



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI0711467-2 A2**



(22) Data de Depósito: 23/05/2007
(43) Data da Publicação: 16/11/2011
(RPI 2132)

(51) *Int.Cl.:*
A01G 23/08

(54) **Título:** MÁQUINA PARA SILVICULTURA , E, MÉTODO PARA CONTROLAR A MESMA

(30) **Prioridade Unionista:** 26/05/2006 US 60/803290

(73) **Titular(es):** Deere & Company

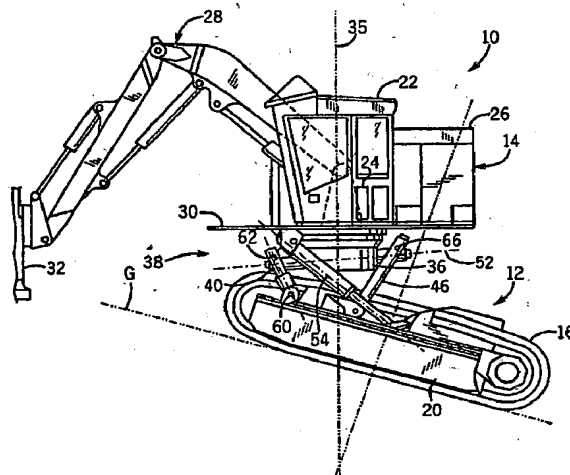
(72) **Inventor(es):** Daniel Schulz, James O Halloran

(74) **Procurador(es):** Momsen, Leonardos & CIA.

(86) **Pedido Internacional:** PCT US2007012378 de 23/05/2007

(87) **Publicação Internacional:** WO 2007/139878de 06/12/2007

(57) **Resumo:** MÁQUINA PARA SILVICULTURA, E, MÉTODO PARA CONTROLAR A MESMA. A presente invenção diz respeito a um sistema de controle de nivelamento para uma máquina para silvicultura que emprega sensores de posição que retransmitem informação a respeito da orientação do carro em relação ao conjunto de alojamento-mecanismo de oscilação a fim de controlar rolamento e passo de uma maneira que maximiza o envelope operacional do mecanismo de nivelamento. Os ângulos de passo e rolamento do conjunto de alojamento-mecanismo de oscilação em relação ao carro são medidos e/ou calculados e um controlador limita a operação do mecanismo de nivelamento em um envelope operacional que pode ser descrito em termos de passo e rolamento. Os cilindros são desacelerados gradualmente à medida que se aproxima do envelope operacional. O controlador pode incluir um modo de nivelamento automático. O controlador pode mudar a função dos controles do operador para frente, para trás, para esquerda e para a direita de maneira que eles sejam verdadeiros do quadro de referência do operador, independente da posição rotativa da cabine em relação ao carro.



“MÁQUINA PARA SILVICULTURA, E, MÉTODO PARA CONTROLAR A MESMA”

REFERÊNCIA CRUZADA AO PEDIDO RELACIONADO

5 Este pedido reivindica o benefício do pedido de patente provisório U.S. número de série 60/803.290, depositado em 26 de maio de 2006, e intitulado "Vector Controlled Leveling System", por meio deste incorporado pela referência como se estivesse apresentado aqui na íntegra.

DECLARAÇÃO CONCERNENTE A PESQUISA E DESENVOLVIMENTO PATROCINADO PELO GOVERNO FEDERAL

10 Não aplicável.

CAMPO DA INVENÇÃO

15 Esta invenção diz respeito a um sistema de nivelamento para equipamento para silvicultura. Esta invenção diz respeito a um mecanismo que conecta um alojamento-mecanismo de oscilação da lança de uma máquina para silvicultura no chassi de um carro de encaixe no terreno da máquina e, mais particularmente, a um mecanismo tal que é operado de forma a nivelar o alojamento-mecanismo de oscilação em um terreno irregular ou inclinado.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

20 Máquinas para silvicultura para cortar, acumular, processar e colher árvores cortadas são bem conhecidos em operações para silvicultura. Tipicamente, um implemento para silvicultura é montado na extremidade de uma lança ou guindaste que tem sua outra extremidade montada em uma mesa rotatória de maneira a ser pivotável em torno de um eixo geométrico lateral
25 relativo à mesa rotatória. A mesa rotatória é montada em um suporte da mesa rotatória de maneira a ser pivotável em torno de um eixo geométrico vertical (quando o suporte é vertical). Um carro, que pode ter esteiras ou rodas para transferir o suporte da mesa rotatória, tem um chassi no qual o suporte da mesa rotatória é montado por um mecanismo de nivelamento. O mecanismo

de nivelamento é operável para variar a posição e orientação do suporte da mesa rotatória em relação ao carro, dependendo da inclinação do terreno e da orientação do carro no terreno. Por exemplo, se árvores estiverem sendo cortadas, colhidas ou processadas em uma colina, a máquina tipicamente será
5 acionada na colina de forma que as árvores fiquem no alcance da lança, e o mecanismo de nivelamento ajustado para tornar o eixo geométrico da mesa rotatória no geral vertical. O centro de gravidade do conjunto de alojamento-mecanismo de oscilação, que inclui uma lança (com cabeça de corte anexada), o motor da máquina e a cabine do operador, que são montados na mesa
10 rotatória, devem ser posicionados em relação ao carro de forma que a máquina não incline para frente ou para trás quando a árvore é cortada ou pega/manuseada e seu peso apóia-se na placa de topo da cabeça.

Um mecanismo como este pode ser feito usando articulações e cilindros hidráulicos para mover articulações descritas na patente U.S. 4.679.803, que está incorporada pela referência como se estivesse aqui
15 apresentada na íntegra. Nesse mecanismo, um conjunto de articulações é provido na frente e um outro conjunto é provido a trás, e cilindros hidráulicos conectam as articulações tanto lateralmente quanto longitudinalmente para inclinar a mesa rotatória em relação ao carro, tanto em torno de um eixo geométrico lateral quanto em um eixo geométrico longitudinal. Outros
20 mecanismos para posicionar e orientar o conjunto de alojamento-mecanismo de oscilação são também discutidos na patente U.S. 4.679.803.

A patente U.S. 6.173.973, que está incorporada pela referência como se estivesse aqui apresentada na íntegra, está voltada para um
25 mecanismo de nivelamento do alojamento-mecanismo de oscilação para uma máquina para silvicultura. O mecanismo de nivelamento fica arranjado entre o conjunto de alojamento-mecanismo de oscilação e o carro. O mecanismo de nivelamento inclui uma articulação dianteira e uma articulação traseira que é menor do que a articulação dianteira. Extensões/retrações simultâneas dos

cilindros hidráulicos fazem com que o suporte da mesa rotatória do conjunto de alojamento-mecanismo de oscilação mova-se e incline-se longitudinalmente em torno de um eixo geométrico lateral relativo ao carro. Extensões/retrações diferenciais dos cilindros fazem com que o suporte da

5 mesa rotatória incline para os lados. A máquina para silvicultura permite que a mesa rotatória gire em relação ao suporte da mesa rotatória em torno do eixo geométrico da mesa rotatória 360 ° de forma que a lança da máquina possa ser operada na frente do carro, na traseira do carro ou para qualquer lado em qualquer posição angular.

10 Mecanismos de nivelamento têm que impedir que o suporte da mesa rotatória entre em contato com a subestrutura e têm que impedir contato prejudicial no próprio mecanismo de nivelamento. Isto pode ser obtido usando cilindros hidráulicos menores que não permitem que a subestrutura e o suporte da mesa rotatória entrem em contato em nenhuma orientação do

15 cilindro. Entretanto, cilindros menores limitam o envelope operacional do mecanismo de nivelamento.

Comutadores limites e/ou batentes de cilindros podem também ser usados para impedir contato prejudicial quando se usam cilindros maiores. Por exemplo, um comutador limite pode ser empregado para limitar o ângulo

20 de rolamento, permitindo ainda cilindros maiores que provêm maiores ângulos de passo. Entretanto, comutadores limites cortam abruptamente o movimento do cilindro e criam um envelope operacional que é menor que o envelope operacional definido pela real interferência/contato entre a subestrutura e o suporte da mesa rotatória.

25 O operador de uma máquina para silvicultura normalmente controla um mecanismo de nivelamento por meio de quatro botões de comando para as direções à frente, à trás, esquerda e direita, cujas direções se aplicam quando a cabine está diretamente para a frente em relação ao carro. Os botões de comando são normalmente conectados logicamente nos

cilindros hidráulicos de nivelamento de forma que o operador tenha que estar à par da orientação da cabine para a subestrutura. A operação do mecanismo de nivelamento em um declive pode ser especialmente difícil, mesmo para os operadores mais experientes em virtude de a cabine onde o operador se assenta poder ser rotacionada 360° em relação à subestrutura.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

A presente invenção fornece um sistema de controle de nivelamento para uma máquina para silvicultura que emprega sensores de posição que retransmitem informação a respeito da orientação do carro em relação ao conjunto de alojamento-mecanismo de oscilação a fim de controlar o rolamento e passo de uma maneira que minimiza o envelope operacional do mecanismo de nivelamento. O envelope operacional do mecanismo de nivelamento pode ser definido em termos de passo e rolamento. O envelope operacional pode ser um pedaço de terra limite de combinações de passo e rolamento permitidos.

Os ângulos de passo e rolamento podem ser medidos por uma pluralidade de sensores de ângulo. Em uma modalidade alternativa da invenção, os cursos do cilindro podem ser medidos e os ângulos de passo e rolamento calculados a partir dos cursos do cilindro.

Em uma modalidade alternativa da invenção, o sistema de controle pode ter um modo de nivelamento automático que nivela o conjunto de alojamento-mecanismo de oscilação em relação à gravidade, permanecendo ainda dentro do envelope operacional.

Em uma modalidade alternativa da invenção, um sensor angular pode fornecer informação a respeito da orientação rotativa do conjunto de alojamento-mecanismo de oscilação em relação ao carro e pode traduzir comandos do operador de forma que a cabine seja o quadro de referência, em vez de o carro.

O exposto e outros objetivos e vantagens da invenção ficarão

aparentes a partir da descrição detalhada seguinte. Na descrição, é feita referência aos desenhos anexos que ilustram uma modalidade preferida da invenção.

