

MARCELA OLIVEIRA ALVES

**COMPARAÇÃO ENTRE DUAS CONFORMAÇÕES DE HASTE
SUBSOLADORA PARA USO EM ÁREAS DE REFORMA E
IMPLANTAÇÃO FLORESTAL**

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
AGOSTO – 2013

MARCELA OLIVEIRA ALVES

**COMPARAÇÃO ENTRE DUAS CONFORMAÇÕES DE HASTE
SUBSOLADORA PARA USO EM ÁREAS DE REFORMA E
IMPLANTAÇÃO FLORESTAL**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do curso de graduação em Engenharia Florestal.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
AGOSTO – 2013

MARCELA OLIVEIRA ALVES

**COMPARAÇÃO ENTRE DUAS CONFORMAÇÕES DE HASTE
SUBSOLADORA PARA USO EM ÁREAS DE REFORMA E
IMPLANTAÇÃO FLORESTAL**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do curso de graduação em Engenharia Florestal.

APROVADA em 19 de agosto de 2013.

Prof. Haroldo Carlos Fernandes
(Orientador)

Prof. Laércio Antônio Gonçalves Jacovine
(Co-orientador)

Marconi Ribeiro Furtado Júnior

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelas oportunidades e dificuldades que me fizeram mais feliz e mais forte.

Aos meus pais e irmãos, pelo apoio, incentivo e união de sempre.

Ao professor Haroldo Carlos Fernandes, pela orientação.

Ao professor Laércio Antônio Gonçalves Jacovine, pelo apoio e pelas oportunidades.

A todos os funcionários da Klabin, Santa Catarina, que, de alguma forma, colaboraram para realização e sucesso deste trabalho.

Aos amigos do Departamento de Engenharia Florestal, pelo companheirismo.

BIOGRAFIA

MARCELA OLIVEIRA ALVES, filha de Hélio José Alves e Margarida Maria de Oliveira Alves, nasceu em 3 de abril de 1990, em Formiga, Minas Gerais.

Em 2007, concluiu o 2^o Grau no Colégio Anglo em Formiga, Minas Gerais.

Em 2008, iniciou o curso de Engenharia Florestal, na Universidade Federal de Viçosa, concluindo-o em setembro de 2013.

CONTEÚDO

LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
EXTRATO	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. O Setor Florestal	3
2.2. Mecanização Florestal – Desenvolvimento Operacional.....	4
2.3. Preparo de Solo	4
2.4. Subsolagem.....	6
2.5. Controle de Qualidade	7
3. OBJETIVOS	8
3.1. Objetivo Geral.....	8
3.2. Objetivos específicos	8
4. MATERIAIS E MÉTODOS	9
4.1. Localização do Estudo	9
4.2. Caracterização da Atividade de Preparo de Solo.....	10
4.3. Avaliação de qualidade	14
4.4. Velocidade da máquina.....	15
4.5. Vazão do Insumo	16
5. RESULTADOS.....	17
5.1. Área de Solo Preparada.....	17
5.2. Profundidade de Subsolagem.....	18
5.3. Velocidade da Máquina	21
5.4. Vazão do insumo	22
5.5. Produtos do Projeto.....	23

5. CONCLUSÃO	24
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

LISTA DE TABELA

1	Vazão de insumo nas saídas de fosfato	20
---	---	----

LISTA DE FIGURAS

1	Municípios abrangidos pela empresa avaliada.....	9
2	Limpa trilho.....	10
3	Conjunto trator de esteiras-subsolador.....	11
4	Haste do subsolador	11
5	Perfil triangular formado pela atuação do subsolador.....	13
6	Profundímetro e trena.....	13
7	Haste original	15
8	Haste modificada.....	15
9	Área de solo preparada pela haste antiga	16
10	Área de solo preparada pela haste nova	16
11	Profundidade de subsolagem com a haste antiga	17
12	Profundidade de subsolagem com a haste nova	17
13	Percentual de dados por faixa de profundidade com a haste antiga.....	18

14	Percentual de dados por faixa de profundidade com a haste nova.....	18
15	Velocidade de trabalho com a haste antiga e com a haste nova.....	19

EXTRATO

ALVES, Marcela Oliveira. Monografia de graduação. Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2013. **Comparação entre duas conformações de haste subsoladora para uso em áreas de reforma e implantação florestal.** Orientador: Haroldo Carlos Fernandes.

No preparo de solo, a atividade de subsolagem visa romper camadas de solo que tenham sofrido compactação, ou mesmo, perfis de solos mais densos, disponibilizando quantidades suficientes de água e nutrientes para facilitar o crescimento das raízes e conseqüentemente um estabelecimento mais rápido das mudas, atingindo uma maior uniformidade e produtividade da floresta. Portanto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a produtividade e qualidade de uma adequação da haste subsoladora visando obter melhorias em relação ao modelo atual, refletindo na qualidade e produtividade da atividade. Os parâmetros avaliados no trabalho foram área de solo preparada, profundidade de subsolagem, velocidade da máquina e vazão da aplicação de fosfato no solo. Como resultado da adequação obteve-se uma menor variação de área de solo preparada com o novo modelo de haste de subsolagem, que representa um ganho significativo no aumento da área de solo preparado e, conseqüentemente, na qualidade do preparo. Após a modificação da haste do subsolador, observou-se um ganho na velocidade do trator de aproximadamente 13%, passando de 2,65 para 3,00 km/h.

Avaliando a vazão de fosfato nas duas saídas de insumo, percebeu-se um pequeno desvio entre elas. Essa diferença pode resultar em um crescimento heterogêneo da floresta. A adequação realizada no subsolador promoveu uma melhoria na qualidade e na produtividade da operação de subsolagem.

