

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

MAYARA ANTUNES IANCHESKI

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE DOIS EQUIPAMENTOS PARA TRITURAÇÃO DE
RESÍDUOS FLORESTAIS**

CURITIBA

2018

MAYARA ANTUNES IANCHESKI

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE DOIS EQUIPAMENTOS PARA TRITURAÇÃO DE
RESÍDUOS FLORESTAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito para a conclusão da disciplina ENGF006 e requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Orientador de Estágio: Prof. MSc. Décio José de Figueiredo

CURITIBA

2018

AGRADECIMENTOS

Gostaria primeiramente de agradecer a minha família por todo amor e apoio, sempre incentivando meus sonhos e sendo o meu porto seguro. Sou quem sou porque vocês estiveram e estão sempre ao meu lado.

Ao meu namorado, quero que saiba que reconheço tudo que fez por mim, a força que incutiu no meu pensamento para não desistir e o conforto de saber que nunca estarei só e serei sempre capaz de tudo por maiores que sejam as dificuldades.

A empresa Klabin pela oportunidade oferecida, principalmente a equipe de Projetos e Treinamentos Florestais por toda paciência, aprendizado em todos os dias que estive com eles e por se tornarem uma nova família em Telêmaco Borba.

Aos meus supervisores pela confiança de terem me escolhido estagiária, pelos ensinamentos diários e companheirismo que nunca faltou.

Agradeço também a Universidade Federal do Paraná, principalmente o curso de Engenharia Florestal que me deu o incentivo e os meios necessários para correr atrás do meu sonho.

Aos professores que me deram o maior bem do mundo: o conhecimento, eu só tenho uma palavra, obrigada!

A todos os meus amigos que por mais distantes que estejam, estão sempre no meu coração me fazendo sorrir, por simples lembranças inesquecíveis.

Agradecer a minha Afrodite, por ser o melhor cachorro do mundo, repleta de companheiro e amor, sempre esperando a minha chegada em casa feliz e radiante.

E por último, mas não menos importante, ao Coritiba que me ensina diariamente a ser resiliente. Por mais difícil que o dia esteja ele sempre pode piorar, então respira e segue o jogo!

RESUMO

A busca por excelência em operações florestais é intensa e constante, demandando incessante acompanhamento de inovações tecnológicas, otimização de recursos e redução de custos. Este trabalho tem como objetivo analisar diferentes máquinas para liberação de áreas, bloqueadas devido a presença de resíduos de *Eucalyptus* sp. resultantes de colheita florestal. O estudo foi realizado na empresa Klabin, localizada no município de Telêmaco Borba, Paraná. Foram testados dois equipamentos para realizar a trituração dos resíduos, um Trator de pneu da marca valtra modelo S353, com um cabeçote triturador FAE e um Triturador mulcher 480B da marca Tigercat, onde a máquina base é um trator de esteira junto a um cabeçote triturador. Foram definidos dois cenários para realização dos testes, sendo um, pilhas de resíduos de eucalipto enleirados na borda do talhão e o outro, faixas de resíduos presentes em campo após a operação de colheita *full tree*. Os equipamentos foram acompanhados em campo no período de teste e assim coletado dados para gerar índices de produtividade, consumo e eficiência operacional. Ambos os equipamentos apresentaram dificuldades devido a concentração de resíduos em campo e altura de pilha. O trator valtra com cabeçote FAE não chegou a finalizar o período total de teste, devido ao baixo rendimento e a grande dificuldade encontrada. Entre tanto, na operação do triturador mulcher, para otimizar a sua eficiência foi colocado uma escavadeira florestal para distribuir e organizar o material, diminuindo a concentração de resíduo e altura de pilha. Observou-se no teste que ambos os equipamentos conseguiam triturar os resíduos, mas quando existia uma grande concentração do material o cabeçote FAE travava o rolo triturador e não conseguia se manter em operação. Desta forma os resultados operacionais do triturador mulcher foram mais atrativos quando comparados com o trator valtra.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 OBJETIVOS	8
2.1 OBJETIVO GERAL	8
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
3 REVISÃO DE LITERATURA	9
3.1 FLORESTA PLANTADA	9
3.2 MECANIZAÇÃO DA COLHEITA FLORESTAL	10
3.3 SILVICULTURA	11
3.4 PREPARO DO SOLO	12
4 MATERIAL E MÉTODOS	13
4.1 ORIGEM DOS DADOS	13
4.2 DEFINIÇÃO DOS CENÁRIOS	14
4.3 TRITURADORES	16
4.3.1 Trator agrícola Valtra S353 + cabeçote FAE	16
4.3.2 Trator de esteira com cabeçote Mulcher	18
4.4 AVALIAÇÕES	20
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5.1 RESULTADO TRATOR VALTRA + CABEÇOTE FAE	21
5.2 RESULTADOS - TRITURADOR MULCHER.....	24
6 CONCLUSÕES	27
7 REFERÊNCIAS	28

1 INTRODUÇÃO

O setor florestal com base nas florestas plantadas de eucalipto, pinus e demais espécies que são utilizadas para fins industriais e representam uma importante cadeia produtiva no cenário brasileiro. Cujo o grande benefício para o país pode ser resumido devido ao conjunto da sustentabilidade, onde temos empresas que conservam os recursos naturais, proporcionam condições justas de trabalho e estimulam boas relações com as comunidades.

