSAN et alii, 1983), baseiam a expressão dos seus coeficientes de tração em relação ao peso da carga. HASSAN em seu trabalho só leva em conta

como aumento da carga o peso da mesma. Quer dizer mais carga mais peso. FISKE e FRIDLEY (1975), incluem o peso da carga e a declividade da superfície do solo. HASSAN em 1977 trabalha com a fórmula de tração líquida de WISMER e LUTH (1974).

HASSAN e GUSTAFSON (1983) são os primeiros em apresentar um modelo de forças do arraste onde aparecem a altura a que é elevada a carga e o ângulo que é formado entre o cabo de aço e a componente horizontal do esforço de tração. Eles propõem os seguintes coeficientes:

Relação de peso estático:  $W_g / W_l$ ;

Relação de adelgaçamento:  $L_1 / D$ ;

Relação de comprimento estático:  $L_2 / L_1$ ;

onde

$L_1$  e  $L_2$  são o comprimento total e o comprimento em contato com o solo, respectivamente  $D$  é o diâmetro da base do fuste, e  $W_g$  e  $W_l$  são anteriormente mencionados.

Para a definição do coeficiente de resistência ao arraste eles propõem a seguinte fórmula:

$$C_{rs} = C_s / 1 - (P / W_l) \cdot \text{sen } \beta$$

Esta equação assinala que o ângulo do esforço de tração é um dos fatores que afetam a relação entre o coeficiente de resistência ao arraste  $C_{rs}$ , e o coeficiente de arraste  $C_s$ .

Os autores acima citados mostram no seu trabalho com *Pinus taeda* valores de  $C_{rs}$ , para árvore completa e árvore sem galhos, de 0,71 e 0,78 respectivamente. Os valores médios para o  $C_s$ , para árvore completa e sem galhos foram 0,43 e 0,49 respectivamente. Eles fizeram uma medição do valor estático do ângulo e acharam diferenças com o calculado pela fórmula do  $C_{rs}$ . Indicam então a necessidade de medir o ângulo dinâmico.

HASSAN e SIROIS (1983), apresentam no mesmo estilo de trabalho alguns avanços no que diz respeito às características da carga. Eles definem um novo coeficiente :

Relação do peso da base do fuste:  $W_b / W_l$ ;

onde  $W_b$  é o peso da base do fuste.

Os autores trabalham com árvore completa e árvore sem galhos. Para árvore sem galhos com dois tipos de carga, árvore para polpa e árvore para serraria. Sempre como no caso anterior com *Pinus taeda*. Com estas árvores trabalham na determinação da flexibilidade da carga, maior para árvores para celulose, o que determina maior área de contato com o solo e uma maior resistência ao arraste. Também fazem um teste de suspensão da carga à diferentes alturas, demonstrando que em geral, quando aumenta a altura de suspensão, o peso do árvore ( $W_g$ ) e o comprimento da carga no solo ( $L_g$ ) diminuem, diretamente correlacionado com o aumento do peso da base da árvore ( $W_b$ ). Isto implica que mais carga deverá ser levada pelo “skidder” em condições dinâmicas. As alturas experimentadas são desde 0,3 m até 2,45 m. No que diz respeito ao ângulo do esforço de tração eles fizeram uma medição dinâmica, com vídeo, e acharam que a

média ficou bem perto do cálculo estático. Finalmente para árvores completas propõem duas fórmulas para o cálculo do esforço:

$$P_s = 0,53 Wl$$

$$P_m = 0,46 Wl$$

onde

$P_s$  = esforço de tração para uma árvore só

$P_m$  = esforço de tração para múltiplas árvores sendo arrastadas.

MATTHES , et alii (1983), apresentam um trabalho sobre skidders de guincho onde são analisados em forma dinâmica os mesmos parâmetros: magnitude e direção da força de arraste. Eles medem em forma continua um "skidder" de 77,18 kN puxando um tora de carvalho de 10,13 kN num solo argiloso. Trabalham em três alturas 0, 46, e 73 cm. Os resultados são expressos para força horizontal, força vertical, e ângulo de arraste. Os testes foram desenvolvidos para duas velocidades 1,76 e 3,13 m/s. Concluem que com o aumento da altura de arraste a força horizontal diminui, a força vertical aumenta, e a força de arraste necessária do "skidder" diminui em 20 % se comparado a posição mais elevada em relação ao arraste no solo.

#### **4. 3. 2 Modelos da tração e a sua aplicabilidade**

A modelização da tração, via de regra predição da eficiência de tração, tem sido amplamente estudada. A formulação deste complexo fenômeno é o que permite o desenvolvimento e aplicação de "software" específicos para o uso florestal. (OLSEN e GIBSON, 1983; IFF et alii, 1984).

O modelo mais empregado foi desenvolvido por WISMER e LUTH (1974), para pneus agrícolas, com algumas restrições no que se refere à sua aplicação. A equação é :

$$P/W = 0,75(1 - 1/e^{0,3 C_n S}) - 1,2/C_n + 0,04;$$

onde:

P = esforço de tração;

W = peso do trator;

S = deslizamento das rodas;

$C_n$  = número "clay" =  $Cl b d/W$      $Cl$  = índice de cone;

$b$  = largura dos pneus;

$d$  = diâmetro do pneu e

$W$  = peso do trator

ASHMORE , et alii (1987) apresentam um modelo melhorado em função das limitações do anterior, tais como o que foi desenvolvido para cargas dinâmicas simples, sendo que no caso do tráfego florestal freqüentemente as cargas dinâmicas são complexas. O modelo proposto é:

$$P/W = 0,47(1 - e^{-0,20 C_n S}) + 0,38 (W/W_r) - (0,22/C_n + 0,20);$$

onde:

$W_r$  = carga no pneu recomendada pelos fabricantes.

Este modelo foi desenvolvido com pneus florestais (18.4 34, 10 lonas e 24.5 32, 12 lonas) e segundo os autores prevê em forma mais apurada a eficiência de tração que o modelo de WISMER e LUTH (1974).

O modelo foi ainda melhorado por RAWLINS , et alii (1989) baseado nos mesmos dados, por ajuste de coeficientes através de diferenças de mínimos quadrados comparando o torque observado e calculado.

#### **4. 4 Trafegabilidade, um conceito dinâmico.**

É importante que se considere também os problemas de trafegabilidade do maquinário, derivados de conceitos como resistência ao rolamento e deslizamento das rodas e da carga, evidenciados em grande parte pelo que se conhece como **relação pneu - solo**. O entendimento destes fenômenos contribui para uma maior eficiência das operações de extração para cada situação.

O conceito de trafegabilidade é um conceito bem amplo, que leva em conta não somente as relações dos pesos, mas também a capacidade do veículo para se movimentar pelo terreno. No caso de um solo florestal é muito mais importante porque o tráfego se dá sobre tocos, árvores no solo, pedras, etc. Todos estes impedimentos fazem com que o conceito de trafegabilidade seja diferente no caso florestal em relação ao agrícola, onde o terreno normalmente é preparado para sustentar cultivos. ( BURT et alii, 1984; HASSAN et alii, 1985; HASSAN et alii, 1987; MATHES et alii, 1988). Isto é possível porque nessas situações eles já contavam com a harmonização dos equipamentos. Conceito que pode ser tratado depois de serem estabelecidos os valores de tração que pode oferecer o trator e os valores de resistência da carga e também como estes interrelacionam-se na hora de se movimentar pelo terreno.

Especificamente vários autores trabalham em relação ao tipos de pneus e sua performance de tração, a patinação, pressão de inflação e resistência ao rolamento. Este conceito merece uma especial atenção no caso florestal devido as características dos solos, muitas vezes frágeis desde o ponto de vista de tração, a necessidade de trabalho

independente das condições de umidade e as múltiplas passagens por determinados locais ( BURT et alii, 1982; BURT alii, 1984; KOGER et alii, 1984; RUMMER et alii, 1984; RUMMER et alii, 1986; HASSAN et alii, 1987; MC DONALD et alii, 1992; AUST et alii, 1993). Neste sentido considera-se um solo fraco do o ponto de vista de tração, aquele com altos teores de umidade, podendo estar associados a altos teores de matéria orgânica, e ainda a presença de rocha ou pedras abaixo desta. Esta fragilidade poderia estar associada a algum destes fatores, ou pela combinação deles. Devido aos problemas de trafegabilidade dos locais com água na superfície ou muita umidade no solo, HASSAN e SIROIS (1985) propõem o emprego de pneus duplos. Finalmente MATTHES et alii (1988) propõem relacionar os efeitos da variação da carga e da velocidade no consumo de combustível.

#### **4. 5 A compactação de solos ocasionada pela colheita de madeira**

A tendência no manejo florestal tem sido o uso de máquinas pesadas nas áreas de colheita. O potencial de danos à produtividade do sitio é maior em florestas que na agricultura tradicional devido à operação ao longo do ano todo de maquinário pesado independentemente das condições climáticas (MATTHES ,1989).

HATCHELL et alii, 1970, demonstraram que o percentual da área total coberta por estradas primárias, secundárias e pátios foi 12,4; 19,9; e 1,5 % respectivamente. Para folhosas do norte dos Estados Unidos assinala-se que cerca de 20% da área total é coberta por estradas florestais.(SHETRON, 1988).

Considera-se importante definir com mais detalhe o problema da compactação, os processos que levam a ela, as causas e as alternativas de modelização.



TAYLOR e GILL (1984) definem compactação como consolidação ou re arranjo. Assim compactação de solos indica que alguma ação aconteceu na qual o solo ficou mais compacto. BRADFORD e GUPTA (1986), dizem que a compactação do solo é definida como o processo que causa a alteração do volume deste, resultante da aplicação momentânea de uma carga. RAGHAVAN et alii (1976) dão uma definição similar, o processo de compactação é definido como uma mudança de volume para uma dada massa de solo.

A modelização da compactação requer a descrição quantitativa da resposta do solo ao "stress" causado. O grau de compactação desejado depende do solo em questão. Os requerimentos de tração e mobilidade são bem diferentes daqueles necessários para infiltração de água e propagação de raízes. Quando se considera compactação, quatro fatores devem ser consideradas: (SCHAFER et alii, 1989).

- a. O sistema de forças que causa a compactação;
- b. A propagação e distribuição do "stress" dentro da massa do solo causado pelo sistema de forças;
- c. A resposta do solo ao "stress" e
- d. As relações e conseqüências, da compactação resultante para a planta, o movimentação de fluidos e de gases, e as atividades biológicas e químicas.

A resistência da estrutura do solo ao impacto das forças é chamado resistência do solo ("soil strength"). Segundo HILLEL (1980) resistência de um solo é o stress máximo que pode ser imposto ao solo sem causar sua ruptura. Resistência do solo ou inércia da estrutura do solo contra as forças atuantes é uma outra medição da estabilidade

estrutural. (BEEKMAN , 1987). O solo é compactado quando o sistema de forças exercido externamente excede a resistência deste. (SCHAFER et alii, 1989).

O êxito da modelização da resistência do solo depende da adequação das equações tensão("stress") -esforço (stress-strain) usadas para descrever o comportamento do solo. Identificar este comportamento e desenvolver descrições matemáticas tem sido muito difícil para o complexo sistema solo - máquina - vegetação. O modelo não pode ser melhor que as equações constitutivas na qual se baseia. (SCHAFER et alii, 1989).

O dilema é que o entendimento do comportamento do solo é necessário para escolher os testes, enquanto que ao mesmo tempo os testes são necessários para desenvolver o entendimento do comportamento do solo. (Op. cit.)

A exposição a esforços da matriz dos solos tem como efeito a troca na posição relativa das partículas, umas com outras. Também troca a forma e o volume dos poros entre as partículas, o que influencia os fluxos de água e ar, e dá lugar à compressão do ar. Assim parte da força atuante no solo resulta no deslocamento das partículas, e parte em fluir ou comprimir água e ar. Por isso, a resistência do solo não é somente determinada pelas propriedades das partículas e a estrutura do solo, mas também pelos conteúdos de água e ar, e suas possibilidades de fluir pela matriz do solo. (BEEKEMAN ,1987; ROLOFF , 1986).

BEEKMAN (1987) assinala que dependendo da escala dos elementos do solo estudados, a resistência pode ser descrita em termos de quatro fatores básicos:

- Coesão;
- Fricção;
- Densidade e
- Estrutura.

#### 4. 5. 1 O comportamento do solo (resistência).

PREVOST (citado por SCHAFER et alii, 1989) diz que a melhor utilidade de um modelo matemático do comportamento da interrelação resistência - tensão - esforço é aquele que pode ser empregado para prever satisfatoriamente a performance do material em todas as circunstâncias à mão. O propósito desse modelo não é exatamente explicar o comportamento do material real, mas deve representar o material ideal.

GILL e VANDEN BERG (citados por SCHAFER et alii, 1989) classificam quatro tipos de comportamento do solo ao reagir com as forças mecânicas. Eles são : compactação, corte, fluxo plástico, e tensão de fratura. KOOLEN e KUPIERS (Op cit.) listam as seguintes reações do solo às forças mecânicas: compactação, deformação, quebra, e deslocamento (como corpo rígido). Apesar de serem de diferentes épocas (1967 e 1983 respectivamente) as classificações são essencialmente iguais.

Deve-se levar em consideração que os solos na sua distribuição apresentam grande variabilidade. Quer dizer que cada indivíduo somente pode se diferenciar de sua vizinhança em comportamento. Possuem ainda variabilidade sazonal, como por exemplo os diferentes conteúdos de água. Assim é quase impossível ter-se um modelo que abrange toda esta variabilidade.

Cabe lembrar agora a importante diferença dada por PREVOST entre material real e material ideal. Uma aproximação aceitável é trabalhar com uma amplitude de solos e condições destes atrelados a um determinado problema, e assim utilizar a informação disponível junto com a engenharia mecânica e a matemática para desenvolver as equações constitutivas viáveis.

#### 4. 5. 2 A fonte do sistema de forças da compactação.

O tráfego do rodado no terreno tem sido reconhecido como a maior fonte de forças causantes da compactação ( HATCHELL et alii, 1970; DICKERSON, 1976; TAYLOR et alii, 1980; TAYLOR e GILL, 1984; GUPTA e LARSON, 1982; SIDLE e DRILICA, 1981; BURGER et alii, 1985; WASTERLUND, 1989; MATTHES, e WATSON, 1989). A idéia é o desenvolvimento de um modelo de tração que providencie uma adequada predição das interações roda - solo.

Um dos fatores de maior influência na compactação é a carga dinâmica que é transferida ao solo pelos pneus do trator. Esta variável é difícil de estimar a campo. Uma solução é trabalhar diretamente com o peso do trator. Mas no caso florestal isto é mais difícil, dado que os pesos do maquinário e as cargas transmitidas ao solo são maiores.(HASSAN et alii, 1983; BURGER et alii, 1985; KOGER et alii, 1985).

HASSAN et alii, (1983) para as condições do estudo propõem um coeficiente de tração de 0,53 (t). E estabelecem uma relação entre o peso da base do fuste e o peso da árvore, que é variável em função da altura a que é elevada a carga.

Esta relação determina junto com as variações do terreno a denominada carga dinâmica . É importante salientar que o terreno florestal é, em via de regra, bem diferente do terreno agrícola. Os freqüentes obstáculos como pedras, tocos, galhos, etc. constituem uma importante fonte de vibrações, que se transmitem ao solo, (KOGER et alii, 1985).

Uma outra forma de estabelecer as forças atuantes na interface roda - solo é através de modelos como os apresentados por MATTHES et alii, (1989). Eles estabelecem que um sistema de medição da sensibilidade, da pressão na interface solo - pneus, móvel e viável, poderia ser uma ferramenta para desenvolver um melhor entendimento do processo de compactação nos solos florestais. Este sistema

possibilitaria o estudo de algumas variáveis como pressão de inflação, volume da carga, tamanho do pneu, altura e largura, e condições operacionais, como também seus efeitos na compactação.

#### **4. 5. 3 Nível de compactação do solo**

Em geral a maioria dos autores afirmam que com o aumento do número de passagens aumenta a compactação. Muitos deles estudaram a relação existente entre o número de passagens, o aumento da carga, e a largura dos pneus e seus efeitos na compactação. (HASSAN et alii, 1985; KOGER et alii, 1985; RUMMER et alii, 1986; AUST et alii, 1993). A maioria destes trabalhos foram feitos em de laboratório, baseados no conceito de que com o aumento da largura do rodado diminui a compactação. Dado que é um fenômeno complexo, não trabalharam com um único parâmetro.

Pode-se concluir que para todos os trabalhos estudados o número de passagens é um dos fatores principais, junto com a carga, o tipo de pneu, e a pressão de inflação. Para KOGER J. et alii, (1985), o número de passagens foi significativo em um dos três tipos de solos estudados. Para os mesmos autores as diferenças se deram entre a primeira e quinta passagem, e entre a primeira e nenhuma passagem. AUST (1993) achou diferenças entre a primeira e a sétima passagem, tanto para densidade como para a porosidade.

SLIDE e DRILCA (1981) acharam diferenças em relação à posição do ramal na área trabalhada. Isto é muito importante no caso florestal já que pelas características da rede viária certas áreas como as mais próximas dos pátios, recebem maior número de passagens que aquelas vias secundárias, por exemplo. (MURPHY, 1983; FIRTH e MURPHY, 1989). KOGER et alii, (1985)concluem para perfis artificiais (“soil bins”),

e múltiplas passagens do rodado que um dos três solos analisados aumentou sua densidade, e que em todos aumentou a profundidade do sulco do pneu. Para condições de campo isto mereceria uma especial atenção.

#### **4. 5. 4 A estimativa da compactação.**

Existem variadas metodologias para a estimação da compactação. Estas se adequam segundo o nível de detalhe do experimento, as condições do estudo, e as restrições impostas. Para a compactação ocasionada pelo tráfego florestal autores como HATCHELL, (1970) trabalham com densidade, resistência do solo, infiltração, e porosidade. Este pacote é talvez um dos mais completos, mas requer condições experimentais e bastante tempo para a sua medição. Uma outra alternativa é a empregada por SLIDE, e DRLICA, (1981) que baseiam seu trabalho na medição de somente a densidade aparente. STEELE, et alli (1983) estudam comparativamente a metodologia de densidade aparente por cilindros e as sondas de neutrons e concluem que para o emprego destas sondas é necessária a sua calibração específica em relação ao tipo de solo. Uma terceira via é a empregada por KOGER, et alli (1985) e SIROIS, et alli (1989) que trabalham a nível de laboratório com cilindros e penetrômetros para a determinação da densidade. Dada a importância para este trabalho do penetrômetro, este ponto é tratado com detalhes a seguir.

#### **4. 5. 5 A resistência à penetração**

O penetrômetro de cone é amplamente reconhecido hoje em dia como uma das metodologias mais simples para obter-se uma estimativa empírica da resistência de um solo. (SOANE , 1973; JAKOBSEN et alii, 1985; KOGER et alii, 1985; SIROIS et alii,

1989). AYERS e PERUMPRAL (1982) demonstraram que existe uma estreita relação entre o valor de resistência a penetração e a umidade dos solos. Estes autores concluem que:

a.- A relação entre o índice de cone e o conteúdo de umidade mostrou que, para um esforço de compactação constante, o máximo índice de cone é atingido num conteúdo de umidade específico.

b.- Este conteúdo específico de umidade, para o máximo índice de cone, depende do tipo de solo e aumenta com o conteúdo de argila dos diferentes solos.

c.- Para um determinado tipo de solo, a umidade máxima atingida com o valor máximo do índice de cone, é menor que a umidade obtida na máxima densidade do solo em seco.

d.- A relação índice de cone - densidade, para solos com certa percentagem de argila, revelou que para baixos conteúdos de umidade, a densidade a seco tem uma considerável influência nos valores de índice de cone. Com altos conteúdos de umidade, o índice de cone foi menos dependente da densidade a seco.

YASIN et alii, (1993) dizem que os mais importantes fatores que afetam a resistência a penetração são o conteúdo de umidade, densidade aparente, tipo de solo, resistência do solo, base do cone, ângulo do cone, velocidade de penetração, e rugosidade na superfície do cone. MULQUEEN , et alii (1977) concluem que alguns dados complementares como umidade e densidade aparente devem ser usados para a correta interpretação dos resultados do índice de cone.

SIROIS et alii, (1989) afirmam que o índice de cone representa uma estimativa da compactação do solo, da resistência do solo, da resistência à penetração de raízes. Segundo os mesmos autores, a razão predominante para seu uso é a sua simplicidade de operação e a possibilidade de obter dados em forma imediata. Neste trabalho eles comparam diferentes tipos de penetrômetros, desde o totalmente manual até um

hidráulico e automatizado. Eles concluem que existiram diferenças entre os penetrômetros. Embora esta diferença entre os mesmos foi menor que entre os diferentes solos e profundidades. Em solo arenoso houve diferenças maiores entre os métodos, o que pode ser devido à grande resistência destes solos.

Em relação a outras metodologias de estudo da compactação como os clássicos cilindros, infiltração ou sondas de neutrons, a metodologia do penetrômetro perde em precisão mas ganha em praticidade, dado que pode ser feita em qualquer local e o resultado é imediato. (MANOR et alli, 1991)

Dada a alta variabilidade dos dados obtidos, muitas vezes conseqüências do próprio equipamento ou da variabilidade do solo, existem trabalhos que oferecem uma série de alternativas estatísticas para o tratamento dos dados. (RADCLIFFE et alli, 1988; YASIN et alli, 1993).

No Brasil os trabalhos de compactação referem-se principalmente à área agrícola, mas muitos deles usam a resistência a penetração como estimativa da compactação. (ROLOFF, 1991).

#### **4. 5. 6 As relações e conseqüências da compactação para o sistema de cultivo florestal**

DICKERSON (1976) assinala que para um sítio de colheita, o arraste com “skidders” aumentou a densidade do solo um 20 % no sulco do pneu e 10 % entre sulcos acima dos valores do solo não alterado. Este estudo estimou que são necessários 12 anos nos sulcos e oito nos entre sulcos para que as taxas de infiltração e percolação voltem a seus valores originais. O mesmo estudo também estabeleceu que,



após cinco anos, ainda existia redução na sobrevivência das sementes e o crescimento das árvores devido às altas densidades do solo.

HATCHELL et alii, (1970), demonstrou que as taxas de infiltração de pátios, estradas primárias, e estradas secundárias foram respectivamente, 10, 11, e 22% menores com respeito ao solo sem distúrbio, e teve também uma redução no espaço poroso e aumento da umidade do solo. O tempo de recuperação do solo foi estimado em 18 anos. BURGER et alii, (1985) verificaram que cada passagem do skidder aumentava a compactação do solo, embora os aumentos não eram proporcionais ao número de passagens.

FIRTH e MURPHY, (1989) relataram para *Pinus radiata* que a altura, o diâmetro, e forma das árvores que cresciam na beira da estrada foi marcadamente inferior com respeito às árvores do interior do talhão. Fazendo a mesma comparação eles estabeleceram que as árvores no ramal foram em média 1 metro menores (10%), 2 cm menores (13%) em diâmetro (DAP), e 33% menores em volume. SIDLE e DRLICA (1981) detectaram um aumento de 10 % na densidade do solo nos 30 primeiros cm de um solo mineral para florestas de abeto em Oregon. Eles concluíram com curvas de produtividade que um aumento em 10 % da densidade do solo significa um decréscimo de 10% em crescimento em altura do das mudas. Esses danos se referiam a toda a área de trânsito, que corresponde a aproximadamente 12 % do total.

WASTERLUND (1989, 1992) assinala que nas florestas da Suécia, 70 % das raízes se concentram na camada de húmus. Sua resistência varia com o diâmetro e com a época do ano, mas que grande parte dos danos ocasionados são devidos ao trânsito do maquinário nos desbastes.

#### 4.6 A grade desgalhadora

As grades desgalhadoras são usadas em combinação com os "skidders" de garra, para remover a maioria dos galhos e a ponta fina das árvores. Esta combinação provou ser muito efetiva na colheita de madeira de pinos para polpa. (TUFTS et alli, 1989). A grade desgalhadora é barata, requer pouca manutenção, e é capaz de desgalhar várias árvores de uma só vez. Além disto o sistema de colheita com "skidders" de garra não requer modificação com a sua implantação. (MILLER et alli, 1991). Embora a grade desgalhadora seja um substituto do desgalhamento manual, a qualidade do desgalhe com grade ainda requer o emprego de motosserristas para completar o processo. Assim, o desgalhamento manual com seus riscos e custos associados não foi completamente eliminado. (Op. cit.).

O uso da grade desgalhadora também pode diminuir a produtividade do "skidder". O volume da carga do "skidder" deve ser limitado em função da grade. Cargas maiores podem ser muito largas para entrarem de uma só vez na grade. Então o operador deverá fazer múltiplas passagens ou reduzir o tamanho da carga. Qualquer alternativa reduz a produtividade do "skidder". O tamanho da carga que o "skidder" pode desgalhar também depende de sua potência. O "skidder" pode arrastar mais madeira do que pode empurrar através da grade. (Op. cit.).

GREENE e STOKES (1988) comparam a performance de um "skidder" de garra usando grade desgalhadora e desgalhe com MOTOSSERRA. Eles acharam que para uma distância de arraste de 200 metros o uso da grade desgalhadora diminuía a produtividade em 32 %. Para distâncias de arraste maiores essa diminuição ficou em torno de 20 %. STOKES e LANDFORD (1985) acharam que os "skidders" eram 37 % menos produtivos quando usavam grade desgalhadora.

GREENE e STOKES (1988) concluem que o uso de grade desgalhadora melhorou a segurança das operações de colheita por empregar uma operação mecanizada e com o operador numa cabine em vez do uso de MOTOSSERRA e o operador no terreno. A grade desgalhadora reduz a produtividade do "skidder", mas esta redução está mais que compensada pela redução no custo total da madeira.

Para as plantações de pinos do Sul do Brasil SAN'T ANNA (1989) assinala o desgalhamento com grade e o "mini-skidder" como um ponto problemático, dada a freqüente quebra do equipamento, especificamente desgaste da embreagem.

#### **4.7 Estudos de rendimento e custos**

A colheita de madeira é uma operação silvicultural tanto para a preparação do sítio como para a melhora do talhão. Para o uso efetivo desta ferramenta o administrador florestal deverá entender os fatores que afetam o custo e a produtividade da colheita de madeira. O valor de um talhão resulta do preço de venda menos o custo de colheita. Para maximizar o valor da madeira, os custos de colheita deverão ser minimizados. A única maneira de minimizar estes custos é entender as variáveis que afetam a colheita e a planificação das operações para minimizar estas variáveis. (TUFTS et alli, 1986).

Os métodos de colheita de madeira evoluíram desde os que tinham uma alta carga de trabalho braçal e pouco investimento de capital até os altamente mecanizados com um alto investimento de capital. Este deveu-se principalmente à menor disponibilidade de mão de obra e a necessidade de aumentar-se a produtividade. (MOREIRA, 1992; TUFTS et alli, 1986).

Os fatores que afetam a produtividade dos "skidders" podem ser divididos em três categorias principais: variáveis da máquina, variáveis da carga, e variáveis do talhão.

As variáveis mais importante que afetam a produtividade do "skidder" são o volume da carga e a distância de arraste. (TUFTS et alli, 1986, 1989; GREENE , 1988; STOKES et alli, 1993).

#### 4. 7. 1 Estudos do trabalho florestal. Rendimentos

A base destes estudos é a estimativa da produção física em relação a um tempo.

Para isto o trabalho florestal analisado se subdivide em **atividades parciais**. Estas atividades podem ser **atividades efetivas** ou **atividades gerais**. Atividades efetivas é quando o meio de produção está efetivamente trabalhando; atividades gerais é quando o meio de produção não está trabalhando, e podem ser **causais**, por exemplo uma falha mecânica; ou **pessoais**, por exemplo tomar água. Assim o ciclo da máquina é dividido, em concordância com as condições de estudo, para o que se conhece como estudo de tempos.

Para a medição dos tempos são citados três tipos de metodologias. A de tempo individual, a de tempo contínuo e a multimomento (MACHADO, e MALINOVSKI, 1988). Em função destas planilhas de tempo podem-se gerar equações que relacionem o tempo à distância de arraste.

STOKES e LANDFORD (1985) fizeram um ensaio com *Pinus taeda*, removendo 827 árvores por hectare com um DAP médio de 13,7 cm na idade de 15 anos. Trabalharam incluindo uma grade desganhadora. Os resultados foram os seguintes:

Tabela 1: Valores do ciclo de arraste para o “skidder”.

Elemento do ciclo	Unidade	Obs.	Média	Desvio Padrão
1- Viagem Vazia	min/ciclo	23	0,99	0,29
Distancia	m	23	86,8	35,6
2- Viagem Carregado	min/ciclo	18	0,92	0,39
Distancia	m	23	89	39,3
3- Árvores/ciclo		21	12,1	8,1
4- Volume/ciclo	m <sup>3</sup>	21	1,04	0,68
5- Grade	min/ciclo	11	2,39	1,44
6- Manutenção	min/ciclo	19	0,34	0,18

Fonte STOKES et alli (1985)

As funções geradas foram:

Viagem vazia :  $0,6546 + 0,0046 \cdot \text{Dist. (m)}$   $R^2 = 0,43$  e C.V. = 22,54

Viagem carregada:  $0,2026 + 0,0079 \cdot \text{Dist (m)}$   $R^2 = 0,67$  e C.V.= 25,20

STOKES et alli (1993) analisaram os custos de diferentes métodos de colheita e seu impacto ambiental numa floresta mista de *Pinus echinata* (Mill.) e folhosas. As características das árvores arrastadas eram as seguintes :

DAP (cm)                    29,72

Altura comercial (m) 17,42

Volume médio (m<sup>3</sup>) 0,91

No estudo do arraste obtém-se os seguintes valores para o corte raso:

Tabela 2: Resultados do arraste segundo STOKES et ali (1993)

Elemento do ciclo	Resultados
Viagem vazia (min)	2,08
Viagem carregado (min)	2,06
Posicionamento (min)	0,98
Formação da carga (min)	1,00
Descarregamento (min)	0,06
Tempo total por ciclo	8,61
Distância de viagem vazia (m)	233,1
Distância de viagem carregado (m)	209,1
Distância total de viagem (m)	442,2
Volume por ciclo (m <sup>3</sup> )	3,68
Árvores por ciclo	4,5
Produtividade ajustada (m <sup>3</sup> /hpm)	30,36

Na bibliografia foram revistos trabalhos como os de STOKES et alii, 1982; TUFTS et alii, 1986; TUFTS et alii, 1988; RUMMER, 1988; GREENE et alii, 1988; que fazem estudos de tempo e rendimento para diferentes "skidders", mas são tratores de características bem diferentes ao estudado neste trabalho. Quando o peso, potência e preço são diferentes, a comparação não é recomendada.