Palavras-chave: subsolagem, qualidade de preparo.

1. INTRODUÇÃO

Para a economia brasileira e para a sociedade em geral, o setor de florestas plantadas contribui com uma parcela importante na geração de produtos, tributos, empregos e bem-estar. O setor também é estratégico no fornecimento de matéria-prima e produtos para a exportação e, ainda, contribui de maneira direta na conservação e preservação dos recursos naturais (ABRAF, 2012).

Com os novos métodos empregados na silvicultura, deve-se ter a capacidade de adequar as operações de modo que meio ambiente e produtividade trabalhem juntos, atingindo objetivos esperados. A crescente demanda de produtos de origem florestal, devido ao crescimento populacional, da renda *per capita* e do desenvolvimento industrial, colocou a silvicultura como umas das ciências mais importantes de hoje.

Com o avanço do material genético utilizado para plantios comerciais e a tecnologia da agricultura de precisão, maiores produções por área plantada serão obtidas. O grande desafio da silvicultura é usar um regime de manejo que atinja o objetivo desejado de taxa de crescimento e qualidade da madeira, manipulando o suprimento, a captura e o uso dos recursos disponíveis.

A subsolagem é uma técnica utilizada para romper camadas de solo que tenham sofrido compactação ou, mesmo, perfis de solo mais densos. O rompimento das camadas compactadas traz benefícios imediatos, como a diminuição da resistência do solo à penetração das raízes e o aumento no volume dos macroporos. Esses benefícios

melhoram a aeração e a drenagem interna do solo, pois permitem que o fluxo vertical da água seja mais rápido, provocando menores taxas de escoamento superficial e tempo de encharcamento do solo (CASSEL, 1979).

A subsolagem é umas das atividades mais importantes relacionadas à silvicultura. Segundo Gonçalves *et al.* (2004), no decorrer das duas últimas décadas foi observado significativo aumento das pesquisas nas práticas silviculturais em relação ao solo e aos processos que ocorrem com a planta, que acabaram por aumentar o conhecimento dos efeitos que acarretam no crescimento da árvore e na qualidade da madeira e, também, nos fatores não relacionados à madeira, como o potencial de seus efeitos adversos dentro ou fora do sítio.

Apesar de existirem diversas opções para se realizar o preparo primário do solo, a subsolagem se consolidou na área florestal devido aos seus efeitos benéficos para as plantas e às suas vantagens operacionais (maior capacidade de trabalho) e econômicas (menor custo) (SASAKI *et al.*, 2002).

No preparo de solo, a atividade de subsolagem visa romper camadas de solo que tenham sofrido compactação, ou mesmo, perfis de solos mais densos, disponibilizando quantidades suficientes de água e nutrientes para o mais rápido estabelecimento das mudas atingindo uma maior uniformidade e produtividade da floresta. A subsolagem auxilia também no controle de plantas daninhas, evitando a competição, o manejo de resíduos vegetais, o controle de doenças, a incorporação de fertilizantes e os corretivos, proporcionando maior aproveitamento do insumo pelas plantas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O Setor Florestal

O setor de florestas plantadas no Brasil é um dos mais competitivos a nível mundial e vem desempenhando um importante papel no cenário socioeconômico do País, contribuindo com a produção de bens e serviços, agregação de valor aos produtos florestais, para a geração de empregos, divisas, tributos e rendas e promoção do desenvolvimento sustentável.

De modo geral, o somatório de vários fatores, entre eles, contextos específicos em diversos segmentos, além de medidas governamentais de várias naturezas, levou a um melhor desempenho de diversos setores da economia brasileira, dentre eles, o setor florestal. Em 2011, a área ocupada por plantios florestais de Eucalyptus e Pinus no Brasil totalizou 6.515.844 ha, sendo 74,8 % correspondente à área de plantios de Eucalyptus e 25,2 % aos plantios de Pinus (ABRAF, 2012).

Particularmente, em relação ao Eucalyptus, o segmento de Papel e Celulose concentra 71,2 % da área plantada, seguido pelos segmentos de Siderurgia a Carvão Vegetal (18,4 %), Painéis de Madeira Industrializada (6,8 %) e Produtores Independentes (3,6 %). No caso do Pinus, além do segmento de Papel e Celulose (61,1 %), os segmentos mais representativos são o de Painéis de Madeira

Industrializada e o de Produtores Independentes, que detêm, respectivamente, 20,6 % e 13,3 % da área plantada, respectivamente (ABRAF, 2012).

2.2. Mecanização Florestal – Desenvolvimento Operacional

A dificuldade crescente na aquisição de mão de obra qualificada e a ampliação da capacidade produtiva das grandes indústrias impulsionaram o desenvolvimento de novos equipamentos para a área florestal. Para manter a competitividade no mercado é necessário aumentar a produtividade e os reduzir custos das operações, de forma que a qualidade da atividade seja otimizada, as perdas reduzidas e os custos minimizados.

O setor de desenvolvimento operacional florestal trabalha em ações de pesquisa e condições tecnológicas que viabilizam a elaboração, o lançamento e a execução de um projeto.

No entanto, a introdução de novos equipamentos não é um evento rápido, pois implica em uma série de alterações, incluindo sistemas de trabalho, dimensionamento de equipes, treinamento de pessoal e, principalmente, aceitação do novo produto por parte do mercado consumidor. Por outro lado, a falta de um mercado comprovadamente comprador de equipamentos contribui para que o setor de máquinas ainda não tenha atingido o estágio de desenvolvimento desejado. Assim, os equipamentos atualmente produzidos são fabricados quase que sob encomenda, acarretando custos de produção elevados. Somente uma produção em série permitirá que esses equipamentos cheguem ao mercado a preços competitivos (SALMERON, 1980).