Para suprir a demanda dos diversos produtos do setor florestal são necessários amplos aspectos silviculturais, desde determinar os melhores indivíduos para plantio, onde então ocorrerá o processo de transferência das mudas do viveiro ao campo, seguido dos manejos culturais destinados a favorecer o crescimento inicial das plantas no campo.

Para ter uma alta produtividade e madeira de qualidade requer uma definição específica de objetivos e usos potenciais dos produtos e subprodutos da floresta. Além de um conjunto de atividades operacionais desde a implantação da floresta até sua extração, onde atualmente a grande maioria das empresas adotam sistemas mecanizados para as operações florestais.

A empresa Klabin foi fundada em 1899 e é a maior produtora e exportadora de papéis do Brasil. Conta com uma área de 229 mil hectares plantados com pinus e eucalipto e 214 mil hectares de matas nativas preservadas. As operações florestais da empresa contam com alto nível de mecanização desde o preparo de solo até a extração da florestal.

A algum tempo admitia-se que o maior benefício da mecanização nas operações florestais era a redução do custo, devido a diminuição de mão de obra disponível e o aumento de custos e encargos sociais, a mecanização se tornou peça fundamental para manter a viabilidade econômica das florestas.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho foi fazer uma análise do sistema mecanizado de trituração de resíduos de dois equipamentos utilizados no mercado e encontrar uma possível solução mecanizada para liberação de áreas que estão perdidas devido a presença de resíduos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Testar diferentes equipamentos para trituração de resíduos;
- Determinar o melhor equipamento para liberação de áreas;
- Gerar comparativos de produtividade e consumos.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 FLORESTA PLANTADA

As plantações florestais começaram a ganhar expressão na segunda década do século XX, devido inúmeros fatores favoráveis tais como qualidade da madeira com padrão homogêneos, produtividade maior, facilidade no controle dos ciclos de produção, redução de custos, proximidade dos centros consumidores, dentre outros (Garlipp e Foelkel, 2009).

Atualmente as florestas são cultivadas para produção de celulose, papel, painéis de madeira, piso laminado, carvão vegetal para siderúrgicas sempre buscando suprir a crescente demanda por madeira de forma responsável e sustentável, e ao mesmo tempo contribuem para a conservação das florestas naturais, manutenção da biodiversidade, regulação dos fluxos hídricos, conservação do solo e das nascentes e combate a mudanças climáticas (IBÁ, 2017).

Em 2016 a participação do setor de árvores plantadas foi de 1,1 % de toda a riqueza gerada no País, 6,2 % do PIB (Produto Interno Bruto) industrial, gerando R\$ 11,4 bilhões em tributos federais, estaduais e municipais ao longo do ano, o que corresponde a 0,9 % de toda a arrecadação nacional (IBÁ, 2017).

O setor florestal brasileiro tem crescido cada vez mais nos últimos anos, aumentando o número de áreas de florestas plantadas. De acordo com o IBGE (2017) o Brasil possui cerca de 9,85 milhões de hectares, que corresponde a 1,1% do território nacional. E a expectativa para 2020 é que esse número duplique, devido grandes investimentos no setor florestal (Andrade 1998).

O Brasil possui uma das maiores áreas de florestas plantadas no mundo, destaca-se, dentre todas o gênero *Eucalyptus* sp., o qual representada 75,2 % das áreas florestais plantadas. O País recebe os méritos de ser um dos líderes mundiais no desenvolvimento científico do gênero. De acordo com IBÁ, (2017) o eucalipto tem boa adaptação em todas as regiões do Brasil, com elevado potencial silvicultural e plantios em larga escala.

Já os plantios de coníferas representam 20,6 % de áreas plantadas, principalmente do gênero *Pinus* sp. A madeira de pinus é mais durável e fácil de ser tratada, demonstrando boa trabalhabilidade quando comparada a outras espécies do setor (IBÁ, 2017).

Além de servirem como fonte de fibras e madeira, poupando as florestas nativas, existem também outros pontos positivos das florestas plantadas, nesse sistema o solo é menos exposto a longos períodos de luz e altas temperaturas, o que torna um indicador de sustentabilidade.

