

Gestão da distribuição agrícola de sementes e fertilizantes: Técnicas e tecnologias para redução de falhas de distribuição

Management of the agricultural distribution of seeds and fertilizers: techniques and technologies for reducing distribution failures

Ricardo DALACORT [1](#); Sergio Luiz STEVAN Jr. [2](#)

Recibido: 30/03/2017 • Aprobado: 24/04/2017

Conteúdo

- [1. Introdução](#)
- [2. Equipamentos para distribuição de sementes e fertilizantes](#)
- [3. Discussão de falhas na distribuição de sementes e fertilizantes](#)
- [4. Considerações finais](#)

Referências

RESUMO:

A correta distribuição de sementes e fertilizantes tem impacto direto sobre a eficiência da produtividade de uma cultura, onde falhas nesse processo acarretam em danos ambientais e perdas econômicas, sendo que a semente e o fertilizantes estão entre os principais responsáveis pelo alto custo da produção agrícola. As máquinas que realizam essa distribuição, possuem mecanismos dosadores que tem como função dosar a quantidade do produto a ser destinada ao solo. Diversos trabalhos relatam que esses mecanismos são imprecisos e que geram falhas de distribuição. Desta forma, este trabalho tem como objetivo apresentar uma revisão dos métodos de distribuição de sementes e fertilizantes, com ênfase nos mecanismos dosadores presentes nas semeadoras adubadoras, bem como, técnicas e tecnologias empregadas para o monitoramento da sua distribuição, abordando propostas que possibilitam melhorar a gestão da distribuição, propiciando o melhor desempenho do

ABSTRACT:

The correct distribution of seeds and fertilizers has a direct impact on the productivity efficiency of a crop, where failures in this process lead to environmental damages and economic losses, with seed and fertilizers being among the main responsible for the high cost of agricultural production. The machines that perform this distribution, have dosing mechanisms that have the function of dosing the quantity of the product to be destined to the soil. Several studies report that these mechanisms are imprecise and generate distribution failures. In this way, this work aims to present a review of the methods of seed and fertilizer distribution, with emphasis on the dosing mechanisms present in the fertilizer planters, as well as techniques and technologies used to monitor their distribution, addressing proposals that improve the Management of the distribution, providing the best performance of the agricultural production system.

Keywords: Agricultural distribution; Seeds and

1. Introdução

O uso do conhecimento científico e tecnológico em prol do aumento de produtividade e possível diminuição de custos, é uma importante característica da agricultura moderna, podendo gerar maior retorno econômico ao produtor. A dependência do agricultor em relação ao mercado, e as constantes incertezas e mudanças repentinas no cenário econômico, apontam aos produtores a necessidade de ampliar os conhecimentos de seu negócio, especializando-se na gestão e controle das atividades (ANDRADE et al. 2012).

A correta distribuição de sementes e fertilizantes, é fundamental para atingir alta produtividade. Para isso, os mecanismos aplicadores devem ser adequados ao tipo de produto a ser aplicado. A danificação das sementes no processo de distribuição, pode ocasionar a perda do poder germinativo, prejudicando o desenvolvimento da cultura e reduzindo a produtividade da lavoura (BALASTREIRE, 1987). A inclinação de trabalho ocasionada pelo relevo, o tipo de fertilizante e a velocidade de plantio são os principais fatores que prejudicam o processo de distribuição de fertilizantes, sendo que falhas nesse processo prejudicam o desenvolvimento da cultura, gerando perdas econômicas e ambientais. (MILAN & GADANHA (1996), MOLIN & MAZZOTTI, 2000).

O custo de produção está diretamente ligado a correta distribuição de insumos. Richetti & Filho (1996), destacam que o custo da produção agrícola consiste na soma de todas as despesas diretas e indiretas, associadas a produção de um determinado produto. Dados apresentados por Menegatti & Barros (2007), apontam que os fertilizantes e as sementes são responsáveis por grande parte do custo da produção de soja, tanto convencional como transgênica.

A irregularidade na distribuição de sementes e fertilizantes pode ser observado na Figura 1. A distribuição longitudinal das sementes é essencial para o desenvolvimento da cultura, sendo necessário respeitar os limites de espaçamentos entre elas. Plantas muito próximas competem entre si pela luz solar, água e nutrientes do solo, tendo seu desenvolvimento comprometido.

A regularidade na distribuição de fertilizantes torna-se cada vez mais importante para alcançar alta produtividade com baixo custo, (GARCIA, 2007). As necessidades nutricionais da planta são determinadas pela quantidade de nutrientes que esta extrai durante o seu ciclo de desenvolvimento (COELHO et al. 2006). Desta forma, o processo de fertilização do solo é de grande importância para o desenvolvimento da cultura, permitindo a reposição dos nutrientes extraídos pela planta ou a adição dos nutrientes faltantes no solo, proporcionando uma maior sustentabilidade do sistema de produção agrícola (SERRANO et al. 2014, REYNALDO et al. 2016).



Figura 1 - Irregularidade na distribuição de sementes e fertilizantes

Tendo em vista que as sementes e os fertilizantes são uns dos principais responsáveis pelo alto custo da produção, se faz necessário gerir com precisão sua distribuição. Sistemas de sensoriamento estão sendo desenvolvidos para verificar a correta distribuição desses elementos. O objetivo deste trabalho, é apresentar uma revisão dos métodos de distribuição de sementes e fertilizantes, com ênfase nos mecanismos dosadores presentes nas semeadoras adubadoras, bem como, técnicas e tecnologias empregadas para o monitoramento da sua distribuição, abordando propostas que possibilitam melhorar a gestão da distribuição, propiciando o melhor desempenho do sistema de produção agrícola.

2. Equipamentos para distribuição de sementes e fertilizantes

A distribuição de sementes e fertilizantes pode ocorrer sobre o solo ou abaixo do solo dependendo do cultivo, sendo realizado por equipamentos diferentes.

Para realizar a distribuição sobre o solo utiliza-se normalmente máquinas a lanço, que são máquinas que possibilitam a distribuição em uma maior área com menor tempo, são mais baratas e de maior facilidade de limpeza, porém não possui grande precisão implicando em maior quantidade do produto lançado ao solo (MACHADO, 1996). Para a distribuição de sementes, essas máquinas são denominadas semeadoras, normalmente utilizadas para distribuição de sementes que não necessitam de espaçamentos preciso. Já para a distribuição de adubo, são conhecidas como adubadoras, empregadas para adubação complementar da cultura.

Máquinas a lanço são normalmente constituídas de distribuidores que podem ser do tipo disco único, disco duplo ou tubo oscilante (MACHADO, 1996). Geralmente possuem um depósito cônico ou trapezoidal e utilizam a força centrífuga para realizar a distribuição do produto. Em seu interior possui um mecanismo denominado agitador, que tem como função manter as sementes ou fertilizantes em movimento, evitando a formação de vazios. A Figura 2 ilustra esse tipo de equipamento.

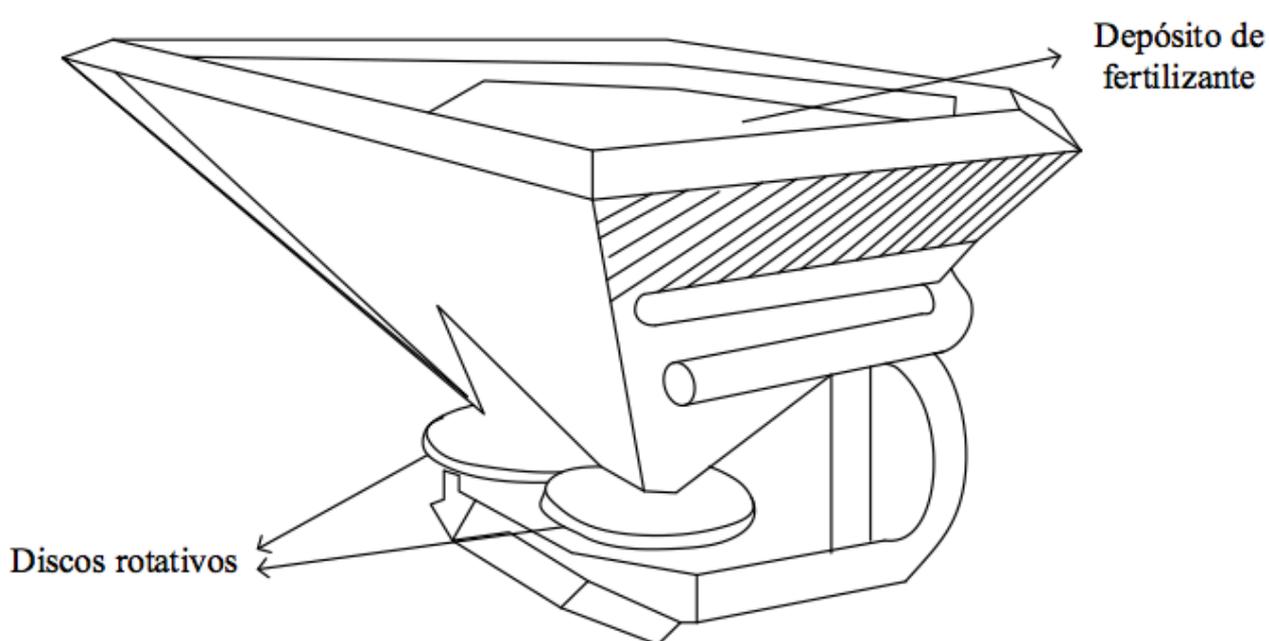


Figura 2 - Distribuidor a lanço.

