

Avanços tecnológicos e impasses na colheita florestal

Fernando Seixas *



F. SEIXAS/USP, ISALGO

Colheita mecanizada em florestas plantadas

A importância da colheita florestal no Brasil reflete-se na composição do custo da madeira, atingindo cerca de 25% de seu preço final. O processo de mecanização das operações, intensificado na década de 90, busca a redução desses custos e o aumento da produtividade, inspirado também pelo aspecto da segurança, que procura retirar o homem do terreno e protegê-lo em uma cabine. Os avanços na mecanização das operações,

procurando atender a todos esses aspectos, concorrem portanto para a melhoria da colheita florestal, mas acrescenta a ela, porém, o problema do impacto da utilização de máquinas no meio ambiente.

O tráfego de máquinas em uma floresta pode causar danos às árvores remanescentes (em casos de desbastes), prejuízos à capacidade de rebrota das cepas, além de influências deletérias à

qualidade dos recursos hídricos e compactação do solo florestal. Como efeito principal, a compactação do solo pode reduzir sua produtividade e aumentar os níveis de erosão, fatores que dependem de: 1) peso do veículo, que irá determinar a força total sobre o solo; 2) área de contato entre roda e solo, que irá determinar a pressão; 3) distribuição da força na área de contato; 4) teor de água do solo e densidade inicial.

FIGURA 1 | UNIDADE DE DESLOCAMENTO NA COLHEITA FLORESTAL "TIMBERJACK"



FIGURA 2 | COLHEDORA COM ESTEIRAS



FIGURA 3 | TRATOR FLORESTAL AUTOCARREGÁVEL 1710 D "TIMBERJACK"



Características técnicas

Tara: 19,5 t

Peso com carga: 37,0 t

Pressão no terreno carregado

Eixo frontal: 53 kPa

Eixo traseiro: 105 kPa

A preocupação com a compactação do solo levou ao desenvolvimento de protótipos, como a "máquina andante", uma colhedora florestal cujos atrativos são a redução da área impactada, maior adaptabilidade a condições adversas do terreno, superação de obstáculos, boa dirigibilidade e maior conforto para o operador (Figura 1).

ATENUANDO A COMPACTAÇÃO

A pressão aplicada sobre o terreno pode ser reduzida de três maneiras:

- Aumento do diâmetro e da largura do pneu: pneus altos e estreitos tornam as máquinas mais manobráveis do que pneus baixos e largos. Porém, é muito difícil aumentar substancialmente a área de contato somente com o aumento do diâmetro do pneu.
- Aumento do número de rodas: alguns tratores para áreas florestais são limitados pelo *design* do chassi a dois eixos somente. As máquinas com três ou quatro eixos, porém, tornam-se cada vez mais comuns, devido ao aumento da capacidade de carga e ao menor impacto que têm sobre o solo. Esses tratores podem ser equipados também com *bogey*s nos pares de eixos, o que os tornam similares a esteiras.
- Uso de máquinas menores: os maiores tratores florestais podem pesar mais de 20 toneladas, enquanto que máquinas menores pesam menos de 8 toneladas. Máquinas maiores possibilitam maiores distâncias de extração e maior produtividade; mas, às vezes, pode ser difícil reduzir a pressão no solo pelo aumento do tamanho dos pneus desses tratores.
- Redução da pressão das máquinas sobre o solo, com aumento da "flutuação": pneus e esteiras aplicam duas forças principais no solo – a força vertical, a qual está relacionada à habilidade do solo em suportar uma máquina; e a força horizontal, que move a máquina para a frente, conhecida como tração. Essas duas forças são influenciadas pela textura do solo e pelo teor de água. A pressão exercida na superfície é igual ao peso total aplicado, dividido pela área de contato entre o solo e o pneu. Cada tipo de "roda" aplica uma dada carga, sendo a compactação resultante de características como carga no eixo, dimensões, pressão de inflação, patinagem, velocidade de deslocamento e frequência de

tráfego. O uso de pneus mais largos (34" a 68"), considerados como de baixa pressão e alta flutuação, propicia benefícios que incluem o aumento da produtividade em solos úmidos e terrenos inclinados mais acidentados, a economia de combustível, as reduções substanciais nos distúrbios do terreno (sulcamento), a compactação e a melhoria na estabilidade.

