



República Federativa do Brasil  
Ministério da Economia  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

**(11) BR 112014032571-5 B1**



**(22) Data do Depósito: 26/06/2013**

**(45) Data de Concessão: 24/09/2019**

---

**(54) Título:** MÉTODO PARA CONTROLAR UMA ALTURA DE UM COMPONENTE DE UM EQUIPAMENTO AGRÍCOLA, APARELHO PARA EXECUTAR O MÉTODO E COMPONENTE DE EQUIPAMENTO AGRÍCOLA

**(51) Int.Cl.:** A01D 41/14; A01M 7/00.

**(30) Prioridade Unionista:** 26/06/2012 EP 12173531.0.

**(73) Titular(es):** NORAC SYSTEMS INTERNATIONAL, INC..

**(72) Inventor(es):** WILLIAM STRELIOFF; JASON GRIFFITH; JAMES SCHNAIDER; GORDON LEE; DEAN HOCKLEY.

**(86) Pedido PCT:** PCT EP2013063441 de 26/06/2013

**(87) Publicação PCT:** WO 2014/001416 de 03/01/2014

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 24/12/2014

**(57) Resumo:** CONTROLE DE ALTURA A presente invenção refere-se a um método e um aparelho para controlar uma altura de um componente do equipamento agrícola, em que uma altura da plantação média é determinada. Em uma modalidade, o componente do equipamento agrícola é controlado para manter uma distância predeterminada de um nível de topo de plantação atual. Se um nível de topo de plantação atual não puder ser determinado, um nível de topo de plantação virtual será calculado utilizando o valor médio de altura da plantação. O componente do equipamento agrícola é controlado para manter uma distância predeterminada do nível de topo de plantação virtual. Em outra modalidade, o componente do equipamento agrícola é controlado para manter uma distância predeterminada do nível do solo atual. Se um nível do solo atual não puder ser determinado, um nível do solo virtual será calculado utilizando o valor médio de altura da plantação. O componente do equipamento agrícola é controlado para manter uma distância predeterminada do dito nível do solo virtual. Um sensor ultrassônico também é provido.

**"MÉTODO PARA CONTROLAR UMA ALTURA DE UM COMPONENTE  
DE UM EQUIPAMENTO AGRÍCOLA, APARELHO PARA EXECUTAR  
O MÉTODO E COMPONENTE DE EQUIPAMENTO AGRÍCOLA"**

Campo da Invenção

[001] A presente invenção refere-se a um sistema e a um método para controlar a altura de componentes de equipamentos agrícolas.

Descrição do estado da técnica

[002] Na agricultura, unidades arrastadas ou autoimpulsionadas tais como de pulverizações, têm barras que são rebocadas atrás dos tratores e são controladas para aplicar inseticidas e outros ainda às plantações através das quais o trator passa. A altura da barra de pulverização é tipicamente posicionada dinamicamente a fim de manter uma distância fixa entre a barra e a plantação ou o solo. As barras são tipicamente giratórias sobre um eixo paralelo ao eixo longitudinal do trator, de modo que possam girar e permanecer substancialmente paralelas à plantação mesmo se o trator passar por um terreno inclinado. O controle preciso sobre a altura da barra em que os bocais de pulverização são montados com respeito à plantação é requerido para evitar danos à plantação pela própria barra bem como para assegurar a aplicação uniforme e apropriada dos produtos químicos pulverizados à plantação. O controle de altura da barra acima da plantação pode ser manual ou automaticamente controlado em uma série de maneiras, algumas das quais incluem o uso da medida da distância ultrassônica para determinar a altura da barra acima da plantação. Similarmente, nas operações de

plantação agrícola, as lâminas de corte em uma barra de corte devem ser mantidas a determinada altura relativamente ao topo da plantação ou ao nível do solo, de modo que a plantação seja precisamente feita mesmo se a altura da plantação ou o nível do solo mudar com respeito às lâminas de corte.

[003] Ao medir a distância ultrassônica, os sinais ultrassônicos são emitidos de um transdutor e os ecos refletidos ou os sinais de retorno dos objetos no trajeto do pulso ultrassônico são detectados, após um intervalo de tempo, pelo transdutor. O tempo decorrido entre a transmissão do pulso e a recepção de um pulso de retorno refletido fora de um objeto (isto é, um eco) pode ser então utilizado para calcular a distância até os objetos que causam cada retorno refletido.

[004] Uma vez que é imperativo que a barra de pulverização não entre em contato com o topo da plantação enquanto a barra está sendo rebocada atrás do trator ou que as lâminas de corte não cortem muito alto ou baixo em uma plantação, os sistemas de controle de altura que utilizam a medição da distância ultrassônica têm um ou mais sensores ultrassônicos dispostos na barra de pulverização ou na barra de corte que tentam detectar a distância entre a barra de pulverização ou a barra de corte e algum dado de referência para escutar os ecos que retornam ao transdutor após o pulso ser transmitido.

[005] Ao utilizar a relação bem conhecida entre velocidade, distância e tempo, o

cálculo da distância que o pulso sonoro ultrassônico se deslocou antes de ser refletido por objetos no trajeto do pulso é simples e, desse modo, a distância entre a barra de pulverização ou a barra de corte e uma característica que causa um reflexo podem ser determinadas. Uma vez que a distância entre a barra de pulverização ou a barra de corte e um dado de referência são conhecidos, a barra de pulverização ou a barra de corte pode ser movida para cima ou para baixo automaticamente para manter uma distância de separação predeterminada entre a barra de pulverização ou a barra de corte e o dado de referência (tipicamente o topo da plantação ou o nível do solo).

[006] O controle de uma barra de pulverização de modo que mantenha uma distância fixa do topo da plantação pode resultar em uma situação em que, na ausência de plantações sob a barra de pulverização, o sistema de controle irá interpretar um reflexo do pulso ultrassônico do solo sob o sensor para ser um representante do reflexo do topo da plantação inexistente porque é o primeiro eco recebido. Se a barra de pulverização estiver sendo controlada de maneira tal que uma separação fixa entre o topo da plantação e a barra de pulverização estiver sendo mantida, então esta interpretação errônea do reflexo do solo como um topo do sinal de plantação irá fazer com que a barra de pulverização seja abaixada para manter a separação predeterminada. No entanto, a separação, neste caso, estaria entre a barra de pulverização e o nível do solo, que foi interpretado erroneamente como correspondendo ao topo da plantação.

[007] Essa ausência provisória da plantação no trajeto de transmissão do sensor ultrassônico irá resultar no abaixamento da barra de pulverização além do que seria o caso se um reflexo verdadeiro fosse recebido do topo da plantação. Em alguns casos, a barra de pulverização pode ser abaixada a tal extensão que parte desta entre em contato com o solo. Em todo o caso, é provável que a barra tenha sido abaixada abaixo do nível verdadeiro do topo da plantação e, desse modo, uma colisão entre a barra e a plantação que se aproxima poderá ocorrer.

[008] Se o controle de altura com respeito ao nível do solo local estiver sendo realizado, como no exemplo de uma barra de corte colhedora, então podem surgir situações em que um nível do solo confiável não pode ser determinado ou em que, devido à matéria que se encontra no solo ou à vegetação e outros ainda que estão presentes sob os sensores, um nível do solo errôneo é determinado. No primeiro caso, um sistema controlado de nível do solo pode tornar-se inoperável se não puder determinar um nível do solo confiável. No segundo caso em que um nível do solo é determinado, o qual não é o nível do solo verdadeiro, então a barra de pulverização/de corte pode ser outra vez levantada ou abaixada quando não deveria.

[009] Claramente, sistemas e métodos alternativos de controle da altura de uma barra de pulverização/de corte são requeridos, os quais não sofrem destes problemas.

Sumário da Invenção

[0010] De acordo com a presente invenção, é provido um método para controlar uma altura de um componente do equipamento agrícola que compreende:

determinar uma altura da plantação média:

controlar o dito componente para manter uma distância predeterminada de um nível de topo de plantação atual ou do nível do solo atual,

em que, se um nível de topo de plantação atual ou um nível do solo atual não puder ser determinado, serão feitas as etapas:

calcular um nível de topo de plantação virtual ou um nível do solo virtual, respectivamente, utilizando o dito valor médio de altura da plantação; e

controlar o dito componente do equipamento agrícola para manter uma distância predeterminada a partir do dito nível de topo de plantação virtual ou do dito nível do solo virtual, respectivamente.

[0011] A invenção também inclui um aparelho para realizar o método, em que o aparelho compreende:

uma unidade de sensor para prover um sinal indicativo de um nível de topo de plantação atual ou de um nível do solo atual; e

uma unidade de controle que recebe o dito sinal, calculando uma altura da plantação média e provendo um sinal de controle para controlar a altura do componente,

em que, se um nível de topo de plantação atual ou um nível do solo atual não puder ser determinado pelo dito sensor, a dita unidade de

controle irá calcular um nível de topo de plantação virtual ou nível do solo virtual, respectivamente, utilizando o dito valor médio de altura da plantação; e ajustar o dito sinal de controle para controlar a altura do componente para manter uma distância predeterminada a partir do dito nível de topo de plantação virtual ou do dito nível do solo virtual, respectivamente.

[0012] Quando o nível de topo de plantação virtual é calculado, pode ser calculado ao subtrair a altura da plantação média do nível do solo atual.

[0013] Quando o nível do solo virtual é calculado, pode ser calculado ao adicionar a altura da plantação média ao nível de plantação de topo atual.

[0014] O nível atual do topo de uma plantação e o nível do solo podem ser determinados ao:

transmitir um pulso ultrassônico;

detectar os ecos de retorno do dito pulso e caracterizar os ditos ecos de retorno para identificar um retorno a partir do topo da plantação e um retorno a partir do solo junto com o passar do tempo em que cada eco é recebido;

utilizar a velocidade conhecida do pulso transmitido e o tempo decorrido entre a transmissão do pulso e os tempos de recebimento do retorno a partir do topo da plantação e do retorno a partir do nível do solo para calcular a distância em que cada eco de retorno respectivo ocorreu.

[0015] Além disso, a temperatura ambiente pode ser medida em um momento de

transmissão do pulso ultrassônico, em que a medição da temperatura ambiente pode ser utilizada para determinar a velocidade do pulso ultrassônico corrigido para a temperatura e a velocidade corrigida utilizada como a velocidade conhecida.

[0016] A altura da plantação média compreende uma média das alturas de plantação históricas que podem ser alturas de plantação individuais que foram determinadas por um sensor ultrassônico ao subtrair uma distância instantânea de um topo da plantação detectado sob o sensor ultrassônico a partir da distância até o solo instantânea que também foi detectada sob o sensor ultrassônico ao mesmo tempo.

[0017] Alternativamente, a altura da plantação média pode ser pré-ajustada por um usuário.

[0018] O equipamento agrícola pode compreender uma barra de pulverização com a unidade de sensor montada na barra de pulverização, ou o equipamento pode compreender uma barra de corte com a unidade de sensor montada na barra de corte.

[0019] A unidade de sensor e a dita unidade de controle podem ser integrais uma com a outra.

#### Breve Descrição dos Desenhos

[0020] As modalidades da invenção serão agora descritas, apenas a título de exemplo, com referência aos desenhos em anexo, nos quais:

a Figura 1 ilustra uma disposição de um sistema de controle de altura da barra de pulverização exemplificador da presente invenção;

a Figura 2 ilustra uma disposição de um

sistema de controle de altura da barra de corte exemplificador da presente invenção;

a Figura 3 ilustra a disposição de um dos módulos de sensor ultrassônico do sistema descritos na Figura 1, em mais detalhes;

a Figura 4 ilustra a disposição de parte do sistema descrito na Figura 1, em mais detalhes;

a Figura 5a é um diagrama representativo que mostra um sinal recebido por um sensor no exemplo, com o passar do tempo;

a Figura 5b é um diagrama representativo que mostra uma interpretação do sinal ilustrado na Figura 5a;

a Figura 6 mostra um fluxograma do processo de um primeiro método de operação exemplificador ilustrado na Figura 1;

as Figuras 7 e 8 ilustram a operação do primeiro método de operação exemplificador;

a Figura 9 mostra um fluxograma do processo de um segundo método de operação de um exemplo ilustrado na Figura 13;

as Figuras 10 e 11 ilustram a operação do segundo método exemplificador;

a Figura 12 ilustra um exemplo alternativo de um sistema de controle de altura da barra de pulverização da presente invenção; e

a Figura 13 ilustra um exemplo alternativo de um sistema de controle de altura da barra de corte colhedora de acordo com a presente invenção.

#### Descrição Detalhada

[0021] A Figura 1 mostra uma unidade de trator 103 que tem barras de pulverização de

geometria variável (VG) 101 dispostas em cada lado da unidade de trator, as quais são utilizadas com e controladas por um sistema de controle e por um método da presente invenção. Cada uma das duas barras de pulverização de VG 101 é montada à unidade de trator 103 em uma extremidade disso através de um mecanismo de acoplamento bem conhecido tal como um pistão hidráulico 106 e um pivô 104. O mecanismo de acoplamento permite que cada barra de pulverização de VG 101 seja inclinada (como mostrado pelas setas na Figura 1) com respeito ao trator e também gire no sentido horário e no sentido anti-horário sobre seu ponto de montagem com a unidade de trator 103. Três módulos de sensor ultrassônico 105 são montados em cada uma das barras de pulverização de VG 101 em posições em que podem projetar um pulso de ultrassom em um cone virado para baixo em direção à área diretamente debaixo da barra de pulverização de VG em que é montado. Na modalidade preferida, os módulos de sensor ultrassônico 105 são montados sobre, mas na frente da barra, de modo que estejam na borda principal da barra. A pessoa versada na técnica apreciará que a montagem dos sensores ultrassônicos dessa maneira signifique que passarão sobre a plantação antes que a própria barra à medida que o trator se move para frente através da plantação. Na modalidade preferida, cada módulo de sensor ultrassônico 105 é um sensor ultrassônico NORAC UC5 (peça NORAC No. 43750).

[0022] A Figura 2 mostra uma unidade colhedora 203 que tem uma barra de corte 201 disposta na parte anterior da máquina que é

utilizada com um sistema e método de controle da presente invenção. A barra de corte 201 é montada à unidade colhedora 203 por um mecanismo de acoplamento bem conhecido tal como um pistão hidráulico 206 e um pivô 204. O mecanismo de acoplamento permite que a barra de corte seja erguida ou abaixada com respeito ao solo. Neste exemplo, dois sensores ultrassônicos 105 são montados em cada lado da barra de corte, na frente da borda principal da barra de corte, mas outras séries de sensores também podem ser apropriadas. A pessoa versada na técnica apreciará que a montagem dos sensores ultrassônicos dessa maneira signifique que passam sobre a plantação e o solo antes que a própria barra de corte como a colhedora se mova através da plantação. Na modalidade preferida, cada módulo de sensor ultrassônico 105 é um sensor ultrassônico NORAC UC5 (peça NORAC No. 43750).