Outra forma de distribuição do adubo sobre o solo é através da ação da gravidade, para isso as adubadoras dispõem de mecanismos distribuidores, que podem ser do tipo correntes, fundo móvel, discos giratórios ou pneumáticos (MACHADO 1996).

Os equipamentos que distribuem sementes ou fertilizantes abaixo do solo são conhecidas com semeadoras adubadoras (exemplificado na Figura 3), que são máquinas que aplicam sementes e fertilizantes simultaneamente no solo. Essas máquinas além de reduzir custos operacionais na implantação da cultura, também atendem de melhor maneira os aspectos agrônômicos do posicionamento de sementes e fertilizantes no solo. Para realizar tal processo, dispõem de mecanismos dosadores de sementes e fertilizantes (BALASTREIRE, 1987).

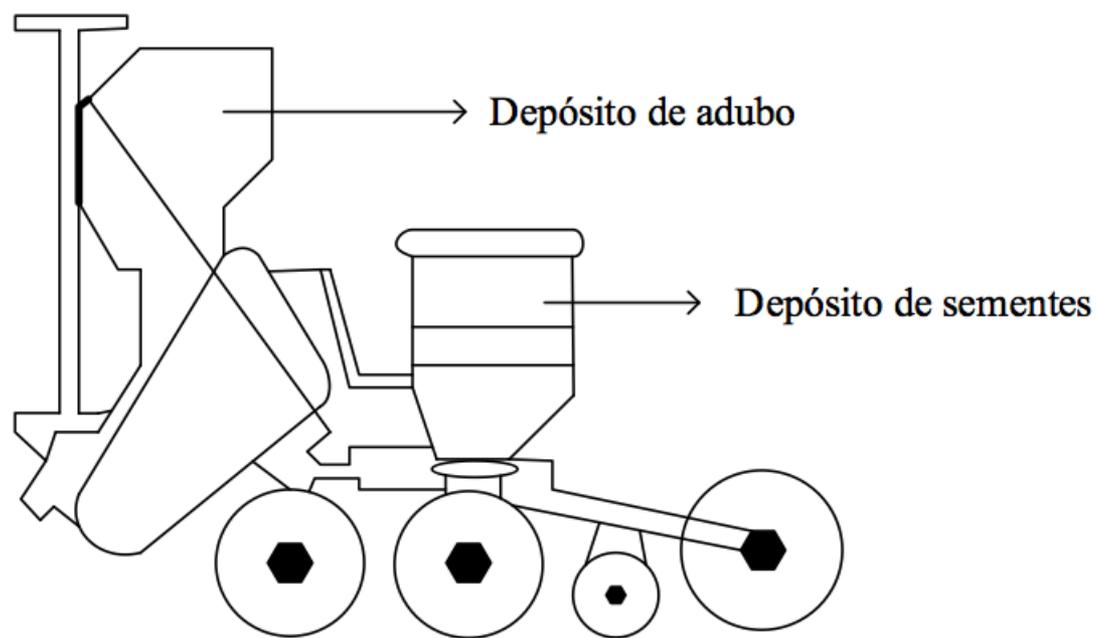


Figura 3 - Semeadora-adubadora

2.1 Dosadores de sementes e fertilizantes e tecnologias de sensoriamento

São mecanismos que tem como função dosar a quantidade de sementes e fertilizantes desejada e conduzi-las ao solo.

A seguir será apresentado os principais mecanismos dosadores de sementes e fertilizantes presentes nas semeadoras adubadoras, juntamente com trabalhos realizados com o objetivo de avaliar, monitorar e melhorar o processo de distribuição desses elementos.

2.1.1 Dosadores de sementes comerciais

Esses mecanismos devem ser adequados a espécie e variedade de sementes a ser semeada, para evitar que as mesmas sejam danificadas e percam o poder germinativo. Os principais dosadores de sementes são: cilindro canelado, discos perfurados, dedos prensores, dosador pneumático correias perfuradas (BALASTREIRE, 1987).

a) Dosador de cilindro canelado

São mecanismos compostos por diversos cilindros dispostos ao longo de um eixo localizado abaixo do depósito do produto e transversalmente ao seu sentido de deslocamento. A regulagem da quantidade do produto a ser distribuída é realizada através do deslizamento longitudinal do conjunto de cilindros de forma que todas as linhas são calibradas ao mesmo tempo (MACHADO, 1997).

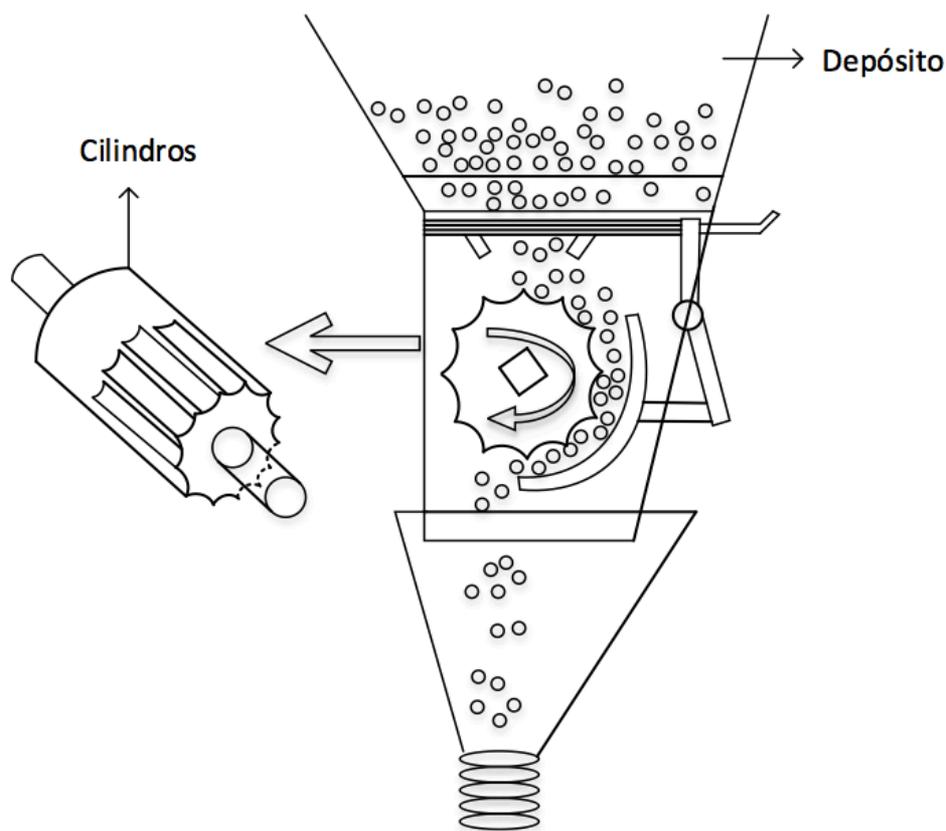


Figura 4 - Dosador de cilindro canelado.

b) Dosador de disco alveolado

Mialhe (2012), destaca que esse mecanismo é o mais utilizado no Brasil e de menor custo. São constituídos de um disco com furos redondos ou de formatos especiais, localizados concentricamente nas bordas do disco. Dependendo da máquina esses mecanismos dosadores podem ser verticais, inclinados ou horizontais. O funcionamento desse mecanismo dosador baseia-se na rotação do disco perfurado, onde cada orifício é preenchido com uma semente a qual é dispensada por um tubo condutor de sementes (BALASTREIRE 1987).