Buscar a sustentabilidade faz parte da gestão dos negócios da indústria de base florestal. Do cultivo das mudas até a destinação correta dos resíduos sólidos, a cadeia produtiva do setor no Brasil é uma das mais sustentáveis do mundo (IBÁ, 2017).

3.2 MECANIZAÇÃO DA COLHEITA FLORESTAL

Com o aumento das atividades de reflorestamento no Brasil, a demanda da mecanização nas operações de colheita se tornou cada vez mais frequente. Existem relatos, segundo Conway (1976), da derrubada de árvores de forma mecanizada por volta de 1879, com auxílio de equipamentos movidos a vapor.

A mecanização teve um avanço expressivo quando as motosserras chegaram nas atividades de derrubada. Os primeiros registros encontrados do surgimento de motosserras foram na Rússia e Alemanha por volta de 1930, elétricas e a gasolina, mas ainda estavam longe de serem aceitos pelas indústrias florestais (Koroleff, 1952).

Koroleff em 1952 ainda cita que no início dos anos 50 estava começando um tipo especial de equipamento, que combinava as atividades de derrubada de árvores com o arraste de toras, possivelmente sendo uma das primeiras tentativas de iniciar esses sistemas combinados de mecanização.

Nos anos 70 ocorreu a modernização mais intensa na operação florestal, onde chegaram ao Brasil as primeiras máquinas importadas e a indústria nacional começou a produzir maquinários agrícolas adaptados para o setor florestal. (Moreira, 1998).

Com o aumento da produção do setor florestal, a demanda por madeira cresceu, mas ocorreu uma redução na disponibilidade de mão de obra. Sendo assim, diversas empresas começaram a buscar sistemas de colheita mecanizados alternativos, visando ganhos na mão de obra, redução dos índices de acidentes e melhor ergonomia nas atividades. Desta forma a mecanização passou a ser mais estudada, pois apresentava um alto potencial no aumento de produtividade, redução de custos, além de melhorar as condições de trabalho, (Moreira, 1998).

Existem diversos tipos de colheita mecanizada, que devem levar em considerações variáveis como habilidade e experiência dos operadores, características do terreno como tipo de solo e topografia, características morfológicas da espécie florestal, diâmetros e finalidade do produto, para então realizar as adaptações necessárias nas máquinas. (Conway, 1976; Machado, 1984).

Os principais sistemas de colheita de madeira no Brasil são chamados de sistemas de toras curtas (*cut-to-length*) e sistemas árvores inteiras (*full tree*). Os sistemas de toras curtas – CTL são aqueles que toda a árvore é processada no local de derrubada, sendo extraída para a margem da estrada em forma de pequenas toras de 1 a 7 metros de comprimento. (Malinovski *et al.*, 2002). E no sistema *full tree* apenas o abate da árvore é realizado dentro do talhão, de forma que o desgalhamento e traçamento ocorre na lateral da área.

A operação de colheita mecanizada apesar de buscar um aproveitamento otimizado da floresta, acaba gerando grande quantidade de resíduos da exploração florestais, que segundo Brasil (2006), são materiais orgânicos que ficam na floresta após a colheita da madeira.

3.3 SILVICULTURA

A Silvicultura tem papel crucial no manejo de uma floresta sustentável, visto que é ela que cuida de todos os detalhes que envolve o plantio de árvores. É a arte ou a ciência de manipular um sistema dominado por árvores e seus produtos, com base no conhecimento das características ecológicas do sítio, com vista a alcançar o estado desejado, e de forma economicamente rentável (Louman *et al.*, 2001).

Para que se obtenha rendimentos elevados, sem prejudicar o equilíbrio ecológico é necessário ter informações sobre as condições do sítio ecológico, tipo de intervenção silvicultural, capacidade de regeneração e crescimento, intensidade de exploração. É preciso, também, desenvolver um plano das atividades florestais.

Esta ciência busca definir o melhor momento e a forma mais indicada de como será feita a intervenção na floresta, segundo Silva *et al* (1990) as atividades de silvicultura relacionam-se três fases: implantação, manutenção e exploração.

A silvicultura brasileira desponta como a mais sustentável do mundo, para que um projeto de silvicultura tenha sucesso, o planejamento e a implantação devem estar de acordo com as várias etapas do processo, que abrangem: estudo do clima, determinação da espécie e escolha do material genético, produção de mudas, preparo do solo, controle de pragas, colheita planejada, tratos culturais e silviculturais (FBDS, 2016).

3.4 PREPARO DO SOLO

O preparo da área e do solo para o plantio de espécies florestais tem como objetivo disponibilizar quantidades suficientes de água e nutrientes para o rápido estabelecimento das mudas. De modo geral a técnica de preparo visa o rápido crescimento do sistema radicular, por meio do revolvimento do solo, facilitando a absorção de água e de nutrientes, também elimina plantas indesejáveis próximas das mudas da espécie florestal, evitando a competição (Gatto et al., 2003).