[0023] A Figura 3 mostra um módulo de sensor ultrassônico 105 em um detalhe maior. Cada módulo de sensor ultrassônico individual 105 consiste em um transdutor ultrassônico 301, operável para transmitir e receber as ondas sonoras ultrassônicas, conectadas a um gerador de pulso 303 que gera o pulso ultrassônico a partir de uma voltagem da fonte provida do sistema elétrico (não mostrado) a qual os módulos de sensor ultrassônico 105 são conectados. O transdutor ultrassônico 301 dentro do módulo de sensor ultrassônico 105 também é conectado a um circuito de recepção e amplificação 305 dentro do módulo de sensor ultrassônico 105 e que converte as ondas sonoras ultrassônicas recebidas no transdutor em sinais

elétricos, tal como será descrito em mais detalhes abaixo. Cada módulo de sensor ultrassônico 105 inclui também um circuito de controle 307 conectado em comunicação com cada um dos elementos dentro do módulo 105 descrito acima e configurado para controlar vários aspectos da operação do módulo de sensor ultrassônico, tal como será descrito em mais detalhes abaixo. Na modalidade preferida da presente invenção, o circuito de controle 307 é um microprocessador ou dispositivo do tipo CPU que pode executar instruções programadas e incorpora uma memória interna para o armazenamento dos dados ou é conectado a um dispositivo de memória externo para o armazenamento dos dados.

[0024] O circuito de controle 307 é conectado à unidade controladora 107 da unidade de trator que permite, desse modo, que cada módulo de sensor ultrassônico 105 comunique-se com a unidade controladora central 107. A conexão entre o módulo de sensor ultrassônico 105 e a unidade controladora 107 pode ser feita por meio de dispositivo com ou sem fio. Na modalidade preferida, cada um dos módulos de sensor ultrassônico 105 e também a unidade controladora 107 são conectados ao barramento da CAN (Rede de Área do Controlador) da unidade de trator 103 utilizando as conexões apropriadas e, desse modo, uma comunicação entre a unidade controladora 107 e os sensores ultrassônicos individuais é permitida. A comunicação entre a unidade controladora 107 e cada sensor ultrassônico 105 se baseia no protocolo de comunicação ISO 11783.

[0025] Embora as modalidades da

presente invenção sejam descritas geralmente com respeito a um ou mais módulos de sensor ultrassônico 105 que se comunicam com uma unidade controladora central 107, os elementos versados na técnica apreciarão que as modalidades da presente invenção sejam praticadas com um único módulo de sensor ultrassônico. Em tais modalidades, o circuito de controle 307 deve incluir a memória apropriada e as potencialidades de processamento para manter uma função média móvel, tal como será descrito em mais detalhes a seguir.

[0026] Cada parte móvel da barra constitui um canal de controle individual do controlador 107. A combinação de mais de um módulo de sensor 105 pode ser utilizada para controlar um canal individual.

[0027] Tal como discutido acima, os módulos de sensor ultrassônico 105 podem transmitir pulsos ultrassônicos e detectar sinais ultrassônicos refletidos correspondentes aos ecos do pulso originalmente transmitido. A operação de tais módulos de sensor 105 será explicada em mais detalhes com referência ao tipo de sinais que tipicamente serão gerados e recebidos no curso da operação das modalidades da presente invenção.

[0028] Em operação, o transdutor ultrassônico 301 do módulo de sensor ultrassônico 105 transmite periodicamente um pulso de ultrassom que dura alguns microssegundos. As frequências ultrassônicas são utilizadas na modalidade preferida porque o início e o fim do pulso resultante são mais bem definidos nas frequências ultrassônicas do que nas frequências sônicas, o que

significa que os ecos (reflexões do pulso transmitido) que serão produzidos por objetos no trajeto do pulso também serão mais bem definidos e, desse modo, sua detecção será mais precisa. Além disso, ao utilizar frequências ultrassônicas em vez de frequências sônicas, o módulo de sensor ultrassônico 105 não será tão afetado pelo ruído ambiental, o que ocorre tipicamente em frequências sônicas muito mais do que em frequências ultrassônicas, ao receber os ecos refletidos do pulso de ultrassom transmitido.

[0029] O padrão de radiação dos pulsos do transdutor ultrassônico toma tipicamente a forma de um cone de expansão centrado no transdutor 301, sendo que o pulso se espalha para fora na direção radial enquanto se move para longe do transdutor 301 ao longo do eixo de transmissão. Cada módulo de sensor ultrassônico 105 é operado em um "ciclo de transmissão e recepção" por meio de que o circuito de controle 307 dentro do módulo de sensor ultrassônico primeiro incita o gerador de pulso ultrassônico 303 ao transdutor 301 a produzir um pulso ultrassônico de uma maneira bem compreendida pela pessoa versada na técnica. Uma vez que o transdutor 301 transmitiu seu pulso ultrassônico, o circuito de controle 307 começa a "receber" parte do "ciclo de transmissão e recepção". Isto abre uma janela de recepção que define um período de tempo durante o qual se espera que os ecos do pulso transmitido sejam recebidos pelo transdutor 301 e passem ao circuito de recepção e amplificação 305. Na modalidade preferida, o circuito de controle pode introduzir um atraso de cerca de 1

milissegundo após o pulso ultrassônico ter sido transmitido antes de medir o sinal recebido, a fim de permitir que quaisquer picos de voltagem presentes no transdutor, causados ao gerar e transmitir o pulso ultrassônico, sejam diminuídos.

[0030] Cada pulso ultrassônico tem uma duração de cerca de um milissegundo. A janela de recepção, que é aberta após o pulso ultrassônico ser transmitido, tem cerca de 10 milissegundos de duração, provendo um amplo intervalo de tempo para que todas as reflexões do pulso transmitido atinjam o transdutor 301. Na modalidade preferida, os pulsos ultrassônicos podem ser transmitidos em intervalos distintos de cerca de 15 a 35 milissegundos.

[0031] Embora a janela de recepção esteja aberta (isto é, enquanto o circuito de amplificação 305 está escutando ecos do pulso transmitido), o circuito de controle 307 monitora o tempo que decorreu desde que o pulso foi transmitido. Quaisquer ecos coletados no transdutor 301 são recebidos e amplificados pelo circuito de amplificação 305 e passam ao circuito de controle 307, onde os parâmetros do sinal do eco recebido são gravados. Os parâmetros gravados do sinal incluem o tempo em que cada reflexo ocorre e a amplitude do sinal refletido à medida que muda com o passar do tempo.

[0032] Na modalidade preferida, durante a janela de recepção, o circuito de controle 307 aumenta automaticamente o ganho de sinal do circuito de recepção e amplificação 305 de uma maneira exponencial com aumento do tempo

decorrido a partir da transmissão do pulso. Este aumento do ganho do receptor explica o fato que as reflexões recebidas ao aumentar o tempo decorrido desde a transmissão do pulso terão sido refletidas a partir dos objetos mais distantes do módulo de sensor ultrassônico 105 e, desse modo, serão mais fracas em amplitude do que as reflexões causadas por objetos mais próximos ao módulo de sensor ultrassônico 105 e que seriam naturalmente recebidas em um tempo mais curto.

[0033] Quando uma quantidade de tempo predeterminada tiver decorrida a partir da transmissão do pulso ultrassônico, a janela de recepção é fechada, de modo que o transdutor fique então pronto para transmitir um pulso adicional depois de decorrido o intervalo apropriado de tempo entre os pulsos.

[0034] A Figura 4 ilustra uma disposição exemplificadora de uma peça da barra de VG 101 e do módulo de sensor ultrassônico 105 sobre a mesma, com relação a um componente de plantação individual 401 para ilustrar melhor a operação do primeiro exemplo da presente invenção. A vista é lateral na direção de curso da barra (indicado pela seta grande) e o módulo de sensor ultrassônico 105 é mostrado, montado à frente da barra 101. A Figura 5a mostra uma representação do eco ou sinal de retorno que é gerado tipicamente pelo transdutor ultrassônico 301 e gravado pelo circuito de controle 307 em sua memória no mesmo durante o tempo em que a janela de recepção é aberta após a transmissão de um pulso ultrassônico e do reflexo do componente de plantação 401 ilustrado na Figura

4. Uma série de picos na amplitude do sinal gerado pelo transdutor ultrassônico 301 durante a janela de recepção pode ser claramente verificada ocorrendo em vários momentos durante a janela de recepção nas posições 501, 503 e 505. Estes picos correspondem às reflexões do pulso ultrassônico a partir do topo 403 do componente de plantação 401, uma parte intermediária da plantação (tal como uma folha ou uma fruta) 405 e o solo 407, como mostrado na Figura 4.

[0035] O circuito de controle 307 dentro do módulo de sensor ultrassônico 105 analisa o sinal produzido pelo circuito de recepção e amplificação 305 enquanto a janela de recepção está aberta e converte o tempo em que cada pico de interesse ocorre a uma distância correspondente a partir do transdutor do módulo de sensor ultrassônico 105 (porque a distância a partir do transdutor 301 em que um reflexo ocorreu é igual à metade da velocidade do pulso transmitido multiplicada pelo tempo entre o pulso que está sendo transmitido e o reflexo que está sendo recebida). Uma vez que a velocidade do som no ar é dependente da temperatura do ar através da qual a onda sonora está passando, para cada ciclo de transmissão e recepção do módulo de sensor ultrassônico 105, o circuito de controle 307 mede a temperatura do ar local instantânea utilizando um dispositivo apropriado tal como um termistor, e calcula uma velocidade ajustada pela temperatura para que o pulso ultrassônico seja utilizado na conversão da distância descrita acima, para incrementar a precisão.

[0036] O circuito de controle 307 no módulo de sensor ultrassônico 105 realiza a análise de sinal no sinal gerado pelo circuito de recepção e amplificação 305 para interpretar os picos análogos que ocorrem no sinal com o passar do tempo durante a abertura da janela de recepção nos ecos distintos que se originam de várias distâncias do transdutor 301. A fim de incrementar a precisão da medição, o tempo medido para a borda principal do sinal processado é utilizado.

[0037] A Figura 5a ilustra o sinal gravado e a Figura 5b ilustra como o sinal pode ser interpretado. Na Figura 5a, os primeiros picos 501 no sinal gerado pelo circuito de recepção e amplificação 305 ocorreram em cerca de 3 milissegundos de tempo decorrido após o pulso ser transmitido. Os picos em 501 correspondem à reflexão do pulso transmitido pela seção superior 403 do componente de plantação 401 e são obviamente as primeiras reflexões a ser recebidas pelo módulo de sensor ultrassônico 105 durante a janela de recepção porque o topo da plantação está mais próximo ao transdutor 301. A conversão do tempo decorrido em distância, como descrito previamente, permite que o circuito de controle 307 determine que as primeiras reflexões ocorreram em uma distância de cerca de 0,5m do transdutor do módulo de sensor ultrassônico 105 neste exemplo. Similarmente, as últimas reflexões, que correspondem ao pico 505, foram recebidas depois que cerca de 8,5 milissegundos tiverem decorrido a partir da transmissão do pulso. Isto corresponde a uma distância de cerca de 1,45 m do transdutor do

módulo de sensor ultrassônico 105.

[0038] O circuito de controle 307 no módulo de sensor ultrassônico 105 supõe que o pico 501 que ocorre mais perto do transdutor corresponde a um reflexo do pulso ultrassônico pelo topo da plantação 401 e, desse modo, que o topo da plantação está a cerca de 0,5 m do nível do transdutor do módulo de sensor ultrassônico. Uma vez que o transdutor 301, em seu módulo de sensor ultrassônico 105, é montado fixamente à barra 101, as distâncias medidas ao nível do transdutor 301 podem ser interpretadas para conferir uma distância a partir da barra. Se a parte inferior da barra 101 e do transdutor 301 estiver na mesma altura, como é o caso na modalidade preferida, então qualquer distância determinada relativa ao transdutor também vai estar a uma distância relativa à barra. De modo similar, o circuito de controle 307 pode supor que o pico 505 que ocorre além do transdutor 301 corresponde a um reflexo do pulso ultrassônico a partir do solo e, desse modo, o solo está a cerca de 1,45 m do transdutor do módulo de sensor ultrassônico 105.

[0039] O circuito de controle 307 e memória no módulo de sensor ultrassônico 105 armazena o valor da distância até o solo gerado sobre um ou mais ciclos de transmissão e recepção precedentes (na modalidade preferida, o topo precedente dos valores da distância da plantação gravado sobre os 70-100 milissegundos precedentes da operação é armazenado) e calcula uma média móvel para o topo previamente gravado da distância da plantação. Para o ciclo atual de transmissão e

recepção, o circuito de controle 307 então compara a distância recentemente determinada para o topo da plantação ao valor médio móvel das distâncias previamente gravadas para o topo da plantação determinada sobre os ciclos precedentes. Se a distância até o topo de plantação determinado pelo módulo de sensor ultrassônico 105 para o ciclo atual estiver dentro de um desvio predeterminado do valor médio móvel determinado a partir dos ciclos precedentes armazenados na memória, então o módulo de sensor ultrassônico irá enviar ao controlador 107 o valor que determinou como a distância do topo da plantação do transdutor do módulo de sensor ultrassônico. Se a distância até o topo de plantação determinado pelo módulo de sensor ultrassônico 105 para o ciclo atual não estiver dentro do desvio aceitável do valor da distância médio móvel determinado a partir dos ciclos precedentes, então o módulo de sensor ultrassônico 105 irá enviar ao controlador 107 um valor de erro "sem leitura" para o valor da distância até o topo de plantação.

[0040] De maneira similar, o circuito de controle no módulo de sensor ultrassônico 105 armazena o valor da distância até o solo gerado sobre um ou mais ciclos de transmissão e recepção precedentes (na modalidade preferida, os valores da distância até o solo precedentes gravados durante os 70-100 milissegundos precedentes da operação são armazenados) e calcula uma média móvel para a distância até o solo previamente gravada. Para o ciclo de transmissão e recepção atual, o circuito de controle 107 compara a distância que este

determina para a distância até o solo no ciclo atual com o valor médio móvel das distâncias previamente gravadas para o nível do solo. Se a distância até o solo determinada pelo módulo de sensor ultrassônico 105 para o ciclo atual estiver dentro de um desvio predeterminado do valor médio móvel determinado a partir dos ciclos precedentes, então o módulo de sensor ultrassônico 105 irá enviar ao controlador 107 o valor que foi determinado como uma distância válida do solo para esse ciclo. Se a distância até o solo determinada pelo módulo de sensor ultrassônico 107 para o ciclo atual não estiver dentro do desvio aceitável do valor da distância médio móvel determinado a partir dos ciclos precedentes, então o módulo de sensor ultrassônico irá enviar ao controlador 107 um valor de erro "sem leitura" para o valor da distância até o solo.