DESCRIÇÃO RESUMIDA DOS DESENHOS

5 A figura 1A é uma vista em elevação lateral de um cortador-acumulador para silvicultura articulado até a árvore ilustrado em um declive, com o conjunto de alojamento-mecanismo de oscilação inclinado para a frente, a ponteira de corte desenhada em linhas tracejadas e uma parte da esteira recortada;

10 A figura 1B é uma vista similar à da figura 1A, mas com o conjunto de alojamento-mecanismo de oscilação rotacionado 180 °, de forma a ficar na posição para cortar uma árvore colina a baixo pela máquina;

15 A figura 2 é uma vista em elevação lateral do cortador-acumulador para silvicultura com o conjunto de alojamento-mecanismo de oscilação inclinado para trás;

 A figura 3 é uma vista em elevação traseira do cortador-acumulador para silvicultura ilustrado com a lança na frente da máquina e com o conjunto de alojamento-mecanismo de oscilação inclinado para o lado direito;

20 A figura 4 é uma vista em perspectiva fragmentada de um mecanismo de nivelamento para uma máquina das figuras 1-3;

 A figura 5 é uma vista em perspectiva de uma modalidade de um mecanismo de nivelamento;

25 A figura 6 é uma representação gráfica de um envelope operacional permitido por uma modalidade da presente invenção e de um envelope operacional da técnica anterior;

 A figura 7 mostra uma vista frontal de um conjunto de controles de operador e uma representação gráfica do padrão de controle para os controles do operador;

A figura 8 é uma representação gráfica de um vetor de comando do operador dentro de um envelope operacional;

5 A figura 9 é uma representação gráfica de um vetor de comando do operador estendendo-se fora do envelope operacional e operação dentro do envelope operacional;

A figura 10 é uma representação gráfica de um vetor normal a uma margem de um envelope operacional;

10 A figura 11 é uma representação gráfica do cálculo da distância até um limite de um envelope operacional a partir de um ponto dentro do envelope operacional;

A figura 12 é uma representação gráfica do cálculo da distância até um limite de um envelope operacional a partir de um ponto fora do envelope operacional;

15 A figura 13 é uma representação gráfica da velocidade do movimento do cilindro com o tempo para um caminho de um mecanismo de nivelamento;

A figura 14 é uma representação de Denavit-Hartenberg de um mecanismo de nivelamento; e

20 A figura 15 é uma tabela de Denavit-Hartenberg para a representação de Denavit-Hartenberg da figura 14.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA MODALIDADE PREFERIDA

25 A figura 1A ilustra uma máquina para silvicultura que oscila até a árvore 10, particularmente um cortador-acumulador para silvicultura, que inclui um carro 12 e um conjunto de alojamento-mecanismo de oscilação 14. O carro 12 inclui esteira 16 e 18 que encaixam o terreno G e são montadas em um chassi do carro 20 de maneira a impulsionar a máquina 18 quando elas são acionadas. O mecanismo de acionamento das esteiras 16 e 18 e a estrutura geral do chassi 20 são convencionais, podem ser de qualquer tipo adequado e não são discutidas aqui com detalhes.

O conjunto de alojamento-mecanismo de oscilação 14 inclui uma cabine 22 na qual o operador da máquina se assenta e controla a máquina, um controlador 24, um motor 26 que fornece potência para acionar o carro e os sistemas hidráulicos da máquina 10, e uma lança 28, todos os
5
quais são montados em um a mesa rotatória 30. Na extremidade da lança 28 oposta à cabine 22, uma ponteira de corte 32 é montada para dividir uma árvore a ser cortada. Muitos diferentes tipos de ponteiras de corte encontram-se disponíveis, sendo ilustrada uma ponteira de derrubada com serra de disco de alta velocidade. Um outro tipo de dispositivo pode ser montado na
10
extremidade da lança 28.

A mesa rotatória 30 é montada em um suporte da mesa rotatória 34 de maneira a ser rotacionável em torno de um eixo geométrico principal da mesa rotatória 35. Uma conexão de mancal de esferas pode ser usada para prover esta conexão rotativa. Uma engrenagem interna pode ser
15
fixa em relação ao suporte da mesa rotatória 34 e um motor hidráulico pode ser fixo na mesa rotatória 30 de maneira a girar um pinhão que casa com a engrenagem interna. O acionamento do pinhão ao longo da engrenagem serve para girar o conjunto de alojamento-mecanismo de oscilação 360° em qualquer direção em relação ao suporte da mesa rotatória 34 (e assim o carro
20
12). O ângulo de rotação do conjunto de alojamento-mecanismo de oscilação 14 em relação ao suporte da mesa rotatória 34 pode ser medido por um sensor angular 36. O sensor angular 36 pode ser um sensor angular rotativo, um codificador, um potenciômetro e/ou um dispositivo similar. A conexão da mesa rotatória 30 no suporte da mesa rotatória 34 e o acionamento da mesa
25
rotatória 30 em torno do eixo geométrico principal da mesa rotatória em relação ao suporte da mesa rotatória 34 são todos convencionais, e podem ser realizados de qualquer maneira para praticar a invenção.

A figura 4 ilustra um mecanismo de nivelamento 38 para as máquinas das figuras 1-3 que muda o passo e rolamento do suporte da mesa

rotatória 34 e, portanto, da mesa rotatória 30 e do conjunto de alojamento-
mecanismo de oscilação 14 em relação ao carro 12. Uma articulação dianteira
40 é conectada na sua extremidade inferior no chassi do carro 20 e pivota em
torno de um eixo geométrico pivô lateral inferior 42. A extremidade superior
5 da articulação dianteira 40 é conectada no suporte da mesa rotatória 34 e
pivota em torno do eixo geométrico pivô lateral superior 44. Uma articulação
traseira 46 é conectada na sua extremidade inferior no chassi do carro 20 e
pivota em torno de um eixo geométrico pivô lateral inferior 48. A
extremidade superior da articulação traseira 46 é conectada no suporte da
10 mesa rotatória 34 e pivota em torno de um eixo geométrico pivô lateral
superior 50. A pivotagem das articulações 40 e 46 em torno de seus eixos
geométricos 42, 44, 48 e 50 provoca mudanças no ângulo de passo. O suporte
da mesa rotatória 34 é conectado nas articulações 40 e 46 de forma que o
suporte da mesa rotatória 34 possa pivotar em torno de um eixo geométrico
15 secundário da mesa rotatória 52. A pivotagem em torno do eixo geométrico
secundário da mesa rotatória 52 provoca mudanças no ângulo de rolamento.

O mecanismo de nivelamento 38 das máquinas das figuras 1-4
inclui um par de cilindros hidráulicos espaçados lateralmente 54 e 56 que são
conectados no carro 12 para permitir pivotagem lateral e longitudinal. Os
20 cilindros 54 e 56 aplicam forças no suporte da mesa rotatória 34 de maneira a
mudar o passo do suporte da mesa rotatória 34 em relação ao carro 12, e
também para girar o suporte da mesa rotatória 34 em torno de um eixo
geométrico secundário da mesa rotatória 52 para mudar o rolamento em
relação ao carro 12. As extremidades superiores dos cilindros 54 e 56 podem
25 ser conectadas por juntas de esferas convencionais nas extensões do suporte
da mesa rotatória 34. As juntas de esfera permitem pivotagem lateral (lado a
lado) e longitudinal (para frente e para trás) entre as extremidades superiores
dos cilindros 54 e 56 e as extensões. Isto permite que o suporte da mesa
rotatória 34 seja rotacionado em torno do eixo geométrico secundário da mesa

rotatória 52 pela pressurização dos cilindros 54 e 56 de maneira a mudar seu comprimento um em relação ao outro, conforme ilustrado na figura 3. A extensão e retração diferencial dos cilindros 54 e 56 provoca mudanças no ângulo de rolamento do suporte da mesa rotatória 34 em relação ao carro 12.

5 Quando os cilindros 54 e 56 são estendidos ou retraídos em uníssono, o suporte da mesa rotatória 34 é rotacionado em torno de um eixo geométrico lateral (lado a lado) tanto para frente, conforme ilustrado nas figuras 1A e 1B, quanto para trás, conforme ilustrado na figura 2. A extensão ou retração dos cilindros 54 e 56 em uníssono causará mudanças no passo do suporte da mesa
10 rotatória 34 em relação ao carro 12, conforme ilustrado na figura 3.

O rolamento e passo do suporte da mesa rotatória 34 em relação ao carro 12 das máquinas das figuras 1-4 podem ser medidos por sensores angulares. O sensor angular rotativo 58 mede o ângulo do pivô em torno do eixo geométrico secundário da mesa rotatória 52, medindo assim o
15 ângulo de rolamento diretamente e comunicando o ângulo de rolamento ao controlador 24. O ângulo de passo pode ser calculado a partir dos ângulos medidos dos pivôs em torno dos eixos geométricos laterais das articulações 40 e 46. Um sensor angular rotativo 60 mede o ângulo do pivô da extremidade inferior da articulação dianteira 40 em torno do eixo geométrico
20 42, o sensor angular rotativo 62 mede o ângulo do pivô da extremidade superior da articulação dianteira 40 em torno do eixo geométrico 44, o sensor angular rotativo 64 mede o ângulo do pivô da extremidade inferior da articulação traseira 46 em torno do eixo geométrico 48, e o sensor angular rotativo 66 mede o ângulo do pivô da extremidade superior da articulação 46
25 em torno do eixo geométrico 50. Os sensores angulares 60, 62, 64 e 66 comunicam os ângulos medidos ao controlador 24 e o controlador 24 calcula o ângulo de passo a partir dos ângulos medidos.

Referindo-se à figura 5, está mostrado um mecanismo de nivelamento 68 para um cortador-acumulador para silvicultura. O mecanismo

de nivelamento 68 inclui um suporte da mesa rotatória 34 conectado a pivô em uma articulação lateral 70 de maneira a ser pivotável em torno de um eixo geométrico 72. A articulação lateral 70 é conectada a pivô no carro (ou nas articulações fixas que são anexadas fixamente no carro) de maneira a ser pivotável em torno de um eixo geométrico 74. Um par de cilindros hidráulicos espaçados lateralmente 54 e 56 é conectado no carro para permitir pivotagem lateral e longitudinal. As extremidades superiores dos cilindros 54 e 56 podem ser conectadas por juntas de esfera convencionais no suporte da mesa rotatória 34. Os cilindros 54 e 56 aplicam forças no suporte da mesa rotatória 34 de maneira a girar a articulação lateral, e assim o suporte da mesa rotatória 34, em torno de um eixo geométrico 74 para mudar o passo do suporte da mesa rotatória 34 em relação ao carro, e também para girar o suporte da mesa rotatória 34 em torno de um eixo geométrico 72 para mudar o rolamento em relação ao carro. Extensão ou retração diferencial dos cilindros 54 e 56 provoca mudanças no ângulo de rolamento do suporte da mesa rotatória 34 em relação ao carro. Extensão ou retração dos cilindros 54 e 56 em uníssono provocará mudanças no passo do suporte da mesa rotatória 34 em relação ao carro.