O preparo do solo compreende um conjunto de práticas que quando usadas racionalmente podem manter ou elevar os índices de produtividade, a médio e longo prazo, reduzir erosão, melhorar a relação de custo benefício dos recursos disponíveis: mão de obra, máquinas, implementos, combustíveis e insumos. Quando usadas de forma inadequada, as técnicas de preparo podem prejudicar a estrutura do solo, de forma química, física e biológica em poucos anos de uso, reduzindo seu potencial hídrico (Gonçalves et al., 2000, 2002).

De forma geral, os métodos de tratos culturais são divididos em duas classes, cultivo intensivo e cultivo mínimo do solo. O cultivo intenso do solo é composto por revolver todas as camadas superficiais contidas nele, com incorporação parcial ou total dos resíduos culturais (Gonçalves et al., 2000).

O método de cultivo mínimo do solo prevê um preparo localizado apenas na linha de plantio, sendo que a subsolagem e o coveamento são as principais operações do preparo de solo nesse sistema (Gonçalves et al., 2000).

O cultivo mínimo do solo só foi implantado em grande escala a partir dos anos 90, em consequência de pesquisas e novas informações que surgiram a respeito das interações entre floresta e solo, além das novas tecnologias e desenvolvimento de máquinas e implementos para a área florestal. (Gava, 2002; Gonçalves, 2002).

A eficiência dos métodos utilizados no preparo do solo depende de outros fatores do processo, como tratores e maquinários utilizados, implementos, resíduos presentes em campo, declividade, entre outros. (Wichert & Moura, 2001).

As máquinas primordiais foram projetadas para serem usadas em terrenos planos e solos sem obstáculos. Já na Europa nos anos 1950, o trabalho de desenvolvimento de máquinas sempre teve como prioridade terras que anteriormente eram florestais, o que significa que pedras e troncos tem se levado em consideração (Hallomborg, 1996).

Porém existem problemas que o preparo do solo mecanizado enfrenta, devido as atividades que o antecedem. São causadas pelas operações anteriores, tais como corte, carregamento e transporte da madeira.

Os resíduos florestais provenientes da colheita florestal são constituídos por folhas, galhos, cascas e partes de madeira que muitas vezes não são aproveitadas e que permanecem após o corte em campo. A presença de tocos, raízes, ramos e galhos pós colheita dificultam a penetração dos órgãos ativos de implementos da operação.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 ORIGEM DOS DADOS

Os testes foram realizados nas áreas da Klabin S.A. que é uma empresa brasileira de capital aberto que atua no setor de papel e celulose, localizada no

município de Telêmaco Borba – PR, a uma altitude de 743 metros. O clima da região é subtropical úmido com temperatura média anual de 18,4°C e pluviosidade média de 1378 mm no ano. A precipitação do mês de agosto, mês mais seco, é de 70 mm. A maior precipitação ocorre em janeiro, com uma média de 155 mm. Janeiro também é o mês mais quente do ano, a temperatura média é de 22,1 °C. A temperatura média em julho, é de 14,0 °C sendo o mês mais frio do ano. Portanto se enquadra como clima Cfa segundo classificação de Köppen e Geiger.

4.2 DEFINIÇÃO DOS CENÁRIOS

No sistema de colheita *full-tree* temos o abate da árvore dentro do talhão, onde em seguida as árvores são arrastadas até a beira da área para realizar o desgalhamento e serem traçadas. Com isso existe uma faixa de resíduos que são deixados pela operação na margem do talhão (Figura 1).

Esses resíduos permanecem em campo, são enleirados em uma porção da área, para então prosseguirem com as operações subsequentes de implantação, como preparo do solo. Dessa forma acaba-se por perder uma área produtiva com a pilha de resíduos, impossibilitando o seu aproveitamento.

Esses resíduos são ponteiros das árvores colhidas com diâmetro menor que 8 cm, incluem cascas e galhos. Eles provem de dois gêneros, o *Pinus* sp. e o *Eucalyptus* sp., sendo que o resíduo deixado pela colheita de pinus é totalmente utilizado para biomassa.



Figura 1: Resíduos da colheita *full-tree*. Telêmaco Borba, 2017. Fonte: A autora.

Já o resíduo de eucalipto não é consumido em sua totalidade para energia, devido ao seu baixo poder calorífico. Assim parte dele permanece em campo resultando em pilhas de resíduos. (Figura 2).



Figura 2: Pilha de resíduo de eucalipto em campo. Telêmaco Borba, 2017. Fonte: A autora.

Essas pilhas de resíduos que não são aproveitados para biomassa, acabam se tornando um passivo para as demais operações subsequentes. Impedindo o aproveitamento total da área, dificultando as operações de silvicultura, como a mecanização no preparo do solo, além de gerarem um impacto visual negativo.