As máquinas são equipadas de maneira a trafegar normalmente, propiciando tração adequada nas mais diversas condições de solo. Quando o solo está seco ou congelado, as máquinas sem alta flutuação são mais eficientes, porque pneus de baixa pressão e alta flutuação ou esteiras dificultam a movimentação e tornam as máquinas mais pesadas. Pressões nos terrenos menores do que 5 ou 6 psi (libras por polegada quadrada) são consideradas de alta flutuação. Pressões menores do que 4 psi podem ser necessárias para se operar sem dificuldades em áreas alagadas. Esteiras proporcionam maior área de contato e aumentam a flutuação, com menores distúrbios no solo do que pneus comuns. Elas sustentam períodos operacionais mais longos, em condições mais úmidas são mais fáceis de instalar do que correntes, têm maior vida útil do que estas e menor manutenção. As esteiras também aumentam a produtividade, ampliam a durabilidade do pneu e reduzem os custos operacionais (Figura 2).

O aumento do número de eixos das máquinas possibilita muitas vezes o incremento da capacidade de carga, sem que ocorra, na mesma proporção, um aumento da pressão aplicada sobre o solo. Como exemplo, o trator florestal autocarregável 1710 D, equipado com quatro eixos (Figura 3), possui um peso total (tara + carga) em operação de 36,5 t, com uma capacidade extra de 7,5 t de madeira (75%), em relação ao modelo de três eixos 1010 D, do mesmo fabricante (Figura 4). Mesmo assim, a maior pressão aplicada sobre o solo pelo eixo traseiro

é de 105 kPa, contra 79 kPa do modelo 1010 D, ou seja, um acréscimo de 33%. Isso representa maior produtividade por unidade de tratora, diminuição da frequência de

tráfego sobre o terreno e maior eficiência do sistema de colheita. Com a instalação de esteiras nos eixos traseiros, a pressão aplicada no solo cai para 61 kPa, no caso do modelo 1710 D, e 46 kPa, para o modelo 1010 D.

FIGURA 4 | TRATOR FLORESTAL AUTOCARREGÁVEL 1010 D "TIMBERJACK"



Características técnicas

Tara: 12,5 t
Peso com carga: 22,5 t
Pressão no terreno carregado
Eixo frontal: 54 kPa
Eixo traseiro: 79 kPa

FIGURA 5 | COLHEDORA-TRANSPORTADORA VALMET 801 COMBI/330 DUO



FIGURA 6 | COLHEDORA-ENFARDADORA DE RESÍDUOS HARVESTER 1490 D



COLHEDORA-TRANSPORTADORA

Na operação de extração de madeira com o trator florestal autocarregável, a atividade com o carregador responde por cerca de 50% a 75% do tempo gasto pelo trator. Com o intuito de reduzir esse tempo, um sistema integrando corte, geralmente feito pela colhedora florestal, e extração em uma única máquina – a colhedora-transportadora – vem sendo testado nos últimos cinco anos (Figura 5). Algumas de suas vantagens referem-se ao trabalho menos monótono e à menor frequência de tráfego em solos “sensíveis”, contribuindo sobremaneira para a redução dos distúrbios causados nos solos florestais.

Considerando-se que as colhedoras e os tratores florestais autocarregáveis projetados para últimos desbastes e corte final têm pequena aplicabilidade em desbastes iniciais (principalmente comparando os custos elevados de colheita com o baixo valor da madeira obtida), a colhedora-transportadora apresenta-se como boa alternativa para essas intervenções iniciais. O desbaste feito com essas novas máquinas envolve o processamento dos troncos diretamente na caixa de carga (Figura 5). Estudos com protótipos mostram que a produtividade da colhedora-transportadora pode ser igual ou maior que a de sistemas de duas máquinas, em pequenos talhões com distância curta de extração.

