



Universidade Estadual de Campinas  
Faculdade de Engenharia Agrícola



Luigi Mantoni

**Apostila sobre colhedoras de grãos autopropelidas com  
hiperlinks de vídeos demonstrativos**



Universidade Estadual de Campinas  
Faculdade de Engenharia Agrícola



Luigi Mantoni

## **Apostila sobre colhedoras de grãos autopropelidas com hiperlinks de vídeos demonstrativos**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, como requisito obrigatório para obtenção do título de **Engenheiro Agrícola**.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Albiero

Campinas

2020





Universidade Estadual de Campinas  
Faculdade de Engenharia Agrícola



**Apostila sobre colhedoras de grãos autopropelidas com hiperlinks de vídeos demonstrativos**

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Daniel Albiero  
Orientador

---

Prof. Dr. Angel Pontin Garcia

---

Prof. Dr. Antonio Lilles Tavares Machado

## **Resumo**

A agricultura é uma das atividades mais antiga do mundo e um dos principais fatores para a transformação da ecosfera, foi ela quem permitiu a estabilização e conseqüentemente o desenvolvimento das sociedades, já que passou a ser possível a produzir o que seria consumido, não sendo mais necessário se mudar a medida que os recursos locais se esgotassem. E como seres racionais, os humanos sempre buscaram otimizar suas operações, de forma que com a agricultura não foi diferente, e é por isso que tivemos grandes evoluções desde seu início. Um exemplo disso é a colheita, que é a última etapa do processo de produção e que, como todas as outras, sofreu grandes evoluções, mesmo que ainda hoje tem-se espaço para melhorias. O que antes era realizado de modo manual, hoje é possível que todas as operações sejam feitas de forma mecanizada por colhedoras automotrizes ou autopropelidas. O objetivo desta apostila é trazer uma visão detalhada, porém menos técnica, de colhedoras autopropelidas de grãos para estudantes de graduação ou a qualquer pessoa que tenha interesse no assunto.

Palavras chaves: agricultura; colhedora autopropelida de grãos; vídeos demonstrativos.

## **Abstract**

Agriculture is one of the oldest activities in the world and one of the main factors of the ecosphere's transformation, it allowed the establishment of people and, therefore the development of societies, once it was no longer needed to move when local resources were depleted, since now what would be consumed could be produced. And as rational beings, humans are always looking to optimize and improve their operations, and it would be no different with agriculture, which is why it has undergone major developments since its inception. An example of this is harvesting, which is the last stage of the production process and, like all others, has undergone major changes, and there is still a lot of room for improvement. Previously it was done manually, today, all its operations can be done mechanically by combine harvesters. The goal of this e-book is, to bring a detailed, but less technical, view of combine grain harvesters for undergraduate students or anyone who is interested in the subject.

Key words: agriculture; combine grain harvester; demonstratives videos.

## Sumário

<b>INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>7</b>
<b>COLHEDORA DE GRÃOS AUTOPROPELIDA .....</b>	<b>8</b>
<b>Sistema de corte e alimentação .....</b>	<b>8</b>
<b>Sistema de trilha.....</b>	<b>15</b>
<b>Sistema de trilha de fluxo transversal (radial).....</b>	<b>17</b>
<b>Sistema de fluxo longitudinal.....</b>	<b>20</b>
<b>Sistema de separação.....</b>	<b>22</b>
<b>Seção de limpeza .....</b>	<b>23</b>
<b>Sistema de armazenamento e descarregamento .....</b>	<b>25</b>
<b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>26</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>29</b>

## INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A agricultura é o principal fator de transformação da ecossfera e os seus benefícios de produtividade e produção condicionaram o desenvolvimento de categorias sociais e o aumento do número de homens, respectivamente, conforme Mazoyer & Roudart (2010). Além disso, a agricultura permitiu a estabilidade numa região, algo que antes não se era possível devido a eventual escassez de alimentos. Com isso, o homem pode rapidamente disseminar-se por todos os continentes.

Entretanto, da mesma maneira que no início da sua era o homem teve que se adaptar à caça para sobreviver, através de ferramentas e equipamentos, teve-se a necessidade de uma adaptação para o cultivo de diferentes culturas em diferentes solos e climas. E este processo de adaptação, inclusive, ocorre até os dias de hoje mesmo que mais sutilmente do que antes, já que a agricultura e sua tecnologia está em constante adaptação, seja com novos tratamentos, equipamentos ou variedades.

A colheita de grãos é uma operação que tem se aprimorado cada vez mais dentro da agricultura. O que antes era feito manualmente, passou a ser feito de forma parcialmente mecânica através de tração animal e, posteriormente, por motores a vapor até chegar a etapa atual que é totalmente mecanizada.

A primeira colhedora de grãos foi construída em Michigan, EUA, em 1836 por Moore e Hascaii. Porém, não obteve muito sucesso no seu estado de origem, tendo sido muito utilizada somente quase 20 anos depois, em 1854, no estado da Califórnia. E foi neste mesmo estado americano que a produção de colhedoras em escala comercial teve início, em 1880 (FILHO & SANTOS, 2001).

Desde então, grandes empresas como a Case (atual CNH Industrial), John Deere, AGCO etc., têm proporcionado constantes melhorias e novidades para auxiliar nessa operação tão fundamental para a agricultura mundial.

Um grande exemplo da importância dessa evolução é quando se compara a colheita manual do milho com a mecanizada. Uma pessoa colhe manualmente uma média de 5 a 7 sacas - uma saca é igual a 60kg - de milho debulhado por jornada de trabalho, em uma média de 8 horas, segundo Santos (2013). Já na colheita mecanizada, a média de uma colhedora, de uma única linha, é de 50 a 70 sacas por hora. (COMBINE MÁQUINAS AGRÍCOLAS, 2017).

Através do exemplo acima, é possível perceber que a utilização de máquinas no processo

de colheita reduz, notavelmente, o tempo para execução desta operação, além de humanizar o trabalho do homem no campo. Porém, apesar dessas vantagens, alguns ensaios realizados têm demonstrado que as colhedoras de grãos disponíveis no mercado ainda podem ter seu desempenho e performance melhorados e estão em constante evolução.