Algumas características são importantes e podem ser limitantes na escolha e utilização de um determinado equipamento, como: topografia, tipo de solo, índice pluviométrico, etc. No setor florestal ainda há muita coisa a ser feita e pesquisada para que os equipamentos possam atender às necessidades demandadas pelas operações.

2.3. Preparo de Solo

O manejo dos resíduos culturais, a alteração física do solo, a dinâmica nutricional do sistema solo-planta e o manejo da água foram, então, reavaliados, pois vários estudos mostraram que as recomendações do preparo de solo deveriam ser

embasadas nas características da planta, do solo, do clima e dos novos equipamentos utilizados (STAPE *et al.*, 2002).

Nos década de 1970, as empresas utilizavam o preparo do solo intensivo, onde era realizada a queima total dos resíduos pós-colheita. Na década de 1980, diante do impacto que estava acarretando esta prática ao meio ambiente, acabou sendo suprimida das operações florestais, e o cultivo mínimo começou a ser utilizado e propagado entre as empresas. Nos anos de 1990, a consolidação do cultivo mínimo já era total, e já se observava a intensificação da colheita mecanizada em empresas de grande porte.

O cultivo mínimo do solo consiste em revolvê-lo o mínimo necessário, mantendo os resíduos culturais sob o solo. Em plantações florestais, o preparo de solo é localizado apenas na linha ou na cova de plantio. O volume de solo revolvido é bem menor do que a aquele realizado para culturas anuais, devido ao espaçamento de 2,5 a 3,5 m entre linhas de plantio (GONÇALVES *et al.*, 2000; GONÇALVES *et al.*, 2002).

Para Seixas (2002), as vantagens do cultivo mínimo são:

- melhora as características físicas do solo;
- reduz perdas de nutrientes;
- Mantém ou eleva as atividades biológicas do solo;
- mantém ou eleva a fertilidade do solo;
- reduz a infestação de plantas invasoras;
- reduz as despesas de implantação e reforma; e
- aumenta a eficiência operacional das atividades de campo.

E as desvantagens são:

- heterogeneidade de crescimento inicial dos povoamentos florestais;
- maiores dificuldades de proteção e manejo da floresta;
- maior risco de incêndios;
- Maior incidência de pragas e doenças;
- dificuldade de localização dos ninhos de formiga crescimento radicular reduzido e, ou, deformado; e
- maior dificuldade de realização de alguns tratamentos culturais.

A partir da necessidade do rompimento da camada compactada do solo, diversos equipamentos foram projetados e estão sendo comercializados com essa finalidade. Porém, para serem utilizados com eficiência, é de fundamental importância que sejam

analisados os parâmetros relativos à dinâmica de mobilização do solo e o desempenho das várias configurações existentes. O subsolador é um dos principais equipamentos utilizados com a finalidade de eliminar ou de minimizar os efeitos negativos induzidos pela compactação do solo, para, com isto, aumentar a profundidade útil do solo e romper a camada endurecida que, por ventura, possa aparecer com o uso contínuo dos equipamentos tradicionais de preparo de solo (GROTTA *et al.*, 2004).

2.4. Subsolagem

Em termos físicos, a subsolagem é uma técnica utilizada basicamente para romper camadas de solo que tenham sofrido compactação, ou mesmo, perfis de solos mais densos. O rompimento dessas camadas diminui a resistência do solo à penetração das raízes, aumenta o volume de macroporos, melhora a aeração e a drenagem interna do solo, diminuindo o escoamento superficial e o tempo de encharcamento. Logo, o preparo de solo influencia o crescimento inicial das mudas, a uniformidade e a produtividade da floresta, além de ter relação direta com o potencial de conservação do solo. Outro fator importante está na aplicação do fosfato, podendo proporcionar um maior aproveitamento do mineral fósforo pelas plantas.

A correta utilização de subsoladores pressupõe conhecimentos suficientes sobre as características do solo trabalhado, como compactação existente, teor de água, cobertura existente na superfície, textura e estrutura e, ainda, sobre as características necessárias para a operação com o equipamento, como a profundidade de trabalho, espaçamento entre hastes, dimensões e formato das hastes, potência necessária, entre outras (GROTTA *et al.*, 2004).

O objetivo principal é a disponibilização de um volume crítico de solo mobilizado a ser explorado pelo sistema radicular da planta. Partindo do princípio que a forma de manifestação de uma característica depende da interação entre fatores genéticos e ambientais, então, com o nível de melhoramento genético das plantas utilizadas hoje, proporcionando um genótipo excelente para os indivíduos a serem plantados, de nada adiantaria se não disponibilizado para estes, a adequada condição de ambiente para que ele se desenvolva.

A adoção da subsolagem no setor florestal está estreitamente relacionada com a difusão do sistema de cultivo mínimo, que visa baixa mobilização mecânica e manutenção dos resíduos vegetais sobre a superfície do solo (SASAKI; GONÇALVES, 2005).

2.5. Controle de Qualidade

O controle de qualidade busca reduzir a variabilidade que quanto menor, melhor será a confiabilidade e a aceitação do produto ou serviço. A variabilidade pode representar um sério risco de desperdício de dinheiro, tempo e esforços. Por esse motivo, o mercado busca cada dia mais padronizar e obter um controle total sobre os processos envolvidos em determinada atividade.