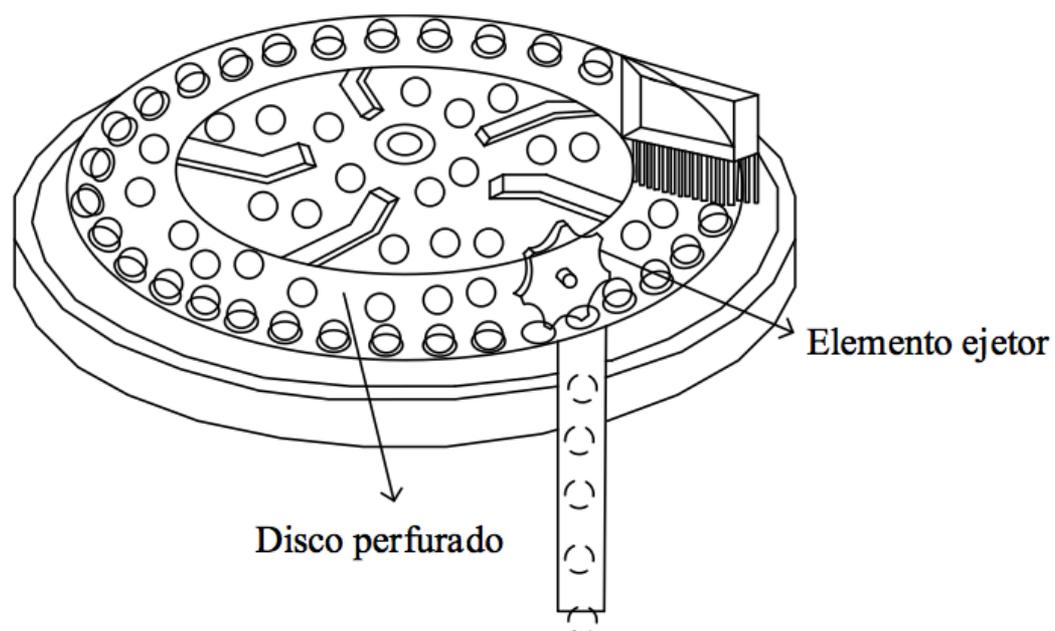


Figura 5 - Dosador de disco alveolado

c) Dosador de dedos prensores

São os mecanismos mais indicados para sementes graúdas e de formato regular. É constituído de dois discos, um fixo e outro giratório colocados na posição vertical, sendo que no disco giratório tem acoplado de forma concêntrica várias plaquetas denominadas dedos prensores, podendo assim, captar as sementes ao saírem do depósito encaminhando-as até o orifício de saída (MACHADO 1996).

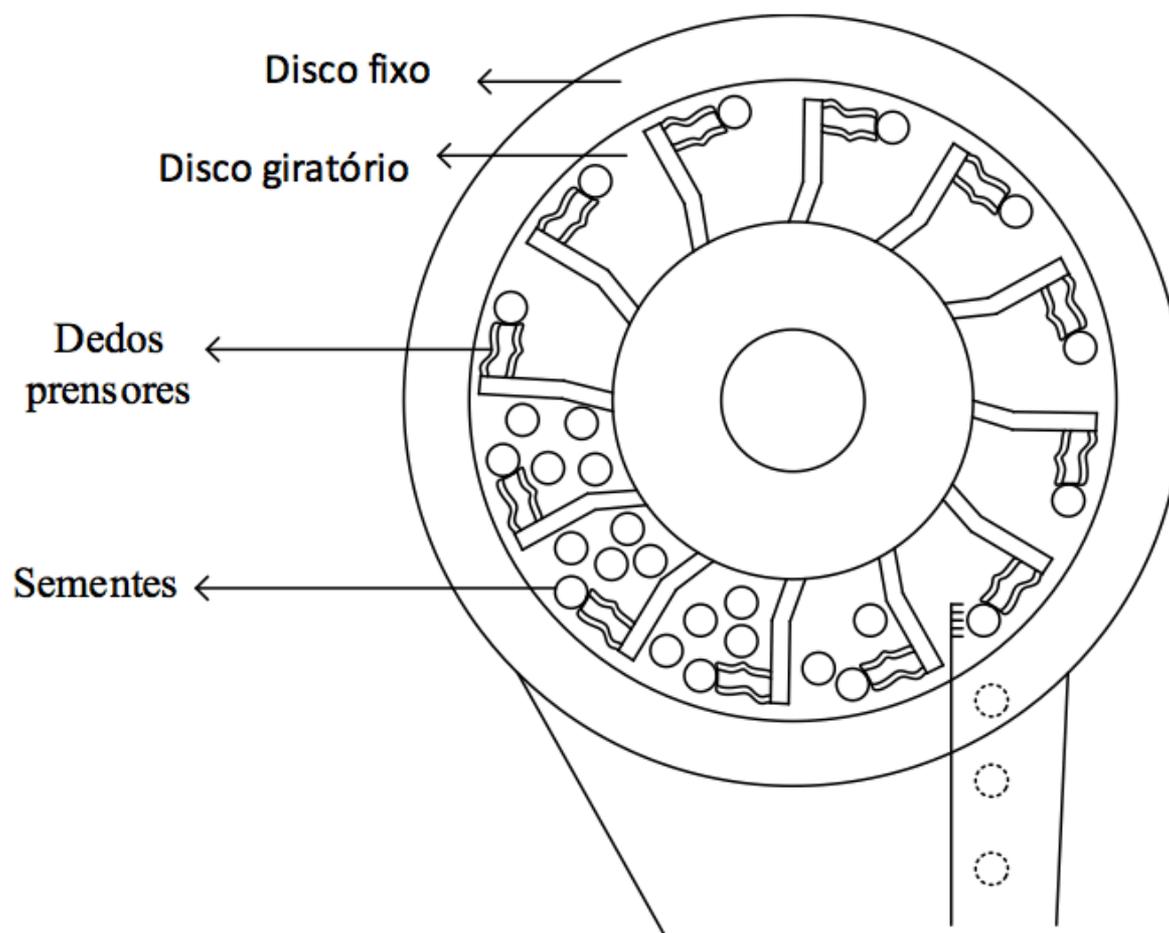


Figura 6 - Dosador de dedos prensores.

d) Dosador pneumático

São mecanismos que utilizam de uma corrente de ar de insuflação ou sucção, originada por meio de uma turbina ou ventilador (MACHADO 1996). Sua principal vantagem é a dosagem de sementes uma a uma, sem ocasionar danos nas sementes durante o processo de plantio (BALASTREIRE, 1987). A regulagem desse mecanismo é realizada pela alteração da velocidade de rotação do disco ou pela sua troca, de acordo com o tamanho, tipo e quantidade de semente que pretende-se depositar no solo.

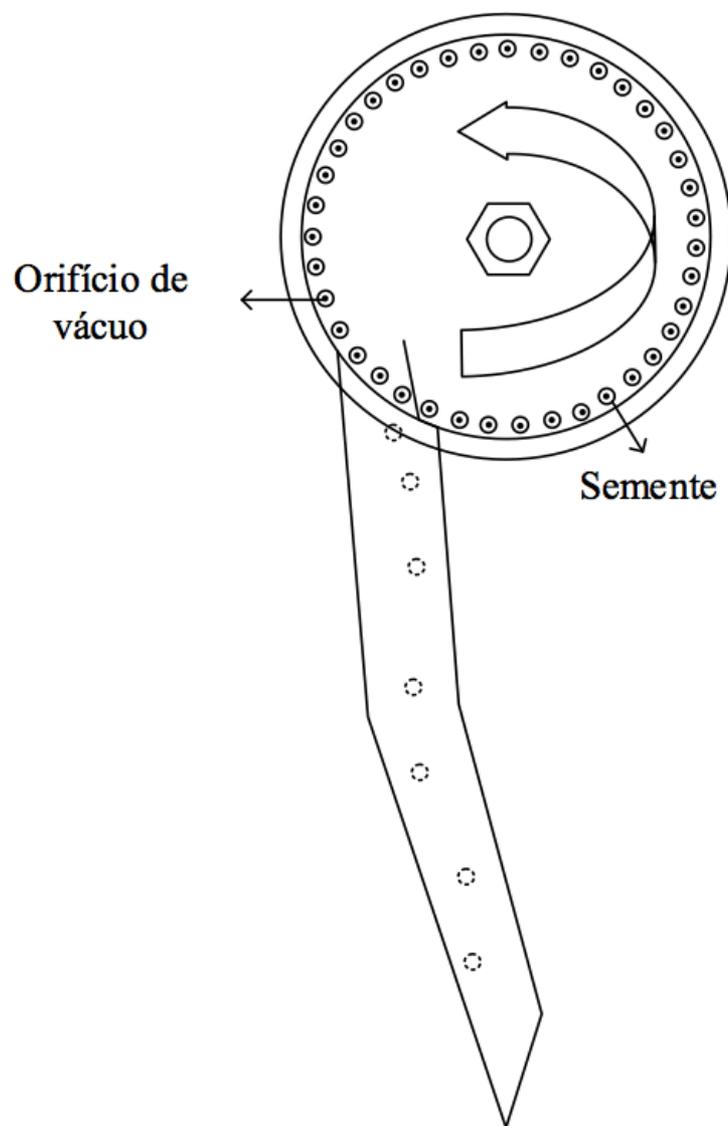


Figura 7 - Dosador pneumático

e) Correia perfurada

Esse mecanismo é constituído por uma correia perfurada que se movimenta através de polias, percorrendo o interior do reservatório de sementes. As sementes são alojadas na correia e encaminhadas até o orifício de saída. (BALASTREIRE 1987). Esse sistema de dosagem se adapta muito bem para sementes de formato arredondo, de superfície regular e tamanhos menores (Rocha & Marouelli, 1991).