O objetivo desta apostila é explicar e detalhar o funcionamento dos processos, sistemas e mecanismos de uma colhedora de grãos autopropelida para estudantes de graduação de áreas relacionadas e afins. Além disso, o texto também conta com hiperlinks de vídeos demonstrativos e simulações dos diversos sistemas e componentes desta máquina, o que nos permite um melhor entendimento do assunto abordado.

## COLHEDORA DE GRÃOS AUTOPROPELIDA

A colheita mecanizada de grãos pode ser separada em cinco etapas, conforme a demonstração na figura 1. Estas etapas consistem em: corte, alimentação, trilha, separação, limpeza e armazenamento. Abaixo será detalhado cada etapa de acordo com seus componentes e processos.

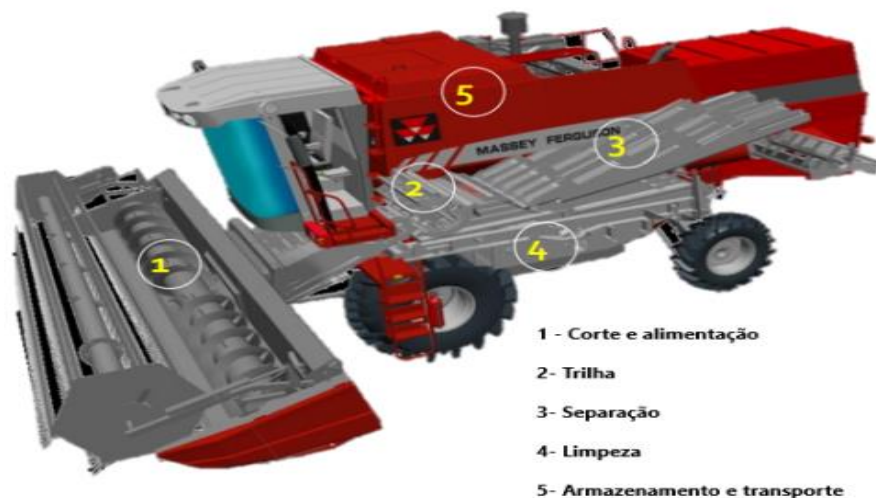


Figura 1: Operações de um Colhedora autopropelida de grãos. Fonte: Adaptado do material de aula do Prof. Dr. Rouverson Pereira da Silva.

### Sistema de corte e alimentação

Segundo Lima (2008), independentemente do tipo de colhedora, o material cortado deve



ser levado até o mecanismo de trilha através da composição das plataformas de corte. Os mecanismos da plataforma de corte e captação se diferenciam conforme o material a ser colhido, entretanto os elementos principais são os separadores ou divisores laterais, molinete, barra de corte e condutor transversal e canal alimentador.

Este mesmo estudo (Lima (2008)) aponta que a grande maioria das perdas durante a colheita mecanizada ocorre na plataforma de corte, e que o restante destas perdas ocorre nos outros sistemas da colhedora de grãos como alimentação, trilha, separação e limpeza. Por isso, é de suma importância que os componentes da plataforma de corte estejam ajustados corretamente e que a velocidade de colheita esteja adequada.

Como pode-se observar na figura 2, os divisores laterais (ou separadores), que como o próprio nome já sugere, são dispostos nas laterais da plataforma e são essenciais na composição da plataforma, principalmente em culturas acamadas, entrelaçadas ou com excesso de plantas invasoras, pois eles são responsáveis pela separação da faixa de corte, evitando perdas nesta operação, conforme Balastreire (1987) apud Manteufel (2012).



Figura 2: Divisores laterais. Fonte: Adaptada de John Deere

Já o molinete, segundo Balastreire (1987) apud Manteufel (2012), é movido pelo eixo central da plataforma de corte e tem a função de direcionar as plantas para serem cortadas na barra de corte, de forma que elas sejam levadas imediatamente para o transportador helicoidal. Para isso, o molinete é constituído por três ou quatro flanges verticais, que são fixadas em, normalmente, seis barras horizontais com dentes de metal ou plásticos. A regulagem do ângulo dos dentes pode ser feita a partir do posicionamento das barras dentadas em uma das laterais do molinete, através de um flange excêntrico. Os dentes são

mantidos na posição necessária pois as barras horizontais possuem uma manivela em cada extremidade, o que permite a fixação do rotor seguidor e que todas as barras girem simultaneamente e de forma sincronizada.



Figura 3: Molinetes. Fonte: Agência de notícias do Paraná.

Além disso, os pinos das manivelas são guiados pelo rotor seguidor citado compondo um trajeto comumente chamado de dezoito circular, já que o seu centro do movimento se localiza acima do centro do molinete, possibilitando a inclinação do dente para frente e para trás (Manteufel, 2012).

Para evitar danos e perdas na colheita, os molinetes devem girar de acordo com uma velocidade de trabalho adequada. Essa rotação ideal é ajustada de acordo com a cultura em questão e depende da velocidade da máquina. Considerando condições normais de trabalho, a velocidade tangencial do molinete deve ser entre 25 a 50% superior à velocidade de operação da máquina. Sendo assim, de acordo com Silva (2015), o Índice de Velocidade do Molinete é definido como sendo a relação entre a velocidade tangencial do molinete e a velocidade de avanço da colhedora.

$$Ivm = \frac{Vm}{V} = \frac{rtm \times 0,10467 \times Rm}{V}; \quad (1)$$

Onde:

0,10467: Fator de conversão de rpm para metros;

*Ivm*: Índice de velocidade do molinete;

*Vm*: Velocidade tangencial do molinete (m/s);

*V*: Velocidade de avanço da colhedora (m/s);

*rtm*: rotação do molinete (rpm);

*Rm*: Raio do molinete (m);

Segundo Manteufel (2012), os componentes da barra de corte da plataforma são: barra guia, dedos duplos, grampos, navalha, placa de apoio e placa de desgaste. Os dedos duplos têm a função de separar e guiar os caules que serão direcionados à para as facas para serem cortados, de forma que são peças de ferro fundido maleável e com pontas na extremidade frontal para desempenhar sua função. A barra da navalha - navalha rebitada - opera em um canal composto pelas placas de desgaste e pela placa horizontal de suporte e fica localizada abaixo das facas. Já as facas apresentam formatos triangulares equiláteros com cantos traseiros retangulares para formar um apoio consistente entre as facas lado a lado. Para manter essas facas nas devidas posições, tem-se os grampos para ajudar na fixação e impedir que as facas pulem para fora das suas ranhuras e, para isso, estes grampos são dobráveis e comumente fletidos para baixo para que desempenhem a sua função mesmo que ocorra algum tipo de desgaste. Por fim, para que todo este complexo de mecanismo consiga ter um bom desempenho, é imprescindível que as facas estejam bem afiadas para que não haja uma tração extra e desnecessária, o que poderia causar desajustes nos componentes.