Referindo-se à figura 5, um sensor angular de rolamento 76 mede o rolamento (esquerda/direita) e um sensor angular de passo 78 mede o passo (para frente/para trás). Os sensores angulares 76 e 78 podem ser sensores angulares rotativos (por exemplo, potenciômetros) que podem medir o rolamento e passo diretamente. Os sensores angulares 76 e 78 comunicam a informação de rolamento e passo ao controlador 24. O sensor angular de rolamento 76 detecta o rolamento e transmite um sinal elétrico analógico entre 0,5 V e 4,5 V ao controlador 24 comunicando a informação de rolamento. O sensor angular de passo 78 detecta o passo e transmite um sinal elétrico analógico entre 0,5 V e 4,5 V ao controlador 24 comunicando a informação de passo. A informação de rolamento e passo pode ser exibida em

graus em um monitor na cabine 22. O operador pode calibrar os sensores angulares 76 e 78 selecionando um modo de referência e então move o mecanismo de nivelamento 68 para posições de referência (por exemplo, a posição completamente retraída e a posição completamente estendida).

5 Durante o modo de referência, o controlador 24 pode ser configurado para operar o mecanismo de nivelamento 68 a uma baixa velocidade. Em uma modalidade, o modo de referência pode ser alimentado automaticamente mediante comissionamento ou reprogramação do controlador 24. Em uma

10 modalidade, somente o passo pode ser controlada enquanto no modo de referência (isto é, o controlador 24 proíbe extensão diferencial dos cilindros 54 e 56).

Para vários cortadores-acumuladores para silvicultura, os ângulos de rolamento e passo do suporte da mesa rotatória 34 em relação ao carro 12 podem também ser calculados medindo-se o passo e rolamento no

15 suporte da mesa rotatória 34 em relação ao terreno, medindo-se o passo e rolamento do carro 12 em relação ao terreno, e calculando a partir dessas medições o passo e rolamento do suporte da mesa rotatória 34 em relação ao

carro 12. Os ângulos de rolamento e passo poderiam também ser medidos e/ou calculados por codificadores, potenciômetros e/ou outros dispositivos

20 similares.

O controlador 24 controla os cilindros 54 e 56. O controlador 24 pode ser um computador. Os cilindros 54 e 56 são conectados a válvulas proporcionais (não mostradas) acionadas por meio de sinais de saída de modulação por largura de pulso (PWM) e pelo controlador 24. O movimento

25 hidráulico suave pode ser obtido aumentando/diminuindo a corrente suprida aos cilindros 54 e 56 usando rampas de aceleração/desaceleração.

O controlador 24 garante que o mecanismo de nivelamento 68 não opera fora do envelope operacional 80. O envelope operacional 80 é definido pelas dimensões mecânicas do mecanismo de nivelamento 38, bem

como pela exigência de que a mesa rotatória 30, conjunto de alojamento-mecanismo de oscilação 14 e/ou outras partes da máquina 10 têm que ser impedidas de entrar em contato com o carro 12, as esteiras 16 e 18 e/ou outras partes da máquina 10. O envelope operacional de diferentes cortadores-acumuladores para silvicultura (ou outras máquinas) variará dependendo da configuração da máquina e questões de projeto. Um envelope operacional pode ser definido em termos de ângulo de passo e ângulo de rolamento, comprimentos dos cilindros 54 e 56 e/ou qualquer outro tal sistema que descreve os limites de operação.

10 Referindo-se à figura 6, estão mostradas uma representação gráfica de um envelope operacional 80 de um cortador-acumulador para silvicultura que emprega uma modalidade da invenção e um envelope operacional 82 de um cortador-acumulador para silvicultura que emprega comutadores limites. O gráfico mostra as combinações de passo (para frente/para trás) e rolamento (esquerda/direita) permitidas. Um envelope operacional 80 de um cortador-acumulador para silvicultura que emprega uma modalidade de um sistema de controle da presente invenção está mostrado pela linha definida pelos pontos limites P_1 - P_2 - P_3 - P_4 - P_6 - P_8 - P_9 - P_{10} - P_1 , que é um gráfico limite de combinações permitidas de passo e rolamento que é

15 simétrica em torno do eixo geométrico de passo. Um envelope operacional 82 para o mesmo cortador-acumulador para silvicultura usando comutadores limites está mostrado pela linha P_1 - P_2 - P_5 - P_6 - P_7 - P_{10} - P_1 . O envelope operacional 82 é menor que o envelope operacional 80 em virtude de ser restrito pela operação dos comutadores limites. Por exemplo, os comutadores limites

20 restringem o rolamento a um valor de rolamento ao longo das linhas verticais P_2 - P_5 e P_7 - P_{10} , mesmo que existam combinações de rolamento e passo permissíveis para a direita da linha P_2 - P_5 e para a esquerda da linha P_7 - P_{10} (isto é, combinações de rolamento e passo permissíveis incluindo maior magnitude de rolamento). Conforme mostrado na figura 6, a linha P_2 - P_3 - P_4 - P_5

define combinações de passo e rolamento mais permissíveis entre uma faixa de passos do que a linha P_2 - P_5 para a mesma faixa de passos. Para aumentar o rolamento permitido máximo, pode ser necessário limitar o ângulo de passo para maiores ângulos de rolamento para evitar interferência mecânica destrutiva. Por exemplo, uma interferência ocorreria se o cortador-acumulador para silvicultura fosse em P_2 e rolamento fosse aumentado em magnitude sem reduzir a magnitude do passo. Um problema similar ocorreria para P_{10} em virtude de o envelope operacional 80 ser simétrico no eixo geométrico de passo. Conforme discutido a seguir, quando o cortador-acumulador para silvicultura está em P_2 e comandado para aumentar o rolamento, o cortador-acumulador para silvicultura opera ao longo da linha P_2 - P_3 - P_4 , permitindo assim maior rolamento. Em uma modalidade da presente invenção, o envelope operacional 80 é o maior possível para permitir mínima folga das partes mecânicas do cortador-acumulador para silvicultura. Os envelopes operacionais estão mostrados como linhas, mas podem ser curvas e/ou ter menos linhas. O envelope operacional ideal depende da configuração da máquina.

Referindo-se à figura 7, as entradas do operador 84 e 86 estão localizadas na cabine e estão conectadas comunicativamente no controlador 24 (não mostrado). As entradas do operador 84 e 86 permitem que o operador comande o controlador 24 para mudar o passo e rolamento, operando os cilindros 54 e 56 do mecanismo de nivelamento 38 dentro do envelope operacional 80. As entradas do operador 84 e 86 estão mostradas como manetes de jogos, mas poderiam ser qualquer dispositivo de entrada. A entrada do operador 84 inclui um botão de controle à frente 88 e um botão de controle para trás 90 de forma que o operador pode comandar o controlador 24 para mudar o passo nas direções para frente e para trás. A entrada do operador 86 inclui um botão de controle para a esquerda 92 e um botão de controle para a direita 94 de forma que o operador possa comandar o

controlador 24 para mudar o rolamento nas direções direita e esquerda. Combinações de direções podem ser comandadas, desde que as direções não sejam opostas. O padrão de controle de direções de comando 96 está mostrado na figura 6. O arranjo das entradas do operador e os botões de controle pode ser rearranjado e/ou configurado de qualquer maneira que permita que o operador comande o controlador 24 para mudar o passo e rolamento.

O controlador 24 interpreta o comando do operador a partir das entradas do operador 84 e 86 juntamente com informação de rolamento e passo medidas para determinar como operar os cilindros 54 e 56 a fim de mudar o passo e rolamento.

Referindo-se à figura 8, o controlador 24 reage a um comando do operador, avaliando a posição atual P_{s97} do mecanismo de nivelamento 38 ou 68 com relação à direção desejada do vetor de comando de movimento 98. O vetor de comando 98 é avaliado pela direção e velocidade. O comprimento do vetor de comando 98 indica a velocidade na qual mover. As correntes providas para as válvulas proporcionais que operam os cilindros 54 e 56 podem ser calculadas para fazer com que o mecanismo de nivelamento 38 mova na direção indicada pelo operador. Uma vez que o mecanismo de nivelamento 38 esteja movendo, a direção de movimento é verificada, avaliando a informação de rolamento e passo provida ou calculada por sensores angulares. Este controle de circuito fechado mantém o mecanismo de nivelamento 38 movendo na linha determinada por $P_{,97}$ e o vetor de comando 98.

O controlador 24 também tem que impedir que o mecanismo de nivelamento opere fora do envelope operacional 80, monitorando os ângulos de passo e rolamento medidos/calculados, determinando se os ângulos de passo e rolamento estão dentro do envelope operacional 80, determinado em direção a qual borda do envelope operacional 80 o operador

comandou o movimento, e controlando os cilindros 54 e 56 para manter os ângulos de passo e rolamento dentro do envelope operacional 80. Quando se aproxima das bordas do envelope operacional 80, o controlador 24 amortece o movimento dos cilindros 54 e 56 a fim de impedir tensão mecânica nos cilindros 54 e 56, bem como em outras partes da máquina 10 (isto é, desacelera o movimento). Referindo-se à figura 9, para amortecer o movimento, o controlador 24 determina em direção a qual segmento do limite 106 do envelope operacional 80 os cilindros 54 e 56 estão se movendo. O vetor de comando 98 compreende um vetor de comando permissível 102 que está dentro do envelope operacional 80 e um vetor de comando proibido 104 que está fora do envelope operacional 80. O vetor de comando permissível 102 aponta para o segmento limite 106. Um ponto de interseção P_b 108 com o segmento limite 106 é calculado e a distância até o ponto de interseção 108 é monitorado. Um vetor de comando corrigido 110 paralelo ao segmento limite 106 é então calculado. O vetor de comando corrigido 110 determinará a nova direção e velocidade para o deslocamento. Uma posição para começar a desaceleração para uma velocidade mais baixa é calculada de forma que a velocidade suba antes de atingir o ponto de interseção 108. Uma vez que o ponto de interseção 108 seja atingido, os cilindros 54 e 56 são controlados de acordo com o vetor de comando corrigido 110 de forma que os cilindros 54 e 56 operem dentro do envelope operacional 80. O vetor de comando corrigido 110 então será avaliado para determinar se está se aproximando de um outro limite e o controle de circuito fechado continua. Se o segmento limite 106 estiver se aproximando perpendicularmente, o movimento será controlado para ir gradualmente para uma parada no ponto de interseção.