[0041] Se o sensor não puder determinar a distância até o topo de plantação e/ou a distância até o solo, nenhuma informação será incorporada na média móvel da distância até o topo de plantação e da distância até o solo calculada para ciclos de transmissão e recepção futuros.

[0042] A pessoa versada na técnica, desse modo, apreciará que, para cada ciclo de transmissão e recepção, cada módulo de sensor ultrassônico 105 individual envie à unidade controladora 107 um valor de distância até o topo de plantação local ou um valor de erro "sem leitura" para a distância até o topo de plantação e um valor de distância até o solo local ou um valor de erro "sem leitura" para o valor da distância até

o solo.

[0043] Para cada ciclo de transmissão e recepção, quando o circuito de controle 307 em um módulo de sensor ultrassônico 105 individual gera um valor aceitável/válido para a distância até o topo de plantação e também um valor aceitável/válido para o valor da distância até o solo, da maneira descrita acima, o circuito de controle 307 também calcula um valor de altura da plantação local ao subtrair o valor da distância até o topo de plantação para esse ciclo do valor da distância até o solo para esse ciclo. Se o circuito de controle 307 calcular uma altura da plantação local, irá então transmitir a mesma, junto com o valor da distância até o topo de plantação local e o valor da distância até o solo local, à unidade controladora 107.

[0044] No exemplo descrito com referência às Figuras 4, 5a e 5b, o valor da altura da plantação local calculado dessa maneira seria 0,95 m (1,45 m para a distância até o solo menos 0,5 m para a distância até o topo da plantação). Este valor da altura da plantação local é enviado ao controlador 107 para cada ciclo, em que se pode calcular (obviamente, se uma leitura de erro for relatada para o valor da distância até o topo de plantação ou o valor da distância até o solo ou ambos, porque os valores determinados não se encontram dentro de um desvio aceitável a partir dos valores médios móveis respectivos, então não haverá nenhum valor de altura da plantação calculado para esse ciclo e um valor "sem leitura" será provido ao controlador 107 de preferência para

a leitura da altura da plantação local e pelo menos um dentre o valor da distância até o topo de plantação ou o valor da distância até o solo).

[0045] A unidade controladora 107 recebe continuamente os dados transmitidos de cada um dos módulos de sensor ultrassônico 105 individuais e pode gravar em sua memória os dados transmitidos de cada um dos módulos de sensor ultrassônico 105 individuais que consistem nos valores da distância até o topo de plantação individuais, nos valores da distância até o solo e nos valores de altura da plantação locais, onde disponíveis. A quantidade de dados que a unidade controladora 107 pode armazenar depende do tamanho do armazenamento da memória dentro da unidade controladora, mas, na modalidade preferida, a unidade controladora 107 pode armazenar diversos minutos de dados recebidos dos módulos de sensor ultrassônico 105 antes que a capacidade da memória seja excedida. Se a memória da unidade controladora 107 for excedida, então a unidade controladora 107 será configurada para sobrescrever os dados mais antigos na memória com novos dados entrantes.

[0046] Quando o usuário ajustou a unidade controladora 107 para gravar os dados que estão sendo recebidos dos módulos de sensor ultrassônico 105 em sua memória, qualquer valor da altura da plantação local recebido de cada um dos módulos de sensor ultrassônico após cada ciclo de transmissão e recepção é armazenado na memória na unidade controladora 107. Nenhum valor de erro "sem leitura" produzido por qualquer um dos módulos de sensor ultrassônico 105 é gravado no buffer de

memória da unidade controladora 107.

[0047] A pessoa versada na técnica apreciará, desse modo, que a memória na unidade controladora 107 armazene todos os valores de altura da plantação locais previamente transmitidos produzidos pelos módulos de sensor ultrassônico sobre os ciclos de transmissão e recepção precedentes. A unidade controladora 107 calcula um valor "virtual" da altura da plantação que é a média móvel cumulativa de todos os valores de altura da plantação locais precedentes armazenados na memória da unidade controladora 107. O valor médio móvel cumulativo atual de todos os valores de altura da plantação locais armazenados atualmente na memória da unidade controladora 107 é calculado em cada ciclo de transmissão e recepção. Depois de cada ciclo de transmissão e recepção, quando quaisquer valores locais recentemente transmitidos da altura da plantação foram transmitidos à unidade controladora 107 dos módulos de sensor ultrassônico 105 individuais, o valor médio móvel cumulativo da altura da plantação virtual é atualizado para determinar as novas alturas de plantação locais que foram recebidas e armazenadas.

[0048] A pessoa versada na técnica apreciará que haja uma série de maneiras em que a média móvel cumulativa possa ser calculada pela unidade controladora 107. Em uma abordagem mais intensiva, em cada um dos ciclos de transmissão e recepção, a unidade controladora 107 pode simplesmente somar cada valor da altura da plantação único local em sua memória e dividir a soma pelo número de valores de altura da plantação

locais em sua memória. Esta abordagem é, obviamente, computacionalmente pesada e, em vez de calcular a média móvel cumulativa novamente em cada ciclo de transmissão e recepção, a unidade controladora 107 poderá simplesmente calcular a média móvel cumulativa uma vez e então atualizar a média móvel cumulativa com os novos valores de altura da planta local recebidos em cada ciclo, utilizando a seguinte fórmula:

$$Ca_{i+1} = \frac{h_{i+1} + iCa_i}{i + 1}$$

em que  $Ca_{i+1}$  é a nova média móvel cumulativa,  $Ca_i$  é o valor precedente da média móvel cumulativa,  $i$  é o número de valores de altura da planta local armazenado na memória e  $h_{i+1}$  é um novo valor da altura da planta local. Desse modo, a pessoa versada na técnica verá que a média móvel cumulativa pode ser atualizada à medida que cada novo valor local da altura da planta em um ciclo de transmissão e recepção atual é recebido, de modo que seja computacionalmente menos intensivo do que utilizando o método de cálculo da média mais intensiva.

[0049] A pessoa versada na técnica apreciará que as ações de obter as leituras locais da altura da planta de uma série de módulos de sensor ultrassônico individuais, gravar as mesmas com o passar do tempo e então calcular a sua média permitem uma altura da planta mais precisa, a qual irá produzir por sua vez uma altura da planta virtual mais precisa.

[0050] O cálculo do topo virtual da altura da planta ou do nível do solo virtual

pode ser realizado com a unidade controladora 107 ou o circuito de controle 307 de cada sensor ultrassônico individual. Nas modalidades em que o sensor ultrassônico provê uma distância até o topo de plantação virtual ou de nível do solo virtual, tais parâmetros podem ser acompanhados por uma indicação do circuito de controle 307 de que o parâmetro é um parâmetro virtual. Em tais modalidades, o circuito de controle 307 irá manter uma média móvel da altura da plantação local. Então, quando o módulo de sensor não pode medir um dentre um topo real da altura da plantação ou um nível do solo real, a média móvel da altura da plantação local pode ser utilizada conjuntamente com o outro parâmetro (nível do solo real ou topo real da plantação) para prover um parâmetro calculado ou virtual para representar a medição faltante.

[0051] As modalidades da presente invenção podem empregar a altura da plantação virtual calculada da maneira descrita acima para controlar a altura da barra de pulverização ou da barra de corte (respectivamente) de acordo com uma série de metodologias de controle diferentes. Estas metodologias de controle serão chamadas de "topo de plantação híbrido" controlado e "nível do solo híbrido" controlado.

#### Modo de Topo Híbrido de Plantação Controlado

[0052] O modo de operação de topo híbrido de plantação controlado é similar aos conhecidos sistemas de "topo de plantação" controlados convencionais, mas pode controlar a altura da barra mesmo se nenhum valor de distância

até o topo de plantação local puder ser calculado. O sistema e método evitam a má interpretação dos sinais de retorno do solo, causada pela falta de plantação sob os sensores, tal como um topo de reflexão da plantação. Nos sistemas de topo de plantação convencionais controlados, o fato de não poder verificar uma distância até o topo de plantação válida por qualquer razão vai significar que o sistema de controle da barra irá ficar inoperável até que um sinal de topo de plantação se torne disponível. No pior caso, se o sistema interpretar o reflexo do nível do solo como sendo de topo da plantação (porque o reflexo ao solo será o primeiro reflexo de pulso recebido pelo sistema), então um sistema de topo de plantação controlado convencional irá tentar manter a separação da barra desse nível incorretamente interpretado. Isto irá causar o abaixamento da barra, o que pode causar uma colisão com a plantação no trajeto da barra.

[0053] No modo de topo de plantação convencional controlado e no modo de topo de plantação híbrido controlado da presente invenção, sempre que a unidade controladora 107 pode calcular um valor de distância até o topo de plantação local  $c$  a partir dos módulos de sensor ultrassônico 105 em cada ciclo de transmissão e recepção, a unidade controladora 107 ajusta a altura da barra acima do nível determinado do topo da plantação para manter uma distância de separação  $s$  predeterminada entre o nível de topo de plantação e os módulos de sensor ultrassônico 105 (e, conseqüentemente, a barra 101 a que são unidos).

[0054] A Figura 6 é um fluxograma do

processo que ilustra a operação do modo de topo de plantação híbrido controlado de acordo com uma modalidade da presente invenção.

[0055] Os cálculos são executados para cada canal (isto é, cada seção da barra), como ilustrado na etapa S601. Como descrito em detalhe acima, os módulos de sensor ultrassônico 105 comunicam sua distância até o topo de plantação local  $c$ , a distância até o solo local  $g$  e o valor da altura da plantação local à unidade controladora 107 para cada canal. Isto é encapsulado na etapa S603 do método, em que os dados da plantação são obtidos dos módulos de sensor ultrassônico para determinar os dados de plantação para cada canal.

[0056] Na etapa S605 do método de topo de plantação híbrido controlado, a unidade controladora 107 verifica se recebeu valores válidos (isto é, nenhum valor de erro "sem leitura") para a distância até o topo de plantação local  $c$  e a distância até o solo  $g$  do(s) módulo(s) de sensor ultrassônico para esse canal. Caso os tenha, então o método prossegue à etapa S607, em que o controlador 107 atualiza o valor da altura da plantação virtual utilizando as informações sobre a altura do(s) sensor(es) do canal. O controlador 107 vai então prosseguir à etapa S609, em que o controlador 107 ajusta a altura da barra do canal para manter uma distância de separação  $s$  definida entre a barra e o topo da plantação, como determinado a partir do valor da distância até o topo de plantação local instantâneo.

[0057] Se em S605 o controlador não receber um valor de plantação e de distância até o

solo válido para esse canal, a unidade controladora 107 vai prosseguir para S611, em que irá determinar se tem uma distância até o topo de plantaçoã válida  $c$ , mas não tem uma distância até o solo válida  $g$ . Se tiver uma distância até o topo de plantaçoã válida  $c$ , então o método vai prosseguir à etapa S609, em que o controlador 107 ajusta a barra para manter uma distância de separaçã  $s$  definida ao topo da plantaçoã, como descrito previamente. No entanto, se em S611 o controlador 107 verificar que não pode determinar a distância até o topo da plantaçoã, vai prosseguir à etapa S613. Se nesta etapa o controlador 107 determinar que nem a distância até o topo de plantaçoã nem a distância até o solo podem ser medidas, nenhum controle vai poder ocorrer. No entanto, se determinar em S613 uma distância até o solo válida, uma mediçã poderá ser obtida, mas não uma distância até o topo de plantaçoã válida, o método irá prosseguir à etapa S615, em que a unidade controladora 107 irá determinar uma distância até o topo de plantaçoã virtual  $c'$ . Isto é feito ao subtrair o valor da altura da plantaçoã virtual (calculado ao determinar a média móvel cumulativa dos valores de altura da plantaçoã locais individuais dos ciclos de transmissã e recepçã precedentes gravados na memória da unidade controladora 107) a partir do valor da distância até o solo instantâneo  $g$  para o ciclo de transmissã e recepçã particular desse canal.

[0058] Na etapa S617, o controlador 107 controla a altura da barra para manter uma distância de separaçã  $s$  predeterminada entre a

barra e o topo da plantação, em que a distância do topo da plantação é determinada pela distância até o topo de plantação virtual em vez de por nível de topo de plantação real determinado a partir de um sinal refletido.

[0059] Um novo valor de nível de topo de plantação virtual será calculado para cada ciclo de transmissão e recepção para que não haja nenhuma plantação real debaixo do módulo de sensor ultrassônico (isto é, sempre que a unidade controladora 107 não puder calcular um valor de distância até o topo de plantação instantâneo).

[0060] A memória na unidade controladora 107 utilizada para manter os valores de altura da plantação locais transmitidos previamente pelos módulos de sensor ultrassônico 105 não será atualizada com nenhum valor de altura da plantação local adicional até que uma leitura da distância até o topo de plantação válida (e, desse modo também, um valor de altura da plantação local) seja realmente recebida na unidade controladora 107 de qualquer um dos módulos de sensor ultrassônico 105. Desse modo, o valor da altura da plantação virtual utilizado para determinar o nível de topo de plantação virtual irá permanecer inalterado. Consequentemente, a altura da barra que é algum deslocamento deste nível de topo de plantação virtual também irá permanecer fixa. Desse modo, a única variável que faria com que a barra fosse movida para cima ou para baixo sempre que a unidade controladora 107 não estivesse recebendo nenhum valor de distância da plantação de topo local (e, desse modo também, nenhum valor de altura da

plantação local) dos módulos de sensor ultrassônico 105 seria uma mudança no valor da distância até o solo g instantâneo determinado.

[0061] A pessoa versada na técnica apreciará, no entanto, que quando a barra e os módulos de sensor ultrassônico 105 se deslocam de uma área que tem uma cobertura de plantação contínua a um terreno estéril que não tem nenhuma plantaço, os módulos de sensor ultrassônico 105 não geram valores de distância até o topo de plantaço válidos durante os primeiros ciclos de transmissão e recep o que ocorrem após a transi o ao terreno estéril. Isto se dá porque o novo valor da distância até o topo de plantaço determinado por cada um dos módulos de sensor ultrassônico não irá se encontrar dentro do desvio aceitável a partir do valor da distância até o topo de plantaço local precedente que cada sensor determinou no ciclo de transmissão e recep o precedente.

[0062] A opera o do sistema de topo de plantaço híbrido controlado exemplificador da presente inven o será ilustrada agora adicionalmente com referência a um campo de plantaço exemplificador e comparada   opera o do modo de opera o de "topo de plantaço" convencional. Na Figura 7, um campo de plantaço   mostrado e a posi o da barra (e dos módulos de sensor ultrassônico 105 na dita barra) como controlada de acordo com o modo de opera o de "topo de plantaço" convencional   ilustrada. A Figura 8 ilustra a posi o equivalente da barra sobre a plantaço se estiver sendo controlada de

acordo com o método de operação dirigido de topo de plantação híbrido exemplificador da presente invenção. Ambas as figuras ilustram a posição equivalente da barra enquanto a barra se move da esquerda para a direita sobre a plantação.