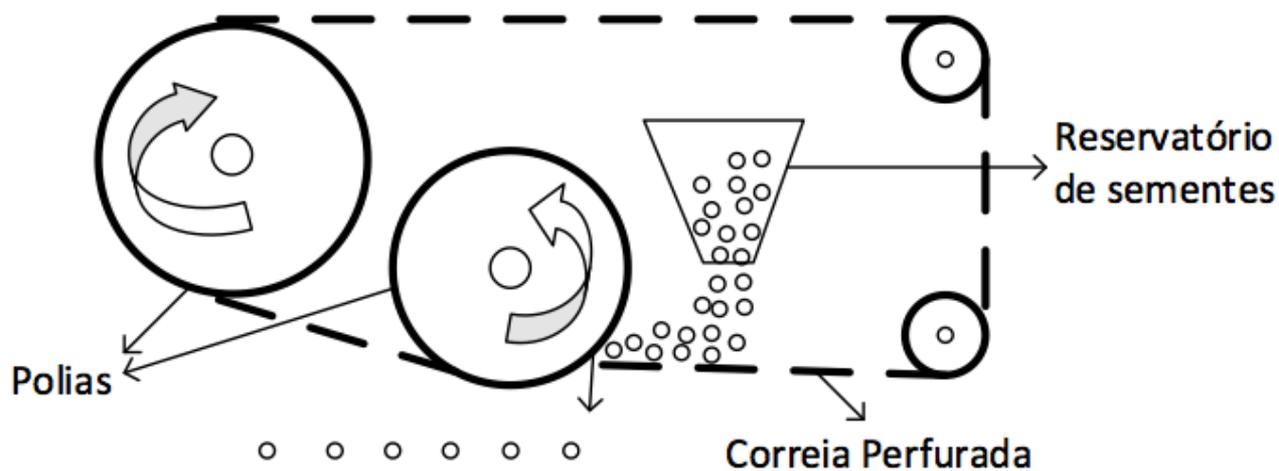


Figura 8 - Correia Perfurada

Devido ao dosador de semente ser um dos principais elementos que compõem a semeadora, a maioria dos estudos voltados a rentabilidade de produção têm como objetivo avaliar o comportamento deste mecanismo (DIAS, 2012). Um importante critério na avaliação do processo de semeadura é a distribuição longitudinal das sementes podendo estimar percentuais

de espaçamentos considerado aceitável, múltiplos e falhos, onde uma distribuição uniforme das sementes fornece o máximo de espaço para cada planta, reduzindo a concorrência entre as mesmas e aumentando o potencial de produtividade (ZHAN et al. 2010).

2.1.2 Métodos de avaliação da distribuição de sementes

Reis et al. (2009), propuseram e testaram um protótipo de dosador para sementes miúdas (trigo, arroz, aveia, etc.). A dificuldade da precisão na distribuição desse tipo de semente ocorre devido à grande quantidade de sementes destinada por metro linear. Os critérios avaliados para validação do dosador proposto foram: distribuição longitudinal das sementes, porcentagem de enchimento das células e a danificação das sementes pelo mecanismo. Os testes foram realizados com sementes de arroz. Para verificar a distribuição longitudinal das sementes, utilizou-se um sensor de fibra ótica posicionado na saída do tubo condutor, calculando o tempo decorrido entre a passagem de duas sementes, esses tempos refletem os espaçamentos aceitáveis, falhos e múltiplos, conforme definições da ABNT (1994). A avaliação dos danos nas sementes ocasionados pelo dosador, foi avaliado visualmente. Para avaliar a porcentagem de enchimento das células, foi realizado um experimento no qual foi contabilizado o número de sementes dosadas, correspondendo à passagem de 256 células sobre o local da ejeção. Os resultados encontrados demonstram que o mecanismo danificou 3,5% das sementes de arroz, a porcentagem do enchimento das células variou de 103,5 a 113,3% em perfeitas condições de trabalho. A regularidade da distribuição das sementes foi expressa em tempos aceitáveis, sendo que a média dos tempos aceitáveis no experimento foi de 34,5%, não atendendo aos critérios de qualidade na regularidade da distribuição das sementes

Zhan et al. (2010), avaliaram o desempenho de um mecanismo dosador de sementes pneumático a vácuo, na distribuição de sementes de colza. Para a avaliação, foi utilizado uma câmera de alta velocidade, disposta de modo a capturar o movimento das sementes. Em seu estudo eles relatam algumas vantagens que o dosador pneumático traz em comparação a dosadores mecânicos, sendo as principais: melhor qualidade de trabalho, taxas de distribuição de sementes mais precisas, menor taxa de danos a sementes, melhor controle de ajuste e um amplo espectro de aplicabilidade. O deslocamento horizontal e o tempo de queda foram mensurados com base em uma câmera de alta velocidade, obtendo erros menores que 5.5% e 6.5% respectivamente. Com base na análise das trajetórias de queda das sementes, verificou-se que variações na pressão, bem como, do ângulo de liberação das sementes, tiveram efeitos significativos na uniformidade de distribuição. Outra conclusão obtida, foi que o erro de distribuição tende a aumentar linearmente com o aumento da rotação do cilindro do distribuidor pneumático.

Carpes et al. (2014), avaliaram dois diferentes mecanismos de distribuição de sementes de soja, o dosador pneumático a vácuo e um dosador de disco alveolado horizontal. Verificaram que o dosador pneumático apresentou melhor acurácia na distribuição longitudinal, porém apresentou um aumento dos espaçamentos múltiplos, com o aumento do número de sementes, devido à alta velocidade com que as sementes são liberadas pelo dosador ocasionando repiques dentro do tubo que direciona as sementes ao solo. O dosador de disco alveolado apresentou baixa acurácia na distribuição, os espaçamentos falhos e múltiplos foram superiores ao distribuidor pneumático. Porém com o aumento da densidade em ambos os distribuidores, os mesmos obtiveram resultados semelhantes.

Informações sobre a localização das sementes possibilita identificar cada planta pela sua localização espacial, permitindo uma melhor gestão e tomada de decisão, possibilitando melhorias que podem aumentar a produtividade agrícola (MORENO et al. 2016). Seguindo este princípio, técnicas e instrumentos de monitoramento do processo de plantio estão em constante desenvolvimento.

O sensoriamento da distribuição de sementes tem como objetivo identificar falhas na distribuição, seja ela por motivos de obstrução, falta de sementes, ou espaçamento indesejado, permitindo corrigir o problema e tempo de execução otimizando o processo de semeadura.

Silva et al. (2009), realizaram um estudo com o objetivo de identificar sensores capazes de verificar adequadamente a distribuição longitudinal de sementes durante o processo de plantio. Para tal, testaram cinco diferentes sensores, sendo eles: indutivo, capacitivo, fotoelétrico, óptico e ultrassônico. Os testes foram realizados em ambiente simulado, através de uma esteira com as propriedades similares do solo. Suas conclusões relatam que o sensor fotoelétrico, devido ao seu baixo tempo de resposta e sua grande distância sensora, mostrou-se como uma possível solução para verificar a distribuição longitudinal das sementes.

Zhou et al. (2010), desenvolveram um sensor capacitivo com o objetivo de monitorar a qualidade do plantio de trigo. Segundo os autores, atualmente o processo de monitoramento da semeadura de trigo na China, é realizado por meio de sensores fotoelétricos, porém estes apresentam grande dificuldade de funcionamento em campo, devido ao ambiente rústico ao qual são submetidos. Para o desenvolvimento do sensor, utilizaram um tubo de PVC de 30 mm, uma folha de cobre fixada na parte exterior do tubo formando um sensor capacitivo anelar. Devido a capacitância sofrer pequena alteração com a passagem de semente, sendo de 1pf, foi necessário à amplificação do sinal, e utilização do conversor AD7745, que é um conversor de capacitância digital, amplamente utilizado para medições de micro capacitâncias. Para captura e processamento dos dados, foi utilizado o microcontrolador 8051, que através de uma interface RS232 transfere os dados para um computador local. Os resultados obtidos com o sensor capacitivo apontam erro máximo de 2.2% na distribuição das sementes, sendo observado que a poeira pouco afeta o funcionamento do sensor, sendo então considerado mais adequado que os sensores fotoelétricos.

Okopnik & Falate (2014), utilizaram o sensor infravermelho DFRobot RB-DFR-49 para monitorar a queda de sementes de milho sobre uma esteira equipada com um distribuidor de sementes de disco horizontal, utilizando um microcontrolador arduino UNO para calcular o espaçamento entre as sementes. Os resultados obtidos por meio de 990 medidas de espaçamento, apresentaram correlação de 0.9998 entre a distância calculada pelo microcontrolador e a distância obtida manualmente. A contagem de sementes teve erros de detecção entre 0.1 e 3.5% em relação a 1000 sementes dispensadas. Assim, concluiu-se que o sensor apresenta bastante precisão na detecção de sementes de milho, sendo possível sua utilização em testes de plantabilidade.

Jiangtao et al. (2015), desenvolveram e testaram um sistema para identificar falhas no plantio de milho, utilizando um sensor capacitivo para monitorar o fluxo das sementes em tempo real. O funcionamento do sistema consiste no monitoramento do intervalo de tempo entre a queda de duas sementes. Esses dados são obtidos através de um encoder, instalado no rodado da semeadora, que trabalha como um sensor de deslocamento e um sensor que gera um pulso com amplitude definida a cada semente que é lançada ao solo, podendo assim, com a distância percorrida e com a quantidade de sementes, verificar o instante em que houve falha na distribuição. Um problema relatado pelos autores é quando duas sementes acionam o sensor simultaneamente, gerando apenas um pulso e contabilizando a passagem de uma única semente. Os testes realizados em bancada apresentaram resultados de 92.11%, 65.00%, 99.10% e 98.00% para número de sementes faltantes, múltiplas sementes, qualidade da semeadura e sementes totais, respectivamente, já os testes realizados em campo apresentaram 93.33%, 66.67%, 94.87% e 94.28% para os mesmos aspectos citados acima.