A posição e orientação do mecanismo de nivelamento podem ser matematicamente descritos por equações cinemáticas diretas derivadas usando a convenção de Denavit-Hartenberg. Os ângulos de passo e rolamento, medidos pelos sensores angulares e/ou calculados a partir dos ângulos

medidos, podem ser ligados na transformação cinemática direta e equações para calcular a posição e orientação dos cilindros 54 e 56. Referindo-se à figura 10, está mostrada a representação de Denavit-Hartenberg para o mecanismo de nivelamento 68 da figura 5. A figura 5 indica o local dos pontos A, B, C e D. A matriz de transformação de Denavit-Hartenberg está mostrada na figura 11. As posições finais superiores dos cilindros são:

$$\vec{r}_A = \begin{pmatrix} 203 \\ 775 \\ -343 \end{pmatrix} \text{ e } \vec{r}_B = \begin{pmatrix} 203 \\ -775 \\ -343 \end{pmatrix}$$

As posições finais inferiores dos cilindros são:

$$\vec{r}_C = \begin{pmatrix} a_3 \text{ sen } (\theta_3) + d_2 \\ a_3 \cos(\theta_2) \cos(\theta_3) + d_3 \text{ sen } \theta_2 + a_2 \cos(\theta_2) \\ a_3 \text{ sen } (\theta_2) \cos(\theta_3) - d_3 \cos(\theta_2) + a_2 \text{ sen } (\theta_2) + d_1 \end{pmatrix} \text{ e}$$

$$\vec{r}_D = \begin{pmatrix} a_3 \text{ sen } (\theta_3) + d_2 \\ a_3 \cos(\theta_2) \cos(\theta_3) - d_3 \text{ sen } (\theta_2) + a_2 \cos(\theta_2) \\ a_3 \text{ sen } (\theta_2) \cos(\theta_3) + d_3 \cos(\theta_2) + a_2 \text{ sen } (\theta_2) + d_1 \end{pmatrix}$$

A posição e orientação dos cilindros 54 e 56 podem também ser medidas por sensores tais como um codificador, potenciômetro, transdutor de deslocamento variável linear, sensor ultra-sônico, sensor infravermelho e/ou um dispositivo similar. Em uma modalidade adicional da invenção, a posição e orientação dos cilindros 54 e 56 podem ser medidas e os ângulos de passo e rolamento podem ser calculados ligando-se o comprimento medido dos cilindros nas equações cinemáticas inversas derivadas usando a convenção de Denavit-Hartenberg.

Referindo-se às figuras 10 e 11, o segmento limite 106 entre os dois primeiros pontos de quina é dado pelo vetor \vec{u} onde:

$$\vec{r} = \vec{r}_1 + \lambda(\vec{r}_2 - \vec{r}_1) = \vec{r}_1 + \lambda\vec{u} \text{ com } 0 \leq \lambda \leq 1 \text{ e}$$

$$\vec{u} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1.$$

Todos outros segmentos do envelope operacional 80 podem ser igualmente calculados de uma maneira similar. Com propósitos de cálculo, é conveniente conhecer um vetor \vec{n} que é perpendicular ao segmento

limite 106.

$$\tilde{n} = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \vec{u} = \begin{pmatrix} -y_u \\ x_u \end{pmatrix}$$

Com \tilde{n} , o limite pode ser agora descrito como:

$$\tilde{n}\vec{r} - \tilde{n}\vec{r}_1 = 0 \text{ ou como}$$

$$\tilde{n}^0\vec{r} - \tilde{n}^0\vec{r}_1 = \tilde{n}^0\vec{r} - d = 0, \text{ onde}$$

$$\tilde{n}^0 = \frac{\tilde{n}}{|\tilde{n}|}$$

Onde \tilde{n}^0 tem o comprimento de 1 unidade e d representa a distância do segmento limite 106 a partir da origem do sistema de coordenadas. A distância entre qualquer ponto P e um segmento limite pode ser calculado como:

$$-e = \tilde{n}^0\vec{r}_p - d$$

$$\Leftrightarrow e = d - \tilde{n}^0\vec{r}_p$$

Se o valor de e for positivo, então o ponto P e a origem ficam localizados no mesmo lado do limite; e, se o valor de e for negativo, então o ponto P e a origem ficam localizados em lados diferentes do limite.

10 Conhecendo a posição atual P_s , onde o movimento começa, e o vetor de comando \vec{c} , o caminho de movimento será:

$$\vec{r} = \vec{r}_s + \mu\vec{c}$$

Para encontrar o ponto de cruzamento do limite P_s , uma equação linear é resolvida:

$$\vec{r} = \vec{r}_s + \mu\vec{c} \wedge \tilde{n}\vec{r} - \tilde{n}\vec{r}_1 = 0$$

$$\Rightarrow \tilde{n}\vec{r}_s + \mu\tilde{n}\vec{c} - \tilde{n}\vec{r}_1 = 0$$

$$\Rightarrow \mu = \frac{\tilde{n}\vec{r}_1 - \tilde{n}\vec{r}_s}{\tilde{n}\vec{c}}$$

15 Se $\tilde{n}\vec{c}$ for igual a zero, μ não é definido, em virtude de o caminho de movimento e o limite serem paralelos, e assim não existe ponto de cruzamento. Conhecendo P_s , λ pode ser verificado para determinar se ele é parte de um segmento limite.

$$\begin{aligned}\vec{r} &= \vec{r}_s + \mu \vec{c} \quad \wedge \quad \vec{r} = \vec{r}_1 + \lambda \vec{u} \\ \Rightarrow \vec{r}_s + \mu \vec{c} &= \vec{r}_1 + \lambda \vec{u} \\ \Rightarrow \lambda &= \frac{\vec{r}_s + \mu \vec{c} - \vec{r}_1}{\vec{u}} \\ \Rightarrow \lambda &= \frac{x_s + \mu x_c - x_1}{x_u} \quad \vee \quad \lambda = \frac{y_s + \mu y_c - y_1}{y_u}\end{aligned}$$

Tanto x_u quanto y_u têm que ser diferentes de zero para obter uma solução. Se P_B for parte de um segmento limite, então

$$0 \leq \lambda \leq 1$$

5 Para determinar para qual limite o vetor comando está se movendo, as condições seguintes devem ser verificadas:

$\mu \geq 0$ ou $\vec{n}\vec{c} > 0$, uma vez que P_B precisa ficar disposto no caminho na direção para frente e

10 $0 \leq \lambda \leq 1$, para examinar se P_a é parte do segmento limite e $e \geq 0$ para todos limites, para verificar que o envelope operacional não foi cruzado.

Referindo-se à figura 12, se a máquina estiver operando fora do envelope operacional, o caminho mais curto para o envelope operacional pode ser calculado por:

$$\vec{r}_b = \vec{r}_s + e\vec{n}^0 = \vec{r}_s + e\frac{\vec{n}}{|\vec{n}|}$$

15 Para o PS proposto, λ é calculado para os segmentos limites. Se λ estiver fora da faixa de zero a um, o ponto da quina entre os dois segmentos é escolhido, onde $\lambda_i > 1$ e $\lambda_{i+1} < 0$ como o ponto mais próximo para entrar novamente no envelope operacional.

20 Se o vetor de comando fizer com que o mecanismo de nivelamento opere fora do envelope operacional, o movimento será controlado de maneira a mover da posição de partida para o ponto limite, e daí o movimento será ao longo dos limites do envelope operacional até um ponto de quina e em seguida para o ponto de quina seguinte, desde que $\vec{n}\vec{c} > 0$ e desde seja mantida a mesma direção.

$\bar{u}\bar{c} > 0$, quando se move no sentido horário, ou

$\bar{u}\bar{c} < 0$, quando se move no sentido anti-horário.

A magnitude do vetor de comando \bar{c} representa 100 % da velocidade solicitada, e a baixa velocidade ao longo do limite é dada por:

$$\bar{u}^0\bar{c} = \frac{\bar{u}\bar{c}}{|\bar{u}|}.$$

5 Referindo-se à figura 13, em virtude de o movimento dos cilindros 54 e 56 e o movimento do suporte da mesa rotatória 34 não estarem relacionados de uma maneira linear, a velocidade, aceleração e desaceleração são definidas no plano de rolamento/passo. A taxa de desaceleração usada quando se aproxima de um segmento limite 106 do envelope operacional 80
10 (esta desaceleração é denominada amortecimento eletrônico) é diferente da taxa de desaceleração usada para paradas de comando. O nível de velocidade máxima em um caminho de movimento será menor que 100 % se o movimento for ao longo do limite em uma direção diferente do vetor de comando original 98. Por causa do comprimento das seções de caminho
15 individuais, a velocidade máxima pode não ser atingida antes que tiver que ocorrer a desaceleração. A velocidade é zero no início e no final do caminho; portanto, a desaceleração tem que ocorrer em algum lugar entre estes para garantir que a velocidade é reduzida no tempo. As fórmulas gerais para os cálculos de velocidade são:

$$v_2 = v_1 + a(t_2 - t_1)$$

$$s_2 = s_1 + v_1(t_2 - t_1) + \frac{1}{2}a(t_2 - t_1)^2$$

20 As posições de entrada e saída S_A e S_E podem ser calculadas, calculando-se o caminho. A velocidade $V_B = V_D$, que é o nível de velocidade máximo para esta seção de caminho particular, pode ser calculada. A velocidade V_A no ponto de entrada será sempre o mínimo de V_A' e V_A'' , e a velocidade V_E no ponto de saída é sempre o mínimo de V_E' e V_E'' . As velocidades exigidas são
25 calculadas como:

$$v_1 = \sqrt{v_2^2 - 2a(s_2 - s_1)} \quad \text{e} \quad v_2 = \sqrt{v_1^2 + 2a(s_2 - s_1)}$$

A velocidade atingível nesta seção será o mínimo de $V_B = V_D$ e V_C .

$$v_C = \sqrt{\frac{2a'a''}{a''-a'}(s_E - s_A + \frac{v_A^2}{2a'} - \frac{v_E^2}{2a''})}$$

Conhecendo-se todas velocidades $V_A... V_E$, $S_B... S_D$ correspondentes podem ser calculadas:

$$v \neq const: s_1 = s_2 - \frac{v_2^2 - v_1^2}{2a} \quad e \quad s_2 = s_1 + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2a}$$

bem como marca de data e hora:

$$v \neq const: t_1 = t_2 - \frac{v_2 - v_1}{a} \quad e \quad t_2 = t_1 + \frac{v_2 - v_1}{a}$$

$$v = const: t_2 = t_1 + \frac{s_2 - s_1}{v}$$

- 5 Conforme descrito anteriormente, os comprimentos (= vetor no plano do cilindro esquerdo/direito) dos cilindros 54 e 56 podem ser calculados. O vetor de comando 98 representa um vetor delta no plano de rolamento/passo; portanto, o veto delta relacionado no plano do cilindro esquerdo/direito pode ser calculado:

$$\Delta \vec{s} = DH (\Delta \vec{c}) \quad \text{com} \quad \vec{c} = \begin{pmatrix} \alpha_{rolam.} \\ \alpha_{artagem} \end{pmatrix} \quad e \quad \vec{s} = \begin{pmatrix} s_{Cyl. \text{ esq.}} \\ s_{Cyl. \text{ dir.}} \end{pmatrix}$$

- 10 Este vetor delta e a informação de velocidade podem ser usados para calcular as devidas correntes nas válvulas proporcionais.