Para o caso do emprego do trator agrícola tipo TDA modificado chamado "mini-skidder" os trabalhos revisados não especificam a metodologia para a elaboração do rendimento. SANT'ANNA. (1989), apresenta uma produção de 240 árvores/dia.

MALINOVSKI e FENNER, (1991), baseiam seu trabalho em dados providenciados por empresas. Nele para o denominado sistema III, trabalhando em desbastes, um mini-skidder tipo 4 x 2 e de 80 a 100 CV, produz 6,6 m<sup>3</sup>/hora, numa distância média de arraste de 110,0 metros.

#### **4. 7. 2 Metodologias para o cálculo do Custo**

Existem muitas metodologias para o cálculo do custo/hora do maquinário, e muitas vezes elas são empregadas em função dos objetivos ou das normas preestabelecidas. Em geral a maioria faz uma divisão entre os **custos fixos** e os **custos variáveis**..

A FAO (Serie Montes N 10, 1979) apresenta a seguinte divisão dos custos:

a) Custos Laborais

b) Custos Operacionais

b.1) Custo da propriedade

b.1.1) Depreciação

b.1.2) Juros

b.1.3) Seguros

b.1.4) Impostos

b.2) Custo de operação

b.2.1) Combustível e lubrificantes

b.2.2) Manutenção e reparos

STOKES et alli (1985) apresentam a seguinte estrutura de custos para um “skidder” de características semelhantes às de nosso estudo.:

Tabela 3: Valores de Custo segundo STOKES et alli (1985)

1 Custo fixo:	Custo anual	Custo/hora
1.1 Depreciação (90000 - 18000)/4	18.000	12,86
1.2 Juros, Seguros (0,235*IMA)	14.805	10,58
subtotal	32.805	23,44
2 Custo Operacional		
2.1 Consertos (0,9*18000)	16.200	11,57
2.2 Combustível (1,1\$ /gal * 3.36 gal/hr)(1400hr)	5.174,4	3,7
2.3 Lubrificantes (0,3 * 5174.4)	1.552,32	1,11
Subtotal	22.926,72	16,38
3 Custo Laboral		
3.1 Operador (inclui beneficios)	12.600	8,83
4 Custo Total	68.091,72	48,75

Assume-se que: Vida útil 4 anos; valor residual 20 %; IMA= investimento médio anual; horas produtivas ao ano 1400; horas máquina programadas 2000; utilização = 0,70. Um galão americano é de 3,78 litros. Valores em dólares americanos.

STOKES et alli (1993) obtém os seguintes valores de custo por hora da máquina

:

	US\$/HPM
Custo fixo	29,28
Custo variável	16,19
Custo laboral	10,64
Custo total	56,11

O valor de compra considerado para o "skidder" é de US\$ 130.000, e a estimativa das horas produtivas máquina é baseada numa disponibilidade de 67 %. HPM quer dizer "hora produtiva máquina" e refere-se as horas efetivamente trabalhadas,



descontadas as improdutivas. Em função dos dados da tabela 2 o custo por metro cúbico (US\$/m<sup>3</sup>) foi de 1,85.

Numa tentativa de padronizar o cálculo de rendimentos e custos a FAO/ECE/KWF elaboraram uma metodologia comum, que MALINOVSKI, (1983) propôs aplicar no Brasil. Uma de suas características mais importantes é que considera a depreciação como custo intermediário, chamado custo semifixo. A estrutura é a seguinte:

a) Custos da Máquina

a.1) Custos Fixos.

a.1.1) Juros

a.1.2) Seguros

a.1.3) Impostos

a.1.4) Garagem

a.2) Custos Semifixos

a.2.1) Depreciação

a.2.2) Consertos

a.3) Custos Variáveis

a.3.1) Custo de combustível

a.3.2) Custo de lubrificante

b) Custo de pessoal

b.1) Custo de pessoal de operação

b.2) Custo de manutenção

c) Custo de administração

Um fator importante dentro desta metodologia é a consideração da depreciação e consertos como custos semifixos, quer dizer que tem uma variação com o tempo ou com o uso da máquina. Assim para o cálculo da depreciação tem que se definir a intensidade de uso, o chamado “umbral”, para a escolha da formula correta. Em relação aos valores de custo para colheita, corte e extração, para plantações no Sul do Brasil, a literatura não emprega esta metodologia, e muitas vezes não mencionam a metodologia empregada.

MALINOVSKI e FENNER (1991) em um levantamento feito nas empresas, para o sistema III que emprega o “mini-skidder” para o arraste, assinalam o custo para o arraste de 0,17 US\$/m<sup>3</sup>. Em relação às comparações das alternativas de máquinas sob a ótica dos custos MOREIRA (1992) demonstra que para desbastes em pinos a alternativa mais cara é a não mecanização (4,27 US\$/m<sup>3</sup>) contra 3,74 US\$/m<sup>3</sup> do “feller buncher” + mini-skidder e 4,22 US\$/m<sup>3</sup> do Processador + Forwarder.

HAKKILA et alli (1992) fazem uma comparação dos custos e das possibilidades de mecanização entre Brasil e Finlândia. Assinalam que os salários, e em particular os encargos sociais, são uma das maiores diferenças a nível de custos. Por exemplo, o salário ganho por dia por um motosserrista na média das empresas de indústria de celulose, no Brasil é de 8,10 US\$/dia, mais os encargos sociais (85%). Valores dos salários referidos à época do trabalho (1992). Para a Finlândia os valores em US\$/dia para um motosserrista são de 116,35 (inclui encargos sociais). O mesmo trabalho mostra que o custo da extração para o Brasil, para a média das empresas papeleiras, é de 2,71 US\$/m<sup>3</sup>; e o custo total da madeira colocada na fábrica é de 12,55 US\$/m<sup>3</sup>. Para a Finlândia, no caso do sistema totalmente mecanizado, o custo da extração situa-se nos 4,28 US\$/m<sup>3</sup>; e o custo total da madeira colocada na fábrica é de 17,58 US\$/m<sup>3</sup>. A diferença fundamental para entender está comparação está nos

volumes produzidos por cada um dos sistemas de exploração. Assim a produtividade em m<sup>3</sup>/homem-dia para o sistema motosserra- “mini-skidder” no Brasil é de 6,7. Para Finlândia com o sistema totalmente mecanizado é 23,3 m<sup>3</sup>/homem-dia.

#### **4. 8 A distância ótima de arraste**

Segundo ANAYA e CRISTIANSEN (1986) a determinação da distância de arraste é um dos fatores que define um sistema de colheita.. Estes autores explicam a determinação da obtenção da distância ótima em função dos custos. Neste caso eles relacionam uma curva de custo fixo por unidade de volume a ser transportada, com uma curva de custos variáveis por unidade de volume. A distância ótima é aquela que corresponde ao custo total mínimo. Os custos fixos e variáveis por unidade de volume são formados pelos custos de construção de estradas e pelos custos de extração respectivamente.

DIETZ (1983) relaciona numa dupla escala o custo de arraste e o custo de manutenção e construção de estradas, referidos a distância de arraste e a densidade de estradas respectivamente. Neste caso também a distância ótima de arraste corresponde ao custo total mínimo, mas com a vantagem que com a dupla escala nas abcissas pode-se obter ao mesmo tempo dois importantes valores, seja a densidade ótima de estradas, seja a distância ótima de arraste, correspondente a essa densidade e ao custo total mínimo. A solução deste problema pode ser por método gráfico ou analítico.

THESS (1987) num estudo da rede viária para a empresa aqui estudada realizam uma classificação de estradas onde para o cálculo da densidade ótima empregam 50 % de estradas revestidas e transitáveis o ano inteiro, e 50 % de estradas sem revestimento,

de mão simples. Determinam assim um custo de 0,28 US\$/ metro linear, e uma densidade para aquelas condições de 82 m/ha.

## **5. Material e Métodos**

### **5. 1 Material**

#### **5. 1. 1 O local de trabalho**

O levantamento de campo foi realizado em uma empresa localizada em Três Barras, estado de Santa Catarina.

O clima da região conforme classificação de Köeppen é pertencente ao grupo C, com temperaturas do mês mais frio abaixo de 18 °C e acima de 3 °C. Tipo úmido (f) sem estação seca bem distinta, sendo que não há índices pluviométricos mensais inferiores a 60 mm e verão fresco (b), onde as temperaturas do mês mais quente estão abaixo de 22 °C; umidade relativa média anual 82 a 84 %.

Em relação a vegetação a SUDESUL/UFMS (1973) classifica-a como floresta subtropical mista. Nesta formação vegetal destaca-se o pinheiro brasileiro (*Araucaria angustifolia*), formando o estrato superior, seguindo-se às vezes, um estrato intermediário formado principalmente pelo cedro (*Cedrella fissilis*), onde ainda são encontradas, árvores de pequeno e médio porte com predomínio das lauráceas. As espécies mais características além das citadas são canela amarela (*Nectandra lanceolata*), canela langeana (*Ocotea pulchella*), cereja (*Eugenia imolucrata*) e erva-mate (*Ilex paraguariensis*).

As plantações da empresa estão situadas em diversas fazendas num raio de 100 km em relação a sede. Os trabalhos de campo deste estudo se concentraram em duas fazendas a saber:

a) Fazenda Ruthes, município de Itaiópolis e

b) Fazenda Corredeira, município de Mafra.

a) Fazenda Ruthes

Esta fazenda está localizada a 100 Km da sede da empresa, núcleo florestal. As coordenadas são: 49° 49' de longitude, 26° 23' de latitude, numa altitude de 800 m s.n.m.

As plantações analisadas correspondiam à espécie *Pinus elliottii* (Engel) com um desbaste, sistemático na quarta linha e seletivo nas laterais. A idade média atual é de 19 anos, os dados dos talhões estudados são apresentados:

Tabela 4. Dados demométricos da Fazenda Ruthes

Talhão	Árvores / ha.	Ton / ha.	m <sup>3</sup> / ha	Altura média (m)
11	871	455,0	503,7	21,3
12	887	507,0	547,0	23,5
13	808	473,0	512,0	23,0
14	856	492,,3	531,7	22,5

Fonte Gerência de Pesquisas. Departamento Florestal

O solo foi descrito como Cambissolo húmico álico segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, e como um “Inceptisol Haplumphrepts” seguindo o “Soil Taxonomy” do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA). O relevo é tipicamente ondulado, com declividades variando entre o 2 % nas encostas até mais de 20 % nas situações mais desfavoráveis.

## b) Fazenda Corredeira

Esta fazenda situa-se a 50 Km da sede. As plantações estudadas correspondiam à espécie *Pinus taeda* (L.). As plantações estudadas tinham sofrido um desbaste do tipo sistemático na quarta linha e seletivo nas laterais. A idade média é de 19 anos. As informações dos talhões estudados são apresentados na tabela 5:

Tabela 5: Dados dendrométricos Fazenda Corredeira

Talhão	Árvores/ ha.	Ton/ ha.	m <sup>3</sup> / ha	Altura média (m)
01	853	692,0	735,0	28,4
12	831	588,7	629,6	21,4
21	898	664,2	709,0	28,0
22	869	608,8	651,0	27,4

Fonte Gerência de Pesquisas. Departamento Florestal

Os solos estudados foram classificados numa aproximação ao sistema Brasileiro de classificação de solos como um Cambissolo álico distrófico e segundo o “Soil Taxonomy”(USDA) da seguinte maneira: Ordem: Inceptisol; subordem: Ochrepts; grande grupo: Dystrochrepts; subgrupo: Typic Dystrochrepts. Para complementar o estudo de compactação foi realizado uma análise textural segundo BOUYUCOS (1961) cujo resultado apresentou 35,44 % de areia, 43,0 % de argila e 21,56 % de silte.

O relevo neste caso também é ondulado, com as declividades variando entre 4 e 22 % nas áreas investigadas.

### **5. 1. 2 O objeto de estudo**

Este trabalho baseia-se numa comparação entre o Trator Florestal Articulado “skidder” com o Trator Agrícola Modificado, tipo TDA, o “mini-skidder”. A seguir apresentam-se as características principais de cada um.

#### **5. 1. 2. 1 Características do Trator Florestal Articulado “skidder”.**

##### **a) Características do Motor**

Tipo: Turbodiesel de quatro cilindros

Potência Bruta a 2.200 rpm 117 kW

Potência no volante a 2.200 rpm 108 kW

b) Peso : incluindo lubrificantes, tanque de combustível cheio, guincho, cabo, garra de 2083 mm, e ROPS: 125,76 kN (12.576 Kg)

##### **c) Transmissão**

Tipo: Servotransmissão planetária com conversor de torque.

Placas da embreagem e engrenagens em banho de óleo

Diferenciais autoblocante (“nospin”)

Marchas: três a frente e três à ré. As velocidades com pneus “standard” são mostradas na tabela 6:



Tabela 6: Velocidades teóricas (m/s) do “skidder”

Sentido	Primeira	Segunda	Terceira
A frente	1,6	3,1	6,1
Ré	1,7	3,2	4

Fonte: Catálogo 518 C. Caterpillar, Paraná Equipamentos

d) Oscilação:  $\pm 14^\circ$

e) Pneus : 28 L x 26,12 PR (LS2)

f) Bomba hidráulica de três válvulas

g) Lâmina padrão

Largura 2159 mm

Peso 4,76 kN (com contrapeso 7,14 kN) (714 Kg)

h) Garra de 2540 mm de largura e 8361 cm<sup>2</sup>

i) Sistema de Proteção da Cabine:

ROPS (“Rollover Protection Structure”) normas SAE J1040 APR88 e

ISO 3471-1984

FOPS (“Falling Object Protective Structure”, Estrutura de Proteção para

Queda de Objetos), segundo normas SAE J231 JAN81 e ISO 3449-1984.

### 5. 1. 2. 2 Características do Trator Agrícola Modificado “mini-skidder”

#### a) Características do motor

Tipo: Diesel, de 6 cilindros, aspirado natural

Potência : 95,6 kW a 2500 rpm DIN 70020

Torque máximo a 1400 rpm: 412 Nm DIN 70020

#### b) Peso 90 kN (9000 Kg)

#### c) Transmissão

Embreagem monodisco seco

Marchas: 12 à frente e 4 à ré

Tabela 7: Velocidades (m/s) do “mini-skidder”

Seletora	Primeira	Segunda	Terceira	Quarta
Alta	3,19	4,31	5,14	6,83
Média	1,58	2,14	2,56	3,39
Baixa	0,81	1,08	1,31	1,72
Ré	1,39	1,86	2,22	2,94

Fonte: Catalogo 1280R. Valmet

d) Pneus : dianteira 14.9 x 24 ; traseira 18.4 x 34

e) Bomba hidráulica de cinco válvulas

f) Lâmina: Não foram obtidos os dados com o fabricante

g) Garra : 5800 cm<sup>2</sup>

h) Sistema de Proteção: somente por solicitação.

### **5. 1. 3 Materiais para o estudo do trabalho florestal**

O estudo do trabalho florestal compreende a medição das grandezas relativas, medições do tempo e fatores de influência, para cada um dos meios de produção analisados. Para isto foi empregada uma prancheta com três cronômetros que trabalham em seqüência.

Para o levantamento topográfico foi empregado um clinômetro tipo Suunto, trena de 25 m, e fitas de marcação.

### **5. 1. 4 Materiais para o estudo da compactação**

Este estudo foi feito mediante resistência à penetração. Para isto empregou-se um penetrômetro de cone de leitura direta. O cone empregado foi o denominado tipo 1, que tem uma base de 1 polegada quadrada e um ângulo no ápice de 30°. O resultado é expresso em “Índice de Cone”. Este índice é expresso em unidades que respondem ao próprio aparelho, sem existir no manual as unidades correspondentes para a conversão ao S.I. (Sistema Internacional de Unidades)

### **5. 1 .5 Descrição do sistema de colheita**

O sistema de colheita empregado é quase totalmente mecanizado. Nos talhões selecionados foi efetuado o corte raso pelo “feller buncher” (cortador empilhador) de motosserra. Estes “feller” são de três rodas, as duas da frente tracionam e a traseira é de apoio, chamada vulgarmente de ‘louca’. No momento em que o “feller” entra no talhão já foi realizada a marcação das grades numa distância fixa de 100 m entre elas. O “feller” corta as árvores trabalhando em linhas formando feixes com número variável de árvores segundo o diâmetro e o meio de produção para o arraste. Este número de árvores por

feixe é decidido pelo operador. Em um tempo variável entre dias até meses, os feixes de árvores são arrastados pelos tratores até a grade desganhadora, desganhados de ré através da grade, quebrando algumas pontas, e são depois arrastados como fustes até o estaleiro. No estaleiro o trator faz o empilhamento, dando um estaleiro de altura variável segundo o trator. Na seqüência, a madeira no estaleiro cada carga é traçada por motosserristas nos sortimentos predeterminados ( 2,2 m). Em um tempo variável em função da distância e das necessidades da fábrica esta madeira é carregada por carregadores florestais, e transportadas por caminhões até o pátio da indústria.

É importante destacar que os feixes das árvores se superpõem entre si na linha em que são colocados pelos “feller”, de maneira tal que quando se produz o arraste, ao deslizar um feixe sobre outro provoca um desganhamento parcial. Este desganhamento faz com que os tratores praticamente trafeguem sobre uma camada de galhos.

### **5. 1. 6 Condições do trabalho**

São assinaladas as seguintes restrições neste estudo:

- a) Os trabalhos foram desenvolvidos em escala comercial, quer dizer não se tinha nenhum controle sobre as variáveis externas.
- b) Este nível comercial condicionou as mensurações dos volumes arrastados, já que era impossível medir os DAP e comprimentos das árvores pois as máquinas não paravam.
- c) Neste sentido os trabalhos são basicamente de seguimento, sem um prévio planejamento dos locais ou situações a serem estudadas.
- d) Os operadores seguiam instruções específicas da empresa, assim o método de trabalho não poderia ser modificado.

## 5. 2 Métodos

### 5. 2. 1 O estudo do trabalho florestal

As atividades parciais a serem consideradas serão as compreendidas nas operações de arraste do “mini-skidder” e do “skidder”. O ciclo de trabalho foi dividido em Atividades Efetivas e Atividades Gerais como segue:

- a) Atividades Efetivas: Viagem Vazia; Formação da Carga; Viagem Carregado; Grade Desgalhadora; Viagem Fustes; Empilhamento.
- b) Atividades Gerais: Tempos Pessoais; Tempos Causais.

A metodologia de tomada de tempos empregada foi a do tempo individual, por ser possível discriminar as atividades parciais em sua seqüência cronológica e conseqüentemente recuperar as informações.

As grandezas relativas foram estimadas contando o número de árvores por viagem, e medindo o diâmetro da base dos fustes no estaleiro. A estimativa do volume por viagem foi feita em função do número de árvores e o volume da árvore média por talhão.

Os fatores de influência considerados são os referentes ao terreno, como tipo de solo, declividade e umidade.

Os dados de produtividade surgiram do preenchimento das planilhas (ver Anexo N°1) e de cálculos posteriores. Especificamente em relação ao terreno se faz uma diferenciação por declividades entre planas, mais favoráveis e declividades mais desfavoráveis. As primeiras denominam-se como Zona I e as segundas como Zona II.

Foram executados os seguintes ensaios:

Fazenda Ruthes (*Pinus elliotti*):

- “Skidder”: Dois ensaios, um trabalhando numa declividade média de 3,7 % (Zona I), e um trabalhando numa declividade média de 10,7 % (Zona II).
- “Mini-skidder”: Dois ensaios, um trabalhando numa declividade média de 5,6 % (Zona I), e o outro numa declividade média de 16,8 % (Zona II).

Dada a alta variabilidade dos dados, em função das condições de trabalho, foram feitas pré-amostragens para determinar o número de ciclos necessários para 95 % de significância. (ver Anexo N° 1).

Fazenda Corredeira (*Pinus taeda*):

- “Skidder”: Dois ensaios, o primeiro trabalhando numa declividade média de 4,4 % (Zona I) e o segundo numa declividade média 16,3 % (Zona II).
- “Mini-skidder”: Dois ensaios, um numa declividade média de 4,0 % (Zona I) e outro a 18,4 % (Zona II).

O número de ciclos foi determinado por pré-amostragem para trabalhar à 95 % de significância.

O levantamento topográfico foi feito sobre visualizações de forma sistemática a cada 50 metros. Além disto eram identificadas as posições na horizontal dos seguintes pontos (tomando o início de estaleiro como zero):

- Início do estaleiro
- Fim do estaleiro
- Grade desgalhadora
- Feixes de árvores a serem arrastados, refere-se ao feixe mais distante da grade na hora de medição.

### **5. 2. 2 Metodologia para o cálculo do custo/hora do maquinário**

A metodologia adotada é da FAO/ ECE/ KWF (MALINOVSKI, 1983), que consiste no cálculo dos custos (formulários no Anexo N° 3) como já foi acima mencionado, entre:

- a) Custos do maquinário: fixos, semi-fixos, e variáveis.
- b) Custos de pessoal
- c) Custos de administração

Os valores necessários para o preenchimento do formulário foram obtidos com a empresa verticalizada, com os fabricantes das máquinas e de acordos internacionais.

Após obtido o custo/hora dos meios de produção ele é relacionado com os rendimentos correspondentes a cada situação, para obter finalmente o custo por metro cúbico de madeira produzida.

### 5. 2. 3 Estudo da distância ótima de arraste

Este estudo foi realizado na Fazenda Corredeira, em plantações de *Pinus taeda*; compreendeu o estudo de cada uma das máquinas em cada uma das condições de declividade acima mencionadas para esta fazenda.

A metodologia consistiu na determinação de faixas de arraste entre a grade e os feixes. Para isto se procedeu ao balizamento do terreno em faixas de 25 m cada, considerando zero (0 m) a grade, e balizando até os feixes mais distantes (100 a 150 m). Este era feito antes do início da operação de arraste. Assim foram obtidas as faixas, nomeadas pelo centro de classe, apresentadas na tabela 8:

Tabela 8: Faixas de arraste para o estudo da distância ótima de arraste

Faixa de arraste (m)	Centro de Classe (m)	Denominação
0 - 25	12,5	I
25 - 50	37,5	II
50 - 75	62,5	III
75 - 100	87,5	IV
100 - 125	112,5	V

A seguir foi realizada a tomada de tempos de arraste, com a metodologia de tempos individuais, usando a mesma prancheta de três cronômetros. A diferença é que para cada viagem era marcada a faixa de arraste correspondente.

### 5. 2. 4 O estudo da compactação

O delineamento experimental adotado é o fatorial. As leituras foram feitas em dois níveis: na superfície e entre 0 cm e os 7,6 cm de profundidade. Nos locais do tráfego de pneu foram feitos transectos de maneira que as primeiras e as últimas



estivessem fora da roda. Uma leitura a cada 12 cm, obtendo-se um total de 8 leituras por transecto. Em cada experimento foram feitos 5 transectos.

Todas as medições foram realizadas entre os feixes e a área da grade.

As áreas de coleta de dados foram os seguintes:

- a) Na trilha normal de passagem do “skidder” após  $n$  passagens.
- b) Numa área onde existiu o corte, mas não era a trilha, e o “skidder” trafegou pela ‘primeira’ vez. Esta área correspondia a aquela que não tinha sofrido passagens do “skidder”, quer dizer era uma área livre do trânsito dos tratores, mas que havia sido cortada por o ““feller””, daí a denominação de ‘primeira’ vez.
- c) Na trilha do “mini-skidder”.
- d) Na área de formação do feixe pelo ““feller” buncher”
- e) Povoamento: dado o fato dos ensaios correspondentes ao “mini-skidder” e ao “skidder” foram feitos em diferentes dias, foi realizado um teste no povoamento vizinho para cada dia de trabalho, obtendo-se com isto dois testes adicionais.

Os valores de resistência à penetração são expressados no aparelho como índice de cone (“cone index”, CI), que expressa a força necessária para penetrar dividido pela superfície da base do cone. De acordo com o Sistema Internacional de Unidades é expresso em mega pascais (Mpa). O problema é que o manual do aparelho não especifica as unidades em que trabalha, e então os valores são tratados neste trabalho como índice de cone (IC) do penetrômetro empregado. Ver anexo 2.

A metodologia de trabalho no campo foi da seguinte maneira: no início de cada um dos transectos é inserido o penetrômetro limpo até que a base do cone está

totalmente dentro do solo. Esta é a leitura de “zero” de profundidade. É importante salientar que não existiam diferenças de profundidade por causa do sulco do pneu em relação do local não trafegado. Cabe lembrar que como foi descrito no item 5.1.5 ‘O sistema de colheita’ os meios de produção trafegam acima de uma camada de galhos, e por tanto esta camada impede a formação do sulco. A leitura é feita no indicador do penetrômetro em forma direta. Após a leitura o penetrômetro é retirado e limpo o cone e o cano, para não interferir na resistência. Logo é feita a segunda leitura de 0 a 7,6 cm . Depois o aparelho é retirado, limpo, e feita uma nova medição no transecto a 12 cm da anterior. Se for necessário o aparelho é limpo com óleo tipo WD 40. No final do experimento o aparelho é limpo com o óleo acima mencionado.

Para cada um destes experimentos foram determinados umidade gravimétrica e densidade por cilindros volumétricos. A umidade foi determinada entre 0 e os 10 cm de profundidade num mínimo de três repetições por experimento. A densidade foi somente realizada no nível superficial, também três por experimento.

Para a coleta das amostras de umidade foi usado um trado, coletando-se as amostras de 0 a 10 cm. Essas amostras eram colocadas em cilindros, estes eram tampados e colocados em sacos plásticos, e deixadas à sombra para não perder umidade. No final da coleta das amostras estas eram pesadas em laboratório, peso úmido, a após secas até peso constante, tendo-se então o peso seco. A umidade é obtida da seguinte fórmula:

$$\text{Umidade Gravimétrica (\%)} = \frac{\text{Peso úmido} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}}$$

Para a coleta das amostras de densidade, foi usado um cilindro de 75 cm<sup>3</sup> (aproximado). Este cilindro era colocado num outro maior de maneira que o maior faz o

corde e o segundo coleta a amostra. Os cilindros foram inseridos à mão no solo, de maneira de não ocasionar alteração das amostras. A amostra só era considerada boa quando se conseguia penetrar todo o aparelho, e não se detectava visualmente a presença de galhos. Estes cilindros eram tampados, colocados em sacos plásticos à sombra, e logo pesados no laboratório

### **5. 2. 5 Determinação da relação custo/ benefício**

Finalmente foram feitas as comparações através da relação custo benefício. Ao fim do trabalho os benefícios são classificados em diretos e indiretos. Entende-se por diretos aqueles como quantidade de madeira, tempo de trabalho (horas/ homem), consumo de combustível. Para os indiretos empregou-se uma avaliação através de notas, da maneira como mostra a tabela 34. Os critérios para esta avaliação são pessoais e em função da literatura.

A seguir se descreverá a metodologia adotada para a valorização dos benefícios.

a) Benefícios diretos: são aqueles medidos no trabalho que estão em direta relação com a produção. Foram avaliados os seguintes benefícios:

- a. 1) Rendimentos de madeira
- a. 2) Custo/hora do maquinário
- a. 3) Custo por metro cúbico de madeira
- a. 4) Consumo de combustíveis e manutenção

b) Benefícios indiretos: Não foram medidos no trabalho, mas tem influência na comparação das máquinas

b. 1) Relação peso/potência: Esta relação é amplamente usada para caracterizar diferentes máquinas no que diz respeito a seu desenho e as suas utilidades. Em geral os tratores de desenhos mais modernos tem evoluído para relações peso/potência mais estreitas, no sentido de melhorar sua versatilidade e aumentar as velocidades de trabalho. Esta relação é expressa então em kg/cv ou em kN/kW no sistema internacional de unidades (SI).

b. 2) Tração: como já foi mencionado na literatura, este conceito expressa a força que o trator é capaz de levar. Fundamentalmente está determinada pelo peso do trator, a relação peso/ potência e o tipo de trator, seja 4 x 2 ou 4 x 4.

b. 3) Manobrabilidade: é determinada pelo raio de giro do trator, e pelo o tipo de sistema de direção que ele possui, por exemplo hidráulico ou mecânico.

b. 4) Transmissão: na hora de trabalhar em condições variáveis é importante a possibilidade da escolha de diferentes marchas a fim de obter um melhor rendimento. Se adota para este trabalho o critério de que uma diferença maior que 25 % entre duas velocidades consecutivas é inapropriado.

b. 5) Trafegabilidade: são avaliados neste ponto itens como o vão livre, a articulação no plano vertical, número de rodas motrizes, e tamanho dos pneus.

b. 6) Compactação: são atribuídos valores a cada uma das situações em função dos resultados medidos de resistência à penetração.

b. 7) Grade desganhadora: A grade pode ser analisadas sob vários pontos de vista. O primeiro deles é o tempo médio por ciclo gasto para cada uma das máquinas.

O segundo é o nível de quebra dos equipamentos, em função dos dados da empresa. O terceiro ponto é uma estimativa dos danos ocasionados ao solo e a futura floresta.

b. 8) Ergonomia: este tópico é o mais importante sob o ponto de vista do trabalhador florestal. A sua valorização foi realizada em forma complementar neste estudo, já que não é parte dos objetivos do trabalho. Os pontos a serem levados em consideração são níveis de ruído e vibrações (estimados), visibilidade, cabine, poltrona, comandos, e sistemas de segurança.

