

UNIVERSIDADE DE ÉVORA
ESCOLA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA RURAL



MÁQUINAS AGRÍCOLAS AUTOMOTRIZES

Cefeira-debulhadora
e
Colhedor de forragem automotriz

(Apontamentos para uso dos Alunos)

JOSÉ OLIVEIRA PEÇA

ÉVORA

2017

Índice

Resumo	3
1. Ceifeira-debulhadora	4
1.1. Gamas	4
1.2. Esquema geral	4
1.3. Sistemas em detalhe	5
1.3.1. Sistema de corte	5
1.3.2. Sistema de alimentação	9
1.3.3. Sistema de debulha (<i>threshing system</i>).....	11
1.3.4. Sistema de separação do grão da palha (<i>separation system</i>).....	14
1.3.5. Sistema de limpeza (<i>cleaning system</i>).....	16
1.3.6. Sistema de retorno	19
1.3.7. Sistema de armazenamento temporário.....	19
1.3.8. Sistema de acondicionamento da moinha e da palha.....	22
1.4. Sistema rotativo.....	25
1.4.1. Sistema de separação rotativo	25
1.4.2. Sistema de debulha e separação, rotativo	27
1.5. Frente de milho.....	29
1.6 Regulações e automatismos	33
1.6.1. Sistema de nivelamento	33
1.6.2. Adaptação automática à espessura de caules	33
1.6.3. Adaptação automática à densidade de biomassa.....	33
2. Colhedor automotriz de forragens	34
2.1. Gamas	34
2.2. Esquema geral	35
2.3. Unidade motora e de processamento.....	36
2.3.1. Cadeia de processamento	36
2.3.2. Unidade motora.....	43
2.4. Tipos de frentes.....	47
2.4.1. Para recolher forragem encordoada (<i>grass pick-up</i>).....	47
2.4.2. Cabeça de corte para cereal (<i>combine grain head</i>).....	49
2.4.3. Cabeça de corte para milho-forragem – <i>maize front</i>	49
2.5. Tecnologia embarcada em prol da qualidade da silagem.....	55
3. Outras leituras.....	55

Resumo

Este trabalho reúne textos destinados a apoiar a aprendizagem de estudantes do ramo das ciências agrárias no que de relevante se refere a duas máquinas automotrizes de colheita.

A Ceifeira-debulhadora serve para a colheita de cereais e de óleo-proteaginosas. Esta máquina realiza automaticamente e simultaneamente o corte das inflorescências, a separação dos grãos e sua limpeza. O Colhedor de forragem serve para a colheita de forragem no campo a partir de uma cultura em pé ou a partir de um cordão previamente alinhado e promove o seu fraccionamento para a produção de silagem.

Este trabalho apresenta os componentes destas máquinas e as frentes específicas para cada cultura a que se destina.

As regulações e manutenções destes equipamentos transcendem o presente âmbito deste trabalho pelo que requerem uma leitura cuidada do MANUAL de OPERADOR do equipamento.

Os temas são apresentados numa perspectiva do utilizador e não do projectista ou do mecânico.

Este trabalho actualiza e completa edições anteriores (2015; 2012) e destina-se a ser utilizado no contexto da unidade curricular de *Tractores e Equipamentos Automotrizes* (2006/07 até ao presente) – unidade curricular optativa da licenciatura em Agronomia.

Textos anteriores do mesmo autor:

Cefeira debulhadora (2009);

Colhedor de forragens automotriz (2011).

1. Ceifeira-debulhadora

1.1. Gamas

O quadro seguinte apresenta um extrato da oferta deste equipamento. Em Portugal, será possível encontrar ceifeiras-debulhadoras (CD) de todas as classes de potência.

A gama mais baixa (menor potência nominal) é adequada para explorações agrícolas de média dimensão e destinada a ser adquirida pela própria empresa agrícola. As CD de maiores dimensões, são adequadas a prestadores de serviços ou grandes explorações agrícolas.

Marca	Modelo	Potência* kW (hp)	Capacidade do Tegão (L)	Frente
John Deere	W330	150 (204)	5200	3.90; 4.20; 4.50; 4.80; 5.10**
John Deere	W440	175 (234)	6500 / 7600	4.90; 5.50; 6.10; 6.70**
John Deere	W540	175 (234)	8000 / 10000 (opc)	5.2; 5.6; 6.5***
John Deere	W550	202 (271)	8000 / 10000 (opc)	5.2; 5.6; 6.5***
John Deere	T550	202 (271)	8000 / 10000 (opc)	5.2; 5.6; 6.5***
John Deere	W650	225 (302)	9000 / 11000 (opc)	5.2; 5.6; 6.5***
John Deere	W660	249 (334)	9000 / 11000 (opc)	5.2; 5.6; 6.5***
John Deere	T650	249 (334)	10000	5.2; 5.6; 6.5***
John Deere	T660	249 (334)	9000 / 11000 (opc)	5.2; 5.6; 6.5***
John Deere	S660	249 (334)	10600	5.6; 6.9; 7.9; 8.7***
John Deere	T670	292 (392)	11000	5.2; 5.6; 6.5***
John Deere	S670	292 (392)	10600	5.6; 6.9; 7.9; 8.7***
John Deere	S680	353 (473)	14100	5.6; 6.9; 7.9; 8.7***
John Deere	S685	373 (500)	14100	5.6; 6.9; 7.9; 8.7***
John Deere	S690	405 (543)	14100	5.6; 6.9; 7.9; 8.7***

* Segundo a norma ECE R 120

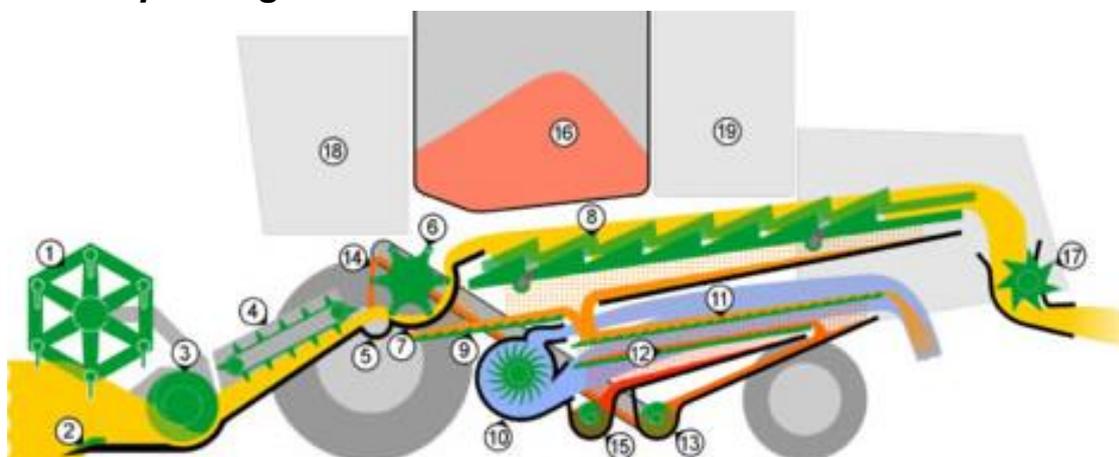
** Largura de corte (m)

***Largura do tambor de alimentação (m)

As CD utilizam motores Diesel, de 4 tempos, de 6 cilindros em linha, ou 8 cilindros em V, sobrealimentados por turbo-compressor.

A transmissão para as rodas é hidrostática com regulação infinita de velocidade.

1.2. Esquema geral



A CD compreende:

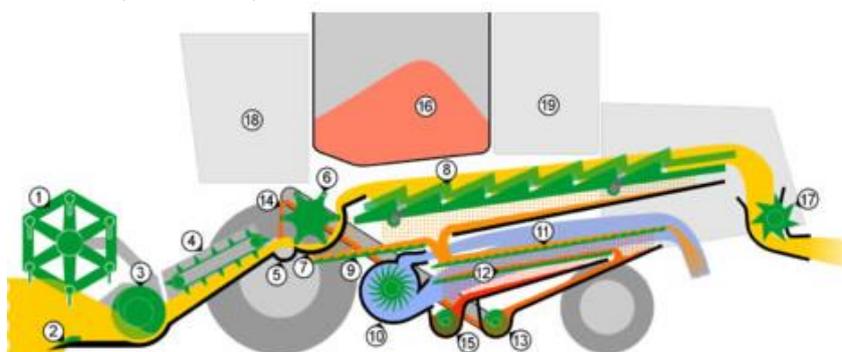
- Sistema de corte (1) e (2);
- Sistema de alimentação (3) e (4);
- Sistema de debulha (5), (6) e (7);
- Sistema de separação do grão da palha (8);
- Sistema de limpeza (9), (10), (11) e (12);
- Sistema de retorno (13) e (14);
- Sistema de armazenamento, (15) e (16);
- Sistema de acondicionamento da palha (17)
- Posto de condução (18);
- Motor e transmissão (19).

1.3. Sistemas em detalhe

(neste ponto serão usadas a referências numéricas da figura anterior)

1.3.1. Sistema de corte

- (1) – Moinho (*reel*);
- (2) - barra de corte (*Cutterbar*).



Herdade da Almocreva da Universidade de Évora, 2014



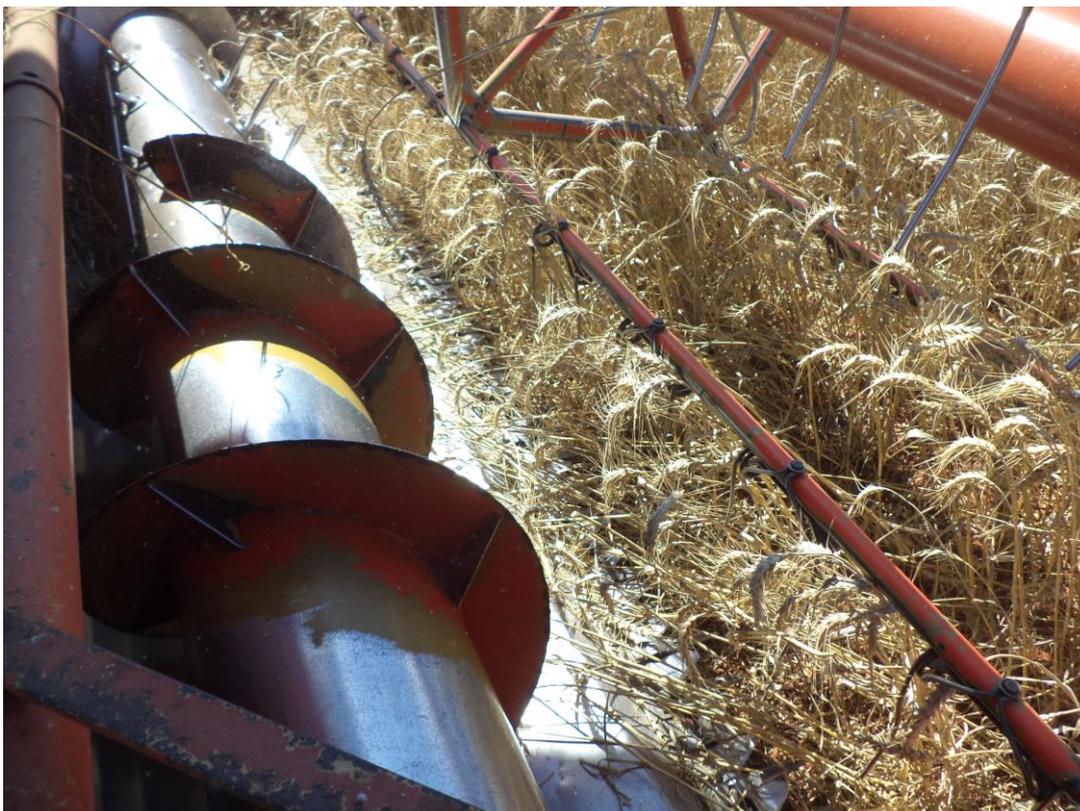
Herdade da Almocreva da Universidade de Évora, 2014

O moinho (*reel*), guarnecido de puas (*tines*), dobra as plantas contra a barra de corte.



Herdade da Almocreva da Universidade de Évora, 2014

Realizado o corte as plantas são conduzidas pelo moinho para o sistema de alimentação.

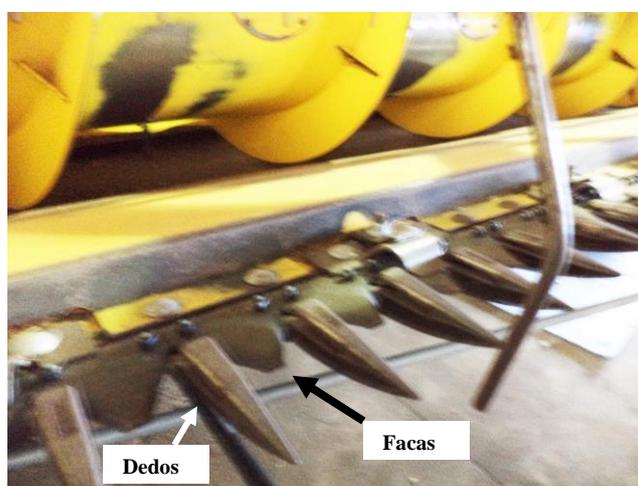


Herdade da Almocreva da Universidade de Évora, 2014

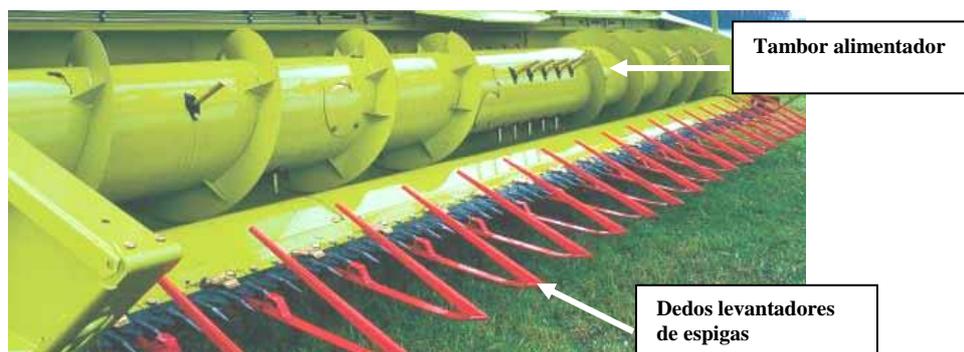
Nos extremos da barra de corte encontram-se os divisores (*dividers*) que permitem uma clara referência para o operador da faixa que está a ser cortada e a que fica por cortar. A figura seguinte mostra o conjunto de componentes que constituem a barra de corte: facas (*knives*) e os dedos (*fingers*):



www.geringhoff.eu



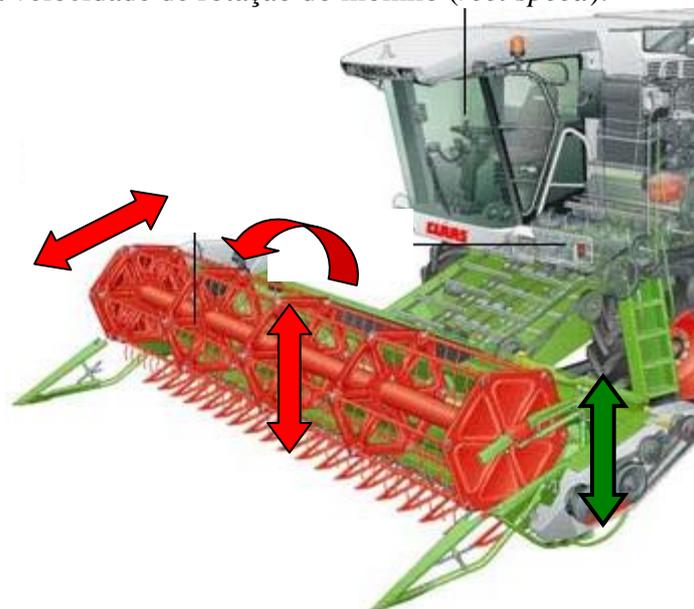
Além dos dedos normais podem, em intervalos regulares, serem montados dedos levantadores de espigas (*crop lifters*), os quais são úteis quando as colheitas estão acamadas.



www.claas.com

A largura da barra de corte é a largura de trabalho da CD. Faz-se notar que para um determinado modelo de CD podem ser especificadas várias larguras de trabalho (indicadas nas especificações técnicas). Desta forma os construtores adaptam-se melhor às exigências do mercado.