Com o propósito de eliminar esses resíduos presentes em campo que não são utilizados para geração de energia, fomos em busca de possíveis soluções mecanizadas que fossem economicamente viáveis para a operação florestal na empresa.

4.3 TRITURADORES

Os trituradores são equipamentos desenvolvidos para limpeza de áreas, rebaixamento de tocos, abertura de estradas e supressão vegetal de modo geral. Esses equipamentos têm como vantagens a sua alta produtividade se comparado com operações de limpeza manual, também auxiliam na conservação do solo devido a matéria orgânica que incorpora no mesmo.

Foram utilizados dois trituradores para o teste, iniciou-se com um trator agrícola acoplado de um cabeçote de trituração de médio porte. E o outro equipamento testado foi um trator de esteira com cabeçote triturador mulcher.

Tabela 1. Características técnicas dos equipamentos analisados nesse estudo

Características	Trator Valtra + cabeçote FAE	Triturador Mulcher
Rodado	Pneu	Esteira
Potência (hp)	276	407
Peso (t)	6,5	26
Cabeçote	FAE UMH 150	Mulcher 4061
Largura cabeçote (m)	1,60	2,60
Dentes	42	50

Em que t representa toneladas; kw é quilowatt; e m é metros.

4.3.1 Trator agrícola Valtra S353 + cabeçote FAE

O primeiro teste foi realizado em outubro de 2017 com um cabeçote triturador da marca FAE modelo UMH 150, com largura de abrangência de 1,60 metros, peso de 930 kg e contem 42 dentes de corte. Os cabeçotes da marca FAE originalmente foram desenvolvidos para realizar rebaixamento de toco e controle de vegetação. (Figura 3).

O cabeçote foi acoplado em um trator da marca valtra com 276 kw de potencial cavalos de potência, com capacidade de levante de 12.000 kg. O teste teve duração de 21 dias, onde o equipamento operou em faixas de resíduos de eucalipto em que não havia sido realizado o enleiramento do material, em uma área total de 28 hectares.



Figura 3: Trator Valtra com cabeçote FAE acoplado na traseira. Telêmaco Borba, 2017. Fonte: A autora.

Devido a largura de abrangência do cabeçote, foi necessário estabelecer um sentido de trituração para potencializar o rendimento, sendo assim, a operação era iniciada pela copa do material e seguindo até a ponta fina (Figura 4).



Figura 4: Cabeçote triturador FAE. Telêmaco Borba, 2017. Fonte: A autora.

4.3.2 Trator de esteira com cabeçote Mulcher

O segundo equipamento testado foi o triturador mulcher 480B da Tigercat. Onde a máquina base é um trator de esteira com um cabeçote do tipo mulcher 4061, apresenta 407 kw de potência. O cabeçote do tipo mulcher tem 2,6 metros de largura e contém 50 dentes que realizam a trituração de materiais lenhosos (Figura 5). Esse equipamento originalmente foi desenhado para realizar rebaixamento de toco e supressão de vegetação.

O teste iniciou em abril de 2018 e teve duração de 6 meses, operou em diversos cenários de resíduos de eucalipto, como faixas de resíduos em campo, pilhas de resíduos enleirados e áreas de infestações de pinus e eucalipto.

Como a concentração de material para trituração era grande, foi necessário conciliar a operação do triturador com uma escavadeira florestal para organizar o sentido do resíduo.



Figura 5: Triturador Mulcher 480B. Telêmaco Borba, 2018. Fonte: A autora.

A escavadeira utilizada para organizar a orientação dos resíduos, foi uma escavadeira da marca Doosan de 19 toneladas, composta por uma garra florestal para resíduos florestais e carregamento de toras, com garras passantes de 5 dentes (3 x 2), capacidade de 1.0 m².



Figura 6: Triturador Mulcher. Telêmaco Borba, 2018. Fonte: A autora.

4.4 AVALIAÇÕES

Para possibilitar as análises de viabilidade das operações foram coletados dados referentes as horas paradas programadas das máquinas, horas de paradas não programadas, horas em produção, a quantidade total de área produzida e consumo médio diário. Os dados foram coletados diariamente e após obtê-los foi calculada a grau de utilização, disponibilidade mecânica, eficiência operacional dos equipamentos e produtividade efetiva e produtividade total.

- a) O grau de utilização representa a porcentagem de tempo trabalhada sobre o total de tempo programado, também significa qual o índice de utilização do ativo.

$$GU = TT/TP * 100$$

Onde: GU é o grau de utilização; TT é o tempo de trabalho em que o equipamento executou o serviço, geralmente em dado de horas; TP é o tempo programado para o trabalho, também em dado de horas.