Para realizar a avaliação das duas máquinas, em relação ao custo/benefício de itens não mensuráveis, foi desenvolvida uma tabela a ser preenchida com notas. As notas tem uma pontuação de 1 até 5. A sistemática adotada é apresentada de maneira qualitativa e quantitativa a seguir:

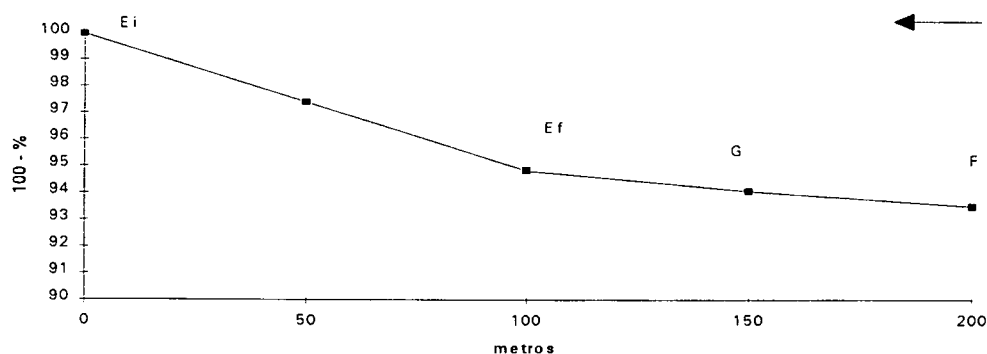
1	⇒	ruim
2	⇒	regular
3	⇒	média
4	⇒	bom
5	⇒	ótimo

## 6 Resultados e Discussão

### 6.1 O Planejamento do arraste

A distância média de arraste é determinada a nível de planejamento pela localização dos estaleiros, e das grades no terreno. Neste estudo os estaleiros analisados sempre estiveram do lado das estradas. Nos ensaios feitos não se achou diferenças na distância média de arraste em relação as máquinas, espécies e as zonas de declividade consideradas. Quer dizer que no planejamento não existe uma previsão com relação a estas variáveis. Isto fica demonstrado nos gráficos 1 a 8 que apresentam a disposição no terreno das localizações do estaleiro, início e fim, a grade, e os feixes de árvores a serem arrastados, pontos considerados condicionantes a nível de planejamento.

Gráfico N°1: Planejamento do arraste com “skidder” na zona I, Fazenda Ruthes.



Onde:

Ei = início do estaleiro

Ef = fim do estaleiro

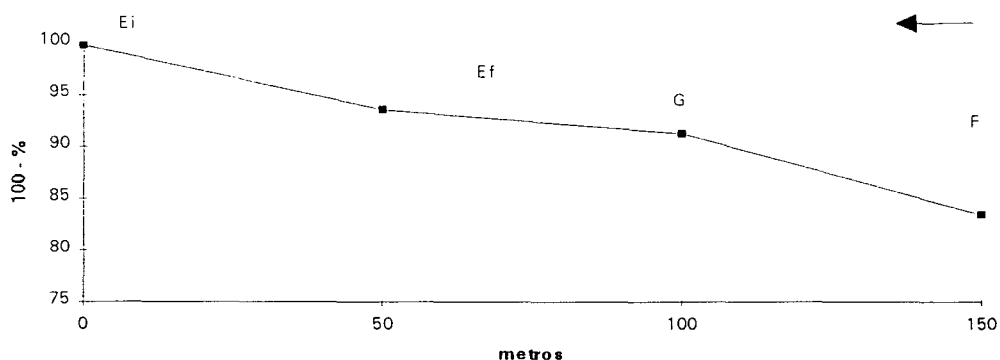
G = grade desganhadora

F = feixes de árvores mais distantes na hora da medição.

A seta indica o sentido de arraste.

Pode se observar no gráfico 1, que o estaleiro possui 100 metros de comprimento, com uma declividade de 5,84 %. A grade desganhadora se localiza a 50 metros do fim do estaleiro. A maior declividade corresponde ao estaleiro sendo menor para o resto do perfil.

Gráfico No. 2: Planejamento do arraste com “skidder” na zona II, Fazenda Ruthes



Onde:

Ei = início do estaleiro

Ef = fim do estaleiro

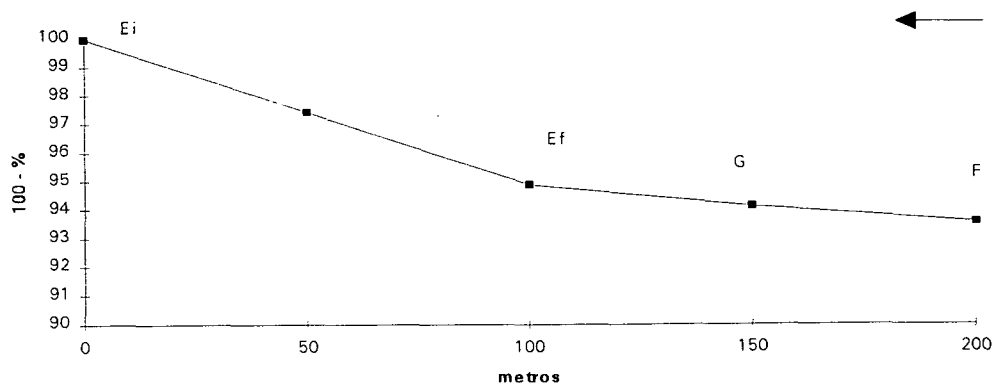
G = grade desganhadora

F = feixes de árvores mais distantes na hora da medição

A seta indica o sentido de arraste

Na situação do gráfico 2 o estaleiro é bem menor, alcançando 66 metros lineais. A grade se encontra aos 100 metros do início do estaleiro. A maior declividade corresponde a distância entre a grade e os feixes (15,0 %).

Gráfico No. 3 Planejamento do arraste para o “mini-skidder” na Zona I, Fazenda Ruthes.



Onde:

Ei = início do estaleiro

Ef = fim do estaleiro

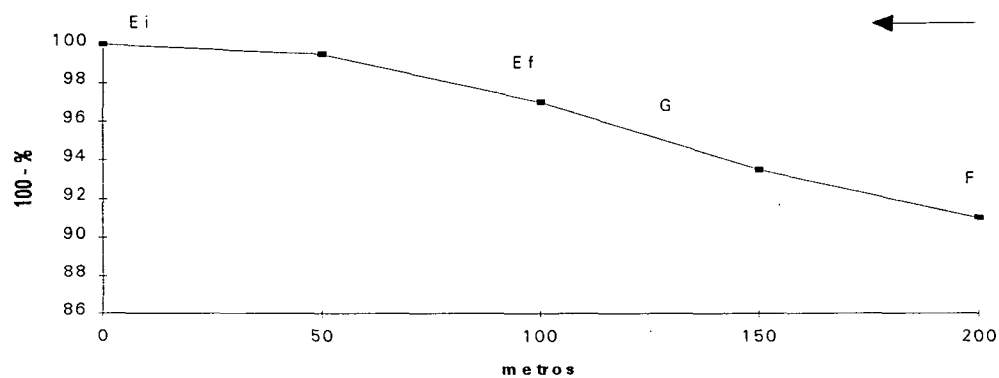
G = grade desganhadora

F = feixes de árvores mais distantes na hora da medição

A seta indica o sentido de arraste

Como no caso da zona I do “skidder” (gráfico 1) o estaleiro tem 100 metros de comprimento, e se encontra na maior declividade. A grade volta a estar situada a 50 metros do estaleiro.

Gráfico N 4 Planejamento do arraste para o “mini-skidder” na Zona II, Fazenda Ruthes.



Onde:

Ei = início do estaleiro

Ef = fim do estaleiro



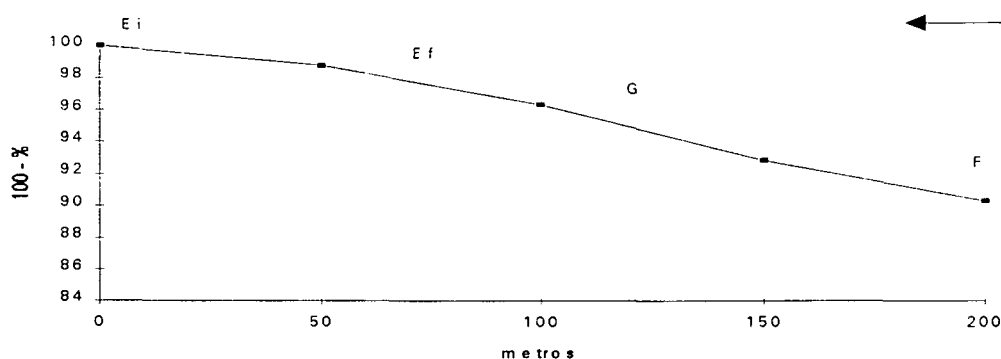
G = grade desgalhadora

F = feixes de árvores mais distantes na hora da medição

A seta indica o sentido de arraste

No gráfico 4 o comprimento do estaleiro é menor que para o gráfico 3 (62,1 metros), e a grade situa-se nos 87 metros do início do estaleiro. Como na zona II do “skidder”(gráfico 2) a maior declividade é na zona de arraste das árvores inteiras.

Gráfico N 5 Planejamento do arraste do “skidder” na Zona I, Fazenda Corredeira



Onde:

Ei = início do estaleiro

Ef = fim do estaleiro

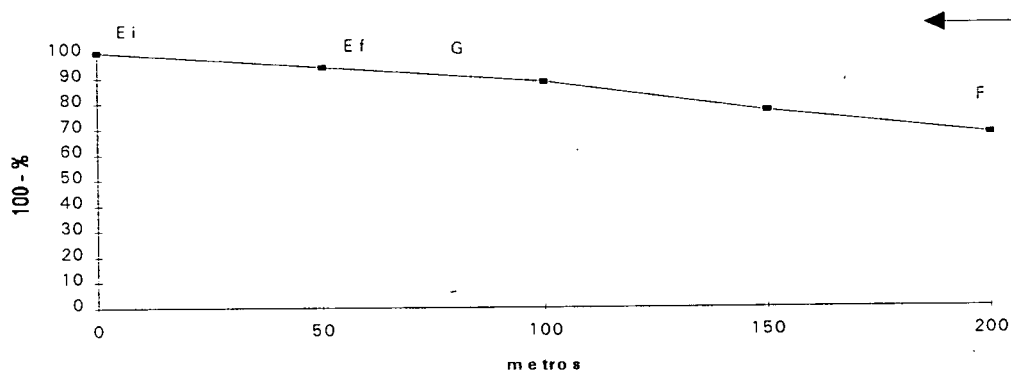
G = grade desgalhadora

F = feixes de árvores mais distantes na hora da medição

A seta indica o sentido de arraste

Os gráficos 5 até 8 mostram o planejamento do arraste em *Pinus taeda*. Assim vemos que para a zona I do “skidder” o comprimento do estaleiro é de 74 metros, e a grade se encontra nos 127 metros do início, mas com a ressalva de que no meio existe uma estrada.

Gráfico N 6 Planejamento do arraste do “skidder” na Zona II. Fazenda Correadeira



Onde:

Ei = início do estaleiro

Ef = fim do estaleiro

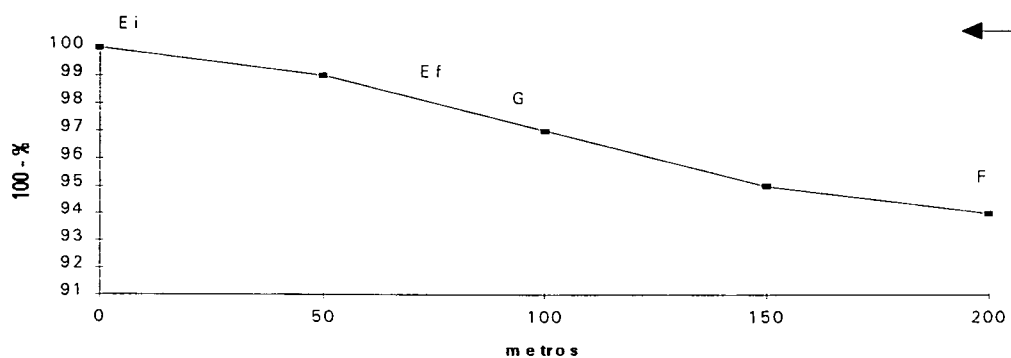
G = grade desganhadora

F = feixes de árvores mais distantes na hora da medição

A seta indica o sentido de arraste

O arraste apresentado no gráfico 6 é o único caso entre as situações estudadas onde não foi empregada a uma grade planejada, e se optou por uma outra, dando assim uma maior distância de arraste (114 metros). A declividade na zona de arraste antes da grade é de 21 %. O comprimento do estaleiro é de 60 metros.

Gráfico N 7 Planejamento do arraste do “mini-skidder” na zona I, Fazenda Correadeira



Onde:

Ei = início do estaleiro

Ef = fim do estaleiro

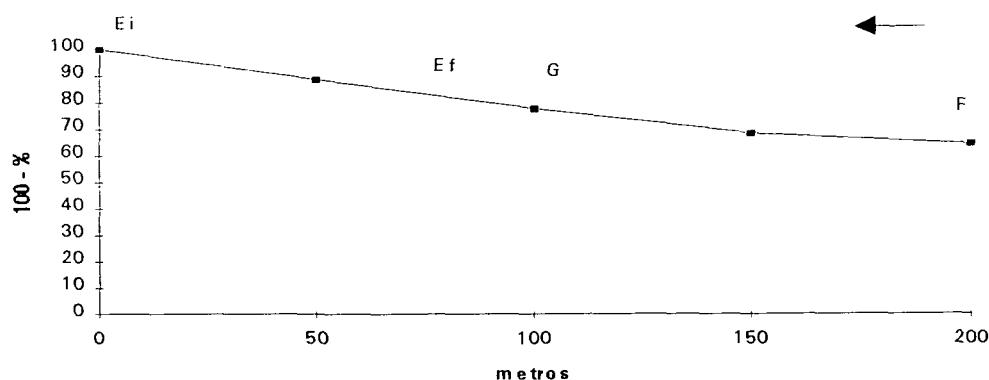
G = grade desgalhadora

F = feixes de árvores mais distantes na hora da medição

A seta indica o sentido de arraste

Este perfil da zona I do “mini-skidder” possui um estaleiro de 60 metros, mas até a grade somente são 25 metros a mais.

Gráfico N 8 Planejamento do arraste do “mini-skidder” na Zona II, Fazenda Corredeira



Onde:

Ei = início do estaleiro

Ef = fim do estaleiro

G = grade desgalhadora

F = feixes de árvores mais distantes na hora da medição

A seta indica o sentido de arraste

Como na maioria dos perfis aqui mostrados o estaleiro do gráfico 8 tem 60 metros de comprimento, e a grade um pouco mais de 100 metros (105). Estes valores são ainda mais importantes se relacionados com a declividade no estaleiro (23 %), na área de grade (20 %) e na área da viagem carregada (20 %).

Se compararmos os pontos assinalados como determinantes do planeamento, vemos que não existe uma relação específica que considere as variáveis máquinas, espécies, ou declividades. Por exemplo existe a norma na empresa que, em qualquer situação, a grade deverá ser colocada a uma distância de 90 a 100 m entre elas. Ou que a distância entre o início e o fim do estaleiro é de mais o menos 60 metros, sem nenhuma previsão respeito dos diferentes volumes por talhão.

Chama a atenção também que para o caso do “skidder” a distância de arraste é pequena em relação a literatura. STOKES e LANDFORD (1985) assinalam uma distância média de viagem carregado de 86,8 m e STOKES et alli (1993) colocam uma distância de viagem carregado de 209,1 m. Neste estudo esta distância média medida entre o feixe mais distante e o estaleiro é de 60 m.

## 6. 2 O análise dos tempos de arraste

Os resultados dos ensaios de arraste encontram-se no anexo N° 1. O resumo destes quadros são apresentados nas tabelas 9 e 10. A tabela 9 expressa os valores para a Fazenda Ruthes que correspondem a plantações de *Pinus elliottii* e a tabela 10 expressa os valores para a Fazenda Corredeira correspondentes às plantações de *Pinus taeda*. A análise dos tempos de arraste é feito através de uma análise de variância (ANOVA) dos tempos do “mini-skidder” e do “skidder” e de testes de Tukey para comparação de médias. Os efeitos principais considerados na análise são as espécies e as declividades.

Tabela 9: Resumo dos resultados do estudo de tempos na Fazenda Ruthes

Variáveis	Miniskidder	Skidder	Miniskidder	Skidder
declividade (%)	5,6	3,7	10,7	16,8
ciclos	42	34	61	54
T. med. (c.min.)	601,7	598,0	646,9	577,2
Desv. Pad.	87,9	119,2	152,7	131,0
C. V. (%)	14,6	19,9	23,6	22,7
Desv. Pad. Pop.	86,9	117,4	151,4	129,8
N 95	8,5	16,1	21,9	20,3
D .M. A (m)	120,5	96,5	89	99,8
Dif. TC'	-4,7	5,2	3	1,3
Dif. % (Erro)	1,5	2,2	0,6	0,4

Onde:

T. med. (c.min.) = Tempo médio do ciclo, em centiminutos, considerando somente a somatória de atividades efetivas.

Desv. Pad. = Desvio Padrão

C. V. (%) = Coeficiente de variação, porcentagem

Desv. Pad. Pop. = Desvio padrão considerando uma população

N 95 = Número de ciclos necessários ao nível de 95 % significância.

D. M. A. = Distância média de arraste, em metros, incluindo o estaleiro

Dif. TC' = Diferença entre o tempo cronométrico e o tempo de controle, em centiminutos

Dif. % = Diferença entre o tempo cronométrico e o tempo de controle, percentual.

As declividades assinaladas na tabela 9 correspondem ao zoneamento topográfico empregado no trabalho. As declividades de 5,6 e 3,7 são as denominadas zona I e 10,7 e 16,8 as denominadas zona II. Estas declividades são as médias ponderadas dos perfis

topográficos representados nos gráficos 1 a 4 correspondentes a Fazenda Ruthes. Da tabela 9 pode-se observar que o tempo médio por ciclo praticamente não apresentam diferença entre as máquinas. No caso da denominada zona II, o coeficiente de variabilidade (CV) é maior na zona II que na zona I, independentemente da máquina (22,69 e 23,61 contra 14,62 e 19,93 respectivamente). Para aprofundar o estudo destas relações são apresentadas as tabelas 11 a 14.

Se observarmos o número de amostras à 95 % (N 95) vemos que ele é sempre menor que o número de ciclos trabalhados, dando validade estatística a estas medições. Agora se analisarmos o erro percentual do cronometragem (Dif %) vemos que ele é sempre menor do 3 %, limite mínimo admissível estabelecido para os estudos de tempo.

De maneira similar a tabela 9, é apresentada a tabela 10, que expressa o resumo dos resultados obtidos no caso de *Pinus taeda* na Fazenda Corredeira

Tabela 10: Resumo dos resultados do Estudo de Tempos na Fazenda Corredeira

Variáveis	Miniskidder	Skidder	Miniskidder	Skidder
declividade (%)	4,0	4,4	18,4	16,3
ciclos	45	30	34	44
T.med. (c. min.)	610,8	709,9	799,8	702,2
Desv. Pad.	159,7	188,4	197,3	173,2
C. V. (%)	26,2	26,5	24,7	24,7
Desv. Pad. Pop.	157,9	185,2	194,4	171,2
N 95	27,2	28,4	24,4	24,2
D. M. A. (m)	89,5	112,5	90	114
Dif. TC'	-4,2	1,7	6,6	-5,8
Dif. %	1,5	0,8	2,2	1,4

Onde:

T. med. (c.min.) = Tempo médio do ciclo, em centiminutos, considerando somente a somatória de atividades efetivas.

Desv. Pad. = Desvio Padrão

C. V. (%) = Coeficiente de variação, porcentagem

Desv. Pad. Pop. = Desvio padrão considerando uma população

N 95 = Número de ciclos necessários ao nível de 95 % significância.

D. M. A. = Distância média de arraste, em metros, incluindo o estaleiro

Dif. TC' = Diferença entre o tempo cronométrico e o tempo de controle, em centiminutos

Dif. % = Diferença entre o tempo cronométrico e o tempo de controle, percentual.

Neste caso também os valores de declividade representam as médias ponderadas do levantamento topográfico representado pelos perfis dos gráficos 5 até 8. Os valores de 4,0 e 4,4 correspondem a zona I e os valores de 18,4 e 16,3 a zona II. De maneira similar à tabela 9, não existem diferenças práticas no que diz respeito a tempo médio por ciclo em função das máquinas. No que diz respeito ao coeficiente de variação (CV), ele é semelhante em todas as declividades, e maior em média que o correspondente aos da tabela 9. Para clarificar isto os dados de tempo das tabelas 9 e 10 são tratadas em forma conjunta nas tabelas 11 a 14. O controle do número de parcelas é novamente feito através do N 95, notando que o erro percentual da cronometragem se mantém abaixo do 3% mencionado como limite mínimo aceitável. A distância média de arraste, similar entre as espécies é tratada no item específico da distância ótima de arraste (6. 8), colocada aqui somente para se ter como nível de referencia.

Agora pode ser feita uma análise estatística em função da somatória de tempos por ciclo (STC) com respeito a somatória de tempos das atividades efetivas (STAE) e somatória de tempos totais (STT) em relação as máquinas, espécies, e declividades. Estes testes são realizados comparando o “mini-skidder” em relação ao “skidder” e vice-

versa. Dado o fato que estes testes foram feitos com numero semelhante de amostras para cada variável, a condicionante foi o “skidder” da zona I com somente 30 ciclos medidos. O restante das medições de tempos foram escolhidas em forma aleatória 30 ciclos, mas tentando uma representatividade em relação as distâncias de arraste.

Vemos então que, segundo a tabela 11, não existem diferenças significativas ( $\alpha = 0,05$ ) entre as máquinas para as STAE, mas existem diferenças devidas a declividade e as espécies, e também existe interação entre estes fatores.

Tabela 11: ANOVA da STC do Miniskidder vs. STC do Skidder

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	F tabela
Covariáveis	1623341,5	3	541113,8	33,447	3,93
STAE Skidder	30560,7	1	30560,7	1,889	ns
STT Miniskidder	1491776,3	1	1491776,3	92,210	
STT Skidder	15435,7	1	15435,7	0,954	ns
Ef. Principais	352393,90	2	176196,95	10,891	
Espécies	248210,16	1	248210,16	15,342	
Declividade	111317,85	1	111317,85	6,881	
Interações	131530,91	1	131530,91	8,130	
Erro	1828121,5	113	16178,066		
Totais	3935387,9	119			

Onde:

Ef. Principais = Efeitos principais

ns = não significativo

Pode se dizer então que o tempo efetivo por ciclo não é diferente entre as máquinas consideradas, e que como era esperado a STT do “mini-skidder” é diferente da STAE devido as demoras ocorridas. Além disto no STAE do “mini-skidder” existe significância estatística dos fatores de influencia, espécie e declividade, pode-se assinalar também que existe uma interação significativa entre ambas. Se comparamos as médias



pelo teste de Tukey vemos na tabela 12 confirmam-se estas influências . Ao nível de 95 % de significância as médias da STAE são diferentes em relação as espécies, e a média da STAE é maior para *Pinus taeda* que para *Pinus elliottii*, indicando que este meio de produção demora significativamente mais tempo no trabalho com *Pinus taeda*. Com respeito as declividades, as médias no teste de Tukey para a STAE do “mini-skidder” também resultaram significativas ao nível de 95 %, e o tempo gasto para o trabalho na zona II foi maior.

Tabela 12: Teste de Tukey para a STAE do Miniskidder

Fator	n ( 95 %)	Médias	Significância
Espécies			
<i>P. elliottii</i>	60	574,53	a
<i>P. taeda</i>	60	693,73	b
Declividades			
Zona I	60	595,28	c
Zona II	60	672,98	d

Se analisarmos a STAE do “skidder” em relação as resto das STC, vemos que segundo a tabela 13, também existem diferenças significativas entre a STAE e STT, como era esperado, sendo neste caso menores em relação ao “mini-skidder” (Tabela 12). No caso dos fatores de influencia, a espécie é significativa, dado que a declividade não foi significativa, porém existe alguma interação significativa entre ambos fatores..

Tabela 13: ANOVA da STAE do Skidder vs. STC do resto

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	F tabelado
Covariáveis	1985083,24	3	328361,08	23,93	3,93
STAE Miniskidder	22607,15	1	22607,15	1,65	ns
STT Miniskidder	1175,47	1	1175,47	0,09	ns
STT Skidder	961680,25	1	961680,25	70,08	
Ef. Principais	1018191,75	2	50945,88	3,71	
Espécies	101241,07	1	101241,07	7,37	
Declividade	2930,30	1	2930,30	0,21	ns
Interações	57687,74	1	57687,738	4,20	
Erro	1550745,3	113	13723,409		
Totais	2695408,0	119			

Onde:

Ef. Principais = Efeitos principais

ns = não significativa

Agora se comparamos as médias da STAE do “skidder” pelo teste de Tukey vemos na tabela 14 que ela é afetada pela espécie, mas não é afetada pela declividade, confirmando a não significância da ANOVA. Isto quer dizer que o ciclo “skidder” não foi afetado pelas declividades mais desfavoráveis, entanto o do “mini-skidder” foi afetado.

Tabela 14: Teste de Tukey para a STAE do Skidder

Fator	n ( 95 %)	Médias	Significância
Espécies			
<i>P. elliotii</i>	60	618,200	a
<i>P. taeda</i>	60	688,283	b
Declividades			
Zona I	60	644,217	c
Zona II	60	662,267	c

Neste caso também o tempo por ciclo é maior para *Pinus taeda* que para *Pinus elliottii*. Se compararmos as tabelas 14 e 12 vemos que o tempo médio por ciclo é sempre superior para *Pinus taeda*. Se observamos as tabelas 4 e 5 correspondentes aos dados dedométricos dos talhões estudados vemos que tanto o volume por hectare como a altura média são sempre maiores para *Pinus taeda*. Isto relacionado com as tabelas 14 e 12 poderia explicar o acontecido, quer dizer árvores maiores e mais pesadas, e conseqüentemente mais tempo por ciclo.

Para o caso do “skidder” pode ser feita uma comparação de tempos de ciclo com a literatura, infelizmente não foi achado nenhum trabalho que estude o arraste de um “mini-skidder” de características similares ao nosso para poder comparar. Para fazer esta comparação são analisadas as variáveis segundo TUFTS et alli (1989) a saber:

- variáveis da máquina
- variáveis da carga
- variáveis do talhão

Os trabalhos citados não especificam o tipo de terreno, assim a comparação é feita somente com os dados de tempos da Zona I. Os resultados são apresentados na tabela 12.

Tabela 15: Comparativo dos ciclos dos “skidders”

Elemento do ciclo	STOKES et al. (1985)	STOKES (1993)	F. Corredeira Zona I	F. Corredeira Zona II
Distância de arraste (m)	88,0	209,10	112,50	114,0
Viagem vazia (min)	0,99	2,08	1,26	1,04
Formação da carga (min)	----	1,98	1,03	1,33
Viagem carregada (min)	0,92	2,06	1,48	2,07
Grade (min)	2,39	----	0,87	0,54
Empilhamento (min)	----	----	2,27	2,04
Tempo total (min)	4,32	8,61	6,91	7,02
Árvores ciclo	12,10	4,50	5,90	6,20
Volume por ciclo (m <sup>3</sup> )	1,04	3,68	4,45	4,92

Da tabela 15 pode-se ver que as distâncias de arraste são similares entre as zonas de declividade de nosso estudo, mas no caso de STOKES (1993) ela é maior e no caso de STOKES et al. (1985) é 20 metros menor. Dado que o trator é o mesmo podem ser feitas as comparações no que diz respeito ao ciclo. No caso do trabalho de STOKES e LANDFORD (1985) pela data do trabalho o trator analisado pode corresponder a um modelo mais antigo. Neste caso também a distância de arraste é menor, é também existem diferenças no talhão, dado que 12 árvores perfazem um volume de 1,04 m<sup>3</sup>. Se comparamos as velocidades das viagens carregadas entre STOKES et alii (1993) e as situações aqui estudadas, vemos que o primeiro trafega a 1,69 m/s levando 3,68 m<sup>3</sup> por ciclo, o trator aqui avaliado na zona I vai a 1,27 m/s mas levando 0,77 m<sup>3</sup> a mais que o de STOKES et alii (1993) e na zona II a velocidade é de 0,92 m/s levando 1,24 m<sup>3</sup> por viagem a mais que o trabalho da literatura. Para estes mesmos estudos o tempo total por ciclo é similar, existindo diferenças entre os componentes do ciclo. Cumpre salientar que o tempo da viagem vazia na zona II foi menor do que na zona I, isto deve-se ao fato de que o skidder fazia neste caso a viagem em declive e na zona I em aclave.

Da análise dos resultados da tabela 15 pode-se dizer que o empilhamento não existe como elemento de ciclo nos trabalhos da literatura. Isto é por causa dos diferentes sistemas empregados, os sistemas da literatura são mais quentes e a madeira não fica estocada. Já no sistema aqui estudado o empilhamento é um dos componentes mais importantes do ciclo, ele responde em média por 26 % da STAE.

### 6. 3 Modelos para a viagem carregada

Do ponto de vista do planejamento, a obtenção de modelos que relacionem o tempo de arraste e a distância são de fundamental importância pois a partir deles é possível prever quais os tempos gastos em outras situações, ou quanto vai aumentar o tempo por ciclo se aumentarmos a distância de arraste.

Como já foi mencionado a análise das distâncias de arraste somente foi realizado na Fazenda Corredeira em *Pinus taeda*. Em função das diferentes distâncias de arraste foram gerados modelos para cada um dos meios de produção e para cada uma das declividades. Os resultados obtidos são apresentados na tabela 16. O modelo empregado foi o linear onde o tempo da viagem carregado (TVC) representa a variável dependente e a distância de arraste (DA) a independente.