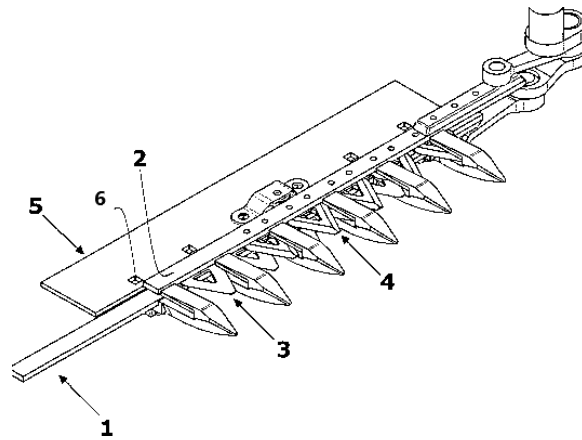


Figura 4: 1 e 2) Réguas de corte; 3 e 4) Facas; 5) Placa de apoio; 6) Orifício da barra.  
Fonte: Adaptada de AGCO.

De acordo com Lima (2008), as placas de desgaste são alocadas na parte posterior da barra de corte e fazem com que as facas fiquem abaixadas em relação à placa de apoio, assegurando um contato firme e distribuído em intervalos regulares na barra de corte. Essas placas possuem furos que apresentam larguras maior que seus comprimentos, de forma que podem movimentar as placas de desgaste para frente e, conforme elas vão se desgastando, garante o contato ideal da barra de corte com a barra da faca contra a parte posterior das placas de apoio. Ainda segundo o estudo de Lima (2008), a placa de apoio é levemente maior na parte traseira, tendo como função apoiar o material que será cortado pelas facas. Estas duas partes se movimentam sobre o topo da placa de apoio e fazem uma ação cisalhante. Para que essa ação seja perfeita, é necessário que haja um contato sólido entre as facas e suas placas de apoio.

Por fim, o condutor transversal é responsável por transportar o material cortado para o canal alimentador da máquina e é constituído por um cilindro que se alastra por toda a largura da barra de corte. Esse cilindro é separado em três partes: duas laterais dispostas de flanges helicoidais que conduzem o material para o centro do transportador helicoidal e a secção central, que através de dedos cilíndricos retráteis controla a quantidade do material que será conduzido ao canal alimentador da máquina (BALASTREIRE, 2012).

Clicando [aqui](#), é possível compreender mais detalhes os mecanismos de uma plataforma de corte - especificamente a plataforma easycut II do Grupo Schumacher.

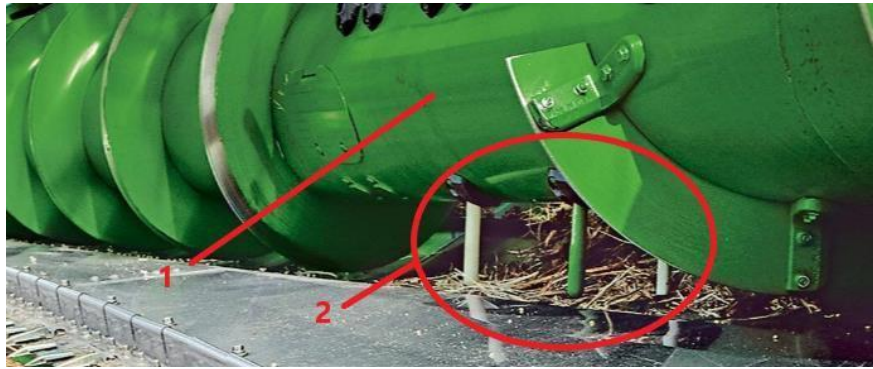


Figura 5: 1) Conductor helicoidal; 2) Dedos retráteis. Fonte: Adaptada de John Deere.

Outra maneira de se realizar o transporte do material colhido para o canal de alimentação é através do sistema de esteiras, conhecido como draper. Por mais que operem de forma semelhante às tradicionais colhedoras com o condutor helicoidal, as esteiras reduzem o desperdício e o extravio do grão no momento em que são removidos da planta pela máquina. As esteiras draper combatem esse problema diminuindo a abrasão do processo e poupando os grãos de sofrerem danos desnecessários. Além disso, apresenta uma vida útil maior, com menos manutenção e menos tempo de parada, pois seus mecanismos de funcionamento exigem menos esforço do maquinário envolvido (ARAUJO, 2018). Na figura 6 pode-se observar um exemplo de uma esteira draper e, clicando [aqui](#), também é possível assistir à um vídeo demonstrativo dela em operação.



Figura 6: Sistema de esteira draper. Fonte: John Deere.

Ainda dentro do universo de grãos, o milho se destaca por apresentar características diferentes dos demais. Isso ocorre, pois, essa cultura tem a característica de ser plantada com maiores espaçamentos entre as linhas e produzir uma grande quantidade de matéria verde, devido às suas espigas. Sendo assim, para essa cultura é necessário uma plataforma específica, que pode ser observada na figura 7. Uma das necessidades dessa plataforma, é ser capaz de levantar plantas caídas e conduzi-las até o mecanismo destacadador, para depois serem levadas até o canal de alimentação. Para tal, essas plataformas são constituídas de ponteiras, rolos giratórios, facas destacadoras e correntes transportadoras (Moraes et al, 2005), pode-se observar um esquema desta plataforma na figura 7.



Figura 7: Plataforma de corte de milho e seus componentes. Fonte: John Deere.