2.1.3 Dosadores de fertilizantes comerciais

A distribuição de fertilizantes sólidos por semeadoras adubadoras, ocorre através de mecanismos dosadores, que possuem a função de dosar a quantidade de fertilizante depositada no solo. São mecanismos que devem ser robustos e com capacidade de desestruturar com facilidade as "pelotas" de fertilizantes ocasionadas pela umidade, ou má qualidade do produto.

Esses mecanismos podem ser do tipo: helicoidal, rotor dentado, discos horizontais rotativos, rotor vertical impulsor e correias ou correntes (BALASTREIRE, 1987).

a) Dosador helicoidal

Esse mecanismo é composto por um helicóide, fixado em um eixo rotativo. Esse conjunto está alocado sob o depósito de fertilizantes, onde a velocidade de rotação do eixo controla a quantidade de fertilizante depositada no solo. Uma das alternativas para regular a dosagem de fertilizante consiste na alteração da engrenagem que rotaciona o eixo, ou pela substituição da rosca helicoidal com distância entre voltas chamadas de "passos" diferentes. Quando esse mecanismo é submetido a inclinações longitudinais, as roscas helicoidais com "passos" menores, reduzem a oscilação na dosagem de fertilizantes (SIQUEIRA (2008)). O autor também alerta que esses mecanismos liberam o fertilizante em pulsos, podendo ocasionar desuniformidade ao longo da linha. Em pesquisa realizada por Francetto et al. (2012), com 558 modelos de semeadoras adubadoras, esse mecanismo esteve presente em 94.44% dos modelos analisados. A Figura 9 ilustra o mecanismo dosador de fertilizantes helicoidal.

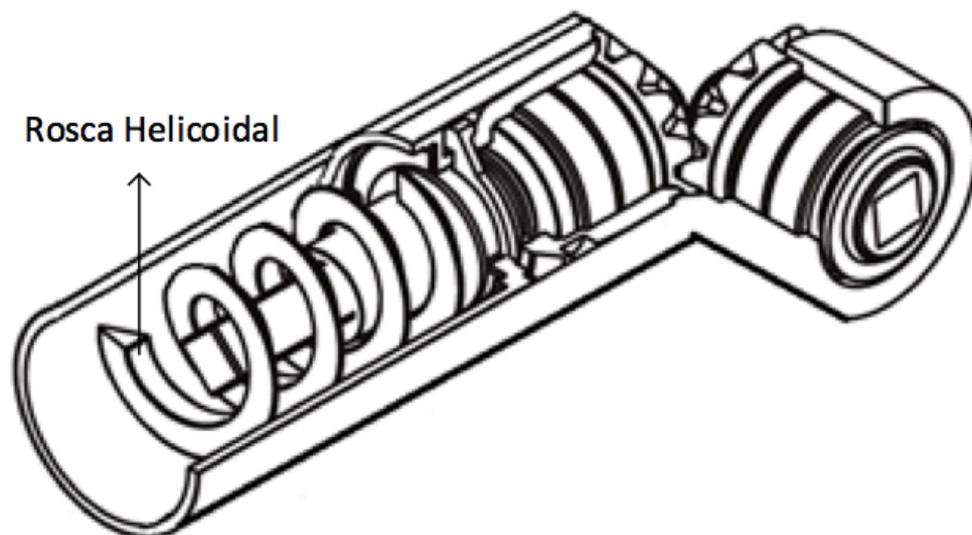


Figura 9 - Dosador de fertilizante helicoidal

b) Rotor dentado

Esses mecanismos foram os primeiros a surgir no mercado, estando presente na maioria dos modelos de semeadoras adubadoras do passado. Consistem basicamente de um rotor dentado horizontal, que gira sobre uma placa de apoio que contém o orifício de saída do fertilizante. O acionamento desse mecanismo é ocasionado pelo movimento de rotação das rodas da máquina e transmitido para o rotor dosador por meio de um eixo único. Para controlar a quantidade de fertilizante conduzida ao solo, esse mecanismo possui uma peça denominada "lingueta ajustável", que controla a espessura da camada de fertilizante empurrada pelos dentes do rotor (PORTELLA, 1997). A Figura 10 ilustra o mecanismo dosador rotor dentado.

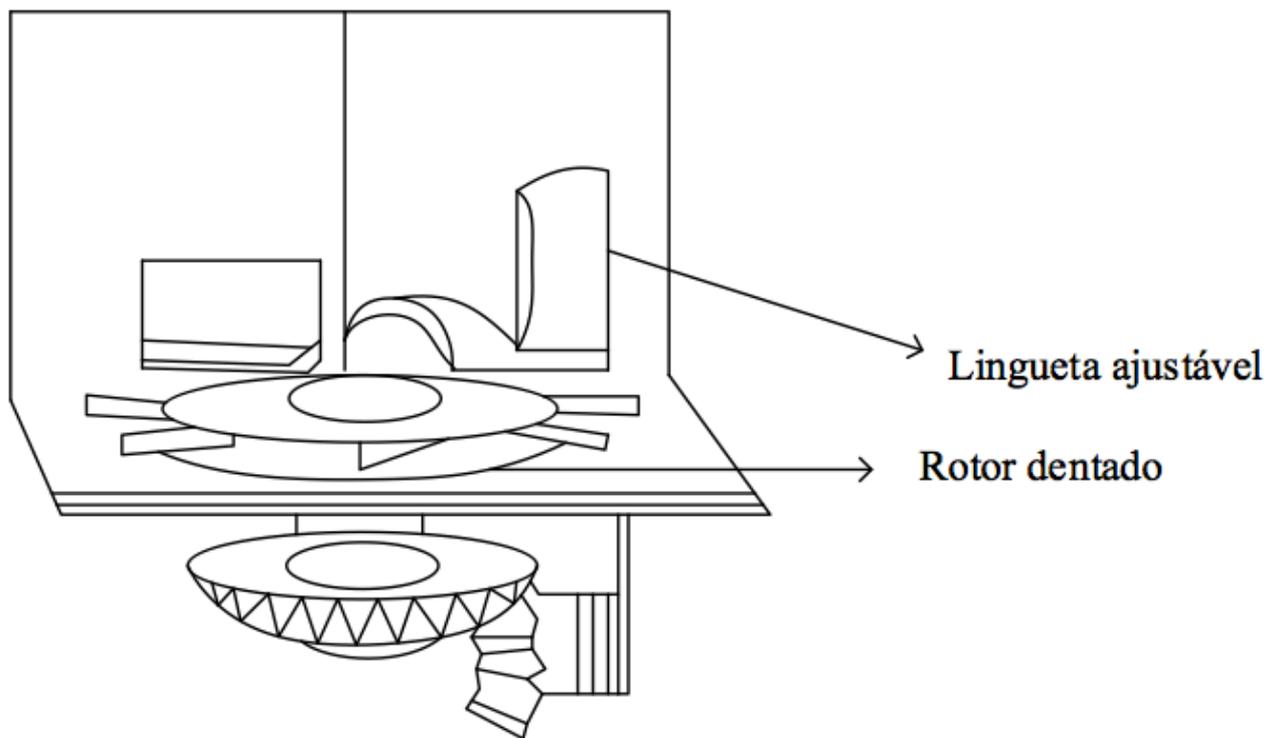


Figura 10 - Dosador de fertilizante rotor dentado.

c) Discos horizontais rotativos

O dosador de disco horizontal rotativo (Figura 11) era utilizado na maioria das semeadoras até o final da década de 80. Esse dosador consiste de um prato rotativo e um raspador de altura regulável, que retira o fertilizante do reservatório, conduzindo-o para o tubo de distribuição. A vazão do fertilizante é proporcional à abertura do orifício de saída e da rotação do mecanismo no depósito (SILVEIRA, 1989),