Tabela 16: Análise de regressão linear:  $TVC = m \cdot DA + n$

Ensaio	n (Intercept)	m (declividade)	Coef. Corr.	$S_{yx}$	$r^2$
Minikidder Z I	40,26	1,13	0,50	54,87	0,25
Miniskidder Z II	181,90	0,17	0,06	90,22	0,003
Skidder Z I	44,32	0,91	0,75	19,29	0,56
Skidder Z II	101,59	0,84	0,44	61,24	0,19

Da tabela 16 pode se observar que os coeficientes da regressão ( $r^2$ ) são muito baixos. Isto pode ser consequência da metodologia empregada para determinar as distâncias de arraste, já que dado o balizamento empregado deu uma amplitude de 25 m, do excessivo patinagem no caso do “mini-skidder” na zona II, e também devido a curta distância de arraste. Para melhorar estes índices foi feito uma análise dos resíduos apresentado no anexo N° 4, eliminando aquelas viagens que mostravam a maior dispersão. Depois disto foram feitas novas análise de regressão e obtidos os valores de  $r^2$  da tabela 17. O número de viagens descartados é limitado pelo número de ciclos necessários ao 95 % de significância.

Tabela 17: Análise de regressão linear melhorado:  $TVC = m \cdot DA + n$

Ensaio	N. de C. D.	n (Intercept)	m (declividade)	Coef. Corr.	$S_{yx}$	$r^2$
Minikidder Z I	9	24,79	1,26	0,70	36,83	0,49
Miniskidder Z II	10	118,92	0,95	0,4~6	55,63	0,21
Skidder Z I	2	42,14	0,95	0,79	17,99	0,62
Skidder Z II	7	106,40	0,58	0,66	22,79	0,44

Estes novos valores de  $r^2$ , embora baixos para outras aplicações, são coincidentes com os da literatura, por exemplo STOKES e LANDFORD (1985) para um “skidder” de similares características apresentou um  $r^2$  de 0,67 com um coeficiente de variação da regressão de 25,50 %. No caso do “Miniskidder” na zona II o valor de  $r^2$  é muito baixo, o que praticamente descarta a sua utilização. Neste estudo foi observado que em 47 % das viagens carregadas o trator chegou a uma patinagem de 100 %, indicando que o trator fica parado com as rodas rodando a uma velocidade perto da velocidade teórica.

#### 6. 4 Análise das Atividades Efetivas e Gerais

Esta análise se baseia nos resultados obtidos nos estudos de tempos referenciados no anexo N° 1. O resumo é apresentado na tabela 18 para *Pinus elliottii* e na tabela 18 para *Pinus taeda*. A discussão compreende o tratamento primeiro dos resultados correspondentes a *Pinus elliottii* (item 6. 5. 1) e logo depois o análise dos resultados de *Pinus taeda* (item 6. 5. 2). Dentro de cada um deste item são estudadas as atividades efetivas em particular e em percentual com a STAE (itens 6. 5. 1.1 e 6. 5. 2. 1), e as atividades gerais e os percentuais com respeito ao STT (itens 6. 5.1. 2 e 6. 5. 2. 2).

### 6. 5. 1 Análise das Atividades Parciais em *Pinus elliottii*

Tabela 18 Resumo dos Resultados do Estudo de Atividades Parciais em *Pinus elliottii*  
(valores em centimínutos)

FAZENDA RUTHES										
ZONA I										
MINISKIDDER										
	ATIVIDADES EFETIVAS						SOMAT.	A. GERAIS		SOMAT.
	Viagem Vazia	Formação da Carga	Viagem Cargada	Grade Desg.	Viagem Fustes	Empilhamento	A.E.	Tempos Causais	Tempos Pessoais	TOTAIS
MEDIA	114,71	95,26	60,74	46,64	84,98	199,38	601,71	65,55	59,59	726,86
STDEV	28,05	36,09	22,15	22,87	27,53	71,75	87,95	443,65	422,97	316,65
CV	0,25	0,38	0,37	0,49	0,32	0,36	0,15	6,77	7,09	0,44
% STAE	19,07	15,83	10,09	7,75	14,12	33,14	100			
% STT	15,78	13,11	8,36	6,42	11,69	27,43	82,78	9,02	8,19	100
SKIDDER										
	ATIVIDADES EFETIVAS						SOMAT.	A. GERAIS		SOMAT.
	Viagem Vazia	Formação da carga	Viagem Cargada	Grade Desg.	Viagem Fustes	Empilhamento	A.E.	Tempos Causais	Tempos Pessoais	TOTAIS
MEDIA	83,79	147,35	57,38	56,12	68,18	185,18	598	29,79	48,53	676,32
STDEV	31,67	62,59	20,26	32,39	27,32	48,45	119,17	81,44	519,57	245,56
CV	0,38	0,43	0,35	0,58	0,40	0,26	0,19	2,73	10,71	0,36
% STAE	14,01	24,65	9,59	9,38	11,40	30,97	100			
% STT	12,39	21,79	8,49	8,29	10,08	27,38	88,42	4,41	7,18	100
ZONA II										
MINISKIDDER										
	ATIVIDADES EFETIVAS						SOMAT.	A. GERAIS		SOMAT.
	Viagem Vazia	Formação da carga	Viagem Cargada	Grade Desg.	Viagem Fustes	Empilhamento	A.E.	Tempos Causais	Tempos Pessoais	TOTAIS
MEDIA	93,5	105,85	96,22	58,35	48,94	174,37	577,24	28,93	20,96	627,13
STDEV	30,25	60,79	54,25	55,89	35,94	59,66	131,02	140,22	98,49	182,69
CV	0,32	0,57	0,56	0,96	0,73	0,34	0,23	4,85	4,69	0,29
% STAE	16,19	18,34	16,67	10,11	8,48	30,21	100			
% STT	14,91	16,88	15,34	9,31	7,81	27,81	92,05	4,61	3,343	100
SKIDDER										
	ATIVIDADES EFETIVAS						SOMAT.	A. GERAIS		SOMAT.
	Viagem Vazia	Formação da carga	Viagem Cargada	Grade Desg.	Viagem Fustes	Empilhamento	A.E.	Tempos Causais	Tempos Pessoais	TOTAIS
MEDIA	76,91	140,82	83,33	89,09	51,67	205,05	646,87	73,93	34,51	755,31
STDEV	34,09	59,54	34,90	40,69	28,46	86,14	152,69	494,23	562,49	416,29
CV	0,44	0,42	0,42	0,46	0,55	0,42	0,24	6,68	16,30	0,55
% STAE	11,89	21,77	12,88	13,77	7,99	31,69	99,99			
% STT	10,18	18,64	11,03	11,79	6,84	27,15	85,65	9,79	4,57	100

Onde:

SOMAT. = somatórias

A. GERAIS = atividades gerais

Grade Desg. = grade desgalhadora

A.E. = atividades efetivas



### 6. 5. 1. 1 Análise das Atividades Efetivas em *Pinus elliottii*

a) Viagem vazia: na tabela 18 pode se observar que exceto o “mini-skidder” na zona I, os tempos nas outras situações são semelhantes, mas com uma variabilidade elevada (CV). No caso do “mini-skidder” da zona I pode se relacionar a uma distância de arraste maior como pode ser observado no gráfico N ° 1. Nos gráficos restantes para a Fazenda Ruthes verifica-se que as distâncias são semelhantes. Em relação a declividade não existiu diferença possivelmente porque este percurso sempre é ladeira abaixo.

b) Formação da carga: neste caso se observa na tabela 18 que o “skidder” emprega mais tempo nesta atividade que o “mini-skidder”, uma média de 144,1 centimínutos contra 100,6 centimínutos. Isto está relacionado com a quantidade de árvores por viagem que cada máquina leva, 7,2 para o TFA e 4,14 para o TAM, segundo a tabela 24.

c) Viagem carregada: os valores são semelhantes no caso da zona I, sendo que o “skidder” leva uma carga maior, e superiores na zona II se comparados com a I. Na zona II existe um diferença entre os tratores de 12,89 centimínutos a favor do TFA, quer dizer que na declividade o “skidder” é mais rápido.

d) Grade Desgalhadora: na zona I o “skidder” emprega em média 9,5 centimínutos a mais que o “mini-skidder”, sendo que na zona II esta diferença vai para 30,8 centimínutos. Verifica-se na tabela 20 que o TFA desgalha em média 2 metros cúbicos a mais que o TAM, argumento que bem pode explicar estes acréscimos. Se analisarmos os coeficientes de variação (CV) vemos que eles são muito mais altos que os

do resto do ciclo, isto pode ser um indicio de que nesta operação se precisa de mais estudos. Se tomarmos como padrão o “mini-skidder” no que respeita ao percentual do tempo gasto nesta operação em relação a STAE vemos que a diferença com o “skidder” na zona II é de 78 %.

e) Viagem Fustes: o valor correspondente ao “mini-skidder” na zona I é muito mais elevado que o resto, 84,9 contra 68,2; 48,9 e 51,6 centimínutos. Em parte isto pode ser explicado pela troca de declividades ocorrida no ponto de grade mostrada no gráfico N° 1.

f) Empilhamento: em relação com a STAE ele é quase constante entre as situações estudadas, ficando sempre na casa do 30 % do total. Cabe observar que mesmo não tendo diferenças percentuais entre as máquinas e as declividades o “skidder” produz em média 2 metros cúbicos a mais por ciclo.

#### **6. 5. 1. 2 Análise das Atividades Gerais em *Pinus elliottii***

Com respeito aos tempos causais e gerais não se observa uma relação entre máquinas ou entre as declividades. Na zona I eles são maiores para o “mini-skidder” em relação ao “skidder”, já na zona II é o inverso. Da mesma maneira vemos que as STAE respondem por 87,2 % em média com uma variabilidade de 3,9 %.

## 6. 5. 2 Análise das Atividades parciais em *Pinus taeda*

Este análise segue a mesma seqüência que o item 6. 5. 1 com respeito as atividades efetivas e as atividades gerais, como as suas relações percentuais. Como já foi acima mencionado o resumo destes dados é apresentado na tabela 19.

Tabela 19: Resumo dos Resultados do Estudo de Atividades Parciais em *Pinus taeda* (valores em centimínutos)

FAZENDA CORREDEIRA										
ZONA I										
MINISKIDDER										
	ATIVIDADES EFETIVAS						SOMAT.	A. GERAIS		SOMAT.
	Viagem	Formação	Viagem	Grade	Viagem	Empilha-	A. E.	Tempos	Tempos	TOTAIS
	Vazia	da carga	Cargada	Desg.	Fustes	mento		Gerais	Pessoais	
MEDIA	121,82	102,33	108,78	74,89	76,07	126,93	610,82	12,38	11,76	634,96
STDEV	40,69	71,04	62,78	65,89	32,01	47,69	159,74	91,35	120,91	181,71
CV	0,33	0,69	0,58	0,88	0,42	0,38	0,26	7,38	10,29	0,29
% STAE	19,94	16,75	17,81	12,26	12,45	20,78	100			
% STT	19,19	16,12	17,13	11,79	11,97	19,99	96,19	1,949	1,851	99,99
SKIDDER										
	ATIVIDADES EFETIVAS						SOMAT.	A. GERAIS		SOMAT.
	Viagem	Formação	Viagem	Grade	Viagem	Empilha-	A. E.	Tempos	Tempos	TOTAIS
	Vazia	da carga	Cargada	Desg.	Fustes	mento		Gerais	Pessoais	
MEDIA	126,03	103,67	86,97	104,17	61,77	227,27	709,87	39,67	23,3	772,83
STDEV	37,95	60,94	28,59	92,39	30,80	105,07	188,35	54,89	171,56	210,06
CV	0,30	0,59	0,33	0,89	0,49	0,46	0,27	1,38	7,36	0,27
% STAE	17,76	14,60	12,25	14,67	8,70	32,02	99,99			
% STT	16,31	13,41	11,25	13,48	7,99	29,41	91,85	5,13	3,02	100
ZONA II										
MINISKIDDER										
	ATIVIDADES EFETIVAS						SOMAT.	A. GERAIS		SOMAT.
	Viagem	Formação	Viagem	Grade	Viagem	Empilha-	A. E.	Tempos	Tempos	TOTAIS
	Vazia	da carga	Cargada	Desg.	Fustes	mento		Gerais	Pessoais	
MEDIA	106,06	129,38	192,12	37,85	118,94	215,41	799,77	61,09	11,53	872,38
STDEV	20,11	76,59	88,98	23,99	81,56	72,76	197,29	402,58	149,91	302,26
CV	0,19	0,59	0,46	0,63	0,69	0,34	0,25	6,59	13,00	0,35
% STAE	13,26	16,18	24,02	4,73	14,87	26,93	100			
% STT	12,16	14,83	22,02	4,34	13,63	24,69	91,68	7,00	1,32	99,99
SKIDDER										
	ATIVIDADES EFETIVAS						SOMAT.	A. GERAIS		SOMAT.
	Viagem	Formação	Viagem	Grade	Viagem	Empilha-	A. E.	Tempos	Tempos	TOTAIS
	Vazia	da carga	Cargada	Desg.	Fustes	mento		Gerais	Pessoais	
MEDIA	104,21	132,66	165,64	54,43	41,43	203,84	702,21	13,93	18,66	734,79
STDEV	21,68	74,17	67,28	33,89	15,27	88,42	173,19	54,09	131,40	189,73
CV	0,21	0,56	0,41	0,62	0,37	0,43	0,25	3,88	7,04	0,26
% STAE	14,84	18,89	23,59	7,75	5,90	29,03	100			
% STT	14,18	18,05	22,54	7,41	5,64	27,74	95,57	1,89	2,54	100

Onde:

SOMAT. = somatórias

A. GERAIS = atividades gerais

Grade Desg. = grade desgalhadora

A.E. = atividades efetivas

#### 6. 5. 2. 1 Análise das Atividades Efetivas em *Pinus taeda*

a) Viagem vazia: Vê-se que os valores de tempo correspondentes a zona I são em média 18,8 centiminutos maiores que para a zona II, não tendo relação com a distância de arraste, que segundo os gráficos dos perfis topográficos 5 até 8, é maior em média 13,25 metros para o “skidder”. Na zona I a viagem vazia responde em média por 18,5 % da STAE, entanto que na zona II esse valor é de 14,1 %. Como já foi mencionado nos gráficos dos perfis, a viagem vazia sempre acontece ladeira abaixo, e no caso da zona II a declividade é por tanto mais favorável.

b) Formação da carga: O tempo gasto na formação da carga é em média 28,04 centiminutos maior na zona II respeito a zona I. Entre as zonas os valores são semelhantes para as máquinas, mas o “skidder” segundo a tabela 21 carrega em média 2,9 árvores a mais que o “mini-skidder”. Em relação percentual com respeito a STAE o “skidder” na zona II foi o que maior valor teve, 18,9 %.

c) Viagem carregada: Este ponto é discutido no item 6.10 determinação da distância ótima de arraste.

d) Grade desganhadora: Como pode se observar na tabela 19 os valores de tempo da zona I são em média 43.34 centiminutos maiores que os da zona II. Como no caso do *Pinus elliottii* existem diferenças entre as máquinas, e justificáveis através dos diferentes volumes. O TFA carrega em média 2,18 m<sup>3</sup>/ciclo a mais que o TAM. Deve-se destacar

também que o “skidder” na zona I empregou um tempo médio muito alto em relação a zona II, esta diferença de 52 % a mais na zona I poderia estar relacionada com a posição da grade, que ficava ao lado de uma estrada, trabalhando por tanto contra a declividade, e no caso da zona II a favor.

e) Viagem fustes: não existe uma aparente relação entre o tempo empregado e as máquinas e as declividades, mas se analisarmos os percentuais em relação a STAE vemos que no caso do “mini-skidder” estes valores são em média 6,4 pontos percentuais maiores que os do “skidder” .

f) Empilhamento: Os valores percentuais em relação a STAE não mantém a uniformidade mencionada para *Pinus elliottii*, mesmo assim eles respondem em média por 27,19 % com uma variabilidade de 15 % (CV). O valor responsável por esta maior dispersão é o do “mini-skidder” na zona I (126,93 centiminutos) que é 66,43 centiminutos mais baixo que a média de empilhamento para esta espécie, e que corresponde ao maior rendimento atingido por este meio em todos os ensaios feitos ( 28,55 m<sup>3</sup>/hora).

#### **6. 5. 2. 2. Análise das Atividades Gerais em *Pinus taeda***

Como no caso de *Pinus elliottii* não se observa uma relação entre estas atividades e as máquinas ou o terreno. O “skidder” gasta mais tempo na zona I, e o “mini-skidder” gasta mais tempo na zona II. Em relação a STT as STAE são maiores que no caso do *Pinus elliottii*, é em média a STAE é responsável por 93,8 % com uma variabilidade de 5%.

## 6. 6 Os rendimentos do arraste

Um resumo dos rendimentos em metros cúbicos e árvores por viagem é expressado nas tabelas 20 e 21. Estes valores são diferenciados segundo as máquinas, a espécie e a declividade. Também os dados são analisados em relação ao tempo, metros cúbicos por hora e árvores por hora. Isto é importante porque já ficou demonstrado segundo a tabela 10 que não existem diferenças significativas ( $\alpha = 0,05$ ) no que diz respeito ao tempo por ciclo entre as máquinas consideradas.

Tabela 20 Rendimentos dos Meios de Produção para a Fazenda Ruthes

Máquina	Árv. Prod.	Árv./ ciclo	Árv./ hora	m <sup>3</sup> Prod.	m <sup>3</sup> / ciclo	m <sup>3</sup> / hora
Miniskidder Z I	190	4,50	37,33	117,80	2,81	23,14
Miniskidder Z II	204	3,78	36,17	118,32	2,19	20,98
Skidder Z I	233	6,85	60,83	144,46	4,23	37,72
Skidder Z II	458	7,51	59,64	288,54	4,73	37,58

Tabela 21 Rendimentos dos Meios de Produção para a Fazenda Corredeira

Máquina	Árv. Prod.	Árv./ ciclo	Árv./ hora	m <sup>3</sup> Prod.	m <sup>3</sup> / ciclo	m <sup>3</sup> / hora
Miniskidder Z I	158	3,51	33,19	135,88	3,02	28,55
Miniskidder Z II	89	2,62	18,01	67,64	1,99	13,69
Skidder Z I	178	5,90	46,11	133,50	4,45	34,59
Skidder Z II	274	6,20	50,83	216,46	4,92	49,16

Pode se observar que ,em geral, a produtividade do “skidder” ,em valores absolutos, é muito maior que a do “mini-skidder”. Destaca-se que a produtividade do “mini-skidder” diminui nas zonas mais desfavoráveis, enquanto a do “skidder” não. No caso específico da Fazenda Corredeira ela aumenta na zona II, de 34, 59 m<sup>3</sup>/ hora para 49,16 m<sup>3</sup>/ hora. Isto pode ser explicado em parte através da tabela 19 que analisa os tempos médios por ciclo de cada uma das situações. Vê-se nesta que, como já foi

mencionado no item 6. 5. 2. 1 o tempo médio da grade desganhadora e os tempos pessoais. foram maiores na zona I que na zona II.

Para estudar as diferenças foi feito uma ANOVA entre as produtividades do “mini-skidder” e do “skidder”. Os resultados são apresentados na tabela 22. Como era esperado, existem diferenças significativas ( $\alpha = 0,05$ ) entre as produtividades por ciclo entre o “mini-skidder” e o “skidder”. Nesta ANOVA faz se a comparação com o “mini-skidder” como testemunha, assim vemos que não existe influências significativas das espécies na produtividade do “mini-skidder” e sim das declividades; porém existe uma interação entre ambos fatores.

Tabela 22: ANOVA do Rendimento ( $m^3$ / hora) do “mini-skidder” vs. a do “skidder”

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	F tabelar
Covariáveis	4,27	1	4,27	10,09	3,92
Prod. do Skidder	4,27	1	4,27	10,09	
Ef. Principais	24,46	2	10,73	25,35	
Espécies	0,29	1	0,29	0,70	
Declividade	20,86	1	20,86	49,29	
Interações	2,53	1	2,53	5,98	
Erro	48,68	115	0,42		
Totais	76,94	119			

Em relação a esta análise foi feito o teste de Tukey que demonstra que as médias de produtividade do “mini-skidder” ordenadas segundo as espécies não possuem diferenças significativas ao nível de 95 %, mas ordenadas segundo as declividades elas são diferentes. Isto confirma a análise de variância.

Tabela 23: Teste de Tukey para o Rendimento (m<sup>3</sup>/ hora) do “miniskidder”

Fator	n ao 95 %	Médias	Significância
Espécies			
<i>P. elliottii</i>	60	2,58	a
<i>P. taeda</i>	60	2,63	a
Declividades			
Zona I	60	2,15	b
Zona II	60	3,06	c

Se analisarmos as médias de produtividade do “skidder” para os mesmos fatores, vemos na tabela 24 que tanto as médias ordenadas segundo as espécies como as médias ordenadas segundo as declividades possuem diferenças significativas ao nível de 95 %.

Tabela 24: Teste de Tukey para o Rendimento (m<sup>3</sup>/ ciclo) do skidder

Fator	n ao 95 %	Médias	Significância
Espécies			
<i>P. elliottii</i>	60	4,33	a
<i>P. taeda</i>	60	4,78	b
Declividades			
Zona I	60	4,33	c
Zona II	60	4,78	d

Ao compararmos ambos testes de Tukey, vemos que, no caso das declividades, o “mini-skidder” diminui em média 0,90 m<sup>3</sup>/ hora sua produtividade quando trabalha na zona II. No caso do “skidder” esta diferença é bem menor (0,45 m<sup>3</sup>/ hora), sendo que a produtividade aumenta na declividade mais desfavorável. Do ponto de vista das espécies, a produtividade do “mini-skidder” não é afetada, mas no caso do “skidder” ela é em média 0,45 m<sup>3</sup>/ hora maior em *Pinus taeda*.

Para ilustrar estas variações são apresentados os gráficos N° 9 e 10, onde são colocadas, para cada meio de produção, as variações de rendimento em função da



distância de arraste, representada pelo centro de classe de cada faixa de arraste. Dado que o estudo da distância de arraste (DA) somente foi levado a cabo na Fazenda Corredeira, estes valores correspondem a *Pinus taeda*.

Gráfico N 9: Rendimento dos meios de produção segundo declividades e DA.

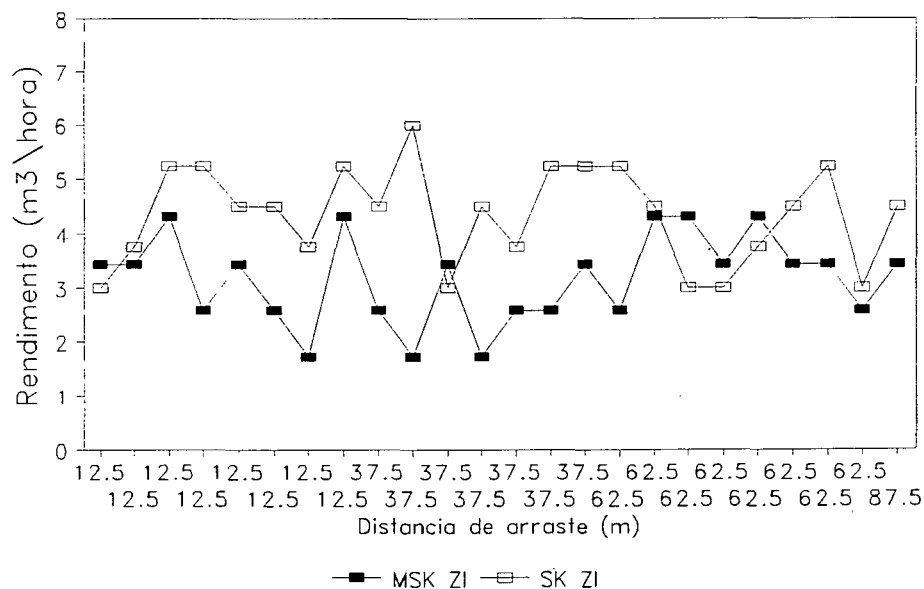
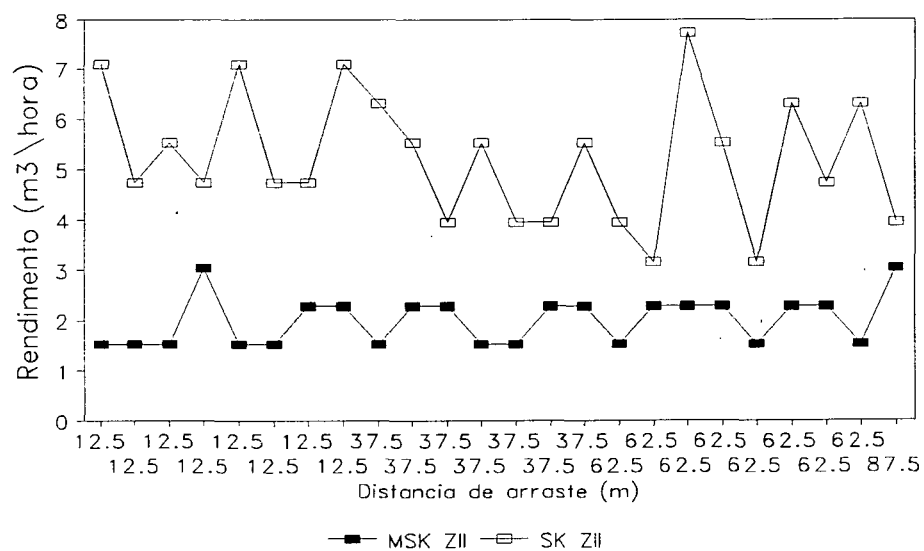


Gráfico 10 Rendimento dos meios de produção na zona II segundo DA.



Onde:

MSK ZI = "mini-skidder" na zona I

MSK ZII = "mini-skidder" na zona II

SK ZI = “skidder” na zona I

SK ZII = “skidder” na zona II

Destes gráficos pode -se destacar a importância das diferenças de produtividade entre as duas máquinas estudadas, também a variação da produtividade entre os diferentes ciclos, e como a declividade afeta mais a produção do “miniskidder” que a do “skidder”. Segundo as médias do teste de Tukey, o “mini-skidder” diminui em 70 % a sua produtividade na zona II. Para o “skidder” aumenta em 10 %.

No que diz respeito a literatura para o “skidder”, STOKES e LANDFORD (1985) dão um valor de 1,04 m<sup>3</sup>/ ciclo puxando 12,1 árvores/ciclo, valores baixos se comparados com os de nosso estudo (tabelas 20 e 21). No caso do trabalho de STOKES et alli (1993), os valores são mais semelhantes 3,68 m<sup>3</sup>/ ciclo e 4,5 árvores por ciclo, contra 4,45 m<sup>3</sup>/ hora e 5,9 árvores por ciclo no caso da zona I do *Pinus taeda*. Se expressado em m<sup>3</sup>/ hora os valores são 30,36 no caso de STOKES et alli (1993) contra 34,59 da zona I de *Pinus taeda*.

No caso do “mini-skidder” os valores de produtividade levantados por MALINOVSKI e FENNER (1991) referidos a um trator 4 x 2 de menor potência são muito mais baixos (6,6 m<sup>3</sup>/ hora) que os aqui estudados (28,55 m<sup>3</sup>/ hora para a zona I de *Pinus taeda*). Mas no caso de MALINOVSKI e FENNER refere-se a um desbaste, e no nosso caso é um corte raso. Não é possível aprofundar a discussão com o “mini-skidder” pela falta de literatura específica.

## 6. 8 O custo/hora das máquinas e equipamentos

Estes custos foram elaborados segundo a metodologia FAO/ECE/KWF (MALINOVSKI, 1983), e foram obtidos os custos/ hora estão sumariados na tabela 25, as planilhas de custos são apresentadas no Anexo N° 3. Estes custos são mostrados de duas formas: a primeira inclui os custos/ hora do traçamento da madeira nos estaleiros, a segunda não. Do ponto de vista do arraste a operação terminaria no estaleiro, mas como é diferente o número de traçadores entre os meios de produção analisados, e para a empresa esse custo existe tanto como uma parte do arraste como uma operação aparte, se optou pela sua consideração. Como na literatura não é considerada essa operação optamos por apresentar os custos sem o traçamento.

Uma outra consideração é que os custos de combustíveis e lubrificantes podem ser diminuídos em 25 %, dado que a máquina não está trabalhando 100 % do tempo. Assim é apresentada a segunda coluna onde os valores de custos são expressados considerando que a máquina trabalha 75 % do tempo total.

Tabela 25: Custo/hora das máquinas e equipamentos

Meio de Produção	Custo/hora (US\$/ hora)	Custo/hora (-25%) (US\$/ hora)
Miniskidder + 1 Tr	32,98	31,67
Miniskidder	25,65	24,34
Skidder + 2 Tr	57,47	55,85
Skidder	42,81	41,19

Onde:

Tr = traçador, motosserrista que realiza o traçamento da madeira

Se analisarmos as diferenças percentuais entre a coluna 1 e a coluna 2 vemos que não passam do 4 %, quer dizer que no custo/hora esta alternativa de diminuir o custo de

combustíveis e lubrificantes em 25 % não produz uma redução importante do custo total. Isto coincide com o fato que os custos de combustíveis e lubrificantes são pequenos em relação ao total.

A diferença torna-se importante quando se inclui o custo do traçamento. Por exemplo no caso do “skidder” ela é da ordem do 25,5 % e no caso do “mini-skidder” de 22,2 %. Embora importante, esta diferença não trará problemas se for adotado o mesmo critério para ambas situações. No que diz respeito ao “skidder” não existe esta consideração na literatura pesquisada, muito possivelmente pelos diferentes sistemas empregados, especialmente no que se refere aos sortimentos, sendo em outros estudos exterior maiores que os 2,2 m empregados pela empresa estudada. (STOKES E LANDFORD, 1985; MOREIRA, 1992; HAKKILA et alli, 1992; STOKES et alli, 1993). Certamente o aumento deste sortimento, além de modificar sensivelmente o carregamento e transporte, terá como consequência a diminuição de um traçador para o “skidder”.