[0063] Na Figura 7 na posição 7A e na Figura 8 na posição 8A, as unidades controladoras em ambos os sistemas recebem os valores de distância até o topo de plantação local c dos sensores ultrassônicos. Além disso, a unidade controladora 107 do sistema exemplificador da presente invenção também recebe os valores da distância até o solo locais g dos sensores ultrassônicos 105. Ambos os sistemas controlam a barra de modo que mantenha uma distância de separação s predeterminada do topo da plantação.

[0064] Além disso, a unidade controladora 107 das modalidades da presente invenção também recebe uma altura de plantação local de qualquer um dos sensores ultrassônicos 105 que podem determinar uma altura. O controlador 107 das modalidades da presente invenção grava os valores locais recebidos da altura de plantação na memória e calcula a média móvel cumulativa atualizada para a altura da plantação "virtual" (como mostrado pela linha tracejada na Figura 8) pronta para usar no ciclo de transmissão e recepção seguinte.

[0065] À medida que a barra do sistema de topo de plantação convencional e de topo de plantação híbrido se move em direção à posição 7B' e 8B', respectivamente, a nova plantação debaixo dos módulos de sensor ultrassônico 105 é mais alta

do que a plantação precedente na posição 7A e 8A. Outra vez, ambos os sistemas obtêm um sinal do topo da plantação e verificam uma distância até o topo de plantação instantânea c. Nesta posição, uma vez que a plantação é mais elevada do que a plantação precedente, a distância entre a barra e o topo da plantação é menor do que a distância de separação s predeterminada e, desse modo, a unidade controladora 107 do sistema do topo de plantação convencional e do topo de plantação híbrido irá erguer a barra à posição 7B e 8B, respectivamente, para manter a distância de separação s entre a barra e o topo da plantação. Tal como antes, o sistema das modalidades da presente invenção também recebe a distância até o solo local g dos módulos de sensor ultrassônico 105 para esse ciclo de transmissão e recepção. O controlador 107 também grava os valores de altura da plantação locais recebidos dos módulos de sensor ultrassônico 105 em sua memória e atualiza a média móvel cumulativa das alturas de plantação locais armazenadas para prover a altura da plantação "virtual" para uso no ciclo de transmissão e recepção seguinte.

[0066] À medida que a barra do sistema de topo de plantação convencional se move em direção à posição 7C', a nova plantação debaixo desta é mais curta do que a plantação precedente na posição 7B. Similarmente, à medida que a barra do sistema de topo de plantação híbrido na Figura 8 se move em direção à posição 8C', a nova plantação embaixo é mais curta do que a plantação precedente na posição 8B. Outra vez, ambos os sistemas obtêm um sinal do topo da plantação e verificam uma

distância até o topo de plantação c a partir dos valores de distância até o topo de plantação locais recebidos dos módulos de sensor ultrassônico 105. Nesta posição, uma vez que a altura da plantação é menor do que a plantação precedente, a distância entre a barra e o topo da plantação é maior do que a distância de separação s predeterminada e, desse modo, a unidade controladora 107 abaixa a barra à posição 7C e 8C (para o sistema de topo de plantação convencional e o "sistema de topo de plantação híbrido", respectivamente), de modo que a distância de separação s seja novamente mantida.

[0067] A pessoa versada na técnica apreciará que as Figuras 7 e 8 mostrem somente algumas posições por questão de clareza - na realidade, não haveria um grande ajuste da barra entre as posições porque o sistema de controle de altura ajusta a altura da barra em cada ciclo de transmissão e recepção. Uma vez que há muitos destes ciclos por segundo, o movimento da barra não seria abrupto e descontínuo, mas pareceria suave. Ao se deslocar entre a posição 7B e 7C, por exemplo, a barra parece seguir suavemente o contorno da cobertura da plantação.

[0068] Na posição 8C', tal como antes, a unidade controladora 107 da presente invenção determina uma distância do nível do solo instantânea g dos valores de distância até o solo locais individuais recebidos dos módulos de sensor ultrassônico 105. Ela também grava os últimos valores locais de altura da plantação recebidos dos sensores ultrassônicos 105 em sua memória e atualiza a média móvel cumulativa das alturas de

plantação locais armazenadas em sua memória para prover um valor virtual atualizado da altura da plantação para uso no ciclo de transmissão e recepção seguinte.

[0069] À medida que cada barra do sistema do topo de plantação convencional e do topo de plantação híbrido se move em direção à posição 70 e 80, respectivamente, passa sobre uma área em que não há nenhuma plantação sob nenhum dos módulos de sensor ultrassônico. Neste caso, ambos os sistemas de controle recebem um reflexo do pulso ultrassônico a partir do nível do solo somente.

[0070] No sistema de controle dirigido por "topo de plantação" convencional, o reflexo do solo, como é o primeiro reflexo recebido pelos módulos de sensor ultrassônico 105, é interpretado como o sinal de topo de plantação e, desse modo, a distância até o topo de plantação local c no módulo de sensor ultrassônico será incorretamente interpretada como sendo igual à distância até o solo. Uma vez que esta mudança na distância até o topo de plantação determinada em cada sensor ultrassônico é bastante grande em comparação à distância até o topo de plantação precedente determinada para o ciclo de transmissão e recepção precedente, um tipo de lógica de controle pode fazer com que os módulos de sensor ultrassônico 105 não gerem e enviem um valor "sem leitura" da distância até o topo de plantação à unidade controladora, porque a nova altura determinada para o nível de topo plantação está fora do desvio aceitável da distância até o topo de plantação determinada na posição 7C'. Se a unidade

controladora receber somente erros "sem leitura" dos sensores ultrassônicos, então não poderá controlar a altura da barra, uma vez que não sabe a distância do topo da plantação da barra para esse ciclo de transmissão e recepção e não vai responder às mudanças no terreno. Isto é ilustrado na posição 70 da Figura 7, sendo que, durante este tempo, nenhum controle de altura da barra é possível.

[0071] Alternativamente, se os sensores ultrassônicos em um sistema de topo plantação controlado convencional utilizarem um tipo diferente de lógica de controle que simplesmente transmita as distâncias de topo de plantação locais que foram medidas na unidade controladora, e estes valores estiverem realmente a uma distância até o solo (porque o reflexo do solo foi mal interpretada como o reflexo do topo da plantação, como mostrado na posição 7E' na Figura 7), então a unidade controladora irá interpretar um valor de distância até o topo de plantação instantâneo que esteja realmente a uma distância do solo. O controlador então irá abaixar a barra da posição 7E' à posição 7E para manter a distância de separação  $s$  do nível de topo de plantação determinado (na verdade, estará apenas mantendo a distância de separação  $s$  do nível do solo). À medida que a barra mostrada na Figura 7 se move da posição 7E a 7F', a distância medida ao solo diminui e a barra é erguida para manter a distância de separação  $s$  do nível do solo.

[0072] A pessoa versada na técnica apreciará que, uma vez que a barra é abaixada para manter a distância de separação de um nível que é

realmente o nível do solo em vez do nível de topo de plantação, a barra poderá potencialmente impactar a plantação seguinte no trajeto da barra, como ilustrado na posição 7G da Figura 7.

[0073] Por outro lado, o método e o sistema de topo de plantação híbrido controlado exemplificador da presente invenção não irá padecer desses problemas. À medida que a barra mostrada na Figura 8 se move da posição 8C à posição 8D, os módulos de sensor ultrassônico 105 interpretam corretamente as reflexões do solo como sendo do solo (porque são as reflexões que têm a distância mais longe dos módulos de sensor ultrassônico e, além disso, estão dentro de um desvio aceitável das distâncias do nível do solo locais previamente determinadas feitas quando a barra estava na posição 8C).

[0074] A unidade controladora 107 recebe dos módulos de sensor ultrassônico os valores locais para a distância até o solo g, mas não recebe nenhum valor "sem leitura" para o valor da distância até o topo de plantação c nem para o valor da altura da plantação. No entanto, o controlador 107 tem um valor de altura da plantação virtual calculado a partir das alturas de plantação locais armazenadas em sua memória dos ciclos de transmissão e recepção precedentes.

[0075] Quando a unidade controladora 107 determina que não recebe nenhum dado da altura de plantação local, ela determina de preferência uma distância até o topo de plantação virtual ao subtrair o valor da altura da plantação virtual do valor da distância até o solo local g determinado

na posição 8D. O controlador 107 então mantém a distância de separação  $s$  daquela distância até o topo de plantação calculada virtual.

[0076] Similarmente, à medida que a barra do método de topo de plantação híbrido controlado se move da posição 8D a 8E, embora as distâncias ao solo locais  $g$  sejam providas ao controlador 107 a partir dos módulos de sensor ultrassônico 105, nenhuma distância até o topo de plantação local ou valor de altura da plantação locais será provido à unidade controladora 107. Desse modo, a unidade controladora 107 irá calcular novamente uma distância até o topo de plantação virtual na posição 8E, com base na subtração da altura da plantação virtual (uma vez que a unidade controladora não atualizou sua memória com nenhum valor local da altura de plantação local adicional, este será o mesmo que aquele determinado na posição 8D) a partir do valor da distância até o solo local  $g$ .

[0077] Na posição 8F', embora nenhuma distância de plantação local esteja disponível, a barra será erguida à posição 8F para manter a distância de separação  $s$  predeterminada do topo virtual da plantação porque a distância até o solo instantânea  $g$  mudou.

[0078] No sistema exemplificador da presente invenção, à medida que a barra se move à posição 8G, os módulos de sensor ultrassônico 105 recebem novamente um eco verdadeiro do topo da plantação e enviam à unidade controladora 107 os valores da distância até o topo de plantação locais, da distância até o solo e da altura da

plantação. A unidade controladora 107 calcula, desse modo, uma distância até o topo de plantação e um valor da distância até o solo a partir dos dados providos pelos sensores ultrassônicos 105 para esse ciclo de "transmissão e recepção". A unidade controladora 107 irá, desse modo, erguer ou abaixar outra vez a barra para manter a distância de separação s entre a barra e o topo da plantação, mas desta vez, a distância até o topo de plantação será utilizada para o topo do nível de plantação porque estará disponível.

[0079] Claramente, utilizando o modo de operação de topo de plantação híbrido controlado, a unidade controladora poderá manter o controle da altura da barra mesmo se os valores da distância até o topo de plantação não tiverem sido recebidos dos módulos de sensor ultrassônico. Além disso, não há nenhum risco de a barra ser abaixada no trajeto das próximas plantações, porque a barra se move entre as posições 8C e 8G.

[0080] A pessoa versada na técnica apreciará, desse modo, que, ao operar no modo de topo de plantação híbrido controlado, o sistema e método de controle de altura da presente invenção permitam que o trator e a barra atravessem as áreas de plantação irregulares onde os sistemas de controle de altura dirigidos por "topo de plantação" seriam potencialmente inoperáveis ou fariam com que a barra fosse abaixada no trajeto da próxima plantação caso a barra passasse sobre uma área livre de plantação.

#### Modo de Nível do Chão Híbrido Controlado

[0081] Tanto no modo de "nível do solo

convencional" controlado conhecido quanto no modo de "nível do solo híbrido" controlado exemplificador da presente invenção, a unidade controladora 107 é utilizada para ajustar a altura de uma barra de corte acima do nível determinado do solo para manter uma distância de separação s predeterminada entre o nível do solo e a barra de corte.

[0082] A Figura 9 é um fluxograma do processo que ilustra a operação do modo de nível do solo híbrido controlado da presente invenção.

[0083] Os cálculos são executados para cada canal, como ilustrado na etapa S901. Tal como descrito em detalhes acima, cada módulo de sensor ultrassônico 105 comunica sua distância do nível do solo local g, sua distância até o topo de plantação local c e o valor da altura da plantação local à unidade controladora 107 para cada canal. Isto é encapsulado na etapa S903 do método, em que os dados da plantação são obtidos dos módulos de sensor ultrassônico 105 para determinar os dados da plantação para cada canal.

[0084] A pessoa versada na técnica apreciará, no entanto que, quando a barra de corte e os módulos de sensor ultrassônico 105 se deslocam a uma área em que um eco do nível do solo verdadeiro não pode ser obtido, os módulos de sensor ultrassônico 105 não geram valores de distância até o solo válidos durante o primeiro ciclo de transmissão e recepção que ocorre após a transição a essa área. Isto se dá porque o eco mais distante recebido pelos módulos de sensor ultrassônico não seria recebido do nível do solo

verdadeiro, mas de algum objeto mais perto dos módulos de sensor ultrassônico do que o nível do solo, tal como uma parte da plantação, talvez. Este seria particularmente o caso se a plantação fosse deitada ou dobrada. Nos sistemas de nível do solo controlados convencionais, os módulos de sensor ultrassônico devem interpretar o reflexo do topo da plantação deitada como sendo do solo verdadeiro e, assim, devem indicar um nível do solo errôneo.

[0085] Na etapa S905, a unidade controladora 107 determina se recebeu valores válidos (isto é, nenhum sinal de erro "sem leitura") para a distância até o solo  $g$  e a distância até o topo de plantação  $c$  do(s) módulo(s) de sensor ultrassônico 105 para esse canal. Se receber ambos os sinais, vai prosseguir para S907, onde o controlador 107 irá atualizar o valor da altura da plantação virtual utilizando as informações sobre a altura e então o controlador vai prosseguir para S909, onde irá ajustar a posição da barra de corte para manter uma distância de separação  $s$  definida entre a barra de corte e o solo. No entanto, se em S905 o controlador determinar que não recebeu sinais válidos para a distância até o solo e a distância até o topo de plantação, vai prosseguir para S911, onde irá então determinar se há uma distância até o solo válida  $g$  mas não uma distância até o topo de plantação válida  $c$ . Se em S911 o controlador determina que tem uma distância até o solo válida  $g$  mas não uma distância até o topo de plantação válida  $c$ , vai prosseguir para S909 e irá controlar a posição da barra de corte para manter a distância de separação

s. No entanto, se em S911 o controlador 107 verificar que pode determinar a distância até o topo de plantação mas não pode determinar a distância até o solo, vai prosseguir para S913. Se em S913 o controlador 107 verificar que nem a distância até o solo  $g$  nem a distância até o topo de plantação  $c$  podem ser determinadas, nenhum controle ocorrerá. No entanto, se em S913 o controlador 107 determinar uma distância até o topo de plantação válida, um sinal  $c$  poderá ser obtido, mas não uma distância até o solo válida  $g$ , e o método vai prosseguir para S915, em que a unidade controladora 107 irá determinar uma distância até o solo virtual  $g'$ . Isto será feito ao adicionar o valor da altura da plantação virtual (que foi calculado ao determinar a média móvel cumulativa dos valores locais individuais da altura da plantação dos ciclos de transmissão e recepção precedentes gravados no buffer de memória do controlador 107) ao valor da distância até o topo de plantação instantâneo  $c$  para o ciclo de transmissão e recepção particular desse canal.