As operações de preparo do solo na silvicultura devem sempre prezar pela boa qualidade e eficiência. No que tange à qualidade, deve-se propor que as atividades sejam realizadas em condições ótimas, diminuindo ou anulando os impactos causados. O grande problema no preparo de solo na Silvicultura é a subsolagem em se tratando de umidade do solo e compactação.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

Avaliar e comparar o efeito de duas conformações de haste subsoladora na qualidade e produtividade da atividade.

3.2. Objetivos específicos

- Avaliar a haste antiga.
- Propor alterações.
- Avaliar a qualidade da operação (área de solo preparada, profundidade de subsolagem).
- Avaliar a produtividade (velocidade da máquina).
- Proporcionar uma melhor vazão e distribuição do fosfato no solo.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Localização do Estudo

O trabalho foi conduzido em uma empresa produtora de papel, localizada na região do município de Otacílio Costa (SC), localizado no Planalto Serrano, com coordenadas 27° e 28”59”u201DS Latitude e 50/ 19”u201DW de Greenwich de Longitude e altitude de aproximadamente 884 metros. Na figura 1 pode-se visualizar os municípios abrangidos pela referida empresa. O clima da região segundo escala de Köppen classifica-se como mesotérmico úmido, com verões frescos, apresentando uma temperatura média anual de 15,90 °C e uma precipitação total anual entre 1.300 a 1.400 milímetros. O relevo é constituído por um planalto de superfícies planas e onduladas. O solo possui baixa fertilidade devido à pedregosidade e rochiosidade e, em alguns casos, o relevo e as condições climáticas adversas são fatores que limitam o uso da terra. O município é banhado pela bacia do rio Canoas e apresenta como seus afluentes os rios dos Índios, Invernadinha, Palheiro, da Areia e Desquite.

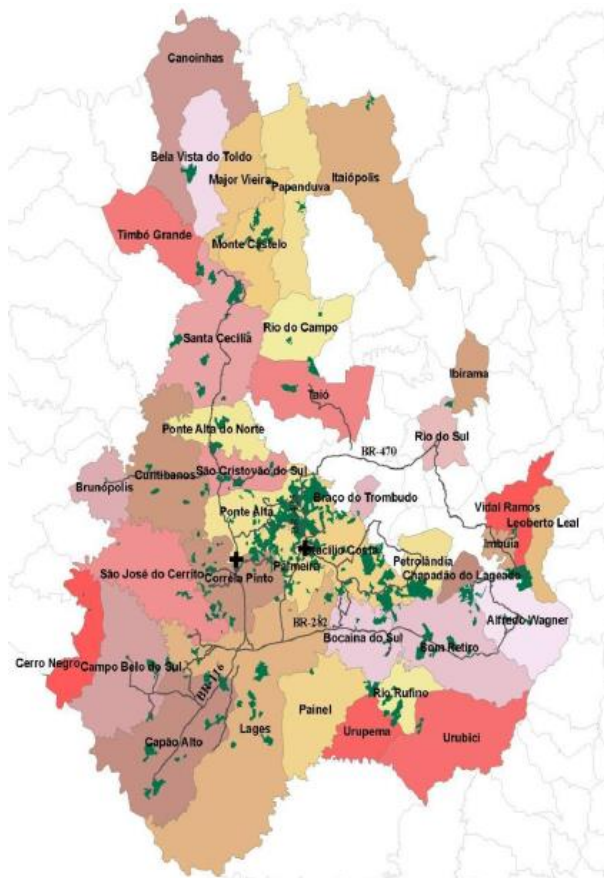


Figura 1 – Municípios abrangidos pela empresa avaliada.

4.2. Caracterização da Atividade de Preparo de Solo

Em todas as áreas de plantio, a atividade de subsolagem é realizada sempre que houver condições para isto.

Precedendo a atividade de subsolagem, é feita a atividade de limpeza nas áreas de plantio. Essa operação busca realocar os resíduos da colheita florestal do meio do talhão (área total) para as entrelinhas do plantio. A atividade também proporciona um melhor rendimento e qualidade da operação de subsolagem e demais atividades silviculturais, que ocorrem em seguida (plantio, adubação, aplicação de herbicida e roçada). A operação é realizada por dois tratores de esteira, modelo D61EX, da Komatsu, munidos de uma lâmina frontal adaptada e com capacidade de limpar duas linhas simultaneamente (limpa trilho) conforme mostrado na Figura 2.



Figura 2 – Atividade Limpa trilho.

Após a limpeza da área é iniciada então a atividade de subsolagem nas linhas do futuro plantio. A atividade é feita por um trator de esteira, modelo D61EX, da Komatsu, com um implemento de subsolagem acoplado na parte de trás do trator, conforme mostrado na Figura 3.



Figura 3 – Conjunto trator de esteiras-subsolador.

O implemento de subsolagem possui duas hastes, com comprimento de 0,6 m cada uma. Uma faca frontal reta em toda extensão da haste, duas asas laterais e um esporão de 7 cm mínimos de largura na extremidade inferior da haste, conforme mostrado na Figura 4; portanto, a atividade prepara duas linhas simultaneamente. Juntamente com a subsolagem é feita a aplicação de fosfato em áreas de plantio de eucalipto. Logo acima das hastes estão localizados os dois reservatórios de fosfato, conforme mostrado na Figura 3.



Figura 4 – Haste do subsolador.

Para um melhor controle da vazão de fosfato na área preparada, o trator conta com um sistema de tecnologia de controle de vazão de insumos. Esse sistema é composto por um computador de bordo que controla, por meio de um comando elétrico, a vazão de fosfato necessária e recomendada para a área preparada em taxa fixa. Portanto, antes da atividade, o operador da máquina configura e calibra o sistema com a vazão de insumo recomendada para aquela determinada área.