Estes valores de 57,5 US\$/ hora são coincidentes com os 56,11 US\$/ hora apresentados por STOKES et alli (1993) no geral, mas muito diferentes na composição do custo. Para STOKES et alli (1993) os custos fixos são de 29,28, e para nosso caso (fixos + semifixos) são de 23,75. O custo variável para o trabalho de STOKES et alli é de 16,19 e de 30,25 para o nosso caso; sendo que o preço do combustível usado no trabalho de STOKES é de 0,29 US\$/ litro e o no nosso estudo é de 0,25 US\$/ litro. Finalmente o custo de pessoal é de 10,64 para STOKES e de 19,73 para este estudo, mas como já foi mencionado incluindo dois traçadores. Se considerarmos somente o operador ele é de 5,06. Vemos então que mesmo com valores totais semelhantes a sua composição é bem diferente.

No caso de STOKES e LANDFORD (1985) o valor do custo/hora por eles achado é diferente do nosso, 48,75 US\$/ hora contra 57,5 US\$/ hora, mas o valor de aquisição também, US\$ 90000 contra US\$ 145000 no nosso caso.

Em referencia a valores de custo/hora para o “mini-skidder”, HAKKILA et alli (1992) assinalam um custo/hora de US\$ 23,0 o que é baixo se comparado com o aqui encontrado. Mas cabe destacar que esse custo surgiu de um levantamento feito em diferentes empresas no Brasil, e por tanto um custo médio. No caso dos rendimentos, não foram encontrados na literatura trabalhos científicos sobre o “mini-skidder” que sirvam como base comparação.

## **6.9 O Custo por metro cúbico**

Uma vez determinados os custos hora das máquinas (item 6.6) e os rendimentos nas diferentes situações estudadas (item 6.5) é possível estabelecer os custos por metro cúbico. Estes, apresentados na tabela 26, que são determinantes na hora da tomada de decisões.

Tabela 26 Custo por metro cúbico para as situações estudadas

Médio de Produção	Custo/hora CT (US\$/ hora)	Custo/hora ST (US\$/ hora)	Rendimento (m <sup>3</sup> / hora)	Custo / m <sup>3</sup> CT (US\$/ m <sup>3</sup> )	Custo / m <sup>3</sup> ST (US\$/ m <sup>3</sup> )
<i>Pinus elliotti</i>					
Miniskidder Z I	32,98	25,65	23,14	1,43	1,11
Miniskidder Z II	32,98	25,65	20,98	1,57	1,22
Skidder Z I	57,47	42,81	37,72	1,52	1,14
Skidder Z II	57,47	42,81	37,58	1,53	1,14
<i>Pinus taeda</i>					
Miniskidder Z I	32,98	25,65	28,55	1,16	0,89
Miniskidder ZII	32,98	25,65	13,69	2,41	1,87
Skidder Z I	57,47	42,81	34,59	1,66	1,24
Skidder Z II	57,47	42,81	49,16	1,17	0,87

Onde:

CT = inclui o custo do traçamento

ST = sem o custo do traçamento

Se analisarmos estes resultados incluindo o custo de traçamento (CT) pode-se dizer que para *Pinus elliotti* na zona I a melhor alternativa é o “mini-skidder”, e para a zona II o “skidder”. No caso do *Pinus taeda* na zona I o mais econômico é o “mini-skidder” e na zona II o “skidder”. Agora se a análise for feita sem o custo do traçamento (ST), vemos que para *Pinus elliotti* na zona I a melhor alternativa continua a ser o “mini-skidder” mas por uma diferença menor. Na zona II a melhor escolha também continua sendo o “skidder”. Para *Pinus taeda* na zona I o “mini-skidder” é novamente o mais indicado. No caso da zona II o “skidder” é o mais econômico.

Quer dizer que segundo estes resultados, o “mini-skidder” é o mais indicado na zona I, e o “skidder” na zona II, independentemente da espécie. Esta diferença é menor na declividade mais favorável, e aumenta com a maior inclinação do terreno.

Para STOKES e LANDFORD o custo por metro cúbico (US\$/ m<sup>3</sup>) do “skidder” para uma distância média de arraste de 92 m é de 3,89 com uma produtividade de 1,3 m<sup>3</sup>/ ciclo, valor este mais alto que o aqui determinado, mas com as diferenças já colocadas. STOKES et alli (1993) chegam a um valor de 1,85 (US\$/ m<sup>3</sup>) que é 40 centavos maior, mas com uma produtividade menor (30,36 contra 39,76 m<sup>3</sup>/ hora) é com por exemplo preços de compra diferentes (130.000 contra 145000 US\$).

No que diz respeito ao “mini-skidder”, MOREIRA (1992) coloca para desbastes de Pinus spp. um valor de 2,65 US\$/m<sup>3</sup>. Segundo HAKKILA et alli (1992) o custo médio das empresas papeleiras é de 2,71 US\$/m<sup>3</sup>. Os custos por metro cubico encontrados neste estudo são menores que os da literatura.

## **6. 10 Determinação da distância ótima de arraste**

Esta determinação envolve a relação entre o custo de arraste da madeira em função da distância e a separação entre estradas, quer dizer o custo de construção e manutenção de estradas. Como já foi antes mencionado este estudo somente foi levado a cabo na Fazenda Corredeira.

O custo de manutenção e construção de estradas é então um dado fundamental para a sua elaboração. Ele pode considerar os custos no somente em função da separação entre estradas sino que também em função do tipo de estrada considerada. Isto é colocado para demonstrar que ele envolve uma serie de considerações que não foram medidas, sino que foram valores providenciados pela empresa e comprovados pela literatura. O valor obtido na empresa é de 0,5 US\$/ tonelada de madeira. Este é um valor de difícil interpretação já que não é função do tipo de estrada, ou mais importante ainda da separação entre estradas ou dos metros lineais da mesma. No trabalho de THESS

(1987) encontrou para a empresa analisada um custo médio de manutenção de 0,275 US\$/m, considerando na classificação usada 50 % de estradas da classe Ib (revestidas e transitáveis todo o ano) e 50 % da classe IIb (estradas simples, sem revestimento, de uma via). Empregando este valor foram elaboradas de forma gráfica e analítica a distância ótima de arraste em função dos rendimentos por ciclo em metros cúbicos, e o custo/hora (US\$/ hora) de cada uma das máquinas incluindo o traçamento. Os resultados são apresentados no Anexo 5, e o resumo na Tabela 27, onde somente é colocado o custo mínimo encontrado para cada máquina, nas declividades estudadas, e em função da distância de arraste. Os valores desta distância são referidos aos centros de classe das faixas de arraste citados na metodologia.

Tabela 27: Distância ótima de arraste para as máquinas estudadas

Máquina	Dist. Arraste (m)	Dens. de Est.(m/ha)	C.T.M (US\$).
Miniskidder ZI	87,5	57,14	16,37
Miniskidder Z II	87,5	57,14	16,82
Skidder Z I	87,5	87,14	17,25
Skidder Z II	112,5	44,44	12,96

Onde:

Dens. de Est. (m/ha) = Densidade de estradas em metros lineares por hectare

C.T.M.= Custo total mínimo

Pode se observar na tabela 27 que as distâncias achadas são baixas em relação a literatura. Para o “mini-skidder” SANT’ ANNA (1989) assinala uma distância de arraste de 150 m. MALINOVSKI e FENNER (1991) no levantamento por eles realizado, encontraram uma distância de arraste de 110 metros, mas para uma trator menor. STOKES e LANDFORD (1985) indicam para um “skidder” correspondente a um



modelo mais antigo, uma distância média de 89 metros. STOKES et alli (1993) para um “skidder” de modelo semelhante ao aqui estudado cita uma distância total da viagem carregada de 209 metros. A mesma coisa também poderia se inferir da Tabela 31, se o análise for feita sem levar em conta as declividades, já que o “skidder” na zona II apresentou um custo total menor, com uma distância de arraste de 112,5 m de onde poderia se inferir que a distância ótima, quer dizer aquela que representa o menor custo, ainda não foi atingida nas distâncias assinaladas neste estudo.

Como já foi colocado no item referente aos modelos de arraste (6. 3), é uma determinação da empresa que a distância de arraste seja fixa, quer dizer que as grades desganhadoras sejam colocadas a cada 90-100 metros. Esta determinação prejudicou o estudo da distância ótima, uma vez que não foi possível operar os tratores em distâncias maiores. O caso do “skidder” na zona II, ocorreu um fato fortuito com o descarte de uma grade, e assim se conseguiu trabalhar em distâncias maiores.

No que se refere a metodologia empregada para a medição das faixas de arraste, verifica-se nos gráficos no Anexo 5, que o intervalo entre classes é amplo em relação á qualidade do estudo. Este intervalo foi fixado em relação as alturas das árvores, e a praticidade de trabalho no campo. Mas na hora de fazer os feixes, os operadores de “feller buncher” não mantém as distâncias entre feixes de uma linha para outra. Assim o critério em relação as alturas foi relativo.

## 6. 11 A resistência a penetração

Como no caso do estudo da distância do arraste, estes ensaios correspondem a Fazenda Corredeira, para plantações de *Pinus taeda*.

Seguindo o colocado por AYRES e PERUMPRAL (1982) e MULQUEEN (1987) os valores de resistência a penetração são acompanhados por estudos da densidade e umidade, sendo apresentados os resultados para cada um dos tratamentos na tabela 28.

Tabela 28: Valores médios de densidade para os tratamentos ( $\text{g/cm}^3$ )

Tratamento	Média	Desvio padrão
Skidder (ST)	1,91	0,12
Skidder (SNT)	1,89	0,13
F. Buncher	1,92	0,31
FNC <sub>skidder</sub>	1,83	0,12
Miniskidder	2,12	0,22
FNC <sub>miniskidder</sub>	1,94	0,13

Onde:

F. Buncher= “feller buncher”

ST= solo trafegado

SNT= solo não trafegado

FNC= floresta não cortada.

Nota: É importante salientar que para o tipo de solo estudado, e as condições de uso, esperava-se valores menores de densidade para a testemunha. Devido a metodologia empregada torna-se impossível explicar os mesmos. É porvável que tenha ocorrido um erro de amostragem.

Estes valores de densidade são acompanhados pelos valores de umidade gravimétrica da tabela 29; onde são apresentados dois valores para a floresta não cortada (FNC) que correspondem aos valores do teste do “skidder” e do “mini-skidder” feitos

em diferentes dias. Como foi dito na metodologia os valores apresentados correspondem a umidade de 0 a 10 cm de solo .

Tabela 29: Valores médios de umidade gravimétrica (%)

Tratamento	Média	Desvio Padrão
Skidder (ST)	13,3	0,035
Skidder (SNT)	10,4	0,004
FNC <sub>skidder</sub>	10,3	0,005
Miniskidder	12,6	0,012
FNC <sub>miniskidder</sub>	7,9	0,010

Para estudar a relação entre o aumento da umidade e o aumento da densidade se calculou uma regressão linear simples, com o modelo:

$$\text{Densidade} = m \cdot \text{Umidade} + n.$$

O resultado, no anexo 2, apresentou um  $r^2$  de 0,17 indicando que não existe nenhuma correlação entre o aumento da umidade e a densidade, permitindo por tanto a análise dos dados referentes a compactação, já que não existem as interações mencionadas por AYRES e PERUMPRAL (1982).

Os valores de resistência a penetração, dos dois níveis, de cada tratamento, floresta não cortada (testemunha, FNC); “mini-skidder”; “skidder”, foram comparados entre si para detectar se existiam diferenças entre eles, e se estas diferenças eram associadas à localização no que respeita ao sulco do pneu. Dado que não existiram diferenças ( Anexo 2) neste sentido, estes valores podem ser tratados da mesma forma para a sua comparação entre os tratamentos.

Para estudar as diferenças ocorridas pelo tráfego das máquinas foi realizado uma ANOVA que é apresentada na Tabela 30. Cabe aqui uma observação a respeito ao sistema de colheita em estudo, dado que entre a FNC e o arraste existe a operação do corte efetuado pelo “feller buncher”. Os valores de resistência a penetração do “feller”

correspondem a duas situações específicas de trabalho . A primeira é o tráfego na linha, a segunda é o local onde é feito o feixe de árvores. Em relação ao tráfego é difícil saber quanto da área estudada corresponde a cada uma das duas situações do “feller”, mas mesmo com a sua inclusão no ANOVA, as diferenças entre FNC e o arraste continuam, e são ainda mais significativas para o “mini-skidder” que para o “skidder”.

Tabela 30 ANOVA da resistência à penetração da FNC vs. o tráfego do máquinas.  
(valores em Índice de Cone, IC)

Fonte de Variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	F tabelado
Covariáveis	176019,98	3	58673,33	33,44	3,14
Feller Buncher	24920,44	1	24920,44	14,20	
Miniskidder	19467,92	1	19467,92	11,09	
Skidder	11204,98	1	11204,98	6,39	
Ef. Principais	31527,44	1	31527,44	18,01	
Profundidade	31527,44	1	31527,44	18,01	
Erro	129854,10	74	1754,785		
Total	337471,52	78			

Onde:

Ef. Principais = efeitos principais

Pode se observar nesta tabela que a inclusão do “feller buncher” deu diferenças significativas com a FNC, e os maiores valores de F. Porém neste estudo não se fez uma avaliação da área de tráfego do “feller”, nem dos diferentes locais de trabalho dele, como a área de tráfego e o local de formação do feixe. Portanto na tabela 31 assume-se que este tratamento é uniforme em relação as máquinas, e se estudam as variações entre a FNC e o tráfego.

Tabela 31 ANOVA da R.P. da FNC vs. os tratores (valores em IC)

Fonte de Variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	F tabelado
Covariáveis	151099,54	2	75549,77	43,36	3,14
Miniskidder	31042,78	1	31042,78	17,81	
Skidder	27733,30	1	27733,30	15,92	
Ef. Principais	55680,20	1	55680,20	31,95	
Profundidade	55680,20	1	55680,20	31,95	
Erro	130691,78	75	1742,56		
Total	337471,52	78			

Onde:

Ef. Principais = efeitos principais

Nota-se na Tabela 31, que existem diferenças entre a FNC e o tráfego das máquinas em relação a resistência a penetração. Mesmo tirando a influencia do “feller”, o “mini-skidder” possui valor de F maior que o do “skidder”. A variabilidade então atribuída ao “feller” é agora explicada pelo efeito da profundidade. Em ambas tabelas a profundidade apresenta diferenças significativas com respeito a FNC.

Para estudar o efeito da profundidade de amostragem no “mini-skidder” e no “skidder”, é apresentada a Tabela 32 com os testes de Tukey, onde vemos que quanto maior profundidade maior a resistência, e que em ambas máquinas as médias são diferentes se ordenadas pelas profundidades. As médias de IC correspondentes ao “skidder” são superiores em ambas profundidades ao do “mini-skidder”.

Tabela 32 Testes de Tukey para as máquinas em relação a profundidade

Fator	n ( 95%)	Médias	Significância
Miniskidder			
Superficial	40	36,0	a
Profundo	40	149,0	b
Skidder			
Superficial	40	84,25	c
Profundo	40	182,25	d

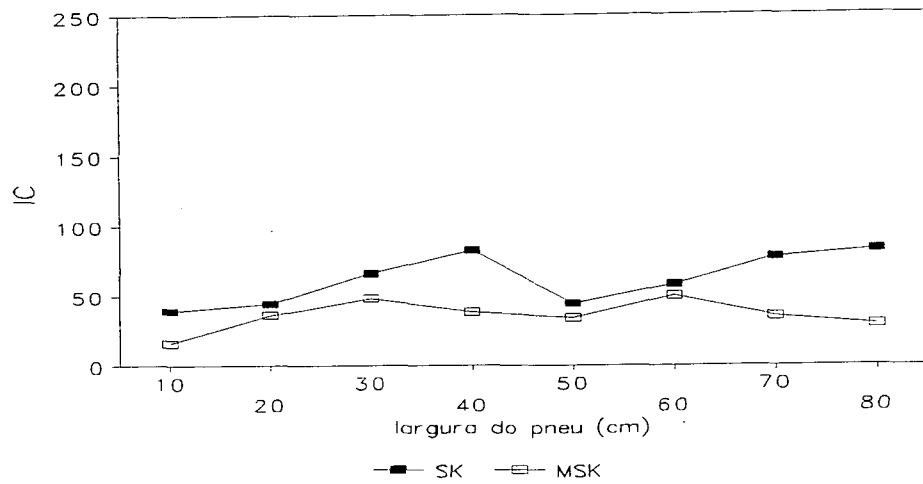
Onde:

n ao 95 = numero de amostras empregadas para trabalhar ao 95 %.

Poderia se inferir da Tabela 32 que, a maiores profundidades, os valores de IC são também superiores, porém reconhece-se que como uma grave limitação o fato de não possuir dados de resistência a penetração para situações de maior profundidade no perfil do solo. Fato este que não permite avaliar até onde as cargas do tráfego são transmitidas, e daí inferir a magnitude dos danos. Outra importante limitação metodológica foi que, pela falta de condições de chuva, o estudo de resistência a penetração foi realizado a uma umidade que não era a de capacidade de campo (tabela 29). Isto explica em parte por que não foram atingidos valores mais altos de resistência a penetração.

Os Gráficos 11 e12 apresentam, para as duas profundidades estudadas, os valores médios de IC dos transectos para o “skidder” e o “mini-skidder”.

Gráfico 11 Valores médios de IC do “skidder” e do “mini-skidder” (superficial).



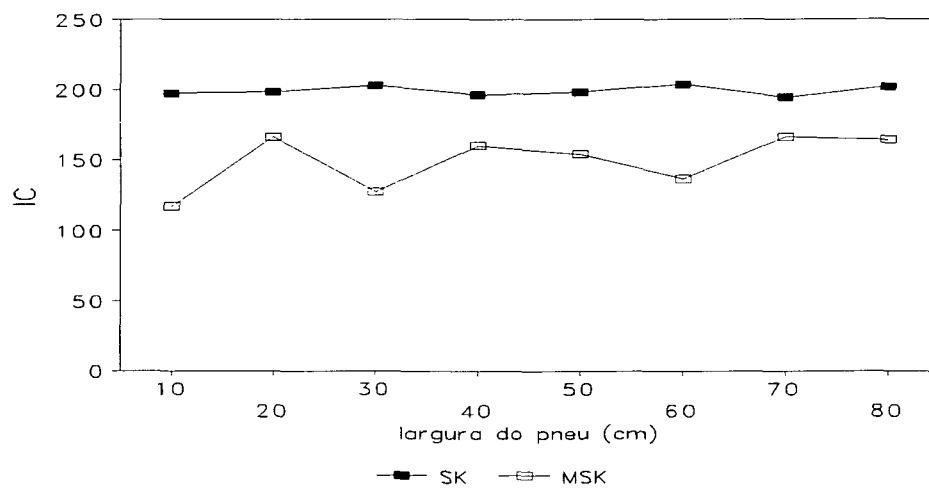
Onde:

SK= valores do IC do “skidder”

MSK= valores do IC do “mini-skidder”

IC = índice de cone

Gráfico No. 12 Valores médios de IC para o “skidder” e o “mini-skidder” (profundo)



Onde:

SK= valores do IC do “skidder”

MSK= valores do IC do “mini-skidder”

IC = índice de cone

Estes gráficos são coincidentes com o apresentado na Tabela 32. O gráfico 11 indica que a diferença entre o “mini-skidder” e o “skidder” é maior que no gráfico 12. Este fato é corroborado pelas diferenças das médias de IC da tabela 32, na superfície a diferença é de 48,25 IC e na profundidade de 33,25 IC. Dado que este IC não foi possível ser expressado em unidades do sistema internacional (SI), é difícil a sua comparação com a literatura. Porém é concordante com o argumento de que maior peso corresponde a valores mais elevados de resistência a penetração. Isto deve estar relacionado com os diferentes pesos do máquina, - 90 kN para o TAM, e 125,76 kN para o TFA-, e mais importante, para as cargas dinâmicas por cada máquina transmitidas. Seriam neste caso maiores para o “skidder” por levar mais árvores por viagem, e por elevar a carga a uma altura maior. Outro fato importante coincidente com a literatura é que para ambas máquinas, os valores de resistência a penetração aumentam com a profundidade como foi colocado por TAYLOR et alli (1980); SIDLE e DRLICA (1981); TAYLOR e GILL (1984); SIROIS et alli (1989).

Em relação a área de tráfego do “skidder”, a denominada trilha, e uma área trafegada pela ‘primeira’ vez, a Tabela 33 apresenta a comparação feita para cada uma das profundidades estudadas, superficial e profunda.



Tabela 33 ANOVA do solo com uma passagem vs. a trilha

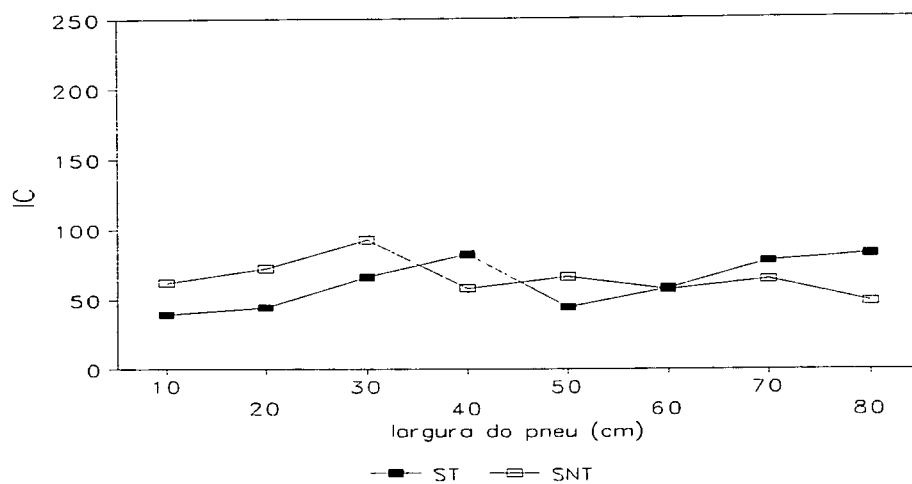
Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	F tabelado
Superficial					
Entre grupos	7507,81	1	7507,81	4,25	2,77
Dentro dos g.	137651,90	78	1764,77		
Totais	145159,70	79			
Profundo					
Entre grupos	4277,81	1	4277,81	3,43	2,77
Dentro dos g.	97194,38	78	1246,08		
Totais	101472,20	79			

Onde:

Dentro dos g. = dentro dos grupos

Pode-se observar na Tabela 33 que existem diferenças significativas na resistência a penetração entre uma passagem e n passagens do “skidder”. Esta observação coincide com o demonstrado por KOGER et alli (1985) a nível de laboratório, em relação ao numero de passagens, e com as de SLIDE e DRILCA (1981) e AUST (1993) para trabalhos a campo. Uma vez que existiu a passagem de uma primeira máquina (o “feller”), e que não se tem certeza da compactação que poderia causar as múltiplas passagem das árvores dos feixes que foram retirados para limpar o ponto de medição, não foi possível achar nestas condições de trabalho áreas para o arraste, cortadas, mas sem nenhuma compactação, ou seja, com valores que possam ser relacionados somente a primeira passagem do “skidder”. Para exemplificar estas diferenças, os Gráficos 13 e 14 foram elaborados com as médias dos índices de cone correspondentes aos transectos (5) de cada tratamento.

Gráfico 13 Valores médios de IC para a trilha e a 'primeira' passagem (superficial)



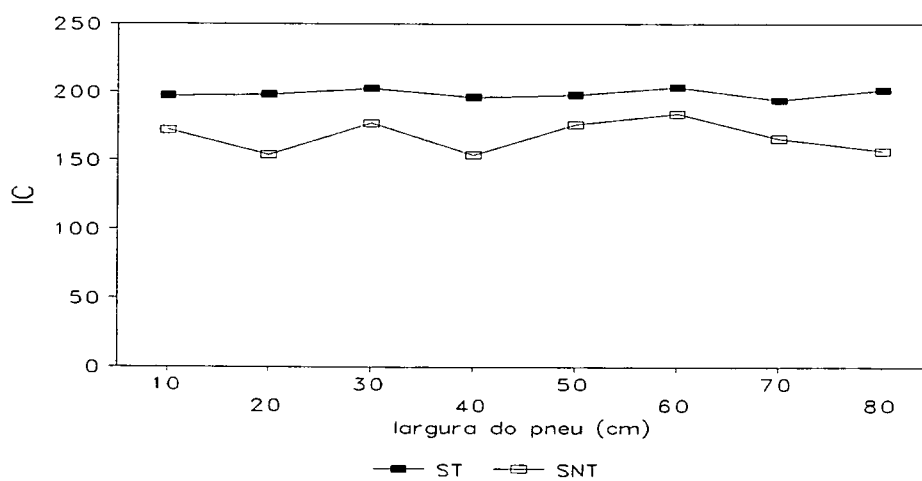
Onde:

Tr = trilha de arraste

1 ps = 'primeira' passagem

IC = índice de cone

Gráfico No. 14 Valores médios de IC para a trilha e a 'primeira' passagem (profundo)



Onde:

Tr = trilha de arraste

1 ps = 'primeira' passagem

IC = índice de cone

## 6. 12 A relação do custo benefício

Como já foi apresentado na metodologia (item 5. 7) esta determinação se baseia na determinação dos benefícios diretos e indiretos. Para isto foi elaborada uma planilha abaixo apresentada (Tabela 34), onde os benefícios recebem uma avaliação de 1 até 5, esta pontuação é arbitrária e visa a avaliação de cada um dos itens de uma forma relativa.

Tabela 34 Relação Custo Benefício para os tratores

BENEFÍCIOS	Miniskidder	Skidder
a) Benefícios diretos		
Rendimentos	2	5
Custo/hora	2	3
Custo/ m <sup>3</sup>	2,5	2,5
Gastos de comb. e man.	4	2
SUBTOTALS	10,5	12,5
b) Benefícios indiretos		
Peso/ potência	4	4
Tração	2	4
Manobrabilidade	2	5
Transmissão	5	2
Trafegabilidade	2	4
Compactação	1	2
Grade desg.	2	3
Ergonomia	1	4
TOTALS	31,5	38,5

A seguir é apresentada a discussão destes valores, e as suas justificativas.

a) Benefícios diretos

a. 1) Os rendimentos de madeira: analisando as tabelas 22 e 23, item (6. 6) vemos que a produtividade é sempre maior para o “skidder” que para o “mini-skidder”. Mas para o “mini-skidder” ela é afetada pela declividade e não pela espécies (tabela 23), e para o caso do “skidder” é afetada por ambos fatores (tabela 24). Analisando-se as diferenças médias de produtividade entre o “skidder” e o “mini-skidder” em relação a declividade, e independentemente da espécies, vemos que o “skidder” produz na zona I 10,31 m<sup>3</sup>/ hora a mais que o “mini-skidder”, e que na zona II esta diferença média é de 26,03 m<sup>3</sup>/ hora. Por isto a pontuação adotada é de 5 para o trator florestal articulado e de 2 para o trator agrícola modificado.

a. 2) Custo/hora das máquinas: do item 6. 8 verifica-se que considerando o traçamento, ele se situa em 32, 98 (US\$/hora) para o “mini-skidder” e 57,47 (US\$/hora) para o “skidder”. A sua inclusão como um benefício direto leva em consideração que quanto maior o custo/hora das máquinas maior a sua importância no sistema de colheita. A pontuação é de 2 para “skidder” e de 3 para o “mini-skidder”.

a. 3) Custo por metro cúbico de madeira: segundo o item 6. 9 estes valores são diferentes segundo as máquinas, as declividades e as espécies. Porém estas diferenças são maiores para o “mini-skidder” que para o “skidder”. A produtividade do “mini-skidder” segundo o teste de Tukey não é afetada pelas espécies e sim pela declividade, na zona I ele é sempre mais econômico que o “skidder”, na zona II ele é em média 0,64 centavos de dólar mais caro que o “skidder”. Tomando-se uma produtividade média de 100 m<sup>3</sup>/ dia e 220 dias de trabalho ao ano ele é 14.080 US\$/ano mais caro. A produtividade do “skidder” é estatisticamente influenciada pelos fatores espécie e declividade, sendo na zona II sempre a melhor escolha, e na zona I 0,30 (US\$/m<sup>3</sup>) mais caro. Esta diferença, tomando-se uma produtividade média de 220 metros cúbicos por

dia, e 220 dias trabalhados por ano, resultam em 14.520 US\$/ano. Estes valores anuais justificam uma pontuação média (2,5) para cada um.

a. 4) Gastos de combustível e manutenção: Para esta avaliação, o consumo é baseado nos valores fornecidos pela empresa, e colocados no Anexo 3. No que se refere ao índice de consertos ele é estimado para ambos médios de produção em 0,9 do valor depreciável. Este valor concorda com o de STOKES et alli (1993) para um “skidder”, para o caso do “mini-skidder” não se possuem valores. Os valores da empresa referem-se ao valor depreciável, mas em porcentagem, e são de 6 % para o “skidder” e de 12 % para o “mini-skidder”. Sendo também relatado pela empresa que é muito mais freqüente a quebra do “mini-skidder” que a do “skidder”, mas não possuem os valores. Assume-se então um valor de 4 para o “skidder” e de 2 para o “mini-skidder”.

b) Benefícios indiretos:

b. 1) A relação peso/potência: o “mini-skidder” possui uma relação de 0,99 kN/kW e a do “skidder” é de 1.08 kN/kW. Os valores escolhidos para o benefício são de 4 pontos para cada máquina.

b. 2) Tração: Estreitamente relacionada com o peso, ela também é função do tipo de trator, ou seja do desenho. Neste sentido as diferenças estão dadas pela distribuição dos pesos, e pela quantidade de rodas motrizes. O valor de 0,5 sinalado por HASSAN e SIROIS (1983) se referem a um “skidder” de guincho. No nosso caso, com garra, tomando os valores do teste de Tukey para as médias em metros cúbicos por ciclo, e com uma constante de  $0,9325 \text{ T/m}^3$  surgida das tabelas 4 e 5, se obtém um coeficiente de tração de 0,22 para o “mini-skidder” na zona I e de 0,3 na zona II. Para o caso do “skidder”, empregando o mesmo coeficiente e os valores do teste de Tukey, os

coeficientes de tração achados são de 0,45 para a zona I e de 0,49 para a zona II. Expressado em forma de benefícios indiretos se deram os valores de 2 para o “mini-skidder” e de 4 para o “skidder”.

b. 3) Manobrabilidade: em estreita relação com a trafegabilidade ela é avaliada em relação ao raio de giro e ao tipo de direção (hidráulica ou mecânica). No caso “mini-skidder” o raio de giro é de 4,72 metros e a direção é do tipo hidrostática. O “skidder” possui um chassi articulado o que possibilita um raio de giro de 40 graus e o direcionamento é hidráulico. Assim se opto por dar 2 pontos ao “mini-skidder” e 5 ao “skidder”.

b. 4) Transmissão: O “skidder” neste caso possui somente três marchas a ré e três a frente, com diferenças de mais do 50 % de velocidade entre elas. O “mini-skidder” tem uma ampla possibilidade de escolha com 12 marchas para frente e 4 a ré, e diferença de velocidades entre marchas é da ordem de 20 %. Assim o “mini-skidder” é avaliado em 5 pontos e o “skidder” em 2.

b. 5) Trafegabilidade: No que respeita ao vão livre o trator agrícola possui 412 mm e o trator florestal 463,4 mm. O “mini-skidder” tem chassi do tipo monobloco e o “skidder” possui uma articulação de  $\pm 14$  graus na vertical. O número de rodas motrizes é de 4 em ambos tratores, porém as rodas da frente do agrícola recebem o movimento do diferencial traseiro. Finalmente os pneus são maiores no florestal que no agrícola. A pontuação no que respeita a trafegabilidade é de 4 para o “skidder” e de 2 para o “mini-skidder”.

b. 6) Compactação: neste ponto os dois tratores tiveram diferenças significativas respeito da FNC nas duas profundidades estudadas, porém segundo os valores de F da tabela 31 são um pouco maiores para o “mini-skidder” que para o

“skidder”. Dado o fato de que a compactação não é desejável os valores escolhidos são de 1 para o “mini-skidder” e de 2 para o “skidder”.

b. 7) A grade desganhadora: A grade pode ser analisada sob vários pontos de vista. O primeiro deles pode ser o tempo médio por ciclo gasto por cada uma das máquinas expresso na Tabela 35 em função dos dados do Anexo 1 e das tabelas de rendimentos.