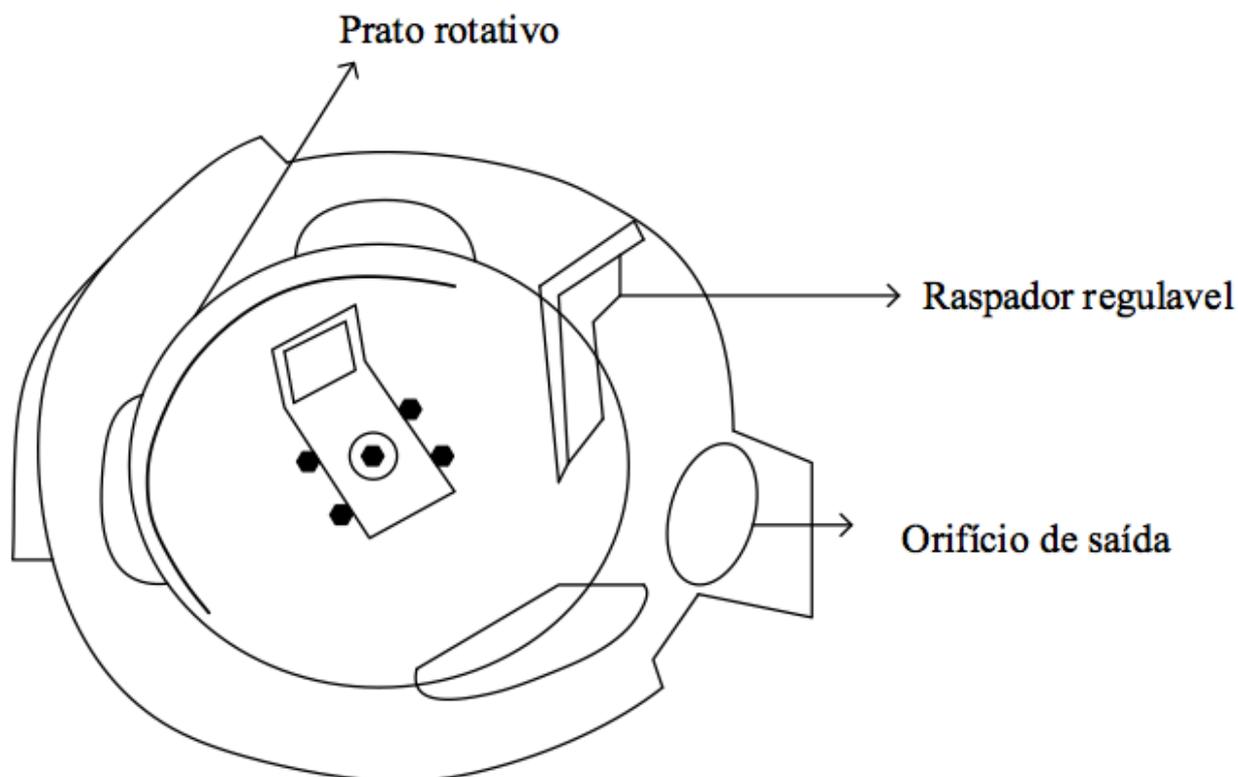


Figura 11 - Dosador de fertilizante disco horizontal rotativo.

d) Rotor vertical impulsor

Esses mecanismos são constituídos por secções de chapa de ferro fundido ou náilon, que estão fixadas em um eixo de acionamento, possibilitando assim, agitar e impulsionar o fertilizante para a saída do dosador. A quantidade da vazão do fertilizante é regulada ajustando a posição de uma chapa de ferro (PORTELLA, 1997). A Figura 12 ilustra o mecanismo dosador rotor

vertical impulsor.

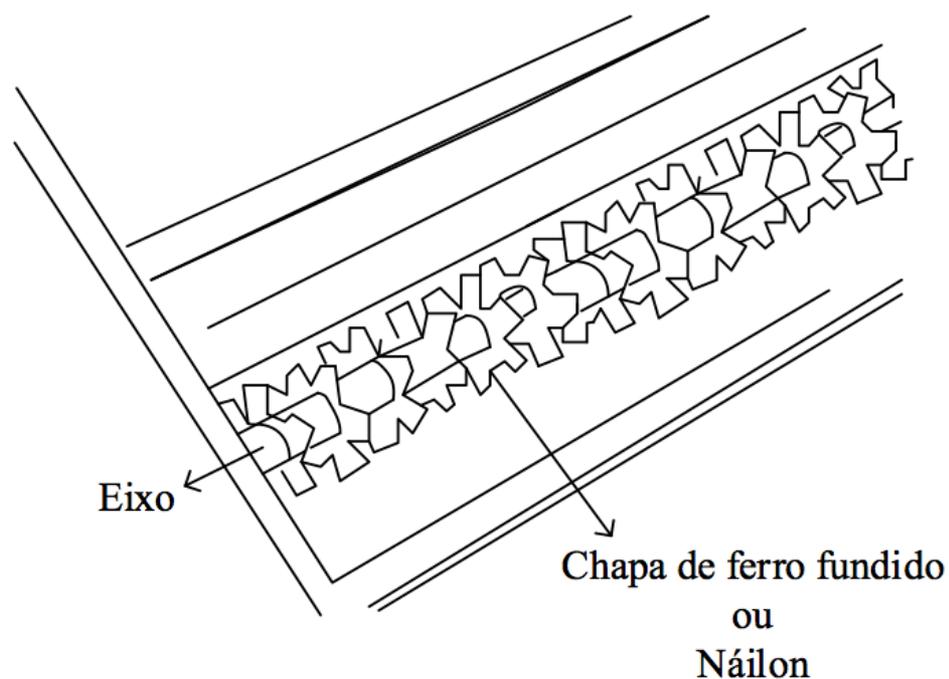


Figura 12- Dosador de fertilizante rotor vertical impulsor.

e) Sistemas de correias ou correntes

Como descrito por Balastreire (1987), são mecanismos constituídos de correias ou correntes que trabalham sob o depósito de fertilizante, podendo assim, dosar a quantidade do produto a ser aplicado, que é realizada pelo transporte e passagem por meio de um orifício regulável. Esse sistema é pouco utilizado em semeadoras adubadoras. A Figura 13 ilustra esse sistema dosador de fertilizante.

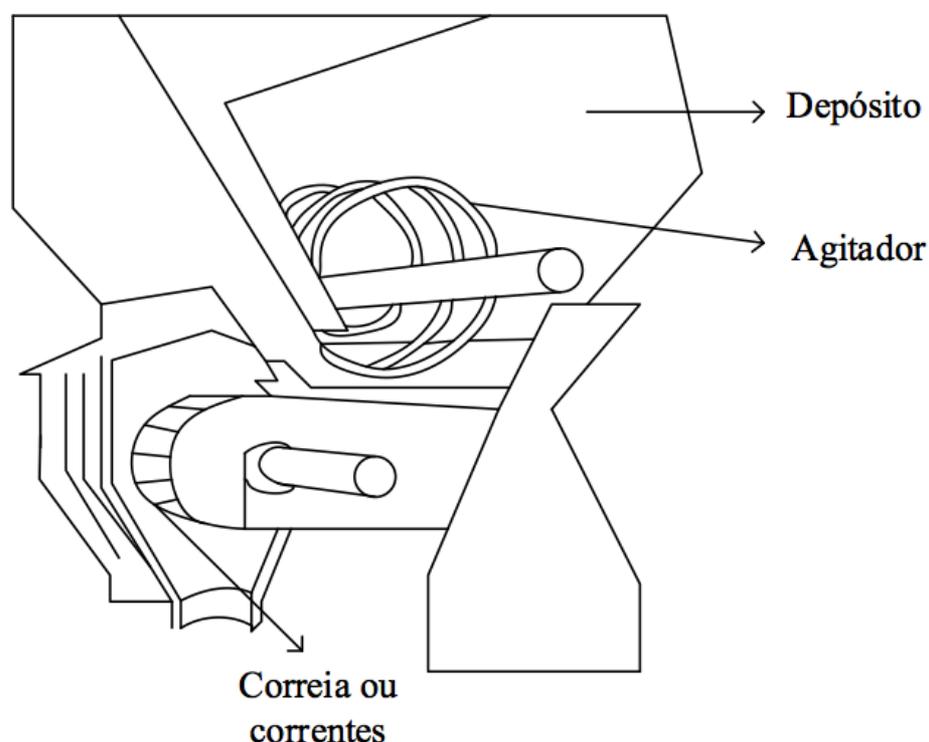


Figura 13 - Dosador de fertilizante de correia.

O processo de fertilização do solo de grande importância para o desenvolvimento da cultura, sendo que falhas nesse processo acarreta em perda significativa de produtividade (FILHO et al. 2012). Baio et al. (2012), afirma que os mecanismos dosadores de fertilizantes são imprecisos e que não fornecem uniformidade na distribuição, ocasionando prejuízos de produtividade. A seguir, é apresentado trabalhos relacionados a melhoria do processo de distribuição de fertilizantes minerais sólidos.

2.1.4 Métodos de avaliação da distribuição de fertilizantes minerais sólidos

Kim et al. (2008) testaram e avaliaram um protótipo de um mecanismo de distribuição pneumático de fertilizante granulado a taxa variável para a cultura de arroz. Os autores destacam algumas características desejáveis para se obter confiabilidade na distribuição a taxa variável, entre elas: alta precisão, tempo de resposta rápida e uniformidade. Esses critérios foram utilizados para validar o sistema, utilizando diferentes velocidades e taxas de aplicação. Seus resultados afirmam que a uniformidade de distribuição é satisfatória, devido ao coeficiente de variação (CV) ficar abaixo de 15%. O tempo de resposta variou de 1,5s a 3,03s, sendo que a precisão na aplicação ficou entre 81.9% a 97.4% em diversas taxas de descarga, indicando que o sistema subestimou a dose de aplicação prescrita, porém em porcentagens aceitáveis.

Ferreira et al. (2010), avaliaram o mecanismo dosador de fertilizante do tipo rosca helicoidal, na configuração por transbordo e por gravidade, alterando a inclinação longitudinal do dosador e variando a rotação do seu eixo. Seus resultados comprovam que as inclinações alteram significativamente a dosagem de fertilizantes em ambas as configurações, sendo que o dosador de fertilizante na configuração por transbordo apresenta melhor desempenho quando comparado ao de gravidade.