RESÍDUOS COMBUSTÍVEIS

A atenção para o uso de combustíveis biológicos tem aumentado, em virtude da necessidade dos países da União Europeia reduzir suas emissões de CO₂ em 8%, até 2012. Contudo, a redução do preço de cavacos de madeira, a irregularidade dos

preços da energia, a exportação de nutrientes e a falta de desenvolvimento de tecnologias para a colheita de resíduos florestais têm desestimulado o trabalho com combustíveis florestais. Outro aspecto importante refere-se ao impacto que a utilização desses combustíveis poderia causar na manutenção do equilíbrio do povoamento florestal, principalmente pelo aumento na exportação de nutrientes e posterior necessidade de fertilização adicional. Por outro lado, a substituição da queima de combustíveis fósseis por biomassa concorre para a diminuição do efeito estufa, com consequências globais benéficas, inclusive para as próprias florestas.

Portanto, abre-se aqui um campo de análise promissor para o desenvolvimento de novos sistemas e equipamentos de colheita florestal, ampliando-se o estudo dos fatores de influência a serem controlados para a manutenção da sustentabilidade florestal. Um exemplo de equipamento desenvolvido para tal fim é o Harvester 1490D (Figura 6), que enfarda resíduos da colheita de madeira e, ao mesmo tempo, realiza seu transporte para o local de estocagem. Trata-se de uma máquina híbrida que, em 15 minutos, pode ser convertida em trator florestal autocarregável.

O volume de cada fardo varia entre 1,5 e 1,6 m³ de sólidos, com peso aproximado de 500 kg. A energia obtida por tonelada varia entre 2,5 e 3,5 MWh, equivalentes a 80 e 100 litros de óleo combustível. O consumo de energia dessa máquina equivale a 3% da energia produzida, com produtividade de 19,3 fardos por hora. Cada tonelada desse material é vendida por € 54,50, com lucro de € 6,00 por tonelada. O equipamento para enfardamento custa € 150.000,00, sem computar o trator, não se vislumbrando sua utilização em nosso país, em curto prazo, pelos custos envolvidos. Cabe porém uma análise sobre os possíveis impactos silviculturais e os ganhos advindos da substituição da queima de combustível fóssil.

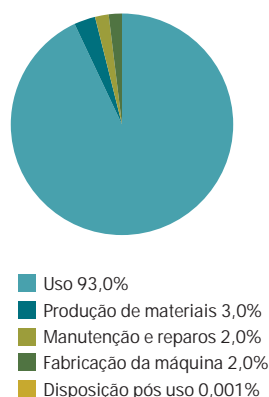
ÓLEOS BIODEGRADÁVEIS

A utilização de óleos biodegradáveis tem sido recomendada em áreas florestais ambientalmente sensíveis, principalmente pela proximidade de nascentes e demais cursos d'água. A preocupação com a contaminação dos solos e dos recursos hídricos por lubrificantes de origem fóssil levou a Comissão Florestal do Reino Unido a decidir que todos os tratores florestais terão que usar óleo hidráulico biodegradável, a partir de abril de 2007. Ainda assim, os operadores provavelmente continuarão sendo obrigados a limpar derramamentos de óleo, pois a rápida degradação dos mesmos pode levar à diminuição dos níveis de oxigênio no solo ou água, com possível mortalidade de microrganismos e peixes. Estudos sugerem também que os produtos resultantes da quebra das moléculas dos óleos podem ser tóxicos para bactérias do solo.

Por outro lado, o Instituto de Pesquisa Florestal Finlandês (FFRI) estudou a opção do uso de bioóleos em máquinas florestais, por seus aspectos técnicos e de saúde. Em levantamento feito com operadores, constatou que, em um universo de 375 máquinas, 40% utilizavam bioóleo hidráulico. Entre 27% e 38% dos proprietários observaram um ou mais dos seguintes problemas técnicos: remoção de óleo endurecido da máquina, vedação de vazamento, deterioração de mangueiras, falhas nas bombas, problemas em climas frios e rápida oxidação ou baixa viscosidade em climas mais quentes.