[0086] Na etapa S917, o controlador 107 irá então controlar a altura da barra de corte para manter uma distância de separação  $s$  predeterminada entre a barra de corte e o nível do solo, em que a distância até o solo é determinada pela distância até o solo virtual em vez de por um nível do solo real determinado de um sinal refletido.

[0087] Uma nova distância até o solo virtual será calculada para cada ciclo de transmissão e recepção para o qual o módulo de

sensor 105 não pode determinar um valor da distância até o solo local instantâneo.

[0088] A memória na unidade controladora 107 utilizada para manter os valores de altura da plantação locais transmitidos previamente pelos módulos de sensor ultrassônico 105 não será atualizada com todos os valores de altura da plantação locais adicionais até que uma leitura da distância até o solo válida (e, desse modo também, um valor de altura da plantação local) seja realmente recebida na unidade controladora 107 a partir de qualquer um dos módulos de sensor ultrassônico 105. Desse modo, o valor da altura da plantação virtual utilizado para determinar a distância até o solo virtual vai permanecer fixo. Consequentemente, a altura da barra de corte que é algum deslocamento deste nível do solo virtual também vai permanecer fixa. Desse modo, a única variável que fará com que a barra de corte seja movida para cima ou para baixo sempre que a unidade controladora 107 não estiver recebendo nenhum valor da distância até o solo (e, desse modo também, nenhum valor de altura da plantação) dos módulos de sensor ultrassônico 105 seria uma mudança no valor da distância até o topo de plantação c instantâneo determinado.

[0089] A operação do sistema de nível do solo híbrido controlado exemplificador da presente invenção será ilustrada agora adicionalmente com referência a um campo de plantação exemplificador e em comparação ao modo de operação de "nível do solo" convencional. Na Figura 10, um campo de plantação mostrado na posição da

barra de corte (e dos módulos de sensor ultrassônico 105 na barra de corte) como controlado pelo modo de operação de nível do solo convencional é ilustrado. A Figura 11 ilustra a posição equivalente da barra de corte sobre o solo se estiver sendo controlada com o modo de operação de nível do solo híbrido controlado de um exemplo de acordo com a presente invenção. Ambas as figuras ilustram a posição equivalente da barra de corte enquanto a barra de corte se move da esquerda para a direita através da plantação.

[0090] Na Figura 10 na posição 10A e na Figura 11 em 11A, as unidades controladoras em ambos os sistemas recebem os valores de distância até o solo local  $g$  dos sensores ultrassônicos. Além disso, a unidade controladora 107 do sistema exemplificador da presente invenção também recebe os valores da distância até o topo de plantação  $c$  locais dos sensores ultrassônicos 105. Ambos os sistemas controlam a barra de corte de modo que fique a uma distância  $s$  definida do nível do solo. No entanto, nas Figuras 10 e 11, a distância  $g$  é ilustrada como a distância até o solo do módulo de sensor 105 e não da barra de corte para maior clareza, mas a pessoa versada na técnica irá deduzir que a diferença destes dois pontos de referência é um deslocamento fixo na distância.

[0091] Além disso, a unidade controladora 107 também recebe uma altura da plantação local de qualquer um dos sensores ultrassônicos 105 que podem determinar uma altura. O controlador 107 grava os valores locais recebidos da altura da plantação na memória e calcula a média

móvel cumulativa atualizada para a altura da plantação virtual pronta para uso no ciclo de transmissão e recepção seguinte (tal como mostrado pela linha tracejada na Figura 11).

[0092] À medida que a barra de corte do sistema de nível do solo convencional e de nível do solo híbrido se move à posição 10B' e 11B', respectivamente, o nível do solo debaixo da barra de corte e dos módulos de sensor ultrassônico 105 torna-se mais elevado do que o nível do solo na posição precedente 10A e 11A. Outra vez, ambos os sistemas obtêm um reflexo verdadeira do solo e determinam um valor de distância até o solo instantâneo  $g$ . Nesta posição, uma vez que a distância entre a barra de corte e o nível do solo é menor do que a distância de separação  $s$  predeterminada, a unidade controladora 107 do sistema de nível do solo convencional e de nível do solo híbrido irá erguer a barra de corte até a posição 10B e 11B para as Figuras 10 e 11, respectivamente, para manter a distância de separação,  $s$ , entre a barra de corte e o solo. Tal como antes, o sistema da presente invenção também determina os valores da distância até o topo de plantação local  $c$  instantâneo e da distância até o topo de plantação local individual recebidos dos módulos de sensor ultrassônico 105 para esse ciclo de transmissão e recepção. O controlador 107 grava os valores de altura da plantação locais recebidos dos módulos de sensor ultrassônico 105 em sua memória e atualiza a média móvel cumulativa das alturas de plantação locais armazenadas para prover a altura da plantação virtual para uso no ciclo de

transmissão e recepção seguinte.

[0093] À medida que a barra de corte do sistema convencional do nível do solo ilustrado na Figura 10 move-se da posição 10B à 10C', o nível do solo decresce, de modo que fique mais baixo do que o nível do solo na posição 10B. Similarmente, à medida que a barra de corte do sistema de nível do solo híbrido na Figura 11 se move à posição 11C'', o nível do solo decresce, de modo que fique mais baixo do que o nível do solo na posição 11B. Outra vez, ambos os sistemas obtêm um reflexo verdadeira do nível do solo e verificam um valor de distancia ao solo instantâneo dos valores de distância até o solo locais individuais recebidos dos módulos de sensor ultrassônico 105. Nesta posição, uma vez que a distância até o nível do solo é maior do que a distância de separação s predeterminada, a unidade controladora 107 abaixa a barra de corte à posição 10C e 11C (para o sistema de nível do solo convencional e o "sistema de nível do solo híbrido", respectivamente), de modo que a distância de separação s seja novamente mantida.

[0094] A pessoa versada na técnica apreciará que as Figuras 10 e 11 mostrem somente algumas posições por questão de clareza - na realidade, não haveria um grande ajuste da barra de corte entre as posições porque o sistema de controle de altura ajusta a altura da barra de corte em cada ciclo de transmissão e recepção. Uma vez que há muitos destes ciclos por segundo, o movimento da barra de corte não seria abrupto e descontínuo, mas pareceria suave. Ao se deslocar entre a posição 10B e 10C, por exemplo, a barra de

corte pareceria seguir suavemente o contorno do nível do solo.

[0095] Na posição 11C', como antes, a unidade controladora 107 da presente invenção também determina os valores da distância até o topo de plantação local c instantâneos e da distância até o topo de plantação individual recebidos dos módulos de sensor ultrassônico 105 para esse ciclo de transmissão e recepção. O controlador 107 grava os valores locais mais recentes da altura da plantação recebidos dos sensores ultrassônicos 105 em sua memória e atualiza a média móvel cumulativa das alturas de plantação locais armazenadas em sua memória para prover um valor virtual atualizado da altura da plantação para uso no ciclo de transmissão e recepção seguinte.

[0096] À medida que a barra de corte do sistema do modo de nível do solo convencionais se move da posição 10D na Figura 10, pode passar sobre uma área em que a plantação tem uma folhagem muito densa que bloqueia a vista de um sensor do solo. O topo da plantação ficaria bem acima do nível do solo real. Devido à ascensão abrupta no nível do solo detectado (os módulos de sensor ultrassônico 105 veriam o topo da plantação como um nível do solo falso), a distância até o solo que cada um dos módulos de sensor ultrassônico mediu seria provavelmente muito menor do que o valor da distância até o solo local previamente medido e, desse modo, fora do desvio aceitável da distância até o solo localmente medida precedente, em cujo caso os módulos de sensor ultrassônico retornariam um valor "sem leitura" para o valor da distância

até o solo local. Alternativamente, se uma vala ou um sulco na terra estivesse presente na posição 10D, fazendo com que, desse modo, as distâncias ao solo localmente medidas fossem muito maiores do que as distâncias ao solo previamente gravadas, um módulo de sensor ultrassônico relataria um erro "sem leitura" para o valor da distância até o solo local.

[0097] Se a distância até o solo medida (que é realmente a medição ao topo da plantação) estiver dentro do desvio aceitável da distância até o solo medida local precedente ou se a lógica do controlador não verificar a leitura mais recente contra a distância até o solo previamente gravada, é também possível que o controlador erga a barra de corte para manter a distância de separação  $s$  entre o sensor e o topo da plantação em vez do solo.

[0098] No sistema de controle dirigido de nível do solo convencional, se a unidade controladora receber somente erros "sem leitura" dos módulos de sensor ultrassônico para os valores da distância até o solo locais, então não poderá controlar a altura da barra de corte, porque não saberá a distância até o solo da barra de corte para esse ciclo de transmissão e recepção. Tipicamente, quando esta situação ocorre, o sistema de controle de altura tem que ser controlado manualmente até que um nível do solo confiável possa ser determinado. Como ilustrado na Figura 10, sem intervenção manual, a barra de corte fará contato com o solo na posição 10E.

[0099] Por outro lado, o método e

sistema de nível do solo híbrido controlado da presente invenção não sofrem deste problema, e o controle da altura da barra de corte é sempre mantido pela unidade controladora 107. Ilustrado na Figura 11, à medida que a barra de corte se move da posição 11C à posição 11D', a unidade controladora 107 recebe dos módulos de sensor ultrassônico os valores locais para as distâncias de topo de plantaço c, mas não recebe nenhum valor "sem leitura" para os valores da distância até o solo locais e também para os valores de altura da plantaço locais. No entanto, a unidade controladora 107 tem um valor de altura da plantaço virtual calculado a partir das medições de distância de solo local e de topo de plantaço armazenadas em sua memória dos ciclos de transmissão e recepção precedentes.

[00100] Quando a unidade controladora 107 determina que não pode calcular um valor da distância até o solo local instantâneo, determina de preferência uma distância até o solo virtual, ilustrada na Figura 11 como uma linha pontilhada, ao adicionar o valor da altura da plantaço virtual ao valor de distância até o topo de plantaço local instantâneo determinado na posição 11C. O controlador 107 então mantém a distância de separação s daquela distância até o solo virtual calculada.

[00101] Para cada ciclo de transmissão e recepção subsequente que a unidade controladora 107 não pode calcular uma distância até o solo local instantânea, irá calcular outra vez uma distância até o solo virtual com base na adição da

altura de plantação virtual (a qual, uma vez que a unidade controladora 107 não atualizou sua memória com nenhum valor de altura da plantação local adicional, será a mesma que aquela determinada na posição 11C') ao valor da distância até o topo de plantação local instantâneo (que poderia ser o valor da distância até o topo de plantação instantâneo calculado mais recentemente com sucesso se valores "sem leitura" fossem recebidos em uma dada posição).

[00102] Em uma modalidade da presente invenção, quando a barra de corte se move a uma posição em que os módulos de sensor ultrassônico podem determinar uma distância até o solo local que está dentro de um desvio aceitável do último valor da distância até o solo local aceitável transmitido à unidade controladora 107, o módulo de sensor 105 irá começar outra vez a transmitir os valores da distância até o solo locais à unidade controladora 107 em vez dos valores "sem leitura". A unidade controladora 107 irá, desse modo, novamente, erguer ou abaixar a barra de corte para manter a distância de separação  $s$  entre a barra de corte e o nível do solo, embora a distância até o solo local instantânea  $g$  seja agora utilizada em vez de um nível do solo virtual porque está disponível. Isto é ilustrado na posição 11E na Figura 11.

[00103] Claramente, ao utilizar o modo de operação de nível do solo híbrido controlado, a unidade controladora poderá manter o controle de altura da barra de corte mesmo se nenhum valor da distância até o solo útil for recebido dos módulos de sensor ultrassônico 105.

[00104] A pessoa versada na técnica apreciará, desse modo, que, ao operar no modo de nível do solo híbrido controlado, o sistema e método de controle de altura da presente invenção permitirão que a barra de corte atravessasse áreas de plantação onde os sistemas de controle de altura dirigidos "de nível do solo" normais se tornariam potencialmente inoperáveis caso não pudessem obter uma indicação satisfatória do nível do solo a partir dos sensores ultrassônicos.

Modificações:

[00105] Embora a modalidade preferida da presente invenção tenha sido descrita como sendo utilizada com duas barras de pulverização de VG separadas, cada uma montada em um lado da unidade de trator para o modo de controle de topo de plantação híbrido, e tenha sido descrita como sendo uma barra de corte colhedora para o modo de controle de nível do solo híbrido, a pessoa versada na técnica apreciará que outras disposições possam ser contemplados dentro do âmbito da presente invenção. Certamente, os módulos de sensor ultrassônico poderiam ser colocados em qualquer disposição com respeito às barras 101. Além disso, uma única barra de pulverização grande poderia ser utilizada na presente invenção em vez das duas barras de pulverização de VG separadas descritas. Uma única barra de pulverização grande seria montada em seu ponto médio à unidade de trator e acoplada à unidade de trator por meio dos mecanismos de acoplamento bem conhecidos, os quais permitem que a barra seja girada sobre seu ponto médio e seja também erguida e abaixada em direção a

ou para longe do solo. Os módulos de sensor ultrassônico 105 seriam dispostos ao longo do comprimento da barra de pulverização única. A Figura 12 ilustra tal disposição de trator e barra.

[00106] Similarmente, uma disposição poderia ser feita para controlar a inclinação lateral de uma barra de corte ao colocar os módulos de sensor ultrassônico em um ou outro lado da barra de corte, como ilustrado na Figura 13. A barra de corte seria acoplada à unidade colhedora utilizando os mecanismos de acoplamento bem conhecidos para erguer e abaixar não somente a barra de corte, mas para que esta seja girada sobre seu ponto médio.

[00107] Embora os presentes método e sistema tenham sido descritos com referência à utilização de múltiplos módulos de sensor ultrassônico 105, a pessoa versada na técnica apreciará que as modalidades da presente invenção sejam igualmente bem aplicadas a um sistema que tem somente um único módulo de sensor ultrassônico. Em tal caso, os valores de altura da plantação representativos instantâneos calculados pela unidade controladora 107 não seriam baseados no cálculo da média dos valores locais dos mesmos a partir dos múltiplos módulos de sensor ultrassônico, mas seriam realmente os valores locais do único módulo de sensor ultrassônico. Tal sistema ainda operaria para gravar os valores de altura da plantação locais recebidos pela unidade controladora 107 com o passar do tempo em sua memória para formar um valor de altura da plantação virtual da maneira discutida acima.