Reynaldo 2013, em sua dissertação de doutorado, avaliou 19 mecanismos dosadores de fertilizantes sólidos do tipo rosca helicoidal de diferentes marcas comercializados atualmente, em diferentes ângulos de nivelamento longitudinal e transversal. Seus resultados demonstram que todos os dosadores obtiveram variações significativas quando submetidos a inclinações, sendo que o maior erro foi encontrado com ângulos de $+5^\circ$ e $+15^\circ$ em relação ao eixo do mecanismo dosador.

Moreno et al. (2016), estudaram o comportamento de um protótipo de distribuição de fertilizantes helicoidal a taxa variável. A aplicação teve como referência mapas de prescrição, utilizando motores elétricos para acionar o dosador para a distribuição de três tipos de fertilizantes: nitrogênio, potássio e fósforo. O protótipo desenvolvido obteve os maiores erros de distribuição em baixas velocidades, sendo que o maior erro ocorreu em rotações de 4 rpm, gerando erro de 8,3% e o menor erro ocorreu em 28 rpm com erro de 0,1%. Com dosagem de 45 kg/ha o protótipo apresentou erro de 3,56% já com dosagem de 85 kg/ha o erro foi de 1,78%, indicando que dosadores helicoidais operando em altas velocidades de rotação podem ter distribuição mais uniforme.

Além de avaliar a precisão dos equipamentos distribuidores, pesquisas estão sendo desenvolvidas com o intuito de controlar ou monitorar a qualidade da distribuição através de sensores e atuadores. Tola et al. (2008), desenvolveram um sistema de controle de distribuição de fertilizantes a taxa variável, utilizando sensores para monitorar a fluxo do fertilizante em tempo real. Para tal, substituíram o reservatório de fertilizantes por um cilindro, mantendo o nível do fertilizante no reservatório uniforme, podendo assim, através de um encoder acoplado na parte superior do cilindro, verificar a profundidade do fertilizante no cilindro, consequentemente a quantidade de fertilizante que foi depositada no solo. Desta forma, quando é detectada diferença entre a taxa aplicada e a desejada o sistema atua para compensar essa diferença. Verificaram que o erro de aplicação é menor quando as doses aplicadas são maiores. Suas conclusões afirmam que o sistema foi eficaz na aplicação de fertilizante granulado a taxa variável com erros de $\pm 5\%$, e com tempo de resposta entre uma aplicação e outra de 0.95 a 1.9s.

Bica e Souza (2010), desenvolveram e testaram um sensor com objetivo de avaliar a vazão mássica de adubo em um dosador helicoidal. Os autores relatam a dificuldade de medição da vazão por sensores ultrassônicos e óticos, devido a dispersão dos grânulos no tubo de distribuição. Desta forma, propuseram um sensor de deformação elástica que foi montado em um tubo de 50 mm de diâmetro, no qual foi adaptado um funil para concentrar a passagem do fertilizante. A deformação ocasionada pela massa do fertilizante é medida por um extensômetro, medida esta, convertida em massa por tempo, resultando em vazão mássica.

Por meio dos resultados obtidos com a realização de testes com três diferentes lâminas de aço, sendo elas de 0,10mm, 0,15mm e 0,20mm, verificaram que as duas últimas apresentaram melhor resultados, no entanto os mesmos não foram satisfatórios por não apresentarem repetibilidade consistente.

Ramos et al. (2012), utilizou a câmera de infravermelho do sensor Kinect para verificar irregularidades na distribuição de fertilizantes minerais, realizada por um mecanismo dosador helicoidal. Para a realização dos testes, foi necessária iluminação de uma barra de LED direcional para melhor identificação dos grânulos, também necessitou que os grânulos estivessem posicionados a uma distância a partir de 40 cm do sensor para seu funcionamento. Em seus testes, o autor relata a dificuldade de identificar grânulos de fertilizantes que são muito refletivos como o sulfato de amônio (SAM), obtendo um erro aproximadamente 15% no cálculo da massa em relação a massa real. Os melhores resultados foram encontrados para a formulação de fertilizante 03-17-00 banhado a óleo, com média de erro de 1,74% em relação ao valor real, representando uma diferença de 0,43g. Suas conclusões relatam que o sensor Kinect é capaz de avaliar a regularidade da distribuição de fertilizantes minerais sólidos, desde que seja em ambiente controlado, pois alterações de luz, bem como as superfícies dos materiais influenciam na resposta do sensor.

O trabalho desenvolvido por Garcia et al. (2014), apresenta a construção e simulação de um sistema baseado em logica fuzzy para controlar a vazão mássica aplicada por um dosador de fertilizante do tipo rosca helicoidal. Seus resultados apresenta um coeficiente de variação (CV) de fluxo de fertilizante ente 6,32% e 13,18%, apresentando bom desempenho comparado com os CV presentes na literatura. Porém é pertinente ressaltar que o CV foi obtido em testes de bancada, diferentemente dos presentes na literatura citada pelos autores. A variação da velocidade da rosca helicoidal durante o ciclo de operação, melhorou a uniformidade na distribuição de fertilizantes, demonstrando que a utilização de um controlador baseado em lógica fuzzy baseado num conjunto de regras é aplicável para a redução da não linearidade do sistema de distribuição de fertilizantes, reduzindo oscilações no fluxo de fertilizantes.

3. Discussão de falhas na distribuição de sementes e fertilizantes

Falhas de distribuição de sementes e fertilizantes ocorrer devido a falta do insumo no depósito, obstrução do tubo dispensador ou outros fatores que impeçam o a alocação do mesmo no solo. Falhas de sementes, ocasionam vazios entre plantas, facilitando o desenvolvimento de ervas daninhas, resultando em plantas com porte reduzido prejudicando o rendimento de grãos. Da mesma forma, plantas dispostas muito próximas acarretam em plantas altas, menos ramificadas, com diâmetro da haste reduzido, produzindo plantas propensas ao acamamento com menor produção individual (ENDRES, 1996).

A densidade ideal de um cultivar é variável para cada situação, dependendo basicamente de três fatores: o tipo do cultivar, a disponibilidade de água e de nutrientes, sendo que a alteração de qualquer um dos fatores afeta a densidade ideal do plantio (PERREIRA FILHO & CRUZ, 2010). A obtenção de um bom estande de plantas, proporciona uma distribuição mais uniforme, possibilitando melhor utilização da luz, agua e nutrientes (ASSIS et al. 2014).

Os espaçamentos entre plantas são medidos em relação a um valor teórico de referência denominado X_{ref} , que corresponde ao espaçamento ideal entre plantas. Valores iguais ou superiores a $0.5X_{ref}$, e inferiores a $1.5X_{ref}$, são considerados espaçamentos aceitáveis. Já valores inferiores a $0.5X_{ref}$, e superiores a $1.5X_{ref}$, são considerados duplos e falhos, respectivamente (Kurachi et al. 1989).

Basso et al. (2016), relata redução de 36,7% na produtividade, com espaçamentos duplos de 56 cm em comparação com a distribuição normal de plantas, considerando espaçamento entre linhas de 0,45 cm. Conclusões que coincidem com resultados destacado por Pinto 2010, que relata que falhas de 1 a 7 plantas consecutivas por metro linear reduzem a produtividade de 6

a 38%, sendo que o aumento do número de legumes formada pelas plantas localizadas nas bordas dos espaçamentos falhos, não compensam a produção causada pela falta das plantas. Respeitar os espaçamentos recomendados juntamente com a cultura adequada, gera uma distribuição mais uniforme o que tende a ter maior rentabilidade na produção.

No que se refere a distribuição de fertilizantes, os principais fatores responsáveis pelas irregularidades na distribuição são: inclinação de trabalho ocasionada pelo relevo, a velocidade de plantio e o tipo de fertilizante utilizado (MILAN; GADANHA, 1996). Destaca-se ainda, a característica acentuada de higroscopicidade dos fertilizantes, ou seja, capacidade de absorver água do ar, que faz com que o fertilizante "empelote", ocasionando obstrução parcial ou total o dispensador, gerando irregularidades na distribuição (CASÃO JUNIOR et al., 2013).

Siqueira e Casão Junior (2002), observaram variação nas dosagens de fertilizantes em diferentes linhas de semeadura de uma semeadora-adubadora, com doses que variaram de 80 até 210 kg ha⁻¹, ao considerar que a semeadora é constituída de várias linhas, e que em cada linha está presente um dosador de fertilizantes, pode se afirmar que a irregularidade de distribuição é significativa. Deste modo, a definição do fertilizante a ser utilizado, bem como estimativas precisas de dosagem e momento de aplicação, tem pouco sentido se a operação de distribuição do produto na lavoura não for precisa (MOLIN; MAZZOTTI, 2000).

4. Considerações finais

A irregularidade na distribuição de sementes e fertilizantes é destacada por pesquisas realizadas por diversos autores. Monitorar o processo de distribuição desses produtos, permite obter informações em tempo de execução da quantidade do insumo destinada ao solo, podendo atuar corrigindo problemas de obstrução mais rapidamente, obtendo um plantio mais homogêneo.