O sistema de corte possui ajustamentos com actuação electro-hidráulica, directamente da cabine, permitindo: levantar ou baixar todo o sistema de corte (*cutting height*); baixar ou levantar individualmente o moinho (*reel height*); avançar ou recuar o moinho (*reel fore/aft*); variar a velocidade de rotação do moinho (*reel speed*).



As CD possuem sistemas automáticos de regulação da altura do sistema de corte (*automatic adjustment of table height*), em que “apalpadores” situados debaixo da barra de corte actuam as electroválvulas que promovem o levantamento e abaixamento da barra de corte.

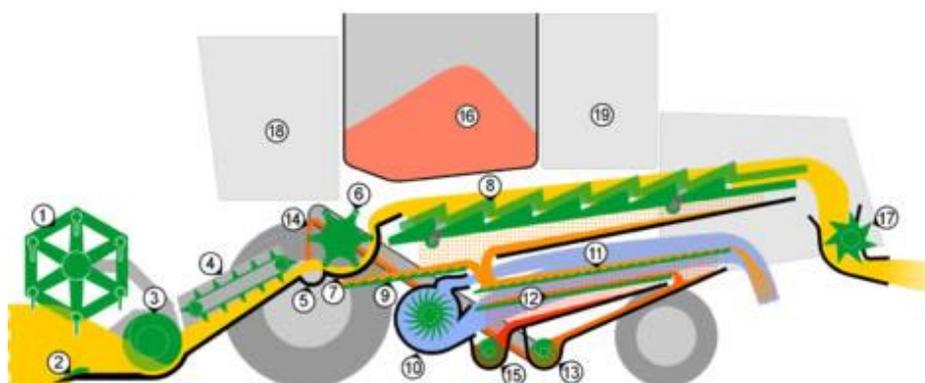


Apalpadores na parte inferior da mesa de corte

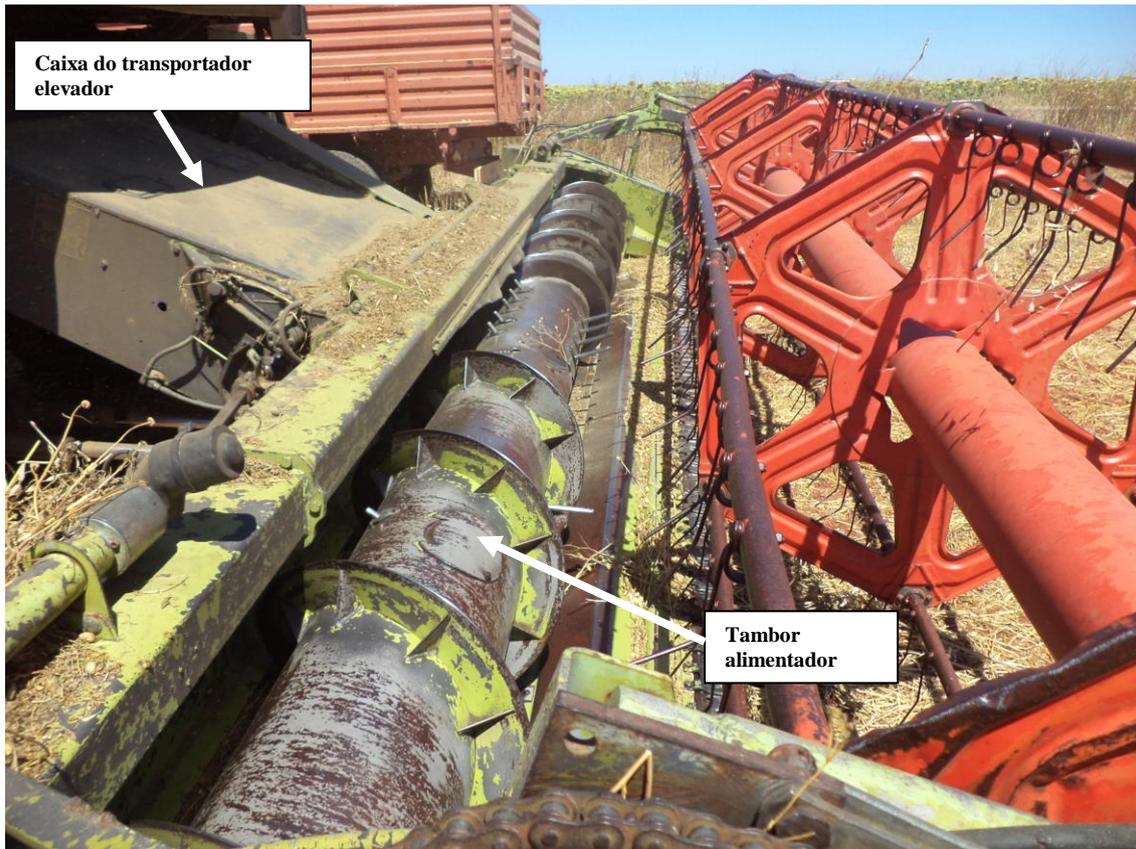
Em situações pontuais o sistema automático pode ser cancelado e a actuação passar a ser manual; por exemplo para passar em locais com grande concentração de infestantes.

1.3.2. Sistema de alimentação

- (3) - Tambor alimentador (*intake auger*);
- (4) – Transportador elevador (*crop elevator*);
- (5) – Caixa das pedras (*stone trap*);



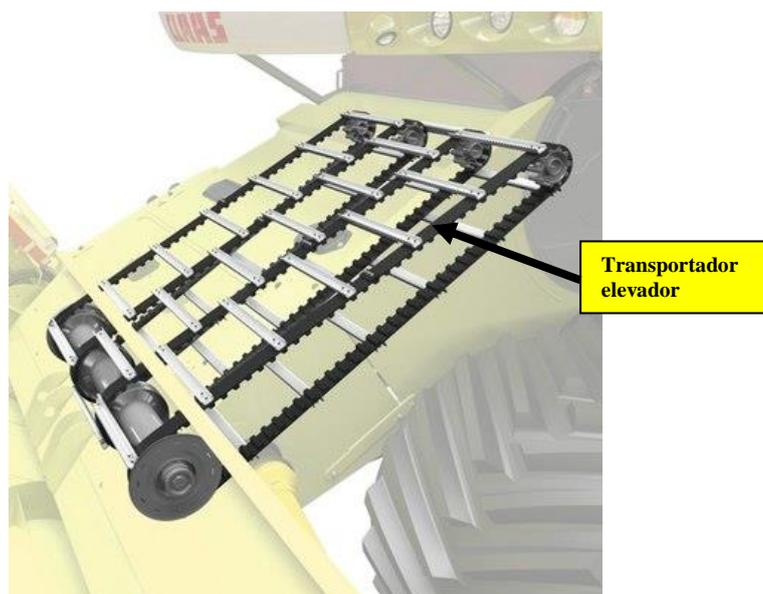
O tambor alimentador centraliza e conduz o material cortado para o transportador elevador. Compreende uma parte central cilíndrica, com dedos articulados (*auger feed tines*), ladeada por transportadores sem-fim.



Herdade da Almocreva da Universidade de Évora, 2014



O transportador elevador (fig. seguinte) conduz o material cortado para o sistema de debulha. É normalmente do tipo corrente ou correias e travessas (*slat-and-chain/belt elevator*).



Como sistema de segurança, as CD permitem parar muito rapidamente a barra de corte; moínho; tambor alimentador e transportador elevador.

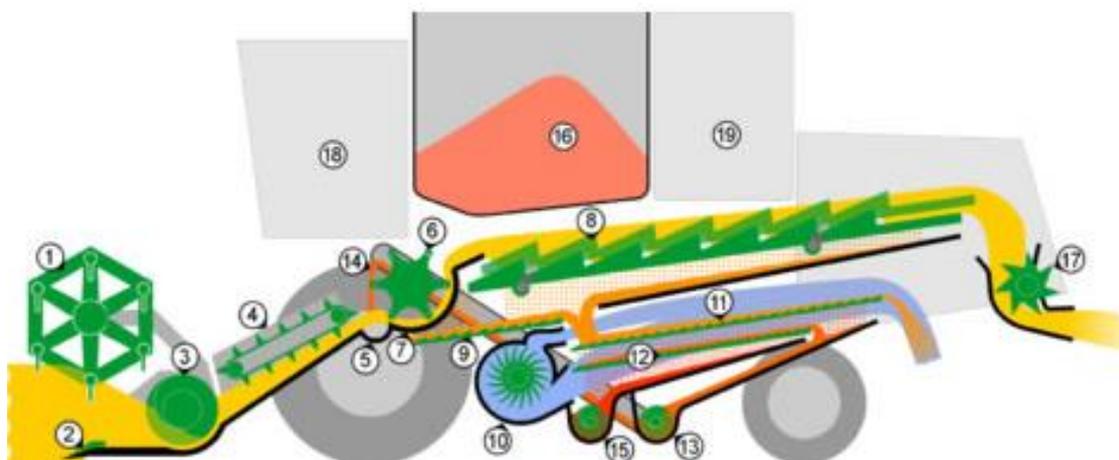
Precedendo os órgãos de debulha encontra-se a caixa de pedras cuja função é recolher qualquer corpo duro que caia do transportador elevador, evitando danos no sistema de debulha.



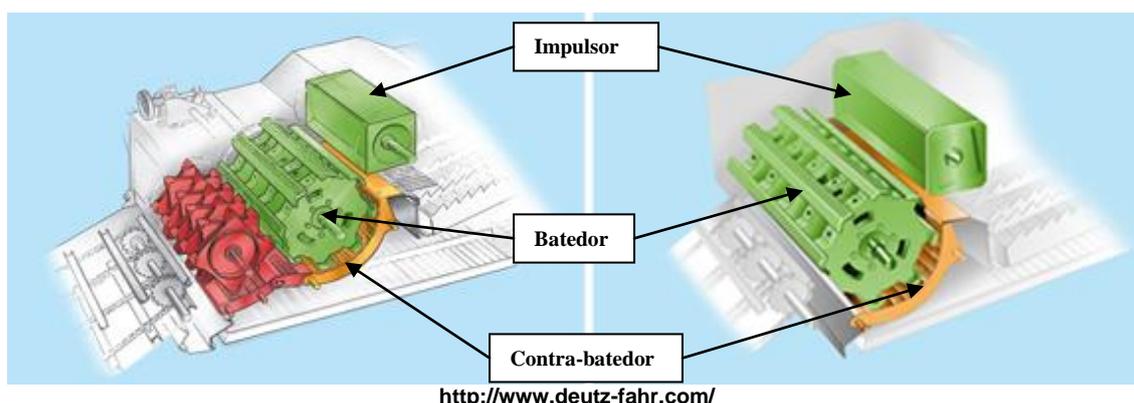
1.3.3. Sistema de debulha (*threshing system*)

(6) – Batedor (*Threshing drum*);

(7) – Contra-batedor (*concave*).



O batedor é um tambor que gira a elevada velocidade e que está envolvido inferiormente pelo contra-batedor. Os batedores de réguas (*threshing drum with rasp bars*) são mais comuns. O diâmetro, largura do batedor, bem como o ângulo ao longo do qual o contra-batedor envolve o batedor (*angle of wrap*), são dados da ficha técnica das CD.



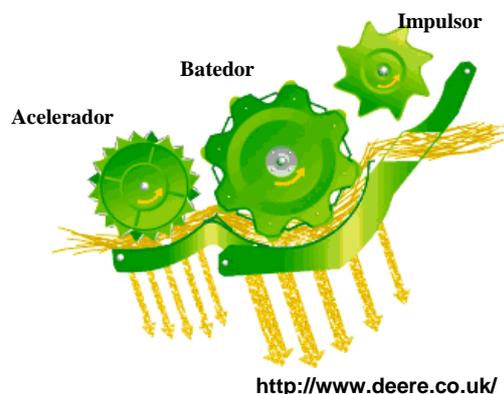
À saída dos órgãos de debulha encontra-se o tambor impulsor (*impeller / beater*) que acelera a transferência do material para o sistema de separação.

A velocidade de rotação do batedor é regulável (a partir da cabine e em movimento) entre limites de $\approx 400rpm$ a $\approx 1600rpm$, para se adaptar ao tipo de colheita e grau de humidade. Uma transmissão por correia com variador de velocidade (*variator*) com actuação electro-hidráulica é o mecanismo mais comum para variar a velocidade.

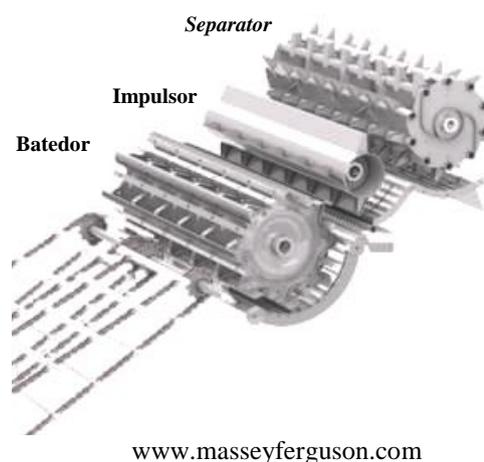
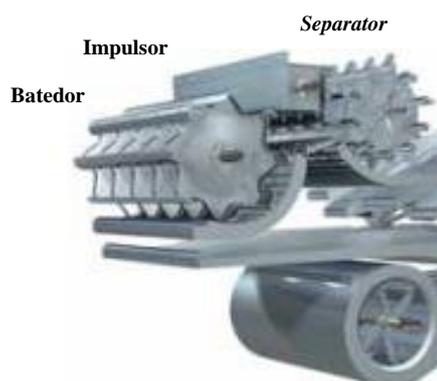
O afastamento entre o batedor e o contra-batedor é maior à frente do que atrás e é regulável (a partir da cabine e em movimento), através de comandos electro-hidráulicos, para se adaptar ao tipo de colheita e grau de humidade. Sendo o contra-batedor uma grelha, os grãos, moínha e pequenas palhas, provenientes desta acção mecânica, atravessam o contra-batedor, dirigindo-se para o sistema de limpeza. No sistema de debulha deverão separar-se 80 a 90% dos grãos debulhados.