O sulco aberto pelo subsolador no solo tem um formato de 'V'. Segundo recomendação técnica, a profundidade mínima de subsolagem é de 0,4 m no centro do sulco, e uma largura de estouramento (desagregação do solo) de 0,6 m. O sistema de controle de qualidade adotado pela empresa verifica, por meio de auditorias, a qualidade do preparo de solo, tendo como referência os números indicados em recomendação técnica. Estes valores permitem que a muda a ser plantada, possa ter um desenvolvimento ótimo, com baixa resistência para a penetração de suas raízes. Esta avaliação de profundidade é feita com uma haste de metal graduada, para que possa determinar a profundidade do sulco.

Os principais fatores que podem interferir na qualidade do preparo de solo são: relevo; rocha; umidade do solo; alinhamento anterior; características físicas do solo; e tocos da floresta anterior.

Ao longo do planejamento e da execução do projeto, algumas propostas de melhorias na operação e mudanças no implemento foram sugeridas e implantadas na atividade. Para poder quantificar as melhorias obtidas e mensurar os impactos provenientes as mudanças, algumas avaliações foram feitas ao longo do projeto.

4.3. Haste subsoladora

Após serem feitas todas as avaliações com o sistema até então utilizado no preparo de solo, alguns resultados foram gerados e como produto do trabalho, algumas alterações e melhorias foram propostas e executadas. Uma delas foi com relação à haste de preparo e quanto à tecnologia de silvicultura de precisão até então utilizada.

Com relação à haste de preparo, as propostas de mudanças feitas foram: aumento da angulação da ponteira para 22° a 25° de inclinação, a faca reta frontal foi reduzida, as duas asas laterais foram retiradas, e o comprimento da haste foi aumentado, conforme mostrado nas Figuras 7 e 8.



Figura 7 – Haste original.

Figura 8 – Haste modificada.

Com o objetivo de avaliar e quantificar as melhorias obtidas e o impacto das alterações sobre a operação algumas avaliações foram feitas antes e após as adequações a fim de se gerar resultados comparativos.

4.4. Avaliação de qualidade

Visando verificar a qualidade do preparo de solo antes e após a adequação proposta e realizada, foram feitas avaliações de qualidade na atividade. Essas avaliações foram feitas com base na profundidade de subsolagem e largura de estouramento e de desagregação do solo. De posse desses dados foi possível calcular a área de solo preparada. Vale lembrar que, as avaliações foram feitas antes e após as adequações, buscando quantificar as melhorias obtidas com a alteração proposta e realizadas ao longo do trabalho. Com o objetivo de representar todas as condições de trabalho da empresa, as amostras foram coletadas em vários pontos com tipos de solo, relevo e umidade diversos.

As medições de profundidade de subsolagem foram feitas ao centro do sulco, a 0,1, 0,2, 0,3 e 0,4 m para a esquerda e para a direita, como mostrado na Figura 5. Posteriormente, foi medida então a largura de estouramento do preparo. Para realizar essas medições foi utilizado um profundímetro, graduado de 5 em 5 cm, para medir a

profundidade, e uma trena graduada para medir a largura de estouramento, conforme indicado nas Figuras 5 e 6.

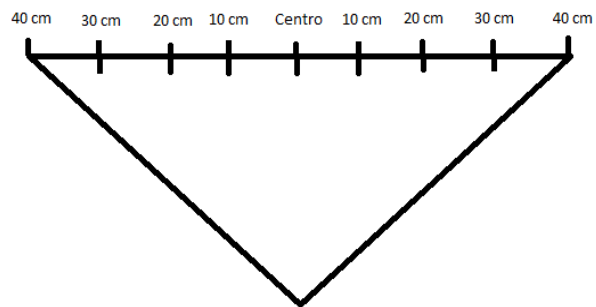


Figura 5 – Perfil triangular formado pela atuação do subsolador.



Figura 6 – Profundímetro e trena.

4.5. Velocidade da máquina

Outro parâmetro avaliado foi o impacto da alteração sobre a velocidade de trabalho da máquina.

Para quantificar esses valores, foram medidas as velocidades antes e após as mudanças realizadas no implemento de subsolagem. Para realização do estudo, uma mesma área com as condições de declividade, umidade e tipo de solo homogêneos foi selecionada para o estudo. A máquina também se encontrava nas mesmas condições de trabalho, o tanque de combustível estava completo com o mesmo volume e as caixas de fosfato também estavam completas. Para realizar o estudo da velocidade um GPS foi colocado dentro da máquina para marcação do trajeto e velocidade da máquina. Para padronização da avaliação a subsolagem foi feita sempre na subida e o intervalo de tempo entre o início e o final da subida da máquina foi marcado.

4.6. Vazão do Insumo

Outro item avaliado foi a vazão de fosfato nas duas saídas de insumo, localizadas acima de cada haste de subsolagem. O objetivo principal dessa avaliação foi verificar a qualidade e a eficiência de aplicação do insumo. Para quantificar o controle do sistema de tecnologia sobre a vazão do fosfato foram utilizados dois baldes coletores, que foram colocados nas duas saídas do insumo. Em seguida, foi percorrida uma certa área de distância demarcada enquanto caía o insumo dentro do balde. Após essa área ser percorrida, o insumo coletado no balde foi pesado e obtiveram-se então os valores em kg/ha. Procedeu-se, então, a vazão e os desvios relacionados com a aplicação do insumo para verificação da eficiência de aplicação.

5. RESULTADOS

5.1. Área de Solo Preparada

Como descrito na metodologia, a partir dos dados coletados de profundidades e largura de estouramento da desagregação do solo, a área de solo preparada foi então calculada. Os resultados encontrados antes e após as modificações feitas na haste estão presentes nos Figuras 9 e 10.