Ainda segundo Silva (2015), os separadores, são pontas que percorrem o espaço entre as linhas do milho e têm como função levantar as plantas tombadas para serem recolhidas pelos demais mecanismos. Já os rolos giratórios (rolos espigadores), trabalham em dupla para cada linha e giram em sentidos opostos, com o objetivo de puxar os colmos das plantas para baixo e têm suas pontas em formatos espirais para facilitar este serviço. Posteriormente as facas destacadoras fazem a separação da espiga do caule. As correntes transportadoras também trabalham em pares para cada linha e assim como os rolos, também giram de maneira oposta e têm como função conduzir as espigas destacadas para o canal de alimentação. Por último tem-se o caracol, que é semelhante ao transportador helicoidal de uma colhedora padrão, porém, não apresenta os dedos retráteis e seu diâmetro é menor. Também é possível assistir com mais detalhes uma plataforma de milho em operação clicando [aqui](#).



Especificamente para as colhedoras de grãos, o mecanismo de alimentação é uma esteira transportadora formada de correntes longitudinais, com barras transversais, as quais raspam o material sobre o fundo trapezoidal, elevando-o e colocando-o no mecanismo de trilha (Lima, 2008). Sendo que o canal de alimentação e a plataforma de corte são interligados fisicamente através de um sistema de engate rápido.

De acordo com Manteufel (2012), em algumas colhedoras, existem um mecanismo alimentador auxiliar que é utilizado para ajudar a mover o material do transportador helicoidal da plataforma para o mecanismo de alimentação. Este mecanismo auxiliar é composto por um tambor redondo equipado com dedos retráteis, semelhantes ao mencionados anteriormente utilizados no transportador helicoidal. Também é de extrema importância que o canal alimentador forneça de maneira contínua e uniforme para o mecanismo de trilha, de modo que este não sofra embuchamento. Para isso, é feita a regulagem entre a altura das travessas e o fundo do canal de acordo com a cultura que está sendo colhida.

Além da figura 7, observa-se uma simulação de um sistema de alimentação em operação clicando [aqui](#), você poderá visualizá-lo por meio de um vídeo que mostra em detalhes como funciona o sistema da colhedora C9300 da Deutz Fahr



Figura 8: Canal de alimentação. Fonte: Deutz Fahr.

## Sistema de trilha

Na etapa de trilha tem que ser feita a remoção de cerca de 90% dos grãos do material que os envolve. E por conta disso é considerada por muitos como o “coração da máquina”, ou

seja, pode-se dizer que todo funcionamento de uma colhedora depende diretamente do sistema de trilha, pois caso essa etapa seja comprometida, todas as demais funções também são afetadas. (SILVA, 2015). Segundo Balastreire (1987), os mecanismos de trilha existentes nas colhedoras de grãos são constituídos basicamente por um cilindro e um côncavo, podendo ser cilindros radiais de dentes, cilindro de barras ou cilindros axiais. Esta classificação é determinada pelo sentido do fluxo em que o material colhido obedece no interior da colhedora.

O cilindro de dentes, de acordo com Balastreire (1987), é muito utilizado na colheita de arroz e nele, segundo Lima (2008), consiste de um cilindro composto por duas flanges nas quais são fixadas os dentes, que são dispostos de maneira helicoidal sobre a superfície do cilindro, o qual é colocado axialmente em relação ao côncavo, normalmente construído em chapa perfurada envolvido todo o cilindro. Além disso, os dentes do côncavo são distribuídos alternadamente, de forma que um dente do cilindro passa entre dois dentes de duas filas diferentes do côncavo. E a folga entre o côncavo e o cilindro é ajustável, na frente e atrás para se obter a desejada ação de trilha.

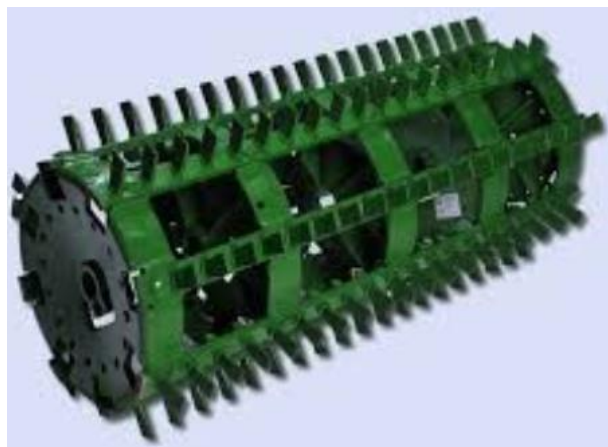


Figura 9: Cilindro de dentes. Fonte: John Deere.

Segundo Castro e Ferreira (2007), o cilindro de barras, comumente utilizado para os demais cereais e sua rotação de trabalho varia entre 150 a 1500 rpm. Já o côncavo é montado ligeiramente ao fundo do cilindro e é composto por barras lisas, montadas no sentido do comprimento do cilindro, permitindo que os grãos trilhados passem para as peneiras de separação alocadas abaixo e atrás do cilindro.

Nesse método, a trilha se dá por impacto do cilindro de dentes, os quais puxam o material colhido para o interior da área de trilha, fazendo com que a trilha dos grãos ocorra pelo choque



do material colhido contra a superfície frontal do côncavo.



Figura 10: Exemplo de um cilindro de barras com exemplo de regulagem do côncavo. Fonte: Nunes (2016).

### **Sistema de trilha de fluxo transversal (radial)**

Esse mecanismo é formado por um cilindro giratório e por um côncavo perfurado que o envolve parcialmente. E de acordo com Balastreire (1987) & Silva (2015), é através deste sistema que ocorre praticamente toda a trilha do material que foi colhido. Como o mecanismo de trilha radial não faz a separação desse material, a máquina que tem este mecanismo, também apresenta um mecanismo de separação independente do sistema principal. Normalmente o cilindro de trilha tem um diâmetro entre quatrocentos a seiscentos milímetros, variando conforme o fabricante da máquina. E a largura do conjunto cilindro-côncavo varia entre seiscentos e mil e trezentos milímetros, dependendo o tamanho da colhedora, pois há uma relação direta entre a essa largura e a capacidade operacional da máquina. O material que é colhido, flui perpendicularmente ao eixo desse cilindro e sofre trilha por atrito e por impacto, ocorrendo pela ação do cilindro de barras e pela ação de do cilindro de dentes, respectivamente.



Figura 11: Mecanismo de trilha radial. Fonte: Adaptada de Silva (2015).