Os proprietários reclamaram ter um valor médio de perdas ao redor de US\$10.500, com maior custo nos reparos, atingindo US\$38.000, em virtude do uso de óleo biodegradável. Um quarto dos usuários retomou o uso de óleo mineral, sendo o consumo de óleo biodegradável por volta de 440 l por máquina, contra 330 l de óleo mineral, fator que sugere maior vazamento no caso do uso de bioóleos. Além disso, entre 5% e 20% dos operadores reclamaram do cheiro desagradável,

FIGURA 7 | FASES DO CICLO DE VIDA DA COLHEDORA TIMBERJACK 770, COM SEUS RESPECTIVOS PERCENTUAIS DO TOTAL DO IMPACTO AMBIENTAL

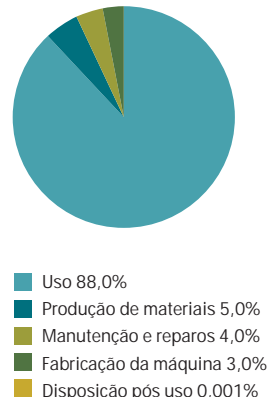


de problemas com irritações na pele, dificuldades de respiração, irritações nos olhos e outros sintomas. Portanto, apesar da substituição do óleo hidráulico mineral por biodegradável apresentar vantagens ambientais, ainda há necessidade de estudos que solucionem os problemas destacados.

A preocupação com o impacto ambiental causado pelas operações mecanizadas de colheita florestal envolve não somente o impacto das operações em si, mas também as ocorrências nas fases de construção e descarte, ou seja, durante todo o ciclo de vida da máquina. Como exemplo, publicação da Timberjack (*Green forest machines for sustainable development – Environmental declaration*) destaca o conceito de desenvolvimento sustentável utilizado pelo fabricante, ilustrando as diversas fases do ciclo de vida de dois modelos de máquinas florestais e seus respectivos impactos ambientais (Figuras 7 e 8).

Nos dois exemplos, a fase operacional é a de maior impacto no ambiente, havendo emissões mais significativas de nitrogênio, óxidos de nitrogênio, enxofre e gás carbônico. Nessa fase, são geradas em média cerca de 450 t de gás

FIGURA 8 | FASES DO CICLO DE VIDA DO TRATOR FLORESTAL AUTOCARREGÁVEL TIMBERJACK 1410, COM SEUS RESPECTIVOS PERCENTUAIS DO TOTAL DO IMPACTO AMBIENTAL



carbônico, 4,5 t de óxido de nitrogênio, 0,5 t de óxido de enxofre e 235 kg de material em partículas. Por causar a chuva ácida, os óxidos de nitrogênio são considerados como as emissões mais significativas em termos de impacto ambiental, seguidos pelo gás carbônico, com o seu efeito estufa, e, logo após, pelos óxidos de enxofre, que causam também chuva ácida e problemas respiratórios.

O segundo maior impacto se dá na fase de preparação dos materiais que irão participar da construção da máquina, sendo as demais etapas consideradas de baixo impacto. Conclui-se, portanto, que a avaliação do impacto da colheita sobre a manutenção da sustentabilidade florestal não deve se restringir unicamente aos seus efeitos diretos, em termos de erosão e compactação do solo. Deve-se também considerar a necessidade de redução de efeitos que possam se manifestar a longo prazo, observando as conseqüências no ambiente como um todo, e não somente no solo florestal.

***Fernando Seixas** é professor do Departamento de Ciências Florestais da USP ESALQ (fseixas@esalq.usp.br).



A preservação do meio ambiente é uma atitude cultivada pela VCP.

Preservar o meio ambiente é um dos principais compromissos da Votorantim Celulose e Papel com a sociedade. Prova disso, que em suas florestas um terço da área é dedicado à conservação – percentual que vai muito além do que a legislação exige. Cultiva e planta 5 milhões de mudas nativas todos os anos, sendo hoje uma das maiores reflorestadoras de mata

nativa do Brasil. E em suas fábricas e florestas são utilizadas as melhores tecnologias de produção e de controle ambiental do mundo.

Tudo porque a VCP sabe que respeitar o meio ambiente é mais do que uma iniciativa. É um dos papéis mais importantes para quem busca manter intacta a vida, desta e das futuras gerações.

 **Votorantim** | Celulose e Papel

PRESENTE RESPONSÁVEL. FUTURO SUSTENTADO.

www.vcp.com.br