- b) A disponibilidade mecânica segundo Simões e Fenner (2010) é definida como o percentual do tempo de trabalho destinado à máquina mecanicamente apta a desenvolver suas operações. É um indicador que deve ser entendido como sendo a porcentagem de tempo em que um equipamento ficou disponível para utilização, sem intervenções mecânicas, em relação ao tempo total programado. Ou seja, a parcela de tempo em que o equipamento fica parado com manutenção é desconsiderando do cálculo.

$$DM = \{(TP - TM)/TP\} * 100$$

Onde: DM representa a disponibilidade mecânica em porcentagem; TP é o tempo programado para o trabalho, normalmente em dado de horas; e TM é o tempo utilizado para manutenção do equipamento, também em dado de horas.

- c) A eficiência operacional é a porcentagem de tempo utilizado para trabalho em relação ao tempo em que o equipamento ficou disponível.

$$EP = (TT/TD)*100$$

Onde: EP representa a eficiência operacional em porcentagem; TT é o tempo de trabalho em que o equipamento executou o serviço, geralmente em dado de horas; e TD é o tempo disponível ou tempo programado menos as horas em manutenção.

- d) A produtividade efetiva se dá pela área total onde ocorreu a operação em um determinado período de tempo.

$$P = A/TT$$

Onde P representa a produtividade em hectares por hora; A é a área total em hectares; e TT é o tempo de trabalho em que o equipamento executou a operação, geralmente em dado de horas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dois modelos de equipamento utilizados para trituração de resíduos foram testados e acompanhados em campo durante todo o período de operação. Ambos os testes ocorreram em fazendas próprias da empresa. Após o acompanhamento em campo das máquinas foram analisados os resultados operacionais e qualidade da área entregue.

5.1 RESULTADO TRATOR VALTRA + CABEÇOTE FAE

O primeiro equipamento, cabeçote triturador FAE, inicialmente teria contrato para teste por 60 dias, mas devido à grande dificuldade encontrada para realizar a

operação com resíduos, o período de teste foi encerrado antes, com um total de 21 dias.

A operação ocorreu na fazenda Cerradinho a 30 km do escritório florestal. A área escolhida apresentava resíduos de eucalipto, remanescentes de uma colheita recém realizada pelo sistema *full tree*, deixando uma faixa de resíduo continua ideal para o teste.

Devido ao implemento FAE ficar na parte traseira do trator, o ataque para a trituração de resíduo ocorria de modo que o equipamento ficava de ré para a faixa, de forma paralela a orientação do resíduo. Assim o movimento da operação era de ida e volta, resultando no espalhamento da faixa de resíduos triturada pela área (Figura 7).



Figura 7: Operação com o cabeçote FAE. Telêmaco Borba, 2017. Fonte: A autora.

O equipamento FAE consegue eliminar os resíduos deixados pela operação de colheita, permitindo uma área livre de galhos e tocos para as operações subsequentes (Figura 8). Foi observado em campo e também nos indicadores operacionais uma baixa produtividade na operação, devido ao grande número de repetições que eram necessárias para se triturar todo o material presente em campo.

Como o cabeçote FAE tem uma largura de 1,6 metros, a operação ocorria em pequenas concentrações de material por vez. Em alguns casos o rolo triturador

do cabeçote chegava a travar, devido ao acúmulo de resíduos entre o rolo e a caixa protetora do mesmo. Quando ocorria essa trava no rolo era necessário parar com a trituração, levantar o implemento e as vezes até manobrar o equipamento.



Figura 8: Resultado do resíduo triturado pelo cabeçote FAE. Telêmaco Borba, 2017. Fonte: A autora.

Na tabela 2 temos os resultados operacionais do teste. No qual a área trabalhada total foi de uma faixa de resíduos de 4,56 hectares, que continha material acumulado de todo o talhão, que era de 27,68 hectares. O equipamento apresentou uma produtividade muito baixa, sendo 20,18 horas para terminar um hectare.

Tabela 2. Resultados operacionais – Cabeçote FAE

Área trabalhada	4,56 ha
Área total	27,68 ha
Produtividade Efetiva	20,18 h.ha ⁻¹
Consumo	20,56 l.h ⁻¹

Em que ha representa hectares; h é hora; e litros é representado por l.

O consumo médio se obteve através do horímetro do equipamento, apresentou 20,56 litros por hora.

A concentração de resíduos resultante da colheita em campo é alta e o equipamento FAE não conseguiu ter um bom desempenho, de modo que os próprios fornecedores optaram por encerrar o teste antes do programado, impossibilitando algumas análises.

5.2 RESULTADOS - TRITURADOR MULCHER

O segundo teste teve início em abril de 2018, a duração inicial seria de 90 dias, mas devido ao bom desempenho apresentado o contrato de teste foi prorrogado por mais 90 dias.