Para evitar o cálculo de Denavit-Hartenberg preciso, mas pesado, a razão atual entre os cilindros 54 (cilindro esquerdo) e 56 (cilindro direito) pode ser aproximada por uma função $f(x) = a \cdot \text{sen}(x+b)$, que pode adicionalmente ser aproximada pela série de Taylor:

- 15

$$\text{fator}_L = 1.22 \cdot \text{sen} (dir + 0,95)$$

$$\text{fator}_R = 1.22 \cdot \text{sen} (dir + \pi - 0,95)$$

Os fatores são as razões com relação às correntes necessárias para ir de trás para frente, *dir* representa a direção ($0^\circ =$ de trás para frente, $90^\circ =$ da esquerda para a direita). A direção normalmente será conhecida a partir do vetor de comando 98; portanto, as equações podem ser simplificadas como:

$$\begin{pmatrix} \text{fator } L \\ \text{fator } R \end{pmatrix} = 1,22 \cdot \begin{bmatrix} \cos(-0,95) & -\text{sen}(-0,95) \\ \cos(\pi + 0,95) & -\text{sen}(\pi + 0,95) \end{bmatrix} \cdot \frac{\bar{c}}{|\bar{c}|}$$

Em casos extremos, esses fatores podem ser defasados em até 0,4, comparados com aqueles calculados com a convenção de Denavit-Hartenberg. Controle de circuito fechado pode compensar o erro de aproximação.

5 Em certas condições, o fluxo hidráulico para os cilindros será um máximo e a corrente precisará ser corrigida para ficar no caminho. Este problema deve ser superado pelo controle de posição de circuito fechado.

Alternativamente, o envelope operacional 80, menos uma margem de desaceleração, poderia ser armazenado em uma tabela de busca, e os ângulos de passo e rolamento monitorados continuamente de forma que o controlador 24 assuma o controle do operador quando a margem de desaceleração for alimentada, e o controlador 24 desacelera e pára os cilindros 54 e 56 antes de qualquer contato ser feito entre as partes da máquina 10.

Em uma outra alternativa, o controlador 24 poderia ser provido com um modo automático e um sensor de nível provido na cabine 22. O sensor de nível e o controlador 24 controlariam os cilindros 54 e 56 para manter o nível da cabine 22 em relação à gravidade, e as equações supradiscutidas ou a tabela de busca seriam usadas para manter a orientação cabine para o carro dentro do envelope operacional, usando paradas amortecidas virtuais supradiscutidas.

Referindo-se às figuras 1A e 1B, o sensor angular 36 mede a orientação do conjunto de alojamento-mecanismo de oscilação 12 em relação ao carro 12 e fornece o ângulo de rotação ao controlador 24. Com esta informação de ângulo, o controlador 24 pode recalcular os comandos do operador a partir dos botões de controle 88, 90, 92, 94 de forma que o operador torne-se o quadro de referência para as direções comandadas (por exemplo, empurrar o botão para a frente fará com que o mecanismo de nivelamento 38 mova-se em uma direção na frente da cabine 22, em vez de

em uma direção para a frente do carro 12). A cabine 22, e portanto o operador, é o quadro de referência, em vez de o carro 12. O operador não tem que ter contato visual com o carro 12 a fim de determinar qual botão de controle 88, 90, 92, 94 empurrar a fim de operar o mecanismo de nivelamento 38 em uma certa direção.

Modalidades preferidas da invenção foram descritas com detalhes consideráveis. Muitas modificações e variações das modalidades descritas ficarão aparentes aos versados na técnica. Portanto, a invenção não deve ser limitada às modalidades descritas, mas deve ser definida pelas reivindicações seguintes.

REIVINDICAÇÕES

1. Máquina para silvicultura, caracterizada pelo fato de que compreende:

uma cabine;

5 uma lança;

um implemento para silvicultura montado na lança;

um conjunto de alojamento-mecanismo de oscilação suportando a cabine e a lança;

10 um conjunto de mesa rotatória suportando o conjunto de alojamento-mecanismo de oscilação, o conjunto de alojamento-mecanismo de oscilação rotacionável em torno do conjunto da mesa rotatória;

um carro configurado para deslocamento fora de estrada;

15 um mecanismo de nivelamento montado no carro e suportando o conjunto da mesa rotatória, o mecanismo de nivelamento incluindo uma pluralidade de cilindros hidráulicos configurada para reposicionar o conjunto da mesa rotatória em relação ao carro;

um primeiro sensor configurado para detectar um primeiro parâmetro relacionado a uma orientação do conjunto da mesa rotatória em relação ao carro;

20 um segundo sensor configurado para detectar um segundo parâmetro relacionado à orientação do conjunto da mesa rotatória relativa ao carro;

25 um dispositivo de entrada do operador posicionado na cabine, o dispositivo de entrada do operador configurado para gerar um sinal de comando; e

um controlador programado com um envelope operacional, o controlador configurado para determinar um passo a partir de pelo menos um primeiro parâmetro, determinar um rolamento a partir de pelo menos o segundo parâmetro, receber o sinal de comando e controlar o mecanismo de

nivelamento direcionado pelo sinal de comando e manter o mecanismo de nivelamento dentro do envelope operacional, monitorando continuamente o passo e rolamento e impedindo operação fora do envelope operacional.

5 2. Máquina para silvicultura de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o envelope operacional é definido por uma pluralidade de combinações de passo e rolamento permitidas.

10 3. Máquina para silvicultura de acordo com a reivindicação 2, caracterizada pelo fato de que o envelope operacional inclui um ponto limite de um dado passo e um dado rolamento onde, no ponto limite, um aumento no rolamento no dado passo resultaria em uma interferência mecânica envolvendo pelo menos duas partes da máquina para silvicultura, em que o controlador é configurado para aumentar automaticamente o rolamento e simultaneamente reduzir o passo enquanto passa pelo ponto limite, quando direcionado pelo sinal de comando para aumentar o rolamento.

15 4. Máquina para silvicultura de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o envelope operacional compreende um pedaço de terra limite e o controlador é configurado para gerar um vetor de controle a partir do sinal de comando, o passo e o rolamento, o controlador configurado para controlar o mecanismo de nivelamento para mover de acordo com o
20 vetor de controle, se o vetor de controle estiver dentro do envelope operacional.

25 5. Máquina para silvicultura de acordo com a reivindicação 4, caracterizada pelo fato de que o controlador é configurado para controlar o mecanismo de nivelamento para parar gradualmente em uma interseção do vetor de controle e o pedaço de terra limite quando o vetor de controle estender-se fora do pedaço de terra limite e estiver essencialmente perpendicular ao pedaço de terra limite.

6. Máquina para silvicultura de acordo com a reivindicação 4, caracterizada pelo fato de que o controlador é configurado para controlar o

mecanismo de nivelamento para operar ao longo do pedaço de terra limite quando o vetor de controle estender-se para fora do pedaço de terra limite e não estiver essencialmente perpendicular ao pedaço de terra limite.

5 7. Máquina para silvicultura de acordo com a reivindicação 4, caracterizada pelo fato de que o controlador é configurado para determinar a velocidade do mecanismo de nivelamento a partir de um comprimento do vetor de controle, o controlador configurado para controlar o mecanismo de nivelamento para mover na velocidade do mecanismo de nivelamento.

10 8. Máquina para silvicultura de acordo com a reivindicação 4, caracterizada pelo fato de que compreende adicionalmente um sensor de rotação que detecta um ângulo de rotação representando uma orientação de rotação da cabine em relação ao carro, em que o controlador é configurado para receber a orientação rotativa e girar o vetor de controle no ângulo de rotação.

15 9. Máquina para silvicultura de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o controlador é configurado para desacelerar o mecanismo de nivelamento à medida que o envelope operacional se aproxima.

20 10. Máquina para silvicultura de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que compreende adicionalmente pelo menos um sensor de inclinação que determina a inclinação do conjunto de mesa rotatória em relação à gravidade, em que o controlador é configurado para controlar automaticamente o mecanismo de nivelamento para nivelar maximamente o conjunto de mesa rotatória em relação à gravidade.

25 11. Máquina para silvicultura de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que compreende adicionalmente um sensor de rotação que detecta uma orientação rotativa da cabine em relação ao carro, em que o controlador é configurado para receber a orientação rotativa e controlar o mecanismo de nivelamento usando a cabine como um quadro de referência.

12. Máquina para silvicultura de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o primeiro sensor é um sensor de rolamento e o segundo sensor é um sensor de passo.

5 13. Máquina para silvicultura de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que a pluralidade de cilindros hidráulicos inclui um primeiro cilindro hidráulico e um segundo cilindro hidráulico, o primeiro sensor detectando um comprimento de extensão do primeiro cilindro hidráulico, que é o primeiro parâmetro, e o segundo sensor detectando um comprimento de extensão do segundo cilindro hidráulico, que é o segundo parâmetro.

10

14. Máquina para silvicultura de acordo com a reivindicação 12, caracterizada pelo fato de que o controlador é programado com um conjunto de equações cinemáticas, o controlador configurado para calcular o passo e rolamento usando o conjunto de equações cinemáticas.

15 15. Método para controlar uma máquina para silvicultura que tem uma cabine, um dispositivo de entrada do operador posicionado na cabine, uma lança, um implemento para silvicultura montado na lança, um conjunto de alojamento-mecanismo de oscilação suportando a cabine e a lança, um conjunto de mesa rotatória suportando o conjunto de alojamento-mecanismo de oscilação que é rotacionável em relação ao conjunto de mesa rotatória, um carro configurado para deslocamento fora de estrada, um mecanismo de nivelamento montado no carro e suportando o conjunto de mesa rotatória, o mecanismo de nivelamento incluindo uma pluralidade de cilindros hidráulicos configurada para reposicionar o conjunto de mesa rotatória em relação ao carro, caracterizado pelo fato de que compreende:

20

25

detectar o rolamento do conjunto de mesa rotatória em relação ao carro;

detectar o passo do conjunto de mesa rotatória em relação ao carro;

receber um sinal de comando do dispositivo de entrada do operador;

controlar o mecanismo de nivelamento em resposta ao sinal de comando; e

5 manter o mecanismo de nivelamento dentro de um envelope operacional armazenado em um controlador, monitorando continuamente o passo e o rolamento.