Os vários fabricantes de CD encontraram as suas próprias soluções para otimizar o sistema de debulha. Assim sendo, os órgãos anteriormente indicados podem ser completados com outros órgãos.

A figura seguinte mostra um exemplo em que o sistema de debulha inclui um tambor denominado *accelerator* envolvido inferiormente pelo *pre-cleaning concave*, por onde o material passa antes do órgão principal de debulha (batedor/contra-batedor):

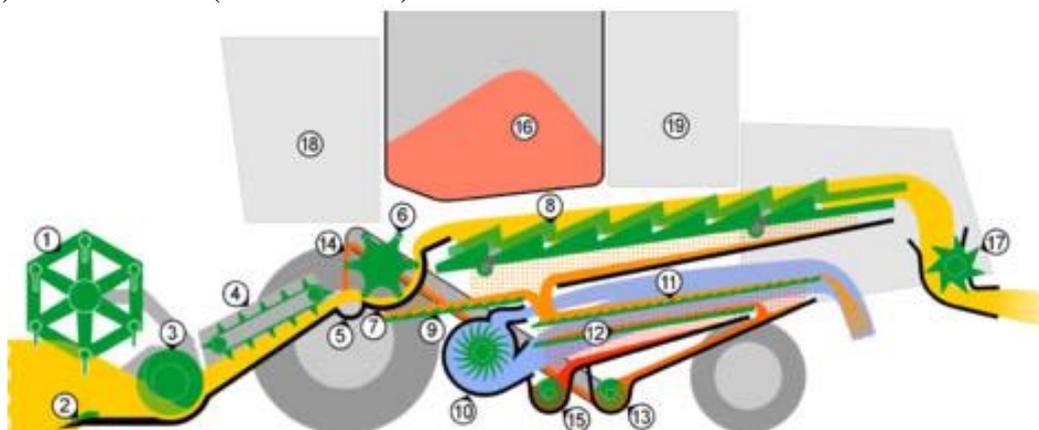


As figuras seguintes mostram exemplos em que o sistema de debulha inclui, a jusante do conjunto bateador/impulsor, um tambor denominado *rotary separator* envolvido inferiormente pelo *rotary separator concave*.



1.3.4. Sistema de separação do grão da palha (*separation system*)

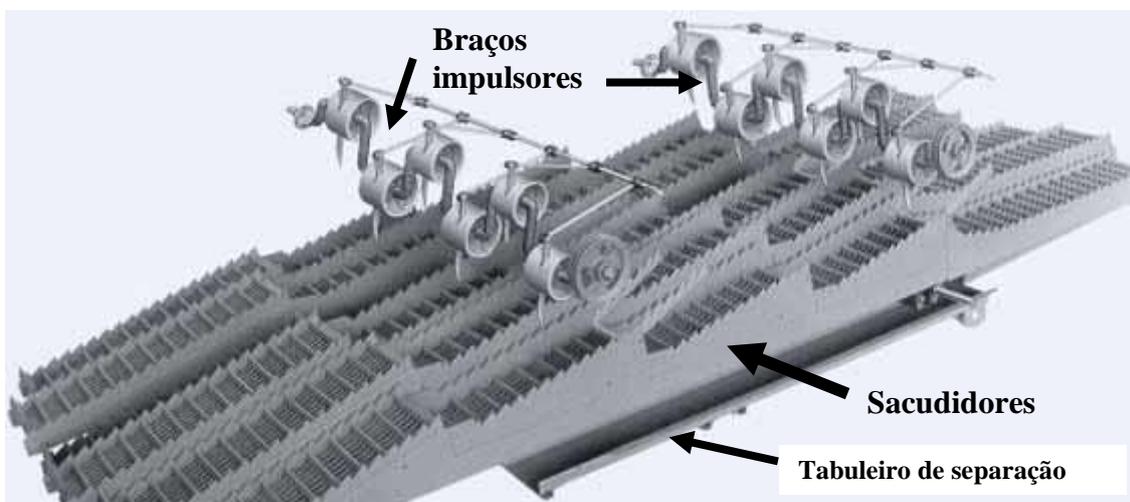
(8) – Sacudidores (*straw walkers*).



O tambor impulsor vai distribuir o material, sobretudo por palha, sobre os sacudidores, os quais tem a função de separar cerca de 10% a 20% do grão que não foi separado no sistema anterior.

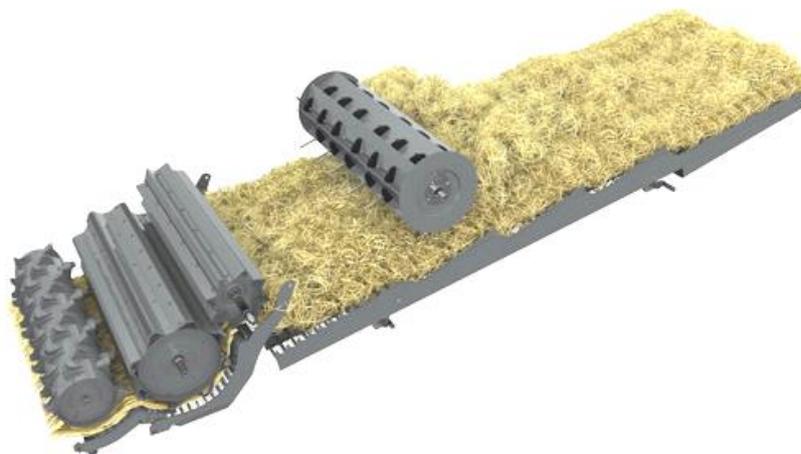
Os sacudidores, também conhecidos por “cavalos”, são constituídos por vários elementos paralelos (4 a 6), formando uma grelha, apresentando degraus e animados de movimento oscilatório.

O fluxo da palha para a traseira da CD é ajudada pela acção de vários braços impulsores com movimento alternativo (*agitator tines*).



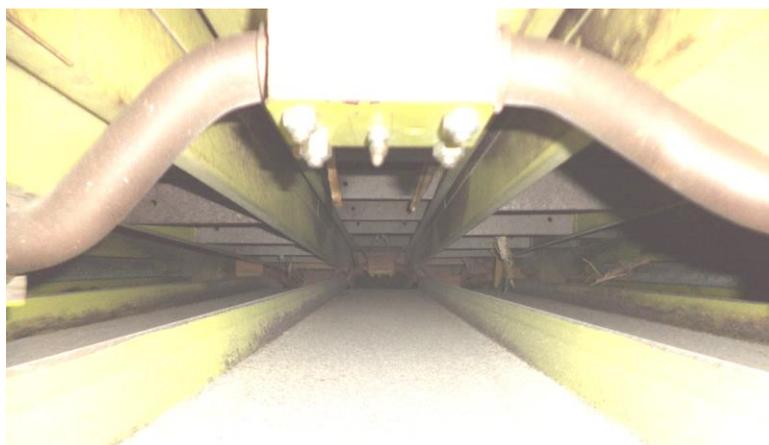
www.claas.com

Outras soluções há para impulsionar a palha sobre os sacudidores, como se mostra na figura seguinte:



CLAAS MSS – Multi-finger Separator System

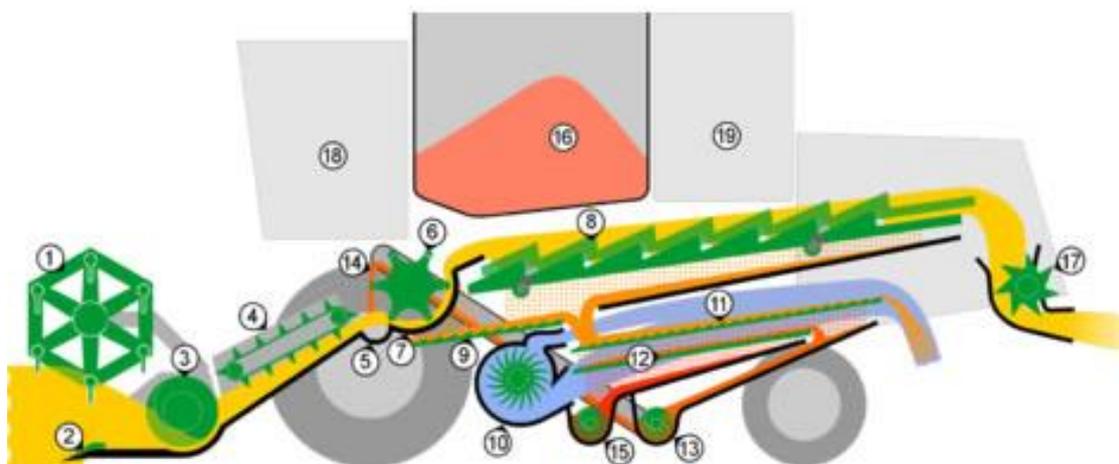
Esta combinação promove o deslocamento da palha de frente para trás. A palha sai pela traseira da máquina. Neste processo os grãos (*grains*), espigas (*ears*) e outros pedaços de maiores dimensões separam-se da palha e caem num tabuleiro de separação. A figura seguinte mostra uma imagem tirada da traseira da CD, mostrando na parte inferior o tabuleiro de separação e na parte superior a face inferior dos “cavalos”.



Visita de estudo – Herdade de Monte-Novo (Montemor-o-Novo), 2016

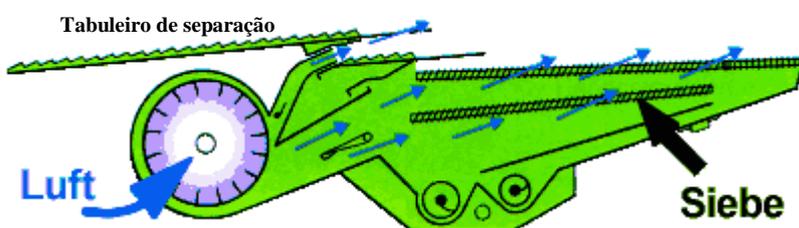
Pode-se utilizar um sistema secundário de separação: consiste num rotor a jusante dos “cavalos” que actua na palha antes de esta ser libertada, permitindo separar o grão que ainda tinha ficado retido na palha. O grão é conduzido por um sem-fim para o sistema de limpeza.

1.3.5. Sistema de limpeza (*cleaning system*)

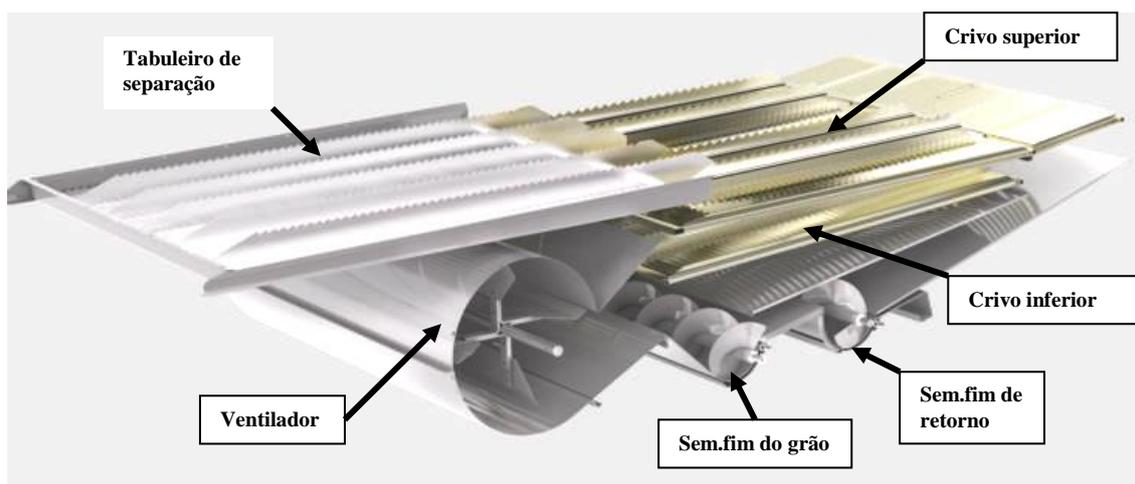


- (9) – tabuleiro de separação (*grain pan*);
- (10) – ventilador (*blower*);
- (11) – crivo superior (*upper sieve / chaffer*);
- (12) – crivo inferior (*lower sieve*).

Os grãos (*grains*), moinha (*chaff*), espigas (*ears*), pequenas palhas e outros pedaços de maiores dimensões que passaram através do contra-batedor e que passaram através dos impulsores, são recolhidos nos respectivos tabuleiros de separação. O tabuleiro de separação está animado de movimento oscilatório para promover a separação das diferentes fracções em função das suas densidades (material mais leve em cima).



O material recolhido e diferenciado nos tabuleiros de separação, é lançado numa corrente de ar que sopra os elementos mais leves. O restante material é conduzido para um conjunto de crivos sobrepostos. Um ventilador produz a corrente de ar que sopra através dos crivos no sentido de frente para trás e de baixo para cima.



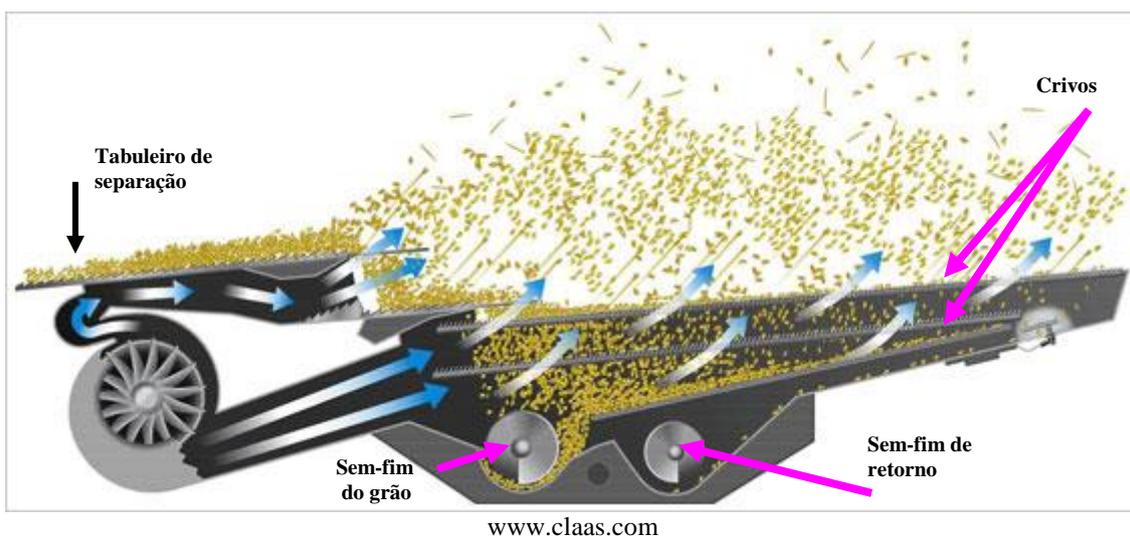
www.masseyferguson.com

O crivo superior, tem a finalidade de separar, do grão, a moínha (*chaff*) e pequenos segmentos de palha que são soprados pela corrente de ar e assim removidos, saindo pela traseira.