A operação teve início em uma fazenda no município de Ortigueira e depois seguiu para Telêmaco Borba. Logo nos primeiros dias de teste foram encontradas algumas dificuldades que impactavam no desempenho do equipamento, como concentração de resíduos, altura de pilhas e orientação do material.

Os resíduos *full tree* ficam espalhados em faixa na beira do talhão, atrás das toras que são usadas para processo ou comércio, de forma que sua orientação é perpendicular à estrada.

A largura das faixas de resíduos é de aproximadamente 4,5 metros (Figura 9), logo o cabeçote Mulcher por ter 2,6 metros não consegue ataca-la de forma perpendicular, sendo necessário iniciar a trituração pela copa do material até a sua ponta.



Figura 9: Resíduos de colheita *full tree* ao lado da pilha de madeira. Telêmaco Borba, 2018. Fonte: A autora.

Outra dificuldade encontrada ocorreu em pilhas de resíduos, devido à altura da pilha e o acúmulo de material. No momento da operação o equipamento acaba por subir com as esteiras nos resíduos e realiza uma trituração superficial apenas da camada superior, deixando troncos e tocos que estão rente ao solo sem triturar, como na figura 10. Desse modo que era necessário a passagem do equipamento pelo mesmo lugar repetidas vezes.



Imagem 10: Material não triturado que estava abaixo da pilha de resíduos. Telêmaco Borba, 2018. Fonte: A autora.

De forma a ganhar rendimento no momento da trituração optou-se por conjugar com o triturador mulcher uma escavadeira adaptada com garra de resíduos para auxiliar no rebaixamento das pilhas e organização do material a ser triturado. Assim antes de ocorrer a trituração a escavadeira alinhava e distribuía o resíduo de forma que possibilitasse apenas uma passada do triturador.

De acordo com Rezende & Silva (1997), o sucesso de um projeto depende de sua prévia avaliação, que resulta em combinação de atividades para maximizar a produtividade e minimizar os custos de produção na área florestal. Assim a participação da escavadeira na operação de trituração de resíduos *full tree* apresentou para o mulcher uma melhora significativa no seu rendimento operacional, saindo de 0,3 ha/h para 0,8 ha/h, maximizando sua produtividade e reduzindo seus custos operacionais.

Devido à altura e concentração de material, em áreas de pilhas de resíduos o rendimento operacional foi um pouco inferior, antes de ter a escavadeira auxiliando na operação o rendimento era de 0,2 ha/h e com o auxílio foi para 0,6 ha/h.

Na tabela 3 é possível visualizar os indicadores operacionais de ambos os tratores.

Tabela 3. Comparação dos resultados operacionais

Indicadores	Triturador Mulcher	Cabeçote Triturador FAE
Grau de utilização	77 %	60 %
Disponibilidade mecânica	87 %	77 %
Eficiência Operacional	66 %	46 %
Produtividade Efetiva	1,25 h.ha ⁻¹	20,18 h.ha ⁻¹
Consumo	58 l.h ⁻¹	20,56 l.h ⁻¹

Em que ha representa hectares; h é hora; e litros é representado por l.

O triturador mulcher apresentou um melhor desempenho operacional de modo geral. Onde a sua eficiência operacional se mostrou 20% superior quando comparada com o cabeçote FAE. Mesmo quando somado o consumo da escavadeira, que é de 17 litros por hora a operação conjugada se mostrou com melhor desempenho e consumo.

Como o cabeçote FAE inicialmente foi desenvolvido para realizar rebaixamento de toco esse resultado se justifica, pois, a operação que foi submetido apresentou um grau de dificuldade superior ao esperado pelos fornecedores.

O triturador mulcher teve um desempenho inferior em consumo, mas é justificável devido a maior potência que o trator possui quando comparado com o trator valtra.

6 CONCLUSÕES

Os dois equipamentos foram testados e conseguiram realizar a trituração dos resíduos em um primeiro momento, deixando a área de teste liberada para próximas operações.

Entretanto o trator agrícola valtra com cabeçote FAE não foi capaz ter um bom desempenho em áreas de maior concentração de resíduo. Inviabilizando o teste em áreas de pilhas, não atendendo a necessidade real da empresa.

O triturador mulcher sem auxílio de outro equipamento, realiza a trituração de resíduo de modo eficiente, mas acaba se tornando impraticável devido ao alto tempo que demanda para a conclusão das áreas. No entanto quando conjugado com a escavadeira, de forma a realizar a melhor distribuição e organização dos resíduos, o equipamento mulcher se mostrou uma possibilidade atrativa para a companhia, sendo o melhor equipamento para liberação de áreas com resíduos.

A produtividade do triturador mulcher se mostrou um maior custo benefício quando comparada com o trator Valtra com cabeçote FAE.