Como dito anteriormente, a trilha é o coração da operação sendo assim, a trilhagem do material tem que ser eficiente e para que isto ocorra, nos sistemas de trilha transversal devem ser feitos ajustes entre a velocidade de giro do cilindro e a abertura entre cilindro e côncavo. De tal forma que se tenha a trilha dos grãos sem causar danos ou descascar os mesmos (BALASTREIRE, 1987). Essas regulagens podem ser observadas na tabela 2.

O ângulo de envolvimento do cilindro pelo côncavo varia entre 90 a 130°, dependendo dos casos. E a distância entre eles é de duas vezes maior na parte frontal do que na parte traseira, facilitando assim a entrada do material que será trilhado. Essa abertura entre o côncavo ao cilindro afeta a ação da trilha e a quantidade de grãos a serem trilhados, se esse processo sofre dificuldades, deve-se reduzir essa abertura para aumentar a densidade de palha entre eles. Resultando assim, num impacto direto das vagens, espigas ou cachos com o cilindro, Silva (2015). A regulagem da abertura do côncavo, é feita através de uma alavanca ou manivela que atua sobre o côncavo e mantém a relação constante entre a parte frontal e a distância traseira (SILVA, 2005).

Tabela 1: Velocidades de um cilindro padrão e folgas entre cilindro/côncavos para diferentes culturas.

Tipo de Cultura	idade periférica do cilindro (m/s)	a entre o cilindro e côncavo (mm)
Alfafa	23-30	3-10
Aveia	25-30	1,5-6
Arroz	25-30	5-10
Centeio	25-30	5-13
Cevada	23-30	3-10
Ervilha	10-15	5-13
Feijão	23-28	6-13
Feijão para semente	5-8	8-19
Linho	20-30	3-13
Milho	13-22	22-29
Soja	15-20	10-19
Sorgo	20-25	6-13
Trevos	25-33	1,5-6
Trigo	25-30	5-13

Fonte: Adaptada de Silva (2015).

É comum que ocorram situações adversas no sistema de trilha, sendo assim, a rotação do cilindro deve ser aumentada e a distância entre o côncavo e ele deve ser diminuída. Aumentando assim a concentração de grãos forçados a passar pelas grades do côncavo. Além disso, a qualidade dos grãos trilhados e a quantidade de grãos quebrados ou debulhados é diretamente afetada pela rotação do cilindro e distância entre cilindro e côncavo, ou seja,

dependendo do material colhido o ajuste de rotação desse mecanismo pode ser mais amplo (SILVA, 2015). Na tabela 2 abaixo, observa-se alguns desses ajustes dependendo do tipo de grão.

Tabela 2: Rotação adequada do cilindro para diferentes tipos de grãos.

Cultura	Rotação do cilindro (rpm)
Arroz	200 – 600
Milho	600 – 900
Soja	450 -650
Trigo	800 -1000

Fonte: Adaptada de Portela (2000).

Além das figuras mencionadas neste mecanismo, clique [aqui](#) para ser direcionado ao vídeo de um sistema de trilha da colhedora C9300 da Deutz Fahr.

### Sistema de fluxo longitudinal

Nesse mecanismo, o cilindro recebe o material a ser trilhado pela parte frontal e não radialmente. O cilindro, também comumente chamado de rotor, é constituído por dentes ou barras de raspagem em disposição helicoidal e aletas de transporte, então o material colhido passa a fluir paralelamente ao eixo do cilindro de trilha (SILVA, 2015). Podemos visualizar isso na figura 12.

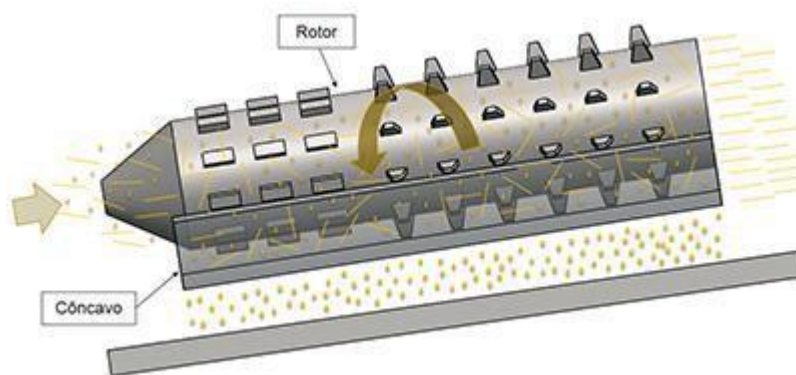


Figura 12: Fluxo axial. Fonte: Dallmeyer (2014).

Segundo a Dallmeyer (2014) e como pode-se ver na figura 12, o côncavo fica disposto abaixo do rotor, e este fica colocado longitudinalmente na colhedora. Em alguns casos, o material é recebido pela lateral do rotor, porém ele fica disposto na transversal da máquina. Existem também máquinas que utilizam dois rotores no sistema de fluxo longitudinal, onde os dois rotores em paralelo, giram em sentidos opostos.

Normalmente o diâmetro do rotor é de 760 mm e 2740 mm de comprimento, e apresenta em sua extremidade um alimentador, que é constituído por hélices que puxam o material colhido para o interior da máquina. Além disso, a superfície do rotor possui um formato semelhante à um parafuso de rosca sem fim, sendo envolvida por um cilindro cerrado na sua parte superior e orifícios na parte inferior. Este sistema possui duas seções que realizam a trilha e, depois, a separação. Essa primeira seção de trilha apresenta barras raspadoras dispostas helicoidalmente, com superfícies arredondadas que, auxiliadas com a rotação do cilindro, debulham o material que foi colhido. E como já mencionado anteriormente, isso deve-se ao fato do atrito gerado entre o cilindro e o côncavo (SILVA, 2015). A última seção, de separação, fica localizada na parte final do rotor e é formado por dedos separadores e um côncavo. Essa separação é favorecida pela força centrífuga que existe no rotor. Semelhante ao sistema radial, as regulagens do sistema axial dependem da cultura a ser colhida, normalmente, variando a rotação do rotor entre 280 e 1000 rpm. Também, dependendo do tamanho dos grãos, troca-se as varetas do côncavo para que adaptem ao tamanho deles e variam-se a distância entre o rotor e côncavo.

Além disso, também existe um terceiro sistema, que é o sistema híbrido. E como pode-se observar na figura 13, ele une os dois fluxos citados anteriormente, ou seja, o fluxo transversal e o fluxo longitudinal.