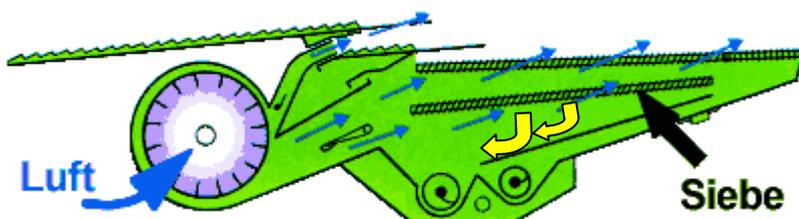
A figura seguinte mostra uma imagem tirada da traseira da CD, mostrando, em cima, a face inferior do tabuleiro de separação e, em baixo, o crivo superior.



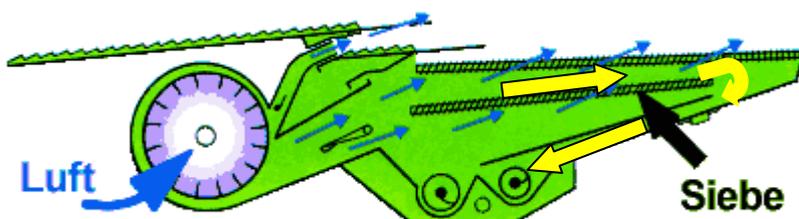
Elementos mais pesados como grãos, espigas inteiras (*ears*) não desgranadas, partes de espigas, etc, passam através do crivo superior, para o crivo inferior.



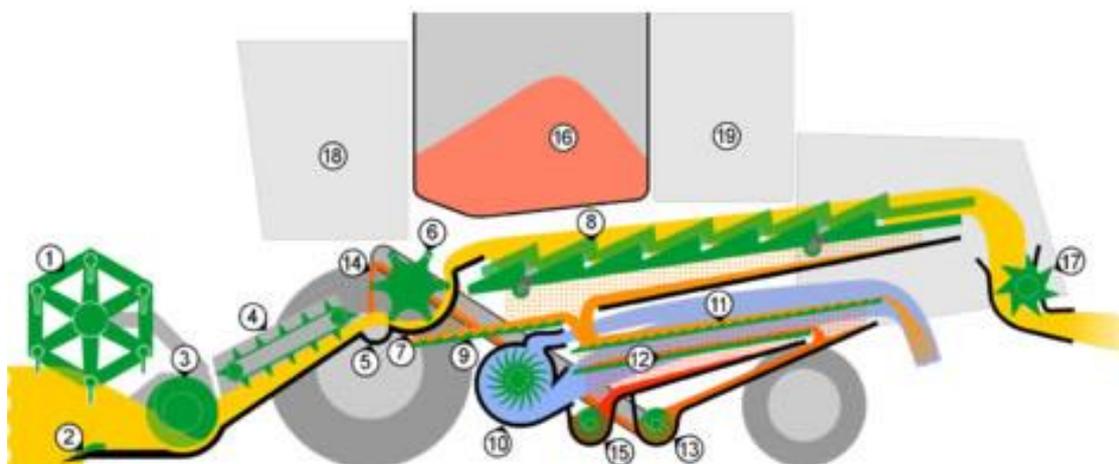
No crivo inferior, o grão que passa através dos crivos é recolhido na base, onde se encontra, transversalmente, o sem-fim transportador de grão (*clean-grain auger*).



Porém, outros elementos retidos no crivo, como espigas inteiras (*ears*) não desgranadas, partes de espigas, etc, não atravessam o crivo e são deslocados para a parte posterior do crivo, caindo por uma conduta para um sem-fim transversal - o sem-fim de retorno (*return auger*).



1.3.6. Sistema de retorno



(13) - Sem-fim de retorno (*return auger*);

(14) – Elevador de retorno (*tailings or cleaning elevator*);

O sem-fim de retorno que continua pelo elevador de retorno, transporta espigas inteiras não desgranadas, partes de espigas (*tailings*), etc de volta para o batedor. Em alguns sistemas o material é conduzido para um sistema de debulha específico, como o tambor denominado *rotary separator* envolvido inferiormente pelo *rotary separator concave*, (ver sistema de debulha).



Herdade do Pinheiro - Bencatel, 2017

1.3.7. Sistema de armazenamento temporário

(15) - Sem-fim de grão (*clean-grain auger*);

- elevador de grão (*grain elevator*)

(16) - tegão (*grain tank*).

- Tubo de descarga (*discharge auger*)

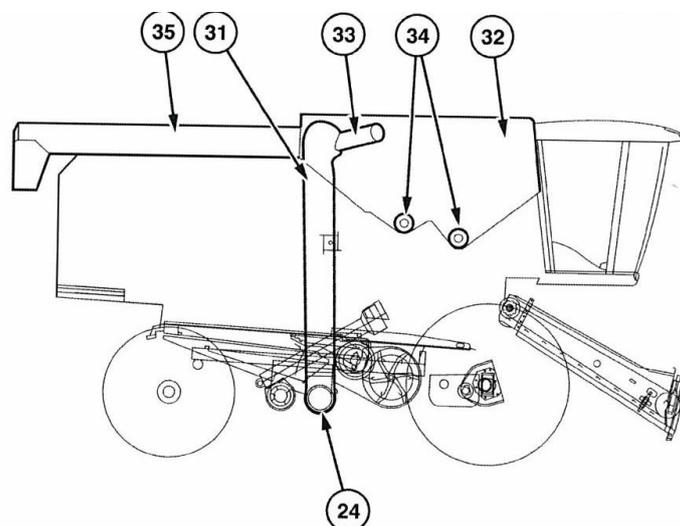
O sem-fim de grão que recebe o grão já limpo, continua pelo elevador de grão (*grain elevator*) o qual transporta o grão para o tegão (*grain tank*).



Herdade da Almocreva da Universidade de Évora, 2014



Ceifeira-debulhadora CNH CR9.90 – Visita de estudo 2015



Referindo à figura anterior:

O grão limpo, recolhido na base do sistema de limpeza, é conduzido para o tegão (32) (*grain tank*) por uma cadeia de transportadores. Começa, transversalmente, no sem-fim de grão (24) (*clean-grain auger*), continuando pelo elevador de grão (31) (*grain elevator*), que se prolonga pelo sem-fim de enchimento (33).

O tegão é esvaziado pelos “sem-fim” de descarga do tegão (34), sendo o grão é transferido para o veículo de transporte pelo tubo de descarga (35) (*discharge auger*), rebatível.



Herdade da Almocreva da Universidade de Évora, 2014



**Interior do tegão da CD CNH CR9.90 – Visita de estudo 2015
Visível o sem-fim de enchimento e, na base os sem-fim de descarga do tegão**

As CD dispõem de sistemas de aviso para o condutor e sinais luminosos para a equipa exterior que efectua o transporte de grão (semi-reboques), indicando quando o tegão se encontra cheio.

1.3.8. Sistema de acondicionamento da moinha e da palha

A moinha (*chaff*) proveniente do sistema de limpeza é impulsionada por um espalhador de moinha (*chaff blower*).



A palha proveniente dos sacudidores é normalmente deixada encordoada (para ser posteriormente enfardada). Neste caso os espalhadores de moinha espalham a moinha lateralmente.





Palha encordoada. Herdade da Almocreva da Universidade de Évora, 2014

Podem ser instalados dispositivos mecânicos na traseira da ceifeira-debulhadora para espalhar a palha (para ser enterrada).

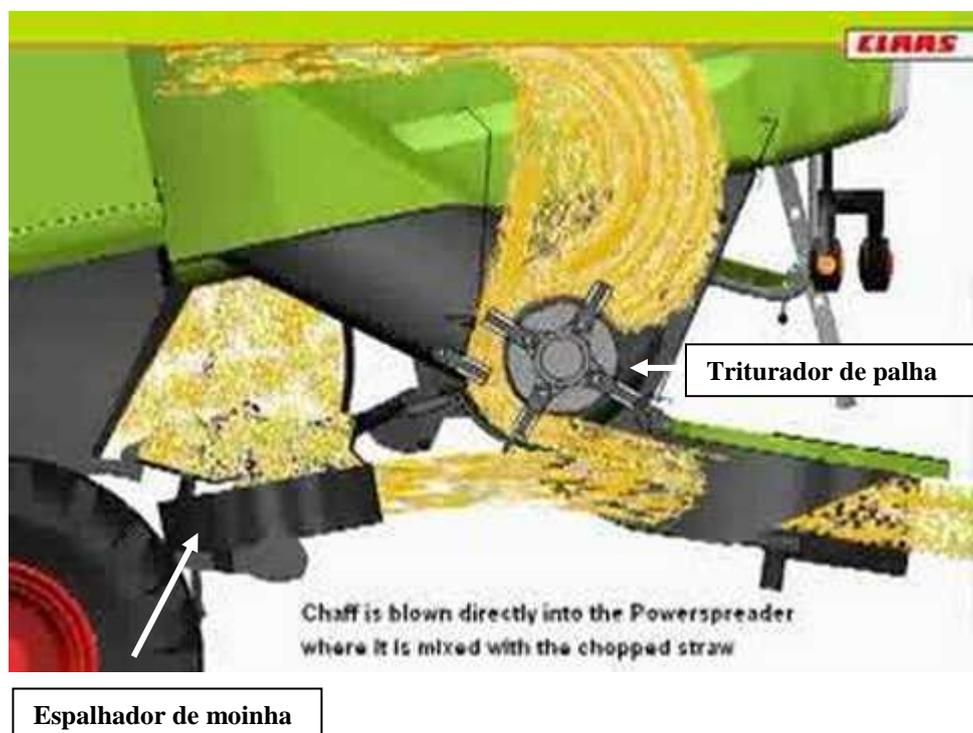


Pormenor de um espalhador de palha. Herdade da Comporta – Visita de estudo 2013



Espalhador de palha em trabalho. Herdade da Comporta – Visita de estudo 2013

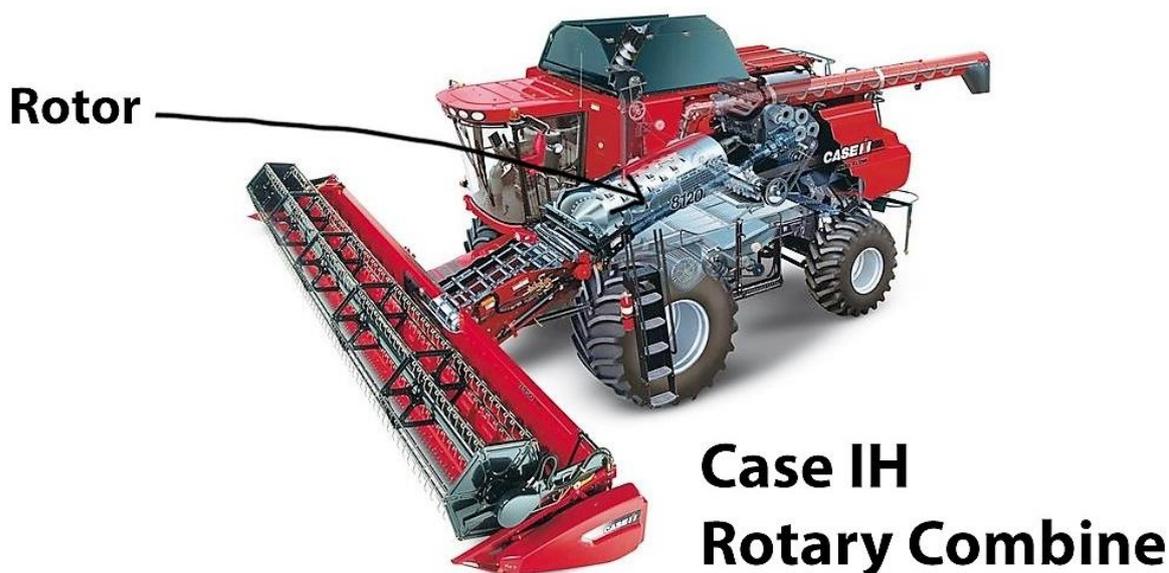
Para facilitar o enterramento ou para permitir práticas culturais subsequentes de sementeira directa, a palha poderá ser triturada. A figura seguinte mostra esquematicamente o caminho da palha para o triturador de palha (*straw chopper*) vendo-se igualmente que a moinha proveniente do soprador de moinha (*chaff blower*) pode ser igualmente conduzida para o triturador de palha.





Triturador de palha (*straw chopper*). Herdade do Monte-Novo – Visita de estudo 2016

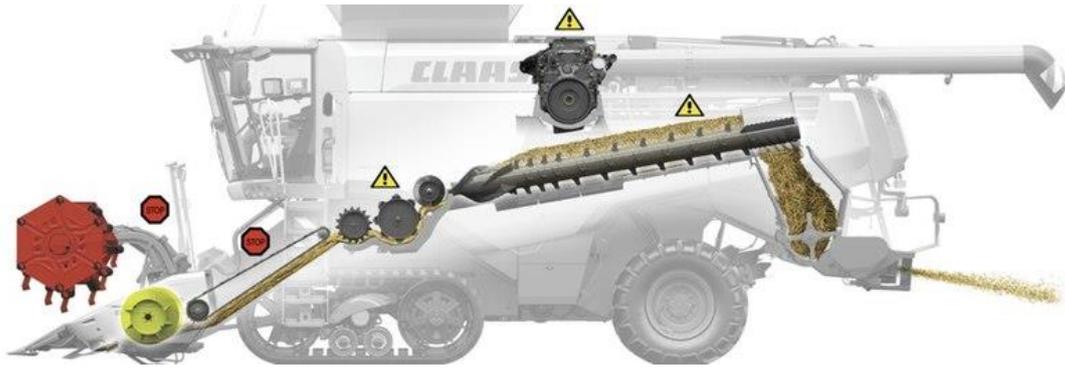
1.4. Sistema rotativo



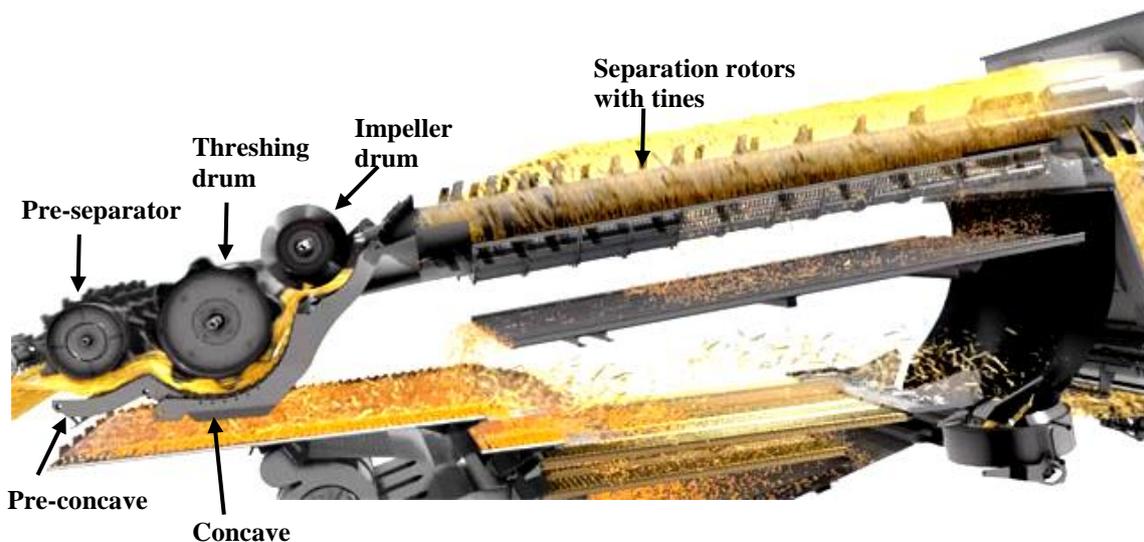
Em 1975 foi introduzido o sistema rotativo nas ceifeiras-debulhadoras (*axial-flow; rotary combines*). Trata-se de um sistema adaptado à colheita de cereais de praga, mas ainda de milho e soja, entre outros.