[00108] A pessoa versada na técnica ir

compreender que, se receber dados de plantaço dos múltiplos módulos de sensor ultrassônico, outras maneiras de interpretar os dados (providos de modo que possam ser utilizados no método da presente invenção) poderiam ser consideradas. Por exemplo, um único valor da distância até o solo provido por qualquer um dos múltiplos módulos de sensor ultrassônico 105 poderia ser considerado pelo controlador 107 como o valor da distância até o solo representativo para esse ciclo de transmissão e recepção particular. Similarmente, um dos valores da distância até o topo de plantaço provido por qualquer um dos múltiplos módulos de sensor ultrassônico 105 poderia ser considerado pelo controlador 107 como o valor da distância até o topo de plantaço representativo para esse ciclo de transmissão e recepção particular. Um dos valores de altura da plantaço locais providos ao controlador 107 para esse ciclo de transmissão e recepção particular de todos os módulos de sensor ultrassônico 105 poderia ser considerado como o valor da altura da plantaço representativo instantâneo para esse ciclo. A pessoa versada na técnica apreciará que os critérios para selecionar qual valor local único a ser considerado como o valor representativo instantâneo correspondente, dependem do modo de operação em que o sistema se encontra. Por exemplo, se no modo de nível do solo controlado, a menor distância de nível de solo individual local for selecionada como o valor representativo instantâneo, uma vez que isto garantiria que a distância de separação do solo fosse mantida mais próxima a qualquer um dos

sensores.

[00109] A pessoa versada na técnica apreciará que, na descrição antecedente, as distâncias de topo de plantação e de nível do solo sejam determinadas a partir dos módulos de sensor ultrassônico com distância crescente longe do módulo de sensor que tem um valor de distância positivo crescente. A pessoa versada na técnica vai compreender que um esquema de notação de distância diferente seja implementado (por exemplo, às distâncias a partir da barra são dados valores negativos), então a altura da plantação virtual, a distância até o topo de plantação virtual e a distância até o solo virtual seriam calculadas utilizando o esquema de notação diferente.

[00110] A modalidade principal da invenção descreve a abertura de uma janela de recepção por um período de tempo predefinido, em que o tempo escolhido é suficiente para permitir que qualquer reflexão do solo atinja o transdutor. A pessoa versada na técnica apreciará que o intervalo de tempo em que a janela de recepção permanece aberta possa ser automaticamente variado com base em uma faixa de fatores tais como a distância até o solo determinada como parte do último ciclo de transmissão e recepção, mais algum deslocamento. Isto significaria que, à medida que a barra é movida mais perto do solo, a janela de recepção iria se tornar mais curta, para refletir o fato que as reflexões não levariam muito tempo para atingir o transdutor, sendo que, à medida que a barra fosse movida adicionalmente para longe do solo, a janela de recepção seria aumentada.

Alternativamente, o intervalo de tempo em que a janela de recepção permanece aberta poderia ser manualmente variado e ajustado pelo operador do sistema, através do controlador 107. O ajuste manual pode depender do tipo de plantação (uma vez que tipos diferentes de plantação terão alturas diferentes), de uma altura da plantação predeterminada média e da época do ano (para refletir que a plantação pulverizada mais tarde na estação de crescimento seja geralmente mais alta, requerendo desse modo que a barra seja mais elevada a partir do solo) e o controlador 107 pode apresentar uma interface apropriada ao operador do sistema para permitir que os dados a respeito destas variáveis sejam recebidos no sistema e para ajustar, conseqüentemente, o intervalo de tempo da janela de recepção.

[00111] Na presente modalidade, os módulos de sensor ultrassônico 105 são descritos como transmitindo um pulso ultrassônico em intervalos distintos de 20 a 30 milissegundos. A pessoa versada na técnica apreciará que o intervalo em que os pulsos ultrassônicos são transmitidos seja variado. Tal variação pode depender do tipo de plantação sobre o qual os módulos de sensor ultrassônico irão passar, da densidade do plantio ou da separação entre as plantas da plantação sobre as quais os módulos de sensor ultrassônico passarão, da densidade das plantas individuais sobre as quais os módulos de sensor ultrassônico irão passar, da época do ano em que a operação será realizada (porque se for tarde na estação de crescimento, então a plantação será naturalmente

maior e a folhagem será mais densa) e da velocidade em que a barra (e, desse modo, os módulos de sensor ultrassônico) passam sobre a plantação. Uma vez que a barra se move mais rápido sobre as plantações, por exemplo, um intervalo mais curto entre as transmissões de pulso será requerido.

[00112] Na modalidade preferida discutida acima, é mencionado que o ganho do circuito de recepção e amplificação é aumentado de forma exponencial com o aumento do tempo decorrido desde a transmissão do pulso. A pessoa versada na técnica apreciará que o ganho do circuito de recepção e amplificação seja aumentado utilizando qualquer relação apropriada em vez de simplesmente uma relação exponencial com o passar do tempo. A pessoa versada na técnica também apreciará que nenhum aumento no ganho com o passar do tempo seja aplicado.

[00113] A pessoa versada na técnica apreciará que uma ampla faixa de frequências de pulso sonoro possa ser utilizada na presente invenção. Embora os módulos de sensor ultrassônico tenham sido descritos, a pessoa versada na técnica apreciará que o equipamento de geração e detecção de som da presente invenção possa ser alterado para produzir e receber som de qualquer frequência desejada.

[00114] Além disso, embora os módulos de sensor ultrassônico individuais tenham sido descritos como transmitindo o pulso ultrassônico e detectando/recebendo os ecos resultantes, componentes separados apropriados poderiam ser utilizados para cada uma destas etapas.

[00115] A pessoa versada na técnica apreciará que, em vez de cada módulo de sensor ultrassônico calcular o valor da altura da plantação a partir do valor da distância até o solo local e do valor da distância até o topo de plantação local, o(s) módulo(s) de sensor ultrassônico 105 possa(m) simplesmente transmitir o valor da distância até o solo e o valor da distância até o topo de plantação ao controlador 107, que irá realizar o cálculo da altura da plantação local para as leituras de cada sensor. Em tal caso, a unidade controladora 107 ainda gravaria cada um dos valores de altura da plantação locais que calcula em sua memória para formar a base para calcular a média móvel cumulativa das alturas de plantação locais.

[00116] O número de valores de altura da plantação individuais armazenados no buffer de memória do controlador 107 para ciclos precedentes pode variar dependendo do tipo de plantação, da época do ano (provavelmente vai haver áreas estéreis maiores e em maior quantidade no outono/inverno do que na primavera ou no verão) em que a operação está sendo realizada, da idade da plantação que está sendo pulverizada, da densidade do plantio da plantação e da velocidade com que os sensores ultrassônicos se deslocam sobre o solo. Além disso, a gravação de valores de altura da plantação locais na memória da unidade controladora pode ser interrompida e retomada por determinados acionadores externos, tais como os dados posicionais (obtidos de um sistema de posicionamento via satélite global ou de qualquer

outro dispositivo) que indicam que a unidade de trator está em uma posição desejada, ou por um controle operável pelo usuário. Uma vez que os valores de altura da plantação locais gravados na memória do controlador formam a base para a média móvel cumulativa da altura da plantação (isto é, a altura da plantação virtual que dirige o presente sistema), a provisão de controle sobre quando as alturas de plantação locais são gravadas na memória da unidade controladora 107 permite que o usuário garanta que o valor da altura da plantação virtual que está sendo calculado seja muito preciso e relevante à plantação que é realmente de interesse. Se o trator tiver que transitar a um campo de plantação alvo, então é indesejável que todos os valores de altura da plantação locais produzidos pelos módulos de sensor ultrassônico ao longo do trajeto ao campo alvo sejam incluídos no valor médio móvel cumulativo e contribuam, desse modo, para o valor da altura da plantação virtual. A utilização dos dados posicionais ou de uma intervenção manual pelo usuário do sistema para começar a gravar valores de altura da plantação locais dos módulos de sensor ultrassônico na memória da unidade controladora permite que somente as alturas de plantação locais relevantes sejam gravadas na memória.

[00117] Além disso, em um sistema que incorpora múltiplos sensores ultrassônicos, a pessoa versada na técnica apreciará que a unidade controladora 107 possa ser controlada para ignorar as leituras da distância até o solo local, da distância até o topo de plantação local e da altura

da plantação local de determinados módulos de sensor ultrassônico. Dessa maneira, determinados módulos de sensor ultrassônico 105 podem ser "mascarados", de modo que seus dados não sejam incluídos em nenhum cálculo realizado pela unidade controladora 107.

[00118] Embora o sistema e método de controle de altura da presente invenção tenham sido descritos com referência ao controle da altura de uma barra de pulverização que é rebocada atrás de um trator, a pessoa versada na técnica apreciará que o sistema de controle de altura da presente invenção possa ser aplicado a qualquer equipamento que requeira o controle de altura. Outro exemplo a que o sistema e método de controle de altura da presente invenção poderiam ser aplicados inclui, mas não se limita ao controle da altura de uma lâmina de corte de uma colhedora combinada ou para mecanismos de lavoura em que o controle de altura é requerido.

### REIVINDICAÇÕES

1. Método para controlar uma altura de um componente de um equipamento agrícola (101, 201), caracterizado pelo fato de que compreende:

determinar uma altura de plantação média:

controlar o componente do equipamento agrícola para manter uma distância predeterminada de um dentre um nível de topo de plantação atual ou um nível do solo atual,

em que, se um nível de topo de plantação atual ou um nível do solo atual for incapaz de ser determinado, serão feitas as etapas:

calcular um nível de topo de plantação virtual ou um nível do solo virtual, respectivamente, utilizando o valor médio de altura da plantação; e

controlar o componente do equipamento agrícola para manter uma distância predeterminada a partir do nível de topo de plantação virtual ou do nível do solo virtual, respectivamente.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de calcular o nível de topo de plantação virtual ao subtrair a altura de plantação média do nível do solo atual.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de calcular que o nível do solo virtual ao adicionar a altura de plantação média ao nível de plantação de topo atual.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o nível atual de topo de plantação e o nível do solo

atual são determinados ao:

transmitir um pulso ultrassônico;

detectar os ecos de retorno do pulso transmitido e qualificar os ecos de retorno para identificar um retorno do topo da plantação e um retorno do solo junto com o passar do tempo em que cada eco é recebido, e

utilizar a velocidade conhecida do pulso transmitido e o tempo decorrido entre a transmissão do pulso e os tempos de recepção do retorno do topo da plantação e do retorno do solo para calcular a distância em que cada eco de retorno respectivo ocorreu.

5. Método, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de compreender adicionalmente:

medir temperatura ambiente em um momento de transmissão do pulso ultrassônico, utilizando a medição da temperatura ambiente para determinar a velocidade do pulso ultrassônico corrigida para a temperatura e utilizando a velocidade corrigida como a velocidade conhecida.

6. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de a altura da plantação média compreender uma média das alturas de plantação históricas.

7. Método, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de as alturas de plantação históricas serem alturas de plantação individuais que foram determinadas por um sensor ultrassônico ao subtrair uma distância instantânea de um topo de plantação detectado sob o sensor ultrassônico a partir de uma distância

instantânea até o solo que também foi detectada sob o sensor ultrassônico ao mesmo tempo.

8. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que pré-ajustar a altura da plantaçao média por um usuário.

9. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado pelo fato de componente do equipamento agrícola compreender uma barra de pulverização (101).

10. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado pelo fato de o componente do equipamento agrícola compreender uma barra de corte (201).

11. Aparelho para executar o método, do tipo definido na reivindicação 1, compreendendo:

uma unidade de sensor (105) para prover um sinal indicativo de um nível de topo de plantaçao atual ou de um nível do solo atual, e

uma unidade de controle (107) que recebe o sinal,

caracterizado pelo fato de que a unidade de controle calcula uma altura da plantaçao média e provê um sinal de controle para controlar a altura do componente do equipamento agrícola (101, 201),

em que, se um nível de topo de plantaçao atual ou um nível do solo atual for incapaz de ser determinado pela unidade de sensor, a unidade de controle irá:

calcular um nível de topo de plantaçao virtual ou nível do solo virtual, respectivamente, utilizando a média de altura da plantaçao, e

ajustar o sinal de controle para controlar

a altura do componente do equipamento agrícola para manter uma distância predeterminada a partir do nível de topo de plantação virtual ou do nível do solo virtual, respectivamente.

12. Aparelho, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que a unidade de sensor (105) e a unidade de controle (107) são integrais uma com a outra.

13. Componente do equipamento agrícola, incluindo um aparelho que compreende:

uma unidade de sensor (105) para prover um sinal indicativo de um nível de topo de plantação atual ou de um nível do solo atual, e

uma unidade de controle (107) que recebe o sinal,

caracterizado pelo fato de que a unidade de controle calcula uma altura da plantação média e provê um sinal de controle para controlar a altura do componente do equipamento agrícola (101, 201),

em que, se um nível de topo de plantação atual ou um nível do solo atual for incapaz de ser determinado pela unidade de sensor, a unidade de controle irá:

calcular um nível de topo de plantação virtual ou nível do solo virtual, respectivamente, utilizando a média de altura da plantação, e

ajustar o sinal de controle para controlar a altura do componente do equipamento agrícola para manter uma distância predeterminada a partir do nível de topo de plantação virtual ou do nível do solo virtual, respectivamente.

14. Componente do equipamento agrícola, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado

pelo fato de que a unidade de sensor (105) é montada em uma barra de pulverização (101).

15. Componente do equipamento agrícola, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que a unidade de sensor (105) é montada em uma barra de corte (201).