7 REFERÊNCIAS

ANDRADE, S.C. **Avaliação técnica, social, econômica e ambiental de dois subsistemas de colheita florestal no litoral norte da Bahia.** 1998. 125p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente.** Instrução Normativa N. 5, 2006. Dispõe sobre procedimentos técnicos para elaboração, apresentação, execução e avaliação técnica de Planos de Manejo Florestal Sustentável – Disponível em: <www.diariodasleis.com.br/busca/=216088> Acesso em 08/11/2018

CONWAY, S. **Logging practices: principles of timber harvesting systems.** São Francisco, Miller Freeman, 1976. 416 p.

FBDS. **Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável.** Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<http://www.fbds.org.br/IMG/pdf/doc-29.pdf>> Acesso em 09/11/2018.

GARLIPP, RUBENS. FOELKEL, CELSO. **O Papel das Florestas Plantadas para Atendimento das Demandas Futuras da Sociedade.** XII Congresso Mundial / FAO / Buenos Aires, Argentina 18 a 23 de Outubro de 2009.

GATTO, A.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; COSTA, L. M.; NEVES, J. C. L. Efeito do método de preparo do solo, em área de reforma, nas suas características, na composição mineral e na produtividade de plantações de *Eucalyptus spp. grandis*. **Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.5, p.635-646, 2003.

GAVA, J. L.; MILAN, M. **Avaliação de qualidade do preparo do solo em área planas.** Piracicaba. Divisão de Recursos Naturais, 2002. 11p. (Parecer técnico apresentado à Companhia Suzano de Papel e Celulose, São Paulo.)

GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L.; BENEDETTI, V.; FESSEL, V.A.G.; GAVA, J.L. Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores. In: BENEDETTI, V.; GONÇALVES, J.L.M. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, cap. 1, p.1-57. 2000.

GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L.; WICHERT, M. C. P.; GAVA, J. L. Manejo de resíduos vegetais e preparo do solo. In: GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. (Ed.). **66 Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. cap. 3, p.133-204.

HALLONBORG, U. Limiting factors in mechanized tree-planting. **Journal of Forest Engineering**. v. 7, n 2, 1996.

IBÁ. **Indústria Brasileira de Árvores 2017**. Brasília, 2017, 100p.

KOROLEFF, A. **Logging mechanization in the USSR**. Pulp and paper Institute of Canada, Montreal, Canada, woodland index. 141p.1952.

Louman, B.; David, Q.e Margarita, N. (2001). **Silvicultura de Bosques Latifoliados Húmidos com ênfases em América Central**. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

MACHADO, C.C. **Planejamento e controle de custos na exploração florestal**. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1984. 138p.

MACHADO, A. L. T.; MACHADO, A. L. T., REIS, A. V., MORAES, M. L. B., ALONÇO, A. S. **Máquinas para preparo de solo, semeadura, adubação e tratamentos culturais**. Pelotas: UFPEL, 2005. 235 p.

MALINOVSKI, J.R.; CAMARGO, C.M.S.; MALINOVSKI, R.A. Sistemas. In: MACHADO, C.C. (Org.). **Colheita florestal**. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2002. p.145-167.

MOREIRA, F. M. T. **Mecanização das atividades de colheita florestal**. Viçosa: UFV, 1998, 25 p. Monografia (Exigência para conclusão do curso de Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 1998.

ROCHA, J.; POZZA, A.; CARVALHO, J.; SILVA, C.; CURI, N. **Efeito da calagem na nutrição mineral e no crescimento inicial do eucalipto a campo em Latossolo húmico da Zona da Mata (MG)**. *Scientia Forestalis*: Piracicaba, v.36, n 80, p. 255-263, 2008.

SILVA, A. P.; FOLEGATTI, M. V.; VIDAL, P. T.; DEMATTE, J. L. I. Efeito da subsolagem em alguns atributos físicos do solo em pomares de laranja no município de Matão – SP. In: Congresso Brasileiro e Encontro Nacional de pesquisa sobre conservação do solo, 8. Londrina, 1990. **Anais**. Londrina: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1990, p 86.

REZENDE, J. L. P.; SILVA, M. L. **Elaboração e avaliação de um projeto de produção de madeira de Pinus sp. na Região de Ubá**. Viçosa, MG: SIF, 1997. 61 p. (Documento SIF, 15).

SIMÕES, D.; FENNER, P.T. Influência do relevo na produtividade e custos do harvester. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.85, n.38, p.107-114, 2010.

WITCHERT, M. C. P.; MOURA, I. M. Relação entre potência x capacidade operacional de carga dos tratores utilizados na silvicultura (compact disc). In: Reunião Técnica do programa de manejo e silvicultura, 15., Botucatu. Piracicaba: **Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais**, 2001.