Figura 13: Sistema de trilha híbrido. Fonte: Massey Ferguson

### **Sistema de separação**

Ao passar pelo cilindro de trilha, o material que não foi trilhado, resulta numa mistura de palha, grãos não debulhados e palha triturada, sendo então direcionado pela parte posterior do cilindro de trilha transversal até a seção de separação. Neste local grãos que não foram trilhados e encontram-se presos a partes vegetais devem ser retirados das mesmas (separados). A separação entre esses grãos e feita em três etapas, na grelha, que é formada pelas barras do côncavo, a grelha sob o cilindro batedor e o saca-palhas, de acordo com Castro e Ferreira (2007).

O sistema de separação é composto por saca-palhas e mecanismo defletores, que podem ser hastes ou nas colhedoras mais antigas lonas. Segundo Lima (2008), a constituição do saca-palhas é feita por duas chapas laterais, cortada em formas de dentes de serra, voltados para a parte de trás da colhedora. O fundo de cada seção construída é formado por pequenos retângulos na chapa e suas bordas são recortadas e se sobrepõem. Onde na parte inferior de cada seção, existe uma bandeja coletora que encaminha os grãos que atravessam o fundo das seções para uma bandeja única, que fica abaixo e atrás do batedor e cilindros de trilha.



Figura 14: Exemplo de saca-palhas. Fonte: Nunes (2016).

Conforme Manteufel (2012), essas duas secções são montadas, uma na parte da frente e outra na parte de trás do saca-palhas, ambas sobre mancais excêntricos de duas “árvores de manivela”. E através da rotação destas árvores, o saca-palhas se movimenta oscilantemente e de tal forma que conduz a palha para fora da colhedora.

### Seção de limpeza

O sistema de limpeza é composto por um conjunto de peneiras, superior e inferior e por um ventilador. E segundo Lima (2008), após passar pelo mecanismo de separação, os grãos e a palha miúda, também chamada de palhiço, são levados para esse sistema. Isto pode acontecer tanto por gravidade, onde os grãos são direcionados para uma bandeja recolhadora, depois de passarem pelas aberturas dos saca-palhas. Essa bandeja é responsável por encaminhar os materiais para a limpeza e ficam localizadas abaixo das secções do saca-palhas, como pode-se observar na figura 14.

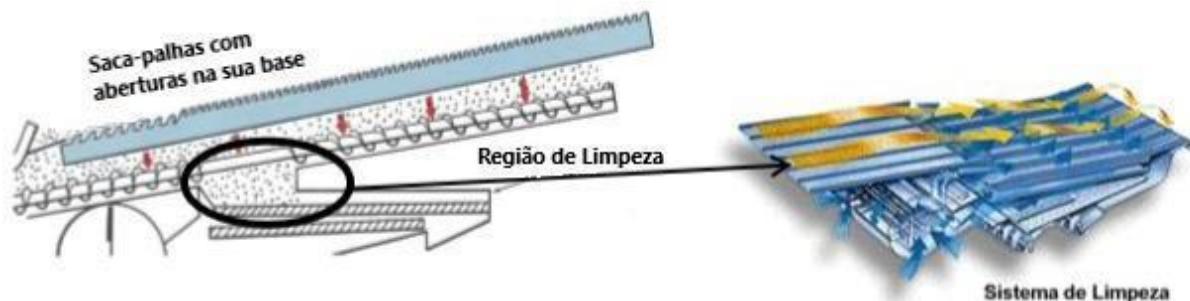


Figura 14: Saca-palhas e bandejão. Fonte: Adaptada de Silva (2015).

Segunda Silva (2015), logo após o saca-palhas e atrás da bandeja única, ou bandejão, está localizada a peneira superior, que através de um movimento alternativo provocado pelos balancins e com a ajuda da corrente de ar provocada pelo ventilador, realiza a limpeza do material. Na extremidade posterior desta peneira se encontra uma extensão, que tem como objetivo impedir que grãos que não passaram pela peneira superior caia para fora da máquina, ou seja, previne perdas quantitativas de grãos. Além disso, também existe um sistema que direciona o material que não foi trilhado corretamente para um sistema de retrilha. Clique [aqui](#) para assistir a um vídeo de uma simulação do sistema de retrilha, realizado após a passagem pela peneira inferior da colhedora C9300 da Deutz Fahr.

A configuração da peneira pode variar entre 250 e 325 ciclos por minuto, segundo Balastreire (1987) *apud* Manteufel (2012), ela é constituída por secções retangulares dentadas e superpostas, onde cada uma é montada em um pequeno eixo pivô, o qual elas podem realizar rotações, permitindo assim, a regulagem de abertura das peneiras. A área da peneira superior deve seguir uma proporção de 127 centímetros quadrados para cada centímetro de largura do cilindro de trilha. Já a separação aerodinâmica depende da velocidade de suspensão dos materiais que vão ser separados, essa velocidade varia de acordo com a cultura em questão e seguem a tabela 1 abaixo, com dados retirados do trabalho de Manteufel (2012).

Tabela 3: Velocidade de suspensão de acordo com o tipo de grão ou material.

Tipo de grão ou material	Velocidade (m/s)
Trigo	5,0 – 6,0
Aveia	5,0 – 6,0
Cevada	5,0 – 6,0
Palhas pequenas	2,0 – 6,0
Palhiço	1,5 – 2,5

Enquanto isso, segundo Lima (2008), a peneira inferior tem como função separar os grãos dos pequenos resíduos que atravessaram com eles na peneira superior. Sua construção é semelhante a peneira superior, mas com aberturas e rasgos das secções retangulares reguláveis, de tal forma que sejam menores que as da peneira superior. Além disso, ela



também segue os mesmos movimentos e frequências mencionadas no parágrafo anterior. Porém, a proporção da área é de cento e dois centímetros quadrados para cada centímetro de largura do cilindro. Segundo Lima (2008), as impurezas menores são retiradas para fora da colhedora com a mesma corrente provocada pelo ventilador da peneira superior e os grãos limpos atravessam as peneiras (superior e inferior) se caem num transportador helicoidal que compreende todo comprimento da largura da peneira. Esse dispositivo direciona os grãos para outro transportador helicoidal que as conduz para um tanque de grãos localizados na parte superior da máquina. E assim como o material da peneira superior que é separado, o material que não passou pela peneira inferior não cai fora da máquina diferentemente daquele que não passa pela peneira superior, sendo conduzido, através de um transportador helicoidal, para o elevador de retilha que o leva novamente para ao cilindro de trilha. Na figura 15, podemos observar um conjunto de peneiras.