Tabela 35 Tempo gasto por metro cubico na grade

Máquinas	Tempo médio (min)	Minutos/ m <sup>3</sup>
<b>Pinus elliotti</b>		
Miniskidder Z I	0,47	0,16
Miniskidder Z II	0,58	0,26
Skidder Z I	0,56	0,13
Skidder Z II	0,89	0,19
<b>Pinus taeda</b>		
Miniskidder Z I	0,75	0,25
Miniskidder Z II	0,38	0,19
Skidder Z I	1,0	0,23
Skidder Z II	0,54	0,11

Percebe-se na tabela que o “skidder” tem uma maior produtividade na grade desganhadora, e que essa diferença se acentua na zona II. Cabe lembrar que, segundo STOKES e LANDFORD (1985); GREENE e STOKES (1988) e MILLER et alii (1991), o emprego da grade desganhadora em relação ao desganhamento com motosserra diminui a produtividade do “skidder”.

O segundo ponto negativo da grade pode ser o nível de quebra dos equipamentos, já que, segundo a empresa, o “mini-skidder” tem freqüentes problemas na embreagem nesta operação, sendo que para o “skidder” ainda não se registraram quebras. Um terceiro ponto seria os danos ocasionados ao solo e a futura floresta nestes

pontos, mas isto não foi possível medir. No entanto, se supõe que se nas áreas de tráfego estes danos existem, aqui serão mais graves. Então, a pontuação utilizada é de 3 para o “skidder” e de 2 para o “mini-skidder”.

b. 8) Ergonomia: este tópico é o mais importante sob o ponto de vista do trabalhador florestal. A sua avaliação foi realizada em forma complementar neste estudo, já que não é parte dos objetivos do trabalho. Pontos importantes como o nível de ruído ou vibrações não foram medidos, mas por estimativa pode -se argumentar que eles são menores no trator florestal. A visibilidade para a frente é semelhante, mas para atrás é melhor no “skidder”. No que se refere a cabine, a poltrona do TFA possui mais regulagens que o TDA, e além disto tem amortecedores. Os comandos estão melhor posicionados no “skidder” que no “mini-skidder”. Por exemplo o comando hidráulico possui cinco alavancas, e a caixa de mudanças mais duas, já no caso do “skidder”, são três do hidráulico e uma de marchas. O sistemas de segurança dariam por se mesmos para determinar a escolha, já que o “skidder” tem segundo normas internacionais os mencionados ROPS e FOPS, além dos extintores. No caso do “mini-skidder” o catálogo faz referência ao ROPS, mas sem nenhum dimensionamento. Então o valor no item ergonomia é de 1 para o “mini-skidder” e de 4 para o “skidder”.



## 7 Conclusões e Recomendações

### 7.1 Conclusões

- No item 6.1 referente ao planejamento do arraste, se conclui que não existe um planejamento que considere as variações do terreno, das espécies, e dos meios de produção estudados.

- O tempo por ciclo é diferente se considerarmos as Atividades Efetivas e as Atividades Totais em cada máquina, mas não entre as máquinas. O fator espécie influencia significativamente no tempo por ciclo dos dois tratores, sendo que o TFA não é afetado pela declividade.

- As equações do tempo de arraste em função da distância para o “miniskidder” e o “skidder” na zona I apresentaram valores do índice de regressão aceitáveis.

- Os rendimentos do “mini-skidder” são significativamente diferentes do o “skidder”. O fator declividade afetou o rendimento de ambas máquinas, porém de forma mais atenuada para o “skidder”. O rendimento do “mini-skidder” não é afetado pelas espécies consideradas.

- O custo/hora do “skidder” é 57 % maior que o do “mini-skidder”. O custo/hora não é afetado pela diminuição de 25 % no gasto dos combustíveis. Mas é consideravelmente afetado se considerarmos o custo do traçamento.

- Com referência ao custo por metro cúbico de madeira, o “mini-skidder” é a opção mais econômica na zona I, independentemente das espécies. O “skidder” é mais econômico na zona II.

- Pela metodologia empregada não foi possível determinar a distância ótima de arraste para cada máquinas. Porém ela deve ser superior aos 100 metros em ambos casos.

- No que diz respeito a compactação, os dois meios de produção possuem diferenças significativas em relação a floresta não cortada. Os valores de resistência a penetração são 10 % superiores em média para o “skidder”. O penetrômetro empregado se revelou ineficiente para a transformação dos dados em unidades internacionais, impedindo a sua comparação com a literatura. A época do estudo não permitiu o trabalho em profundidades superiores aos 7 cm. Os níveis de compactação registrados não refletem os valores esperados, embora estejam perto do máximo do penetrômetro empregado.

- A pontuação obtida pelo “skidder” na relação custo benefício é de 18,7 % maior que a do “mini-skidder”.

## 7. 2 Recomendações

- Planejar de forma mais eficiente as operações de extração, a sua interrelação com o corte e o carregamento. Incluir entre as variáveis do planejamento as espécies, declividades, meios de produção, volume por talhão, volume individual e sortimentos.

- Estender estes estudos as outras declividades encontradas na região, e aos diferentes tipos de solo existentes.

- Determinar, mediante o emprego de dinamógrafos, a capacidade de tração dos tratores para cada situação.

- Determinar os níveis de patinação desejáveis em função da carga e da velocidade.

- Estudar ao emprego de outro tipo de pneus, e o seu lastreamento, na eficiência das operações.

- Estender a distância de arraste com o objetivo de melhorar a sua determinação para cada máquina e os fatores considerados.

- Pesquisar o emprego de outras metodologias para a determinação da compactação em profundidade.

- Melhorar a ergonomia em geral do “mini-skidder”, e em particular o seu sistema de segurança.

- Incluir na determinação dos benefícios valores de ruído e vibrações, assim como o conforto do operador nas zonas mais desfavoráveis.

## **8 ANEXOS**

### **Anexo 1 Estudo de Tempos e Rendimentos**

## Fazenda Ruthes; "mini-skidder"; zona I

Viagem	Rend.	No. árv/ viag.	Viagem	Formação	Viagem	Grade	Viagem	Empilha-	SOMAT.	Tempos	Tempos	TOTAIS
Numero	(m3)		Vazia	da carga	árv .	Desg.	Fustes	mento	A. E.	Causais	Pessoais	
1	1,86	3	100	112	35	67	170	118	602	1477		2079
2	2,48	4	122	33	81	62	71	302	671	48		719
3	3,72	6	73	44	85	36	71	188	497			497
4	2,48	4	113	89	33	21	81	145	482	83	1211	1776
5	3,1	5	89	111	28	83	76	137	524	117		641
6	2,48	4	90	50	35	25	66	157	423			423
7	2,48	4	87	102	35	27	80	340	671			671
8	4,34	7	85	93	49	34	58	279	598			598
9	3,1	5	78	95	46	23	75	338	655			655
10	3,1	5	98	87	59	64	94	259	661			661
11	4,34	7	90	118	64	22	69	190	553	407		960
12	3,1	5	113	53	38	28	69	123	424			424
13	1,86	3	90	92	44	63	90	186	565			565
14	3,1	5	111	94	52	66	69	311	703			703
15	3,1	5	106	197	46	27	87	183	646			646
16	2,48	4	220	115	55	40	65	179	674			674
17	3,72	6	101	83	61	112	84	223	664			664
18	3,1	5	127	104	68	59	78	105	541		475	1016
19	3,1	5	130	36	45	37	60	117	425			425
20	1,86	3	110	133	69	80	143	167	702			702
21	3,72	6	179	112	68	29	69	206	663			663
22	2,48	4	112	130	59	28	92	320	741		300	1041
23	2,48	4	135	60	49	86	56	190	576	378		954
24	3,1	5	82	112	79	77	76	195	621			621
25	2,48	4	106	62	60	42	102	217	589			589
26	2,48	4	129	105	48	42	67	168	559			559
27	3,1	5	143	46	59	38	73	353	712		421	1133
28	2,48	4	100	100	159	68	132	147	706			706
29	1,86	3	106	166	47	57	70	202	648	60		708
30	3,1	5	115	139	46	28	88	276	692		96	788
31	3,1	5	112	155	87	27	62	327	770			770
32	1,86	3	100	65	73	44	86	120	488			488
33	3,1	5	92	85	88	39	154	167	625	36		661
34	1,86	3	105	137	59	33	95	158	587	58		645
35	3,72	6	107	76	60	21	159	161	584			584
36	1,86	3	122	127	57	20	76	153	555			555
37	1,86	3	125	46	70	46	73	122	482			482
38	3,72	6	136	63	83	89	98	146	615			615
39	2,48	4	140	94	53	25	80	119	511			511
40	1,86	3	156	120	72	44	77	175	644			644
41	3,1	5	156	88	75	31	55	145	550	89		639
42	3,1	5	127	72	72	69	73	260	673			673

## Fazenda Ruthes: "mini-skidder"; zona II

Viagem Número	Produção (m3)	No. de arv/viag.	Viagem vazia	Form. da carga	Viagem árvores	Grade Desg.	Viagem fustes	Empilha- mento	SOMAT. A.E.	Tempos Causais	Tempos Pessoais	TOTALS
1	1,74	3	86	31	60	83	66	148	474			474
2	1,74	3	93	62	76	29	40	143	443			443
3	2,32	4	73	88	75	36	69	71	412	109		521
4	2,32	4	53	190	48	32	183	236	742			742
5	2,9	5	66	59	56	55	29	150	415			415
6	1,74	3	114	58	66	50	19	150	457			457
7	1,74	3	120	39	79	35	76	157	506			506
8	1,74	3	64	42	68	43	28	74	319	130		449
9	2,32	4	66	94	71	57	129	119	536			536
10	2,32	4	118	209	83	249	27	175	861			861
11	2,32	4	96	95	71	45	21	171	499	30		529
12	3,48	6	59	209	191	28	27	71	585			585
13	2,32	4	73	76	66	99	40	243	597	563	50	1210
14	2,9	5	74	52	128	28	18	171	471			471
15	2,32	4	51	108	100	23	58	144	484	68		552
16	2,32	4	75	81	86	35	27	134	438			438
17	2,9	5	71	86	53	44	47	420	721			721
18	2,9	5	61	80	42	24	23	204	434		94	528
19	2,32	4	65	62	52	23	51	215	468			468
20	2,9	5	66	49	65	257	53	259	749		194	943
21	1,74	3	104	142	47	19	18	121	451			451
22	1,74	3	67	328	31	32	34	157	649			649
23	1,74	3	90	96	83	35	92	134	530			530
24	2,32	4	116	59	64	35	22	163	459		244	703
25	2,32	4	85	71	160	72	73	161	622			622
26	2,32	4	90	24	184	32	68	189	587			587
27	2,32	4	73	130	66	41	33	193	536	42		578
28	2,9	5	97	59	70	250	44	267	787	158		945
29	1,74	3	71	144	84	28	38	129	494			494
30	1,74	3	82	155	50	38	50	183	558			558
31	2,32	4	99	173	131	46	26	159	634			634
32	1,74	3	72	180	81	127	37	146	643			643
33	1,74	3	100	75	175	95	126	175	746	58		804
34	1,16	2	135	203	41	86	20	86	571			571
35	3,48	6	77	77	63	30	29	210	486			486
36	1,74	3	70	49	103	37	20	153	432			432
37	2,32	4	73	79	102	34	35	159	482			482
38	1,74	3	76	55	115	180	48	270	744	69		813
39	1,74	3	108	62	81	38	33	292	614			614
40	2,32	4	117	80	80	95	24	193	589	166		755
41	2,32	4	92	128	77	37	54	196	584			584
42	1,74	3	109	80	65	61	19	129	463			463
43	2,9	5	64	111	110	39	32	147	503			503
44	2,32	4	96	118	61	30	96	181	582			582
45	2,32	4	111	130	167	37	43	200	688	70		758
46	2,32	4	115	35	133	0	22	221	526			526
47	2,32	4	100	137	80	0	34	222	573			573
48	1,74	3	134	87	82	43	58	167	571			571
49	1,74	3	165	166	83	57	32	175	678		241	919

50	1,74	3	107	73	145	45	123	121	614	58		672
51	2,9	5	115	75	234	46	23	94	587			587
52	1,74	3	166	227	334	50	37	170	984			984
53	1,74	3	205	195	136	42	20	212	810	41	309	1160
54	1,74	3	124	143	142	39	149	186	783			783

## Fazenda Ruthes: "skidder"; zona I

Numero de Viag.	Rend. (m3)	arv/viag.	Viagem vazia	Form. da carga	Viagem árvores	Grade Desg.	Viagem fustes	Empilhamento	SOMAT A.E.	Tempos Causais	Tempos Pessoais	TOTALS
1	2,48	4	185	57	40	120	71	130	603		22	625
2	3,72	6	80	47	45	19	67	135	393			393
3	5,58	9	63	79	50	44	61	158	455			455
4	4,96	8	57	88	54	99	32	187	517			517
5	3,72	6	56	64	60	26	73	125	404			404
6	3,72	6	72	70	76	26	53	172	469			469
7	4,96	8	47	176	64	29	54	243	613	92		705
8	2,48	4	78	215	27	58	112	189	679			679
9	4,96	8	70	110	61	85	90	194	610		1177	1787
10	4,34	7	105	93	36	30	64	103	431	176		607
11	4,34	7	80	155	47	21	56	193	552			552
12	4,96	8	63	121	78	43	93	198	596			596
13	5,58	9	76	135	37	80	56	210	594			594
14	3,72	6	74	203	37	29	100	170	613			613
15	4,96	8	87	232	34	62	75	196	686			686
16	4,34	7	35	187	37	84	48	95	486	81		567
17	4,96	8	45	311	23	44	79	165	667	113		780
18	4,34	7	108	184	56	31	70	177	626		264	890
19	4,34	7	67	132	40	17	66	195	517			517
20	3,1	5	68	127	57	30	62	126	470			470
21	3,72	6	80	68	76	69	59	157	509			509
22	4,96	8	38	163	81	64	31	166	543	132		675
23	4,34	7	74	102	75	88	31	255	625			625
24	3,1	5	155	201	46	84	105	289	880			880
25	4,96	8	124	83	60	133	79	241	720	26		746
26	3,72	6	82	182	75	26	78	172	615		187	802
27	3,72	6	79	171	53	86	45	145	579			579
28	3,72	6	81	177	71	28	81	137	575			575
29	4,34	7	110	198	64	30	57	191	650	298		948
30	4,34	7	82	173	86	36	41	262	680			680
31	4,96	8	83	204	55	68	72	207	689			689
32	3,72	6	111	237	57	31	168	261	865	95		960
33	4,34	7	134	185	125	68	64	272	848			848
34	4,96	8	100	80	68	120	25	180	573			573



## Fazenda Ruthes: "skidder"; zona II

Numero de Viag.	Rend. (m3)	arv/viag.	Viagem vazia	Form. da carga	Viagem árvores	Grade Desg.	Viagem fustes	Empilhamento	SOMAT A.E.	Tempos Causais	Tempos Pessoais	TOTALS
1	2,52	4	244	189	37	40	87	239	836	1329		2165
2	5,04	8	105	97	50	73	83	143	551	109		660
3	4,41	7	70	205	30	94	48	131	578	30		608
4	3,78	6	70	78	47	31	27	155	408			408
5	5,67	9	50	118	81	97	125	208	679		1483	2162
6	5,04	8	91	141	67	40	57	129	525			525
7	5,04	8	55	214	129	119	36	160	713	59		772
8	3,78	6	50	67	88	70	120	46	441			441
9	4,41	7	66	126	61	105	33	196	587			587
10	5,04	8	67	92	72	56	32	198	517			517
11	4,41	7	67	233	83	131	23	254	791			791
12	3,78	6	66	78	146	82	75	233	680			680
13	5,04	8	83	216	144	70	60	220	793			793
14	5,67	9	56	81	62	47	123	93	462	92		554
15	3,78	6	54	258	92	49	48	170	671			671
16	3,15	5	94	86	42	35	71	404	732		295	1027
17	3,78	6	91	154	60	85	51	202	643			643
18	5,04	8	92	151	47	75	43	234	642			642
19	5,04	8	79	108	91	65	120	120	583			583
20	3,78	6	72	211	90	104	37	115	629			629
21	5,67	9	34	141	91	43	56	175	540	88		628
22	3,15	5	84	104	126	70	88	239	711			711
23	5,04	8	103	149	73	88	50	318	781			781
24	3,15	5	84	194	101	38	32	309	758			758
25	3,78	6	48	158	94	40	58	310	708	30		738
26	5,04	8	95	228	93	167	23	283	889			889
27	5,67	9	96	148	105	91	62	335	837			837
28	4,41	7	118	117	70	170	28	169	672			672
29	5,67	9	73	183	78	56	93	209	692			692
30	3,78	6	107	228	108	43	35	165	686		65	751
31	4,41	7	175	230	73	89	60	535	1162	1785		2947
32	4,41	7	86	96	65	66	40	167	520			520
33	4,41	7	67	63	105	87	24	123	469	83		552
34	5,67	9	27	61	58	126	30	170	472			472
35	4,41	7	35	118	122	47	71	137	530	107		637
36	5,67	9	75	134	195	55	20	113	592			592
37	5,67	9	45	231	82	178	100	279	915			915
38	4,41	7	107	178	35	40	30	150	540	100		640
39	4,41	7		87	73	67	78	104	409			409
40	5,04	8	123	63	84	113	44	250	677			677
41	5,04	8	48	95	73	115	18	160	509	92		601
42	6,3	10	79	81	91	94	56	220	621			621
43	5,67	9	123	203	54	121	39	225	765			765
44	3,78	6	58	94	101	54	23	155	485	55		540
45	5,67	9	48	206	128	100	36	165	683	103		786
46	5,04	8	87	272	123	102	41	311	936			936
47	3,78	6	86	88	134	100	115	390	913			913
48	5,67	9	49	86	90	162	37	291	715			715
49	5,04	8	100	159	151	118	56	172	756			756

50	5,67	9	77	257	93	173	34	149	783		78	861
51	3,78	6	69	103	53	78	17	145	465			465
52	5,04	8	28	74	37	78	36	291	544	120		664
53	5,04	8	49	64	33	76	39	143	404			404
54	5,04	8	78	55	90	170	43	260	696			696
55	5,67	9	95	128	96	83	46	280	728			728
56	5,04	8	67	162	149	197	34	138	747			747
57	6,3	10	63	173	45	114	33	252	680	153		833
58	3,78	6	88	148	43	76	36	174	565		33	598
59	4,41	7	54	103	38	52	41	126	414			414
60	5,67	9	86	85	49	130	31	120	501			501
61	5,04	8	55	140	62	100	20	151	528	175	151	854

## Fazenda Corredeira: "mini-skidder"; zona I

FAIXA V. C.	No de Viagem	Rend. (m3)	No. de árv/viag	Viagem vazia	Form. da carga	Viagem árvores	Grade Desg.	Viagem Fustes	Empilhamento	SOMAT A. E.	Tempos Causais	Tempos Pessoais	TOTAL S
I	1	3,44	4	62	60	50	51	70	85	378			378
I	2	3,44	4	83	62	111	166	34	72	528			528
I	3	4,3	5	95	52	46	179	71	102	545			545
I	4	2,58	3	95	43	84	80	46	87	435			435
I	5	3,44	4	66	42	66	43	59	90	366			366
I	6	2,58	3	72	47	58	36	86	72	371			371
I	7	1,72	2	95	126	50	186	108	133	698			698
I	8	4,3	5	120	59	138	41	51	122	531			531
I	9	2,58	3	90	107	97	40	67	107	508			508
II	10	2,58	3	109	48	57	33	43	57	347			347
II	11	1,72	2	96	177	40	35	152	241	741		350	1091
II	12	3,44	4	156	114	113	163	72	298	916			916
II	13	1,72	2	111	276	71	34	104	154	750	205		955
II	14	2,58	3	160	92	82	102	105	113	654			654
II	15	2,58	3	150	56	74	319	139	59	797			797
II	16	3,44	4	168	352	69	49	106	140	884			884
I	17	4,3	5	104	107	76	31	75	102	495	46		541
I	18	4,3	5	11	200	64	94	75	101	545			545
I	19	4,3	5	94	76	62	36	50	148	466			466
II	20	2,58	3	109	51	70	60	68	105	463			463
II	21	3,44	4	120	86	177	53	64	160	660			660
III	22	2,58	3	86	99	65	91	101	159	601			601
III	23	4,3	5	191	184	76	258	52	170	931			931
III	24	4,3	5	139	104	63	40	31	110	487	215		702
III	25	3,44	4	109	51	120	132	56	123	591			591
III	26	4,3	5	111	131	277	34	44	136	733			733
IV	27	3,44	4	109	62	143	39	66	164	583			583
IV	28	2,58	3	136	41	99	30	47	64	417			417
IV	29	4,3	5	115	50	93	82	70	104	514			514
IV	30	2,58	3	129	91	153	45	53	123	594		179	773
IV	31	2,58	3	138	64	185	44	115	127	673			673
IV	32	3,44	4	210	304	218	31	76	176	1015			1015
IV	33	3,44	4	207	189	81	166	32	102	777	24		801
IV	34	0,86	1	93	125	49	100	124	171	662			662
II	35	3,44	4	121	33	68	27	97	139	485			485
II	36	3,44	4	117	66	57	37	81	132	490			490
II	37	1,72	2	140	30	52	91	142	205	660			660
III	38	3,44	4	199	121	122	85	36	67	630			630
III	39	3,44	4	105	104	99	0	46	104	458			458
III	40	2,58	3	122	90	237	37	56	94	636			636
III	41	2,58	3	142	76	196	26	95	185	720			720
III	42	2,58	3	181	76	239	29	34	138	697			697
III	43	1,72	2	124	56	108	46	89	100	523			523
IV	44	1,72	2	101	149	212	31	100	168	761	67		828
IV	45	1,72	2	191	76	228	38	135	103	771			771

## Fazenda Corredeira: "mini-skidder"; zona II

FAIXA V. C.	No de Viagem	Rend. (m3)	No. de árv/viag	Viagem vazia	Form. da carga	Viagem árvores	Grade Desg.	Viagem Fustes	Empilhamento	SOMAT A. E.	Tempos Causais	Tempos Pessoais	TOTAL S
I	1	1,52	2	99	18	145	29	83	135	509	104	90	703
I	2	1,52	2	94	109	393	49	67	238	950			950
I	3	1,52	2	101	287	88	32	48	96	652			652
I	4	3,04	4	80	124	331	62	149	310	1056			1056
I	5	1,52	2	83	97	188	33	162	151	714			714
I	6	1,52	2	64	55	173	60	235	135	722	67		789
I	7	2,28	3	119	137	200	34	185	382	1057			1057
I	8	2,28	3	93	68	70	80	73	175	559	105		664
I	9	2,28	3	85	66	127	46	58	222	604			604
I	10	1,52	2	130	47	171	0	122	190	660			660
II	11	1,52	2	102	53	265	33	104	344	901			901
II	12	2,28	3	111	83	110	29	68	185	586			586
II	13	2,28	3	108	63	131	28	110	186	626			626
II	14	1,52	2	88	86	115	32	209	247	777			777
II	15	1,52	2	120	286	237	45	92	218	998			998
II	16	2,28	3	118	191	364	82	320	347	1422			1422
II	17	2,28	3	98	184	171	37	404	241	1135			1135
II	18	3,04	4	115	242	111	39	90	296	893	825		1718
III	19	1,52	2	151	110	102	0	43	152	558			558
III	20	2,28	3	103	279	91	0	42	220	735			735
III	21	2,28	3	98	100	132	45	60	202	637			637
III	22	2,28	3	110	276	190	62	53	123	814			814
III	23	1,52	2	124	85	182	0	122	184	697			697
III	24	2,28	3	130	160	125	38	123	181	757	72		829
III	25	2,28	3	111	116	303	0	112	76	718			718
III	26	1,52	2	60	200	396	0	79	287	1022	904		1926
IV	27	3,04	4	105	75	193	21	223	250	867			867
IV	28	1,52	2	105	65	261	33	126	317	907			907
IV	29	3,04	4	100	129	107	47	68	161	612		302	914
IV	30	1,52	2	143	220	256	50	25	256	950			950
IV	31	1,52	2	100	79	154	49	151	182	715			715
IV	32	2,28	3	131	149	171	63	99	166	779			779
IV	33	1,52	2	131	73	291	93	73	243	904			904
IV	34	1,52	2	96	87	188	36	66	226	699			699

## Fazenda Corredeira: "skidder"; zona I

FAIXA V. C.	No de Viagem	Rend. (m3)	No. de árv/viag	Viagem vazia	Form. da carga	Viagem árvores	Grade Desg.	Viagem Fustes	Empilhamento	SOMAT A. E.	Tempos Causais	Tempos Pessoais	TOTAL S
I	1	3	4	126	38	58	113	33	107	475	151		626
I	2	3,75	5	99	75	66	34	36	141	451			451
I	3	5,25	7	84	80	103	43	56	219	585			585
I	4	5,25	7	96	37	68	68	58	159	486	154		640
I	5	4,5	6	122	55	73	42	32	247	571			571
I	6	4,5	6	104	101	62	42	76	323	708			708
I	7	3,75	5	122	73	56	33	59	316	659			659
I	8	5,25	7	124	60	67	79	63	139	532			532
I	9	6,75	9	137	49	75	184	136	87	668		51	719
II	10	4,5	6	72	68	126	473	46	159	944	197		1141
II	11	6	8	140	127	111	112	111	132	733	34		767
II	12	3	4	95	71	71	90	83	369	779	86		865
II	13	4,5	6	161	40	70	82	107	384	844			844
I	14	3	4	132	224	64	69	63	277	829			829
I	15	5,25	7	128	148	64	105	24	192	661			661
I	16	3,75	5	101	54	61	42	72	283	613			613
I	17	6	8	137	42	66	87	21	176	529	143	444	1116
II	18	3,75	5	84	136	71	85	42	143	561			561
II	19	5,25	7	109	153	92	342	38	168	902			902
I	20	4,5	6	105	51	60	31	32	179	458			458
II	21	5,25	7	109	71	74	30	42	166	492		51	543
III	22	5,25	7	91	224	92	100	54	152	713			713
III	23	4,5	6	98	116	95	115	39	294	757			757
III	24	3	4	149	78	87	89	74	269	746		50	796
III	25	3	4	155	131	139	104	70	387	986	125		1111
III	26	3,75	5	169	124	149	132	79	313	966			966
III	27	4,5	6	162	132	135	156	143	187	915			915
III	28	5,25	7	132	226	86	120	53	144	761	207		968
III	29	3	4	169	244	142	63	77	552	1247			1247
IV	30	4,5	6	269	82	126	60	34	154	725	93	103	921