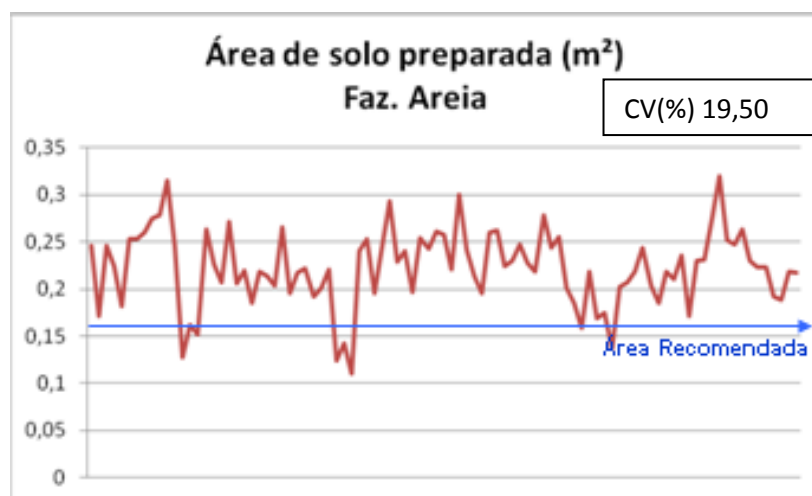


Figura 9 – Área de solo preparada pela haste antiga.



Figura 10 – Área de solo preparada pela haste nova.

Cada ponto no gráfico representa uma medição de área de solo preparada (pontualmente). Na área de solo preparada pelo implemento antigo, em alguns pontos amostrados a área encontrada foi menor que a área de solo recomendada. Com a nova haste, todos os pontos coletados e, conseqüentemente, todas as áreas de solo preparadas estavam acima da área recomendada. A variação de área de solo preparada com o novo modelo de haste foi menor que a variação encontrada na antiga haste. Esses resultados representam um aumento da área de solo preparado e, conseqüentemente, na qualidade do preparo.

5.2. Profundidade de Subsolação

Conforme descrito na metodologia, a profundidade de subsolação foi medida no centro do sulco, a 0,1, 0,2, 0,3 e 0,4 m para a esquerda e para a direita, ao longo da largura de preparo do solo. Uma consideração importante e que deve ser destacada é com relação à nova recomendação técnica que poderá ser validada e aprovada em breve. Com essa nova recomendação a profundidade mínima central poderá passar de 40 para 50 cm de profundidade (Figuras 11 e 12).

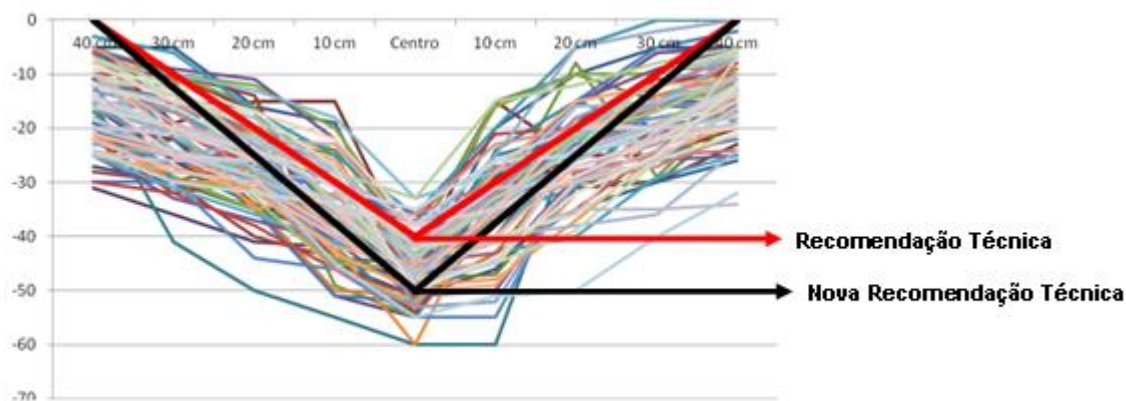


Figura 11 – Profundidade de subsolagem com a haste antiga.

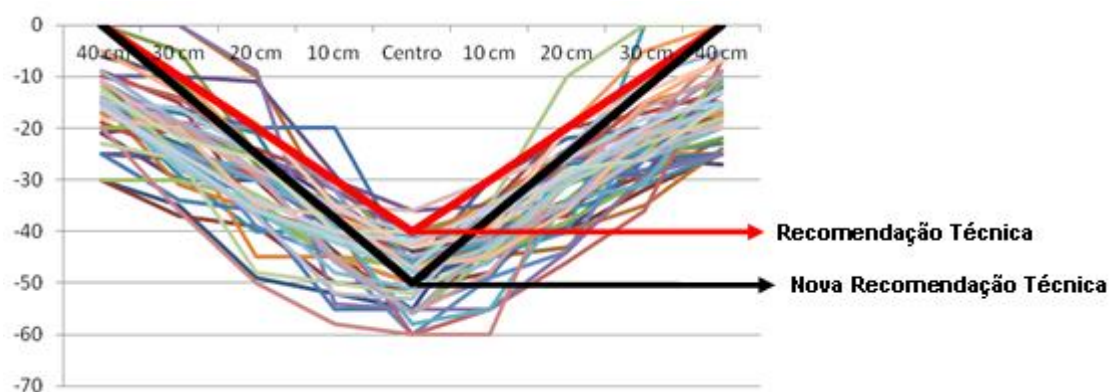


Figura 12 – Profundidade de subsolagem com a haste nova.