Figura 15: Peneiras. Fonte: Silva (2015).

Como pode-se observar até aqui os mecanismos de trilha, separação e limpeza trabalham praticamente interligados e para ter um entendimento mais detalhado sobre esses sistemas, clique [aqui](#) para assistir um vídeo do sistema de trilha, separação e limpeza W330/W440 da John Deere.

### **Sistema de armazenamento e descarregamento**

Finalmente, após todas as etapas, é necessário mover os grãos que foram trilhados, separados e limpos para o tanque graneleiro, e então deste tanque os grãos vão para um vagão ou caminhão para serem transportados até a unidade de beneficiamento e armazenamento de grãos.

Segundo Silva (2015), nesse sistema destaca-se, o elevador para grãos limpos, o elevador

de carregamento, os transportadores helicoidais da máquina, o tanque graneleiro e o transportador helicoidal de descarga. Como também mencionado acima, os grãos limpos que passam pela peneira inferior, vão para o transportador helicoidal que entrega esses grãos a outro transportador que os leva para o tanque graneleiro, onde outro transportador vai descarregar os grãos. Esse tanque graneleiro, representado na figura 16, é responsável pelo armazenamento rápida dos grãos limpos na colhedora, e estão disponíveis em várias formas e tamanho.



Figura 16: Exemplo de tanque graneleiro. Fonte: Adaptado de Case IH.

## REVISÃO DE LITERATURA

Segundo Vian, et al (2013), as primeiras mudanças na agricultura, ocorrem no século 18, quando o aumento da população urbana demanda maior produtividade agrícola. Foi na Inglaterra e nos Estados Unidos, por volta de 1780, a invenção dos primeiros implementos para colheita, porém foram mesmo usados por volta de 1830, esses implementos eram as segadeiras e ceifadeiras, para feno e trigo, que levou ao desenvolvimento de outros equipamentos para à colheita.

“(...) Os EUA assumiram o papel principal no desenvolvimento tecnológico na fabricação de equipamentos agrícolas. No período entre 1780 e 1900, a área cultivada naquele país era de 160 milhões de hectares, mais de 10 vezes a superfície cultivável da Inglaterra e do País de Gales (HUGHES, 1972; FONSECA, 1990), graças à abertura da fronteira oeste e o uso de implementos de tração animal, inventados e produzidos por pequenas empresas industriais.

Rasmussen (1983 apud FONSECA, 1990) aponta que esta liderança dos Estados Unidos se deve à uma longa trajetória de desenvolvimento e incentivos que datam do século anterior. Várias pessoas foram determinantes neste processo. George Washington contratou um técnico britânico, Arthur Young, defensor do progresso tecnológico na agricultura visando o desenvolvimento técnico e o ensino de mecânica; Thomas Jefferson buscou melhorias e inovações mecânicas, desenvolvendo projetos para semear, *seed drill*, e outra série de utensílios agrícolas. A máquina de descaroçar o algodão foi um dos principais avanços no período, projetada por Eli Whitney. Considerada uma autêntica inovação, já que este processo demandava grande contingente de mão de obra, foi um equipamento que gerou grande aumento na produtividade da cultura” (VIAN, et al 2013, cap. 3)

Antes da segunda guerra mundial os tratores já eram a gasolina, crescendo lentamente o seu uso, entre as duas grandes guerras o desenvolvimento tecnológico foi significativo, inovações, a linha de produção e a divisão do trabalho, fizeram com que as máquinas, também as agrícolas dessem um salto, já que tendo como principais fatores relevantes para o seu desenvolvimento a elevação de preços dos produtos agrícolas, a escassez de mão de obra e o estímulo do governo norte-americano, encorajando a transição para a mecanização nos Estados Unidos (VIAN, et al 2013).

O desenvolvimento tecnológico na indústria de tratores no pós-guerra foi em compasso com a indústria automobilística e de autopeças, melhorias técnicas nas máquinas agrícolas viriam das efetuadas em automóveis e caminhões. Dentre as inovações entre essas indústrias destacam-se: motores a diesel, mecanismo de direção hidráulica, sistema de transmissão automática e aperfeiçoamentos nos mecanismos de embreagem. Algumas melhorias foram desenvolvidas pela própria indústria de tratores, destacando-se o aperfeiçoamento do mecanismo de tomada de força contínua, introdução da tração nas quatro rodas; incorporação de rodas duplas e adoção de cabines de proteção do operador. (FONSECA, 1990, apud VIAN, et al 2013)

Nos Estados Unidos, país onde a primeira colhedora foi construída no estado de Michigan em 1836 por Moore e Hascall; porém foi no estado da Califórnia que as colhedoras foram utilizadas com maior ênfase e na década de 1880 que se inicia a produção de colhedoras em escala comercial (FILHO & SANTOS, 2001).

A finalidade dessas colhedoras é a sua capacidade de fazer a colheita com maior

capacidade e rapidez que feita manualmente.

“(...) Nos primórdios da agricultura, toda operação de colheita era realizada manualmente. A operação de colheita manual, da mesma maneira que os demais processos manuais têm sua capacidade operacional diminuída, viável economicamente apenas em pequenas propriedades, onde a finalidade principal da produção é a subsistência do agricultor e sua família. (Manteufel, 2012)

Ainda em Manteufel (2012), a colhedora é uma máquina que executa várias etapas na colheita, o corte, a alimentação, a trilha, a separação e a limpeza, dá se designação dessa máquina como colhedora automotriz. Se a máquina for acoplada a um trator agrícola, será uma colhedora montada, se a colhedora for acionada a tomada de potência de um trator ou por um motor auxiliar, tracionada pelo trator ou por uma barra de tração será uma colhedora de arrasto. Os mecanismos de corte das colhedoras diferem caso a cultura a ser colhida seja milho ou os demais cereais como soja, trigo, arroz etc.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUJO, Marcio Fabio dos Santos. COLHEITA DA SOJA: ANÁLISE PLATAFORMAS DRAPER X CARACOL. 2018. 14 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Unifucamp, Monte Carmelo, 2018. Disponível em: <http://repositorio.fucamp.com.br/jspui/bitstream/FUCAMP/320/1/Colheitasojadrapercaracol.pdf>. Acesso em: 06 ago. 2020.