## Fazenda Corredeira: "skidder"; zona II

FALXA V. C.	No de Viagem	Rend. (m3)	No. de árv/viag	Viagem vazia	Form da carga	Viagem árvores	Grade Desg.	Viagem Fustes	Empilha mento	SOMAT A. E.	Tempos Causais	Tempos Pessoais	TOTAL S
IV	1	4,74	6	133	45	257	0	29	91	555			555
IV	2	3,16	4	71	296	134	31	82	299	913			913
I	3	7,11	9	108	137	137	75	36	192	685			685
I	4	4,74	6	103	27	98	30	23	110	391			391
II	5	6,32	8	80	80	130	107	66	156	619			619
II	6	5,53	7	87	86	153	65	52	264	707			707
III	7	3,95	5	93	148	129	37	63	222	692		131	823
I	8	5,53	7	79	90	112	35	28	189	533	112		645
I	9	4,74	6	92	107	110	73	47	128	557			557
I	10	7,11	9	113	448	113	40	49	130	893	34		927
III	11	3,16	4	87	98	244	48	67	200	744			744
III	12	4,74	6	128	75	188	40	51	331	813			813
III	13	5,53	7	94	77	143	42	40	249	645	160		805
III	14	3,16	4	94	109	141	28	34	89	495			495
III	15	6,32	8	81	155	140	218	29	220	843		83	926
IV	16	7,11	9	105	88	132	33	53	285	696		58	754
I	17	4,74	6	99	167	104	47	49	112	578			578
I	18	4,74	6	154	252	169	37	50	416	1078			1078
I	19	7,11	9	120	107	139	36	25	158	585			585
II	20	3,95	5	83	169	184	33	49	227	745			745
II	21	5,53	7	99	75	153	28	40	101	496			496
V	22	5,53	7	101	79	424	93	18	136	851			851
II	23	3,95	5	76	131	97	35	36	135	510			510
II	24	3,95	5	84	128	68	50	34	205	569			569
III	25	4,74	6	115	146	146	61	58	235	761			761
III	26	6,32	8	80	122	132	52	29	100	515			515
III	27	3,95	5	78	111	149	54	40	154	586			586
II	28	5,53	7	69	102	117	83	58	192	621	164		785
III	29	4,74	6	88	173	124	69	24	130	608			608
III	30	5,53	7	97	178	163	102	25	152	717			717
V	31	5,53	7	102	142	128	54	30	143	599			599
II	32	3,95	5	101	230	362	30	65	404	1192			1192
IV	33	4,74	6	127	158	156	40	37	210	728			728
IV	34	3,95	5	127	64	149	30	24	190	584			584
IV	35	3,95	5	128	90	200	39	60	130	647			647
V	36	4,74	6	140	145	199	48	40	243	815		388	1203
V	37	4,74	6	129	64	162	40	22	242	659			659
V	38	6,32	8	121	154	184	81	46	271	857			857
IV	39	3,16	4	121	204	164	94	22	152	757			757
IV	40	5,53	7	129	58	170	47	21	184	609	51		660
V	41	3,16	4	102	147	309	41	52	374	1025			1025
V	42	4,74	6	155	80	188	37	43	176	679			679
V	43	3,16	4	99	211	219	80	50	451	1110			1110
V	44	5,53	7	113	84	168	52	27	191	635	92	161	888

## Anexo 2 Estudo da Compactação

### Dados da resistência a penetração.

POVOAMENTO, superficial , 8 LINHAS 6 REP.  
(25/1)

5	50	5	5	5	0
15	20	10	15	5	10
20	45	5	10	20	10
5	70	5	45	40	5
5	40	5	10	15	5
5	25	15	35	30	10
10	35	0	10	15	5
5	25	5	5	35	10

POVOAMENTO, profundo (0-3"), 8 LINHAS 6  
REP. (25/1)

180	200	50	80	160	70
150	150	125	65	80	100
205	160	70	200	60	110
25	190	30	200	190	140
200	200	45	125	90	110
150	210	80	200	140	90
140	150	30	150	60	110
115	75	60	170	200	170

POVOAMENTO, superficial , 8 LINHAS 5 REP.  
(26/1)

5	5	15	5	5
20	0	5	5	5
25	0	25	0	20
5	5	15	5	40
5	5	15	5	15
0	5	10	10	30
5	25	30	20	15
30	10	5	5	35

POVOAMENTO, profundo (0-3" ) , 8 LINHAS 5  
REP. (26/1)

160	50	25	200	160
120	40	80	200	80
120	50	75	200	60
75	75	100	200	190
70	100	120	90	90
30	110	120	60	140
25	200	180	190	60
190	110	120	120	200

Miniskidder, superficial 8  
LINHAS 5 REP. (1/2)

5	15	15	25	20
0	105	45	10	20
80	35	40	60	25
55	20	45	60	10
35	10	45	40	40
60	80	25	30	55
55	20	50	15	35
40	30	40	10	35

Mimiskidder, profundo (0-3") 8 LINHAS  
5 REP (1/2)

85	200	100	100	100
190	200	200	180	60
150	160	90	200	35
200	180	120	200	100
200	150	100	200	120
200	200	15	200	75
200	200	180	150	100
200	190	200	140	90

Skidder, trilha,  
superficial

100	90	80	5	15
100	145	85	100	65
30	195	70	45	50
60	105	50	55	80
45	150	45	50	80
40	120	90	100	10
80	85	165	140	45
35	90	195	200	80



Skidder, trilha,  
profundo (0 -3")

200	205	200	190	80
200	200	200	150	115
200	200	195	195	160
90	200	200	200	200
160	195	200	125	195
150	160	195	180	200
200	200	200	180	200
200	205	200	200	160

Skidder, solo não  
trafegado,  
superficial

95	10	70	120	15
85	60	70	120	25
80	90	120	120	50
50	60	60	50	70
45	40	110	45	90
0	100	100	65	20
20	70	100	70	60
25	50	100	40	25

Skidder, solo não  
trafegado, profundo  
(0-3")

200	200	170	200	90
180	200	180	130	80
200	205	200	160	120
200	130	160	160	120
200	160	195	200	125
200	200	200	200	120
180	200	200	160	90
200	160	200	120	105

### Anexo 3 Custo/hora das máquinas

CUSTO/HORA METODOLOGIA  
FAO/ECE/KWF

Obs. : valores em dolares americanos  
(us\$)

Miniskidder Valmet Implemater 1280	
Valor de adquisicao (VA)	72000
Menos custo de jogo de pneus	2000
Menos o Valor residual	7200
Valor depreciavel (Vd)	62800
Envelhecimento Tecnico (N)= 5 anos	
Tempo total de uso (H)= 9000 horas	
Horas efetivas de uso (hf)= 1800	
Taxa de juros simples (i)= 12%	
Fator de correcao (f)= 0.6	
Consertos (c)= 0.9	
Vida util dos pneus= 2000 horas	
I. Custo da máquina	u\$s/hora
I.I Custos fixos	
Juros= (VA)*(i)*(f)	0,576
Seguros (VA)*5%=	0,4
	S1= 0,976
I.II Custos semifixos	u < hf
Depreciacao da máquina	7,2
Depreciacao dos pneus	1
Consertos na máquina	6,48
	S2= 11,9
I.III Custos Variaveis	
Combustivel (consumo 12 l/hora)	3
Lubrificante (30% do cons. de comb.)	0,9
	S3= 3,9
I.IV Subtotal Custos da máquina	
Somatoria S1+ S2+ S3 =	S4= 16,776
II Custo do pessoal	
II.I Operador = 700/176	3,977
II.II Ajd.= um traçador : 7,33	7,33
II.III Manutemcao (operad.)*15%	0,59655
	S5= 11,90355
III Custos Diretos	
S4 + S5 =	S6= 28,67955
IV Custos de Administracao	
S6*0.15	S7= 4,301933
V Custo total	
S6 +S7 =	S8= 32,98148

## Calculo do custo\hora do Skidder

Caterpillar 518 C

valores em US\$

GRAPPLE

SKIDDER

Valor de aquisicao (VA)	145000
Menos custo de jogo de pneus	10000
Menos o Valor residual	14500
Valor depreciavel (Vd)	120500

Envelhecimento Tecnico (N)= 5 anos

Tempo total de uso (H) = 12500

Horas efetivas de uso (hf)= 1800

Taxa de juros simples (i)= 12%

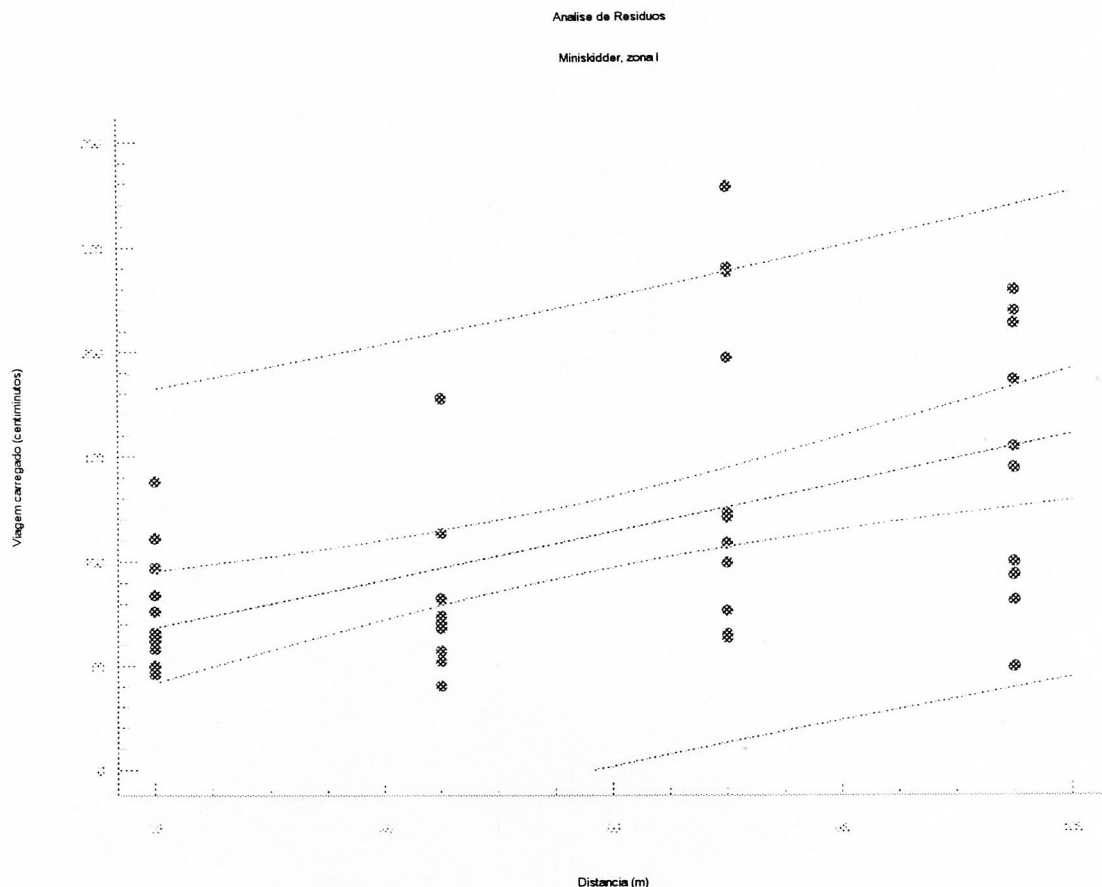
Fator de correcao (f)= 0.6

Consertos (c)= 0.9

Vida util dos pneus= 3000 horas

I. Custo da máquina		u\$s/hora
I.I Custos fixos		
Juros= (VA)*(i)*(f)		0,8352
Seguros (VA)*5%=		0,58
	S1=	1,4152
I.II Custos semifixos	u < hf	
Depreciacao da máquina		10,44
Depreciacao dos pneus		2,5
Consertos na máquina		9,396
	S2=	22,336
I.III Custos Variaveis		
Combustivel (consumo 20 l/hora)		5
Lubrificante (30% do cons. de comb.)		1,5
	S3=	6,5
I.IV Subtotal Custos da máquina		
Somatoria S1+ S2+ S3 =	S4=	30,2512
II Custo do pessoal		
II.I Operador = 775/176		4,403409
II.II Ajd.= dois traçadores : 7,331*2		14,662
II.III Manutemcao (operad.)*15%		0,660511
	S5=	19,72592
III Custos Diretos		
S4 + S5 =	S6=	49,97712
IV Custos de Administracao		
S6*0.15	S7=	7,496568
V Custo total		
S6 +S7 =	S8=	57,47369

## Anexo 4 Análise de Resíduos

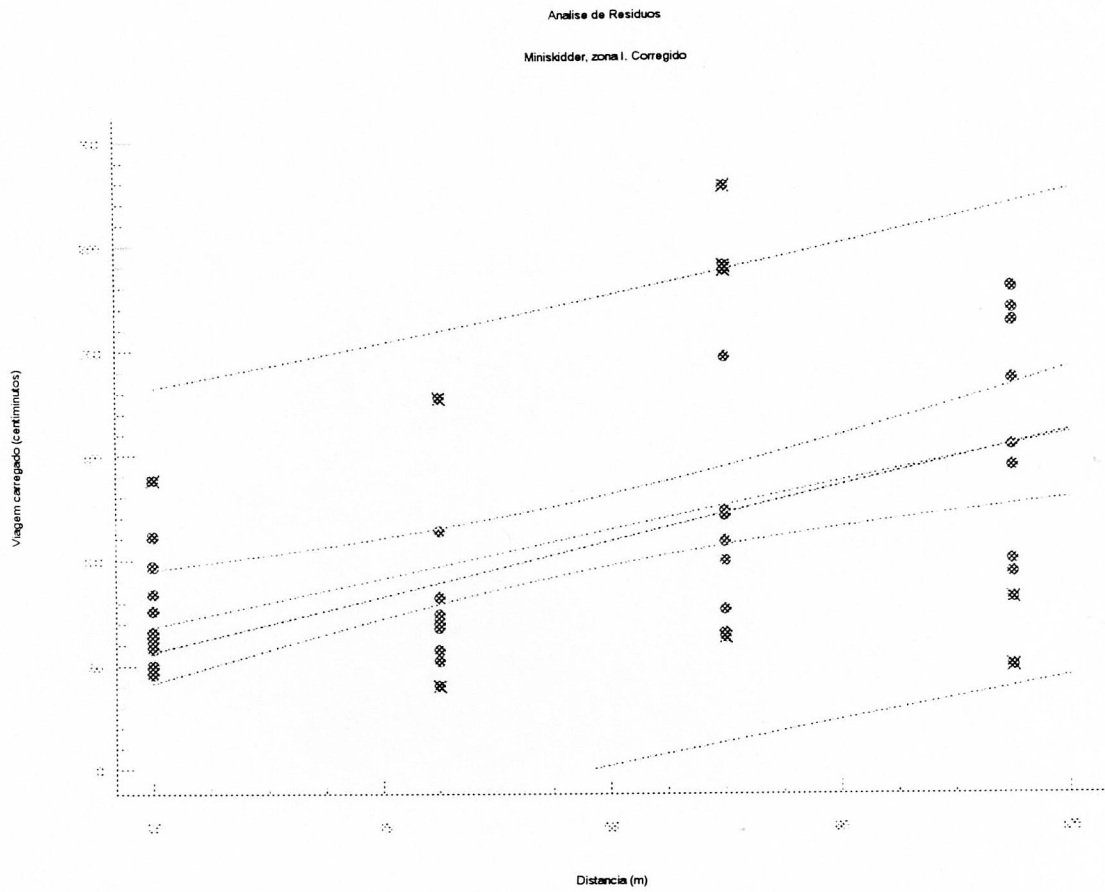


B0: 40.257 SE: 19.702 T: 2.0433

B1: 1.1315 SE: 0.29599 T: 3.8228

CORR: 0.92364 MSE: 3010.8 DF: 43

POINTS DELETED:

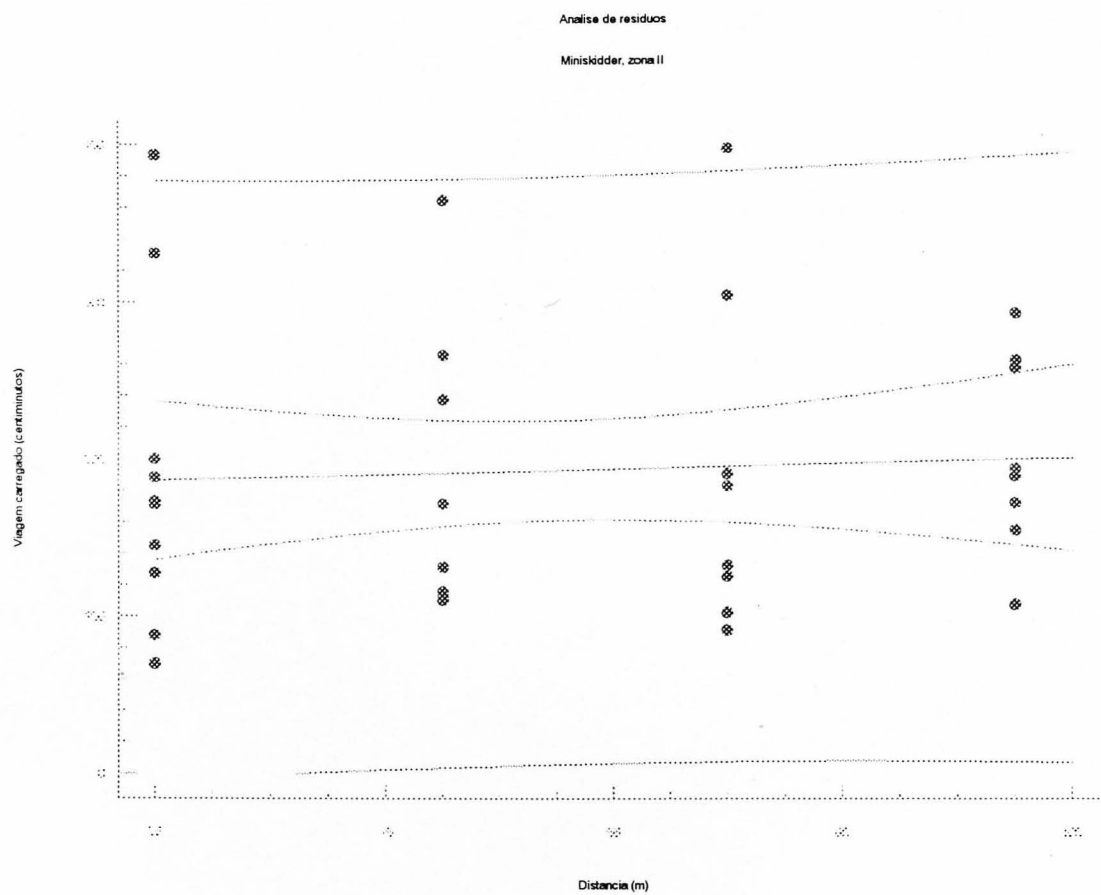


B0: 24.457 SE: 13.78 T: 1.77-8

B1: 1.2822 SE: 0.2126 T: 6.079

CORR: 0.72162 MSE: 1258.4 DF: 34

POINTS DELETED: 8 11 21 24 26 33 34 40 42



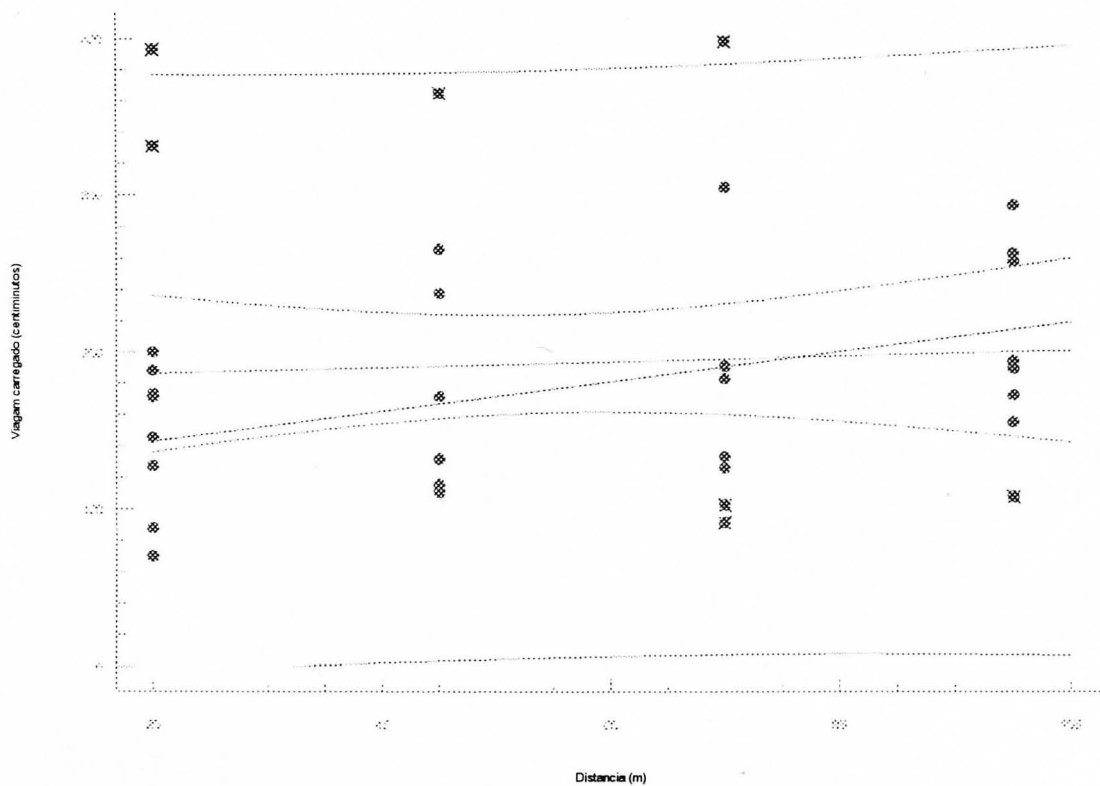
B0: 181.9 SE: 268.18 T: 6.0223

B1: 0.16941 SE: 0.5426 T: 0.31223

CORR: 0.05611 MSE: 4139.8 DF: 32

POINTS DELETED:

Análise de resíduos  
 Miniskidder, zona II, Corregido



B0: 118.92 SE: 24.61 T: 4.8321

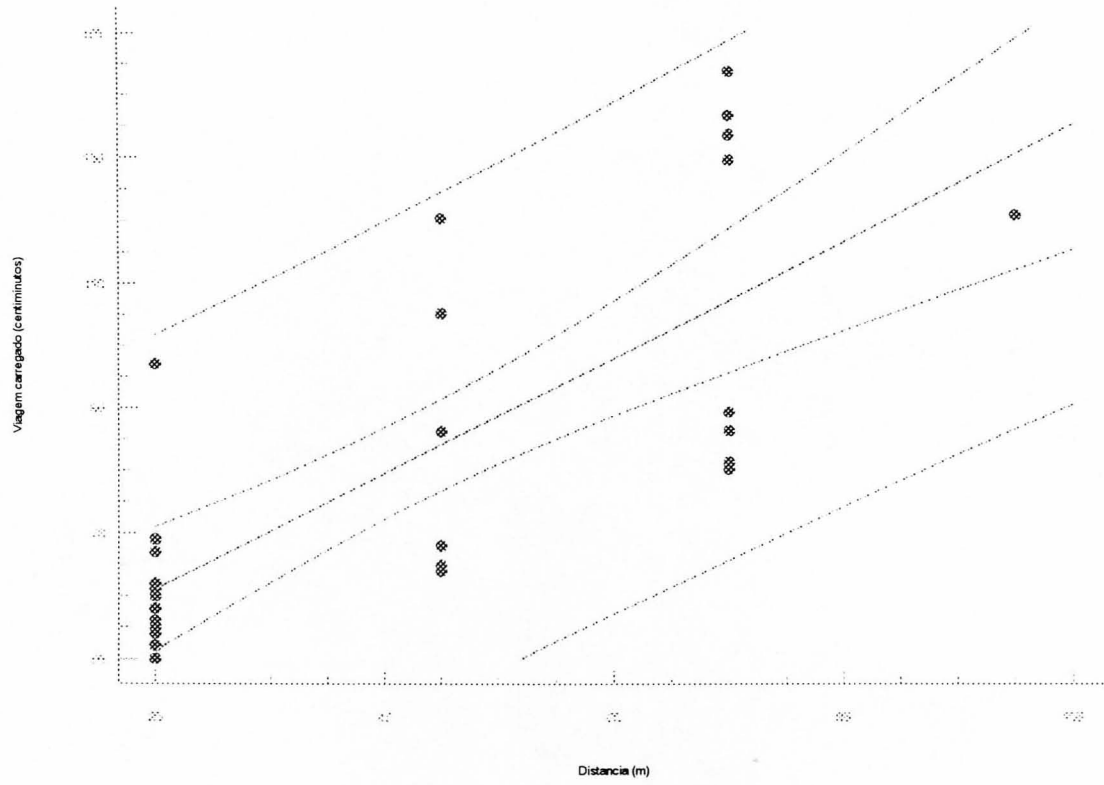
B1: 0.94596 SE: 0.3682 T: 2.5692

CORR: 0.45703 MSE: 3294.2 DF: 25

POINTS DELETED: 2 4 16 19 20 26 29

Análise de resíduos

Skidder, zona I



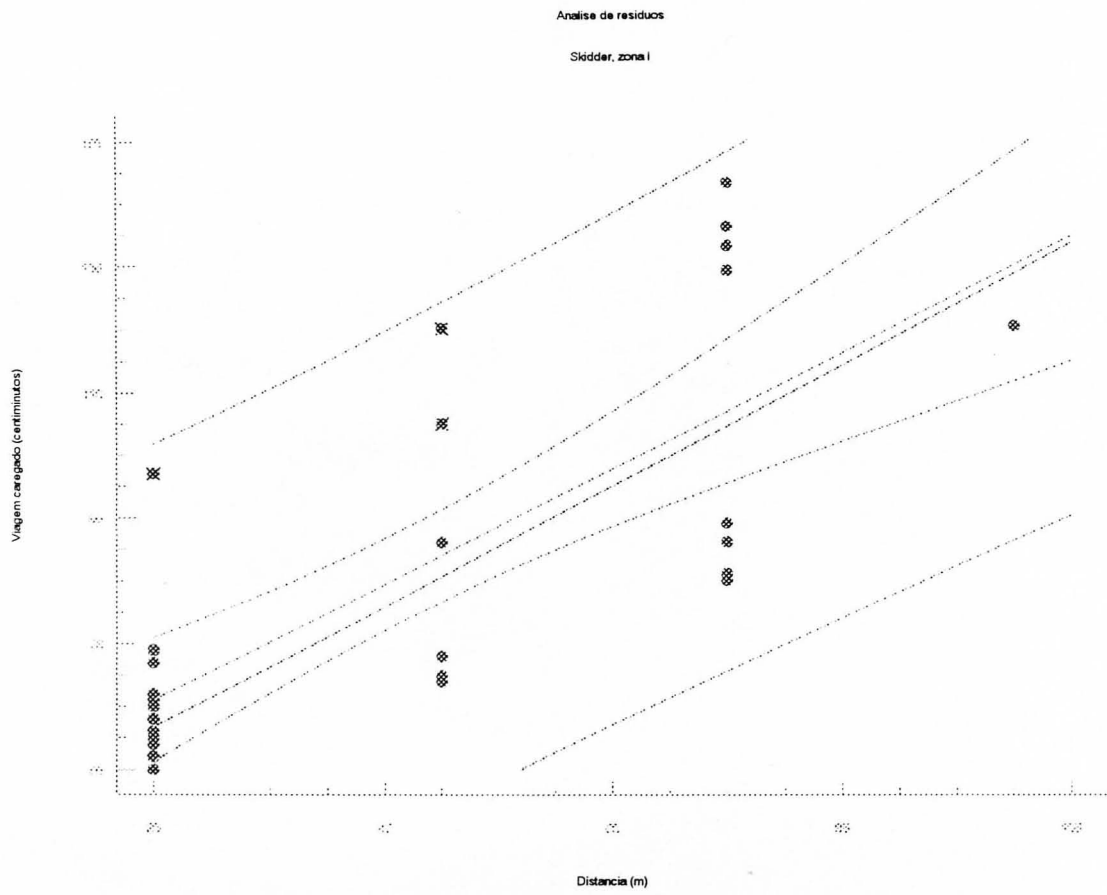
B0: 44.317 SE: 7.9584 T: 5.5706

B1: 0.91393 SE: 0.15287 T: 5.9785

CORR: 0.74983 MSE: 371.84 DF: 20

POINTS DELETED:





B0: 0,525 SE: 7,1574 T: 5,4384

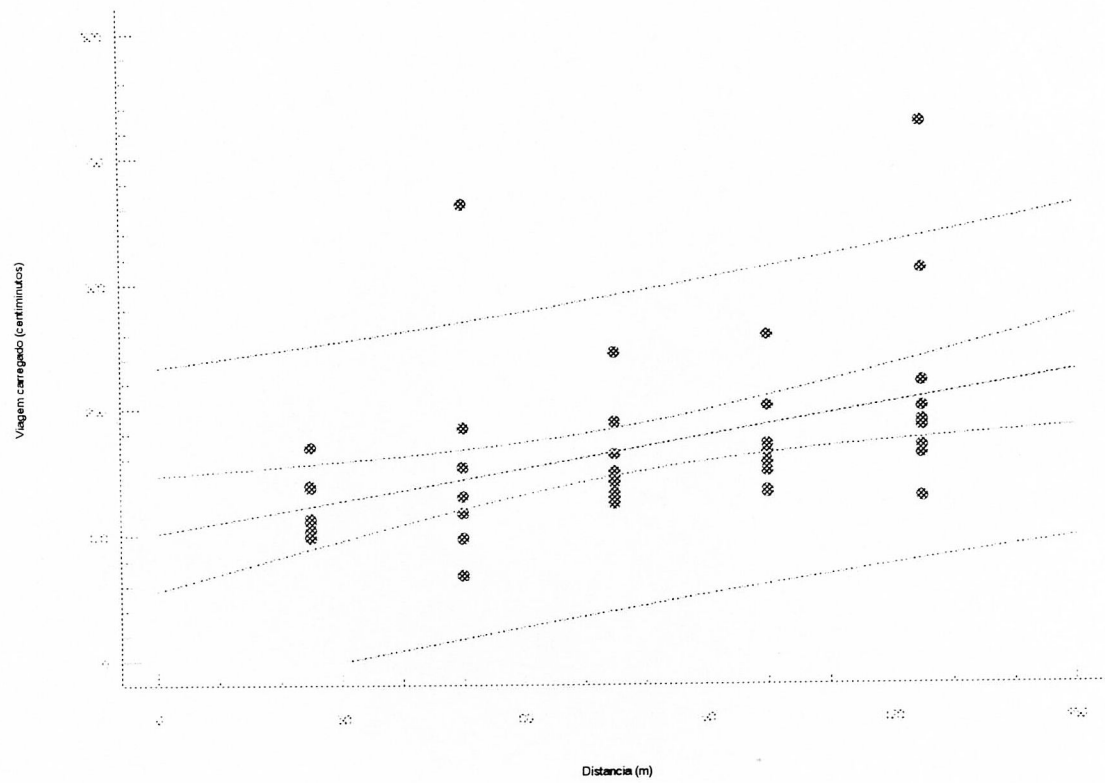
B1: 0,92532 SE: 0,13624 T: 7,0632

CORR: 0,61622 MSE: 291,97 DF: 25

POINTS DELETED: 3 10 11

Análise de resíduos

Skidder, zona II



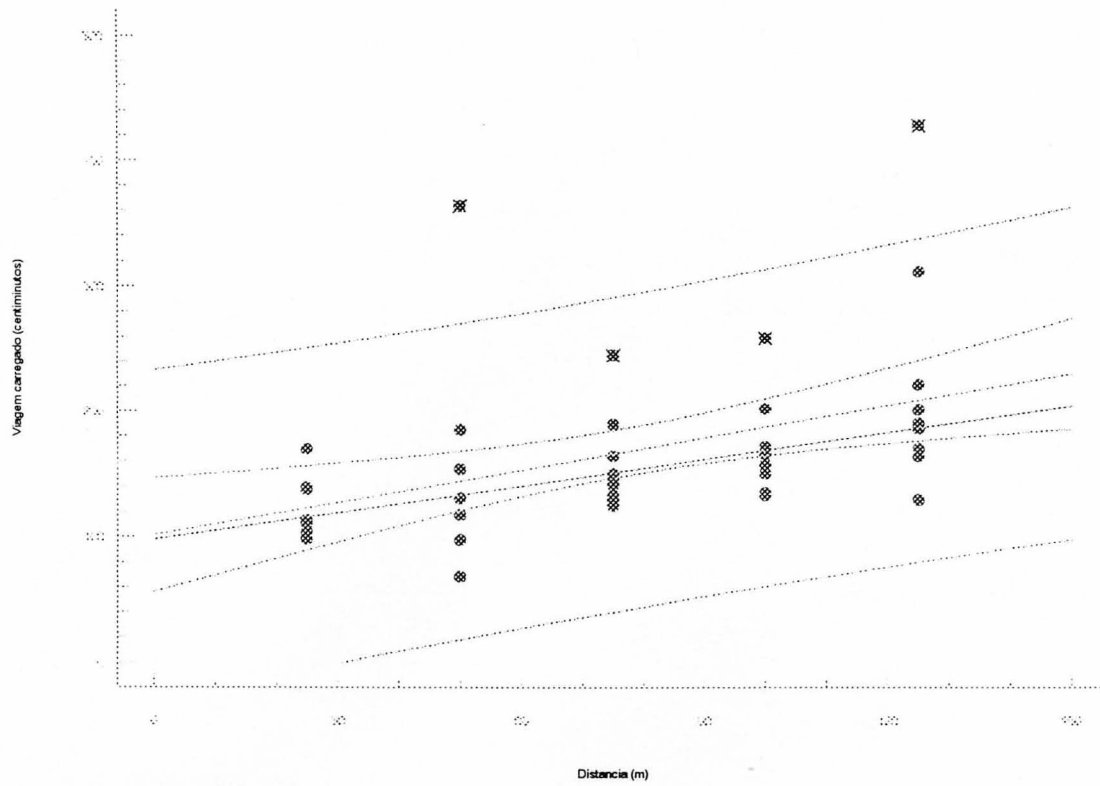
B0: 101.59 SE: 22.268 T: 4.544

B1: 0.64126 SE: 0.26742 T: 3.1456

CORR: 0.49968 MSE: 3750.5 DF: 42

POINTS DELETED:

Análise de resíduos  
Skidder, zona II, Corregido



B0: 87.587 SE: 12.4 T: 7.9322

B1: 0.82365 SE: 0.14899 T: 4.6291

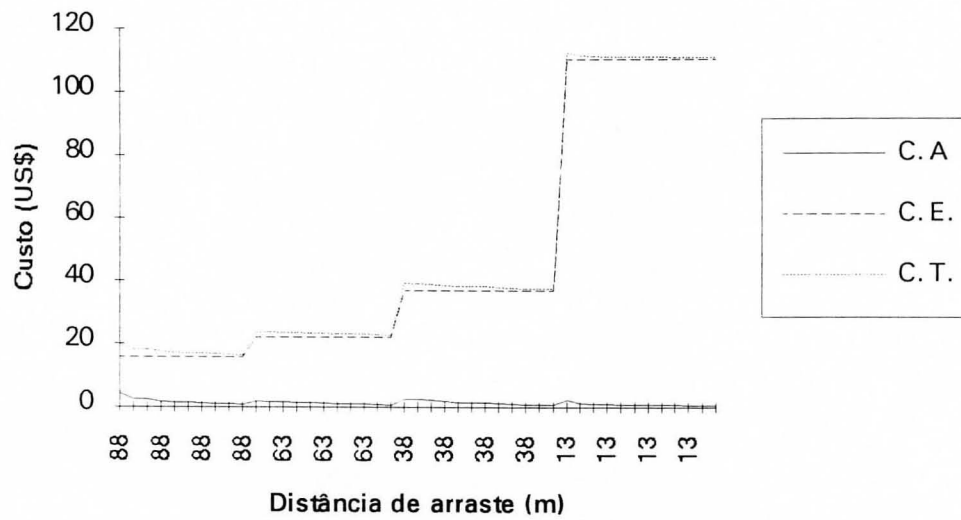
CORR: 0.60048 MSE: 1065.3 DF: 36

POINTS DELETED: 1 11 22 32

## Anexo 5 Distância ótima de arraste, método gráfico

Distância Ótima de Arraste:

“mini-skidder”; zona I



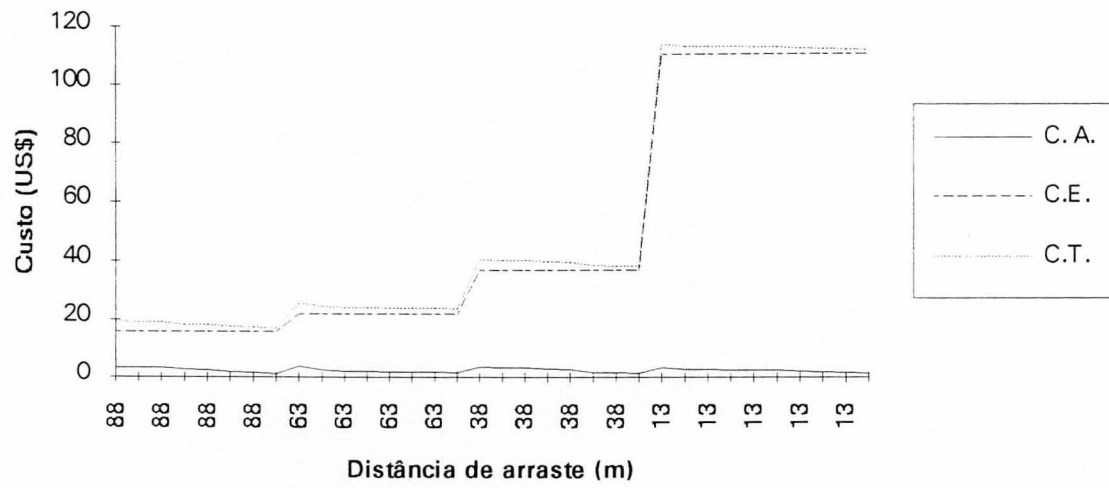
Onde:

C. A. = Custo de arraste

C. E. = Custo de estradas

C. T. = Custo total

“mini-skidder”; zona II



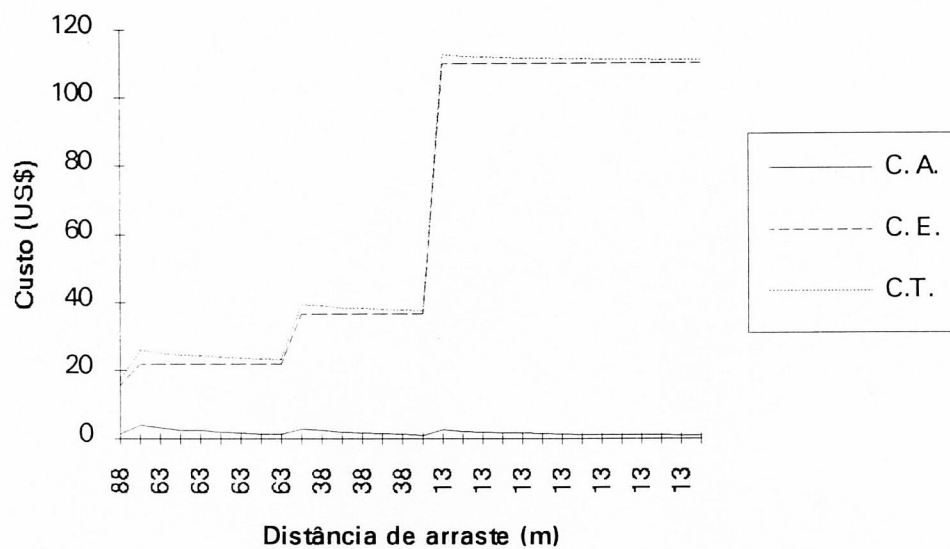
Onde:

C. A. = Custo de arraste

C. E. = Custo de estradas

C. T. = Custo total

“Skidder”; zona I



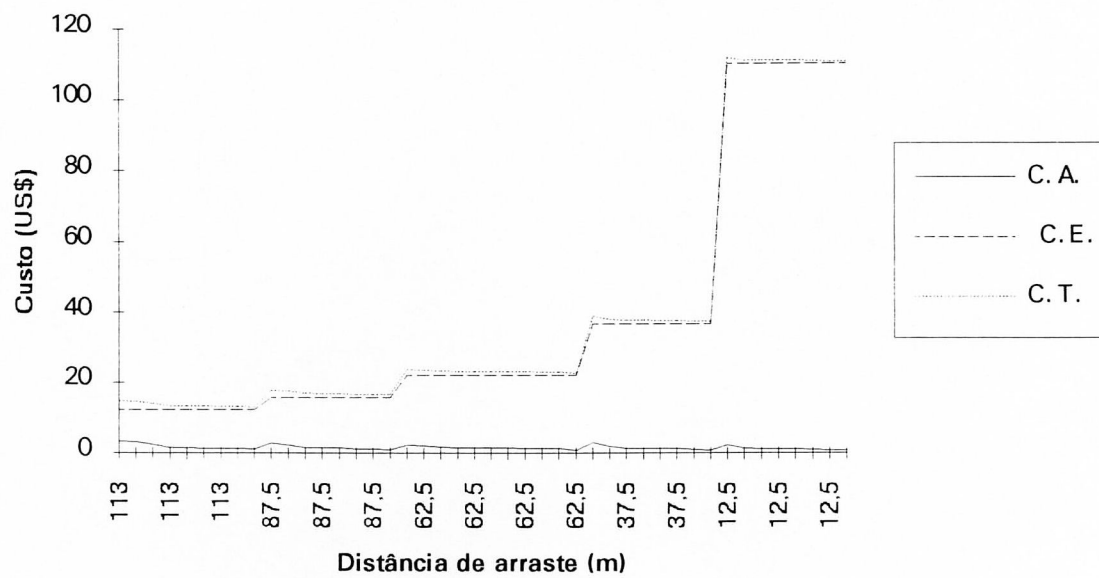
Onde:

C. A.= Custo de arraste

C. E.= Custo de estradas

C. T.= Custo total

## "Skidder"; zona I



Onde:

C. A.= Custo de arraste

C. E.= Custo de estradas

C. T.= Custo total

## GLOSSÁRIO

ANOVA = Análise da variancia

CA = Custo de arraste

CE = Custo de manutenção de estradas

Cs = Coeficiente de arraste

Crs = Coeficiente de resistência ao arraste

CT = Custo total

CTM = Custo total mínimo

DA = Distância de arraste

DOA = Distância ótima de arraste

FNC = Floresta não cortada

FOPS = Estrutura de proteção contra queda de objetos

FWD = Quatro rodas motrizes

HPM = Horas produtivas homem

IC = Índice de cone

kN = kilo Newton

kN/kW = kilo Newton sobre kilo Watt

kW = kilo Watt

min = minutos

m<sup>3</sup> / hpm = metros cúbicos sobre horas produtivas homem

m/s = metros sobre segundo

MSK = Miniskidder

Nm = Newton metro

ROPS = Estrutura de proteção ao tombamento

rpm = revoluções por minuto



SI = Sistema internacional de unidades

SK = Skidder

ST = Solo trafegado

STAE = Somatória de tempos das atividades efetivas

STC = Somatória de tempos por ciclo

SNT = Solo não trafegado

STT = Somatoria de tempos totais

TAM = Trator agrícola modificado

TDA = Tração dupla assistida

TFA = Trator florestal articulado

TVC = Tempo de viagem carregada

Z I = Zona I

Z II = Zona II

## **9. Bibliografia**

- 1) ANAYA, H. e CRISTHIANSEN, P. **Aprovechamiento Forestal**. Ed IICA. 246 pp. 1986
- 2) ANONIMO **Revista tratores**. Ed abril. 170 pp. 1990
- 3) ASHMORE C.; BURT, E.; TURNER, J. **An empirical equation for predicting tractive performance of log-skidder tires**. Transactions of the ASAE. 30 (5): 1231-1236. 1987
- 4) AUST W; REISINGER, T.; STOKRS, B. BURGER, J. **Tire performance as function of width and number of passes on soil bulk density and porosity in a minor stream bottom**. Em: Brissette, J. ed. **Proceedings of the 7th Biennial Southern Silvicultural Research Conference**; Mobile, Al. Gen. Tech. Rep. SO-93. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest experiment Station : 137-141. Nov. 1993
- 5) AYRES, E. e PERUMPRAL, J. **Moisture and density effect on cone index**. Transactions of the ASAE. pp 1169-1172. 1982
- 6) BEECKMAN, F. **Soil strength and forest operations**. Department of Forest Technique and Forest Products. Agricultural University. Wageningen. The Netherlands. 168 pp. 1987
- 7) BOONE, Y. e COOPER, A. **Effects of articulated steering on tractive performance of a rubber tired logging tractor**. Transactions of the ASAE. pp 633-635. 1970
- 8) BURGER, J.; PERUMPRAL, J.; KREH, R.; TORBERT, J.; MINACI, S. **Impact of trucked and rubber-tired tractors on a forest soil**. Transactions of ASAE. pp 369-373. 1985

- 9) BURT , E. C.; BAILEY,A.; PATERSON, R.; TAYLOR, J. **Combined effects of dynamic loads and travel reduction on tire performance.** Transactions of ASAE 22(1):40-45. 1978
- 10) BURT, E. C., BAILEY, A.; TAYLOR, J. **Effect of dynamic load distribution on the tractive performance of tires operated in tandem.** Transactions of ASAE 23(4):1395-1400. 1980
- 11) BURT, E. e BAILEY, A. **Load and inflation pressure effects on tires.** Transactions of the ASAE, pp 881-884. 1982
- 12) BURT, E.C.; KOGER, J.; TAYLOR, J.; BAILEY, A. **Performance of log-skidder tires.** Transactions of ASAE 27(3):670-673. 1984
- 13) CORVANICH , A. **Floating of timber in northern Thailand.** Em Proceedings of IUFRO S3.01-04. Long distance Transport of Wood Products. Symposium on Water Transpor of Wood. Helsinki, Finland. pp 43-60 . 1979
- 14) DICKERSON, B. **Soil compactation after tree-length skidding in northern Mississippi.** Soil Sci. Soc. Am. J., Vol 40: 965-966. 1976
- 15) DIETZ, P. **Parametros da rede viária e sua otimização.** . IV Curso de Atualização sobre Sistemas de Exploração e Transporte Florestal. Curitiba. pp 22-35. 1983
- 16) FAO MONTES No 2. **Planificación de carreteras forestales y sistemas de aprovechamiento.** Roma, 171 pp. 1978
- 17) FAO MONTES No10. **Evaluación de los costos de extracción a partir de inventarios forestales en los trópicos.** Vol. 1 e 2. Roma 150 pp. 1979
- 18) FAO MONTES No 24. **Cable logging systems.** Roma 105 pp. 1981.
- 19) FAO MONTES No 49. **Extracción de trozas mediante bueyes y tractores agrícolas.** Roma, 104 pp. 1984

- 20) FIRTH, J. e MURPHY, G. **Skidtrails and their effect on the growth and management of young *Pinus radiata***. *New Zealand Journal Forestry Science* 19(1):22-8. 1989.
- 21) FISKE, P. e FRIDLEY, R. **Some aspects of selecting log skidding tractors**. *Transactions of ASAE* 18(3):497-502. 1975
- 22) GREENE, W. e STOKES, B. **Perfomance of small grapple skidders in plantation thinning applications**. *South J. Appl. For.* 12 (4) : 243-246. 1988
- 23) GUPTA, S. e LARSON, W. **Modeling soil mechanical behavior during tillage**. In *Predicting Tillage Effects on Soil Physical Properties and Process*. ASA Special Publication n 44, Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, pp 151-178. 1982
- 24) HAKKILA, P. **Logging in Finland**. *Puunkorjuu Suomessa. Acta Forestalia Fennica* 207. 39 pp. 1989.
- 25) HAKKILA, P.; MALINOVSKI, J.; SIRÉN, M. **Feasibility of logging mechanization in Brazilian forest plantations**. Finnish Forest Research Institute. Research paper 404. Helsinki. 66 pp. 1992
- 26) HASSAN, A. **Trafficability study of a cable skidder**. *Transactions of ASAE* 20(1):26-29. 1977
- 27) HASSAN, A. e GUSTAFSON, M. **Factors affecting tree skidding forces**. *Transactions of ASAE* 26(1):47-53. 1983
- 28) HASSAN, A. e SIROIS, D. **Weight distribution characteristics of semi-suspended trees**. *Transactions of the ASAE* 26(5):1291-1297. 1983
- 29) HASSAN, A. e SIROIS, D. **Traction and rolling resistance of a dual tired skidder on wetland**. *Transaction of ASAE* 28(4):1038-1042. 1985

- 30) HASSAN, A.; OAKLEY, R.; CULSHAW, D.; DAWSON, J. **Comparison test of a forestry and agricultural tire.** Transaction of ASAE 30(6):1562-1568. 1987
- 31) HATCHELL, G.; RALSTON, C.; FOIL, R. **Soil Disturbances in Logging.** Journal of Forestry. pp 772-775. 1970
- 32) HERRICK, D. **Tractive effort required to skid hardwood logs.** Forest product Journal, August, pp250-255. 1955
- 33) HIGUCHI, N.; HUMMEL, A.; FREITAS, J; MALINOVSKI, J. STOKES, B. **Exploração florestal nas varzeas do estado de Amazonas: Seleção de árvores derrubada e transporte.** VIII Seminario de Atualização sobre sistemas de exploração e transporte florestal. Curitiba, pp 168-193. 1994
- 34) IFF, R.; KOGER, J.; BURT, E.; CULVER, E. **CARTS: Capacity Analysis of Rubber Tired Skidders.** Transactions of ASAE pp 660-665. 1984
- 35) JAKOBSEN, B. e GREACEN, E. **Compaction of sandy forest soils by forwarder operations.** Soil & Tillage Research, 5: 55-70. 1985
- 36) JENSEN, E. e DAVID, E. **El transporte fluvial de la madera en el Perú.** Proyecto PNUD/FAO/PER 78003. 82 pp. 1980
- 37) KOGER, J.; TROUSE, A.; BURT, E.; IFF, R.; BAILEY, A. **Skidder tire size vs. soil compaction in soil bins.** Transactions of the ASAE 27 (3): 665-669. 1984
- 38) KOGER, J.; BURT, E.; TROUSE, A. **Multiple pass effects of skidder tires on soil compaction.** Transaction of ASAE. pp 11-16. 1985.
- 39) MACHADO, C. e MALINOVSKI, J. **Ciência do trabalho florestal.** Universidade Federal de Viçosa. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Engenharia Florestal. 65 pp. 1988.

- 40) MALINOVSKI, J. **Metodología do custo-hora para máquinas florestais**. IV Curso de Atualização sobre Sistemas de Exploração e Transporte Florestal. Curitiba. pp 57-70. 1983
- 41) MALINOVSKI, J. e FENNER, P. **Levantamento e análise dos sistemas de exploração utilizados em povoamentos de Pinus spp. no Sul do Brasil**. FUPEF. do Paraná. 65 pp. 1991.
- 42) MALINOVSKI, J. **Descrição de termos**. Departamento de Silvicultura e Manejo. U.F.Pr. 8 pp. (não publicado). 1993
- 43) MANOR, G.; CLARK, R.; RADCLIFFE, D; LANGDALE, G. **Soil cone index variability under fixed traffic tillage systems**. Transactions of the ASAE . Vol 34 (5): 1952-1956. 1990
- 44) MATHES ,R; WATSON, W.; SIROIS, D. **Consideratiion of forces involved during skidding operations**. ASAE paper 83-1624. St. Joseph, MI: American Society of Agricultural Engineers. 9 pp. 1983.
- 45) MATTHES, R.; WATSON, W.; SAVELLE, I.; SIROIS, D. **Effect of load and speed on fuel consumption of a rubber-tired skidder**. Transaction of ASAE 31(1):37-39. 1988.
- 46) MATTHES, R.. e WATSON, W. **Measurements of pressure at the soil- tire interface of a rubber-tired skidder**. In International Summer Meeting. American Society of Agricultural Engineers. Canadian Society of Agricultural Engeneers. Quebec, Canada. 1989.
- 47) MC DONALD, T; STOKES, B.; WILHOIT, J. **Field evaluation of skidder tire tractive performance**. International winter meeting sponsored by the American Society of Agricultural Engineers. ASAE paper 92-7514. St. Joseph, MI: American Society of Agricultural Engineers, 19 p. 1992

- 48) MILLER, C.; GREENE, W. **A comparative study of the delimiting gate and the CTR model 314 delimeter**. Em: JACKSON, B.; GREENE, W. eds. Proceedings of the Southern Regional Council on Forest Engineer annual meeting, "Advances in-woods delimiting and processing technology". Macon, GA. Athens, GA: University of Georgia, School of Forest Resources and Extension Forest Resources. pp 1-9. 1991.
- 49) MOREIRA, M. **O desenvolvimento da mecanização na exploração florestal sob a ótica dos custos**. VII Seminario de Atualização sobre sistemas de exploração e transporte florestal. Curitiba, pp 161-171. 1992.
- 50) MULQUEEN, J.; STAFFORD, J.; TURMER, D. **Evaluation of penetrometers for measuring soil strength**. Journal of Terramechanics 14 (3): 137-151.
- 51) MURPHY, G. **Pinus radiata survival growth and form four years after planting off and on skidtrails**. New Zealand Journal of Forestry, 28(2):184-83. 1983
- 52) OLSEN, E. e GIBBONS, D. **Predicting skidder productivity: a mobility model**. Oregon State University, School of Forestry. Research Bulletin 43. 19 pp. 1983
- 53) PERUMPRAL, J.V.; BALDWIN, J.D.; WALBRIDGE, T.A.; STURAT, W.B. **Skidding forces of tree length logs predicted by a mathematical model**. Transactions of ASAE 20(6): 1008-1012. 1977
- 54) RADCLIFFE, D.; TOLLNER, E.; HARGROVE, W.; CLARK, R; GOLABI, M. **Effect of tillage practices on infiltration and soil strength of a Typic Hapludult soil after ten years**. Soil Sci. Soc. Am. J. Vol 52: 798-804. 1988
- 55) RAGHAVAN, G.; Mc KYES, E.; AMIR, J.; CHASE, M.; BRUGHTON, R. **Prediction of soil compactation due to off-road vehicle traffic**. Transaction of ASAE. pp 610-613. 1976

- 56) RAWLINS, C.; JOHNSON, C.; BURT, E. **Traction prediction equation coefficients for forestry tires.** ASAE paper 89-1556. St. Joseph, MI: American Society of Agricultural Engineers. 29 pp. 1990.
- 57) ROESLER, E. **Evolução da mecanização e segurança nos trabalhos de colheita de madeira.** VIII Seminário de atualização sobre sistemas de exploração e transporte florestal. Curitiba. pp 20-37. 1994
- 58) ROLOFF, G. **Aspectos Dinâmicos da Estrutura dos Solos e seu Estudo.** Embaixada do Brasil em Washigton. Setor de Ciência e Tecnologia. 91 pp. 1986
- 59) ROLOFF, G. **Efeitos da largura do Pneu na compactação por tráfego de colheitadeira.** XXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Porto Alegre. 1991.
- 60) RUMMER, B; SIROIS, D. **A preliminary assesment of tire-size effectes on the productivity and site impacts of skidders operating on steep terrain.** ASAE paper 84-1619. St Joseph, MI : American Society of Agricultural Engineers. 17 pp. 1984.
- 61) RUMMER, B.; ASHMORE, C. **Factors affecting the rolling resistance of rubber-tired skidders.** ASAE paper 85-1611. St. Joseph, MI : American Society of Agriculture Engineers. 13 pp. 1986
- 62) RUMMER, B.; SIROIS, D.; STOKES, B. **Modeling the ride dynamics of rubber-tired skidders.** ASAE paper 86-1617. St. Joseph, MI : American Society of Agriculture Engineers. 18 pp. 1988
- 63) SAN'T ANNA, M. **O planejamento florestal em exploração florestal com alto nível de mecanização.** VI Seminário de atualização sobre sistemas de exploração e transporte florestal. Curitiba. pp 23-36. 1989.
- 64) SAN'T ANNA, M. **Tendências atuais e perspectivas futuras dos sistemas de extração florestal.** VII Seminário de atualização sobre sistemas de exploração e transporte florestal. Curitiba. pp 137-160. 1992



- 65) SCHAFER, R.; BAILEY, A.; JOHNSON, C.; RAPER R. **A Rationale for modeling soil compactation behavior: An engeneerig mechanics approach.** In International Sumer Meeting. ASAE. CSAE. Quebec, Canada.1989
- 66) SHETRON, S.; STUROS, J.; PADLEY, E.; TRETTIN C. **Forest Soil Compactation: Effects of Multiple Passes and Loading on Wheell Truck Surface Soil Bulk Density.** North Journal of Applied Forestry 5:120-23. 1988
- 67) SDILE, R. e DRLICA, M. **Soil compactation from logging with a low-ground pressure skidder in the Oregon Coast Ranges.** Soil Sci. Soc. Am. J. 45:1219-1224. 1981
- 68) SIROIS, D.; STOKES, B.; RAWLINS, C. **Cone penetrometers - How do they measure up ?** ASAE paper 89-7067. St. Joseph, MI : American Society of Agriculture Engineers. 10 pp. 1989
- 69) SOANE, B. **Techniques for measuring changes in the packing state and cone resistance of soil after the passage of wheels and tracks.** Journal of Soil Science, Vol. 24, No. 3, 1973.
- 70) STEELE, J.; KOGER, J; TROUSE, A.; SIROIS, D. **Core versus nuclear gauge methods of determining soil bulk density and moisture content.** Resaech Note, SO-295. Southern Forest Experiment Station. 6 pp. 1983.
- 71) STHÖR, G. **Analise de sistema na exploração e transporte em florestas plantadas.** Revista Floresta, pp 57-76, 1976.
- 72) STOKES, B. e LANDFORD, B. **Patterns and equipment for selective thinning.** Em: Proceedings of Workshoop on Thining Southern Pine plantations; Long Beach; MS.pp 105-118. May, 1982

- 73) STOKES, B. e LANDFORD, B. **Prebunching and skidding functions in thinings.** ASAE paper 85-1594. St. Joseph, MI : American Society of Agriculture Engineers. 9 pp. 1985.
- 74) STOKES, B.; KLUENDER, R.; WILLIAMS, R.; KLEPAC, J. **Assesments of cost and impacts for alternative harvesting methods in mixed stands.** Em Brissette, John C. ed. Proceedings of 7th biennals southren silvicultural research conference. Mobile, AL. Gen. Tech. Rep. SO-93. New Orleans, LA: U.S. Departament of Agriculture, Forest Service, Southern Forest experiment Station : 655-662. Nov. 1993
- 75) STREIT, M.; OLIVEIRA, M.; HASELGRUBER, F. **Mecanização florestal.** Manual do Tecnico Florestal. Vol 2: 152-365. 1986.
- 76) TAYLOR , J.; BURT , E.; BAILEY, A. **Effect of total load on subsurface soil compactation.** Transactions of the ASAE. pp 568-570. 1980.
- 77) TAYLOR, J. e GILL, W. **Soil compactation: state-of-art report.** Journal of Terramechanics, 21(2):195-213. 1984
- 78) THEES, O. **Relatório técnico sobre a sitaução da rede viária da RIGESA, Celulose, Papel, e Embalagens Ltda.** RIGESA relatório interno, 57 pp . 1987
- 79) TUFTS, R. e STOKES, B. **Productivity of ruber tired grapple skidders performing gate delimiting.** Em: Proceedings of the 1986 Society of American Forest National Convention. Birmingham, AL. Bethesda, MD: Society of American Foresters. pp 348-352. 1986.
- 80) TUFTS, R. ; STOKES, B.; LANDFORD, B.. **Productivity of grapple skidders in southern pine.** For. Prod. J. 38 (10): 24-30. 1988
- 81) TUFTS, R. e BRINKER, R. **Productivity of grapple skidders with gate delimiting.** Em: STOKES, B. ed. Proceedings of the First meeting of the Southern Regional Council

on Forest Engineer. Auburn, AL: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station; 79-82. May 1989.

82) WASTERLUND, I. **Strength components on the forest floor restricting maximum tolerable machine force.** *Journal of Terramechanics* 26(2):177-182. 1989.

83) WASTERLUND, I. **Extent and causes of site damage due to forestry traffic.** *Scan. J. For. Res.* 7: 135-142, 1992.

84) WIBSTAD, K. **Water transport of wood: Regional report from Europe.** In Proceedings of IUFRO S3.01-04. Long distance Transport of Wood Products. Symposium on Water Transport of Wood. Helsinki, Finland. pp 9-18. 1979

85) WISMER R.D., LUTH, H.J. **Off-road traction prediction for wheeled vehicles.** *Transactions of ASAE* 17(1): 8-10,14.1974

86) YASIN, R.; GRISSE, R.; BASHFORD, L.; JONES, A.; MIELKE, L. **Normalizing cone resistance values by covariance analysis.** *Transactions of the ASAE.* Vol 36 (5): 1267-1270. 1993