Na Figura 11 é mostrado que com a haste antiga grande parte dos pontos atende à recomendação técnica de profundidade mínima central de 40 cm, porém em alguns pontos a profundidade mínima não foi atingida. Já na Figura 12 é mostrado que em quase 100% dos dados a recomendação mínima é atendida e ainda apresentam profundidades superiores às recomendadas.

Para representar melhor o ganho do aumento de profundidade com a adequação das hastes, nos gráficos que seguem abaixo são mostrados o percentual de pontos por faixa de profundidade.

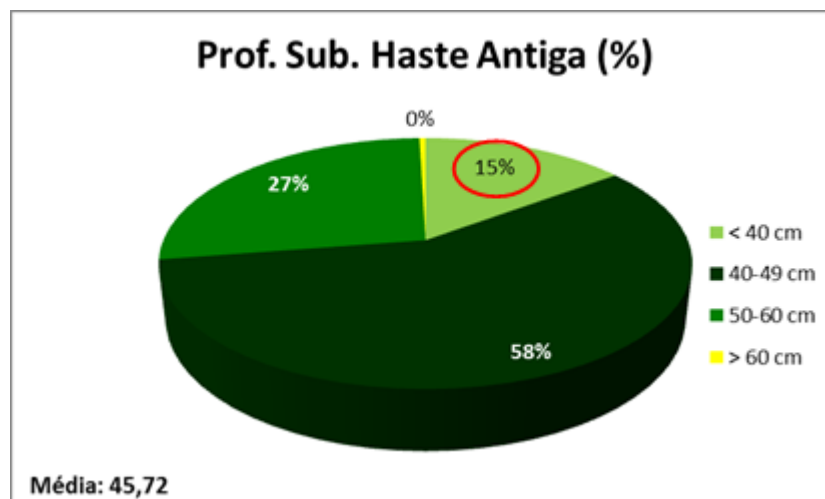


Figura 13 – Percentual de dados por faixa de profundidade com a haste antiga.

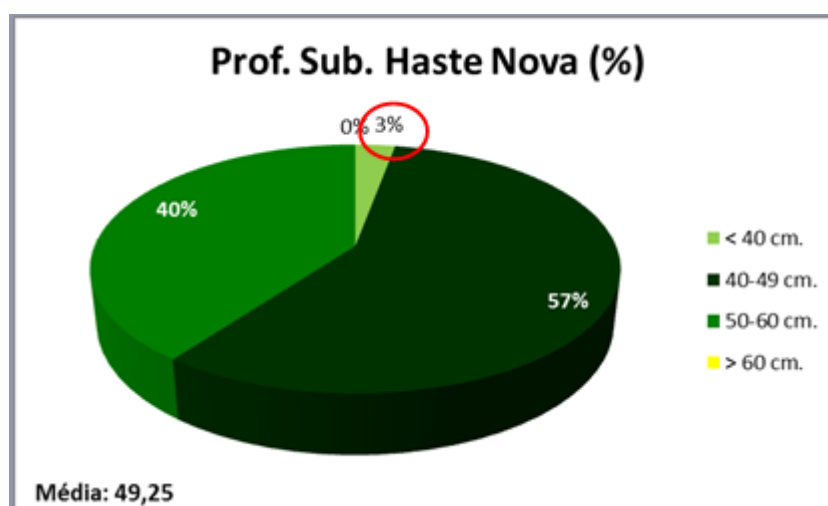


Figura 14 – Percentual de dados por faixa de profundidade com a haste nova.

Com as informações presentes na figura acima, percebe-se que o percentual de pontos em que a profundidade mínima não foi atingida foi reduzida de 15 para 3% dos dados. Essas informações indicam o ganho na qualidade do preparo de solo no cumprimento à recomendação técnica atual. Caso a nova recomendação técnica seja aprovada, cerca 73% dos pontos amostrados estariam abaixo da recomendação técnica

com o uso da antiga haste e, 60% dos pontos estariam abaixo da recomendação técnica com o uso da nova haste.

5.3. Velocidade da Máquina

A velocidade de trabalho foi medida antes e após as adequações realizadas a fim de identificar o possível impacto das alterações sobre o rendimento da máquina. Os riscos e as oportunidades que poderiam surgir após as adequações eram o aumento (ganho) ou a diminuição (perda) da velocidade de trabalho e, conseqüentemente, uma mudança no rendimento da atividade.

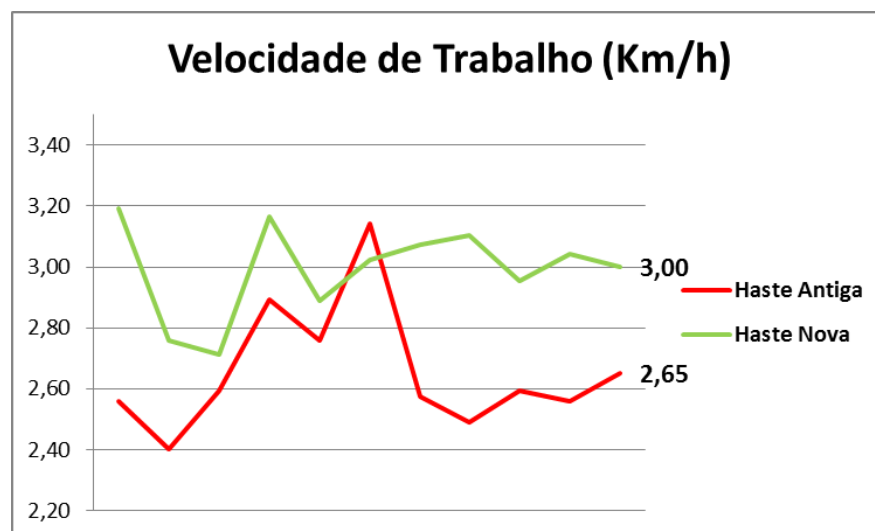


Figura 15 – Velocidade de trabalho com a haste antiga e com a haste nova.