1.4.1. Sistema de separação rotativo

As CD assim equipadas, utilizam a técnica usual no sistema de debulha (*Threshing system*), isto é, batedor com régua / contra-batedor (*threshing drum/concave*). Contudo, no sistema de separação do grão da palha (*separation system*), em vez de sacudidores (*straw walkers*), o sistema rotativo utiliza um, ou dois rotores, longitudinais, inclinados (*separation rotor*).

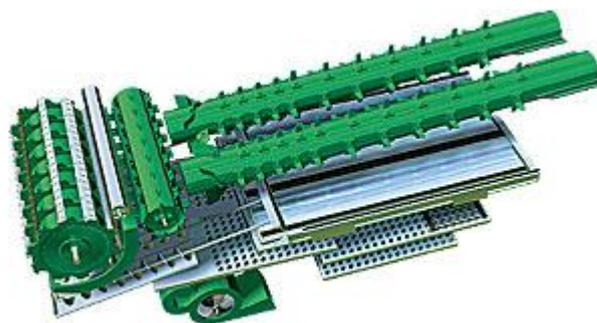


CLAAS LEXION série 740 a 780



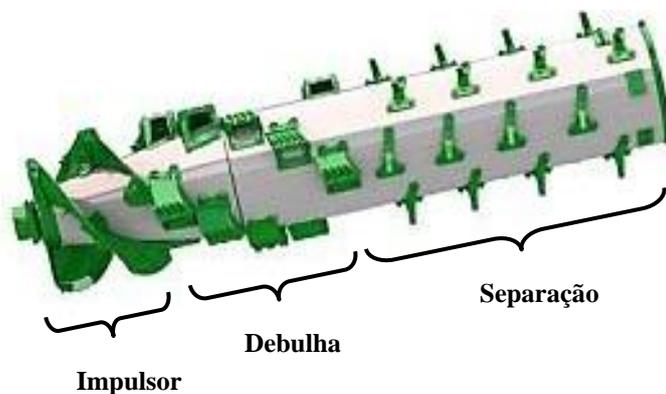
CLAAS LEXION série 740 a 780

Cada rotor roda dentro de um tubo. A calote superior do tubo é fechada e, no seu interior, contém deflectores que imprimem um movimento helicoidal à biomassa no seu trajecto para a traseira do sistema. A calote inferior do tubo é formada por grades de separação (*separation concaves*). A biomassa, proveniente do sistema de debulha, é constituída fundamentalmente por palha (*straw*) misturada com algum grão (*grain*) e pedaços de espigas (*ears*). O rotor do separador do grão da palha está provido com dedos (*tines*) e a sua acção permite separar da palha o grão, espigas e pequenas palhas, as quais passam através das grades de separação (*separation concaves*) para o sistema de limpeza.



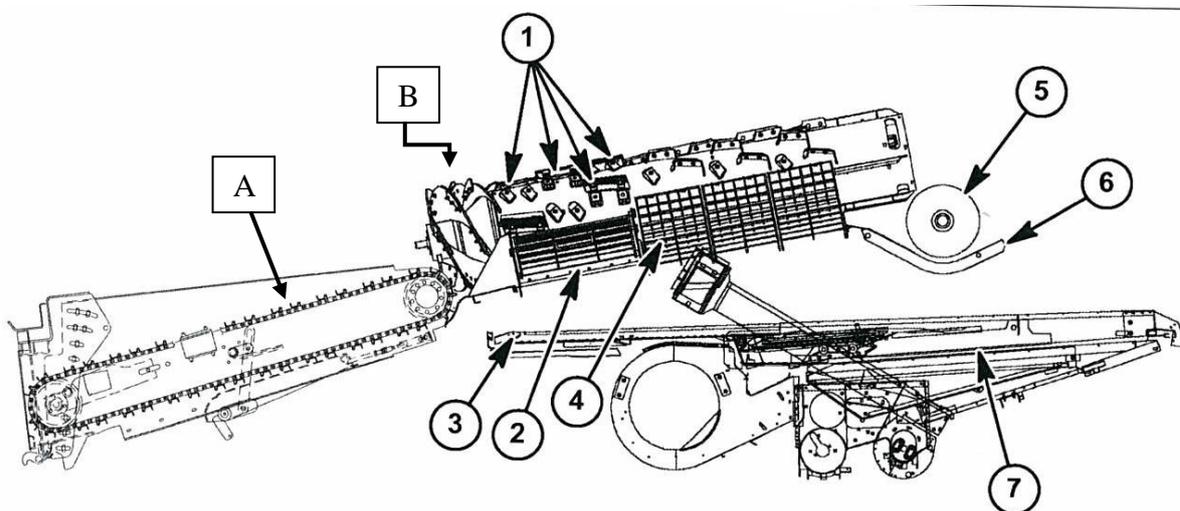
1.4.2. Sistema de debulha e separação, rotativo

As CD assim equipadas, utilizam uma técnica diferente, quer no sistema de debulha (*Threshing system*), quer no sistema de separação do grão da palha (*separation system*). Em vez do batedor com réguas / contra-batedor (*Threshing drum/concave*) e sacudidores (*straw walkers*), o sistema rotativo utiliza um rotor (ou dois), longitudinal, inclinado (*rotor*).



Cada rotor roda dentro de um tubo. A calote superior do tubo é fechada e, no seu interior, contém deflectores que imprimem um movimento helicoidal à biomassa no seu trajecto para a traseira do sistema.

Na frente (parte mais baixa), o rotor tem um impulsor (B) (*rotor impeller*) que transfere a biomassa do transportador elevador (A) (*crop elevator*) para um primeiro sector do rotor onde se realiza a debulha.



New Holland CR 9.90

A debulha é efectuada por unidades raspadoras (1) (*tooth bars; rasp bars*) que revestem o rotor, contra uma unidade contra-batedora (2) (*concave*). Neste sector, o grão (*grains*), moinha (*chaff*), espigas (*ears*), pequenas palhas e outros pedaços de maiores dimensões que passaram através do contra-batedor (2), são recolhidos no tabuleiro de separação (3) (*grain pan*), seguindo para o sistema de limpeza (7).

No rotor a biomassa segue o seu caminho; é agora constituída fundamentalmente por palha, mas contém, ainda, grão (*grain*) e espigas (*ears*) que é preciso separar. Esta

biomassa passa pelo sector do rotor denominado separador do grão da palha, onde grão, espigas (*ears*), pequenas palhas passam através das grades de separação (4) (*separation concaves*) para o sistema de limpeza (7). Neste sector o rotor esta provido de dedos (*tines*).

Na traseira, sai sobretudo palha, mas eventuais grãos e pedaços de espigas que ainda possam existir são separados pela acção de um tambor batedor (5), sob o qual está uma grade de separação (6). Grão e pedaços de espigas caem para o sistema de limpeza (7) e a palha é transferida para o sistema de acondicionamento da moinha e da palha.



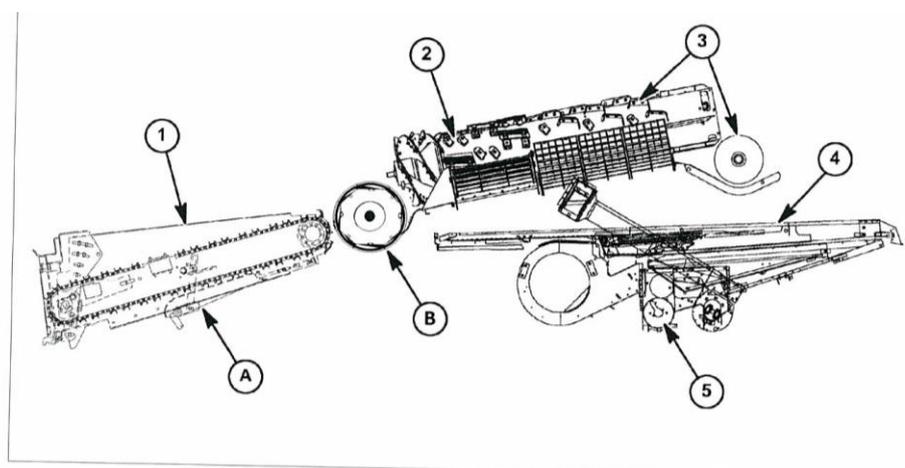
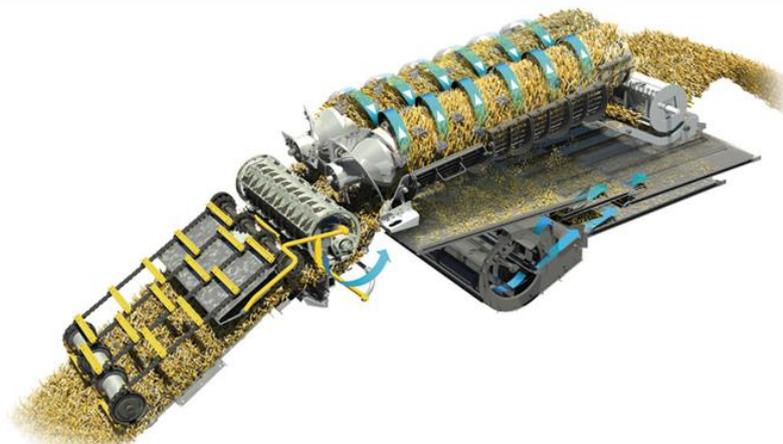
Contra-batedor do sector de debulha da CD, com rotor, New Holland CR 9.90



Grade de separação do sector de separação da CD, com rotor, New Holland CR 9.90

Os construtores desenvolvem soluções para ganharem em termos de quantidade e qualidade de grão, bem como para melhorar a eficiência no consumo de energia e se adaptarem a condições particulares de trabalho. Por vezes essas soluções são adoptadas nos modelos recentes, por vezes são apresentadas como opção.

DYNAMIC FEED ROLL™ TECHNOLOGY



ZEIL11CR00195FX 1

1. Alimentação
A: sistema **Advanced Stone Protection (ASP™)**
B: **Dynamic Feed Roll™ system** (opcional)
2. Debulha
3. Separação
4. Limpar
5. Armazenamento e descarga de grão

1.5. Frente de milho

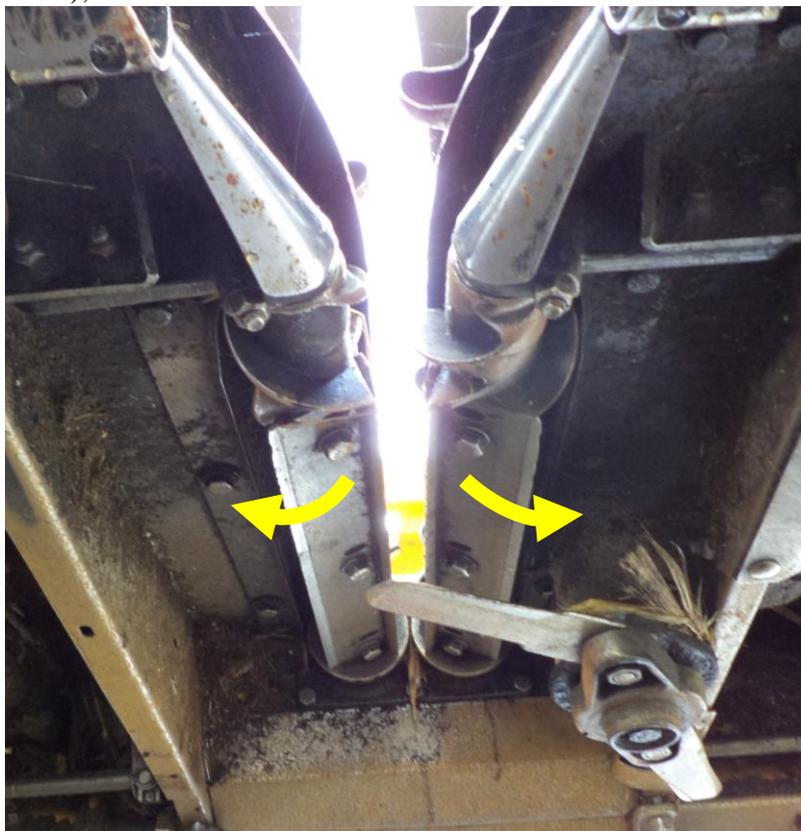


Ceifeira-debulhadora CLAAS LEXION 580 – Herdade do Pinheiro; visita de estudo 2017

A frente de milho é constituída por bicos colhedores, entre os quais vão passar as linhas de milho.

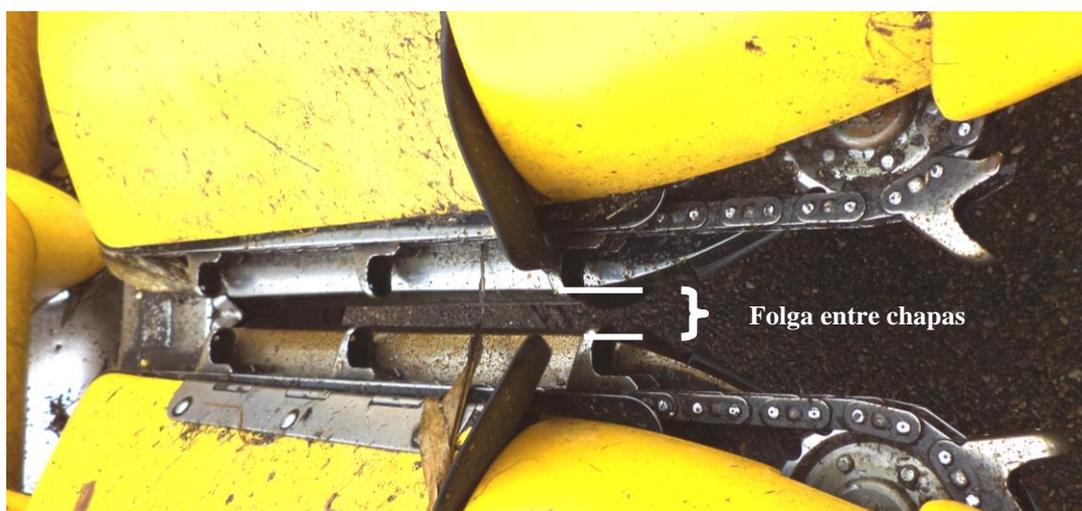
A frente de milho funciona do seguinte modo:

- O caule fica entalado entre dois rolos, situados na parte inferior, que o puxam para baixo (para o solo);



Vista inferior do mecanismo de colheita de uma linha de milho, sendo visível os 2 rolos para entalar e puxar os caules na direcção do solo. Ceifeira-debulhadora CNH CR.9.90 – Visita de estudo 2015

- No movimento do caule (puxado pelos rolos), as espigas, por serem mais largas, são separadas do caule entre duas chapas (*deck plates*) cujo afastamento permite passar o caule mas não a espiga.