CASSIA, Marcelo T. et al. Monitoramento da operação de colheita mecanizada de sementes de soja. Rev. bras. eng. agríc. ambient., Campina Grande, v. 19, n. 12, p. 1209-1214, dez. 2015. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662015001201209&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662015001201209&lng=pt&nrm=iso)>. acessos em 29 jun. 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n12p1209-1214>.

CASTRO, L. H. S.; FERREIRA, J. A. Colhedora Axial. 2007. Trabalho Acadêmico da disciplina Análises de Máquinas Agrícolas – Faculdades Associadas de Uberaba, Uberaba, 2007. Disponível em: . Acesso em: 18 jun. 2020.

Dallmeyer, A. COLHEDORAS: DIFERENTES SISTEMAS DE TRILHA E SEPARAÇÃO. Porto Alegre: Editora Centaurus, dez. 2014. Disponível em: <https://edcentaurus.com.br/agranja/edicao/792/materia/6527>. Acesso em: 25 jun. 2020.

COMBINE MÁQUINAS AGRÍCOLAS. COLHEDORA DE MILHO COMBINE 362BR. Disponível em: <http://combine.ind.br/produtos/colhedoras-de-milho/colhedora-de-milho-combine-362br>. Acesso em: 24 jun. 2020.

EMBRAPA. Agência de informação Embrapa colhedora automotriz. Disponível em: [https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao/arvore/CONTAG01\\_114\\_262003155847.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao/arvore/CONTAG01_114_262003155847.html). Acesso em: 18 jun. 2020.

FELDENS, Leopoldo. O Homem, A Agricultura e A História. Lajeado RS. Editora Univates, 2018. Acesso em 28/06/2020. Disponível em: <https://www.univates.br/editora->

univates/media/publicacoes/246/pdf\_246.pdf

FILHO, Abílio Garcia dos Santos; SANTOS, João Eduardo Guarnetti Garcia dos. APOSTILA DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS. 1. ed. Bauru: UNESP, 2001. 88 p. v. 1. Disponível em: <http://wwwp.feb.unesp.br/abilio/maqagri.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2020.

GARCIA, R.F.; QUEIROZ, D.M.; FERNANDES, H.C.; MIYAGAKI, O.H. Simulação do comportamento dinâmico de um conjunto trator-colhedora de feijão. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.7, n.3, p.565-571, 2003.

LIMA, C. M. Desempenho de colhedoras de uma e duas fileiras, semi-montadas para colheita mecanizada direta de milho. 2008. Tese (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2008. Disponível em: . Acesso em: 17 jun. 2020.

MANTEUFEL, Marcos Alessandro. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE DUAS PLATAFORMAS DE CORTE PARA COLHEDORAS DE GRÃOS. 2012. 33 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Mecânica, Faculdade Horizontina, Horizontina, 2012. Disponível em: [https://www.fahor.com.br/publicacoes/TFC/EngMec/2012/Marcos\\_Alessandro\\_Manteufel.pdf](https://www.fahor.com.br/publicacoes/TFC/EngMec/2012/Marcos_Alessandro_Manteufel.pdf). Acesso em: 15 jun. 2020.

MAZOYER, M; ROUDART L. História das agriculturas no mundo: DO NEOLÍTICO À CRISE CONTEMPORÂNEA. 1. ed. São Paulo: UNESP, 2010. p. 1-568. Disponível em: <http://www.mstemdados.org/sites/default/files/Hist%C3%B3ria%20das%20agriculturas%20no%20mundo%20-%20Do%20neol%C3%ADtico%20%C3%A0%20crise%20contempor%C3%A2nea%20-%20Marcel%20Mazoyer%20e%20Laurence%20Roudart.pdf>. Acesso em 16 jun. 2020.

MORAES, M. L. B., REIS A. V, MACHADO, A. L. T. Máquinas para colheita e processamento de grãos. Pelotas. Editora e Gráfica Universitária - UFPel, 2005. 150p.

NUNES, José Luis da Silva. Tecnologia de sementes - Colheita. 2016. Disponível em:

[https://www.agrolink.com.br/sementes/tecnologia-sementes/colheita\\_361342.html](https://www.agrolink.com.br/sementes/tecnologia-sementes/colheita_361342.html). Acesso em: 25 jun. 2020.

PORTELA, J.A. Colheita de grãos mecanizada: implementos, manutenção e regulação. Viçosa: Ed. Aprenda Fácil, 2000. 190 p. il.

QUEIROZ, D.M.; SOUZA, C.M.A.; PINTO, F.A.C.; MANTOVANI, E.C. Simulação dos processos de trilha e separação em colhedoras de grãos. Revista Engenharia na Agricultura, Viçosa, v.12, n.2, p.105- 117, 2004.

SANTOS, JAMILTON PEREIRA DOS. Opção pela técnica de colheita ideal: No Brasil a colheita do mítho é, ainda em grande parte, cerca de 40%, realizada manualmente. Ou seja, o trabalhador recolhe espiga por espiga, tanto aquelas presas nas plantas quanto aquelas caídas pelo chão. Revista Brasileira de Agropecuária, [s. l.], v. 3, n. 17, ed. 1, p. 35-37, 2013. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/57359/1/Opcao-tecnica.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2020.

SILVA, Rouverson Pereira da. Material elaborado para as disciplinas “Máquinas Agrícolas” (Agronomia) e “Máquinas e Mecanização Agrícola” (Zootecnia) da FCAV/UNESP. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2015. 33 páginas, P&B.

SOUZA, C.M.A.; QUEIROZ, D.M.; PINTO, F.A.C.; DIAS, G.P. Modelo de simulação do processo de trilha e separação mecânica em uma recolhadora-trilhadora de fluxo axial para feijão. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.23, n.1, p.96-105, 2003.

VIAN, C.E. FREITAS, et al. Origens, Evolução e Tendência da indústria de máquinas agrícolas. Revista de Economia e Sociologia Rural. Vol. 51 n.4 – Brasília, Oct. /Dec. 2013. Acesso em 27/06/2020. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-20032](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20032)