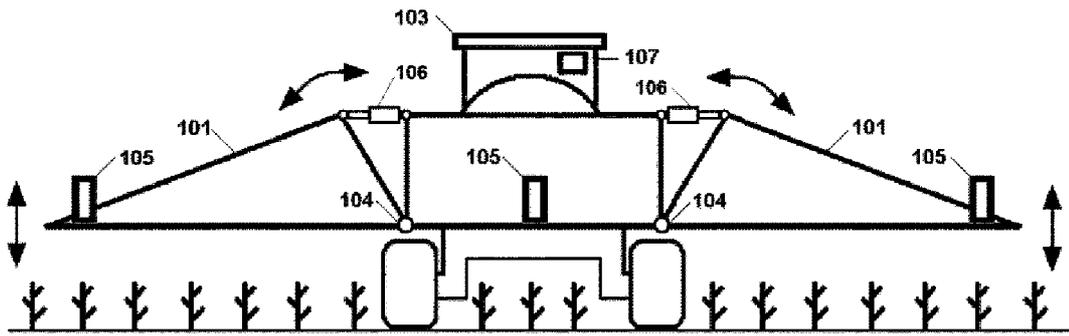
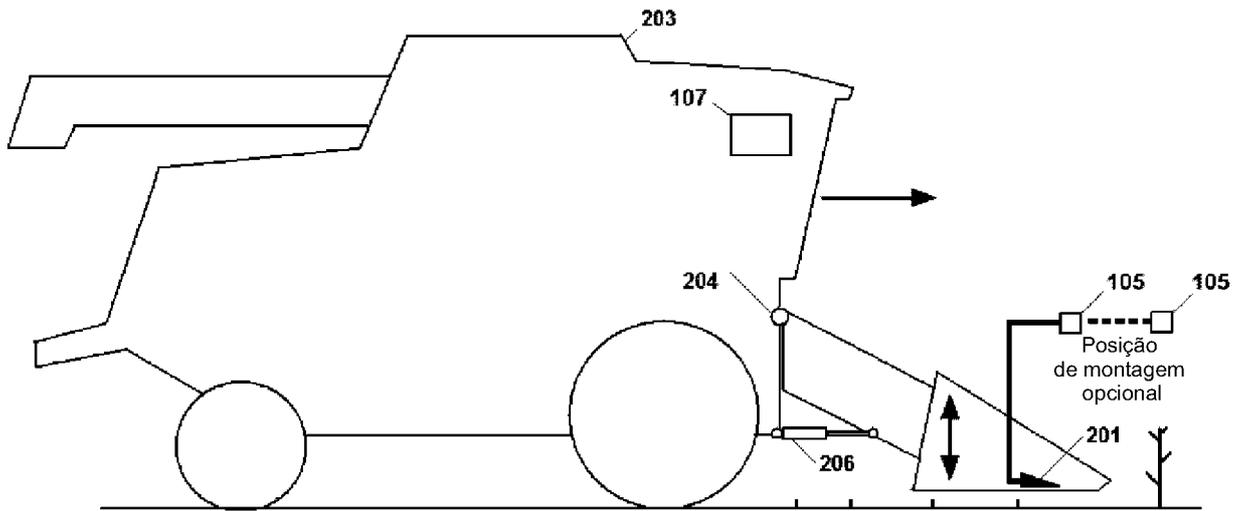