Vista superior do mecanismo de colheita de uma linha de milho, sendo visível a correntes transportadoras e a folga entre chapas que deixa passar os caules mas não as espigas. Ceifeira-debulhadora CNH CR.9.90 – Visita de estudo 2015

- Duas correntes transportadoras, a trabalhar em paralelo conduzem as espigas para o tambor alimentador.



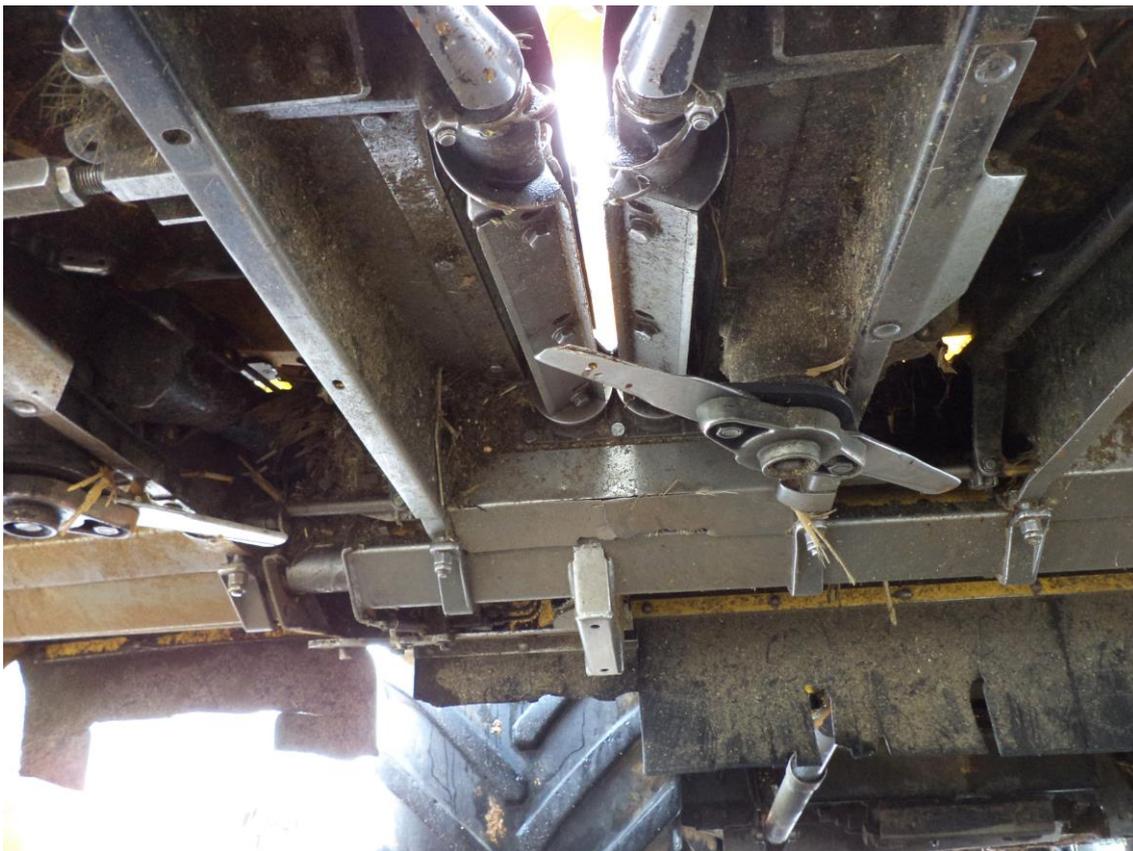
Vista de frente do mecanismo de colheita de uma linha de milho, sendo visível a correntes transportadoras. Visita de estudo à Herdade das Lages Grandes – S. M. Machede - 2012

Desta forma só as espigas passam para o sistema de debulha, sendo que a maior parte da biomassa (caules e folhas) fica no solo sem entrar na CD.



Tractores e Equipamentos Automotrizes (2011/12) – Herdade das Lages Grandes – S. M. Machede

- Na face inferior da frente de milho, em cada uma das linhas, pode existir um rotor de facas (*stalk chopper*) que secciona o caule à medida que ele vai sendo puxado para baixo.



Vista inferior do mecanismo de colheita de uma linha de milho, sendo visível o rotor de facas para sectionar os caules.

Ceifeira-debulhadora CNH CR.9.90 – Visita de estudo 2015

Na traseira da máquina saem os carolos e as camisas:



Tractores e Equipamentos Automotrizes (2017/18) – Herdade do Pinheiro – Bencatel

1.6 Regulações e automatismos

1.6.1. Sistema de nivelamento

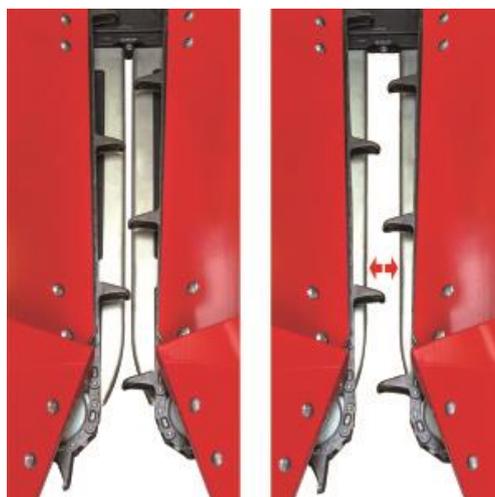


<http://www.agco.corp>

Para que todo sistema de debulha, de separação do grão da palha e de limpeza trabalhem na posição horizontal, as CD dispõem de nivelamento hidráulico permitindo, até certo valor, trabalhar em terreno acidentado. Podem inclinar-se transversalmente (figura) e longitudinalmente (para trabalhar a subir ou a descer). Os valores máximos de ângulos de inclinação vêm indicados nas características técnicas da CD.

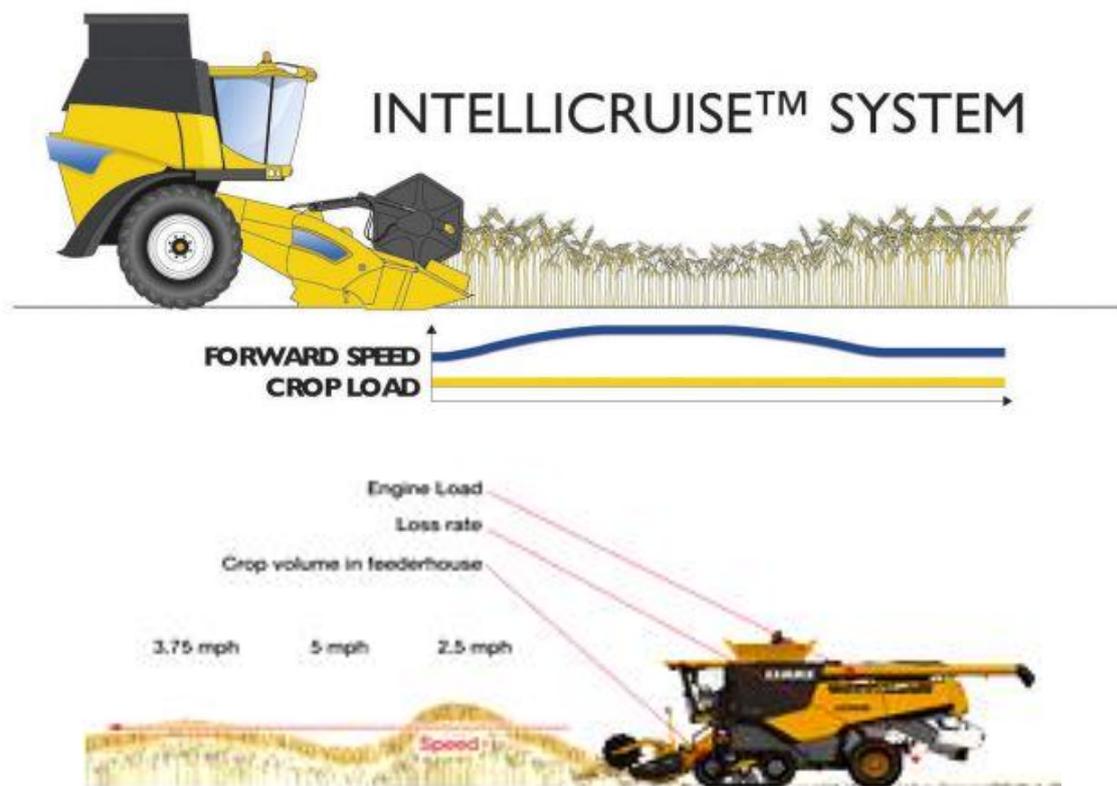
1.6.2. Adaptação automática à espessura de caules

Construtores de frentes de milho, como Dragotec <http://dragotec.eu/en/> utiliza um sistema em que a folga entre chapas se adapta em andamento à espessura dos caules (*stalk*) presentes na linha:



1.6.3. Adaptação automática à densidade de biomassa

New Holland “IntelliCruise”; John Deere “HarvestSmart”; Claas “Cruise Pilot”, são nomes comerciais de sistemas cuja função é a de regular a velocidade de avanço da CD de forma a CD abraque a velocidade de deslocamento para conseguir processar uma maior quantidade de biomassa que se apresente localmente na seara e, desta forma, não incorrer em perdas excessivas para o solo.



2. Colhedor automotriz de forragens

2.1. Gamas

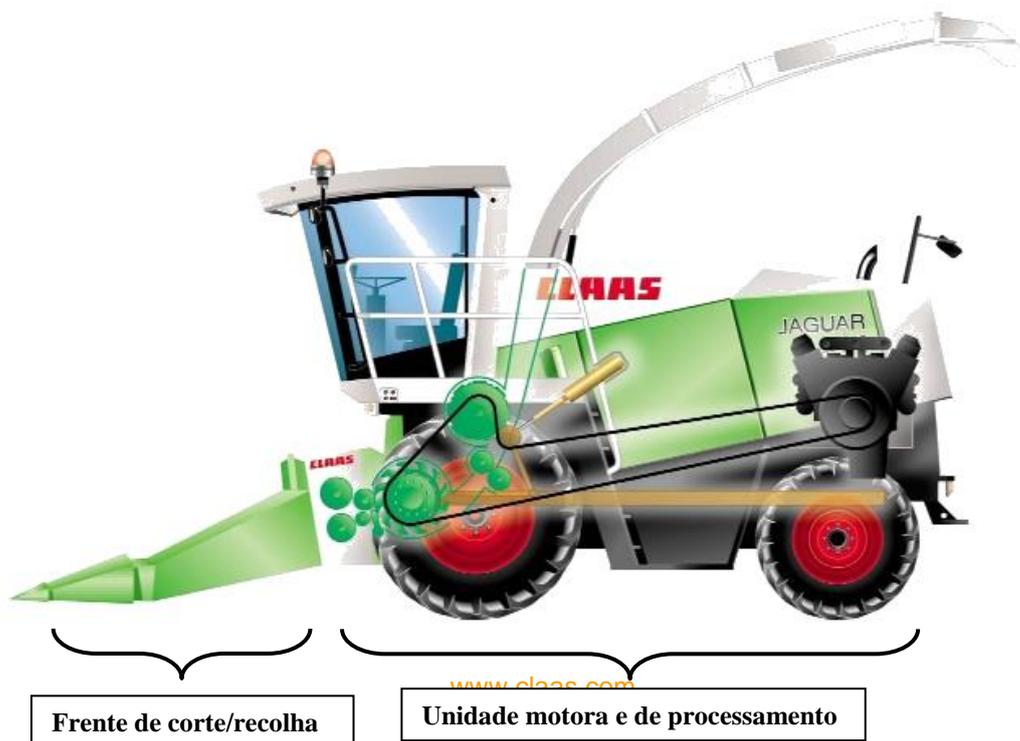
O quadro seguinte apresenta um extrato da oferta deste equipamento. Em Portugal são sobretudo os prestadores de serviços a possuírem estes equipamentos, pelo que será possível encontrar Colhedores de Forragens (CF) de todas as classes de potência.

Marca	Modelo	Potência* kW (hp)	Nº de linhas**
Claas	980	650 (884)	12; 10; 8
Claas	970	570 (775)	12; 10; 8
Claas	960	460 (626)	12; 10; 8
Claas	950	430 (585)	10; 8; 6
Claas	940	380 (516)	10; 8; 6
Claas	930	340 (462)	8; 6
Claas	870	430 (585)	10; 8; 6
Claas	860	380 (516)	10; 8; 6
Claas	850	340 (462)	8; 6
Claas	840	300 (408)	8; 6

* segundo a norma ECE R 120

** milho-forragem

2.2. Esquema geral



O Colhedor de forragens (CF) compreende, uma unidade motora e de processamento, no qual podem ser montadas diversas frentes de corte/recolha, adaptadas para o tipo de forragem.

A figura seguinte ilustra a unidade motora e de processamento, sem a frente de corte/recolha:



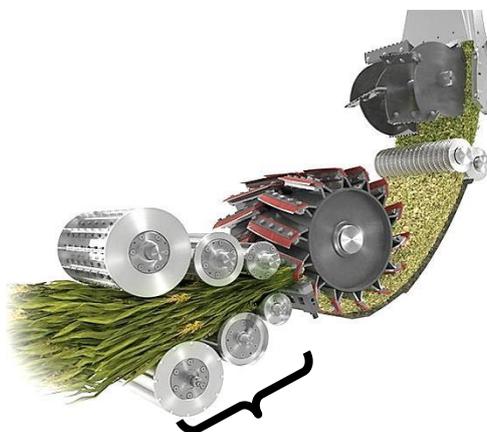
2.3. Unidade motora e de processamento

2.3.1. Cadeia de processamento

Esta cadeia compreende os seguintes órgãos:

- Tambores de alimentação (*Intake roller*);
- Rolos de compressão (*Compression rollers*);
- Tambor de corte (*Chopping assembly*);
- Rolos de esmagamento de grão (*Corn Craker/corn conditioner*);
- Impulsor (*Accelerator*);
- Tubo de descarga (*Discharge spout*);

Os tambores de alimentação (*Intake roller*) e os rolos de pré-compressão (*Pre-compression rollers*), destinam-se a conduzir a forragem cortada ou recolhida pela frente, para o tambor de corte (*Chopping assembly*).