Assim, verifica-se a importância de realizar pesquisas visando o desenvolvimento de técnicas e tecnologias para melhorar o processo de plantio. Gerenciar com precisão a distribuição desses insumos possibilitando aumentar os índices de produtividade, podendo diminuir custos e maximizar a rentabilidade da produção agrícola, sendo que as sementes e os fertilizantes são uns dos principais responsáveis pelo resultado financeiro para o produtor agrícola.

Referências

- BAIO, F. H. R.; MOLIN, J. P.; LEAL, A. J. F. **Avaliação comparativa da distribuição transversal de adubos sólidos aplicados em culturas anuais**. Biosci. J., Uberlândia, v. 28, n. 4, p. 527-536, July/Aug. 2012.
- BALASTREIRE, Luiz Antônio. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987.
- BICA, M. R. R., SOUSA, E. A. C. **Medição de vazão mássica para adubos sólidos em sistemas de adubação a taxas variáveis**. IV Seminário da Pós-Graduação em Engenharia Mecânica – Unesp – Bauru. 2010. Disponível em <<http://www2.feb.unesp.br/pos/seminario/IVSeminario/anais/AC-MarcosRobertoRuybalBica.pdf>>
- BUTIERRES, Elton. **Plantadeiras/Adubadeiras Funcionamento, ajustes e MANUTENÇÃO - PARTE 1** Disponível em <<http://www.edcentaurus.com.br/materias/granja.php?id=4759>>.
- COELHO, Antonio Marcos et al. **Nutrição e adubação do milho**. 2006.
- DE ANDRADE, Mario Geraldo Ferreira et al. **Controle de custos na agricultura: um estudo sobre a rentabilidade na cultura da soja**. In: Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC. 2011.
- DOS SANTOS ALONÇO, Airton et al. **Influência da inclinação transversal e velocidade de operação sobre o desempenho de dosadores pneumáticos com semente de**

soja. Revista Engenharia na Agricultura, v. 22, n. 2, p. 119, 2014.

DIAS, Victor Pina; FERNANDES, Eduardo. **Fertilizantes: uma visão global sintética**. BNDES Setorial, n. 24, p. 97-138, 2006.

ENDRES, V. C. **Espaçamento, densidade e época de semeadura**. In: **EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste**. Soja: recomendações técnicas para Mato Grosso do Sul e Mato Grosso. Dourados, 1996. p. 82-85.

FERREIRA, M. F. P. et al. Uniformidade de vazão de fertilizantes por dosadores helicoidais em função do nivelamento longitudinal. **Engenharia na agricultura**, v. 18, p. 297-304, 2010.

FILHO, A. P.; CASTIONE, G.; STORINO M. **Avaliação da qualidade de distribuição reduzida de fertilizantes para milho**. XXIX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO - Águas de Lindóia - 26 a 30 de agosto de 2012.

FRANCETTO, T. R. DAGIOS, R. F.; FERREIRA, M. F.; ALONÇO, A. S. **Mecanismos dosadores de sementes e fertilizantes presentes nas semeadoras-adubadoras de precisão no Brasil**. CLIA/CONBEA 2012. Londrina - PR, 2012. 4 p.

GARCIA, Angel Pontin et al. **Desenvolvimento de um sistema de controle eletro-mecânico para dosador de fertilizantes**. 2007.

GARCIA, Angel P.; CAPPELLI, Nelson L.; UMEZU, Claudio K. **Electrically driven fertilizer applicator controlled by fuzzy logic**. Engenharia Agrícola, v. 34, n. 3, p. 510-522, 2014.

JIANGTAO, Qi et al. Design and test of fault monitoring system for corn precision planter. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 8, n. 6, p. 13, 2015.

KIM, Chiho et al. Optimization of yield monitoring in harvest using a capacitive proximity sensor. **Engineering in Agriculture, Environment and Food**, v. 9, n. 2, p. 151-157, 2016.

KURACHI, Sérgio Augusto Hiroaki; COSTA, João Aureliano de Souza; BERNARDI, José Augusto; COELHO, José Luís Duarte.; SILVEIRA, Gastão Moraes da. **Avaliação tecnológica de semeadoras e/ou adubadoras: tratamento de dados de ensaios e regularidade de distribuição longitudinal de sementes**. *Bragantia*, v.48, n.2, p.249-62, 1989.

MACHADO, Antônio Lilles Tavares et al. **Máquinas para preparo do solo, semeadura, adubação e tratamentos culturais**. UFPel-Universitária, 1996.

MADALOZ, José Carlos Cazarotto. **Qualidade de Plantio na Safrinha**. 2014. Disponível em <<http://www.pioneersementes.com.br/blog/12/qualidade-de-plantio-na-safrinha>>

MIALHE, L. G. (2012). **Máquinas agrícolas para plantio**. Campinas: Millennium Editora.

MILAN, M.; GADANHA, J. C. D. **Ensaio & certificação de máquinas para aplicação de fertilizantes e corretivos**, 1996.

MOLIN, J. P.; MAZZOTTI, H. C. **Influência da utilização e do tipo de amortecedores de ricochete em ensaios de aplicadores a lanço**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 4, n. 2, p. 281-285, 2000.

MORENO J. R. S., RAIMO C. D., CAVALCANTI R. R. C., MONTEZUMA M. A., SOUZA E. A. C. **Study of an electromechanical system for solid fertilizer variable rate planting**. African Journal of Agricultural Vol. 11(3), pp. 159-165, 21 January, 2016.

OKOPNIK, Deividson L.; FALATE, Rosane. **Usage of the DFRobot RB-DFR-49 Infrared Sensor to detect maize seed passage on a conveyor belt**. Computers and Electronics in Agriculture, v. 102, p. 106-111, 2014.

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C. **Plantio, espaçamento, densidade, quantidade de sementes**. 2010.

PINTO, J. F. **Comportamento da plasticidade de plantas de soja frente a falhas e duplas dentro de uma população**. 2010. 43 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal

de Pelotas. Pelotas/RS, 2010.

PORTELLA, A. J.; **Mecanismos dosadores de sementes e de fertilizantes em maquinas agrícolas**. Passo Fundo, RS, 1997.

RAMOS, M. R. **Uso de sensor Kinect para medir a regularidade na distribuição de fertilizantes sólidos**. Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada da Universidade Estadual de Ponta Grossa. 2012.

REYNALDO, ÉTORE FRANCISCO. **Avaliação de mecanismos dosadores de fertilizantes sólidos tipo helicoidais em diferentes ângulos de nivelamento longitudinal e transversal**. 2013. Tese de Doutorado. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO.

REYNALDO, É. F.; MACHADO, T. M.; TAUBINGER, L.; QUADROS, D.; SCWARTZ, S. R. **Distribuição de fertilizantes a lanço em função da fração granulométrica**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.13 n.23; p486 2016.

REIS Â. V., FORCELLINI F. A. **Dosador mecânico de precisão para sementes miúdas: Testes funcionais**. [Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental](#). (2009), p651.

RICHETTI, Alceu; MELO FILHO, GA de; PARIZOTO, Angela Maria. **Estimativa de custo de produção de soja, safra 1996/97**. EMBRAPA-CPAO, 1996.

ROCHA, FE de C.; MARQUELLI, W. A. **Semeadora com mecanismo tipo correia perfurada**. 1991.

SERRANO J.; PEÇA J.; MOLIN, J. S.; SHAHIDIAN S. **Aplicação de fertilizantes: tecnologia, eficiência energética e ambiente**. *Revista de Ciências Agrárias*, 2014, 37(3): 270-279.

SILVEIRA, Gastão Moraes. **As máquinas de plantar: aplicadoras, distribuidoras, semeadoras, plantadoras, cultivadoras**. Globo, 1989.

SIQUEIRA, RUBENS. Milho: Semeadoras-adubadoras para sistema plantio direto com qualidade. In: **XXVII CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO**. 2008.

TOLA, E., KATAOKA, T., BURCE, M., OKAMOTO, H., & HATA, S. (2008). **Granular fertiliser application rate control system with integrated output volume measurement**. *Biosystems Engineering*, 101(4), 411-416.

TOURINO, Maria Cristina Cavalheiro; REZENDE, PM de; SALVADOR, Nilson. **Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agrônômicas da soja**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 37, n. 8, p. 1071-1077, 2002.

Zhan, Z., Yaoming, L., Jin, C., & Lizhang, X. (2010). **Numerical analysis and laboratory testing of seed spacing uniformity performance for vacuum-cylinder precision seeder**. *Biosystems engineering*, 106(4), 344-351.

Zhou Liming, Zhang Xiaochao, Yuan Yanwei. **Design of capacitance seed rate sensor of wheat planter**[J]. *Transactions of the CSAE*, 2010, 26(10): 99 – 103.

1. Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) – PPGCA/UEPG - Mestrando em Computação Aplicada na Agricultura; E-mail: ricardo_dalacort@hotmail.com

2. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) PPGEE/UTFPR e PPGCA/UEPG – Dr. Engenharia Eletrônica; E-mail: sstevanjr@utfpr.edu.br