Na avaliação feita em campo após a modificação da haste, observou-se um ganho na velocidade do trator de aproximadamente 13%. Houve um aumento na média da velocidade de 2,65 para 3,00 km/h. Lembrando que o estudo foi feito sobre a velocidade do trator e não sobre o rendimento efetivo da máquina. O aumento da velocidade pode ter sido proporcionado pelo aumento da angulação da haste e pela

diminuição da face frontal. Com essas alterações, a resistência da haste com relação ao solo pode ser menor, contribuindo para o aumento da velocidade da máquina.

5.4. Vazão do insumo

Avaliou-se a vazão de insumo a fim de verificar a qualidade e eficiência de aplicação do fosfato no solo. A dosagem recomendada de aplicação é de 200 kg/ha. A partir dos dados obtidos em campo encontrou-se os valores de vazão e os desvios relacionados com a aplicação do insumo para verificação da eficiência de aplicação.

Tabela 1 – Vazão de insumo nas saídas de fosfato

	Quantidade Aplicada em 50 m (kg)						Desvio (%)	
	Manhã			Tarde			Manhã	Tarde
	Bico 1 Esquerdo	Bico 2 Direito	Total	Bico 1 Esquerdo	Bico 2 Direito	Total		
	2,35	2,90	5,25	2,30	2,80	5,10	5,00	2,00
	2,00	3,00	5,00	2,20	3,00	5,20	0,00	4,00
	2,20	3,00	5,20	2,00	3,00	5,00	4,00	0,00
	1,50	1,80	3,30	2,20	2,80	5,00	-34,00	0,00
	1,80	2,20	4,00	2,35	3,10	5,45	-20,00	9,00
	2,10	2,70	4,80	2,00	2,80	4,80	-4,00	-4,00
Média	1,99	2,60	4,59	2,18	2,92	5,09	-8,17	1,83

Avaliando a vazão de fosfato nas duas saídas de insumo, percebe-se um desvio entre elas. Essa diferença pode resultar em um crescimento heterogêneo da floresta. Como produto do trabalho, uma nova tecnologia de silvicultura de precisão será implantada na máquina. Assim, como outros objetivos, o controle da vazão de insumo está contemplado no projeto de implantação dessa tecnologia.

5.5. Produtos do Projeto

Foi entregue como produto do projeto a adequação das hastes subsoladoras, o auxílio na revisão do procedimento operacional corporativo da atividade e o auxílio no planejamento de implantação do teste-piloto do sistema de tecnologia Arvus.

O teste-piloto com o novo sistema de silvicultura de precisão terá a duração de quatro meses e as atividades de subsolagem e limpa trilho serão contempladas no projeto. Para a atividade de limpa trilho, o objetivo do teste é o mapeamento da área efetiva de trabalho e o monitoramento da máquina. Já para a atividade de subsolagem, além do controle sobre o mapeamento da área e monitoramento da máquina, a profundidade de subsolagem e o controle da vazão de fosfato também serão contempladas.

5. CONCLUSÃO

- A adequação realizada promoveu a melhoria da qualidade da operação de subsolagem, já que houve aumento da profundidade, maior área de solo preparada e melhor uniformidade.
- A produtividade da operação foi melhorada já que a velocidade da máquina pôde ser aumentada em 13%.
- A vazão de fosfato demanda um maior cuidado e controle na vazão do insumo.
- Estudos de disponibilidade mecânica devem ser realizados para verificar se as adequações irão interferir neste item.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2012 ano base 2011**. Brasília, DF: ABRAF, 2012. 150 p.

CASSEL, D. K. Subsoiling. **Crops and Soils Magazine**, v.32, p. 7-10, 1979.

GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L.; WICHERT, M. C. P.; GAVA, J. L. Manejo de resíduos vegetais e preparo de solo. In: GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF. Cap. 3, p. 131-204, 2002.

GONÇALVES, J. L.; STAPE, J. L.; LACLAU, J. P.; SMETHURST, P.; GAVA, J. L. Silvicultural effects on the productivity and wood quality of eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 193, p. 45-61, 2004.

GROTTA, D. C. C.; LOPES, A.; FURLANI, C. E. A.; BRANQUINHO, K. B.; REIS, G. N.; SILVA, R. P. Subsolador: avaliação do desempenho em função da velocidade de trabalho e espaçamento entre hastes. **Acta Scientiarum, Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 1, p. 21-26, 2004.

SALMERON, A. **Mecanização da exploração florestal**. Circular técnica nº 88 PBP/1.8. Piracicaba: IPEF, janeiro 1980, 11p

SASAKI, C. M.; BENTIVENHA, S. R. P.; GONÇALVES, J. L. M. Configurações básicas de subsoladores florestais. In: GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF. Cap. 12, p. 393-407, 2002.

SEIXAS, F. Efeitos físicos da colheita mecanizada de madeira sobre o solo. In: GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. (Ed.). **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, Cap. 9, p. 313-350, 2002.

STAPE, J. L.; ANDRADE, S.; GOMES, A. N.; KRECI, L. C.; RIBEIRO, J. A. Definição de métodos de preparo de solo para silvicultura em solos coesos do litoral norte da Bahia. In: Gonçalves, J. L. M.; STAPE, J. L. (Ed.). **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, Cap.7 , p. 259-296, 2002.