Tambores de alimentação e rolos de pré-compressão

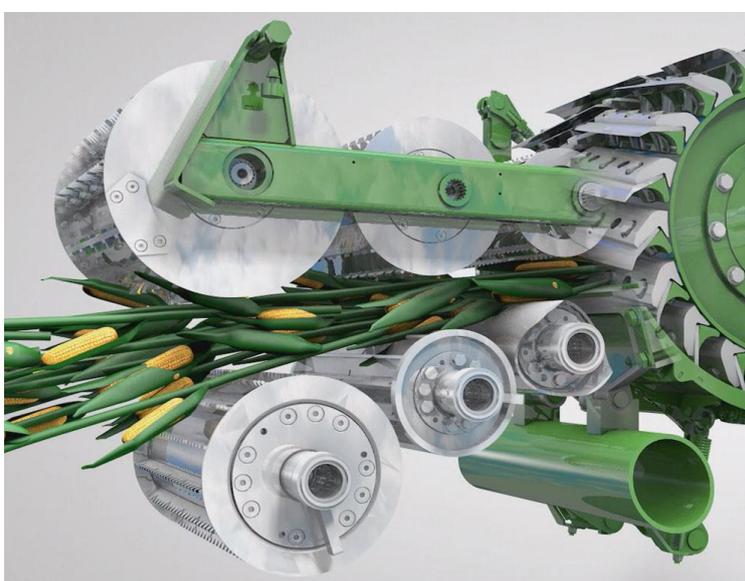


Tambores de alimentação de um colhedor de forragem Claas Jaguar 870. Herdade do Casão. TeAM, 2011

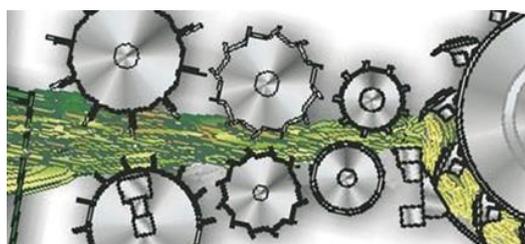
Quando o CF não tem montada a frente de corte/recolha, os tambores de alimentação são bem visíveis:



O número de rolos de pré-compressão pode variar conforme o construtor:



Tambores de alimentação e rolos de pré-compressão
<http://www.krone-northamerica.com>



<http://landmaschinen.krone.de/english/>

Na alimentação, os CF têm um sistema que permite a detecção de pedras e metais, immobilizando todo o sistema de alimentação numa fracção de segundos após a detecção.

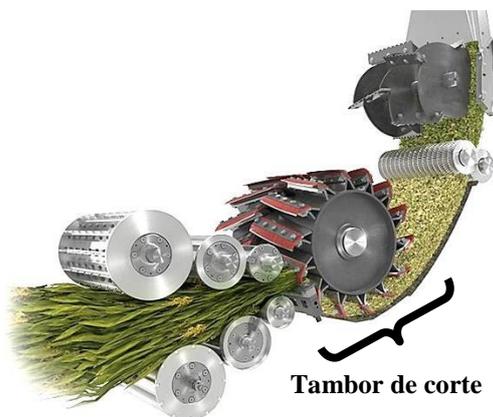


<http://landmaschinen.krone.de/english/>



New Holland MetaLoc™

Seguidamente na cadeia, o tambor de corte (*Chopping assembly*) realiza o fracionamento da forragem.



Tambor de corte



A figura seguinte mostra uma imagem em que se vê em 1.º plano os tambores de alimentação e rolos de compactação; ao fundo vê-se o tambor de corte:



O tambor de corte (*Chopping assembly*) dispõe de facas em número varável o que permite fraccionar a biomassa que lhe é apresentada.

					
Drum type	MaxFlow	MaxFlow	MaxFlow	Biogas drum	Biogas drum
No. of blades per drum	20	28	36	40	48
LOC	5-29 mm (0.2"-1.1")	4-21 mm (0.16"-0.8")	3-17 mm (0.12"-0.7")	2,5-15 mm (0.1"-0.6")	2-12 mm (0.08"-0.5")

Como se pode ver na tabela seguinte, quanto maior o número de facas menor o comprimento das fracções:

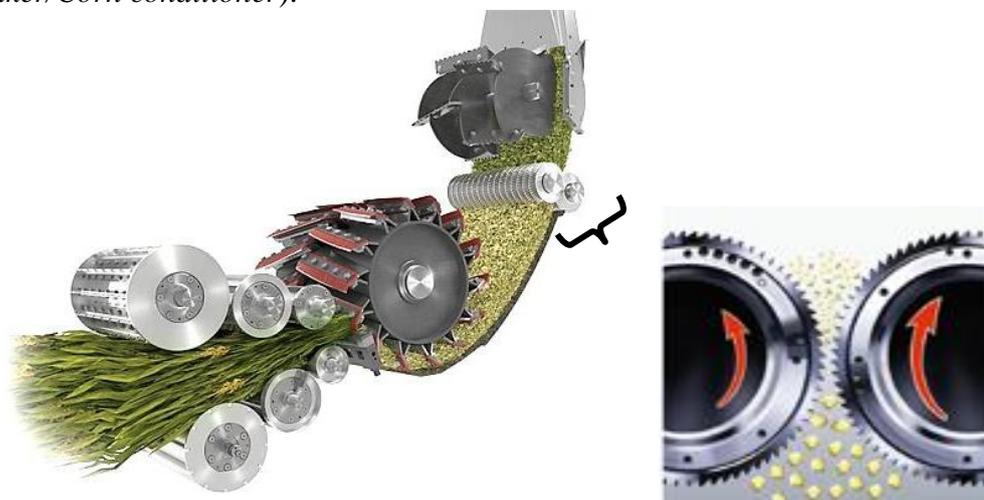
Número de facas	Comprimento de corte (mm)
2x6	8 - 44
2x8	6 - 33
2x12	4 - 22
2x16	3 - 16,5

A qualidade do corte só pode ser assegurada com facas bem afiadas, pelo que os CF têm um sistema incorporado para esse fim, o qual pode ser activado pelo operador directamente da cabine.

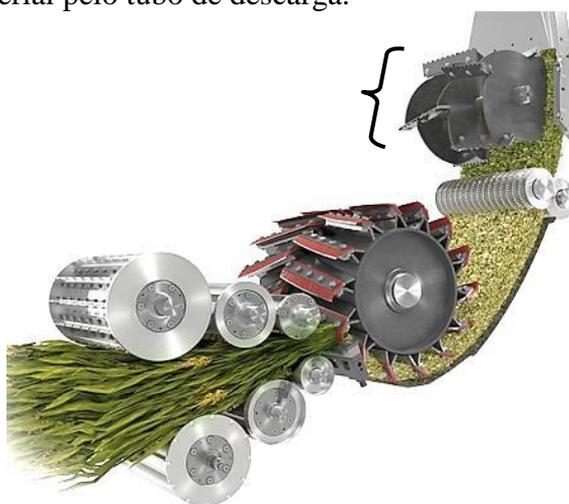
A imagem seguinte ilustra o acesso ao tambor de corte, rebatendo lateralmente a unidade onde estão os tambores de alimentação e rolos de compressão:



A digestibilidade da silagem de milho é beneficiada com o esmagamento dos grãos, o que se consegue fazendo passar a biomassa entre dois rolos esmagadores de grão (*Corn Craker/Corn conditioner*).

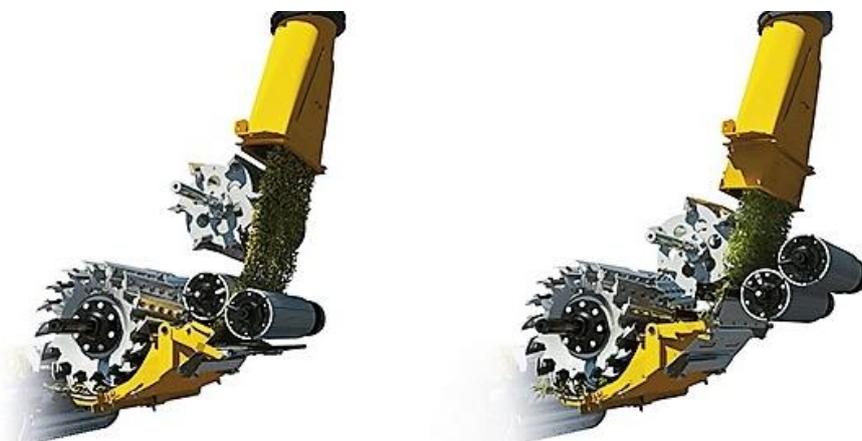


No final da cadeia encontra-se o tambor impulsor (*impeller / accelerator*) que acelera a transferência do material pelo tubo de descarga.



O CF pode ser utilizado com diversos tipos de silagem. A figura seguinte mostra a adaptação de um CF, a qual é feita em poucos minutos pelo operador, para passar de silagem de milho para silagem de erva: os rolos esmagadores de grão (*Corn*

Craker/Corn conditioner) são retirados da cadeia; o tambor impulsor (*impeller / accelerator*) vai ocupar o lugar daqueles (fica mais baixo na cadeia); um segmento extra é introduzido na base do tubo de descarga (*Discharge spout*).



Sistema Variflow da New Holland. À esquerda para silagem de milho, à direita para silagem de erva.

Através de um tubo de descarga (*Discharge spout*), orientável, o material é transferido para o veículo de transporte.



CF descarregando à direita ou à esquerda – Herdade do Casão (TeAM 2011)

Os construtores fornecem sistemas que permitem o posicionamento automático do tubo de descarga em relação ao veículo de transporte. O sistema *Claas Auto Fill*, baseia-se numa câmara montada no tubo de descarga:



Claas Auto Fill

AUTO FILL é baseado na análise de imagem em 3D. Através da interpretação das imagens do veículo de transporte, colhidas por uma câmara montada no tubo de descarga, o sistema determina, quer os contornos exteriores da caixa do veículo quer o volume de enchimento. Consegue ainda identificar o ponto dentro da caixa onde se dá o impacto da forragem. Com esta informação o Sistema regula, automaticamente, a posição do tubo de descarga, quer longitudinalmente, quer transversalmente, em relação à linha média da caixa, com vista a otimizar o enchimento.



Accionando o comando do Sistema na cabina, o operador vê o tubo de descarga a mover-se para a posição correcta e pode seguir num monitor a operação de enchimento.



2.3.2. Unidade motora

Motor e transmissão (*Engine and transmission*):

O motor Diesel está montado transversalmente na traseira do CF. Utilizam-se motores com turbo-compressor e intercooler, de 6 cilindros, com arquitectura em linha, ou arquitectura em V, de 6, 8 ou 12 cilindros, Actualmente satisfazem as normas de emissões TIER 4B, fazendo uso de Redução Catalítica Selectiva (*Selective Catalytic Reduction - SCR*).

A figura seguinte mostra esquematicamente a transmissão para as rodas:

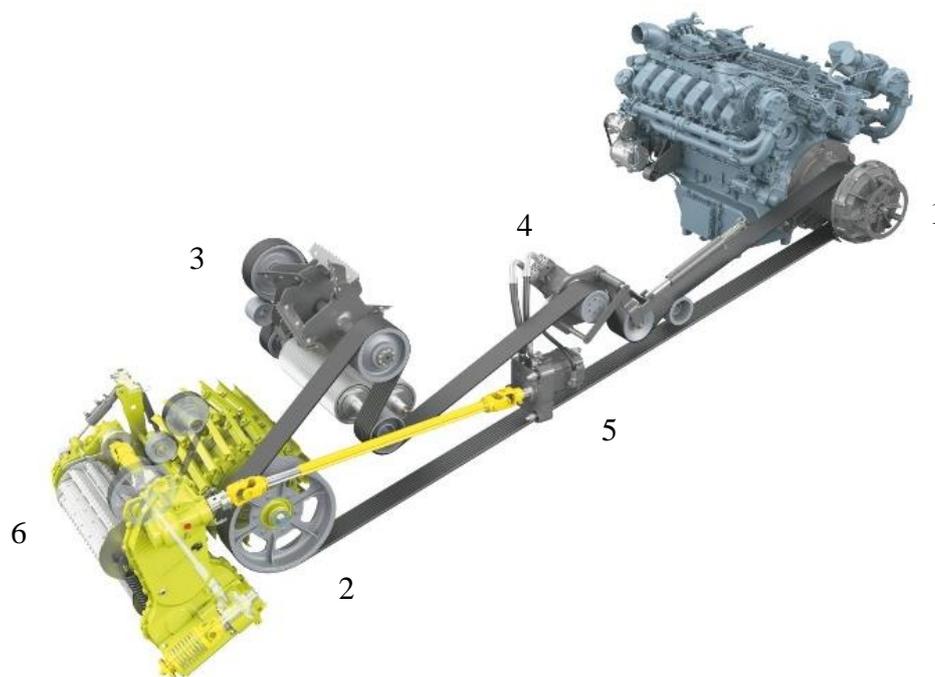


A transmissão para os dois eixos é hidrostática (*Hydrostatic transmission*). O motor Diesel está ligado directamente à bomba de óleo da transmissão hidrostática. A bomba é do tipo bomba de êmbolos de débito variável, conhecida pela sua designação inglesa *Swashplate pump*. Nestas bombas, é possível variar o caudal sem alterar a velocidade de rotação, isto é sem que seja necessário alterar a velocidade de rotação do motor Diesel que impulsiona a bomba.

Motores hidráulicos de êmbolos estão colocados em cada um dos eixos.

A transmissão hidrostática permite uma variação contínua de velocidade.

A figura seguinte mostra esquematicamente a transmissão para a unidade fraccionamento:



Directamente da cambota do motor Diesel (1), uma transmissão de correia de borracha acciona o tambor de corte (2) e o conjunto de rolos de esmagamento de grão e impulsor (3), bem como a bomba de um sistema hidrostático (4).

O motor (5) do sistema hidrostático acciona o conjunto dos tambores de alimentação e rolos de compressão (6), sendo a ligação feita por um veio de Cardan. Esta transmissão hidrostática permite efectuar uma regulação muito sensível da velocidade de rotação dos tambores de alimentação e rolos de compressão (6) e, conseqüentemente, um ajustamento da velocidade de alimentação da forragem para o tambor de corte. Desta forma o comprimento das fracções de forragem pode ser ajustado com o intuito de satisfazer a qualidade da silagem.



Levantando o painel lateral esquerdo do CF, pode observar-se o tambor da correia de borracha, directamente accionado pela cambota do motor Diesel – Herdade do Casão (TeAM 2016)

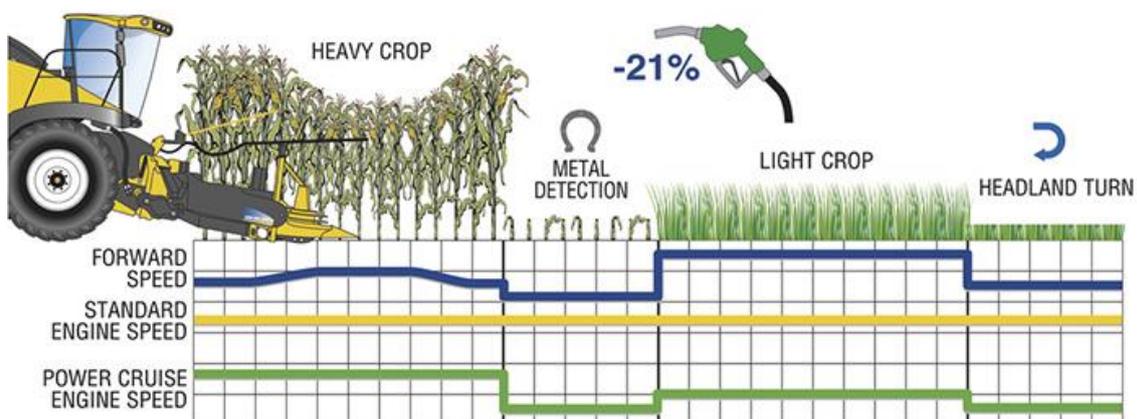


Dado o tipo de trabalho do CF, deve haver um especial cuidado na limpeza do filtro de ar – Herdade do Casão (TeAM 2016)



... dos radiadores do sistema de arrefecimento!