FIG. 1



Vista lateral

FIG. 2

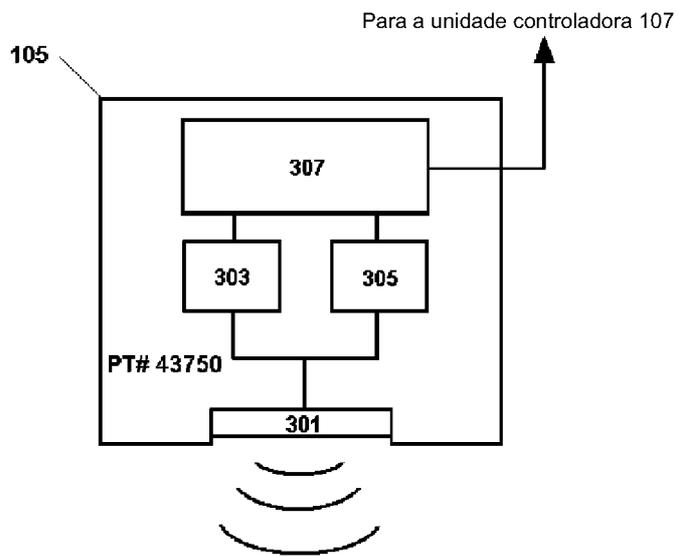


FIG. 3

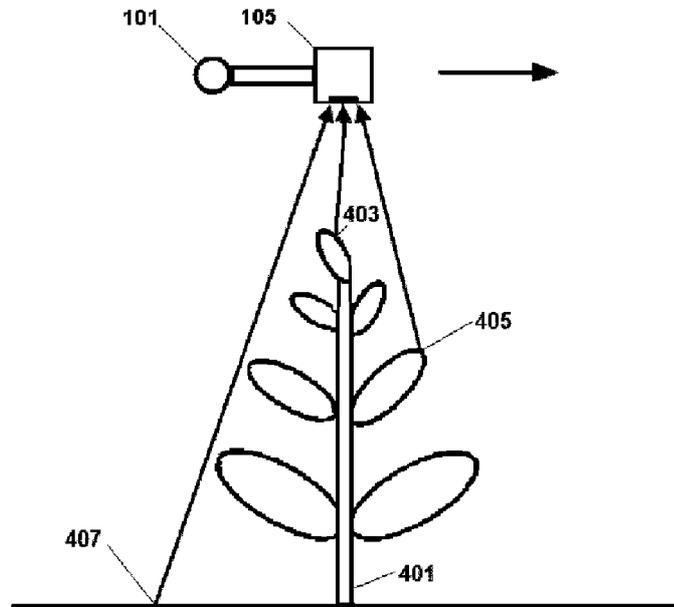


FIG. 4

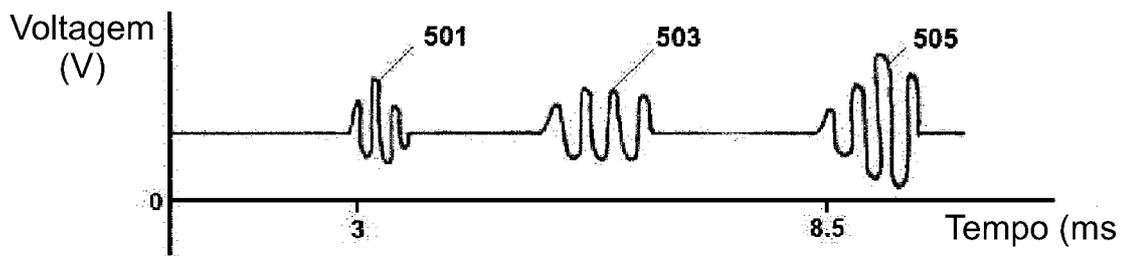


FIG. 5a

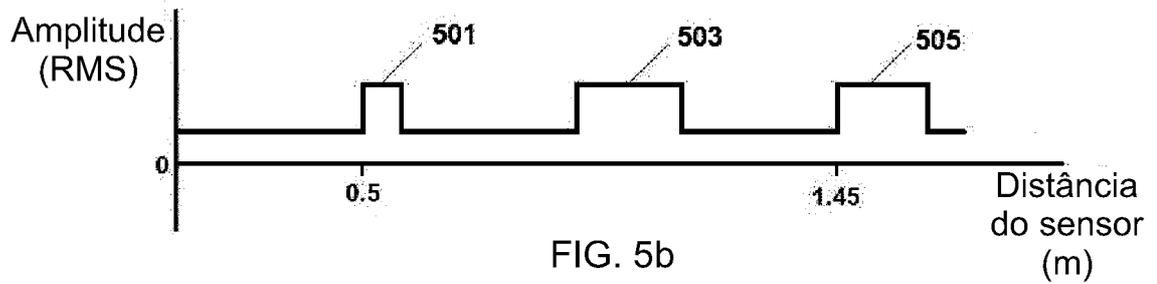


FIG. 5b

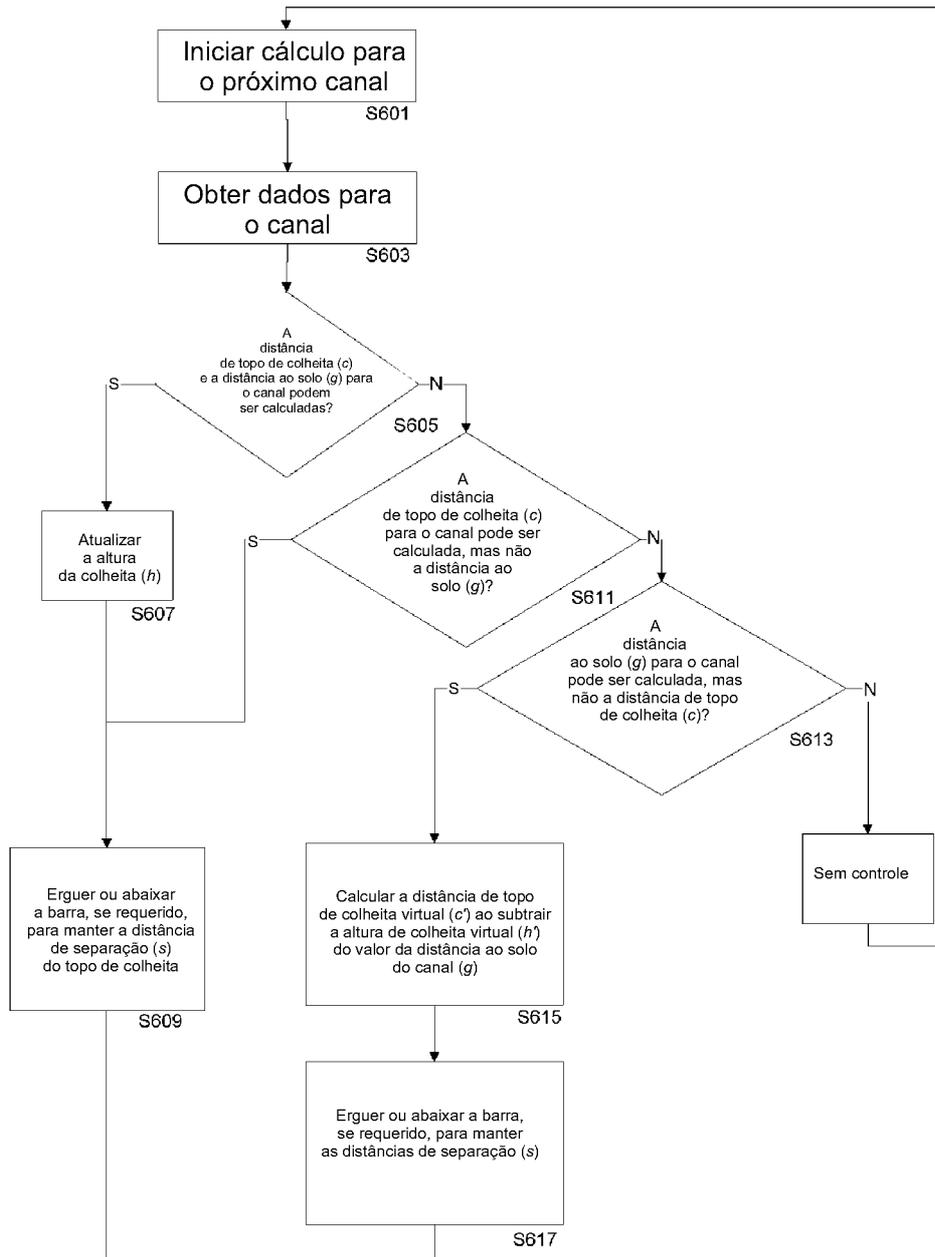


FIG. 6

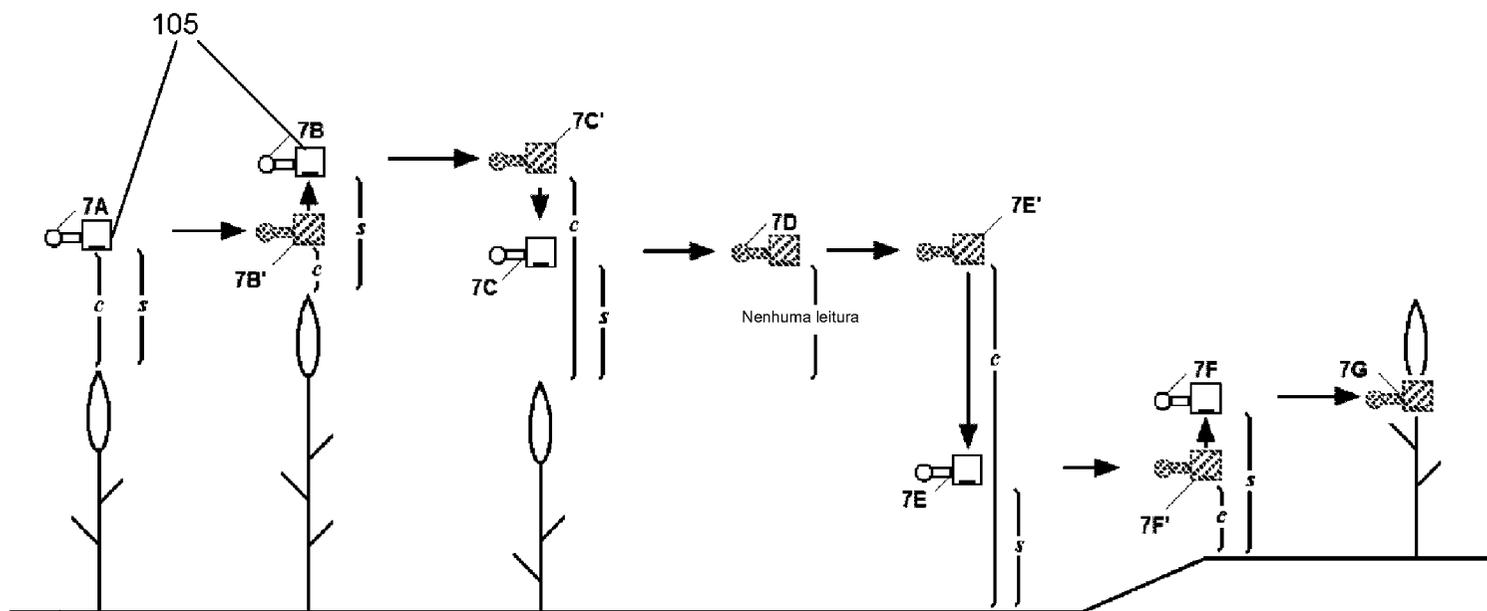


FIG. 7

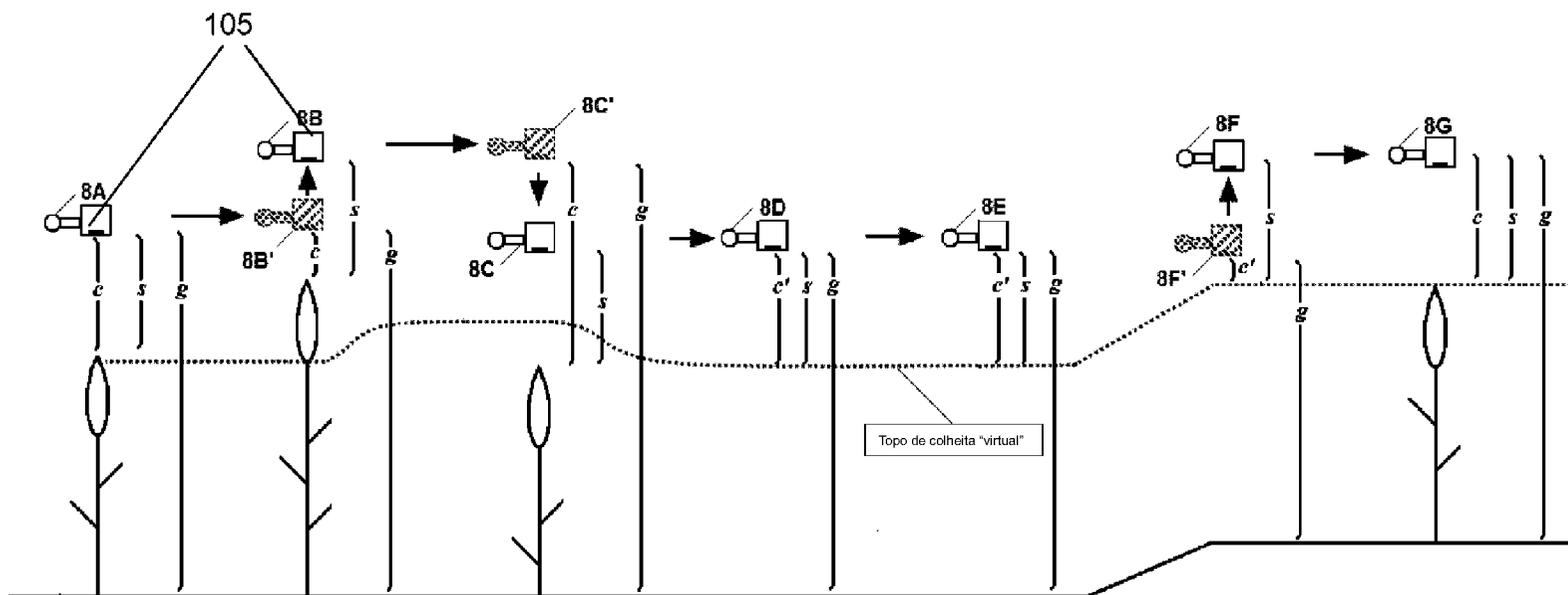


FIG. 8

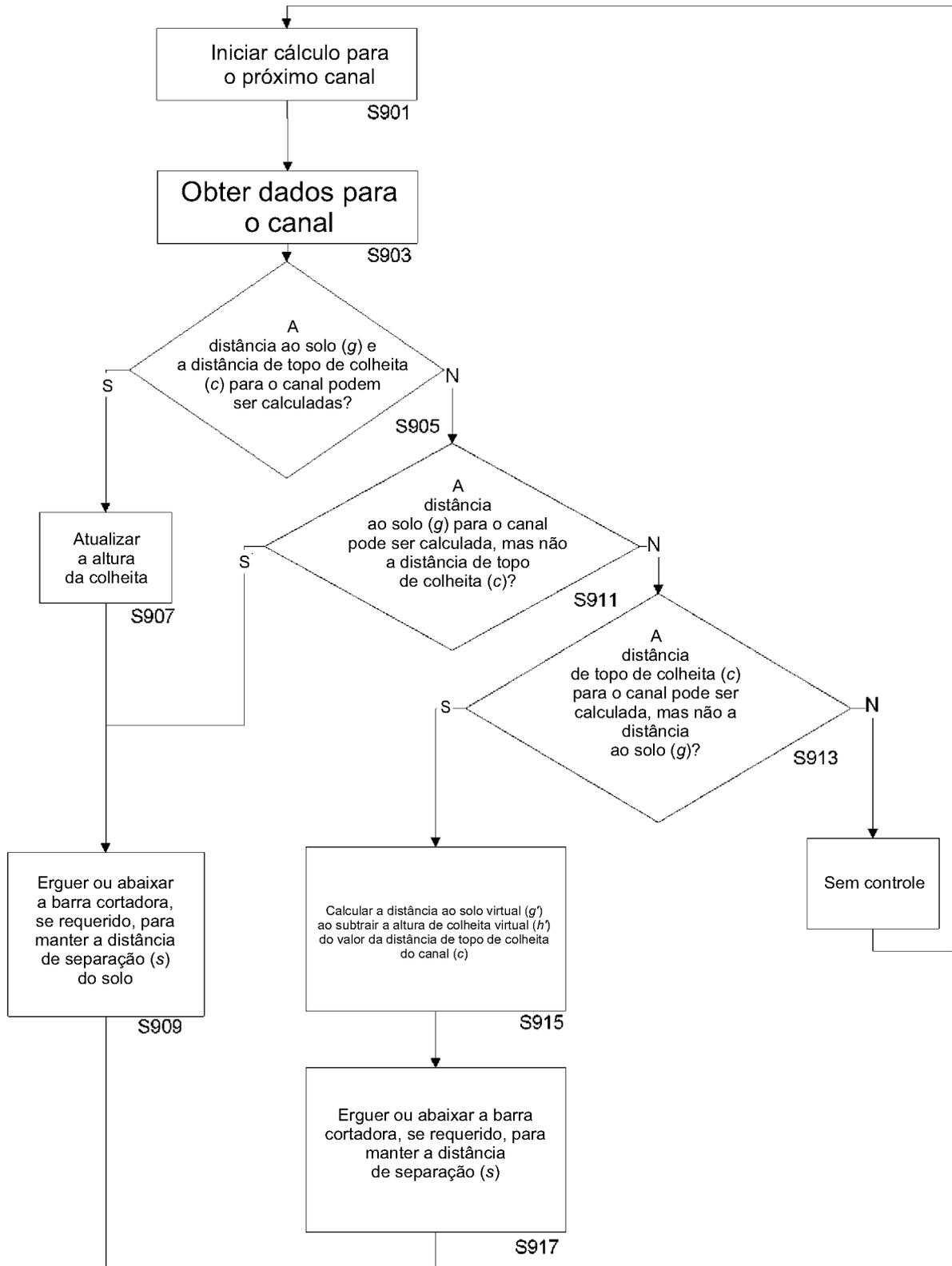


FIG. 9

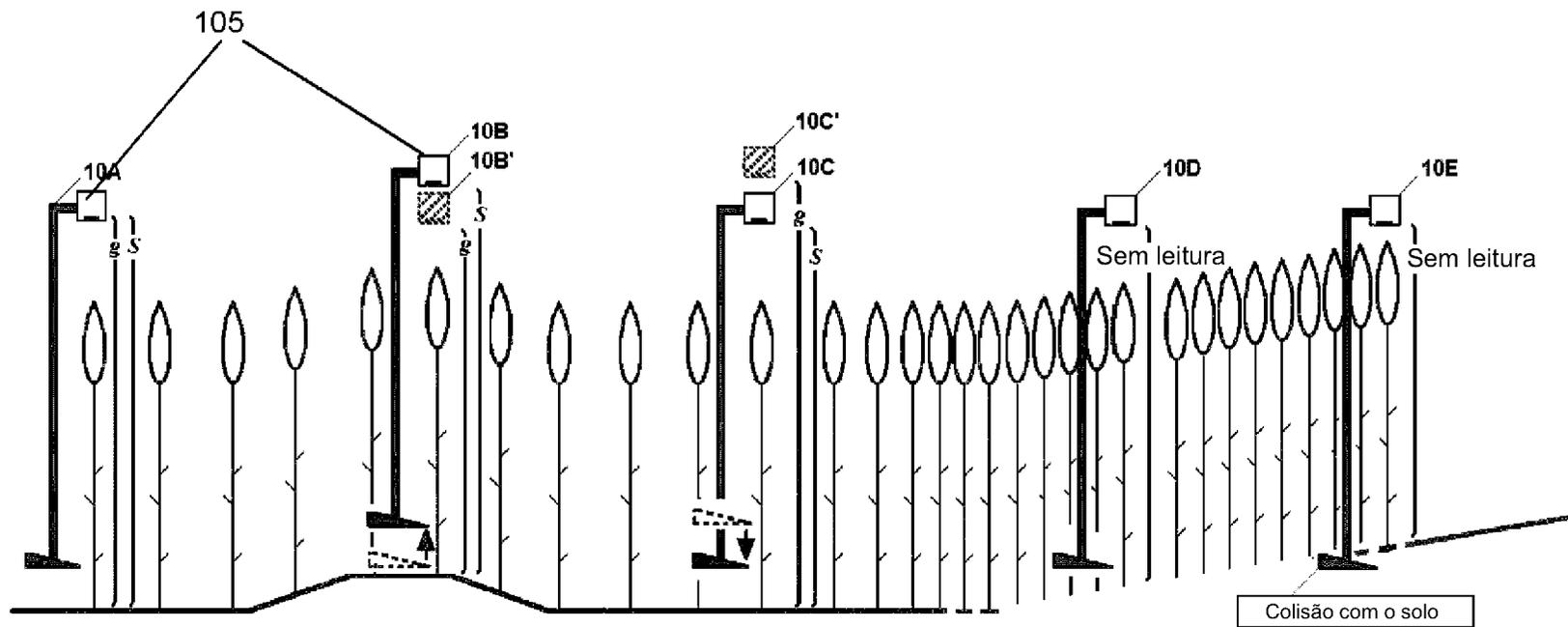


FIG. 10

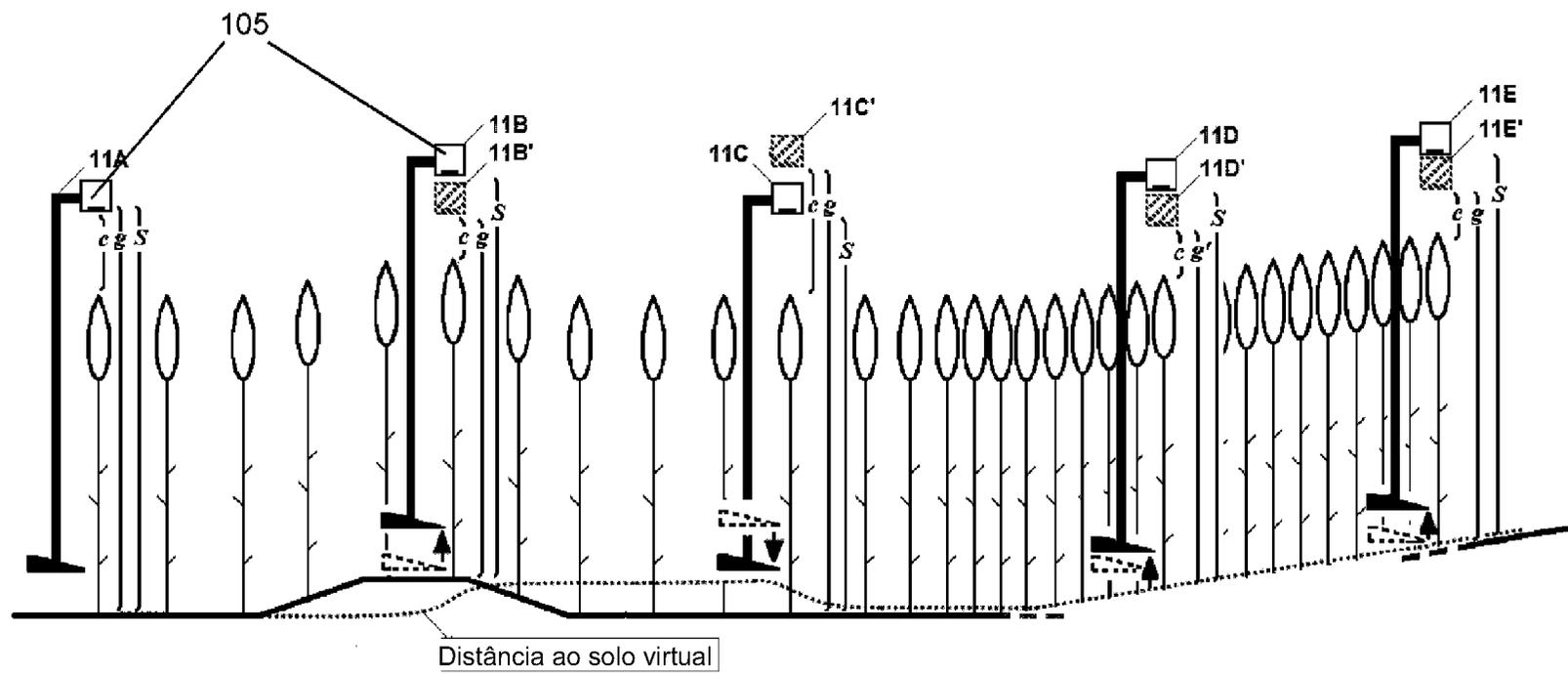


FIG. 11

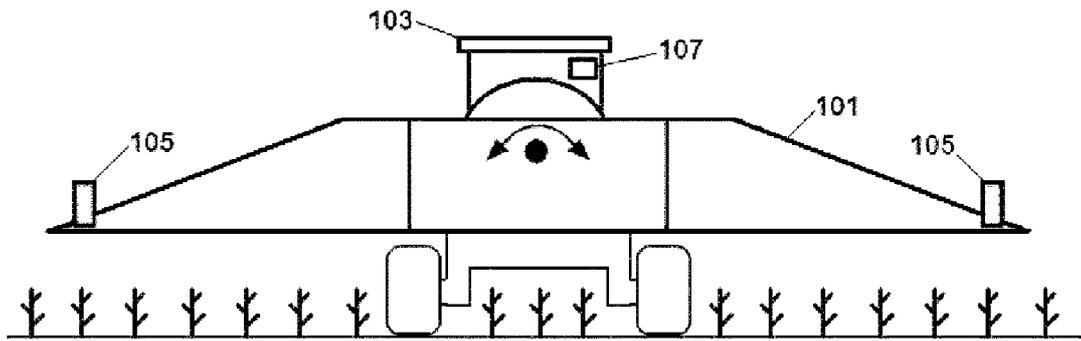
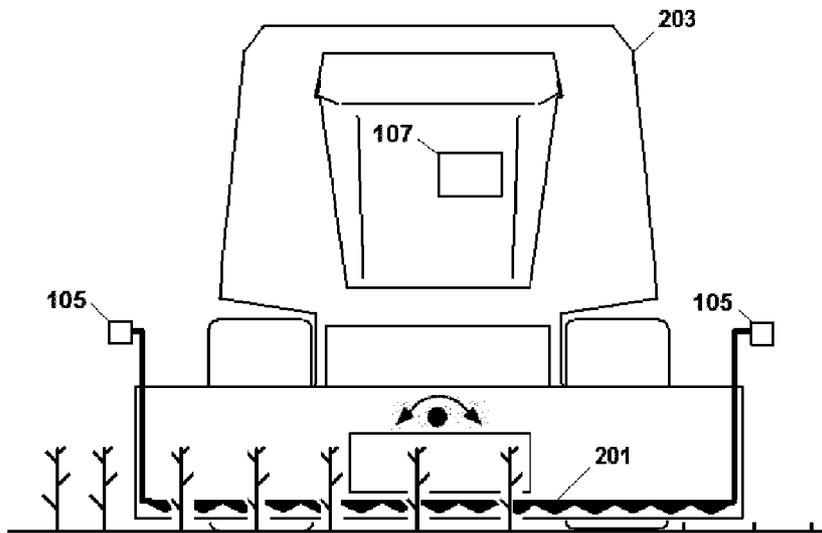


FIG. 12



Vista anterior

FIG. 13