16. Método de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que a posição atual do mecanismo de nivelamento é definida pelo rolamento e pelo passo, o método compreendendo adicionalmente determinar um vetor de controle com base na posição atual e no sinal de comando, e controlar o mecanismo de nivelamento de acordo com o vetor de controle se o vetor de controle estiver dentro do envelope operacional.

17. Método de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que o envelope operacional compreende um pedaço de terra limite, o método compreendendo adicionalmente determinar um ponto de interseção com o pedaço de terra limite, monitorar a distância da posição atual até o ponto de interseção com o pedaço de terra limite e desacelerar o mecanismo de nivelamento quando se aproxima do ponto de interseção.

20 18. Método de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que o mecanismo de nivelamento é parado gradualmente no ponto de interseção se o vetor de controle estender-se fora do pedaço de terra limite e for essencialmente perpendicular ao pedaço de terra limite.

25 19. Método de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que o mecanismo de nivelamento é operado ao longo do pedaço de terra limite se o vetor de controle estender-se fora do pedaço de terra limite e não ficar essencialmente perpendicular ao pedaço de terra limite.

20. Método de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que a velocidade do mecanismo de nivelamento é proporcional ao

comprimento do vetor de controle.

21. Método de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente interpretar o sinal de comando com a cabine como um quadro de referência para o sinal de comando.

5

22. Método de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que o envelope operacional inclui um ponto limite de um dado passo e um dado rolamento, onde, no ponto limite, um aumento no rolamento no dado passo resultaria em uma interface mecânica entre pelo menos duas partes da máquina para silvicultura, em que o método compreende aumentar automaticamente o rolamento e reduzir o passo, passando ainda pelo ponto limite quando direcionado pelo sinal de comando para aumentar o rolamento.