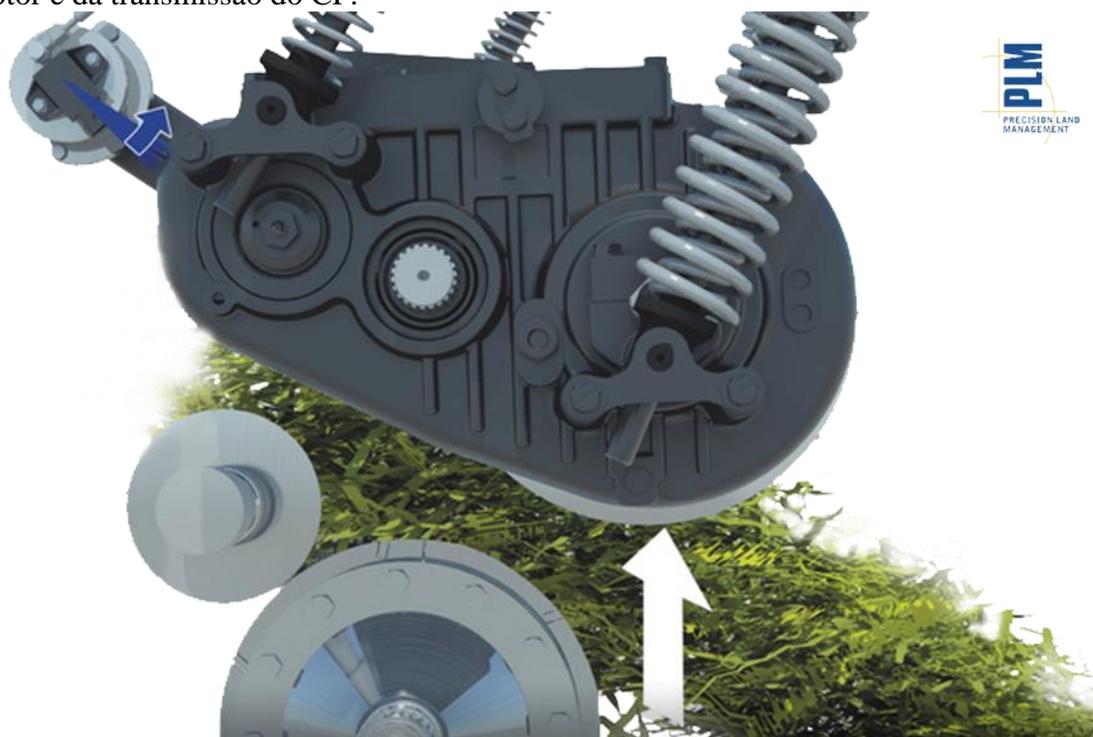
Os construtores oferecem sistemas de gestão da transmissão e do motor, em função da quantidade de biomassa a processar:



O sistema New Holland “Power Cruise”, é um exemplo de um destes sistemas.

O Power Cruise™ automaticamente adapta a rotação do motor e a velocidade de avanço do CF em função da carga de biomassa, com o objectivo de reduzir o consumo. Em períodos de carga sobre o motor mais reduzida, como por exemplo nas voltas de cabeceira, a rotação do motor é baixada automaticamente para aumentar a eficiência de combustível. A rotação é aumentada, assim que a carga sobre o motor também aumenta, fruto, por exemplo de maior quantidade de biomassa a entrar.

A avaliação da maior ou menor entrada de biomassa pode ser avaliada no afastamento nos tambores de alimentação. O afastamento fará rodar um potenciómetro, sendo o seu sinal eléctrico (depois de convenientemente tratado) transmitido ao sistema de gestão do motor e da transmissão do CF.



2.4. Tipos de frentes

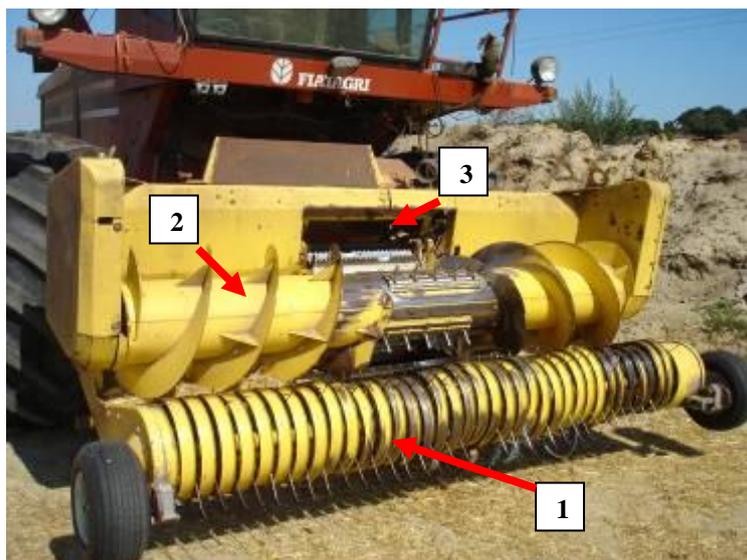
2.4.1. Para recolher forragem encordoada (*grass pick-up*)



Herdade do Eng. Capoulas, S Brás do Regedor (TeAM 2015)



(TeAM, 2011) – Herdade do Casão



TeAM 2011 – Herdade do Casão

- (1) – *Pick-up*;
- (2) – Sem-fim de alimentação (*intake auger*);
- (3) – Tambores de alimentação (*Intake roller*).

O sem-fim de alimentação compreende uma parte central cilíndrica com dedos (*auger feed tines*) para conduzir a biomassa para os tambores de alimentação e, de cada lado, transportadores do tipo tambores sem-fim, que se destinam a conduzir o material cortado para o centro.



Colheita de dois cordões de sorgo forrageiro na herdade do Eng. Capoulas, S Brás do Regedor (TeAM 2015)

2.4.2. Cabeça de corte para cereal (*combine grain head*)

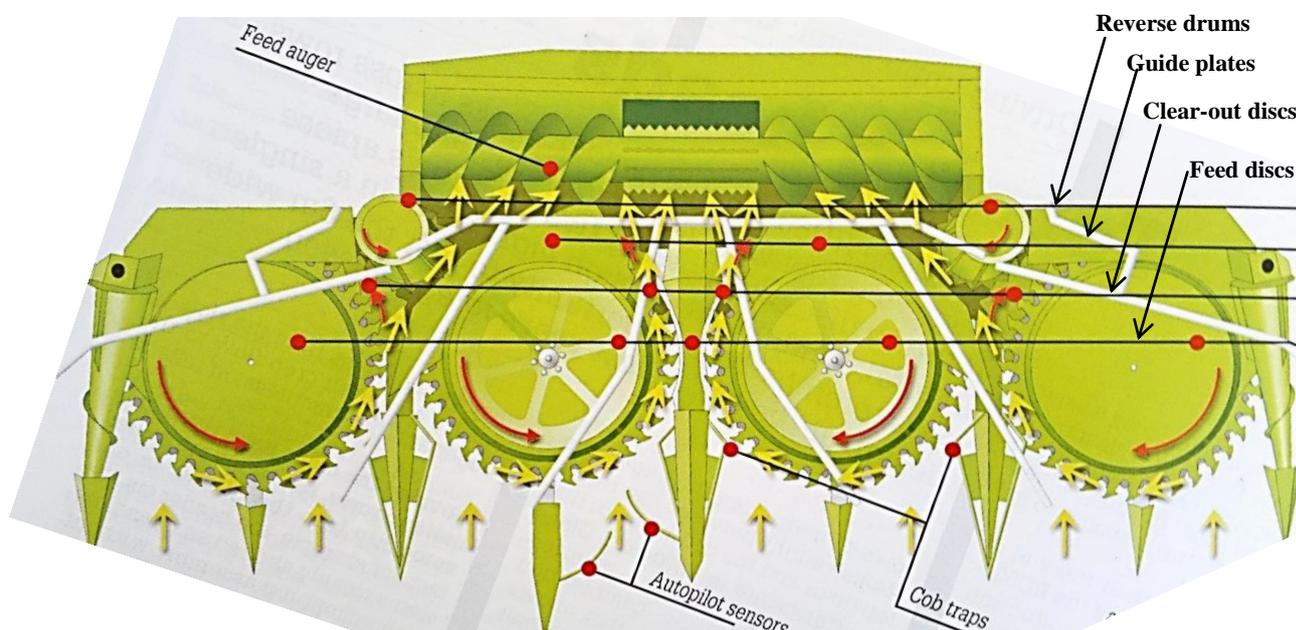


<http://landmaschinen.krone.de/english/>

2.4.3. Cabeça de corte para milho-forragem – *maize front*

Cabeça de corte rotativa (*turning heads*)





A figura anterior mostra esquematicamente o funcionamento de uma frente Claas RU600, de 4 rotores (*rotors*). Os dois rotores do lado direito rodam em sentido contrário aos dois rotores do lado esquerdo e sempre no sentido para o centro da frente. Cada rotor possui 2 discos de alimentação (*feed discs*).



4 rotores



2 discos de alimentação por rotor

Concêntrico com cada rotor, e na base deste, existe o disco de corte (*cutting disc*), o qual roda em sentido contrário ao discos de alimentação.

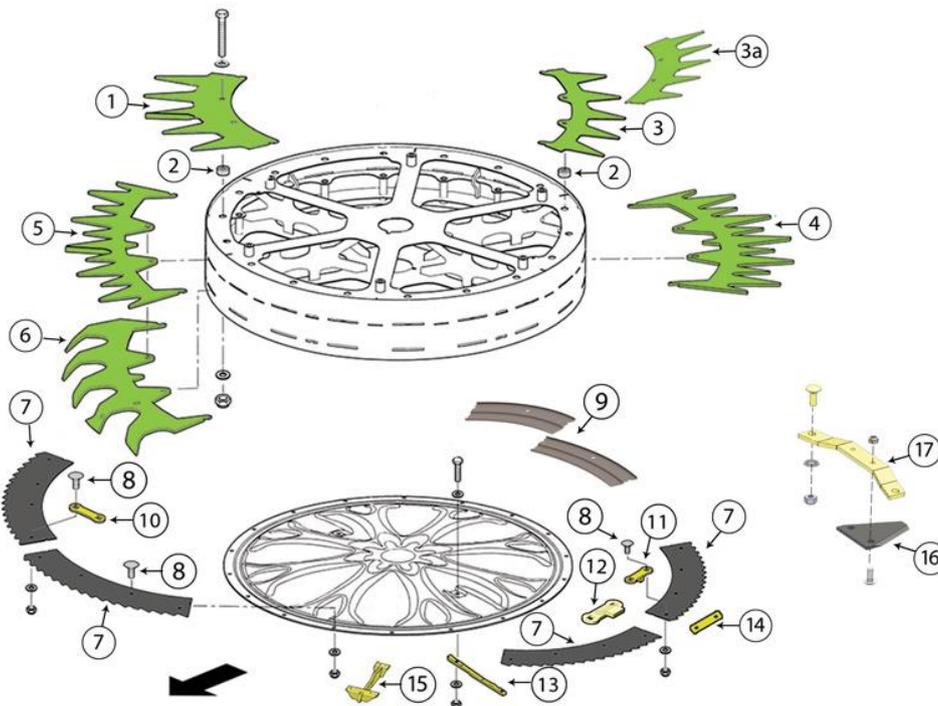


Rotor visto de baixo, mostrando o disco de corte



Cada disco rotor corta e alimenta 2 linhas de milho. As plantas cortadas são dirigidas por 4 passagens (*passageways*) para o sem-fim de alimentação (*feed auger*). Este fluxo é auxiliado por diversos rotores de encaminhamento (*clear-out disc / reversing drums*).

A parte activa, quer dos discos de alimentação quer dos de corte, está dividida em sectores de coroa circular, amovíveis para rápida substituição.



Para permitir o transporte na estrada, os rotores exteriores são rebatidos hidráulicamente.



Posição de transporte da frente rotativa Claas. Notar o disco de corte.

Existem outros construtores de frentes rotativas, apresentando pormenores diferentes do mesmo princípio acima relatado:



Cabeça rotativa Kemper. Tractores e Equipamentos Automotrizes 2011/2012 – Herdade do Casão

Cabeça *EasyCollect*



A toda a largura, do lado direito e do lado esquerdo da cabeça, existem correntes de transporte (*endless collectors*), deslocando-se em sentidos contrários, por forma a transportarem para o centro da cabeça as plantas. Estas foram cortadas, pela base, por uma corrente de facas que está colocada por debaixo das correntes de transporte





Correntes de transporte e corrente de facas, na base



TeAM, 2014 – Herdade do Casão

As plantas cortadas são transportadas, na vertical, para o centro da cabeça. Aí têm uma rotação de 90 graus para serem inseridas, longitudinalmente, no canal de alimentação (*feed channel*) em direcção aos tambores de alimentação (*Intake roller*)

2.5. Tecnologia embarcada em prol da qualidade da silagem

A figura mostra um sensor de humidade baseado em tecnologia NIR, instalado no tubo de descarga. Permite medir o grau de humidade da silagem. Esta informação associada a sistema de posicionamento global, permite mapear a humidade na parcela.



Krone crop moisture sensing system

AutoScan: Um sensor óptico colocado no centro da frente de corte, avalia a maturidade da planta do milho. Essa informação permite a regulação automática do comprimento da partícula. Uma planta mais verde é cortada com partículas maiores no sentido de melhorar a qualidade da silagem e reduzir a produção de efluente no silo. Milho mais seco é cortado em partículas menores para permitir uma maior compactação no silo. Indirectamente o AutoScan economiza combustível, uma vez que o fraccionamento é feito consoante as necessidades, e não tão curto quanto possível.



KRONE AutoScan: Adjusting chop length automatically to crop maturity

3. Outras leituras

Sites relevantes de Colhedores de forragem

<https://www.deere>

<http://www.claas.es/>

<http://www.newholland.com>

<http://www.fendt.com>
<http://www.krone-uk.com>

Sites relevantes de ceifeiras-debulhadoras

<https://www.caseih.com/>
<https://www.deere>
<http://www.claas.es/>
<http://www.newholland.com>
<http://www.masseyferguson.co.uk>
<http://www.deutz-fahr.com>
<http://www.fendt.com>