10

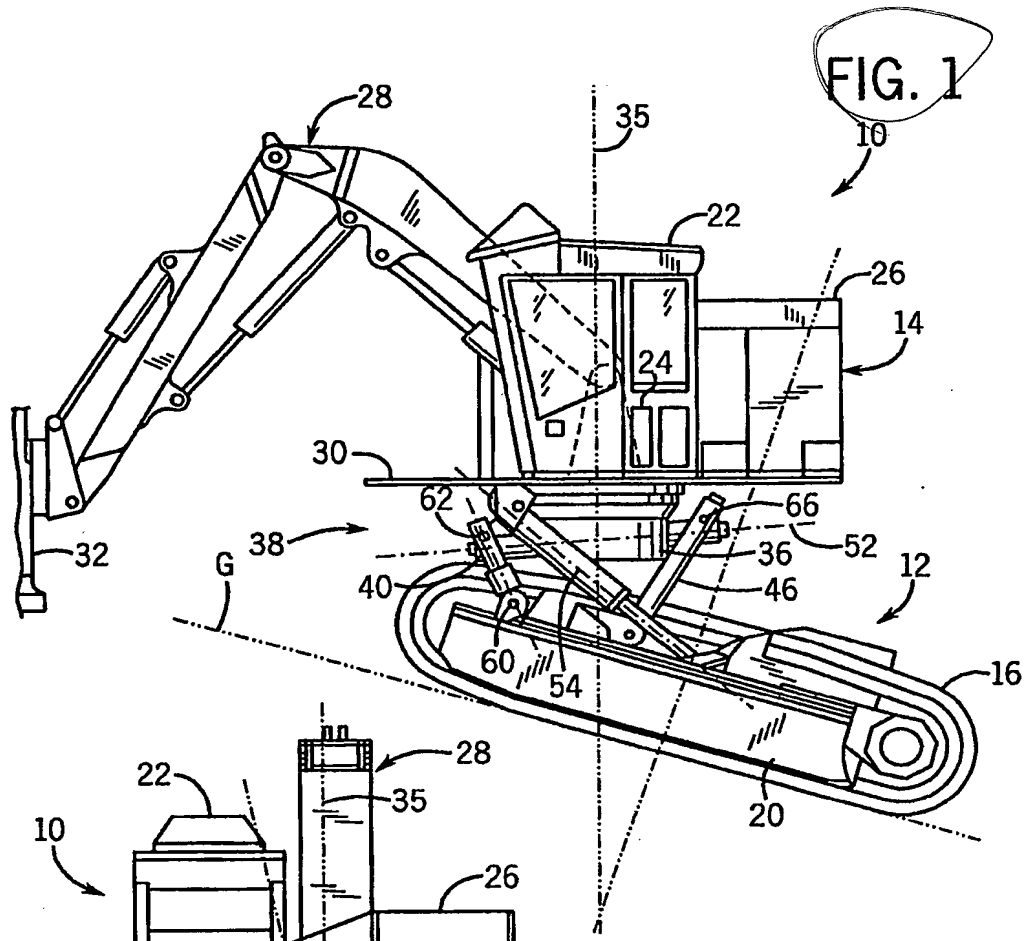


FIG. 1

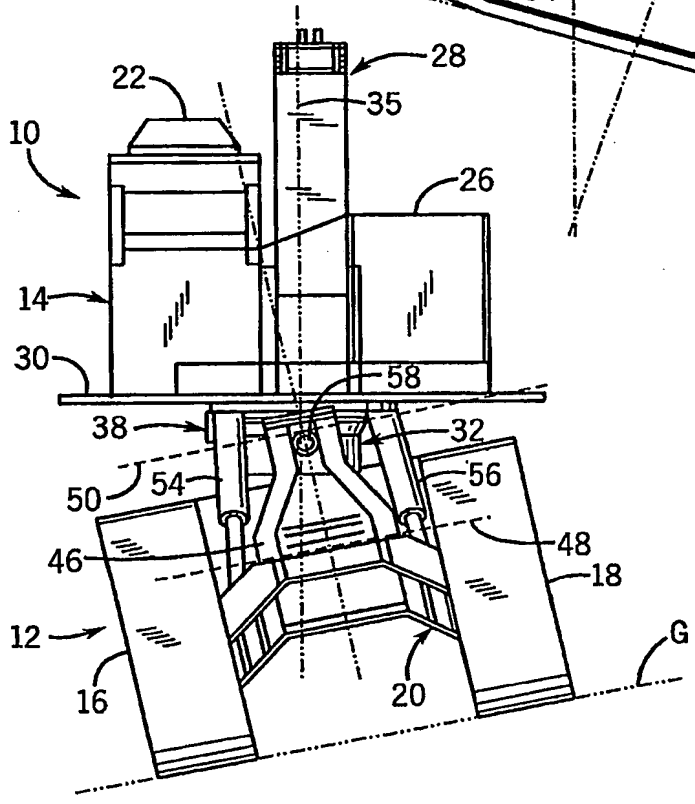


FIG. 3

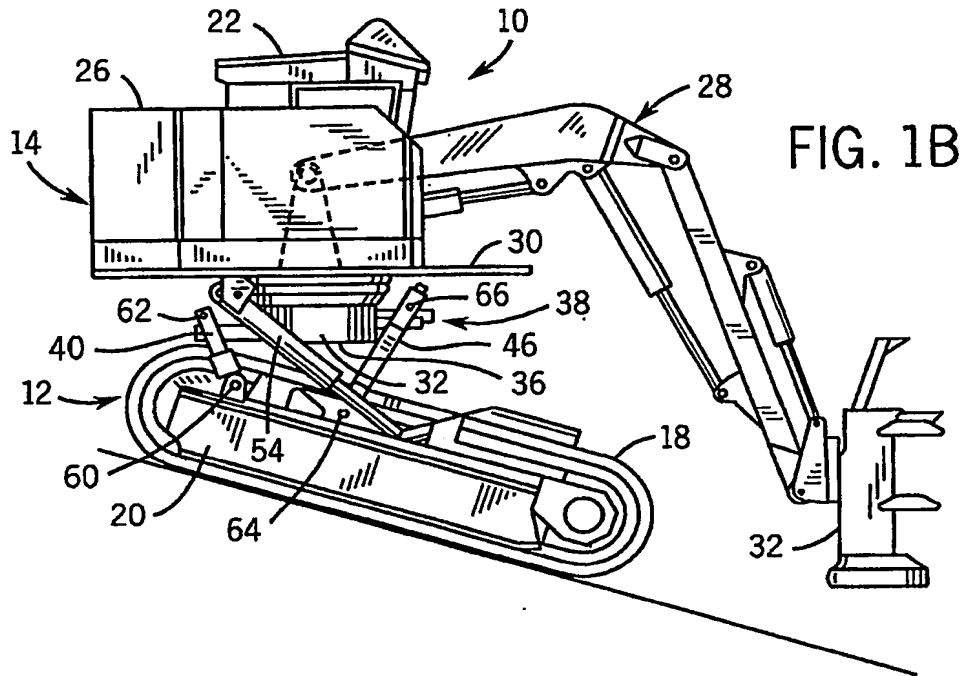


FIG. 1B

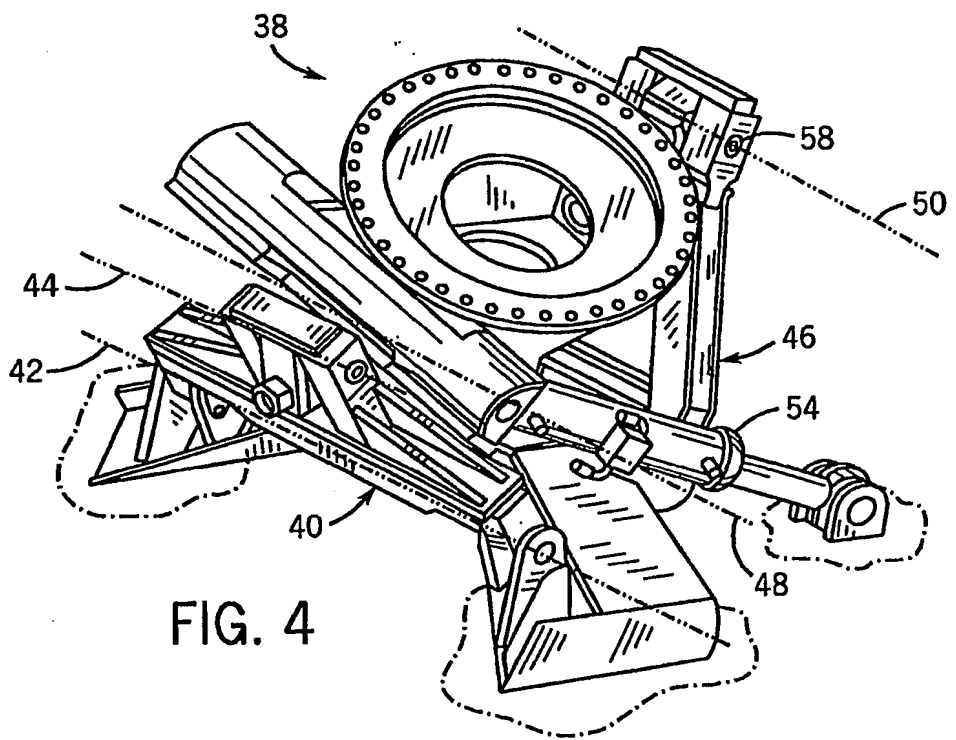


FIG. 4

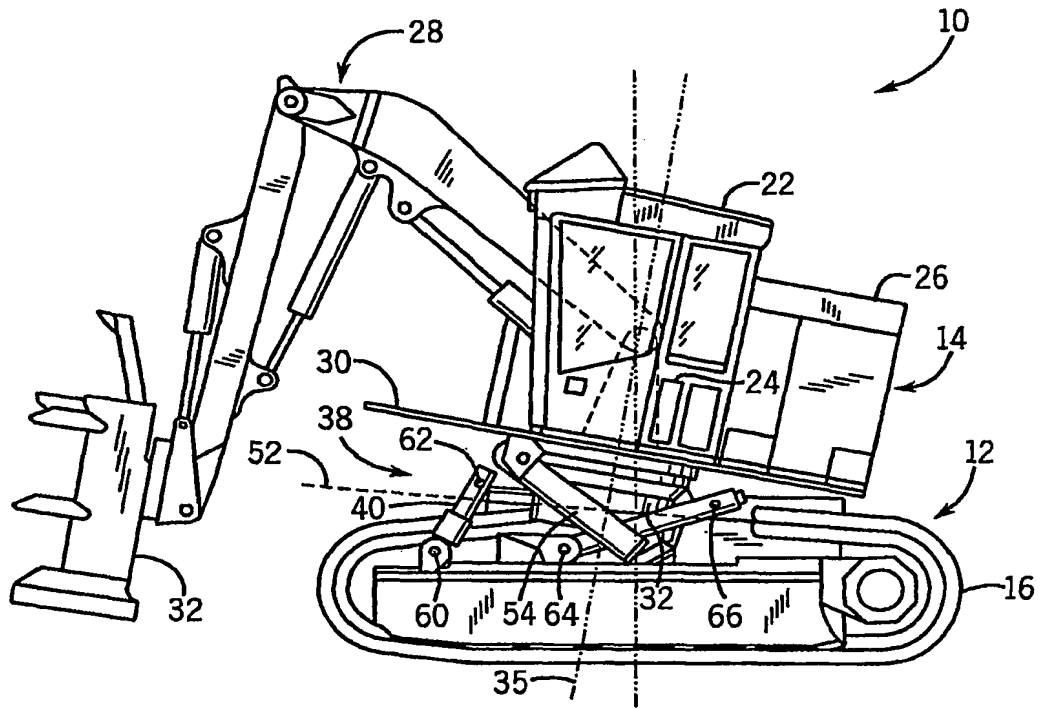


FIG. 2

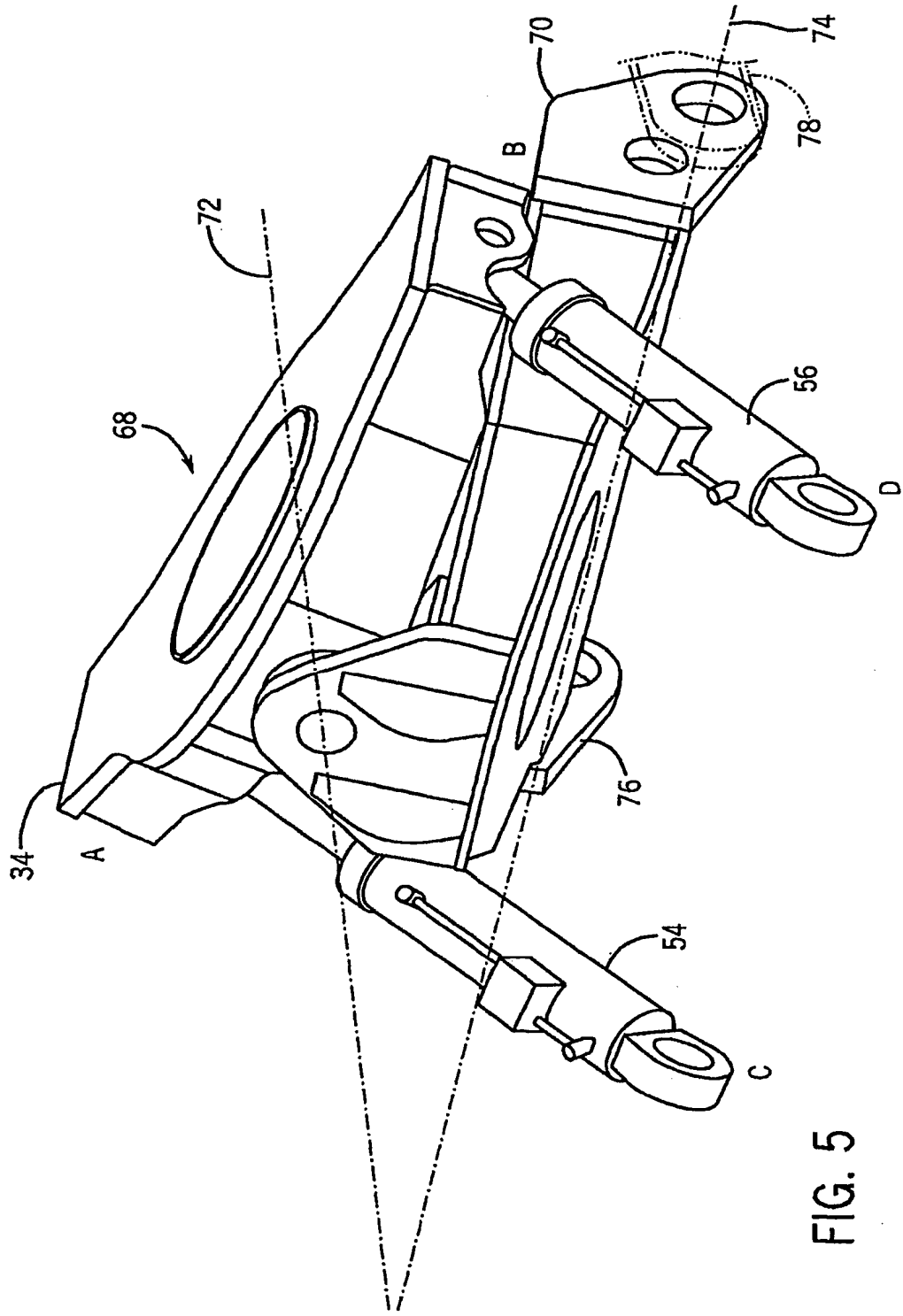


FIG. 5

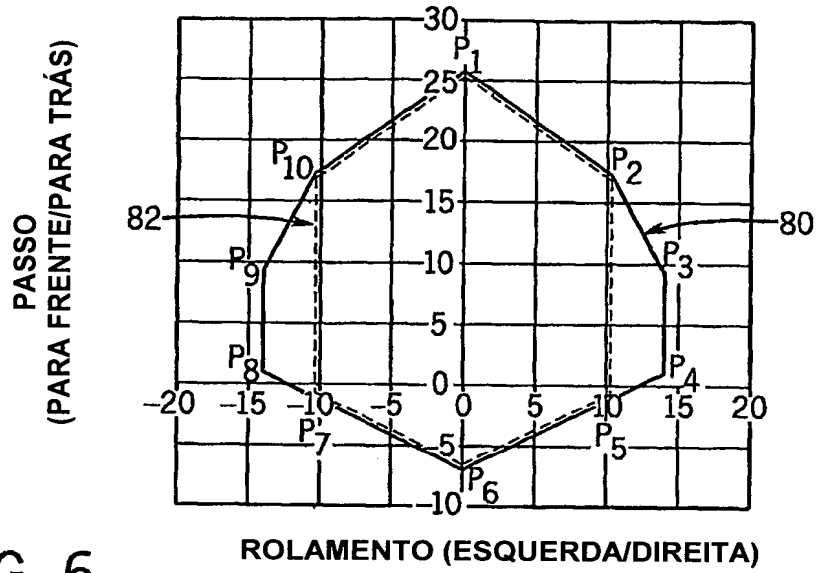


FIG. 6

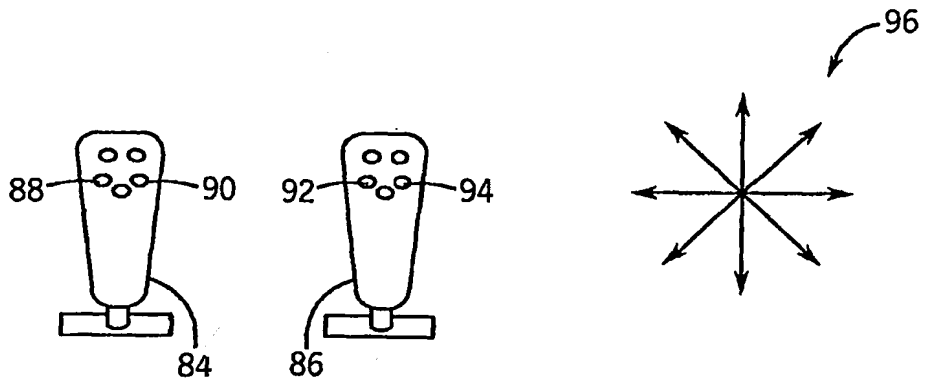


FIG. 7

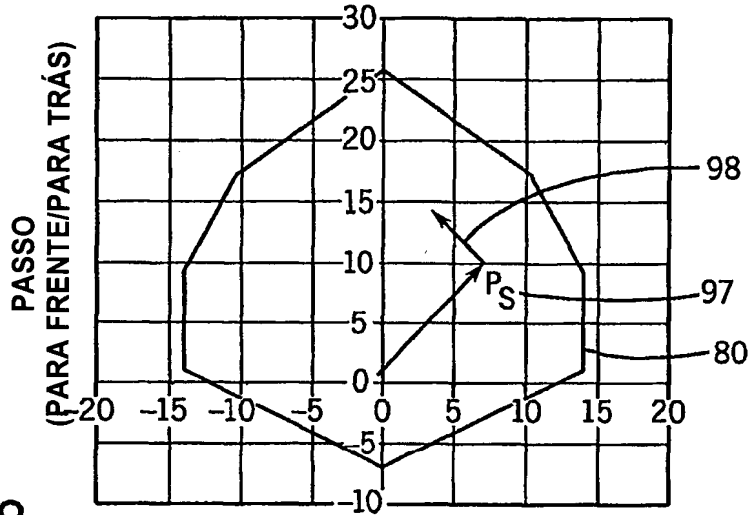


FIG. 8

ROLAMENTO (ESQUERDA/DIREITA)

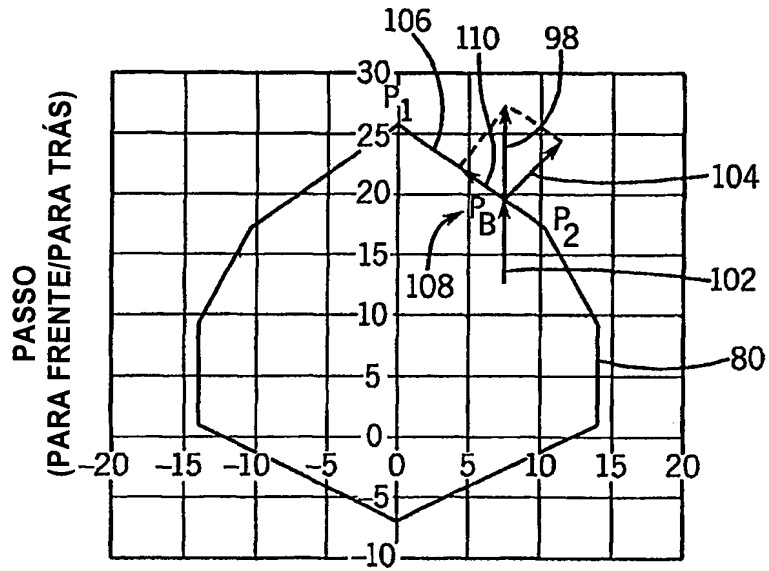


FIG. 9

ROLAMENTO (ESQUERDA/DIREITA)

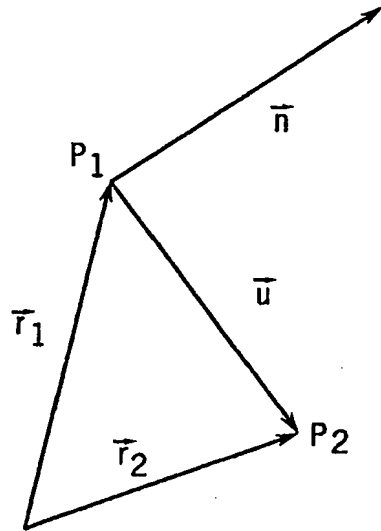


FIG. 10

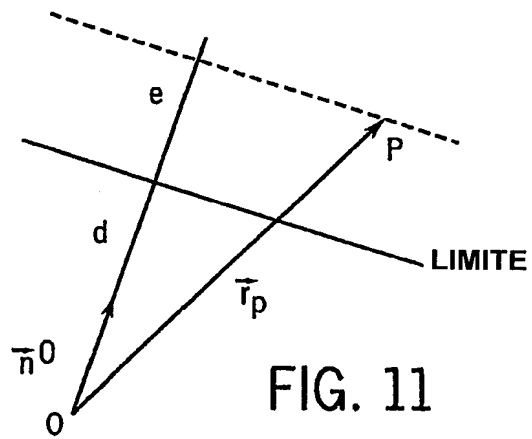


FIG. 11

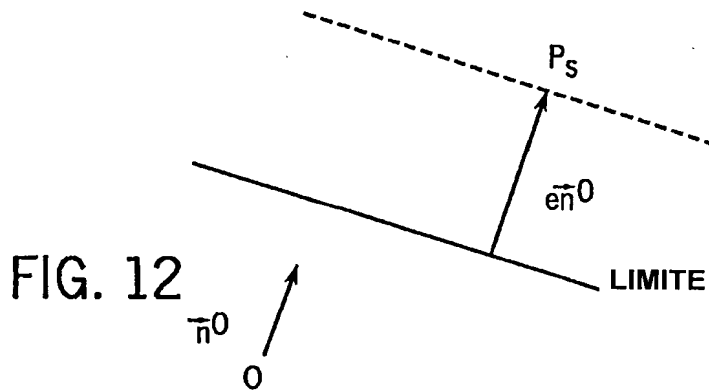


FIG. 12

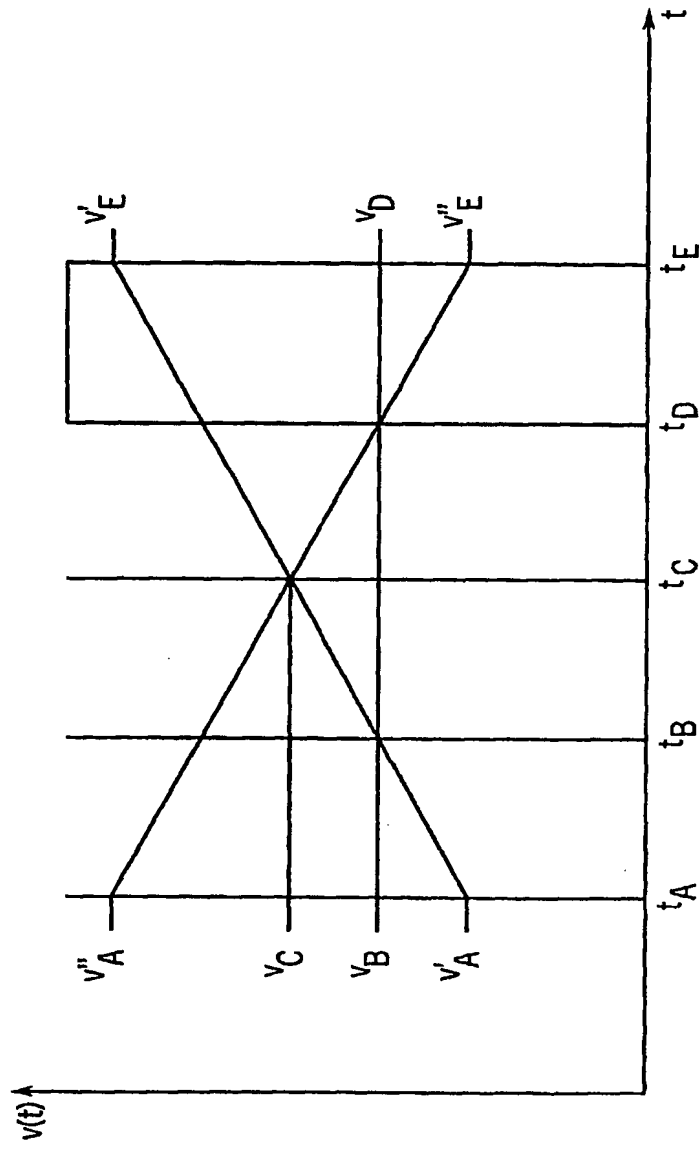
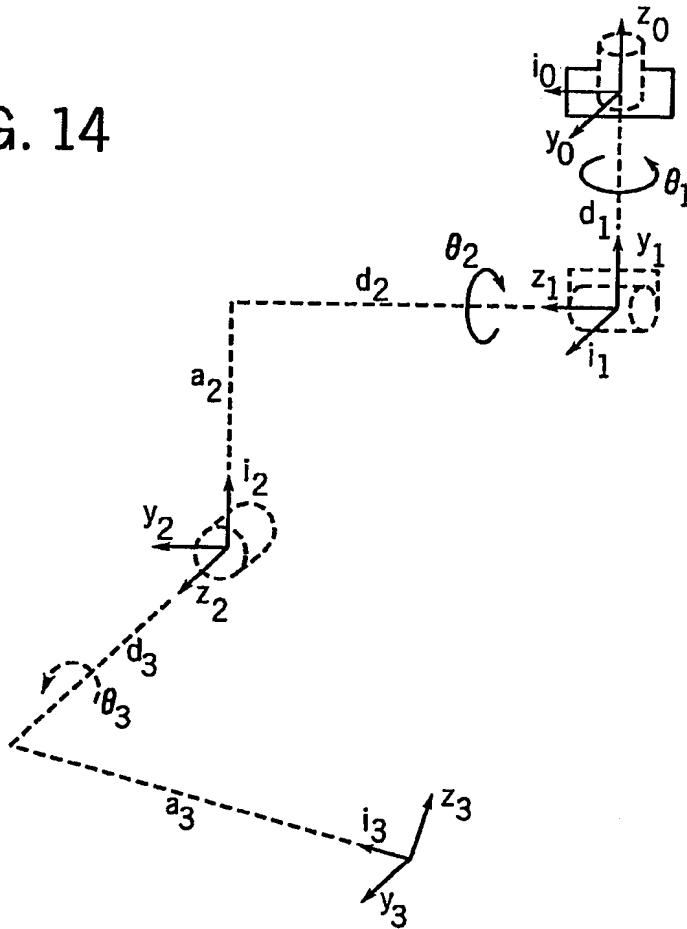


FIG. 13

FIG. 14



| i | a_i | d_i | α_i | θ_i |
|-----|--------------|---------|------------|-----------------------|
| 1 | 0 | -513.32 | 90° | 90° |
| 2 | -610 | 900 | 90° | -ROLAMENTO 90° |
| 3 | -1452.532272 | 865 | 90° | 83.26° PASSO |

FIG. 15

RESUMO

“MÁQUINA PARA SILVICULTURA, E, MÉTODO PARA CONTROLAR A MESMA”

A presente invenção diz respeito a um sistema de controle de nivelamento para uma máquina para silvicultura que emprega sensores de posição que retransmitem informação a respeito da orientação do carro em relação ao conjunto de alojamento-mecanismo de oscilação a fim de controlar rolamento e passo de uma maneira que maximiza o envelope operacional do mecanismo de nivelamento. Os ângulos de passo e rolamento do conjunto de alojamento-mecanismo de oscilação em relação ao carro são medidos e/ou calculados e um controlador limita a operação do mecanismo de nivelamento em um envelope operacional que pode ser descrito em termos de passo e rolamento. Os cilindros são desacelerados gradualmente à medida que se aproxima do envelope operacional. O controlador pode incluir um modo de nivelamento automático. O controlador pode mudar a função dos controles do operador para frente, para trás, para esquerda e para a direita de maneira que eles sejam verdadeiros do quadro de referência do operador, independente da posição rotativa da cabine em relação ao carro.